

## WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Olkusz M-34-64-A-a jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych, zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Sławków (M-34-63-B-b) Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska (Lis, Pasieczna, 1999).

Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zlecenie Ministerstwa Środowiska.

Arkusz Olkusz M-34-64-A-a położony jest we wschodniej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej, zajmującej pozycję wyjątkową w obrazie geochemicznym Polski. Występują tu wyraziste anomalie geochemiczne zespołu pierwiastków Pb–Zn–Cd, silnie zaznaczające się w środowiskach powierzchniowych Ziemi – glebach, osadach różnych zbiorników wodnych i wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997). Na terenie arkusza Olkusz głównym źródłem anomalii geologiczno-antropogenicznej są wychodne dolomitów kruszczońskich i związane z nimi złoża rud cynkowo-olowiowych oraz ich historyczna i współczesna eksploatacja i przeróbka. Stopień zanieczyszczenia regionu (szczególnie metalami ciężkimi oraz innymi pierwiastkami i związkami toksycznymi), stwarzający zagrożenie dla fauny, flory i zdrowia ludzi, jest podobny jak w innych regionach Europy znanych z wieloletniej eksploatacji i przeróbki rud metali nieżelaznych. Należą do nich: region Płowdiw w Bułgarii (Atanassov, Angelova, 1995; Velitchkova i in., 2003), Przybram w Republice Czeskiej (Rieuwerts, Farago, 1996), region Smolnik w Słowacji (Cicmanova, 1996), obszar Plombiers– La Calamin w Belgii (Swennen i in., 1994; Cappuyns i in., 2005), Derbyshire w centralnej Anglii (Cotter-Howells, Thornton, 1991; Thornton, 1994), rejon Harz w Niemczech (Gäbler, Schneider, 2000) czy rejony polimetalicznej mineralizacji w obszarze pogranicza czesko-niemieckiego (De Vos i in., 2005).

Wersja elektroniczna atlasu dostępna jest pod adresem <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl/>.

W realizacji opracowania brali udział:

- **J. Lis, A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac, bazy danych, opracowanie map geochemicznych, interpretacja wyników;
- **P. Dobek, T. Kolečki, W. Markowski** – pobieranie próbek;
- **P. Pasławski, K. Jakimowicz-Hnatyszak, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **Z. Dobieszyńska, M. Cichorski, J. Duszyński, Z. Prasol, K. Stojek** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **I. Witowska, E. Maciołek** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **E. Górecka, I. Jaroń, G. Jaskólska, D. Karmasz, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciołek, A. Maksymowicz** – analizy chemiczne;
- **W. Wolski, Z. Frankowski, P. Dobek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna, H. Tomassi-Morawiec, A. Bliźniuk** – obliczenia statystyczne;
- **A. Dusza-Dobek, E. Górecka** – charakterystyka obszaru arkusza;
- **E. Górecka** – geologia i złoża kopalin;
- **A. Witkowska** – źródła zagrożenia środowiska.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie administracyjne i geograficzne.** Obszar arkusza Olkusz M-34-64-A-a należy administracyjnie do północno-zachodniej części województwa małopolskiego. Obejmuje środkową część powiatu olkuskiego (gminy Olkusz i Klucze oraz niewielki fragment gminy Bukowno w południowo-zachodniej części arkusza).

Według podziału na jednostki fizycznogeograficzne (Kondracki, 2000) teren arkusza w przeważającej części należy do makroregionu Wyżyna Krakowsko-Częstochowska (podprowincja Wyżyna Śląsko-Krakowska, mezoregion Wyżyna Olkuska). Tylko w północno-zachodniej części analizowanego obszaru występuje niewielki fragment zaliczany do makroregionu Wyżyny Śląskiej (mezoregion Garb Tarnogórski).

Obszar objęty arkuszem Olkusz znajduje się w zlewni Białej Przemszy, należącej do dorzecza górnej Wisły. Uboga sieć hydrograficzna jest wynikiem specyficznej budowy geologicznej oraz warunków hydrogeologicznych. Głównymi ciekami są strumienie: Baba, Witeradówka i kanał Roznos (Dąbrówka). Charakter cieków powierzchniowych uległ zasadniczej zmianie w wyniku drenażu górniczego oraz eksploatacji wód podziemnych dla potrzeb wodociągowych (Adamczyk, 1990).

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia.** Wyżyna Olkuska stanowi zrównany płaskowyż o wysokościach 400–460 m n.p.m. Zachodnią granicą płaskowyżu jest próg denudacyjny (ok. 100-metrowej wysokości), utworzony na wychodniach skał węglanowych (głównie wapieni) jury i triasu. Próg ten, zwany też kuestą jurajską, ma przebieg południkowy – od miejscowości Klucze na północy, przez Pomorzany i Olkusz do Żurady na południu (tabl. 1). Jest to jednostka regionalna o założeniu tektonicznym (Górecka, 1993). W północno-zachodniej części arkusza (leżącej na obszarze Wyżyny Śląskiej) znajduje się obniżenie denudacyjne wypreparowane w skałach kajpru, wypełnione piaskami wodnolodowcowymi zlodowaceń środkowopolskich (Bogacz, Kawulak, 2004). Ponad wyrównaną powierzchnią (300–330 m n.p.m.) lokalnie występują tu pagórkowate wzniesienia zbudowane z triasowych skał węglanowych.

Powierzchnia arkusza jest w wielu miejscach bardzo przekształcona. Częstymi formami rzeźby terenu są pozostałości po dawnych wyrobiskach i szybach kopalnianych (warpie) rud Zn–Pb i surowców skalnych. Na obszarach górniczych kopalni rud Zn–Pb Pomorzany i dawnej kopalni Olkusz powstały zapadliska oraz hałdy i nasypy odpadów poprodukcyjnych. Przy zachodniej granicy arkusza znajduje się fragment stawu osadowego Zakładów Górniczo-Hutniczych (ZGH) Bolesław. Do niedawna w zachodniej części arkusza istniały też kopalnie piasku, obecnie zalesione. Inną antropogeniczną formą terenu, której ślady przypominają parów, jest sztolnia Ponikowska (zlokalizowana między Starym Olkuszem a Pomorzananami), która służyła do odwadniania kopalń (Cabała, Sutkowska, 2006).

**Zabudowa i użytkowanie terenu.** W użytkowaniu terenu dominującą rolę odgrywają lasy, zajmujące 61% powierzchni (tabl. 3). Ich walory przyrodnicze zostały objęte ochroną prawną – Park Krajobrazowy Orlich Gniazd, liczne pomniki przyrody (Program..., 2004a, b). Park chroni krajobraz utworzony na skałach jurajskich (ostańce skalne, głębokie doliny, jaskinie oraz florę wapiennolubną). Charakterystycznym elementem Parku są średniowieczne warownie i zamki (np. ruiny zamku w Rabsztynie).

Nieuzytki i pola uprawne zlokalizowane są w centralnej i południowej części arkusza, zajmując odpowiednio 22% i 6% jego powierzchni. Tereny z zabudową przemysłową koncentrują się w rejonie Olkusza (tabl. 2).

