

## ZAWARTOŚĆ RTĘCI W GLEBACH ORAZ OSADACH RZECZNYCH I STRUMIENIOWYCH W REGIONIE ŚLĄSKO-KRAKOWSKIM

### MERCURY IN SOILS, AND RIVER AND STREAM SEDIMENTS IN THE SILESIA-CRACOW REGION (SOUTHERN POLAND)

ANNA PASIECZNA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono ocenę zawartości i zróżnicowanie przestrzenne występowania rtęci w glebach oraz osadach rzecznych i strumieniowych regionu śląsko-krakowskiego, ze szczególnym uwzględnieniem otoczenia hałd i zakładów przemysłowych. Próbkę gleb pobrano z głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m, w regularnej siatce 250 × 250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Próbkę osadów pobrano z brzegów rzek i strumieni. Odległość między miejscami opróbowania wynosiła ok. 250 m. Po roztworzeniu w wodzie królewskiej rtęć oznaczano metodą CV-AAS. Zawartość rtęci w powierzchniowej warstwie gleb mieściła się w przedziale od <0,05 do 66,50 mg/kg, a w glebach pobranych z głębokości 0,8–1,0 m od <0,05 do 36,15 mg/kg. W osadach rzecznych i strumieniowych zakres zawartości rtęci wynosił od <0,05 do 182,00 mg/kg. Stwierdzone anomalie mają przeważnie niewielki zasięg przestrzenny zarówno w glebach, jak i w osadach, ale ich liczba jest pokaźna. Ich skupienia występują w pobliżu czynnych lub zamkniętych zakładów przemysłowych, wokół szybów górniczych, hałd odpadów z kopalń i innych zakładów. Zawartość rtęci w powierzchniowej warstwie gleb tego regionu dość wyraźnie wiąże się ze sposobem ich aktualnego użytkowania. Wartość przeciętna zawartości rtęci (wyrażona jako mediana) nie przekracza 0,05 mg/kg w glebach lasów oraz pól uprawnych, a w glebach łąk osiąga 0,05 mg/kg. W glebach ogródków działkowych, trawników miejskich, nieużytków i terenów przemysłowych wartość mediany zawartości rtęci jest taka sama i wynosi 0,06 mg/kg. Największą zawartość rtęci (0,07 mg/kg) stwierdzono w glebach parków miejskich.

**Słowa kluczowe:** rtęć, gleby, osady rzeczne i strumieniowe, region śląsko-krakowski.

**Abstract.** The content and sources of mercury have been evaluated in soils, as well as in river and stream sediments in the Silesian-Cracow region (southern Poland). The sampling density in topsoil (0.0–0.3 m) and subsoil (0.8–1.0 m) was 16 sites per km<sup>2</sup>, the distance between sampling sites of watercourses was about 250 m. Mercury concentration was determined by the CV-AAS method, following a hot aqua regia digestion. The mercury concentration ranges were <0.05–66.50, <0.05–36.15 and <0.05–182.00 mg/kg respectively for topsoil, subsoil and sediments. Mercury anomalies show generally small extents in both soils and watercourse sediments but the number of anomalies is considerable. The maps of spatial distribution present the areas of high mercury concentration that is attributed to active and inactive industrial plants, mining shafts, mine dumps, and other plants. Location of the anomalies indicates that a significant portion of the mercury probably comes from the deposition of anthropogenic atmospheric emissions due to industrial activities. Mercury in the topsoil clearly results from the current soil use. The average value (expressed as the median) remains below 0.05 mg/kg in the forest and arable soils, and is 0.05 mg/kg in the meadow soils. The median value of mercury content in the soils of allotments, urban lawns, barren land and industrial areas is the same and amounts to 0.06 mg/kg. The greatest median value of mercury (0.07 mg/kg) was measured in the soils of urban parks.

**Key words:** mercury, soils, river and stream sediments, Silesia-Cracow region.

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: anna.pasieczna@pgi.gov.pl

## WSTĘP

W środowisku przyrodniczym rtęć jest uważana za jeden z najbardziej toksycznych metali, nawet przy bardzo niskich stężeniach, ze względu na swoją aktywność chemiczną, biologiczną i zmienność form występowania (O'Neil, 1997; Kabata-Pendias, Pendias, 1999; de Vos, Tarvainen, 2006; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Kumulacja rtęci w glebach, osadach i wodach powierzchniowych wiąże się z działalnością wielu gałęzi przemysłu, a szczególnie ze spalaniem węgla, hutnictwem metali, rafinacją ropy naftowej, produkcją sody i chloru, instrumentów pomiarowych czy odprowadzaniem ścieków (Bojakowska, Szczęśniak, 1993; Paulo, Krzak, 1997; Bojakowska, Sokołowska, 2001; Zielonka i in., 2005; de Vos, Tarvainen, 2006; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2008; Bojakowska i in., 2010). Występowanie, sposób migracji i wiązanie rtęci w glebach zależą od wielu czynników takich jak: jej naturalna obecność, forma chemiczna, odczyn, zawartość materii organicznej,

parowanie i procesy ługowania (Kabata-Pendias, 1992; Biester i in., 1996; Boszke i in., 2003; Gworek, Rateńska, 2009).

W powierzchniowej warstwie gleb w Europie zawartość rtęci wynosi 0,037 mg/kg, a w osadach strumieniowych – 0,038 mg/kg (Salminen, 2005; de Vos, Tarvainen, 2006).

Z przeglądowych badań geochemicznych wykonanych w Polsce (obejmujących terytorium całego kraju) wynika, że zawartość tego pierwiastka w glebach wynosi od <0,05 do 7,55 mg/kg, a w osadach śródlądowych zbiorników wodnych od <0,05 do 11,00 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). W powierzchniowej warstwie gleb użytkowanych rolniczo zawartość rtęci oszacowano na 0,06 mg/kg (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007).

Na podstawie analiz zawartości rtęci w glebach na terenie Polski, wykonanych w ramach międzynarodowego projektu *FOREGS*, dowiedziono, że przeciętna zawartość rtęci (mediana) obliczona na podstawie badań kilkudziesięciu

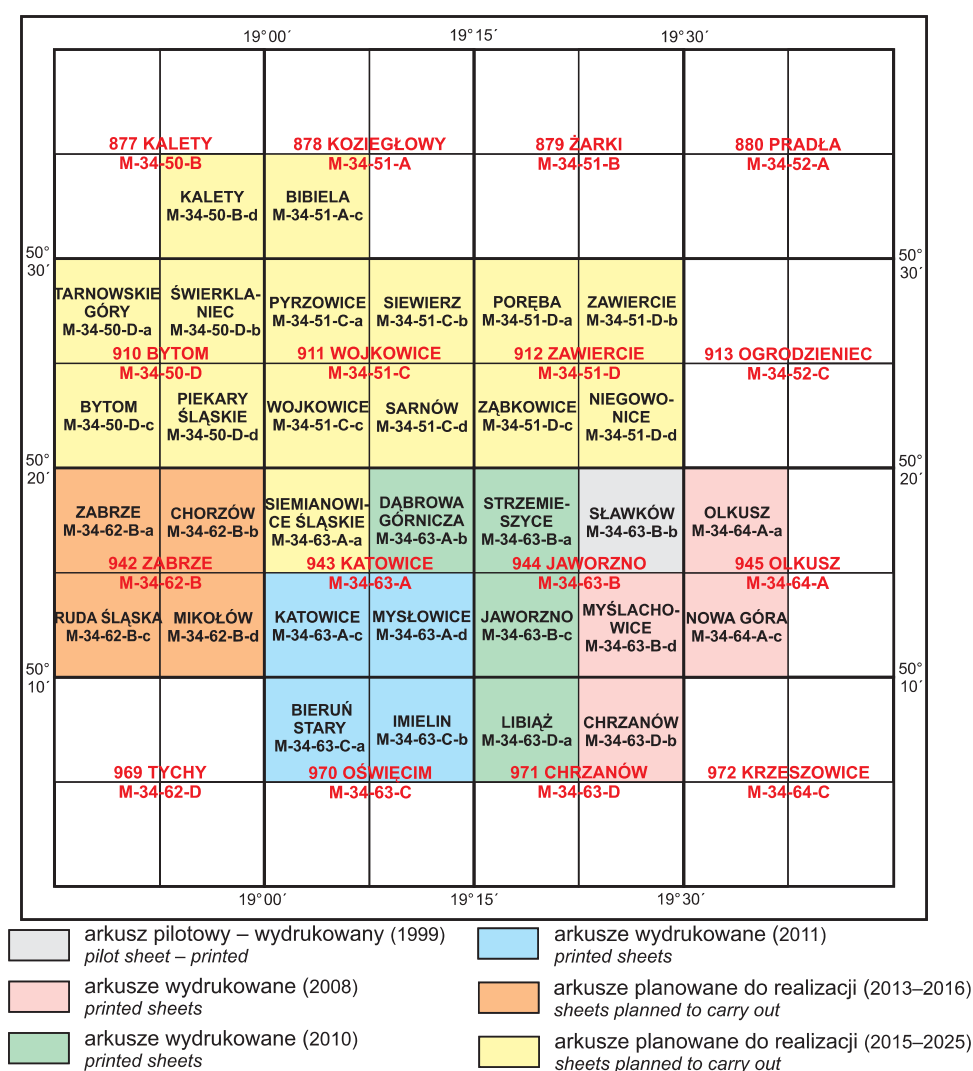


Fig. 1. Skorowidz arkuszy *Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska 1:25 000*

Index of sheets for the *Detailed Geochemical Map of Upper Silesia 1:25,000*

próbek z terenów o różnym użytkowaniu, wynosi 0,017 mg/kg (Salminen, 2005). Według jeszcze nieopublikowanych wyników projektu *GEMAS (GEOchemical Mapping of Agricultural Soils and Grazing Lands in Europe)*, który jest kolejnym wspólnym opracowaniem grupy ekspertów EuroGeoSurveys, wartość mediany rtęci w glebach pól uprawnych i trwałych użytków zielonych Polski wynosi 0,02 mg/kg, a w regionie śląsko-krakowskim jej zawartości mieszczą się w przedziale 0,026–0,051 mg/kg.

Zanieczyszczenie gleb rtęcią jest przedmiotem szeregu szczegółowych opracowań (Dąbkowska-Naskręt i in., 1999, 2008; Florencka, Wojtanowicz, 1999, 2006, 2007; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2007b; Malczyk, Długosz, 2009; Florencka i in., 2010; Medyńska i in., 2010; Szopka i in., 2010a, b; Jezierski i in., 2011). Wiele uwagi poświęcono również rozprzestrzenieniu tego pierwiastka w osadach rzecznych i strumieniowych (Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2007a; Bojakowska i in., 2010).

Praca powstała w celu oceny zawartości i zróżnicowania przestrzennego występowania rtęci w glebach oraz osadach rzecznych i strumieniowych regionu śląsko-krakowskiego,

ze szczególnym uwzględnieniem otoczenia hałd i zakładów przemysłowych. Na tym obszarze od 1999 r. są prowadzone systematyczne badania geochemiczne w ramach projektu *Szczegółowa Mapa Geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000 (SMGGŚ)*. Obszar zdjęcia geochemicznego i poszczególne etapy badań ilustruje skorowidz arkuszy (fig. 1). Prace są wykonywane na zlecenie Ministra Środowiska i finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Na zanieczyszczenie środowiska metalami (w tym rtęcią) w regionie śląsko-krakowskim wpływają czynniki naturalne oraz antropogeniczne. Głównym czynnikiem naturalnym (geologicznym) są wychodnie dolomitów kruszczońskich, zawierających rudy Zn-Pb. Oprócz naturalnych procesów wietrzenia i erozji na stan środowiska wpłynęły historyczna i współczesna eksploatacja oraz przetwórstwo i hutnictwo rud metali. Konsekwencją historycznego górnictwa i prymitywnego przetwórstwa rud na tym obszarze są nagromadzenia odpadów, przekształcenie krajobrazu oraz zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi i innymi substancjami toksycznymi, które stwarzają zagrożenie dla fauny, flory i zdrowia ludzi.

