

## GEOCHEMICZNY ZAPIS SKAŻENIA ŚRODOWISKA W REJONIE HISTORYCZNEJ EKSPLOATACJI RUD Zn-Pb W OKOLICACH NOWEJ GÓRY k. KRZESZOWIC

### GEOCHEMICAL RECORD OF ENVIRONMENTAL POLLUTION OF THE ZN-PB ORE HISTORIC MINE SITE AROUND NOWA GÓRA NEAR KRZESZOWICE (SOUTHERN POLAND)

ANNA PASIECZNA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Obszar badań jest zlokalizowany w północno-zachodniej części województwa małopolskiego. Szczegółowe badania geochemiczne podjęto z uwagi na występowanie na tym terenie anomalii geochemicznych zespołu pierwiastków Pb-Zn-Cd, silnie zaznaczających się w środowiskach powierzchniowych Ziemi – glebach i osadach strumieniowych. Opracowanie prezentuje wybrane wyniki badań szczegółowego zdjęcia geochemicznego w skali 1:25 000 na arkuszu Nowa Góra, gdzie rudy cynkowo-ołowiowe były najbardziej intensywnie eksploatowane w latach 1800–1912. Gleby pobierano z głębokości 0,0–0,3 m z gęstością 16 próbek/km<sup>2</sup>. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła 250 m. Zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn oznaczano metodą ICP-AES, a Hg – metodą CV-AAS po roztworzeniu próbek w wodzie królewskiej. W próbkach gleb oznaczono też pH i ich skład granulometryczny. Wyniki badań geochemicznych wykazały intensywne zanieczyszczenie gleb i osadów przez As, Cd, Hg, Pb i Zn w obszarach historycznego wydobycia i przeróbki rud Zn-Pb oraz na wychodniach triasowych dolomitów kruszczoonych.

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie środowiska, gleby, osady strumieniowe, metale ciężkie, region śląsko-krakowski.

**Abstract.** The surveyed area is located in the northwestern part of Małopolska Voivodship. Detailed, multi-media geochemical research has been conducted due to distinct geochemical anomalies of Pb–Zn–Cd in soils and stream sediments in this region. The report presents some research results of detailed geochemical mapping at scale 1:25 000 on the Nowa Góra map sheet. Lead and zinc ores were extensively exploited in this area from 1800 to 1912. The topsoil (0.0–0.3 m) was sampled at a sampling density of 16 sites per km<sup>2</sup>. The distance between watercourse sampling sites was about 250 m. Concentration of Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V and Zn was determined by the ICP-AES method, and of Hg – by the CV-AAS method, following a hot aqua regia digestion. In addition, grain size distribution and pH were determined in topsoil samples. Geochemical studies have indicated that the topsoil and stream sediments are extremely contaminated with As, Cd, Hg, Pb, Zn in the vicinity of historical Zn-Pb mines and processing facilities as well as in areas where the soils are developed on outcrops of Middle Triassic Zn-Pb ore-bearing dolomites.

**Key words:** environmental pollution, soils, stream sediments, heavy metals, Silesia-Cracow region.

## WSTĘP

Zanieczyszczenie środowiska spowodowane przez historyczne górnictwo i hutnictwo rud Zn-Pb jest znane z wielu rejonów świata (Cotter-Howells, Thornton, 1991; Swennen i in., 1994; Thornton, 1994; Atanassov, Angelova, 1995; Ci-

cmanova, 1996; Rieuwerts, Farago, 1996; Gäbler, Schneider, 2000; Velitchkova i in., 2003; Cappuyns i in., 2005; De Vos i in., 2005). Ekologiczną konsekwencją górnictwa i prymitywnego przetwórstwa rud są nagromadzenia odpadów,

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

deformacja krajobrazu oraz zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi, innymi pierwiastkami i związkami toksycznymi stwarzające zagrożenie dla fauny, flory i zdrowia ludzi.

W rejonie Nowej Góry ponad 100 lat temu zakończono eksploatację rud cynku i ołowiu, ale szczegółowe badania geochemiczne gleb i aluwii ujawniły bardzo poważne skażenie metalami. Większość ciał rudnych została wydobyta w okresie od XV do początków XX wieku. Do czasów współczesnych widoczne są jednak ślady dawnego górnictwa (Kurek, Szuwarzyński, 1999; Liszka, Świć, 2000; Górecki, Szwed, 2005).

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszar arkusza Nowa Góra jest zlokalizowany w północno-zachodniej części województwa małopolskiego. Teren ten znajduje się w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej i prawie w całości należy do jednostki niższego rzędu – Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, której częścią jest z kolei Wyżyna Olkuska (Kondracki, 2000).

Wyżyna Olkuska jest płaskowyżem zbudowanym ze skał węglanowych triasu i górnej jury (Kurek, Preidl, 1992, 1993). Powierzchnia terenu jest lekko falista, na południu pokryta warstwą lessów, którą rozcinają głębokie doliny potoków: Czernki, Miękiniki, Filipówki i Dulówki (fig. 1).

Analizowany obszar ma charakter rolniczo-leśny, lasy zajmują ponad połowę jego powierzchni. Gleby użytkowane rolniczo są w większości żyzne, ale trudne do uprawy z po-

W początkach historycznego górnictwa głównym przedmiotem eksploatacji była galena, z której otrzymywano ołów i srebro. Późniejszą tradycję ma odkrywkowe wydobywanie galmanów (utlenionych rud cynkowych) i limonitowej rudy żelaza.

Prezentowane wyniki badań geochemicznych w skali 1:25 000 na arkuszu Nowa Góra M-34-64-A-c są częścią projektu *Szczegółowa mapa geochemiczna regionu śląsko-krakowskiego* finansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

wodu bardzo zróżnicowanej rzeźby terenu. Dominującą grupą gleb są rędziny, ale występują również gleby brunatne, biellicowe i murszowe (Nieć i in., 2001). Działki rolne są niewielkie – zajmują zwykle powierzchnię poniżej 1 ha.

Największym kompleksem leśnym jest Puszcza Dulowska, bogata w siedliska naturalne. Część lasów uległa degradacji w wyniku zmian środowiska spowodowanych historyczną eksploatacją kopalni.