**Gospodarka** na obszarze arkusza Olkusz ma charakter przemysłowy. Największym przedsiębiorstwem są ZGH Bolesław z siedzibą w Bukownie, do których należy kopalnia Olkusz-Pomorzany wraz z Wydziałem Przeróbki Mechanicznej. Inne większe zakłady to: Olkuska Fabryka Naczyń Emaliowanych Emalia S.A., International Paper Klucze S.A. w

Kluczach i Huta Szkła Walcowanego Jaroszewiec w Jaroszewcu (Program..., 2004b). Mniejsze firmy funkcjonują w sektorze prywatnym, zajmując się handlem i usługami, budownictwem, obsługą nieruchomości, transportem, gospodarką magazynową i łącznością.

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

W skomplikowanej budowie geologicznej obszaru śląsko-krakowskiego można wyróżnić dwie jednostki strukturalne: podłoże paleozoiczne, sfałdowane w cyklu waryscyjskim, i platformowo wykształconą pokrywę permsko-mezozoiczną (Górecka, 1993; Szuwarzyński, 1996).

Wierceniami poszukiwawczymi osiągnięto utwory dewonu i karbonu, które w granicach arkusza nie występują na powierzchni.

Mezozoiczna pokrywa o budowie płytowej (monoklina śląsko-krakowska) zbudowana jest z węglanowych skał triasu i jury (tabl. 1). W cyklu alpejskim, w związku z formowaniem się Karpat, płyta ta uległa poważnym deformacjom tektonicznym, głównie uskokowym.

Utwory **triasu** w pełnym wykształceniu znane są głównie z wierceń. Lokalnie na powierzchni występują utwory triasu środkowego i górnego (Kurek, Preidl, 1992). Dolne ogniwa triasu dolnego (pstry piaskowiec) tworzą piaskowce i ility pstry; a górne (ret) – dolomity, wapienie jamiste i margle. Trias środkowy (wapień muszlowy) budują wapienie (warstwy gogolińskie, górażdzańskie, terebratulowe i karchowickie) i dolomity diploporowe. Z uwagi na występowanie mineralizacji Zn–Pb, ważne znaczenie mają dolomity kruszczońskie. Są to dolomity epigenetyczne (krystaliczne i kawerniste), obejmujące różne ogniwa utworów dolnego wapienia muszlowego (głównie warstwy górażdzańskie, terebratulowe i karchowickie) o miąższości od kilku do około 65 m. Osady triasu górnego (iłowce, mułowce i margle kajpru) występują w środkowej części arkusza (tabl. 1).

Utwory **jury** przeważają w środkowej i wschodniej części arkusza. Obejmują interwał od batonu po górny oksford (*op. cit.*). W dolnej części budują je zlepieńce, piaskowce, wapienie i margle, zaś w górnej – wapienie ławicowe z przewarstwieniami margli oraz wapienie skaliste tworzące charakterystyczne skałki.

Utwory **czwartorzędu** charakteryzuje duże zróżnicowanie litologiczne. W zachodniej części arkusza dominują plejstoceny piaski zlodowaceń środkowopolskich, osiagające miąższość do kilkudziesięciu metrów. Osady zlodowacenia wisły reprezentują piaski wypełniające szerokie, bezwodne doliny. W części zachodniej arkusza piaski wodnolodowcowe wypełniają starą plejstoceny pradolinę Przemszy, biegnącą z północy na południe (Paulo, Krobicki, 2001). Na jej północnym i południowym krańcu występują pustynie – Błędowska i Starczynowska. Lokalnie występują osady czwartorzędowe bliżej nieokreślonego wieku - rumosze skalne, piaski i gliny deluwialne oraz piaski eoliczne. W dolinach potoków występują mulki, ility i piaski, a niekiedy torfy.

**Rudy cynku i ołowiu.** Górnictwo i hutnictwo rud Zn–Pb w okręgu olkuskim ma długie tradycje, sięgające co najmniej XIV, a być może XI/XII wieku (Grzechnik, 1978; Przeniosło, 1995; Paulo, 2001). Od XII do końca XVIII w. głównie eksploatowano galenę, z której otrzymywano ołów i srebro. Najstarsza eksploatacja odbywała się powyżej zwierciadła wód podziemnych (Niedzielski, Szostek, 1977; Adamczyk, 1990). Początki drenażu triasowego piętra wodonośnego sięgają XVI w., kiedy to wykonano kilka sztolni odwadniających. W XIX w. rozpoczęto podziemną eksploatację w kopalniach Bolesław i Ulisses (położonych w większości na sąsiednim arkuszu Sławków). Wydobywano galman (utlenione rudy cynkowo-żelazowe) i limonitową rudę żelaza oraz siarczki żelaza, a w znacznie mniejszych ilościach – siarczki cynku i ołowiu (Liszka, Świć, 2000).

W latach pięćdziesiątych XX w. rozbudowano kopalnię Bolesław, bazując na zasobach rud siarczkowych Zn–Pb w rowie tektonicznym. Kopalnia przetrwała do 1998 r. Kolejne odkrycia rud siarczkowych pozwoliły na uruchomienie podziemnych kopalń: Olkusz (1968 r.) i Pomorzany (1974 r.). Od 1979 r. funkcjonują one jako kopalnia Olkusz-Pomorzany ze wspólnym Wydziałem Przeróbki Mechanicznej.

Eksploatowane złoża (należące do grupy *Mississippi Valley-Type*) tworzą dolomity kruszczośne środkowego triasu (Viets i in., 1996). Ciała kruszcowe mają formę nieregularnych gniazd i soczewek o różnych rozmiarach, dochodzących nawet do kilkuset metrów długości i kilkunastu metrów grubości (Sass-Gustkiewicz, 1985, 2001; Dżułyński, Sass-Gustkiewicz, 1993; Górecka, 1993). Na ogół kruszce wypełniają wolne przestrzenie w skale (pory, kawerny, szczeliny spękań) w postaci kolomorficznym i druzowych naskorupień oraz żył. Charakterystyczne są tektoniczne lub krasowe brekcje kruszcowe, w których siarczki cynku (sfaleryt, wurcyt, brunckit), ołowiu (galena) i żelaza (markasyt, piryt, mielnikowit) stanowią spoiwo skał węglanowych (Górecka, 1996; Szuwarzyński, 1996). Towarzyszą im węglany (kalcyt, dolomit) oraz baryt. Obecnie wydobywa się wyłącznie rudy siarczkowe, które zawierają średnio ok. 4,2% Zn i 1,4% Pb oraz domieszki Cd, Ag i innych pierwiastków śladowych (Ney, Smakowski red., 2004).

Wydobywane rudy Zn–Pb przerabiane są na koncentrat przez Wydział Przeróbki Mechanicznej. Zasoby eksploatacyjne złoża Pomorzany wynoszą 15,92 mln t, a złoża Olkusz–Podpoziom – 2,05 mln t. Działalność kopalni przewidywana jest do 2013 r. Zasoby geologiczne złóż rezerwowych Sikorka (3,7 mln t) i Klucze (4,2 mln t) nie budzą zainteresowania przemysłu (Przeniosło red., 2005).

**Surowce skalne.** Obszar arkusza Olkusz jest potencjalną bazą surowców węglanowych, głównie wapieni jurajskich, a także dolomitów triasowych. Mniejsze znaczenie mają piaski i gliny. Kopaliny te były eksploatowane w licznych wyrobiskach na potrzeby lokalne.

## ANTROPOPRESJA

Środowisko naturalne rejonu Olkusza jest zaliczane do najbardziej zdegradowanych w województwie małopolskim. Wpływa na to eksploatacja i przeróbka rud cynkowo-ołowiowych (obecna i historyczna), przemysł skoncentrowany głównie w Olkuszu oraz komunikacja, a także gospodarka komunalna.