## METODY BADAŃ

Próbki gleb pobierano z głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m w regularnej siatce 250 x 250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). W ramach opracowania SMGGŚ pobrano dotychczas 17 149 próbek z powierzchniowej warstwy gleb oraz 14 574 próbki z głębokości 0,8–1,0 m. Pobierano je z terenów zakładów przemysłowych i ich otoczenia, z pól, lasów, parków i skwerów miejskich, trawników przyulicznych i osiedlowych, ogródków przydomowych, działkowych oraz z nieużytków. Probki osadów pobrano z brzegów rzek i strumieni (łącznie 3143), a odległość między miejscami ich pobierania wynosiła ok. 250 m.

Próbki gleb, o masie około 500 g, wysuszone w temperaturze pokojowej, przesiewano przez sита nylonowe o średnicy oczek 2 mm, a następnie ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych. Probki osadów, o masie około 500 g, po wysuszeniu przesiewano przez sита nylonowe o średnicy oczek 0,2 mm.

Próbki gleb i osadów poddano roztwarzaniu w wodzie królewskiej przez jedną godzinę, w temperaturze 95°C w termostatowanym bloku aluminiowym. Rtęć oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS), z systemem przepływowym (Górecka i in., 1996, 2003).

Poprawność wykonywanych oznaczeń chemicznych sprawdzano przez analizę próbek podwójnych (5% ogólnej liczby próbek), analizę materiałów odniesienia z atestowaną zawartością badanych pierwiastków (2% ogólnej liczby próbek) oraz analizę wewnętrznych próbek kontrolnych potwierdzających prawidłowe wykonywanie pomiarów instrumentalnych (5% ogólnej liczby próbek). Precyzja oznaczeń wynosi  $\pm 10$ –15% na podstawie analiz próbek podwójnych.

## WYNIKI I Dyskusja

Zawartość rtęci zmieniała się w bardzo szerokim zakresie – od <0,05 do 66,50 mg/kg w powierzchniowej warstwie gleb; od <0,05 do 36,15 mg/kg w glebach pobranych z głębokości 0,8–1,0 m; od <0,05 do 182,00 mg/kg w osadach rzecznych i strumieniowych. Na podstawie wcześniejszych badań prowadzonych w regionie śląsko-krakowskim, ze znacznie mniejszą gęstością pobierania próbek (1 próbka/4km<sup>2</sup>), oszacowano tło geochemiczne rtęci w powierzchniowej warstwie gleb na 0,07 mg/kg (Pasiczna, 2012).

Anomalie, stwierdzone w trakcie badań szczegółowych, zarówno w glebach, jak i w osadach rzecznych i strumieniowych mają przeważnie niewielki zasięg przestrzenny, ale ich liczba jest pokaźna. Ich skupienia występują w pobliżu czynnych lub zamkniętych zakładów przemysłowych, wokół szymbów górniczych, hałd odpadów z kopalń i innych zakładów.

Wyniki szczegółowych badań zawartości rtęci umożliwiły określenie regionalnego tła geochemicznego (<0,05 mg/kg) i wyznaczenie granic anomalii zarówno w warstwie po-

wierzchniowej gleb (fig. 2), jak i na głębokości 0,8–1,0 m (fig. 3). Najbardziej zanieczyszczona rtęcią jest warstwa powierzchniowa gleb na obszarach objętych arkuszami Dąbrowa Górnicza, Katowice, Chrzanów oraz na granicy arkuszy Mysłowice i Jaworzno (fig. 2). W miejscach, gdzie anomalie są najsilniejsze znaczące zawartości rtęci stwierdzono nawet do głębokości 1,0 m (fig. 3). Zarówno stopień zanieczyszczenia rtęcią, jak i jej źródła są różne w różnych rejonach regionu śląsko-krakowskiego, co skłania do charakterystyki obszarów poszczególnych arkuszy. Z uwagi na ograniczoną objętość artykułu niemożliwa jest kartograficzna prezentacja rozkładu zawartości rtęci na poszczególnych arkuszach, ale szczegółowe mapy, oddzielnie dla każdego z nich, opublikowano w internecie (Atlasy..., 2013). W pracy skupiono się jedynie na charakterystyce najważniejszych anomalii widocznych w skali regionalnej (fig. 2, 3). Jako przykład przedstawiono szczegółowy obraz przestrzennego rozmieszczenia rtęci na obszarze arkusza Dąbrowa Górnicza (fig. 4, 5).

W tabeli 1 zestawiono wyniki zawartości rtęci w próbkach gleb i osadów dla poszczególnych arkuszy w skali 1:25 000.

### Arkusze Dąbrowa Górnicza

W obrębie arkusza są położone dzielnice następujących powiatów grodzkich: Sosnowca, Dąbrowy Górniczej, Będzina, Mysłowic i Jaworzna (fig. 4, 5). Większość powierzchni jest użytkowana przemysłowo i znacznie przekształcona antropogenicznie. Eksploatacja węgla kamiennego oraz rozwój sieci kolejowej wpłynęły na lokalizację zakładów hutnictwa żelaza i metali nieżelaznych, hutnictwa szkła, przemysłu maszynowego, wyrobów metalowych, przemysłu elektrotechnicznego, samochodowego, włókienniczego, odzieżowego i spożywczego (Program..., 2003a, b).

Do ważniejszych zakładów należą: KWK Kazimierz-Juliusz (w częściowej likwidacji), kopalnia odkrywkowa piasku CTL Maczki-Bór, Mikrohuta w Dąbrowie Górniczej (dawna Huta Baildon), Huta Bankowa, Huta Będzin, Huta Buczek, Huta ArcelorMittal (dawniej Huta Cedler) i Elektrociepłownia (EC) Będzin.

Najbardziej zanieczyszczone rtęcią są gleby w dolinie Czarnej Przemyszy, zarówno w warstwie powierzchniowej, jak i na głębokości 0,8–1,0 m. W znacznej części ukształtowały się one na utworach aluwialnych, zanieczyszczanych ściekami przemysłowymi podczas wysokich stanów wód i okresowych wylewów. Zanieczyszczenie gleb rtęcią (>0,40 mg/kg) występuje na terenie Huty Będzin, w rejonie fabryki kotłów i firmy Heraeus, produkującej czujniki i aparaturę pomiarową w Sosnowcu (fig. 4). Anomalie rtęci (>0,40 mg/kg) stwierdzono również w rejonie Huty Bankowa, Fabryki Maszyn Elektrycznych Damel i firmy Koba (zajmującej się odzyskiem surowców) w Dąbrowie Górniczej.

W dzielnicy Zagórze (Sosnowiec) poważnym zagrożeniem dla jakości środowiska przyrodniczego jest składowisko odpadów poneutralizacyjnych i niebezpiecznych, położone na terenie byłej Fabryki Silników Elektrycznych Silma oraz rejon nieczynnych szybów byłej KWK Porąbka-Klimontów. W glebach występują tu zawartości rtęci >0,20 mg/kg.

Anomalie na głębokości 0,8–1,0 m mają taki sam zasięg jak w warstwie powierzchniowej. Dodatkowe anomalie (>0,40 mg/kg) zanotowano w rejonie składowiska odpadów komunalnych, zlokalizowanego w wyrobisku kopalni piasku CTL Maczki-Bór.

Osady cieków w pobliżu hałdy odpadów pogórnich, w środkowej części wyrobiska kopalni CTL Maczki-Bór, charakteryzują się dużymi zawartościami srebra, glinu, baru, chromu, miedzi, manganu, niklu, ołowiu i strontu. Koncentracja rtęci w osadach (do 0,92 mg/kg) jest prawdopodobnie również związana z odciekami pochodzącymi z tego składowiska.

W aluwiach Czarnej Przemyszy i Pogorii zawartości rtęci mieszczą się najczęściej w zakresie 0,40–2,50 mg/kg (fig. 4). Lokalnie osady są też wzbogacone w inne metale, których źródłem są zrzuty ścieków z hut oraz Elektrociepłowni Będzin.

Osady prawobrzeżnych dopływów Bobrka (Rowu Mortimerowskiego) i cieków bez nazwy, odwadniających rejon Mikrohuty, obiektów nieczynnej KWK Porąbka-Klimontów, teren przedsiębiorstwa Enmech i składowiska odpadów niebezpiecznych na terenie zakładów Silma) są bardzo zanieczyszczone metalami. Największe zawartości pierwiastków zanotowano w osadach cieku bez nazwy (zasilającego Rów Mortimerowski w jego górnym odcinku) oraz w niewielkich stawach na obszarze źródłowym tego cieku, do którego spływają ścieki z zakładów Silma i odcieki ze składowiska odpadów poneutralizacyjnych i niebezpiecznych. Osady te zawierają do 4,60 mg/kg rtęci, a także do 3 mg/kg srebra, od 10 do 20 mg/kg kadmu, do 2230 mg/kg chromu, do 950 mg/kg miedzi, do 355 mg/kg niklu, powyżej 250 mg/kg ołowiu i do 40 200 mg/kg cynku.

### Arkusze Strzemieszyce

Znaczną część obszaru arkusza zajmują tereny przemysłowe i lokalnie silnie zurbanizowane. W rejonie Strzemieszyce Wielkich pozostały wyrobiska po eksploatacji wapieni i łupków ilastych, na wschód od Maczek – niecki osiadania po eksploatacji węgla kamiennego, a na południu – rozległe wyrobiska kopalni piasku Szczakowa. Przekształcenia powierzchni terenu spowodowane działalnością Huty Katowice (obecnie ArcelorMittal) to zwałowiska odpadów, skład żużla, nasypy i wykopy linii kolejowych, zakład przygotowania rud i zespół terminali szerokotorowej linii hutniczej.

Na przeważającej części terenu arkusza powierzchniowa warstwa gleb zawiera mniej niż 0,05 mg/kg rtęci (fig. 2). Anomalie (>0,40 mg/kg, maks. 2,36 mg/kg) zaznaczają się na terenie obiektów huty ArcelorMittal, zakładów chemicznych (w pobliżu oczyszczalni ścieków huty) i składowiska żużla Lipówka. W zachodniej części terenu arkusza (w rejonie Strzemieszyce) zawartość rtęci niekiedy przekracza 0,10 mg/kg, a niektóre anomalie sięgają do warstwy gleb na głębokości 0,8–1,0 m.

Obszar arkusza jest położony w zlewni Białej Przemyszy i jej dopływów (Bobrek, Kozi Bród i Sztola). W aluwiach Białej Przemyszy zawartość rtęci najczęściej wynosi od 0,10 do 0,20 mg/kg (maks. 0,33 mg/kg). Największą koncentrację rtęci (1,56 mg/kg) zanotowano w aluwiach niewielkiego

Tabela 1

**Zawartość rtęci w glebach i osadach**  
Mercury content in soils and sediments

Arkusze	Gleby		Osady
	głębokość 0,0–0,3 m	głębokość 0,8–1,0 m	
	zakres zawartości rtęci [mg/kg]/ liczba próbek		
Sławków	<0,05–1,52 n = 1393	<0,05–2,88 n = 1279	<0,05–1,35 n = 330
Olkusz	<0,05–3,80 n = 1364	<0,05–1,64 n = 1162	<0,05–1,96 n = 83
Nowa Góra	<0,05–0,48 n = 1330	<0,05–1,39 n = 1121	<0,05–0,36 n = 90
Myślachowice	<0,05–3,17 n = 1322	<0,05–2,30 n = 1220	<0,05–14,60 n = 149
Chrzanów	<0,05–66,50 n = 1312	<0,05–29,80 n = 1079	<0,05–10,10 n = 293
Dąbrowa Górnicza	<0,05–7,20 n = 1332	<0,05–1,66 n = 822	<0,05–4,60 n = 239
Strzemieszyce	<0,05–2,36 n = 1295	<0,05–0,79 n = 998	<0,05–3,60 n = 361
Mysłowice	<0,05–15,95 n = 1330	<0,05–36,15 n = 1145	<0,05–18,36 n = 192
Jaworzno	<0,05–9,96 n = 1289	<0,05–17,00 n = 1105	<0,05–182,00 n = 338
Libiąż	<0,05–1,95 n = 1289	<0,05–2,28 n = 1153	<0,05–14,23 n = 179
Katowice	<0,05–7,55 n = 1329	<0,05–11,34 n = 1103	<0,05–2,44 n = 240
Bieruń Stary	<0,05–20,23 n = 1326	<0,05–4,70 n = 1242	<0,05–2,71 n = 255
Imielin	<0,05–1,92 n = 1238	<0,05–7,82 n = 1145	<0,05–1,95 n = 394
Razem	17 149	14 574	3143

zbiornika wodnego w Zagródkach, w pobliżu nielegalnego wysypiska śmieci. Osady te są również wzbogacone w glin (1,54%), miedź (215 mg/kg), chrom (70 mg/kg) i stront (196 mg/kg). Źródłem zanieczyszczeń są przypuszczalnie odpady składowane w sposób niekontrolowany wokół i wewnątrz zbiornika.