Prezentowany teren stanowi część obszaru o wyjątkowych walorach środowiskowych i turystyczno-krajoznawczych. Leży w granicach Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie, w przewadze na obszarach leśnych, a w okolicy przebiega niebieski Szlak Dawnego Górnictwa.

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Teren arkusza Nowa Góra leży na wschodnim obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. W jego budowie wyróżniono cztery piętra strukturalne (Kurek, Preidl, 1993), z których na powierzchni odsłaniają się trzy: młodopaleozoiczne (karbon), permsko-mezozoiczne (perm, trias i jura) i kenozoiczne (czwartorzęd).

Utwory karbonu odsłonięte są fragmentarycznie na południowo-wschodnim obszarze arkusza, w dolinie Czernki (fig. 1). Są to iłowce, mułowce i piaskowce warstw malinowickich namuru/wizenu oraz wapienie wizenu.

Perm reprezentują niewielkie odsłonięcia wapiennych zlepieńców myślachowickich i wulkanicznych tufów filipowickich.

Utwory triasu skupiają się w zachodniej części obszaru badań. Są to głównie skały węglanowe środkowego triasu: wapienie i margle gogolińskie, dolomity kruszczośne i dolomity diploporowe. W dolomitach kruszczośnych powszechnie są utlenione rudy cynku – galmany oraz galena.

Jura jest reprezentowana przez skały osadowe serii środkowej i górnej. Do jury środkowej zalicza się zlepieńce, piaskowce i wapienie oolitowe. Powyżej leżą wapienie i margle

jury górnej. Węglanowe skały jurajskie odsłaniają się przede wszystkim na północy, w okolicy Witeradowa (fig. 1).

Czwartorzęd jest zróżnicowany genetycznie i litologicznie. Do utworów plejstocenu należą piaski wodnolodowcowe, gliny deluwialne i lessy (występujące na południu i południowym wschodzie). Na północy znaczne powierzchnie zajmują piaski i gliny deluwialne oraz piaski eoliczne. Namuły (mułki, ropy i piaski), zaliczane głównie do holocenu, pokrywają dna dolin strumieniowych.

**Złoża kopalni.** Kopaliny, budzące współcześnie zainteresowanie, to wapienie, dolomity i piaski. Dolomity diploporowe triasu, udokumentowane w złożu Niesułowice–Łgota (Kawulak, 1997), nie mogą być eksploatowane z uwagi na położenie w obrębie Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. Pomimo dobrych parametrów jakościowych, nie mogą być wydobywane również wapienie karbońskie, udokumentowane w złożu Kamienice (na południu obszaru badań) położonym na terenie parku krajobrazowego.

Historia górnictwa kruszcowego okolic Nowej Góry i Czerniej sięga czasów Jagiellonów i najazdu szwedzkiego (Liszka, Świć, 2000), lecz jego ślady zostały zatarte przez póź-