**Powietrze atmosferyczne.** Zakładami emitującym najwięcej zanieczyszczeń do atmosfery są Olkuska Fabryka Naczyń Emaliowanych Emalia S.A. i wydziały metalurgiczne ZGH Bolesław wraz z Fabryką Kwasu Siarkowego (IMN..., 2005), położone w odległości 1–2 km na zachód od granic arkusza. Na jakość powietrza wpływają także zanieczyszczenia z zakładów przemysłowych zlokalizowanych w województwie śląskim (Zespół Elektrowni Jaworzno i Mittal Steel Polska – dawna Huta Katowice) i w powiecie chrzanowskim (Elektrownia Siersza). Do punktowych źródeł zanieczyszczeń zalicza się paleniska indywidualne, powodujące głównie emisje pyłu zawieszzonego PM<sub>10</sub>, którego stężenia przekraczają niekiedy poziom dopuszczalny (Ocena..., 2005). Najpoważniejszym ogniskiem zanieczyszczeń komunikacyjnych jest droga międzynarodowa E 40 relacji Olszyna–Przemysł.

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Największe zagrożenie dla wód powierzchniowych i podziemnych stanowi eksploatacja rud cynkowo-ołowiowych oraz ich wzbogacanie i przetwarzanie hutnicze w ZGH Bolesław (Rózkowski, Siemiński red., 1995; Liszka, Świć, 2000; Paulo, Krobicki, 2001). Obszary zajmowane obecnie przez ten przemysł uległy znacznej redukcji, a technologie stosowane współcześnie są bardziej przyjazne środowisku (Lis, Przeniosło, 1999). Odpady poflotacyjne powstające w procesie wzbogacania

rud są składowane w stawach osadowych (przy zachodnim skraju arkusza). Część wód nadosadowych zawracana jest do powtórnego użytku, jednak ich ilość jest znacznie mniejsza od ilości wód infiltrujących ze stawów do podłoża, wraz z którymi do wód podziemnych migrują siarczany, jony żelaza, cynku, ołowiu, kadmu, miedzi, wapnia i magnezu (Program..., 2005). Korzystnym faktem jest obecność skał węglanowych w podłożu, które są naturalną barierą dla szerszej migracji metali ciężkich.

Działalność górnicza spowodowała powstanie rozległego leja depresji w triasowym i jurajskim piętrze wodonośnym (Adamczyk, 1990). W wyniku intensywnego drenażu utworów triasu na północ od uskoku Pomorzany, w latach 1974–1986 nastąpiło osuszenie strumienia Sztołnia Ponikowska (na odcinku 3,5 km) oraz rzeki Białej od źródeł do ujścia kanału Roznos (Dąbrówka) – na odcinku 7,5 km. Intensywny drenaż kopalniany ułatwia przenikanie do wód podziemnych zanieczyszczeń z osadnika odpadów poflotacyjnych, hałdy odpadów hutniczych koło Bukowna i niezolowanego składowiska odpadów komunalnych w dawnej kopalni odkrywkowej Ujków (położonych na sąsiednim arkuszu Sławków), a także z powierzchniowego wylewiska w okolicy Kluczy, gdzie zakłady papiernicze zrzuciły odpadowe lignosulfoniany do środowiska gruntowego (Adamczyk, Haładus, 1994; Adamczyk, Motyka, 2000).

Górnictwo rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim znajduje się w końcowej fazie likwidacji. W niektórych rejonach zostanie podjęta próba przywrócenia naturalnych stosunków wodnych, jakie istniały przed przystąpieniem do robót górniczych. Prawdopodobnie odtworzona zostanie sieć rzeczna i odrodzą się zanikłe źródła. Odtwarzanie pierwotnej sieci rzecznej stwarza jednak zagrożenie wystąpienia lokalnych podtopień (głównie w dolinach rzecznych) i powstanie niecek osiadań nad wyrobiskami górniczymi.

Jakość wód powierzchniowych na omawianym obszarze nie jest zadowalająca. Wody są głównie pozaklasowe lub należą do III klasy czystości z powodu nadmiernych ilości azotanów, metali ciężkich (cynku i ołowiu) oraz skażeń bakteriologicznych. Główną przyczyną występowania tych zanieczyszczeń jest odprowadzanie ścieków komunalnych i przemysłowych do wód powierzchniowych i gruntów. Do największego strumienia Baba wpływają wody pochodzące z odwodnienia wyrobisk górniczych oraz nieoczyszczone ścieki technologiczne z Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Olkuszu, a także podczyszczone wody opadowe z terenu Olkusza. Miasto Olkusz jest skanalizowane w 87%. Ścieki sanitarne z terenów objętych kanalizacją są odprowadzane do mechaniczno-biologicznej miejskiej oczyszczalni o przepustowości 9000 m<sup>3</sup>/d (Program..., 2004b), a następnie poprzez kanał Roznos do Białej Przemszy (Labus, 1994; Program..., 2004c). Oczyszczane ścieki w 90% są pochodzenia bytowo-gospodarczego, natomiast 10% stanowią ścieki przemysłowe z Olkuskiej Fabryki Naczyń Emaliowanych Emalia S.A.

Do potencjalnych ognisk zanieczyszczeń wód należy zaliczyć również działalność rolniczą (podwyższone stężenia azotanów w wodach z obszarów rolniczych).

**Gleby.** W glebach notowano bardzo wysokie zawartości metali, szczególnie cynku, ołowiu, kadmu i arsenu, które są związane z oddziaływaniem na środowisko przemysłu wydobywco-przetwórczego rud Zn–Pb, a także z podwyższonym naturalnie tłem geochemicznym (w glebach rozwiniętych na wychodniach skał rudnych). Do głównych ognisk zanieczyszczeń gleb oraz lokalnej degradacji środowiska zalicza się wychodnie dolomitów kruszczośnych, składowisko odpadów poflotacyjnych, kopalnię rud Zn–Pb Olkusz-Pomorzany wraz z jej zakładem przerobczym, dawne kopalnie położone na zachód od Starego Olkusza oraz wydziały metalurgiczne ZGH Bolesław. Zdegradowane obszary dawnej eksploatacji piasków i rud Zn–Pb są w większości zalesione.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2003–2005 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek i pomiary współrzędnych w miejscach ich lokalizacji, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, opracowanie wektorowego podkładu topograficznego, obliczenia statystyczne, opracowanie map geochemicznych i mapy geologicznej oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

### PRACE TERENOWE

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250x250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Łącznie pobrano próbki gleb z 1364 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z dwu zakresów głębokości: 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Próbki gleb (o masie ok. 500 g) pobierano za pomocą ręcznej sondy holenderskiej firmy Eijkelkamp, średnicy 60 mm. Umieszczano je w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z różnych zbiorników wodnych: strumieni, rowów melioracyjnych, kanałów, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegu zbiorników za pomocą czerpaka i umieszczano w woreczkach z gęstego płótna, opisanych numerami. Do woreczków wkładano fiolki plastikowe z tymi samymi numerami próbek w celu zabezpieczenia na wypadek ewentualnego rozmycia numerów na woreczkach. Woreczki z próbkami umieszczano w specjalnym pojemniku na sicie plastikowym umożliwiającym odciekanie wody.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów wodnych. Przewodnictwo elektryczne wód i ich odczyn mierzono w terenie. Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry MILIPORE 0,45 µm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml – zakwaszane kwasem azotowym. Butelki opisywano odpowiednimi numerami.