Osady cieków w zlewni Bobrka są znacznie zanieczyszczone rtęcią (do 3,60 mg/kg). Aluwia potoku i jego dopływów w tym rejonie są wzbogacone także w glin, arsen, kadm, chrom, żelazo, mangan, stront, wanad i cynk. Przypuszczalnie większość metali jest dostarczana przez zrzuty ścieków z terminali linii hutniczej szerokotorowej w Grońcu i kruszarni rud żelaza.

#### Arkusz Sławków

Na obszarze arkusza Sławków, położonego w zlewni Białej Przemszy, sposób użytkowania terenu jest zróżnicowany. Jego północną i południową część pokrywają lasy, a centralną – użytki rolne. Wschodnia część arkusza jest objęta działalnością górnictwa rud Zn-Pb i hutnictwa cynku.

Znajdują się tu obiekty podziemnej kopalni Pomorzany, eksploatującej siarczkowe rudy cynku i ołowiu oraz teren nieczynnej kopalni Bolesław, która przez wiele lat prowadziła wydobycie galmanów metodą odkrywkową. Wydobycie, wzbogacanie i hutnictwo rud spowodowały szereg geomechanicznych przekształceń środowiska, głównie w okolicy Bolesławia. Należą do nich hałdy i składowiska, deformacje terenu wywołane wyrobiskami podziemnymi, zbiorniki osadów poflotacyjnych oraz obiekty przemysłowe. Powierzchnia hałd górniczych i nadpoziomowych osadników poflotacyjnych Zakładów Górniczo-Hutniczych (ZGH) Bolesław wynosi około 2000 ha.

Najbardziej intensywne anomalie rtęci w glebach wykryto w pobliżu osadnika odpadów poflotacyjnych ZGH Bolesław (do 1,52 mg/kg w warstwie powierzchniowej i do 2,88 mg/kg na głębokości 0,8–1,0 m). Na tym obszarze zaznacza się także maksimum anomalii Cd-Pb-Zn (odpowiednio 2100, 59 900 i 162 100 mg/kg w warstwie powierzchniowej gleb), związane z eksploatacją, wzbogacaniem i hutnictwem rud Zn-Pb, zarówno współczesnym, jak i historycznym, trwającym od XII w. (Grzechnik, 1978). Źródłem rtęci są jej