M-34-64-A-c NOWA GÓRA

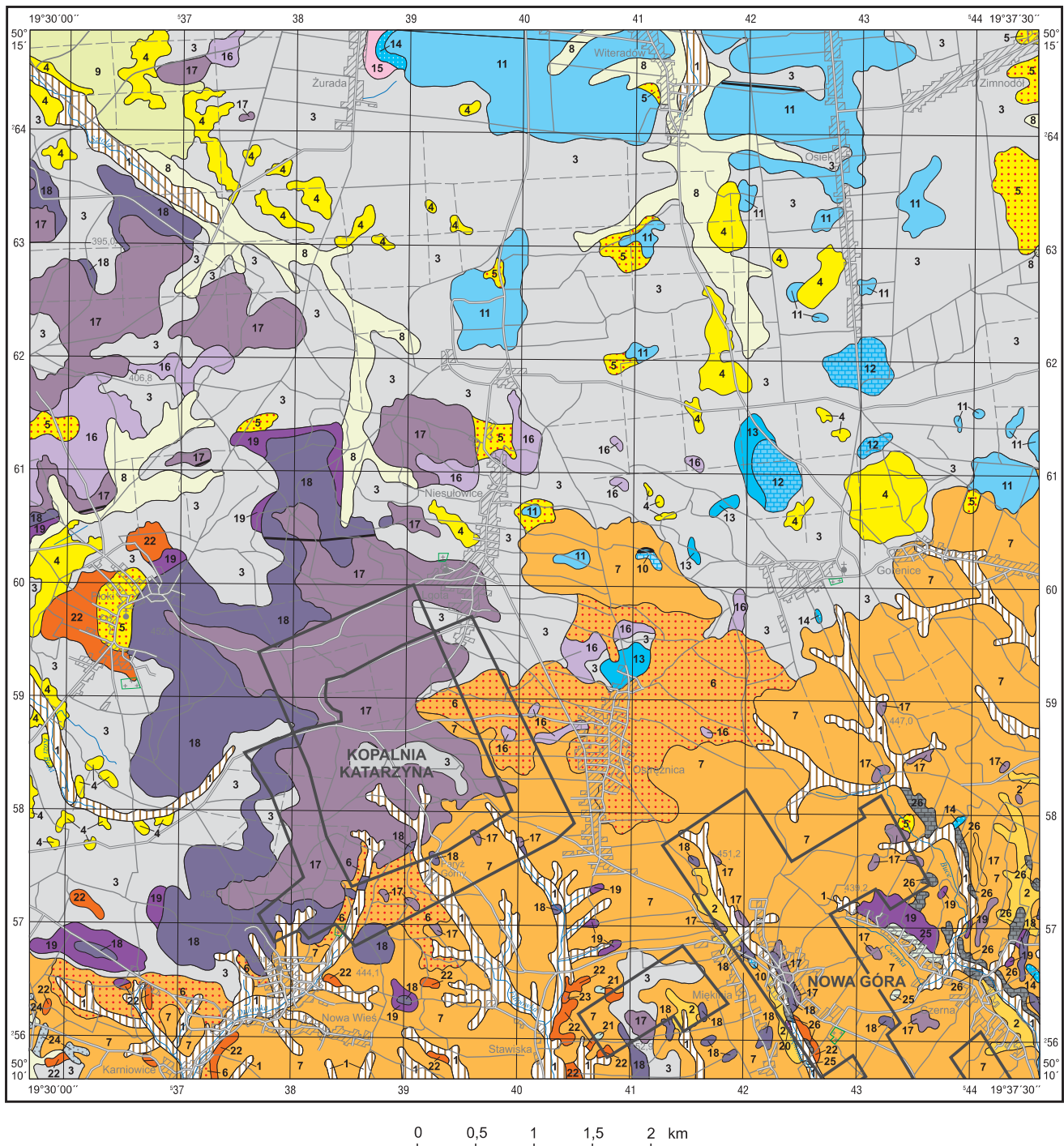


Fig. 1. Mapa geologiczna wg Kurek, Preidl (1992) (objaśnienia na następnej stronie)

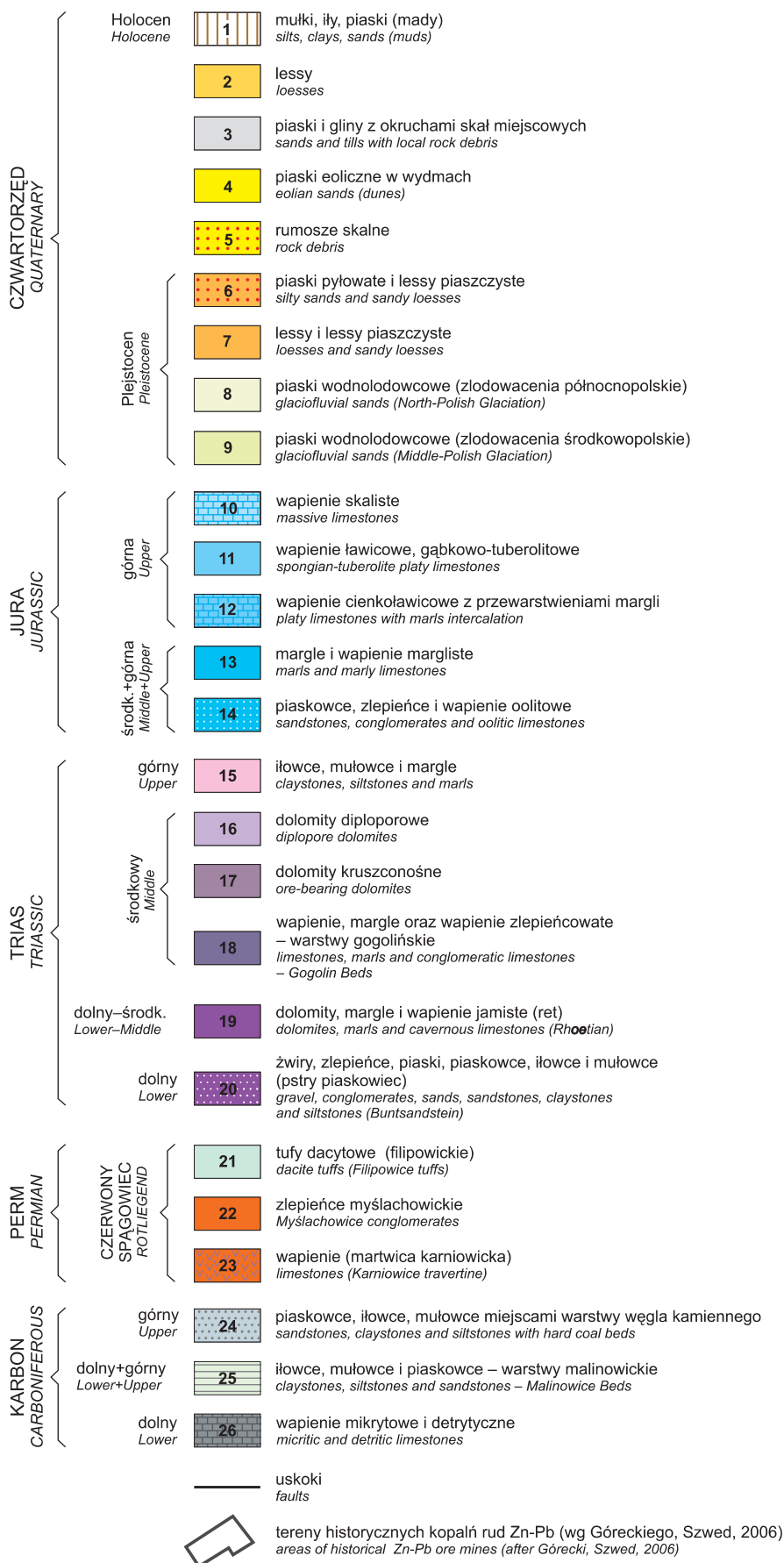
Geological map after Kurek, Preidl (1992) (for explanations see next page)

niejsze uprawy rolne. Napotkano je też we wsiach Ostrężnica (Góra Ostrąska), Golenice i Płoki. Krajobraz terenów pogórniczych zachował się do dnia dzisiejszego również w okolicy Galmanu (przysiółka Ostrężnicy) i Lgoty (Górecki, Szwed, 2005). Nazwa wsi Płoki, która wiąże się z płukaniem galeny, występowała w dokumentach już w latach trzydziestych XIV stulecia. O rozwoju górnictwa kruszcowego

świadczą głównie zapiski historyczne, m.in. w księgach miejskich Nowej Góry, podające nazwy kilku kopalń. W połowie XV wieku górnictwo rozwinęło się w Psarach, a z przełomu XV i XVI wieku pochodzą informacje o kopalniach w Lgocie (Górecki, Szwed, 2011).

