

Wpływ zakładów przemysłowych na rozmieszczenie metali ciężkich w glebach i podglebiu obszaru Trzebinia–Chrzanów

Andrzej Bellok*, Ewa Górecka*, Andrzej Kryza**, Marek Szuwarzyński**

Obszar gmin Trzebinia i Chrzanów, na którym prowadzono badania, należy do silnie uprzemysłowionych o bogatej infrastrukturze komunikacyjnej i gęstym zaludnieniu (ryc. 1). Geologicznie obszar ten jest położony we wschodniej części niecki chrzanowskiej, tj. szerokopromiennej struktury synkinalnej, zbudowanej głównie z węglanowych utworów triasowych i jurajskich. W utworach triasowych (dolny wapień muszlowy) występują złoża cynku i ołowiu, eksploatowane i wzbogacane w Zakładach Górniczych Trzebionka (ZGT). W strefie przyosiowej niecki chrzanowską wypełniają klastyczne utwory trzeciorzędowe, zaś niemal cały obszar jest pokryty warstwą czwartorzędową o zróżnicowanej grubości.

Jakkolwiek jest oczywiste, że działalność ZGT powoduje zanieczyszczenie środowiska, w związku z odprowadzeniem ścieków (Bellok, 1996), gromadzeniem odpadów stałych, emisją pyłów zawierających metale ciężkie, to nie całkiem jasne są rozmiary i zasięg zmian w środowisku przyrodniczym związanych z tą działalnością. Dotychczas głównie badano obszar bezpośrednio przylegający do stawu osadowego z odpadami flotacyjnymi ZGT (Matejczyk i in., 1993). Natomiast w niewielkim stopniu został uwzględniony wpływ innych źródeł zanieczyszczeń, związanych z dawną i współczesną działalnością występujących w sąsiedztwie ZGT licznych ośrodków przemysłowych.

Mając powyższe na uwadze, w maju 1993 r. wytypowano obszar o powierzchni ok. 20 km², w promieniu 1–2 km wokół obiektów ZGT (ryc. 1, 8). Stosując siatkę opróbowania 500 x 1000 m pobrano 110 próbek gleb w 55 punktach, w dwóch strefach głębokości: 0–20 cm (A) i 40–60 cm (B). Próbki pobrano zgodnie z Instrukcją opracowaną dla Mapy Geochemicznej Polski (Lis & Pasieczna, 1995).

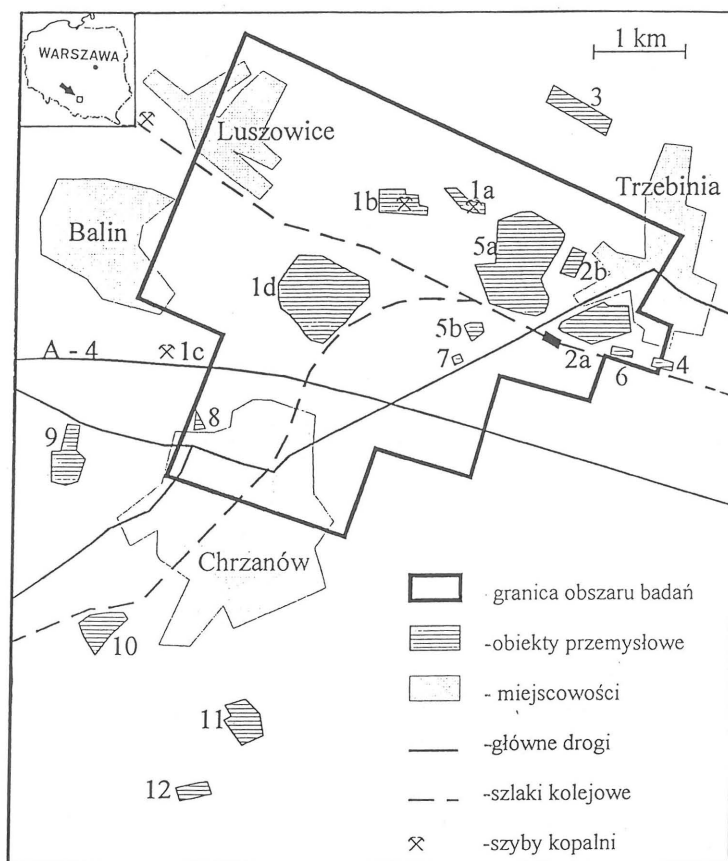
W niniejszym artykule podsumowano tylko wyniki badań, wykonanych w latach 1991–1995 w ramach programu „Koncepcja ochrony litosfery” odnoszących się do skażenia gleb metalami i siarką (Górecka i in., 1995; Szuwarzyński & Kryza, 1994). Szczególną uwagę zwrócono na potencjalne wpływy „antropogeniczne” w kształtowaniu chemizmu warstwy powierzchniowej gleby i podglebia, a zwłaszcza na skutki oddziaływania przemysłu.