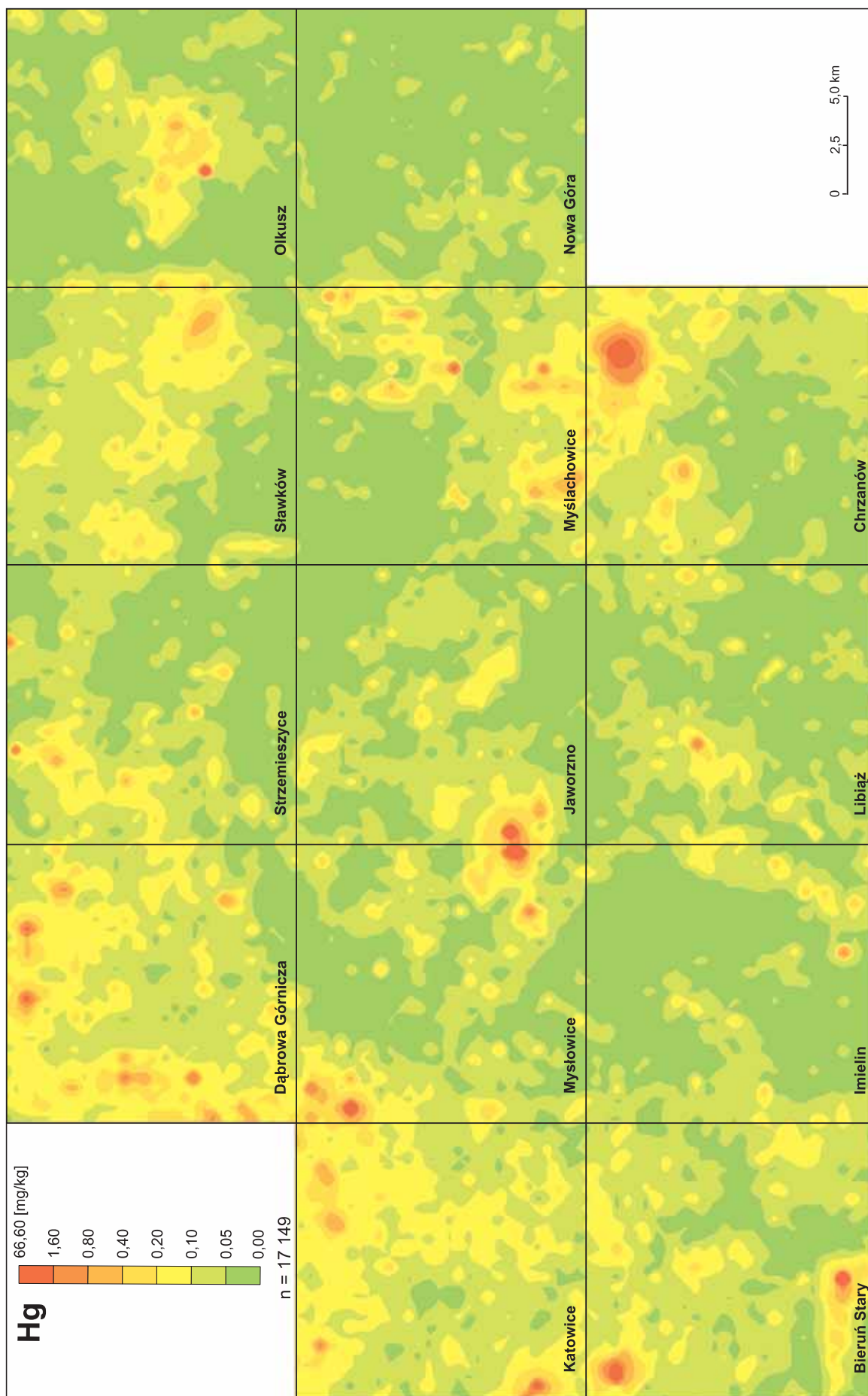


Fig. 2. Zawartość rtęci w glebach – głębokość 0,0–0,3 m

Mercury content in topsoil – depth 0.0–0.3 m

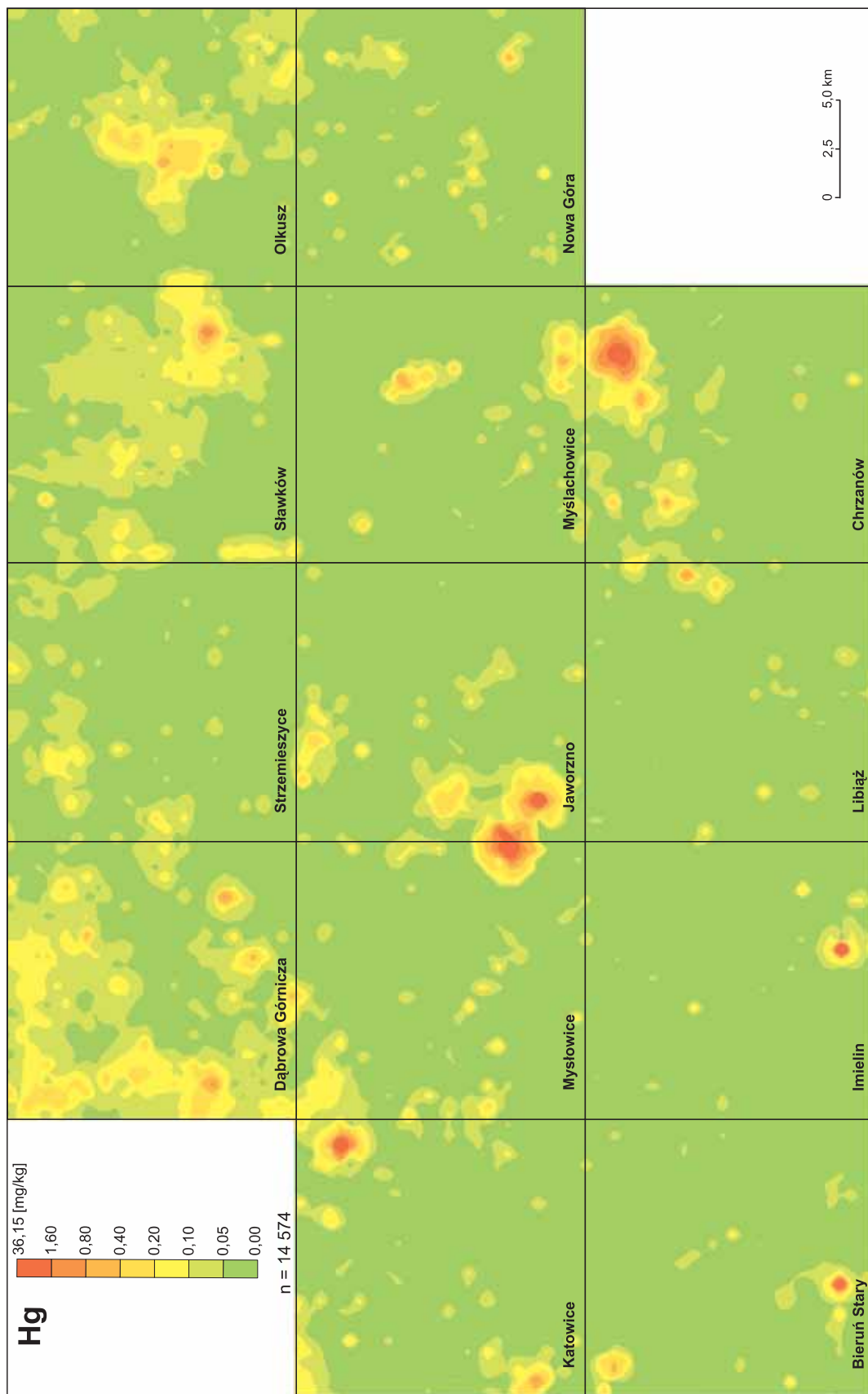


Fig. 3. Zawartość rtęci w glebach – głębokość 0,8–1,0 m

Mercury content in subsoil – depth 0.8–1.0 m

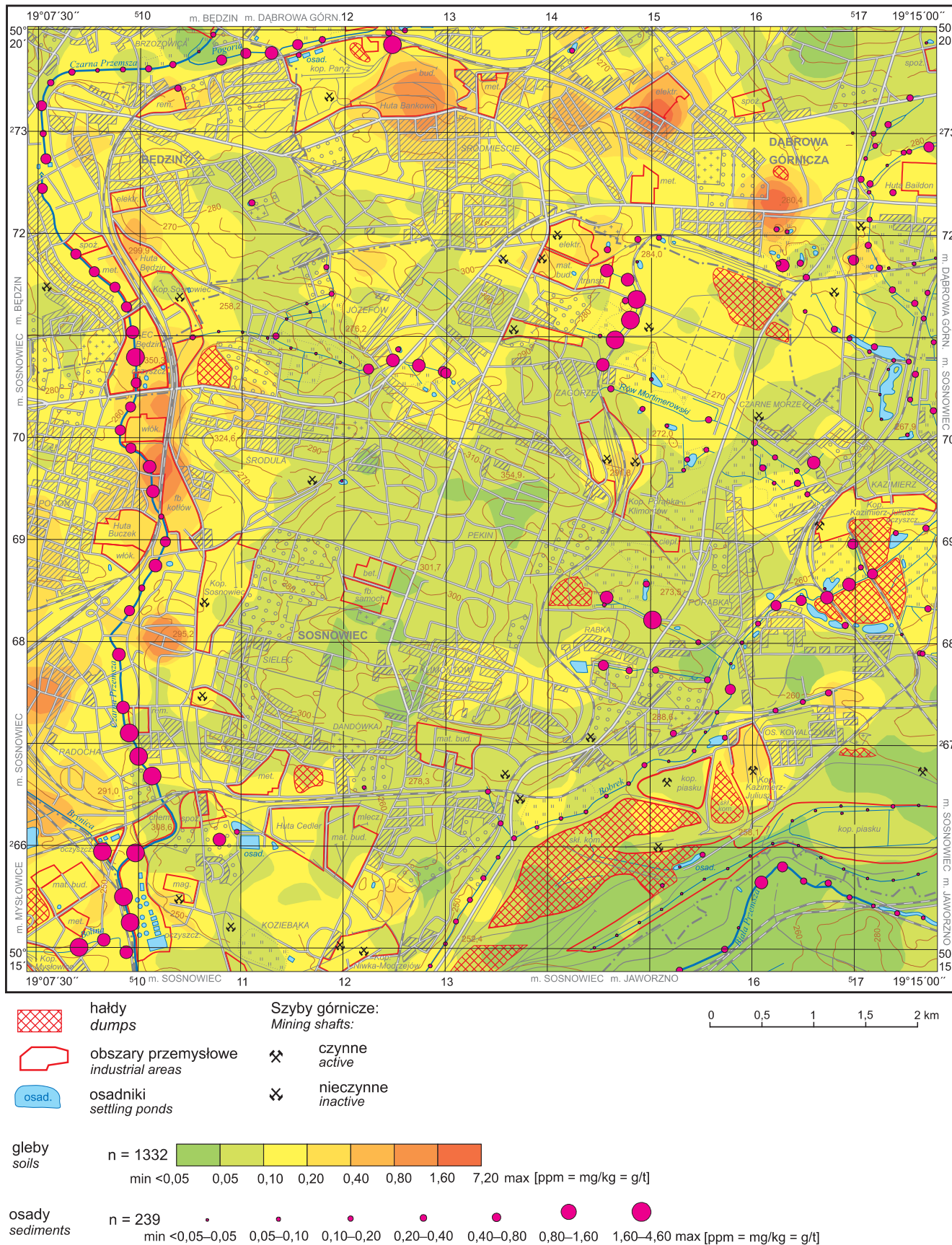


Fig. 4. Zawartość rtęci w glebach z głębokości 0,0–0,3 m i w osadach na obszarze arkusza Dąbrowa Górnicza

Mercury content in topsoil (0.0–0.3 m) and sediments in the Dąbrowa Górnicza map sheet area



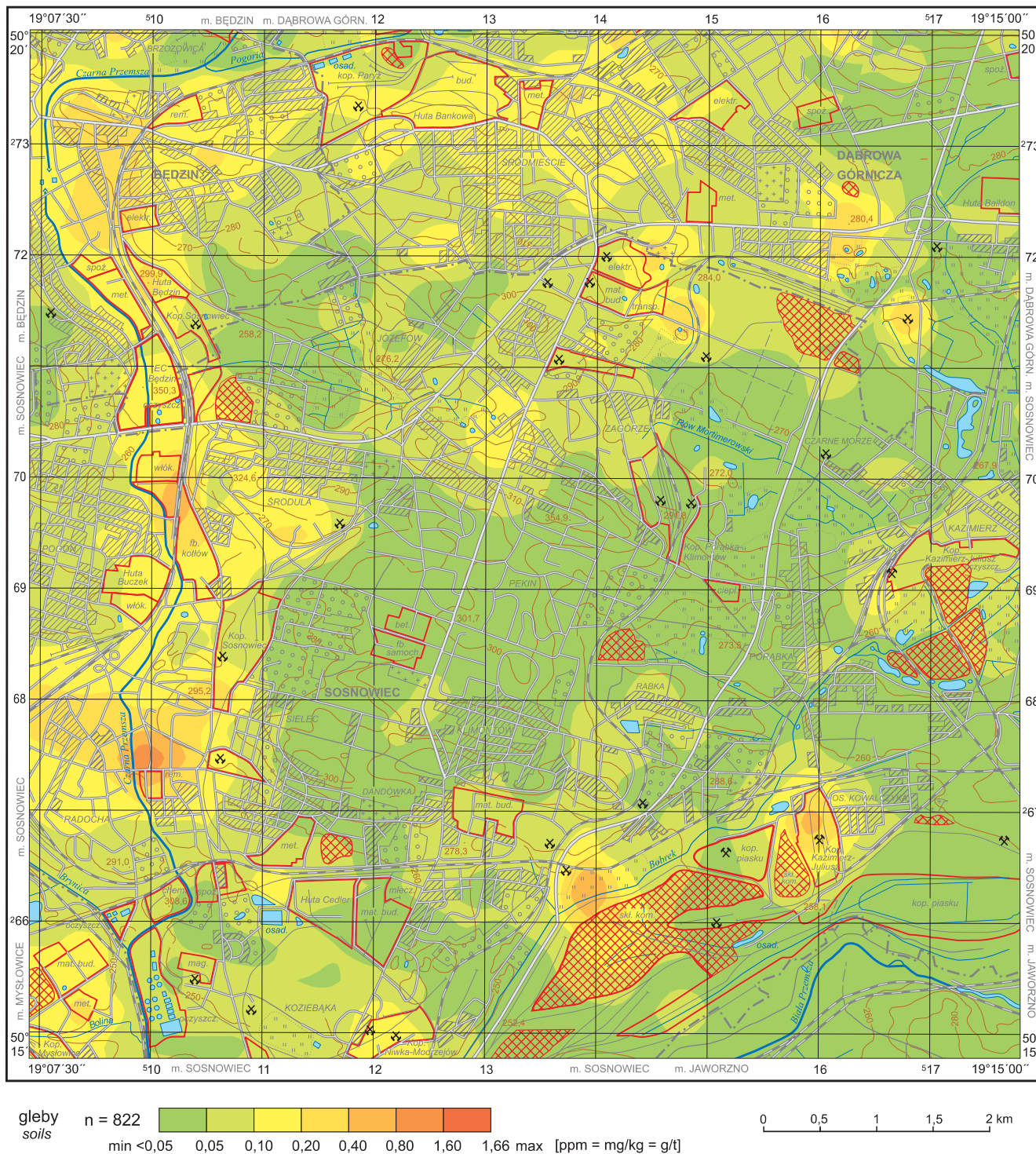


Fig. 5. Zawartość rtęci w glebach z głębokości 0,8–1,0 m na obszarze arkusza Dąbrowa Górnicza

Objaśnienia na figurze 4

Mercury content in subsoils (0.8–1.0 m) in the Dąbrowa Górnicza map sheet area

For explanations see Figure 4

domieszki zawarte w sfalerycie (Paulo, Krzak, 1997). Rtcęć może dostawać się do środowiska zarówno przez wietrzenie siarczków występujących w wychodniach okruszczonych dolomitów, jak i przez jej rozpraszanie w wyniku procesów przetwórczych rud. Anomalie mają zatem charakter mieszaniny – antropogeniczno-geogenicznej.

Badane osady pochodziły z rzeki Białej Przemszy i jej dopływów – Sztoly i kanałów (Dąbrówka-Roznos i Sztolnia-Warwas), odprowadzających ścieki przemysłowe i komunalne oraz wody kopalniane z rejonu Olkusza, Bukowna, Bolesławia i ZGH Bolesław. W większości osadów zawartość rtęci przekracza 0,10 mg/kg, a do najbardziej zanieczyszczonych (>0,40 mg/kg) należą osady górnego odcinka kanału Sztolnia.

### Arkusz Olkusz

Głównym źródłem zanieczyszczenia gleb i osadów rtęcią są wychodne dolomitów kruszczonośnych i związane z nimi złoża rud Zn-Pb oraz ich historyczna i współczesna eksploatacja i przeróbka. Powierzchnia terenu jest w wielu miejscach przekształcona, występują pozostałości po dawnych, płytkich wyrobiskach i szybach kopalnianych tych rud. Na obszarach górniczych kopalni rud Zn-Pb Olkusz-Pomorzany i dawnej kopalni Olkusz powstały zapadliska oraz hałdy i nasypy odpadów poprodukcyjnych. Do źródeł zanieczyszczeń środowiska należą też Olkuska Fabryka Naczyń Emaliowanych, Huta Szkła Walcowanego w Jaroszowcu i zakłady papiernicze w Kluczach (Program..., 2004a).

W powierzchniowej warstwie gleb anomalia rtęci (>0,20 mg/kg, maks. 3,80 mg/kg) występuje na obszarze miejskim Olkusza, w Starym Olkuszu, na południowym skraju wsi Pomorzany oraz w rejonie szybów kopalni Pomorzany i kopalni Olkusz. W tych samych rejonach anomalie kontynuują się w glebach na głębokości 0,8–1,0 m, osiągając maksymalną wartość 1,64 mg/kg. Prawdopodobnie jednym z najważniejszych źródeł skażenia gleb są liczne stare hałdy odpadów rud Zn-Pb.

Sieć hydrograficzna w granicach arkusza jest bardzo uboga. Do najważniejszych cieków należą potoki Baba i Witeradówka oraz kanał Roznos (Dąbrówka). W ich osadach stwierdzono stężenia rtęci odpowiednio do 0,50; 0,09 i 1,96 mg/kg. Najbardziej są zanieczyszczone osady kanału Roznos, którym do Białej (należącej do zlewni Białej Przemszy) są odprowadzane wody z odwodnienia kopalni Olkusz-Pomorzany, wody poflotacyjne (ze stawów osadowych) i wody z oczyszczalni ścieków bytowych (Program..., 2004b).

### Arkusz Katowice

Teren arkusza jest położony w centralnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Obejmuje fragmenty Katowic, Mysłowic i Tychów – miast na prawach powiatów. Od XIV w. wydobywano tu rudy darniowe, występujące lokalnie w lasach murckowskich, gdzie intensywnie wypalano węgiel drzewny służący do ich redukcji. Aktualnie

gospodarka w tym rejonie jest związana przede wszystkim z górnictwem węgla kamiennego. Eksploatację prowadzą kopalnie Murcki-Staszic, Wieczorek i Mysłowice-Wesoła (Katowicki..., 2010).

Anomalie rtęci są prawdopodobnie efektem rozproszenia odpadów wytworzonych podczas działalności niewielkich historycznych hut cynku, które powstawały obok kopalń węgla. Zawartości rtęci >0,40 mg/kg występują w glebach na terenie Janowa Miejskiego w Mysłowicach. Źródła anomalii można upatrywać w działalności huty cynku Wilhelmina (Degenhardt, 1870), położonej tuż za północną granicą arkusza (w Katowicach Szopienicach), prowadzącej produkcję w latach 1834–1928. Śladem po działalności niewielkich hut cynku jest pozostałość nasypu Kolejki Konnej Galmanu, którą transportowano do nich rudę. W pobliżu trasy kolejki w Janowie, w powierzchniowej warstwie gleb występuje lokalna anomalia rtęci – powyżej 0,80 mg/kg, a w warstwie głębszej – do 11,34 mg/kg.

Zanieczyszczenie rtęcią (>1,60 mg/kg) stwierdzono też na terenie KWK Wieczorek w Nikiszowcu (rejon szybu Pułaski), gdzie występuje także wzbogacenie gleb warstwy powierzchniowej w arsen, bar, wapń, ołów. W rejonie szybów kopalni Murcki w Bożych Darach gleby są także wzbogacone w rtęć (>0,40 mg/kg) i inne metale (srebro, miedź, ołów i stront). Ich źródło można powiązać z procesami technologicznymi mieszczącego się tu dawniej oddziału Papierni Czuliów.

W aluwiach dolnego odcinka Boliny i cieków zasilających ją w rejonie Janowa występują zanieczyszczenia metalami, spowodowane zrzutami ścieków komunalnych i przemysłowych z kilku oczyszczalni. Zawartość rtęci osiąga tu 2,44 mg/kg, zaś w składzie osadów zlewni Przyrzywy bardzo wyraźnie zaznaczają się lokalne anomalie w miejscach zrzutu ścieków komunalnych. Po przyjęciu ścieków z oczyszczalni osiedla KWK Wesoła w aluwiach dochodzi do kumulacji rtęci (od 0,20 do 0,40 mg/kg), fosforu (od 0,50 do 0,90%) i siarki (od 1 do 2%).