Pod koniec XVII wieku górnictwo kruszcowe skupiało się głównie na wydobywaniu galmanu, który po ręcznym

Objaśnienia do figury 1  
Explanation to Figure 1



oraz wodnym wzbogaceniu był spiekany, ładowany do beczek i eksportowany. Około 1720 roku w Psarach działała już huta przerabiająca galman z pobliskich kopalń (Kurek, Szuwarzyński, 1999). Po roku 1800 w rejonie między Psarami, Lgotą i Ostreżnicą powstała kopalnia galmanu Katarzyna (fig. 1), której zasoby wyczerpano i zaprzestano wydobycia w roku 1912. Eksploatację prowadzono w kilkuset szybach o głębokości od 4 do 52 m. Miąższość złoża galmanu wahała się od 1 do 6 m, a wydobywane rudy zawierały około

20% cynku (Kurek, Szuwarzyński, 1999). Kopalnia Katarzyna dostarczała surowiec do hut cynku – Artur w Krzu i Zofia w Sierszy.

W lasach w okolicy Płok, Lgoty, Czernej i Nowej Góry do dziś istnieją pozostałości dołów poeksploatacyjnych, sztolni, szybków i hałd. Tylko w rejonie Lgoty znaleziono ponad 400 dołów poeksploatacyjnych obejmujących swoim zasięgiem obszar 8 km<sup>2</sup> (Górecki, Szwed, 2006). Średnica niektórych dołów dochodzi do 20 m, a głębokość do 7 m.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania geochemiczne obejmowały analizy gleb i osadów strumieniowych. Gleby opróbowano w regularnej siatce 250×250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>), pobierając łącznie próbki z 1330 miejsc z głębokości 0,0–0,3 m. Próbki osadów pobrano z 90 miejsc z brzegów strumieni. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła około 250 m. Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS.

Analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm,

a następnie ucierane do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych. Próbki osadów wodnych były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm.

Roztworzenie próbek przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej objętości 50 ml) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostatowanym bloku aluminiowym. Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn wykonano metodą ICP-AES. Analizy Hg przeprowadzono metodą CV-AAS.

Dodatkowo w próbkach gleb oznaczono też pH i skład granulometryczny.

## WYNIKI BADAŃ

Stan chemiczny środowisk powierzchniowych analizowanego obszaru, uwarunkowany zarówno przez czynniki naturalne (wychodnie dolomitów kruszczońskich), jak i antropopresję, cechuje się specyficznymi asocjacjami pierwiastków chemicznych związanych z górnictwem, przetwarzaniem i hutnictwem rud cynkowo-ołowiowych. Zanieczyszczenie gleb i osadów strumieniowych przez dawne górnictwo kruszcowe bardzo wyraźnie zaznacza się w wynikach badań geochemicznych. Ze źródeł historycznych wiadomo, że ubogie rudy galmanowe lokowano nie tylko na hałdach, ale również rozsypany na polach uprawnych, co spowodowało rozproszenie toksycznych metali na znacznych obszarach. Na zalesionych terenach pogórnicznych stwierdzone zagrożenia są mniej istotne, ale w pobliżu wsi i na polach uprawnych powinny stanowić podstawę podjęcia odpowiednich działań prowadzących do ograniczenia upraw, szczególnie owoców i warzyw.

### GLEBY

Na przeważającej powierzchni analizowanego obszaru występują gleby piaszczyste i silnie piaszczyste. Ich przeciętny odczyn wynosi 6,2 (tab. 1). Gleby z dużym udziałem frakcji pylastych lub ilastych obserwuje się jedynie na

południu i południowym wschodzie (Pasieczna i in., 2008). Specyficznym składem granulometrycznym charakteryzują się gleby rozwinięte na górnoplejstocieńskich lessach występujących w kierunku południowo-wschodnim od linii Psary–Ostreżnica–Gorenice (fig. 1). Udział frakcji piaszczystych rzadko przekracza w nich 10%, a dominują frakcje pylaste (0,10–0,02 mm) i ilaste (<0,02 mm).

Zawartości analizowanych pierwiastków w glebach wskazują na silny związek ze składem chemicznym skał macierzystych w ich podłożu. Gleby utworzone na plejstocieńskich piaskach wodnolodowcowych, piaskach eolicznych oraz na piaszczystych utworach deluwialnych, charakteryzujące się udziałem frakcji piaszczystej, często przekraczającym 90%, zawierają najmniejsze ilości glinu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu. Gleby, dla których skałami macierzystymi są węglanowe twory jury i triasu, wyróżniają się szczególnie dużymi koncentracjami wapnia i magnezu oraz wzbogaceniem w większość badanych pierwiastków.

Pierwiastkami związanymi z formacją triasową rud cynkowo-ołowiowych i działalnością górnictwo-hutniczą, są: kadm, cynk, ołów, arsen, rtęć, magnez i wapń.

Najsilniejsze anomalie kadmu (fig. 2), ołowiu (fig. 3) oraz cynku występują w glebach w rejonie dawnej kopalni galmanów „Katarzyna”. Mniej intensywne anomalie notuje