Zakres i metody badań

W próbkach gleb, pobranych w strefach A i B, oznaczono zawartość 22 składników: Ca, Mg, S, P, Zn, Cd, Pb, Ag, As, Tl, Fe, Mn, Ti, Cu, Ni, Co, V, Cr, Mo, Be, Ba i Sr. Ponadto oznaczono zawartość węgla organicznego TOC i

nieorganicznego TIC; został zmierzony odczyn pH. Analizy chemiczne wykonało Centralne Laboratorium Chemiczne PiG na podstawie standardowych procedur analitycznych, z wykorzystaniem metod instrumentalnych, jak atomowej spektrometrii absorpcyjnej AAS oraz spektrometrii emisyjnej z plazmowym źródłem wzbudzenia ICP.

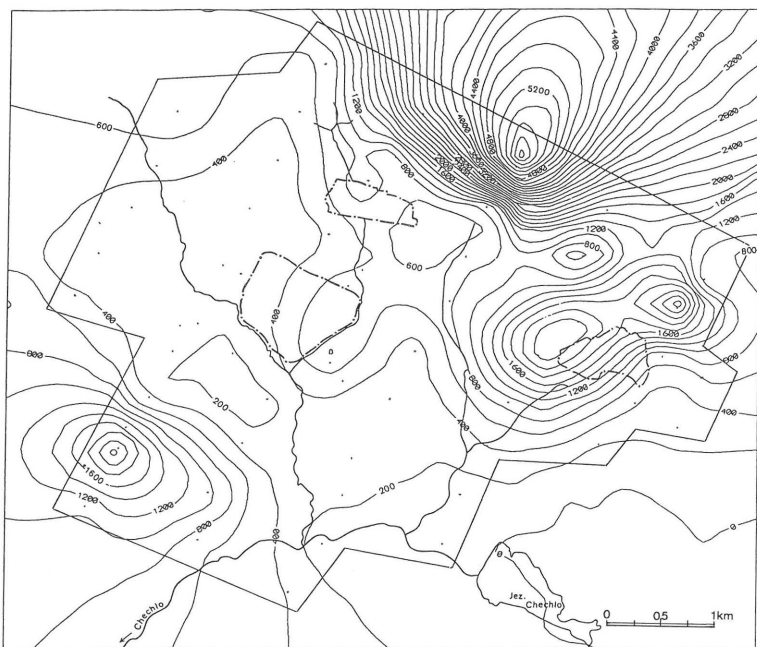
Wyniki badań, wprowadzone do komputerowej bazy danych, umożliwiły opracowanie 38 map izoliniowych dla 19 składników chemicznych w strefach A i B, na podstawie