### Arkusz Mysłowice

Obszar arkusza obejmuje wschodnią część Mysłowic, zachodnie dzielnice Jaworzna oraz południową część Sosnowca. Górnictwo węgla kamiennego wciąż jest tu dominującą gałęzią przemysłu. Historyczne kopalnie były położone przede wszystkim w pobliżu doliny Przemszy, z uwagi na dogodne i opłacalne warunki transportu rzeczne. Równocześnie z kopalniami węgla rozwijała się energetyka oraz hutnictwo żelaza i cynku. Żelazo wytapiano z lokalnych rud darniowych. Rudy cynku i ołowiu dowożono do Mysłowic z rejonów ich wydobywania w okolicach Bytomia (Mysłowice...), a w pobliżu Długoszyna i Rudnej Góry prowadzono eksploatację na miejscu (Szuwarzyński, Panek, 1977). W Mysłowicach działały huty cynku Wilhelmina, Leopoldine, Justine, Stanislaus, Dar Jana, Eduard, Teresa oraz walcownia Kunegunda (Degenhardt, 1870). Obecnie najważniejszą rolę odgrywa Elektrownia Jaworzno III.

Stwierdzone wzbogacenie gleb w rtęć i inne pierwiastki (arsen, bar, cynk, kadm, ołów, miedź, stront i srebro), zagna-

czające się szczególnie w ich powierzchniowej warstwie, wiąże się z oddziaływaniem przemysłu. Do bardzo zanieczyszczonych rtęcią (>0,40 mg/kg) należą gleby w dzielnicy Centrum w Mysłowicach. Źródłem metalu mogą być rozproszone odpady historycznej huty cynku Wilhelmina, a w rejonie ulicy Powstańców – walcowni cynku Kunegunda (Falecki, 2010). W innych częściach dzielnicy trudno jednoznacznie wskazać ogniska zanieczyszczeń.

Najsilniejsza anomalia rtęci (maks. 15,95 mg/kg w warstwie powierzchniowej) występuje w dolinie potoku Wąwolnica, na terenie gruntów fabrycznych i Centralnego Składowiska Odpadów Zakładów Chemicznych Organika-Azot w Jaworznie, które od ponad 60 lat są producentem chemicznych środków ochrony roślin. Zanieczyszczenie kontynuuje się na głębokości 0,8–1,0 m, osiągając maksymalnie 36,15 mg/kg. Źródłem rtęci są z pewnością jej związki używane do produkcji środków ochrony roślin. Odpady poprodukcyjne z zakładów deponowano na składowisku Rudna Góra, umiejscowionym w wyrobisku po piaskowni. Składowisko nie posiada izolacji, a część odpadów służyła nawet do budowy skarp regulacyjnych na brzegach Wąwolnicy (Siłowiecki, Czarnomyski, 2010). Przed II wojną światową na składowisku gromadzono głównie żużel i popiół po spalaniu węgla. W czasie wojny trafiały tu odpady po produkcji cyklonu B zawierające cyjanki. W okresie powojennym składowano odpady pochodzące z produkcji środków ochrony roślin, zawierające m.in. rtęć, arsen i związki chloroorganiczne. W latach 70. i 80. XX w. w zakładach wytwarzano m.in. DDT i lindan – pestycydy stosowane w rolnictwie, a obecnie zakazane w większości krajów świata.

Specyficznym składem charakteryzują się gleby rozwinięte na terenie dawnego osadnika odpadów Elektrowni Jaworzno III w Dzieńkowicach. Wzbogacenia gleb w rtęć należy upatrywać w jej koncentracji w węglu, z którego podczas spalania jest uwalniana i emitowana w różnych formach do powietrza, a następnie wiązana przez pyły atmosferyczne, z którymi opada na powierzchnię Ziemi.

Aluwia Przemszy, odwadniającej najbardziej uprzemysłowioną i zurbanizowaną część Górnos Śląskiego Okręgu Przemysłowego, są silnie zanieczyszczone rtęcią. Na obszarze objętym granicami arkusza zawartości rtęci wynoszą od 1 do 2,5 mg/kg.

W południowo-wschodniej części obszaru arkusza, w osadach strumienia Wąwolnica, odprowadzającego ścieki z rejonu Zakładów Chemicznych Organika-Azot w Jaworznie, zawartość rtęci dochodząca do 16,36 mg/kg stwarza niebezpieczeństwo zatrucia roślin i zwierząt.

### Arkusz Jaworzno

Zachodnia część obszaru arkusza to teren miasta Jaworzno, w którym na początku XIII w. rozpoczęto eksploatację kruszców, a od schyłku XVIII w. węgla kamiennego. Ślady kopalnictwa galenowo-galmanowego, pochodzące z okresów odkrywkowej eksploatacji złóż Zn-Pb, zaznaczają się w terenie w postaci nieregularnych wgłębień do głębokości kilku metrów oraz wysypisk skały płonnej w formie wałów

i kopców w okolicy centrum Jaworzna, Ciężkowic, a także Długoszyna (Molenda, 1963). Na największej hałdzie są gromadzone odpady KWK Jaworzno, zamkniętej w wyniku niedawnej restrukturyzacji przemysłu wydobywczego. Odpady huty szkła są składowane na hałdzie w Szczakowej, a w Pieczyskach mieści się wysypisko odpadów zakładów produkcji dolomitu.

Najbardziej wyrazista anomalia rtęci (maks. 9,96 mg/kg) występuje w powierzchniowej warstwie gleb na terenie Zakładów Chemicznych Organika-Azot. Zanieczyszczenie zaznacza się w glebach również na głębokości 0,8–1,0 m, osiągając maksymalnie 0,80 mg/kg rtęci (fig. 3). Przez teren zakładów przepływa potok Wąwolnica, w którego osadach koncentracja rtęci osiąga 182 mg/kg (przeciętnie 0,79 mg/kg), stwarzając duże niebezpieczeństwo zatrucia roślin i zwierząt. Zarówno zanieczyszczenie gleb, jak i osadów wiąże się z wieloletnią produkcją różnorodnych substancji w tych zakładach. W latach 30. XX w. produkowano tu siarczan miedzi, cyjanek wapnia, żelazocyjanki i inne produkty, a po II wojnie światowej w procesach produkcyjnych stosowano metodę elektrolizy rtęciowej (Proksa, 2008) oraz używano związków ołowiu i rtęci do produkcji środków ochrony roślin. Osady są też silnie zanieczyszczone innymi pierwiastkami – zawartość miedzi dochodzi do 150 mg/kg, ołowiu do 21 670 mg/kg, siarki do 7,40% i cynku do 2270 mg/kg (Pasieczna, 2011).

W powierzchniowej warstwie gleb w sąsiedztwie hałd KWK Jaworzno zanotowano anomalię rtęci (do 0,80 mg/kg), która w tym rejonie jest intensywniejsza na głębokości 0,8–1,0 m (do 17 mg/kg).

W osadach gęstej sieci cieków bez nazwy zawartości rtęci mieszczą się w granicach od 0,05 do 0,20 mg/kg, a do znacznie wzbogaconych w ten pierwiastek należy zaliczyć aluwia Koziego Brodu (przeciętnie 0,20 mg/kg).

### Arkusz Myślachowice

Charakter gospodarczy obszaru w granicach tego arkusza znacznie zmienił się w ostatnich latach wskutek likwidacji dużych zakładów przemysłowych. Do niedawna dominował tu przemysł wydobywczy o długiej tradycji, oparty na bogactwie kopalni (węgiel kamienny, rudy Zn-Pb, wapienie, margle i piaski). W ostatnich latach zlikwidowano Kopalnię Węgla Kamiennego (KWK) Siersza, kopalnię rud cynku i ołowiu ZG Trzebieńka, Zakłady Metalurgiczne Trzebinia i Zakład Surowców Ogniotrwałych (ZSO) Górka w Trzebini. Wciąż aktywnym przedsiębiorstwem jest Elektrownia Siersza.

Na znacznym obszarze w granicach arkusza gleby warstwy powierzchniowej zawierają powyżej 0,10 mg/kg rtęci (fig. 2). Lokalnie występujące anomalie (>0,40 mg/kg) są związane głównie z historycznym, odkrywkowym górnictwem rud metali prowadzonym od średniowiecza. Wydobywano tu utlenione rudy Zn-Pb (galmany), srebronośną galenę oraz rudy żelaza (limonit), występujące na wychodniach dolomitów kruszczońskich (Szuwarzyński, 1978). Historyczna eksploatacja złóż kruszcowych, prowadzona w licznych płytkich kopalniach na wychodniach formacji rudonoś-

nych, doprowadziła do rozproszenia odpadów wokół wyrobisk. Dodatkowym źródłem anomalii mógł być historyczny wytop ołowiu (Szuwarzyńska i in., 2001). O takim sposobie powstawania anomalii ( $>0,40$  mg/kg rtęci) w powierzchniowej warstwie gleb świadczy fakt, że w miejscach starych, nieczynnych wyrobisk górniczych (w rejonie Luszowic, Podlesia i Czyżówki) anomalie rtęci są tak samo intensywne jak w miejscach współczesnej eksploatacji, w pobliżu szybów ZG Trzebionka.

Anomalie ( $>0,40$  mg/kg rtęci) w powierzchniowej warstwie gleb oraz na głębokości 0,8–1,0 m w miejscowości Krze mają głównie pochodzenie antropogeniczne. W zakresie głębokości 0,8–1,0 m zawartość rtęci jest taka sama. Na obszarze występowania anomalii (w rejonie zlikwidowanych obecnie ZSO Górka) w XIX w. znajdowała się huta cynku i rozległa hałda jej odpadów (Szuwarzyński, Kryza, 1995).

Wzbogacenie w rtęć ( $>0,10$  mg/kg) zanotowano zarówno w powierzchniowej warstwie gleb, jak i na głębokości 0,8–1,0 m w sąsiedztwie Elektrowni Siersza i składowiska jej odpadów paleniskowych. Można przypuszczać, że pierwiastek ten pochodzi głównie z rozpraszania pyłów ze spalania węgla w elektrowni. Na głębokości 0,8–1,0 m obszar występowania anomalii rtęci jest mniejszy (fig. 3).

Większość obszaru w granicach arkusza jest położona w zlewni potoku Kozi Bród, do którego są odprowadzane oczyszczone ścieki przemysłowo-opadowe, odcieki z rejonu dawnych osadników i odsoliny pochłonicze z Elektrowni Siersza. W aluwiach Koziego Brodu naturalne zawartości rtęci ( $<0,05$  mg/kg) występują w jego górnym biegu (do zbiornika retencyjnego Osowiec). Poniżej zbiornika, po przyjęciu ścieków, zawartość rtęci wynosi od 0,13 do 2,36 mg/kg.

Osady cieku bez nazwy, który dopływa do Koziego Brodu z Trzebini zawierają do 2,75 mg/kg rtęci, której źródłem są przypuszczalnie ścieki.

### Arkusz Nowa Góra

W powierzchniowej warstwie gleb wzbogacenia w rtęć (od 0,10 do 0,20 mg/kg) występują w rejonie dawnej kopalni galmanów Katarzyna (między Psarami, Lgotą i Ostrężnicą) i w okolicach Nowej Góry. Większość ciał rudnych wydobyto od XV do początków XX w., a najintensywniejszą eksploatację prowadzono w latach 1800–1912 (Cygoryjni, 1970; Kurek, Szuwarzyński, 1993). Ślady dawnego górnictwa w postaci dołów poeksploatacyjnych, sztolni, szybików i hałd są widoczne również współcześnie (Liszka, Świć, 2000; Górecki, Szwed, 2005, 2006).

Zanieczyszczenie gleb rtęcią można wiązać z przemieszczaniem rudy i gromadzeniem odpadów pogórnicznych na hałdach, wytapianiem ołowiu na miejscu i wietrzeniem siarczków na wychodniach węglanowych kruszczonych utworów triasu.