Miejsca pobrania wszystkich próbek zaznaczano na mapach topograficznych w skali 1:10 000 i opisywano odpowiednimi numerami.

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS (Global Positioning System). Stosowano urządzenie GS 20 firmy Leica, wyposażone w zewnętrzną antenę oraz komputer umożliwiający obok pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji (wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz charakterze litologicznym próbek). Pomiar bezpośredni z tego urządzenia jest rejestrowany z dokładnością ±2–10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania próbek były wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe notowane były również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).

### PRACE LABORATORYJNE

#### Analizy chemiczne

Analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

**Przygotowanie próbek.** Próbkę gleby po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm (ISO 11464). Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,0–0,3 m po przesianiu kwartowano, dzieląc ją na trzy podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej i trzecią – archiwalną. Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,8–1,0 m po przesianiu kwartowano, dzieląc ją na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1). Analityczne próbki gleb ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych.

Próbki osadów wodnych były suszone w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm kwartowano, dzieląc ją na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1).

Wszystkie próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie.

**Roztworzenie próbek gleb i osadów wodnych** przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej objętości 50 ml) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostатовanym bloku aluminiowym.

**Oznaczenia zawartości pierwiastków i kwasowości.** Oznaczenia Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Do analiz stosowano spektrometr JY 70 Plus Geoplasma firmy Jobin-Yvon.

Analizy zawartości Hg w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS), z użyciem spektrometru Perkin-Elmer 4100 ZL z systemem przepływowym FIAS-100.

Wartość odczynu gleb oznaczono pehametrycznie w wyciągach wodnych, a zawartość węgla organicznego w glebach – metodą kulometryczną.

Oznaczenia zawartości Al, B, Ca, Fe, K, Li, Mg, Na, P, SiO<sub>2</sub>, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES, a zawartość Ag, As, Ba, Cd, Cl, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, SO<sub>4</sub>, Sr, Tl i U – metodą ICP-MS.

Zestawienie metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabeli 1.

**Kontrola jakości analiz.** Poprawność wykonywanych oznaczeń chemicznych sprawdzano poprzez: 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). Stosowano „ślepe próbki” odczynnikowe jak również „ślepe próbki proceduralne”. Czystość odczynników i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych”. „Ślepe próbki proceduralne” (*sea sand extra pure Merck*) stosowano do sprawdzania zanieczyszczeń możliwych do wprowadzenia podczas kolejnych etapów przygotowania próbek.

Dla próbek stałych precyzja oznaczeń wynosi  $\pm 10$ –15% (na podstawie analiz próbek podwójnych). Dla próbek wód precyzja wynosi  $\pm 10$ –20% (zależnie od zawartości pierwiastka).

### **Analizy granulometryczne gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m**

Oznaczenia granulometryczne wykonano w Zakładzie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, łącząc analizę sitową z metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek. Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodami odbiegającymi od klasycznych (stosowanych według odpowiednich norm w gleboznawstwie). Ich wyniki nie mogą zatem służyć do podziału gleb według kryteriów

gleboznawczych; są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

**Analiza sitowa.** Próbkę przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 mm, 1 mm i 0,5 mm. Próbkę niektórych gleb gliniastych rozdrabniano w moździerzu porcelanowym przed przesiewaniem. Ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,5 mm i <0,5 mm.

**Analiza laserowa.** Pomiary wielkości ziarn we frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek Analysette-22 firmy Fritsch. Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm – frakcja piaszczysta, 0,1–0,02 mm – frakcja pylasta, <0,02 mm – frakcja ilasta (tabl. 4–6).

## BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

**Podkład topograficzny.** Jako podkładu map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Olkusz M-34-64-A. Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu,
- hydrografia (z podziałem na strumienie, rowy, zbiorniki wód stojących),
- sieć komunikacji drogowej (z podziałem według klas),
- sieć kolejowa,
- zabudowa terenu (z podziałem na zabudowę wiejską zwartą i rozproszoną, miejską niską i wysoką oraz przemysłową),
- lasy,
- tereny przemysłowe (obiekty przemysłowe, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

**Mapa geologiczna.** Dla ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000 arkusz Olkusz (Kurek, Preidl, 1992). Poprzez cyfrowanie utworzono obrazy wektorowe poszczególnych elementów mapy geologicznej zakrytej, które następnie połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

**Bazy danych.** Utworzono oddzielne bazy danych dla:

- gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m,
- gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m,
- osadów wodnych,
- wód powierzchniowych.

Bazy danych dla gleb zawierają: wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, gatunek gleby, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość, data i nazwisko osoby pobierającej próbkę) oraz wyniki analiz chemicznych.

Bazy danych dla osadów wodnych i wód powierzchniowych zawierają: wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, rodzaj zbiornika wodnego, gatunek osadu, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość, data i nazwisko osoby pobierającej próbkę) oraz wyniki analiz chemicznych.

**Obliczenia statystyczne.** Bazy danych służyły do wydzielenia podzbiorów dla obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład: stężenia pierwiastków w glebach uprawnych, glebach leśnych, glebach miejskich (tab. 2 i 3) oraz ich zawartości w osadach wodnych i w wodach poszczególnych zbiorników (tab. 4–6) jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych, zarówno



dla całych zbiorów, jak i podzbiorów dla gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych wykonano za pomocą programu Statistica. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–6 oraz zamieszczono na mapach geochemicznych. Obliczone wskaźniki służyły do wyznaczania klas zawartości przy tworzeniu map geochemicznych.

**Opracowanie map.** Dla arkusza Olkusz opracowano następujące mapy (tabl. 2–62):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m,
- zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych,
- pH i przewodnictwo elektryczne oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Cl, Co, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sb, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, Sr, Ti, Tl, U i Zn w wodach powierzchniowych.

Zabudowę i użytkowanie terenu przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2 i 3).

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych (tabl. 4–6) oraz zawartości pierwiastków w glebach wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono z użyciem programu Surfer, stosując metodę *Inverse Distance to a Power*. Klasy zawartości pierwiastków dobierano stosując postęp geometryczny.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie:

gleby	pH
bardzo kwaśne	<5
kwaśne	5,1–6,3
obojętne	6,4–7,4
zasadowe	>7,4

Aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy map geochemicznych, opracowano je dla całego zbioru wyników analiz chemicznych 5 arkuszy map 1:25 000: Sławków, Olkusz, Nowa Góra, Myślachowice i Chrzanów. Z utworzonych monopierwiastkowych map wycinano poszczególne arkusze i łączono je z podkładami topograficznymi.

Mapy geochemiczne osadów wodnych i wód powierzchniowych opracowano oddzielnie dla każdego arkusza. Utworzono je w formie kartodiagramów kołowych, przypisując ich odpowiednie średnice do poszczególnych klas zawartości, ułożonych najczęściej w postępie geometrycznym.

Dla celów publikacji mapy geochemiczne opracowano poprzez połączenie parami na jednej tablicy mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m z mapą geochemiczną osadów wodnych oraz mapy geochemicznej gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m z mapą geochemiczną wód powierzchniowych (tabl. 7–62). Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, mapy wydrukowano w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map. Dla zainteresowanych

mapami w skali rzeczywistej (1:25 000) istnieje możliwość udostępnienia całości opracowania lub poszczególnych map drukowanych na ploterze.