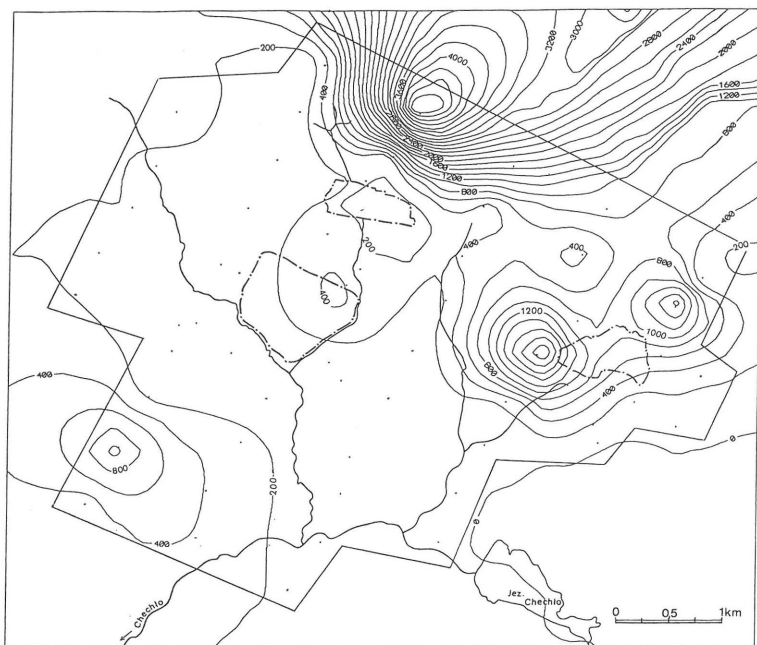
Ryc. 1. Mapa sytuacyjna obszaru z lokalizacją większych zakładów przemysłowych: 1 — Zakłady Górnicze Trzebionka: a — rejon szybu Andrzej (podsadzkownia, Górnsztaty), b — rejon szybu wydobywczego Włodzimierz oraz zakład wzbogacania rud Zn–Pb, c — rejon szybu wentylacyjnego Aleksander, d — staw osadowy odpadów flotacyjnych; 2 — Zakłady Metalurgiczne Trzebinia: a — stary zakład w przebudowie i modernizacji, b — nowy zakład; 3 — Zakłady Surowców Ogniotrwałych Górka; 4 — Zakłady Tłuszczowe Unilever; 5 — Rafineria Nafty Trzebinia: a — zakład produkcyjny, b — składowiska produktów i odpadów; 6 — Zakłady Konfekcji Technicznej „Gumownia”; 7 — cegielnia; 8 — baza samochodowa PKS; 9 — zakłady metalowe (teren dawnej kop. rud Zn–Pb Matylda); 10 — Zakłady Metalowe Fablok w Chrzanowie; 11 — Zakłady Materiałów Ogniotrwałych w Chrzanowie; 12 — Kopalnia i Prażalnia Dolomitu „Żelatowa”; A-4 autostrada Kraków–Katowice

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

**Zakłady Górnicze Trzebionka SA, ul. Gen. Sikorskiego 71, 32-540 Trzebinia



Ryc. 2. Zawartość Zn ppm (strefa A)



Ryc. 3. Zawartość Zn ppm (strefa B)

współrzędnych lokalnych w programie SURFER (p. Górecka i in., 1995).

Badania populacji danych chemicznych można prowadzić w dwóch grupach parametrów. Do pierwszej zaliczyć można parametry opisujące główne składniki badanego środowiska: Ca, Mg, TOC, TIC, pH, a w pewnym stopniu także Fe i S. Do drugiej, będącej przedmiotem dalszych rozważań, należą metale tworzące tu koncentracje pochodzenia naturalnego (np. pierwiastki główne, podrzędne i śladowe w minerałach rud Zn–Pb) oraz związane z działalnością ludzką.