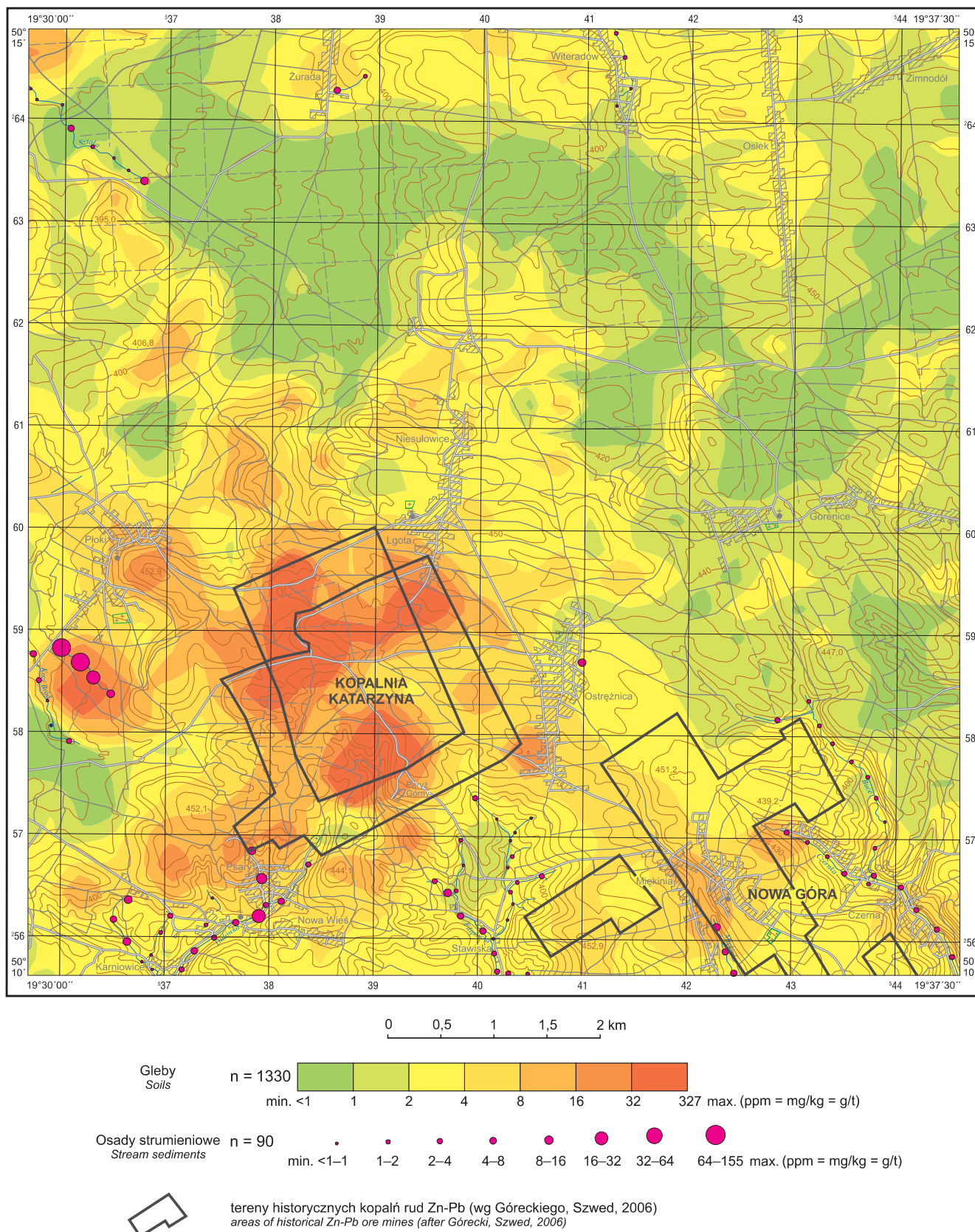
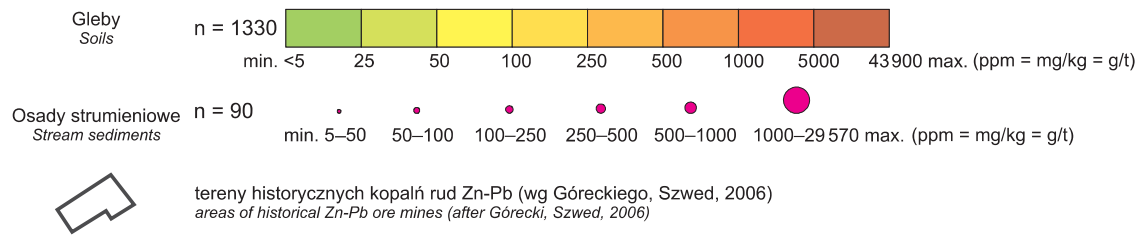
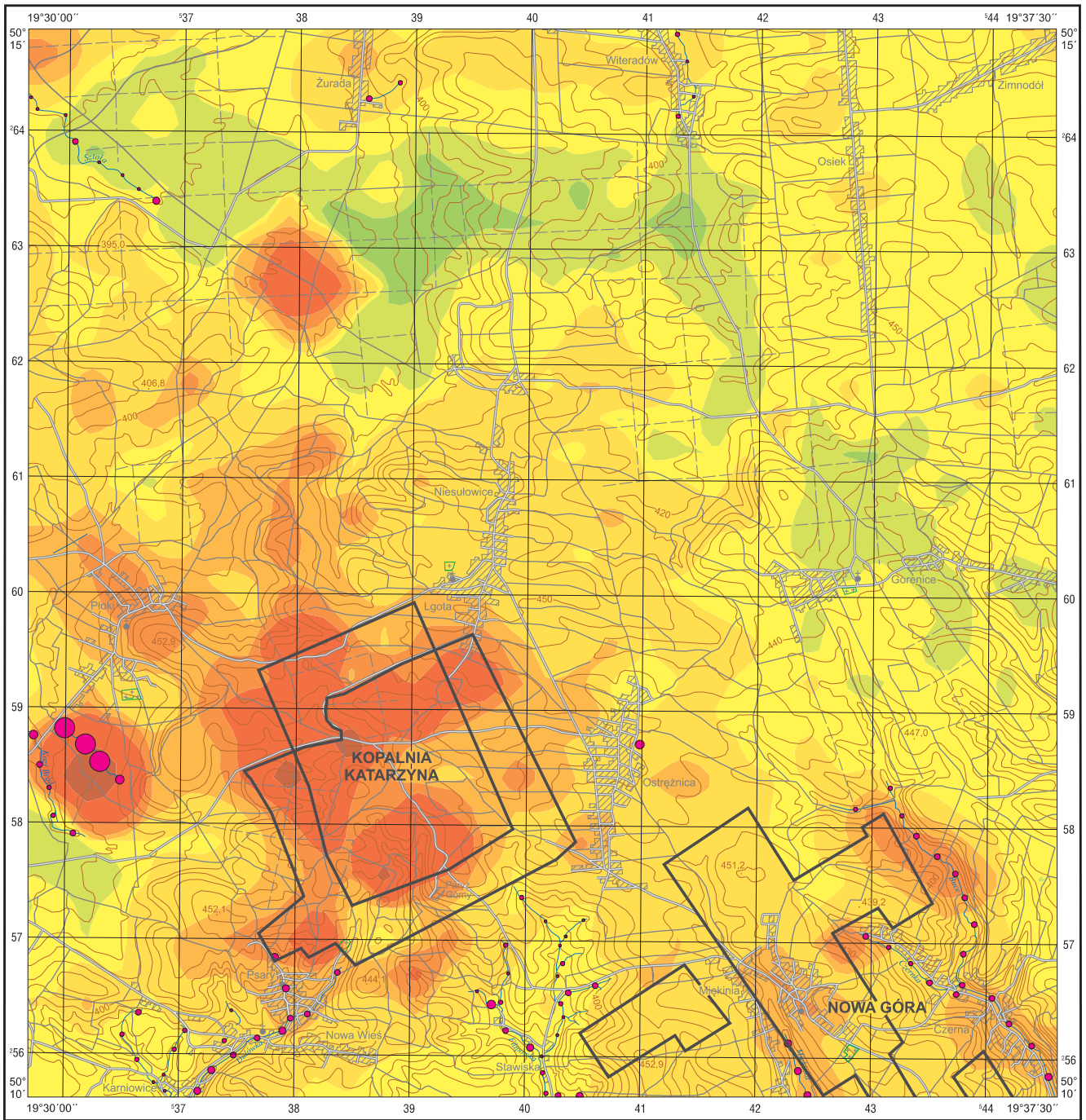