## WYNIKI BADAŃ

### GLEBY

Dominującymi typami gleb na arkuszu Olkusz są rędziny brunatne oraz gleby pseudobielicowe (Program..., 2004a, b). Z piaszczystych skał macierzystych (ubogich pod względem składu chemicznego) powstały głównie gleby leśne. Zasobniejsze gleby użytkowane rolniczo utworzyły się na utworach wapiennych oraz piaskach gliniastych.

**Skład granulometryczny.** Jednym z czynników wpływających na zawartość pierwiastków chemicznych w glebach jest ich skład ziarnowy. Gleby z dużym udziałem frakcji ilastej, zwanej również frakcją spławialną (<0,02 mm), i pylastej (0,1–0,02 mm) charakteryzują się zwykle wyższymi zawartościami szeregu pierwiastków i ich mniejszą mobilnością w warunkach hipergenicznych. W normach i zaleceniach określających dopuszczalne stężenia metali w glebach zwykle uwzględnia się tę ich właściwość, dopuszczając wyższe stężenia graniczne dla gleb z dużym udziałem frakcji ilastej i niższe stężenia dla gleb z dużym udziałem frakcji piaszczystych (Kabata-Pendias i in., 1995).

Zróżnicowanie składu ziarnowego gleb na arkuszu Olkusz związane jest z budową geologiczną. Gleby bardzo silnie piaszczyste (tabl. 4) o zawartości >90% frakcji 1,0–0,1 mm występują w obszarach, gdzie ich skałami macierzystymi są utwory czwartorzędowe, głównie plejstocenijskie piaski wodnolodowcowe oraz piaski eoliczne. Gleby te charakteryzują się niewielką zawartością (<5%) frakcji pylastej (0,1–0,02 mm) i ilastej (<0,02 mm). Są to przeważnie gleby leśne.

W glebach rozwiniętych na skałach starszych formacji zawartość frakcji piaszczystej mieści się w granicach 50–90% (tabl. 4). Znaczniejszy udział w ich składzie (5–10%) mają frakcje: pylasta (tabl. 5) oraz ilasta (tabl. 6).

**Odczyn.** W warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m) gleby o odczynie kwaśnym (<6,3) stanowią 36,3%. Są to głównie gleby lasów i nieużytków. Udział gleb o odczynie obojętnym wynosi 44,2%, zaś 19,6% gleb wykazuje odczyn zasadowy.

Gleby leśne charakteryzują się najczęściej odczynem kwaśnym, rzadziej silnie kwaśnym lub obojętnym. Gleby pól uprawnych, łąk i nieużytków mają odczyn obojętny. Występowanie gleb zasadowych w powierzchniowej warstwie (tabl. 7) obejmuje rejon miejski Olkusza, sięgając na zachodzie do obszaru górniczego kopalni Olkusz, a na południu do wychodni wapieni jurajskich między Witeradowem a Żuradą. Zasięg gleb zasadowych z zakresu głębokości 0,8–1,0 m (tabl. 8) dodatkowo obejmuje wychodnie wapieni jurajskich w rejonie Sieniczna i Olewina oraz obszar między Olkuszem a Kluczami. Występowanie gleb zasadowych zanotowano również obok osadnika odpadów poflotacyjnych i w rejonie kopalni Pomorzany. W zakresie głębokości 0,8–1,0 m mniejszy jest udział gleb kwaśnych (29,5%) i obojętnych (41,5%), natomiast wzrasta udział gleb zasadowych (29,0%). Zwraca uwagę znaczny udział gleb zasadowych (pH >8) we wschodniej części Olkusza.

**Geochemia.** Skład chemiczny gleb w znacznej mierze został odziedziczony po skałach macierzystych, z których powstały. W wyniku procesów glebotwórczych dochodzi do zmian tego składu w stosunku do chemizmu skał macierzystych, najczęściej jednak podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są czytelne. Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków odziedziczonych po skałach macierzystych pozwala prześledzić zróżnicowanie tła geochemicznego i wydzielić lokalne anomalie pierwiastków.

Dla gleb z arkusza Olkusz pierwiastkami charakteryzującymi skały podłoża geologicznego są: glin, bar, wapń, kobalt, chrom, żelazo, mangan, nikiel i stront. Przestrzenne rozmieszczenie tych pierwiastków w glebach wskazuje na silny związek ze składem chemicznym skał podłoża geologicznego. Gleby na wychodniach utworów triasowych i jurajskich wyróżniają się podwyższonymi i wysokimi zawartościami wymienionych pierwiastków. Przebieg izolinii stężeń tych pierwiastków na mapach geochemicznych (szczególnie w przypadku gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m) pokrywa się często z intersekcyjnym obrazem wychodni starszych utworów na mapie geologicznej (tabl. 1). Najniższymi zawartościami wymienionych pierwiastków charakteryzują się gleby utworzone na plejstoceniowych, piaszczystych utworach wodnolodowcowych i piaskach eolicznych. Dotyczy to zarówno powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i głębszej warstwy gleb (0,8–1,0 m). Niskie zawartości większości pierwiastków spowodowane są ubogim składem chemicznym skał macierzystych oraz kwaśnym odczynem sprzyjającym ich ługowaniu.

Kadm, cynk, ołów, srebro, arsen, miedź, rtęć, magnez i siarka są pierwiastkami związanymi z wychodniami dolomitów kruszczośnych i działalnością górniczo-hutniczą. W odróżnieniu od poprzedniego zespołu pierwiastków, koncentrują się głównie w powierzchniowej warstwie gleb, co wiąże się ze współczesną i historyczną eksploatacją oraz przeróbką rud Zn–Pb. Na głębokości 0,8–1,0 m następuje bardzo silna redukcja obszaru zajmowanego przez gleby o ich anomalnej koncentracji. Najwyraźniej prawidłowość tę obserwuje się dla kadmu, cynku i ołowiu (tab. 7). Wysokie koncentracje metali w glebach z głębokości 0,8–1,0 m stwierdzono w obrębie występowania skał kruszczośnych lub w miejscach intensywnej działalności hutnictwa metali. W tym ostatnim przypadku dochodzi do bardzo silnego skażenia, prawdopodobnie do znacznych głębokości, zarówno na obszarze arkusza Olkusz, jak i na obszarach sąsiednich (Lis, Pasieczna, 1997).

W powierzchniowej warstwie gleb silne anomalie srebra (>2 mg/kg), arsenu (>20 mg/kg), kadmu (>8 mg/kg), miedzi (>20 mg/kg), rtęci (>0,2 mg/kg), ołowiu (>500 mg/kg) i cynku (>1000 mg/kg) występują na obszarze miejskim Olkusza, w Starym Olkuszu, w południowym skraju wsi Pomorzany, w rejonie szybów kopalni Pomorzany i w rejonie kopalni Olkusz. Anomalie te mają charakter mieszany, antropogeniczno-geogeniczny. Jednym z najważniejszych źródeł skażenia gleb metalami są liczne hałdy odpadów kopalnianych. Najważniejsze z nich usytuowane są w rejonie kopalń Olkusz i Pomorzany, szybu Mieszko i południowego skraju wsi Pomorzany. Anomalia antropogeniczna (zanikająca na głębokości 0,8–1,0 m) występuje w rejonie zgrupowania zakładów przemysłowych w południowo-wschodnim krańcu Olkusza.