Wszystkie próbki pochodziły z gleb rozwiniętych na różnego rodzaju utworach czwartorzędowych. Przy zestawieniu i opisie próbek (Szuwarzyński & Kryza, 1994) uwz-

gledniono następujące kryteria: wiek utworów występujących w podłożu czwartorzędu w punkcie opróbowania, miąższość utworów czwartorzędu w punkcie opróbowania, ich litologię oraz położenie zwierciadła wody w pierwszym poziomie wodonośnym. Analiza statystyczna zmienności badanych parametrów chemicznych pokazała, że wpływ wymienionych czynników w zasadzie można zaniedbać. Wyjątek stanowi jedynie występowanie podwyższonych koncentracji Zn, Pb i Cd na obszarze wychodni triasowych. Jest to prawdopodobnie jedyny przypadek manifestowania się w glebie naturalnej anomalii geochemicznej związanej z występowaniem formacji złożowej.

Przestrzenne zróżnicowanie zawartości metali

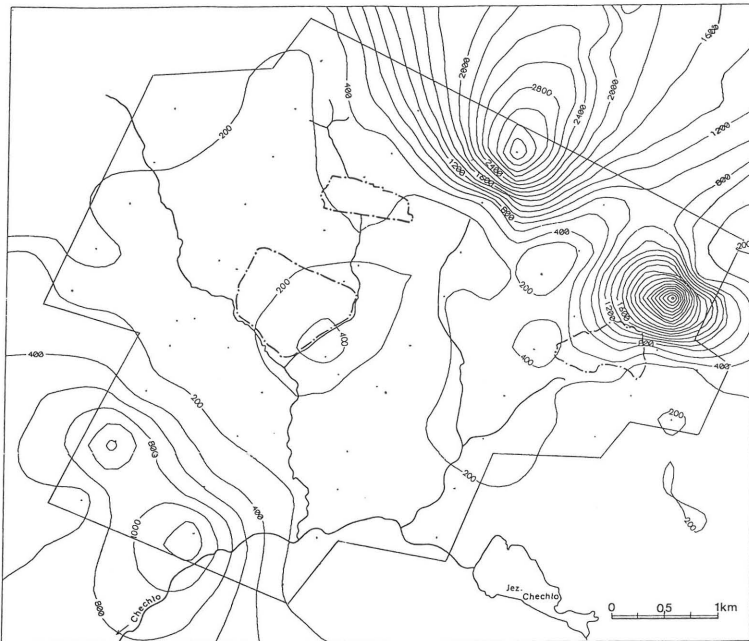
Zróżnicowanie zawartości cynku, ołowiu i kadmu w strefach A i B przedstawiono na mapach izoliniowych (ryc. 2–7).

Cynk. W strefie A zawartość Zn waha się w granicach od 50 do 6320 ppm (ryc. 2). W strefie B jest ona nieco mniejsza i wynosi od 20 do 5310 ppm (ryc. 3). W obydwu strefach zaznaczają się obszary o podwyższonej koncentracji Zn. Największa anomalia Zn ok. 1000–6000 ppm (strefa A) i ok. 600–5000 ppm (strefa B) występuje w NE części badanego obszaru, tj. w obszarze dawnego górnictwa rud Zn–Pb. Lokalne anomalie Zn występują również w rejonie Trzebini ok. 800–2400 ppm (strefa A) i ok. 600–2000 ppm (strefa B) oraz Chrzanowa ok. 800–2000 ppm (strefa A) i ok. 400–1000 ppm (strefa B).