Fig. 2. Zawartość kadmu w glebach i osadach strumieniowych

Cadmium content in soils and in stream sediments

M-34-64-A-c NOWA GÓRA



**Fig. 3. Zawartość ołowiu w glebach i osadach strumieniowych**

Lead content in soils and in stream sediments

Tabela 1

**Parametry statystyczne zawartości pierwiastków chemicznych i odczynu gleb**  
 Statistical parameters of acidity and chemical elements contents in soils

Pierwiastek/ Parametr	Jednostka	Gleby arkusza Nowa Góra n = 1330		Gleby antropogeniczne arkusza Nowa Góra n = 28	Gleby regionu śląsko- krakowskiego* n = 1564	Gleby Polski** n = 10 840
		Zakres	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Ag	mg/kg	<1–4	<1	<1	<1	<1
Al	mg/kg	0,03–2,18	0,47	0,69		
As	mg/kg	<5–375	5	8	<5	<5
Ba	mg/kg	4–255	32	63	54	32
Ca	%	<0,01–18,05	0,09	2,07	0,22	0,18
Cd	mg/kg	<1–327	2	4	1,3	<0,5
Cr	mg/kg	<1–35	6	10	5	4
Cu	mg/kg	<1–148	5	15	7	5
Fe	%	0,05–4,15	0,58	1,10	0,63	0,51
Hg	mg/kg	<0,05–0,48	<0,05	0,05	0,08	<0,05
Mg	%	<0,01–7,18	0,07	0,32	0,07	0,06
Mn	mg/kg	<10–2613	367	416	257	217
Ni	%	<2–51	5	10	5	4
P	%	<0,005–0,184	0,023	0,043	0,030	0,034
Pb	mg/kg	<5–43 900	83	247	44	13
pH	jednostki pH	4,1–8,0	6,2	7,4	6,7	6,1
S	%	<0,005–0,350	0,013	0,041	0,015	0,012
Sr	mg/kg	<1–167	5	27	10	8
Ti	mg/kg	21–633	86	135	28	26
TOC	%	0,11–21,10	1,15	2,35		
Zn	mg/kg	<10–61 300	152	529	104	35

\* – Lis, Pasieczna (1995a); \*\* – Lis, Pasieczna (1995b)

się w okolicach Nowej Góry, gdzie też prowadzono wydobywanie kruszców (Cygorijni, 1970; Górecki, Szwed, 2006). W obszarze anomalii z terenu kopalni „Katarzyna” zawartość kadmu w glebach przekracza 16 mg/kg, ołowiu – 1000 mg/kg, a cynku – 5000 mg/kg. Występuje tu też podwyższenie zawartości arsenu i rtęci. Maksymalne koncentracje wynoszą odpowiednio 375 mg/kg arsenu i 0,48 mg/kg rtęci. Na południe od Żurady (w lasach w dolinie Sztoły) występują gleby zanieczyszczone ołowiem (>250 mg/kg), ale nie wzbogacone w inne metale, co wskazuje na antropogeniczne, choć trudne do określenia, źródło tej anomalii. Analizowane gleby rozwinęły się z piaszczystych osadów wodnolodowcowych, które nie mogły dostarczyć ołowiu. Za zanieczyszczenie gleb ołowiem może odpowiadać transport odpadów pogórnich wraz z wodami strumieniowymi z rejonu kopalni „Katarzyna”, wietrzejące wychodnie węglanowych utworów triasu lub lokalizacja tu miejsca wytopu

ołowiu. Wzbogacanie rud metodą płuczkową sprzyjało przemieszczaniu drobnoziarnistych okruchów rud do osadów, które były następnie rozdrabniane i transportowane z biegiem cieków na duże odległości, a następnie roznoszone na większe obszary podczas wysokich stanów wód.

Inny rejon gleb zanieczyszczonych metalami (zawierających >32 mg/kg kadmu i >250 mg/kg ołowiu) stwierdzono w dolinie górnego biegu Koziego Brodu i zasilających go dopływów w okolicy Płok (fig. 2 i 3).

W porównaniu z wartością tła geochemicznego (median w glebach Polski) wzbogacenie gleb antropogenicznych z rejonu kopalni „Katarzyna” w arsen, bar i chrom jest dwukrotne, a w kadmu, ołowiu i cynku – kilkunastokrotne (tab. 1).

Wyniki badań potwierdzają wcześniejsze obserwacje Sass-Gustkiewicz i in. (2001). Autorzy ci wykazali, że gleby w okolicy Lgoty, Ostreżnicy, Czernej i Nowej Góry zawierają cynk, ołów, kadmu, arsen i tal w ilościach wielokrotnie

przekraczających dopuszczalne wartości dla gleb, przyjęte w Polsce. W warstwie ornej gleb stwierdzali zawartość cynku dochodzącą nawet do 5,5%, arsenu do 300 mg/kg, a kadmu >250 mg/kg.