Maksymalną zawartość rtęci (0,36 mg/kg) stwierdzono w osadach strumienia Dulówka, odwadniającego obszar na południowym skraju arkusza. Wzbogacenie rud metodą płuczkową sprzyjało przemieszczaniu drobnoziarnistych okruców rud w osadach strumieniowych, które były roz-

drabniane i transportowane z biegiem cieków na duże odległości, a także roznoszone na gleby tarasów zalewowych podczas wysokich stanów wód.

### Arkusz Bieruń Stary

Zachodnia część terenu arkusza wchodzi w skład powiatu grodzkiego Tychy, północno-wschodnia należy do powiatów grodzkich Katowice i Mysłowice, a południowo-wschodnia obejmuje część gmin miejskich Bieruń Stary i Łędziny oraz niewielki rejon gminy Bojszowy, należących do powiatu bieruńsko-łędzińskiego. Teren jest położony w zlewni Gostyni i Mlecznej.

Podstawową gałęzią gospodarki jest tu górnictwo węgla kamiennego. W zachodniej części Łędzin znajduje się obszar górniczy KWK Ziemowit z szybem Piast i oddziałem remontowym, a w północno-zachodniej części jest położony szyb materiałowo-wentylacyjny Czułów, należący do KWK Murcki-Staszic.

Silną degradację chemiczną w obu analizowanych warstwach glebowych stwierdzono na obszarze kompleksu przemysłowego Papierni Czułów (pracującej nieprzerwanie od 1887 r.) i w jej najbliższym otoczeniu. Najistotniejsze jest tu skażenie miedzią i rtęcią. W powierzchniowej warstwie gleb zawartość tych pierwiastków dochodzi odpowiednio do 457 i 20,23 mg/kg. Na głębokości 0,8–1,0 m zawartość miedzi osiąga 4047 mg/kg, a rtęci – 4,70 mg/kg. Anomalie występują na znacznych obszarach.

Gleby aluwialne dolin Mlecznej i Gostyni są wyraźnie wzbogacone w rtęć, zawierają  $>0,10$  mg/kg tego pierwiastka, a w bezpośrednim sąsiedztwie oczyszczalni ścieków w Urbanowicach w powierzchniowej warstwie gleb zaznacza się intensywna anomalia (do 7,2 mg/kg rtęci), o nieco mniejszym zasięgu na głębokości 0,8–1,0 m.

W osadach Gostyni źródłem zanieczyszczeń jest dopływ ścieków przemysłowych i komunalnych z Łazisk Górnych w górnym biegu rzeki, zrzuty ścieków z oczyszczalni Tychy-Urbanowice oraz zanieczyszczenia transportowane przez Tyszanke. Poniżej ujścia Tyszanki zawartość rtęci wynosi od 0,40 do 0,50 mg/kg. Do zanieczyszczenia osadów aluwialnych potoku Tyszanke w największym stopniu przyczyniają się zrzuty ścieków i odcieki ze składowiska odpadów polakierniczych fabryki Fiat Auto Poland i zakładów remontowych, ale większość metali (chrom, miedź, rtęć, nikiel, ołów, tytan, cynk), a także siarka są dostarczane z wyżej położonej części zlewni. Najistotniejsze jest zanieczyszczenie aluwiów miedzią (do 537 mg/kg), rtęcią (do 2,71 mg/kg) i chromem (do 102 mg/kg).

Osady strumienia Przyrwa (dopływu Mlecznej) zawierają od 0,2 do 1,4 mg/kg rtęci, pochodzącej przypuszczalnie ze zrzutów ścieków komunalnych z terenu Mysłowic i Łędzin.

### Arkusz Imielin

Obszar w granicach arkusza obejmuje część powiatu bieruńsko-łędzińskiego, południowe dzielnice Jaworzna i Mysłowic oraz część gminy Chelmek. Podstawowe znacze-

nie gospodarcze mają kopalnie węgla kamiennego Ziemowit i Piast oraz kamieniołomy dolomitów i wapieni.

Najbardziej zanieczyszczone rtęcią (>0,10 mg/kg) i innymi metalami są gleby aluwialne warstwy powierzchniowej w dolinie Przemszy. Podmokły i zabagniony teren jest miejscem gromadzenia materii organicznej łatwo sorbującej składniki mineralne. Źródłem metali są wody i zawiesiny transportowane z całej zlewni i zatrzymywane w glebach podczas okresowych wylewów rzeki.

Lokalny wzrost zawartości rtęci w powierzchniowej warstwie gleb (>0,10 mg/kg) zanotowano w Chełmie Śląskim oraz w pobliżu niektórych obiektów przemysłowych i osiedli mieszkaniowych. Silna punktowa anomalia (maks. 1,92 mg/kg w warstwie powierzchniowej i 7,82 mg/kg na głębokości 0,8–1,0 m) występuje na południu Kopciowic. Prawdopodobnym źródłem rtęci jest mogilnik ze środkami ochrony roślin, lecz dokładniejsze określenie źródła wymaga dalszego badania.

Aluwia Przemszy w granicach arkusza zawierają najczęściej od 0,50 do 1,00 mg/kg rtęci. Zanieczyszczone rtęcią są osady potoku Mąkowiec (do 1,66 mg/kg), w którego zlewni znajdują się obiekty zakładów metalowych i stacja kolejowa Chełm Śląski.

Źródłem największych zanieczyszczeń metalami oraz fosforem i siarką osadów potoku Goławieckiego są ścieki z oczyszczalni kopalni Ziemowit. W osadach rowów odprowadzających ścieki z tej oczyszczalni zanotowano kumulację rtęci (do 1,77 mg/kg), a także znaczne stężenia arsenu, baru, kadmu, kobaltu, miedzi, ołowiu i cynku.

### Arkusze Libiąż

Głównym ośrodkiem przemysłowym na obszarze objętym granicami arkusza jest Libiąż, w którym funkcjonuje kopalnia węgla kamiennego Zakład Górniczo-Energetyczny (ZGE) Janina i odkrywkowa kopalnia dolomitu. W Kroczymiechu działa Ocynkownia Śląsk, a w południowo-zachodniej części obszaru arkusza znajduje się strefa przemysłowa byłych zakładów przemysłu skórzanego Chełmek. Od XIII w. do początku I wojny światowej w północno-wschodniej części obszaru arkusza, w pasie wychodni dolomitów, w rejonie Kąty–Cezarówka oraz w okolicy Libiąża wydobywano rudy Zn-Pb, występujące w triasowych dolomitach kruszczońskich (Sass-Gustkiewicz, 1985, 2001; Dżułyński, Sas-Gustkiewicz, 1993; Szuwarzyński, 1993). Po płytkiej eksploatacji pozostały stare wyrobiska, które w wielu przypadkach są wykorzystywane jako miejsca nielegalnego składowania różnych odpadów.

Na większości obszaru objętego granicami arkusza w powierzchniowej warstwie gleb zawartość rtęci nie przekracza 0,05 mg/kg (fig. 2). Odkrywkowa eksploatacja złóż galmanów w rejonie Kąty–Cezarówka i w okolicy Libiąża jest źródłem antropogeniczno-geogenicznych anomalii kadmu, cynku i ołowiu. W tych samych rejonach występuje wzbogacenie gleb w rtęć (>0,10 mg/kg). Zwiększone zawartości rtęci zanotowano też wokół obiektów Ocynkowni Śląsk w Kro-

czymiechu (>0,20 mg/kg) oraz w glebach aluwialnych doliny Chechła.

Osady Kanału Matylda (głównego ciekę odwadniającego teren w granicach arkusza) są zanieczyszczone przez rtęć, a także kadm, ołów i cynk. Zawierają od 0,05 do 0,68 mg/kg rtęci (przeciętnie 0,21 mg/kg). Źródłem metali w osadach jest przypuszczalnie drenaż hałd historycznej kopalni Matylda, położonych poza wschodnią granicą arkusza.

Zanieczyszczenie rtęcią osadów Chechła (zawierających przeciętnie 0,50 mg/kg rtęci) jest spowodowane głównie działalnością zakładów metalurgicznych oraz rafinerii w Trzebini.

### Arkusze Chrzanów

Największe ilości zanieczyszczeń są emitowane do środowiska z terenu Trzebini i Chrzanowa, które są miastami silnie uprzemysłowionymi. Znajdują się tu zakłady przemysłu wydobywczego, przerobczego, metalowego i petrochemicznego. W ogólnej ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery największy udział mają ZG Trzebieńka, Rafineria w Trzebini, Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Chrzanowie, zbiornik odpadów poflotacyjnych ZG Trzebieńka, Ocynkownia Śląsk w Chrzanowie, Zakład Wapieniczny w Płazie oraz Kopalnia i Prażalnia Dolomitu Żelątowa w Chrzanowie.

Powierzchnia terenu jest w znacznym stopniu przekształcona na skutek wydobywania kopalin (Nieć i in., 2001; Szuwarzyńska i in., 2001). Wyrobiska po górnictwie odkrywkowym (kamieniołomy, glinianki, piaskownie) zrehabilitowano tylko w nielicznych przypadkach, a w niektórych utworzyły się zbiorniki wodne. Składowiska odpadów przemysłowych należą do ZG Trzebieńka, zakładów wydobywających surowce węglanowe oraz historycznej kopalni rud Zn-Pb Matylda. Likwidowanie starych hałd w latach 70. i 80. XX w. przez wykorzystywanie zgromadzonego na nich materiału do niwelacji terenu i wzmocnienia dróg, doprowadziło do rozproszenia wielu substancji na znacznych obszarach (Szuwarzyński, Kryza, 1995).

W północnej części arkusza jest położony osadnik odpadów poflotacyjnych rud Zn-Pb, należący do ZG Trzebieńka, o powierzchni około 68 ha (Szuwarzyńska i in., 2001). W stawie osadowym są gromadzone odpady powstające w procesie produkcji koncentratów cynku i ołowiu – mielony dolomit zawierający domieszki siarczków cynku i ołowiu.

Po zakończeniu działalności kopalni rud Zn-Pb Matylda (1972 r.) pozostały dwa składowiska – hałda „rud”, w większości pochodząca z lat 20. XX w. oraz dawny staw osadowy odpadów płuczkowych po wzbogacaniu grawitacyjnym rud. Materiał zgromadzony na składowiskach wykorzystywano do budownictwa drogowego, a tereny po dawnych hałdach częściowo zagospodarowano.

W powierzchniowej warstwie gleb największe zawartości rtęci (>0,40 mg/kg) występują na południu Trzebini (fig. 2), na terenie Zakładów Metalurgicznych (w upadłości) i w rejonie hałdy ich odpadów. W 1890 r. uruchomiono tu

huty cynku Jadwiga na miejscu starszej huty ołowiu (Cygorjani, 1970), a po drugiej wojnie światowej prowadzono w tych zakładach próbną produkcję wielu metali (Szuwarzyński, Kryza, 1995). W rejonie hałdy odpadów Zakładów Metalurgicznych zawartość rtęci w glebach dochodzi do 66,50 mg/kg. Gleby obfitują ponadto w srebro (do 60 mg/kg), arsen (do 4132 mg/kg) i miedź (do 1094 mg/kg). O antropogenicznym pochodzeniu anomalii świadczy ich znacznie mniejszy zasięg na głębokości 0,8–1,0 m (fig. 3). Oprócz skażenia tego terenu odpadami stałymi o wysokiej koncentracji metali, pewną rolę w powstaniu anomalii mogło odgrywać rozpraszanie pyłów z procesów technologicznych oraz wykorzystywanie żużłu (odpadu pohutniczego) do niwelacji terenu w Trzebinie (Szuwarzyński, Kryza, 1995).

Wzbogacenie gleb w rtęć ( $>0,40$  mg/kg) występuje też na terenie rafinerii w Trzebinie i na północno-wschodnim skraju Chrzanowa.

Badane osady pochodziły z rzeki Chechło, jej dopływów (Luszkówki i Wodnej, Pstrużnika oraz strumieni bez nazw), kanałów i rowów melioracyjnych, a także jeziora Chechło.

Zanieczyszczenie rtęcią (i innymi metalami) osadów Chechła spowodowane jest przede wszystkim odciekami z rejonu składowiska Zakładów Metalurgicznych w Trzebinie poprzez potok Pstrużnik. W osadach górnego biegu strumienia zawartość rtęci często przekracza 1 mg/kg, a maksymalnie osiąga 10,10 mg/kg. Osady Pstrużnika powodują zanieczyszczenie rtęcią aluwiów Chechła. Poniżej ujścia tego strumienia do Chechła zawartość rtęci wynosi od 0,50 do 2,20 mg/kg, a powyżej na ogół nie przekracza 0,05 mg/kg.