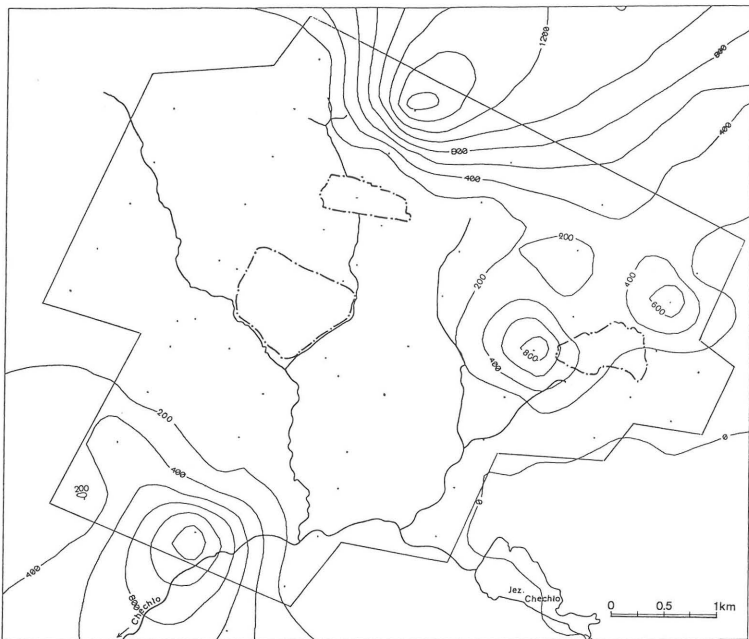
Ołów. W strefie A zawartość Pb waha się w granicach 40–4800 ppm (ryc. 4), a w strefie B 10–1830 ppm (ryc. 5). W obu strefach anomalie Pb, podobnie jak dla Zn, występują w rejonie dawnego górnictwa rud Zn–Pb oraz w Trzebini i Chrzanowie. W strefie A przedziały zawartości Pb w anomaliiach wynoszą odpowiednio: ok. 400–3400 ppm, ok. 400–4200 ppm i ok. 400–1200 ppm. Lokalną anomalię, w granicach 200–400 ppm stwierdzono również w rejonie stawu osadowego. W strefie B, w rejonie dawnego górnictwa rud i w Trzebini, anomalie Pb zmniejszają się do ok. 400–1600 ppm i ok. 400–800 ppm. Jedynie w Chrzanowie anomalia Pb w strefie B kształtuje się podobnie jak w strefie A, tzn. ok. 400–1200 ppm.

Kadm. Ze względu na geochemiczne pokrewieństwo Cd z Zn obrazy map rozkładu zawartości tych pierwiastków w badanych glebach są podobne, pomijając różnice w wielkości ich koncentracji. W strefach A i B zawartość Cd waha się w granicach 1–65 ppm (ryc. 6 i 7). W obu strefach największe koncentracje Cd stwierdzono w rejonie dawnego górnictwa rud Zn–Pb, w granicach: ok. 10–60 ppm (strefa A) i ok. 5–55 ppm (strefa B). W Trzebini i Chrzanowie anomalie Cd wynoszą odpowiednio: w strefie A ok. 10–35 ppm i ok. 10–25 ppm; w strefie B ok. 5–15 ppm i ok. 5–10 ppm.

Koncentracje innych pierwiastków śladowych w większości są nieznaczne i często oscylują wokół granicy wykrywalności przy stosowanych metodach analitycznych. Tylko niektóre z nich zasługują na uwagę (Górecka i in., 1995).



Ryc. 4. Zawartość Pb ppm (strefa A)



Ryc. 5. Zawartość Pb ppm (strefa B)

Miedź. Koncentracje Cu w glebach wahają się w granicach 20–1000 ppm (strefa A) i 10–230 ppm (strefa B); w większości poniżej 100 ppm. Największe koncentracje Cu (ok. 200–1000 ppm) stwierdzono w strefie A w Trzebini. W strefie B anomalia ta zmniejsza się do ok. 200 ppm.

Arsen. W obu strefach glebowych przedział zawartości As jest zbliżony i wynosi 5–45 ppm. Natomiast obrazy rozkładu As w poszczególnych strefach są różne. W strefie A zaznaczają się dwie wyraźne anomalie As: w Trzebini (ok. 15–45 ppm) oraz w rejonie stawu osadowego (ok. 15–30 ppm). W strefie B występuje już tylko jedna anomalia As w Trzebini (ok. 10–40 ppm).