Podobne zanieczyszczenie gleb metalami notowane jest w wielu regionach świata w miejscach historycznego wydobycia kruszców. W Wielkiej Brytanii w rejonie Shipham i Somerset zawartość kadmu w glebach osiąga 360 mg/kg, ołowiu 6540 mg/kg, a cynku – 37 200 mg/kg (Aslibekian, Moles, 2003).

## OSADY STRUMIENIOWE

Sieć hydrograficzna na arkuszu Nowa Góra jest bardzo uboga. W jego północnej części mają początek rzeka Sztoła i strumień Witeradówka. Przy zachodniej granicy arkusza położony jest górny odcinek strumienia Kozi Bród, a na południu źródłiska strumieni Czernka, Miękinka, Filipówka i Dulówka.

W górnym (około 2 km) odcinku Sztoły aluwia charakteryzują się małymi zawartościami większości analizowanych pierwiastków. Są one wzbogacone w ołów (do 361 mg/kg), kadm (do 9 mg/kg), mangan (do 362 mg/kg), siarkę (do 0,230 %) i cynk (do 670 mg/kg). Zanieczyszczenie te mają prawdopodobnie związek z występującymi w pobliżu wychodniami dolomitów kruszonośnych triasu.

Osady krótkiego (około 500 m) górnego odcinka Witeradówki są bardzo ubogie we wszystkie badane pierwiastki.

W aluwjach Koziego Brodu zawartości glinu, arsenu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, fosforu, siarki, tytanu i wanadu na całej długości potoku

(około 750 m) są małe i słabo zróżnicowane. Zwiększone koncentracje ołowiu (do 750 mg/kg) i cynku (do 1183 mg/kg) wiążą się z erozją wychodni dolomitów kruszonośnych triasu oraz spływami z rozproszonych hałd odpadów z obszaru kopalni „Katarzyna”.

Osady górnego odcinka strumienia Dulówka, który drenuje plejstoceny lessy oraz dolomity i wapienie środkowego triasu, charakteryzują się zwiększonymi zawartościami glinu, baru, wapnia, kadmu, miedzi, żelaza, magnezu, manganu, siarki, strontu i tytanu. Wzbogacenia w ołów (med. 217 mg/kg), kadm (do 34 mg/kg) i cynk (med. 821 mg/kg) mają prawdopodobnie związek z występującymi w górnych partiach potoku dolomitami kruszonośnymi triasu.

Obszar alimentacji Filipówki i jej zlewni budują głównie plejstoceny lessy. Starsze skały (wapienie i dolomity triasu, zlepieńce myślachowickie permu) tworzą niewielkie wychodnie w dolinach potoków. Skład chemiczny osadów Filipówki i jej zlewni jest podobny do chemizmu osadów zlewni Dulówki. Mniejsze są tu zawartości kadmu, ołowiu i cynku. W podłożu zlewni górnej Czernki występują niewielkie wychodnie utworów węglanowych triasu środkowego, które przypuszczalnie powodują wzbogacenie jej osadów w ołów (med. 201 mg/kg) i cynk (med. 363 mg/kg)

Wyjątkowo zanieczyszczone są osady niewielkiego cieku bez nazwy, zlokalizowanego między doliną potoku Kozi Bród a wsią Płoki. Aluwia te są wzbogacone w arsen (do 139 mg/kg), bar (do 68 mg/kg), wapń (do 8,06%), kadm (do 155 mg/kg), żelazo (do 2,63%), magnez (do 4,04%), mangan (do 680 mg/kg), ołów (do 29 570 mg/kg) i cynk (do 36 230 mg/kg). Źródłem metali są prawdopodobnie odpady położonej w pobliżu dawnej kopalni galmanów „Katarzyna”.

## WNIOSKI

1. Stwierdzone zawartości metali ciężkich, a szczególnie kadmu, ołowiu i cynku wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb oraz osadów niektórych cieków.

2. Skład chemiczny skał macierzystych gleb znajduje odzwierciedlenie w ich geochemii.

3. Wyniki badań wykazały występowanie najsilniejszych anomalii metali ciężkich w glebach w rejonach płytkiego

zalegania dolomitów kruszonośnych triasu, stanowiących naturalne (geologiczne) źródło zanieczyszczeń.

4. Antropogenicznym źródłem zanieczyszczeń badanych środowisk powierzchniowych Ziemi jest historyczna eksploatacja i przeróbka rud Zn-Pb, a szczególnie oddziaływanie starych hałd odpadów pogórnich.

## LITERATURA

- ATANASSOVI., ANGELOVA I., 1995 — Profile differentiation of Pb, Zn, Cd and Cu in soils surrounding Lead and Zinc smelter near Plovdiv (Bulgaria). *Bulgar. J. Agricult. Sc.*, 1: 343–348.
- ASLIBEKIAN O., MOLES R., 2003 — Environmental risk assessment of metals contaminated soils at silvermines abandoned mine site, Co Tipperary, Ireland. *Environ. Geochem. Health*, 25: 247–266.
- CAPPUYNS V., SWENNEN R., VANDAMME A., NICLAES M., 2005 — Environmental impact of the former Pb-Zn mining and smelting in East Belgium. *J. Geochem. Explor.*, 88: 6–9.
- CICMANOVA S., 1996 — Hydrogeological and hydrogeochemical problems of the Smolnik pyrite deposit. Guide to excursion environmental geochemical baseline mapping in Europe: 12–15. Geological Survey of Slovak Republic, Spisska Nova Ves.