W osadach strumieni Luszkówka i Wodna, opływających osadnik ZG Trzebieńka, zawartość rtęci wynosi od  $<0,05$  do 0,19 mg/kg, a w osadach małych cieków jej zawartość pozostaje w granicach tła geochemicznego –  $<0,05$  mg/kg.

## PODSUMOWANIE

Stwierdzone zawartości maksymalne rtęci w glebach i osadach w kilku miejscach są bardzo duże, lecz dla 90% próbek koncentracja rtęci w warstwie powierzchniowej gleb nie przekracza 0,14 mg/kg, a w warstwie głębszej – 0,07 mg/kg.

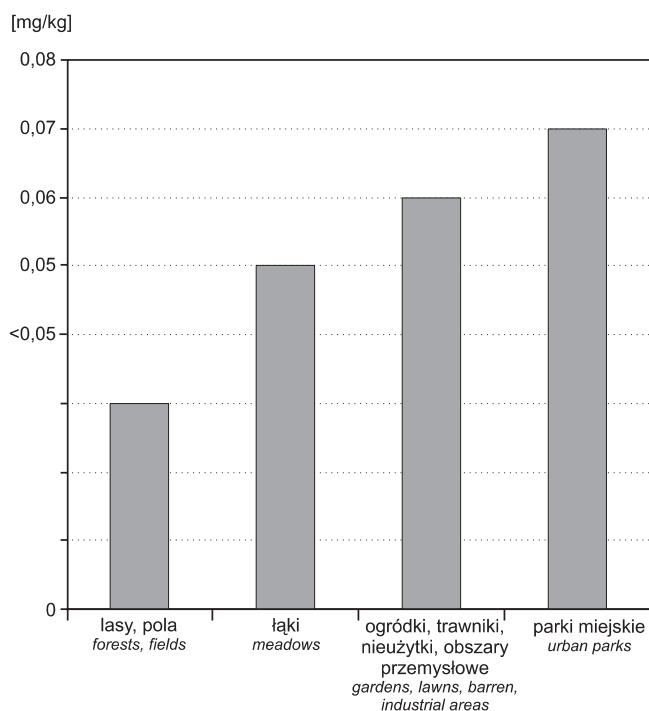


Fig. 6. Zawartość rtęci (mediana) w powierzchniowej warstwie gleb o różnym użytkowaniu

Mercury content (median) in topsoil of various types of land use

90% próbek osadów zawiera  $<0,05$  mg/kg rtęci. Wszystkie anomalie mają pochodzenie antropogeniczne – stwierdzono je w glebach w okolicach hałd odpadów przemysłu wydobywczego, metalurgicznego, chemicznego, papierniczego i energetycznego, a w osadach rzecznych – poniżej miejsc zrzutu ścieków z zakładów wymienionych gałęzi przemysłu.

Zawartość rtęci w powierzchniowej warstwie gleb omawianego regionu dość wyraźnie jest uwarunkowana sposobem ich aktualnego użytkowania. Wartość przeciętna zawartości rtęci (wyrażona jako mediana) wynosi  $<0,05$  mg/kg w glebach lasów i pól uprawnych oraz 0,05 mg/kg w glebach łąk. Dla gleb ogródków działkowych, trawników miejskich, nieużytków i terenów przemysłowych wartość mediany zawartości rtęci jest identyczna – 0,06 mg/kg, a nieznacznie większą (0,07 mg/kg) stwierdzono w glebach parków miejskich (fig. 6). W zastosowanej metodzie analitycznej granica oznaczalności rtęci wynosi 0,05 mg/kg, co uniemożliwia dokładniejsze określenie tła geochemicznego rtęci w badanych glebach. Niewątpliwie korzystne jest jednak stwierdzenie najmniejszych zawartości rtęci w glebach pól uprawnych i lasów w regionie, który przez wiele lat określano mianem „obszaru kłęski ekologicznej”.

Wyniki badań zawartości rtęci w glebach powierzchniowych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych tego pierwiastka wskazanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby i jakości ziemi z dnia 9 września 2002 r. Przyjęte w Rozporządzeniu kryteria jakości gleb (wyznaczone przedziałami stężeń dopuszczalnych) uwzględniają aktualne i planowane funkcje użytkowania gruntów w podziale na grupy A, B i C.

Na podstawie wartości dopuszczalnych zawartości rtęci (0,5; 2; 30 mg/kg – odpowiednio dla grup A, B i C) każdą z badanych próbek gleb powierzchniowych zaklasyfikowa-

Tabela 2

**Klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m wskazująca właściwy sposób ich użytkowania ze względu na zawartość rtęci**

Topsoil (0.0–0.3 m) classification indicating appropriate soil use due to the mercury content

	Grupy użytkowania*		
	A	B	C
Wartości dopuszczalne stężeń [mg/kg]	0,5	2	30
Arkusze	Udział procentowy próbek		
Sławków	99,50	0,50	–
Olkusz	98,97	0,88	0,15
Nowa Góra	100,00	–	–
Myślachowice	97,52	2,33	0,15
Chrzanów	98,40	1,37	0,23
Dąbrowa Górnicza	97,82	1,43	0,75
Strzemieszyce	99,23	0,69	0,08
Mysłowice	98,72	0,83	0,45
Jaworzno	99,30	0,54	0,16
Libiąż	99,61	0,39	–
Katowice	98,80	0,83	0,37
Bieruń Stary	99,32	0,53	0,15
Imielin	99,76	0,24	–

A – obszary chronione, B – obszary użytków rolnych, lasów i zabudowy mieszkaniowej, C – obszary przemysłowe, \* – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r.

A – protected areas, B – agricultural, forest and residential areas, C – industrial areas, \* – Decree of the Polish Ministry of the Environment of 9th September 2002

no do właściwej grupy (tab. 2). Większość badanych gleb (od 97,52 do 100% dla poszczególnych arkuszy) spełnia wymagania stawiane grupie A. Do grupy B zaklasyfikowano od 0,24 (ark. Imielin) do 2,33% (ark. Myślachowice) analizowanych próbek. Najbardziej zanieczyszczone rtęcią gleby grupy C obejmują od 0,08 (ark. Strzemieszyce) do 0,75% (ark. Dąbrowa Górnicza) próbek.

W wielu przypadkach aktualne użytkowanie gleb jest niewłaściwe i wymaga monitorowania, a niekiedy ich rekultywacji. Stężenia rtęci w glebach niektórych lasów, pól, łąk i ogrodów są tak duże, że tereny te powinny być użytkowane tylko jako obszary przemysłowe. Gleby grupy A mogą

spełniać wszystkie funkcje, łącznie z ich użytkowaniem jako tereny poddane ochronie (strefy ujęć wody i zbiorników wody pitnej, obszary parków narodowych, rezerваты przyrody i użytki ekologiczne). Mogą być też wykorzystane jako użytki rolne, czy grunty leśne, tereny mieszkaniowe i rekreacyjne. Grupa B obejmuje grunty, które mogą służyć jako użytki rolne, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych. Grupa C to tereny, które powinny być użytkowane jedynie jako przemysłowe, użytki kopalne i tereny komunikacyjne.

## WNIOSKI

1. Na podstawie zasięgu i miejsc występowania anomalii stwierdzono, że największe zanieczyszczenie środowiska rtęcią na obszarze regionu śląsko-krakowskiego wiąże się z działalnością zakładów chemicznych, papierniczych, hutnictwa metali oraz energetyki przez zrzuty ścieków przemysłowych do rzek i strumieni, odcieki z hałd odpadów, a także opady pyłów pochodzących z emisji przemysłowych, szczególnie z zakładów produkcji metali i spalania węgla.

2. Istotnym źródłem rtęci w środowisku są stare hałdy po historycznej płytkiej eksploatacji rud cynkowo-ołowiowych i odpady rozproszone w miejscach wytopienia ołowiu.

3. Położenie stwierdzonych anomalii geochemicznych rtęci w wielu przypadkach pozwala na wskazanie lokalizacji dawnych hut metali i miejsc historycznej eksploatacji rud cynkowo-ołowiowych, pomimo braku ich wyraźnych śladów w dzisiejszej morfologii terenu.

4. Na obszarach o anomalnych zawartościach rtęci w powierzchniowej warstwie gleb zanieczyszczenie kontynuuje się również w warstwie głębszej, przy znacznym zmniejszeniu obszaru anomalii.

5. Klasyfikacja powierzchniowej warstwy gleb do grup użytkowania ze względu na zawartość rtęci w większości wskazuje na możliwość ich wielofunkcyjnego użytkowania.

Znacznie zanieczyszczone tereny gleb z grupy C, stanowiące zagrożenie dla środowiska, mają jedynie lokalny zasięg, głównie są to tereny obiektów przemysłowych. W przypadku ich innego przeznaczenia konieczna jest dokładna obserwacja zmian zawartości rtęci.

6. Gleby i osady na obszarach wykrytych anomalii powinny podlegać monitoringowi.

## LITERATURA

- ATLAS GEOCHEMICZNE, 2013 [http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl].
- BIESTER H., HESS A., MÜLLER G., 1996 — Mercury phases in soils and sediments in the Idrija mining area. *W: Proceedings of the meeting. Idrija as a natural and anthropogenic laboratory. Idrija, Slovenia, 24–25 maja 1996 r.*: 17–25.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001 — Rtęć w kopalniach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **349**: 5–54.
- BOJAKOWSKA I., SZCZĘŚNIAK H., 1993 — Zagrożenie naturalnego środowiska w Polsce rtęcią w wyniku spalania węgla. *Prz. Geol.*, **41**, 4: 252–257.
- BOJAKOWSKA I., GÓRECKA E., KARMASZ D., 2010 — Rtęć we współczesnych osadach wybranych rzek i jezior Polski – badania monitoringowe w latach 1991–2009. *W: Rtęć w środowisku. Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*: 127–134. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- BOSZKE L., KOWALSKI A., GŁOSIŃSKA G., SZAREK R., SIEPAK J. 2003 — Environmental factors affecting speciation of mercury in the bottom sediments; an overview. *Pol. J. Environ.*, **12**, 1: 5–13.
- CYGORIJNI K., 1970 — Hutnictwo cynku w XIX wieku w okręgu krakowskim. *Rudy Metale*, **5**: 280–283.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., BARTKOWIAK A., RÓŻAŃSKI S. 2008 — Zawartość rtęci w glebach intensywnie użytkowanych rolniczo obszaru Pomorza i Kujaw. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **35/36**: 153–156.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., MAŁCZYK P., KOBIERSKI M., 1999 — Profile differentiation of total mercury content in selected arable and forest soils in Poland. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz*, **220**, *Rolnictwo*, 44: 47–51.
- DEGENHARDT O., 1870 — Der Oberschlesian-Polnische-Bergdistrikt mit Hinweglassung des Diluviums. Karte von Oberschlesien 1:100 000. Verlag der Landkarten handlung von J.H. Neumann, Berlin.
- DE VOS W., TARVAINEN T. (red.), 2006 — Geochemical atlas of Europe. Part 2. Geological Survey of Finland, Espoo.
- DŻUŁYŃSKI S., SASS-GUSTKIEWICZ M., 1993 — Paleocarcistic Zn-Pb ores produced by ascending hydrothermal solutions in Silesian-Cracow district. *Kwart. Geol.*, **37**, 2: 255–264.
- FALECKI D., 2010 — Przemysł hutniczy [http://mysnet.pl/a/huta-cynku-leopoldyna-2].
- FLORENCKA N., WOJTANOWICZ P., 1999 — Zawartość rtęci w glebach wybranych rejonów Krakowa. *Inż. Środ.*, **4**, 2: 323–330.
- FLORENCKA N., WOJTANOWICZ P., 2006 — Pionowy rozkład zawartości rtęci w wybranych profilach glebowych w rejonie Alwernii. *Inż. Środ.*, **11**, 2: 161–169.
- FLORENCKA N., WOJTANOWICZ P., 2007 — Comparison of the mercury content in soils of forest and green-arable lands. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, **36**, 3: 127–134.
- FLORENCKA N., URBAŃSKI K., WOJTANOWICZ P., 2010 — Rtęć na tle innych pierwiastków śladowych gleb terenów przemysłowych. *W: Rtęć w środowisku. Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*: 159–165. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- GÓRECKA E., KARMASZ D., LECH D., 2003 — Oznaczanie rtęci w próbkach gleb i osadów techniką zimnych par w układzie przepływowo-wstrzykowy. *W: VIII Konferencja pt. „Zastosowanie metod AAS, ICP-AES i ICP-MS w analizie środowiskowej”*. Warszawa, 17–18 listopada 2003 r.: 22–23.
- GÓRECKA E., KARMASZ D., JAKLEWICZ A., PASŁAWSKI P., 1996 — Zastosowanie różnych technik pomiarowych do oznaczania Hg w próbkach środowiskowych. *W: V Poznańskie Konwersatorium Analityczne. Cz. II. Poznań, 25–26 kwietnia 1996 r.*: 31–32.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2005 — Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na Ziemi Krzeszowickiej. *Pr. Nauk. Inst. Gór. Pol. Wroc., Konferencje*, **111**, 43: 83–92.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2006 — Dawne górnictwo kruszcowe na Ziemi Krzeszowickiej. *WUG, Bezp. pracy i ochrona środow.*, **7**: 15–19.
- GRZECHNIK Z., 1978 — Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. *W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–39.
- GWOREK B., RATEŃSKA J. 2009. Migracja rtęci w układzie powietrze–gleba–roślina. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **41**: 614–623.
- JEZIERSKI P., KAWAŁKOD., KASZUBKIEWICZ J., OCHMAND., 2011 — Porównanie zawartości rtęci w glebach użytków rolnych powiatu jeleniogórskiego i ząbkowickiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **48**: 277–286.
- KABATA-PENDIAS A., 1992 — Biogeochemia rtęci w różnych środowiskach. *W: Rtęć w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne*: 7–18. Ossolineum, Wrocław.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A., 2007 — Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999 — Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. PWN, Warszawa.
- KATOWICKI Holding Węglowy SA., 2010 [http://www.khw.pl].
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2007a — Rtęć w osadach dennych rzeki w strefie zasilania poziomu triasowego. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, **13**, 3: 563–571. Wyd. AGH, Karków.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2007b — Zanieczyszczenie gleby związkami rtęci w zasięgu oddziaływania konwencjonalnej elektrowni na paliwo węglowe. *Polit. Energ.*, **10**, 2: 593–600.
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2008 — Badania rtęci w wybranych złożach ropy naftowej regionu karpackiego. *Polit. Energ.*, **11**, 1: 213–217.