Intensywne anomalie wielu pierwiastków zanotowano na obszarze osadnika poflotacyjnego ZGH Bolesław, którego wschodni fragment jest zlokalizowany na arkuszu Olkusz. W powierzchniowej warstwie gleb i na głębokości 0,8–1,0 m dochodzi tu do szczególnie wysokich koncentracji wapnia (odpowiednio do 14,57% i 13,60%), magnezu (do 5,43% i 5,22%), żelaza (do 12,13% i 8,68%), siarki (do 15,30% i 9,78%), srebra (do 10 mg/kg i 9 mg/kg), arsenu (do 954 mg/kg i 808 mg/kg), kadmu (do 142 mg/kg i 81 mg/kg), manganu (do 1220 mg/kg i 1104 mg/kg), rtęci (do 0,36 mg/kg i 0,34 mg/kg), ołowiu (do 10 200 mg/kg i 7500 mg/kg) oraz cynku (do 34 800 mg/kg i 21 300 mg/kg).

Dla gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenie..., 2002). Przy klasyfikacji stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną w grupie niższej. Ze względu na zawartość metali 26,69% spośród badanych próbek spełnia warunki klasyfikacji do grupy A. Do grupy B zaliczono 26,17% analizowanych próbek, a do grupy C – 47,14% (tab. 8). Gleby zaliczone do grupy C występują w obrębie zwartej zabudowy miejskiej Olkusza oraz w rejonie kopalń Olkusz i

Pomorzany jak również na obszarze osadnika odpadów poflotacyjnych. Gleby zaliczone do grup użytkowania A i B występują głównie na obszarach leśnych (tabl. 63).

Pierwiastkami zanieczyszczającymi gleby są głównie kadm, ołów i cynk, mniejszy udział ma arsen.

## OSADY WODNE

Sieć hydrograficzna terenu arkusza jest uboga, a część istniejących kiedyś cieków (górnym odcinkiem Białej, strumień Sztolnia Ponikowska) uległa osuszeniu. Do najważniejszych cieków należą potoki Baba i Witeradówka oraz kanał Roznos (Dąbrówka). Drenaż górniczy wraz z eksploatacją wód podziemnych dla potrzeb wodociągowych spowodowały istotne zaburzenia w naturalnych stosunkach wodnych. Cieki powierzchniowe są głównie odbiornikami ścieków. Dotyczy to przede wszystkim strumienia Baba, który na znacznym odcinku ma charakter kanału. Na terenie arkusza nie występują duże zbiorniki stojących wód powierzchniowych. Niewielkie znaczenie mają pojedyncze stawy i bagniska, będące wynikiem specyficznej budowy geologicznej podłoża oraz ukształtowania terenu.

**Kanał Roznos (Dąbrówka).** Kanałem tym do Białej (należącej do zlewni Białej Przemysły) odprowadzane są wody z odwodnienia kopalni Olkusz-Pomorzany (z szybów Dąbrówka i Mieszko), wody poflotacyjne (ze stawów osadowych Wydziału Przeróbki Mechanicznej) i wody z oczyszczalni ścieków bytowych przy szybie Dąbrówka (Program..., 2004c).

Koncentracja większości pierwiastków, a szczególnie metali i siarki w osadach kanału Roznos (Dąbrówka) spowodowana jest głównie czynnikami antropogenicznymi. Najbardziej zanieczyszczone są aluwia jego górnego biegu. Zawierają wysokie koncentracje ołowiu (do 33 631 mg/kg, przeciętnie 19 280 mg/kg), srebra (do 52 mg/kg, przeciętnie 43 mg/kg), arsenu (do 670 mg/kg, przeciętnie 509 mg/kg), kadmu (do 2251 mg/kg, przeciętnie 1630 mg/kg) i cynku (do 394 400 mg/kg, przeciętnie 292 000 mg/kg). Osady te są również bogate w wapń (do 12,80%, przeciętnie 2,00%), magnez (do 4,10%, przeciętnie 0,70%), żelazo (do 5,80%, przeciętnie 4,00%) i siarkę (do 13,301%, przeciętnie 11,200%) (tab. 4). Ten sam zespół pierwiastków o podobnych stężeniach występuje w aluwiach tego potoku w jego dolnym biegu oraz aluwiach Białej, poniżej ujścia kanału Roznos na arkuszu Sławków (Lis, Pasieczna, 1999).

**Baba.** Do strumienia Baba odprowadzane są wody kopalniane pochodzące z odwodnienia wyrobisk górniczych oraz wody technologiczne z Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej (Program ..., 2004b). Zawierają one m.in.: zawiesiny, siarczany, chlorki, cynk, ołów, kadm i żelazo.

Osady strumienia są zanieczyszczone różnymi związkami chemicznymi na prawie całej jego długości (oprócz górnego odcinka powyżej ujścia strumienia Witeradówka). Poniżej dzielnicy przemysłowej Olkusza aluwia na odcinku około 2,5 km są wzbogacone w srebro (do 10 mg/kg), kadm (do 94 mg/kg), kobalt (do 39 mg/kg), chrom (do 77 mg/kg), miedź (do 86 mg/kg), nikiel (do 96 mg/kg), ołów (do 1242 mg/kg) i tytan (do 689 mg/kg). Zanieczyszczenia wiązać można ze zrzutami ścieków działających tu zakładów: Olkuskiej Fabryki Naczyń Emaliowanych Emalia S.A., Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, fabryki wentylatorów, zakładów metalowych, remontowych, bazy transportowej i innych.

Do gwałtownego wzrostu zawartości pierwiastków w aluwiach potoku Baba dochodzi poniżej ujścia Kanału Południowego, prowadzącego wody z odwodnienia zakładu górniczego kopalni Olkusz (szybów Stefan, Bronisław i Chrobry). Aluwia na tym odcinku potoku zawierają olbrzymie ilości cynku (mediana 34 000 mg/kg, maksimum 322 600 mg/kg) i ołowiu (mediana 8500 mg/kg, maksimum 14 791 mg/kg). Są też wzbogacone w wiele innych pierwiastków: arsen (do 269 mg/kg), bar (do 382 mg/kg), wapń (do 17,03%), kadm

(do 369 mg/kg), kobalt (do 50 mg/kg), żelazo (do 4,10%), magnez (do 5,57%), mangan (do 2727 mg/kg), siarkę (do 3,40%) i stront (do 155 mg/kg). Wysokie zawartości wymienionych pierwiastków były notowane również w aluwjach Baby, a także Sztoły na sąsiednim arkuszu Sławków (Lis, Pasieczna, 1999).

**Witeradówka.** Aluwia strumienia Witeradówka, lewego dopływu Baby, charakteryzują się niskimi zawartościami badanych pierwiastków. Zawierają jedynie podwyższone ilości ołowiu (od 21 do 300 mg/kg, przeciętnie 90 mg/kg) i cynku (od 68 do 1222 mg/kg, przeciętnie 194 mg/kg) – tab. 4. W aluwium niewielkiego, prawego dopływu Witeradówki, w pobliżu południowej granicy arkusza, stwierdzono 1486 mg/kg ołowiu. Źródłem metali w zlewni strumienia jest prawdopodobnie spływ powierzchniowy z gleby wzbogaconej w ołów i cynk w wyniku atmosferycznego transportu pyłów z rejonów eksploatacji i przeróbki rud Zn–Pb.