- COTTER-HOWELLS J., THORNTON I., 1991 — Sources and pathways of environmental lead to children in a Derbyshire mining village. *Environ. Geochem. Health*, **13**: 127–135.
- CYGORIJNI K., 1970 — Hutnictwo cynku w XIX wieku w okręgu krakowskim. *Rudy i Metale* **5**: 280–283.
- De VOS W., BATISTA M.J., DEMETRIADES A., DURIS M., LEXA J., LIS J., MARSINA K., O'CONNOR P.J., 2005 — Metallogenic mineral provinces and world class ore deposits in Europe. *W: Geochemical Atlas of Europe. Part 1*: 43–49. Geological Survey of Finland, Espoo.
- GÄBLER H.E., SCHNEIDER J. 2000 — Assessment of heavy-metal contamination of floodplain soils due to mining and mineral processing in the Harz Mountains, Germany. *Environ. Geol.*, **39**: 774–782.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2005 — Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na ziemi krzeszowickiej. *Pr. Nauk. Inst. Gór. PWroc.*, **111**, *Konf.*, 43.
- GÓRECKI J., SZWED E., 2006 — Pozostałości dawnego górnictwa kruszcowego na ziemi krzeszowickiej. <http://www.teberia.pl/>
- GÓRECKI J., SZWED E., 2011 — Dawne górnictwo. [a.bloog.pl/](http://a.bloog.pl/)
- KAWULAK M., 1997 — Objasnienia do mapy geologiczno-gospodarczej Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- KONDRACKI J., 2000 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KUREK S., PREIDL. M., 1992 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Wyd. Geol. Warszawa.
- KUREK S., PREIDL. M., 1993 — Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Wyd. Geol. Warszawa.
- KUREK S., SZUWARZYŃSKI M., 1999 — Historia górnictwa kruszcowego rejonie Trzebini, Chrzanowa i Jaworzna. *Prz. Gór.*, **55**, 11: 32–35.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a — Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b — Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1: 200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LISZKA J., ŚWIĆ E., 2000 — Zakłady Górnictwo-Hutnicze „Bolesław”. Dzieje – Wydarzenia – Ludzie. Bukowno.
- NIEĆ M., KAWULAK M., SALAMON E., 2001 — Mapa geologiczno-gospodarczo-geologiczna w skali 1:25 000 miasta i gminy Trzebinia. Inst. Gosp. Sur. Miner. i Energią, PAN, Kraków.
- PASIECZNA A. (red.), LIS J., DUSZA-DOBEK A., GŁOGOWSKA M., GÓRECKI J., WITKOWSKA A., 2008 — Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000. ark. Nowa Góra. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., MAYER W., GÓRALSKI M., LEACH D.L., 2001 — Zawartość metali ciężkich w glebach na obszarach eksploatacji rud Zn-Pb w rejonach olkuskim i chrzanowskim. Warsztaty 2001. Przywracanie wartości użytkowych terenom górniczym: 189–208. PAN-IGSMiE, WUG, Kraków.
- SWENNEN R., Van KEER I., De VOS W., 1994 — Heavy metal contamination in overbank sediments of the Geul river (East Belgium): Its relation to former Pb-Zn mining activities. *Environ. Geol.*, **24**: 12–21.
- RIEUWERTS J., FARAGO M., 1996 — Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Applied Geochemistry*, **11**: 17–23.
- THORNTON I., 1994 — Mining on the environmental; local, regional and global issues. *App. Geochem.*, **11**: 355–361.
- VELITCHKOVA N., PENTCHEVA E. N., DASKALOVA N., 2003 — ICP – AES investigation on heavy metal water and soil pollution in Plovdiv Region (Bulgaria). Sc. Publ. Ecology, 141, Book 2. University of Plovdiv, Bulgaria.

## SUMMARY

This paper focuses on some results of detailed multi-media geochemical mapping at scale 1:25 000 on the Nowa Góra map sheet. The surveyed area is located in the north-western part of Małopolska Voivodship (southern Poland).

Historical mining (1800–1912) and treatment of Zn-Pb ore in the Nowa Góra sheet caused high degradation of the natural environment. Traces of historical Zn-Pb ore mining (old dumps, stockpiles and tailings, containing mixed material from the mining, processing and smelting) create a significant problem.

The topsoil (0.0–0.3 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. Content of Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V and Zn was determined by the ICP-AES method, and of Hg – by the CV-AAS method, following a hot *aqua regia* digestion. In addition, grain size distribution and pH were determined in topsoil samples.

Distribution of chemical elements in the soils of the Nowa Góra sheet area shows a strong relationship with the chemical composition of parent rocks. Soils developed from Pleistocene glaciofluvial sands (Fig. 1) contain low values of

aluminium, barium, calcium, cobalt, chromium, iron, magnesium, manganese, nickel, phosphorus, strontium, titanium, and vanadium. Soils developed from Triassic and Jurassic carbonate rocks are characterized by particularly high content of calcium and enrichment in most elements studied. Elements related to Triassic Zn-Pb ore formation as well as mining and smelting activities include: cadmium, zinc, lead, arsenic, mercury, magnesium and calcium. A high anomaly of cadmium, zinc and lead is found in the area of old Zn-Pb ore mine Katarzyna. In the anomaly area the cadmium content in topsoil exceeds 16 mg/kg (Fig. 2), lead – 1000 mg/kg (Fig. 3) and zinc – 5000 mg/kg. In this area high concentrations of arsenic and mercury in topsoil can be observed too.

Stream sediments contain little differentiated and low values of many elements. Increased concentrations of lead (up to 750 mg/kg) and zinc (up to 1183 mg/kg) were noted in the area of outcrops of Triassic ore-bearing dolomites. The sediments of a small unnamed watercourse occurring between the Kozi Bród Stream valley and Płoki village are worth mentioning. They are enriched in arsenic (up to 139 mg/kg), barium (up to 68 mg/kg), calcium (up to 8.06%), cadmium (up to 155 mg/kg), iron (up to 2.63%), magnesium (up to 4.04%),

manganese (up to 680 mg/kg), lead (up to 29 570 mg/kg), and zinc (up to 36 230 mg/kg). The source of so high concentrations of these elements is Zn-Pb ore mine wastes of the nearby Katarzyna mine.

The content of analyzed elements indicates the significant pollution of topsoil and stream sediments with heavy metals and other chemical elements in the Nowa Góra sheet

area. The results show an excellent correlation between the soil geochemistry and chemical composition of underlying geological formations. The natural (geological) source of pollution is outcrops of Triassic carbonate deposits containing Zn-Pb ores. Historical mining and ore processing of Zn-Pb ores are the main sources of anthropogenic pollution of the environment.