- KUREK S., SZUWARZYŃSKI M., 1993 — Historia górnictwa kruszcowego rejonie Trzebini, Chrzanowa i Jaworzna. *Prz. Górn.*, **55**, 11: 32–35.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995 — Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LISZKA J., ŚWIĆ E., 2000 — Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”. Dzieje, wydarzenia, ludzie. ZGH Bolesław, Bukowno.
- MALCZYK P., DŁUGOSZ J., 2009 — Zmienność przestrzenna całkowitej zawartości rtęci w poziomie powierzchniowym gleb wybranego obszaru Równiny Sepopolskiej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **40**: 39–48.
- MEDYŃSKA A., KABAŁA C., WIECZOREK J., MAZUREK R., 2010 — Zawartość rtęci w glebach leśnych w rejonie oddziaływania przemysłu miedziowego. *W: Rteć w środowisku. Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*: 151–157. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- MOLENDĄ D., 1963 — Górnictwo kruszcowe na terenie złóż śląsko-krakowskich do połowy XVI wieku. Wyd. PAN, Wrocław–Warszawa–Kraków.
- MYŚLOWICE. Historia gospodarki [<http://www.myslowice.pl>].
- NIEĆ M., KAWULAK M., SALAMON E., 2001 — Mapa geologiczno-gospodarczo-geologiczna 1:25 000 miasta i gminy Trzebinia. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energ., PAN, Kraków.
- O’NEILL P., 1997 — Chemia środowiska. PWN, Warszawa–Wrocław.
- PASIECZNA A. (red.), 2011 — Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska w skali 1:25 000, ark. Jaworzno. PIG-PIB, Warszawa.
- PASIECZNA A., 2012 — Rteć w glebach obszarów zurbanizowanych Polski. *Prz. Geol.*, **60**, 1: 46–58.
- PAULO A., KRZAK M., 1997 — Rteć z końcem XX wieku. *Prz. Geol.*, **45**, 10: 875–882.
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta Dąbrowa Górnicza wraz z Planem gospodarki odpadami, 2003a [<http://www.dabrowa-gornicza.pl>]
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta Sosnowca, 2003b [[http://www.sosnowiec.pl/\\_upload/program\\_ochrony\\_rodowiska.pdf](http://www.sosnowiec.pl/_upload/program_ochrony_rodowiska.pdf)].
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta i gminy Olkusz, 2004a [[http://www.jura.eko.org.pl/doc/srodowisko/Gmina\\_Olkusz.pdf](http://www.jura.eko.org.pl/doc/srodowisko/Gmina_Olkusz.pdf)].
- PROGRAM rewitalizacji obszarów miejskich miasta Olkusza, 2004b [[http://www.umig.olkusz.pl/pks/images/dokumenty/rewitalizacja\\_miasto.htm](http://www.umig.olkusz.pl/pks/images/dokumenty/rewitalizacja_miasto.htm)].
- PROKSA S., 2008 — Dzieje przemysłu [[http://www.jaworzno.pl/downloads/2012-09-03\\_10-10-35-291900/historia-przemyslu.pdf](http://www.jaworzno.pl/downloads/2012-09-03_10-10-35-291900/historia-przemyslu.pdf)].
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU Nr 165, poz. 1359).
- SALMINEN R. (red.), 2005 — Geochemical atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland, Espoo.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., 1985 — Górnosląskie złoża rud Zn-Pb w świetle migracji roztworów mineralizujących. *Zesz. Nauk. AGH*, **1032**, *Geologia*, 31.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., 2001 — The Upper Silesian Zn-Pb sulfide ore deposits (Poland) and ore forming processes. *W: The Joint 6th Biennial SGA-SEG Meeting. Geological Excursion Guide* (red. Z. Sawłowicz). Kraków, 26–29 sierpnia 2001 r.: 64–72.
- SIŁOWIECKI A., CZARNOMYSKI K., 2010 — Studium możliwości uwolnień TZO ze składowiska odpadów przemysłowych Zakładów Organika-Azot w Jaworznie [<http://ks.ios.edu.pl>].
- SZOPKA K., KARCZEWSKA A., KABAŁA C., JEZERSKI P., BOGACZ A. 2010a — Zawartość rtęci w poziomach powierzchniowych gleb leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego w rejonie Szklarskiej Poręby. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **42**: 167–175.
- SZOPKA A., KARCZEWSKA A., KABAŁA C., BOGACZ A., JEZERSKI P., ŚLIPKO M., 2010b — Rteć w poziomach powierzchniowych gleb leśnych wschodniej i zachodniej części Karkonoszy. *W: Rteć w środowisku. Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*: 135–143. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- SZUWARZYŃSKA K., BOGACZ A., SZUWARZYŃSKI M., BĄK M., KRYZA A., 2001 — Mapa geologiczno-gospodarczo-geologiczna miasta i gminy Chrzanów 1:25 000. PG SA, Kraków.
- SZUWARZYŃSKI M., 1978 — Rudy wietrzeniowe w utworach trzeciorzędowych rejonu Chrzanowa. *Rudy i Metale*, **8**: 345–349.
- SZUWARZYŃSKI M., 1993 — The lead and zinc ore deposits in the vicinity of Chrzanów. *Geol. Quart.*, **37**, 2: 209–228.
- SZUWARZYŃSKI M., KRYZA A., 1995 — Ocena wpływu zakładów przemysłowych – ZG Trzebieńka, ZM Trzebinia, Rafinerii Nafty w Trzebini, ZSO Górka i in. na rozmieszczenie metali ciężkich w glebach i wodach obszaru Trzebinia–Chrzanów. *W: Badanie stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebinia–Chrzanów*: 1303/95. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- SZUWARZYŃSKI M., PANEK S., 1977 — Złoże rud w Długoszyńcu koło Jaworzna. *Rudy Metale*, **22**, 9: 497–500.
- ZIELONKA U., HŁAWICZKA S., FUDAŁA J., 2005 — Wskaźniki emisji rtęci z procesów produkcji chloru metodą rtęciową. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, **9**, 5: 157–161.

## SUMMARY

This paper focuses on the results of detailed multimedia geochemical mapping of the Silesian-Cracow region (southern Poland) at the scale of 1:25,000. Systematic geochemical study of the research project of 1:25,000 scale Detailed Geochemical Map of Upper Silesia has been conducted in that area since 1999. The subsequent stages of research are illustrated by the maps index (Fig. 1).

Contamination of the region's environment with metals (including mercury) results from natural and anthropogenic factors. The main natural (geological) sources of pollutants are outcrops of dolomites containing zinc-lead ores. In addition to the natural processes – weathering and erosion, the environment is affected by historical and contemporary mining, processing and smelting of metal ores as well as combustion of coal in heat and power plants, and by the impact of old mining waste heaps.

The content and sources of mercury have been evaluated in soils, as well as in river and stream sediments. The topsoil (0.0–0.3 m) and subsoil (0.8–1.0 m) samples were collected at a sampling density of 16 sites per km<sup>2</sup>. The distance between watercourse sampling sites was about 250 m. Mercury concentration was determined by the CV-AAS method, following an aqua regia digestion.

The results of the mercury content made it possible to determine the boundaries of anomalies in topsoil (Fig. 2) and subsoil (Fig. 3). The mercury concentration ranges were <0.05–66.50, <0.05–36.15 and <0.05–182.00 mg/kg respectively for topsoil, subsoil and water sediments.

The mercury anomalies show generally small extents in both the soils and watercourse sediments, but the number of anomalies is considerable. The maps of spatial distribution present the areas of high mercury concentration that is attributed to active and inactive industrial plants, mining shafts and industrial waste dumps. Location of the anomalies indicates that a significant portion of the mercury probably comes from the deposition of atmospheric emissions due to industrial activities.

Both the degree of mercury pollution and its sources are different in various parts of the Silesia-Cracow region,

which leads to the characterization of the individual sheets. Table 1 summarizes the mercury content in soils and sediments categorised into the areas of 1:25,000 scale map sheets. Detailed maps of the sheets are available on the internet (Atlasy..., 2013). The paper focuses only on the most important characteristics of the anomalies visible on a regional scale (Figs 2 and 3). As an example, a detailed image of the spatial distribution of mercury in the Dąbrowa Górnicza sheet is presented (Figs 4 and 5). The most mercury-contaminated topsoil is found in the Dąbrowa Górnicza, Katowice and Chrzanów sheets and at the boundary between the Mysłowice and Jaworzno sheets (Fig. 2). The strongest mercury anomalies have been detected down to a depth of 1.0 m (Fig. 3).

The maximum mercury content found in some locations are very high, but the mercury content in topsoil, subsoil and water sediments in up to 90% of samples do not exceed 0.14, 0.07 and <0.50 mg/kg, respectively.

The mercury content in topsoil clearly results from the current soil use. The average value (expressed as the median) remains below 0.05 mg/kg in forest and arable soils, and is 0.05 mg/kg in meadow soils. The median value of mercury content in the soils of allotments, urban lawns, barren land and industrial areas, the median value of mercury content is the same and amounts to 0.06 mg/kg. The greatest median value of mercury (0.07 mg/kg) was measured in the soil of urban parks (Fig. 6).

The extent and location of detected anomalies lead to the conclusion that most of mercury pollution in the Silesian-Cracow region results from the discharges of chemical and metallurgy wastes to rivers and streams, and from leachates of waste dumps. Other anthropogenic sources of mercury pollution are: historical mining and processing of zinc-lead ores, hard coal mining, smelting of iron and non-ferrous metals, chemical and metal industries, activities of chemical industry, large-scale combustion of coal in heat and power plants and the impact of old mining waste heaps. The river and stream sediments are polluted mainly by mercury derived from contemporary and historical smelting of metals and activities of metallurgical plants.