**Małe strumienie bez nazwy.** W niektórych osadach niewielkich, bezodpływowych cieków notowano podwyższone zawartości kadmu, ołowiu i cynku (np. w południowej części arkusza w rejonie Czarnej Góry i na Osiedlu Młodych w Olkuszu oraz w okolicy Żurady). W osadzie z rowu na Osiedlu Młodych stwierdzono 19 mg/kg kadmu i 352 mg/kg cynku.

W osadach małych cieków bez nazwy oraz niewielkich zbiorników (sadzawek) w środkowej części arkusza (Olkusz, Pomorzany) zawartości badanych pierwiastków są zróżnicowane i zazwyczaj dość wysokie. Osady te zawierają arsen (do 517 mg/kg), bar (do 380 mg/kg), wapń (do 7,43%), kadm (do 72 mg/kg), miedź (do 117 mg/kg), żelazo (do 7,50%), mangan (do 2207 mg/kg), ołów (do 5362 mg/kg), stront (do 107 mg/kg) i cynk (do 13 348 mg/kg). Zanieczyszczenie tych aluwii metalami pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych (erozja kruszczośnych utworów triasu), jak i antropogenicznych (spływy z rejonów hałd górniczych).

W północnej części arkusza podwyższone zawartości kadmu (do 54 mg/kg), cynku (do 3256 mg/kg) i ołowiu (do 615 mg/kg) stwierdzono w osadach sadzawek stanowiących pozostałość po zanikającej rzece Białej.

## WODY POWIERZCHNIOWE

Wody poszczególnych zbiorników różnią się charakterystycznymi zespołami pierwiastków oraz ich stężeniami. Wykazują słabo zasadowy, mało zróżnicowany odczyn (przeciętne pH 7,5). Jedynie w dwu niewielkich, bezodpływowych rowach (ciekach) w okolicach Żurady (Kolonia I, Kolonia II) zanotowano występowanie wód słabo kwaśnych (pH 6,1–6,4) i pojedyncze wystąpienie wód silnie kwaśnych (pH 2,9).

**Kanał Roznos (Dąbrówka).** Wody tego cieku należą do najbardziej zanieczyszczonych. Ich mineralizacja, wyrażona współczynnikiem przewodności elektrycznej, jest znaczna i wyrównana na całej badanej długości kanału (EC 0,68–0,96 mS/cm, mediana 0,90 mS/cm). Charakterystyczny zespół pierwiastków związany jest z eksploatacją rud Zn–Pb: kadm (do 1,8  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 0,5  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), ołów (do 34,4  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 12,0  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), cynk (do 1116  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 143  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), magnez (do 46,8  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 20,7  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), żelazo (do 1,15  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 0,05  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), siarczany (do 290  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 142  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), molibden (do 8,58  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 8,37  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), nikiel (do 14  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 8  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), antymon (do 5,46  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 4,88  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i tal (do 3,78  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 0,38  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). W pobliżu szybu Dąbrówka stwierdzono maksymalną zawartość arsenu (20  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ).

Drugi zespół pierwiastków w wodach kanału stanowią: bor (do 714  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 669  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), chlor (do 104  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 91  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), potas (do 19,0  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 17,9  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), lit (do 24  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana 22  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), sód (do 95,3  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 89,9  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), fosfor (do 3,21  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , mediana 2,90  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ), rubid (do 21,2

$\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana  $18,6 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), siarczyn (do  $290 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , mediana  $142 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) oraz mangan (do  $370,4 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ , mediana  $52,9 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). Źródłem tych pierwiastków jest zrzut ścieków z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Olkuszu, odprowadzanych kanałem Roznos do Białej Przemszy. Prawdopodobnie pewien udział w zanieczyszczeniu wód kanału mają również dopływy wód z rejonu wylewiska płynnych odpadów poprodukcyjnych (ścieków) z zakładów papierniczych International Paper S.A. w Kluczach. Zakłady te zrzuciły odpadowe lignosulfoniany do środowiska gruntowego w dolinie Białej Przemszy, w rejonie położonym na północny zachód od Kluczy (Adamczyk, Haładus, 1994; Adamczyk, Motyka, 2000), skąd przenikały wraz z wodami opadowymi do kopalni Pomorzany, a następnie wraz z innymi wodami kopalnianymi były odprowadzane do kanału Roznos.

**Baba.** Stopień mineralizacji wód strumienia na obszarze arkusza jest zróżnicowany. W górnym biegu Baby wartości EC mieszczą się w granicach  $0,64\text{--}0,80 \text{ mS}/\text{cm}$ , w rejonie zrzutu wód kopalni Olkusz-Pomorzany rosną do  $>1 \text{ mS}/\text{cm}$ , a w dolnym biegu strumienia spadają do  $0,55 \text{ mS}/\text{cm}$ .

Zróżnicowanie stopnia mineralizacji wód znajduje odbicie w ich składzie chemicznym. W wodach środkowego odcinka strumienia (poniżej dzielnicy przemysłowej) zanotowano znaczne ilości boru (do  $541 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), wapnia (do  $125,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), chloru (do  $110 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), kobaltu (do  $3,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), miedzi (do  $1,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), potasu (do  $11,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), litu (do  $16 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), magnezu (do  $23,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), manganu (do  $612 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), sodu (do  $112 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), fosforu (do  $1,23 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), rubidu (do  $10,6 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ),  $\text{SiO}_2$  (do  $10,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) i strontu (do  $199,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). Źródłem tych zanieczyszczeń są głównie zrzuty nieoczyszczonych ścieków technologicznych z Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Olkuszu.

Skład chemiczny wody ulega zmianie poniżej ujścia kanału odprowadzającego wody z kopalni Olkusz-Pomorzany. Głównymi metalami zanieczyszczającymi wody są tu kadm (do  $1,9 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), kobalt (do  $1,4 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), magnez (do  $21,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), molibden (do  $3,98 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), nikiel (do  $6,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), ołów (do  $27,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), antymon (do  $2,19 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), tal (do  $0,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i cynk (do  $528 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). Cechą charakterystyczną są wyrównane stężenia tych pierwiastków świadczące o pochodzeniu ze źródła punktowego.

**Witeradówka.** Wody tego strumienia są słabo zmineralizowane (EC w granicach  $0,38\text{--}0,40 \text{ mS}/\text{cm}$ ). Zawierają niskie ilości wszystkich badanych składników.

**Małe strumienie bez nazwy.** W wodach małych cieków bez nazwy oraz niewielkich zbiorników (sadzawek) w środkowej części arkusza (Olkusz, Pomorzany) zawartości badanych pierwiastków są zróżnicowane i zazwyczaj niskie. W niektórych zbiornikach stwierdzono podwyższone zawartości baru (do  $224 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), wapnia (do  $142,6 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), litu (do  $14 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), strontu (do  $337,9 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i uranu (do  $14,48 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). Zanieczyszczenie wód metalami pochodzi zarówno ze źródeł naturalnych (erozja kruszczośnych utworów triasu), jak i antropogenicznych (spływy z historycznych hałd górniczych).

W północnej części arkusza, w wodach sadzawek na terenie wsi Klucze stwierdzono podwyższone zawartości boru (do  $525 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), wapnia (do  $2140,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), miedzi (do  $2,4 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), żelaza (do  $9,15 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) i sodu (do  $121,1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

## WNIOSKI

1. Stwierdzone zawartości analizowanych pierwiastków wskazują na istotne zanieczyszczenie gleb z obydwu zakresów głębokości ( $0,0\text{--}0,3 \text{ m}$  i  $0,8\text{--}1,0 \text{ m}$ ), osadów zbiorników wodnych i wód powierzchniowych.

2. Istnieje bardzo dobra korelacja między wynikami badań gleb powierzchniowych (0,0–0,3 m) i gleb z zakresu głębokości 0,8–1,0 m oraz wyraźna zależność ich składu chemicznego ze składem skał macierzystych.

3. Naturalnym (geologicznym) źródłem zanieczyszczeń są wychodnie kruszczońskich utworów triasu.

4. Antropogenicznym źródłem zanieczyszczeń środowisk powierzchniowych jest eksploatacja, przeróbka i hutnictwo rud Zn–Pb, a szczególnie oddziaływanie hałd odpadów pogórnich, odcieki z osadników poflotacyjnych i zrzuty zasolonych wód kopalnianych do wód powierzchniowych.

5. W najbliższych latach przewidziane jest zakończenie eksploatacji i przeróbki rud Zn–Pb, co wpłynie pozytywnie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska, ale obszary niezrekultywowanych hałd i osadników w dalszym ciągu będą stwarzać zagrożenie. Planowana próba przywrócenia naturalnych stosunków wodnych po likwidacji kopalń może spowodować wystąpienie lokalnych podtopień i powstanie niecek osiadań nad wyrobiskami górnictwami.

\*  
\* \*

## LITERATURA

### REFERENCES

- ADAMCZYK A.F., 1990 – Wpływ górnictwa rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim na wody podziemne i powierzchniowe. *Zesz. Nauk. AGH, 1368, Sozologia i Sozotechnika*, **32**: 41–55.
- ADAMCZYK A.F., HAŁADUS A., 1994 – Wpływ dużych ognisk zanieczyszczeń na wody podziemne w intensywnie drenowanym zbiorniku (S część GZWP 454 Olkusz–Zawiercie). *W: Metodyczne podstawy ochrony wód podziemnych* (red. A.S. Kleczkowski): 133–154. Wyd. AGH. Kraków.
- ADAMCZYK Z., MOTYKA J., 2000 – Rozwój dopływów wody do kopalń rud cynku i ołowiu w rejonie Olkusza. *Prz. Geol.*, **48**, 2: 171–175.
- ATANASSOV I., ANGELOVA I., 1995 – Profile differentiation of Pb, Zn, Cd and Cu in soils surrounding Lead and Zinc smelter near Plovdiv (Bulgaria). *Bulg. J. Agricult. Sc.*, **1**: 343–348.
- BOGACZ A., KAWULAK M., 2004 – Objasnienia do mapy geośrodowiskowej Polski 1:50 000, ark. Olkusz. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- CABAŁA J., SUTKOWSKA K., 2006 – Wpływ dawnej eksploatacji i przeróbki rud Zn–Pb na skład mineralny gleb industrialnych, rejon Olkusza i Jaworzna. *Pr. Nauk. Inst. Gór. PWroc.*, **117, Stud. i Mat.**, 32: 13–22.
- 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. Geol. Survey of Slovak Rep., 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.

- 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. Geol. Survey of Finland, Espoo.
- DŻUŁYŃSKI S., SASS-GUSTKIEWICZ M., 1993 – Paleocarstic Zn–Pb ores produced by ascending hydrothermal solutions in Silesian-Cracow district. *Kwart. Geol.*, **37**, 2: 255–264.
- 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. Geology*, **39**: 774–782.
- GÓRECKA E., 1993 – Geological setting of the Silesian-Cracow Zn–Pb deposits. *Kwart. Geol.*, **37**, 2: 127–145.
- GÓRECKA E., 1996 – Mineral sequence development in the Zn–Pb deposits of the Silesian-Cracow area, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 26–36.
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–42.
- IMN, 2005 – Najlepsze dostępne techniki (BAT), wytyczne dla branży metali nieżelaznych – produkcja z surowców pierwotnych. Inst. Metali Nieżel., Spraw. Nr 6114/04. Gliwice.
- ISO 11464, 1999 – Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analyses. International Organization for Standardization.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. 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. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LABUS K., 1999 – Stopień zanieczyszczenia i identyfikacja ognisk zanieczyszczeń kadmem, ołowiem i cynkiem wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Białej Przemszy. *Pr. Geol. PAN*, **146**: 7–104.
- 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.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb–Zn–Cd w glebach na Górnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **45**, 2: 182–189.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000. Promocyjny arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- LIS J., PRZENIOSŁO S., 1999 – Wpływ górnictwa i hutnictwa cynku i ołowiu w obszarze śląsko-krakowskim na środowisko. W: Stan aktualny, perspektywy górnictwa rud Zn–Pb w Polsce. Bukowno.
- LISZKA J., ŚWIĆ E., 2000 – Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław”, dzieje – wydarzenia – ludzie. Bukowno.
- NEY R., SMAKOWSKI T. (red.), 2004 – Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata. Inst. GSMiE PAN. Kraków.
- NIEDZIELSKI B., SZOSTEK L., 1977 – Charakterystyka złóż w rejonie olkuskim. W: Charakterystyka rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*: 73–98.
- OCENA jakości powietrza w województwie małopolskim w 2004 r. Kraków, marzec 2005 r.



- Internet: <http://www.krakow.pios.gov.pl/>
- PAULO A., 2001 – Budowa, zasoby i zagospodarowanie olkuskich złóż rud Zn–Pb. Przew. 72. Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 57–59. Kraków.
- PAULO A., KROBICKI M. (red.), 2001 – Geologiczne perspektywy i ograniczenia gospodarki przestrzennej w likwidowanym olkuskim okręgu eksploatacji rud Zn–Pb. Przew. 72. Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 51–93. Kraków.
- PROGRAM ochrony środowiska dla powiatu olkuskiego, 2004a. Internet. <http://www.wrotamalopolski.pl/>
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta i gminy Olkusz, 2004b. Internet. <http://www.umig.olkusz.pl/>
- PROGRAM rewitalizacji obszarów miejskich miasta Olkusza, 2004c. Internet. <http://www.umig.olkusz.pl/>
- PROGRAM ochrony środowiska dla gminy Bolesław, 2005. Internet. <http://www.boleslaw.top.pl/>
- PRZENIOSŁO S., 1995 – Geologia i złoża kopalin. W: Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1:200 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- PRZENIOSŁO S. (red.), 2005 – Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dziennik Ustaw Nr 165 z dnia 4 października 2002 r., poz. 1359. Decree of the POLISH Ministry of the Environment of the 9th September 2002. Limiting values of hazardous compounds in soil. The Governmental Gazette 165, Item 1359.
- RIEUWERTS J., FARAGO M., 1996 – Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Appl. Geochem.*, **11**: 17–23.
- RÓŻKOWSKI A., SIEMIŃSKI A. (red.), 1995 – Mapa ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia, 1:100 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SASS-GUSTKIEWICZ M., 1985 – Górnośląskie 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. The Joint 6th Biennial SGA-SEG Meeting. Geological Excursion Guide. Kraków.
- SZUWARZYŃSKI M., 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow Zn–Pb ore district, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 9–24.
- 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.
- THORNTON I., 1994 – Mining on the environmental; local, regional and global issues. *Appl. 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.
- VIETS J.G., LEACH D.L., LICHTÉ F.E., HOPKINS R.T., GENT C.A., POWELL J.W., 1996 – Paragenetic and minor- and trace-element studies of Mississippi Valley type ore deposits of the Silesian-Cracow district, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 51–71.