Nikiel, kobalt i chrom. Koncentracje Ni, Co i Cr w glebach obu stref omawianego obszaru na ogół nie przekraczają 10 ppm. Tylko w dwóch miejscach stwierdzono małe anomalie lokalne. Jedna z nich występuje w strefie A w Trzebini (Ni 20–80 ppm; Co ok. 5–20 ppm; Cr ok. 10–30

ppm), zaś drugą mniej wyraźną stwierdzono w strefie B w zachodniej części obszaru (Ni ok. 20–30 ppm; Co ok. 10–15 ppm; Cr ok. 15–25 ppm).

Tytan. Zawartość Ti w badanych glebach waha się w granicach: 10–190 ppm (strefa A) i 10–275 ppm (strefa B). W obu strefach na znacznej powierzchni obszaru koncentracje Ti w glebach wynoszą ok. 10–40 ppm. W Trzebini i Chrzanowie stwierdzono anomalne wystąpienia tego pierwiastka wynoszące: w Trzebini ok. 60–180 ppm (strefa A) i ok. 40–275 ppm (strefa B) oraz w Chrzanowie 40–190 ppm (strefa A) i ok. 40–180 ppm (strefa B). W Trzebini zwraca uwagę większa koncentracja Ti w strefie B, w porównaniu ze strefą A.

Zawartość żelaza i siarki w badanych glebach nie wykazuje związku (o charakterze prawidłowości) z koncentracjami opisanych wyżej metali (Górecka i in., 1995). Zawartość ta kształtuje się następująco:

Żelazo. Zawartość Fe waha się w granicach 0,1–4,8% (strefa A) i 0,03–2,3% (strefa B). W obu strefach, w zdecydowanej większości próbek, stwierdzono poniżej 1% Fe. Stosunkowo większa, lokalna anomalia Fe (ok. 1–4%) zaznacza się jedynie w strefie A w Trzebini.

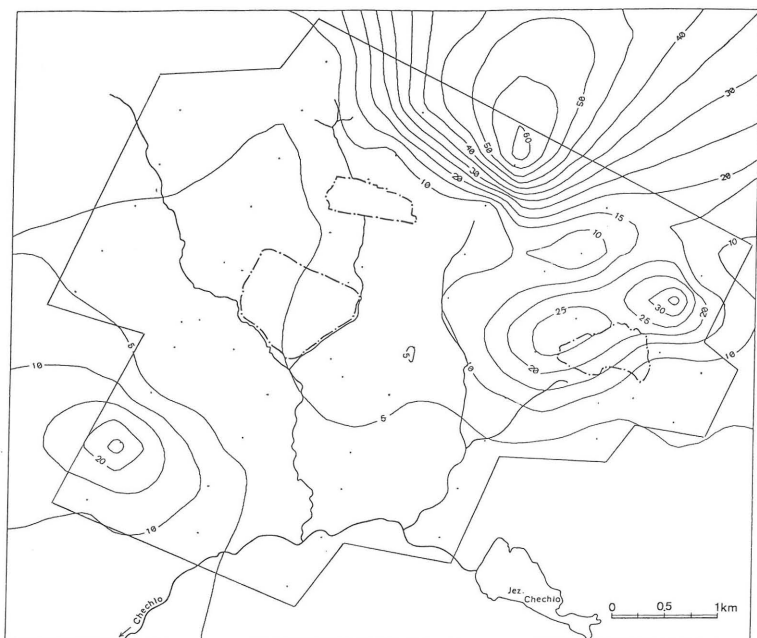
Siarka. W strefie A koncentracje siarki wahają się w granicach 75–2100 ppm, w większości powyżej 200 ppm. W strefie B zawartość siarki zmniejsza się do 30–1690 ppm, w większości powyżej 100 ppm. W obrazie przestrzennym, w obu strefach w Trzebini i Chrzanowie zaznaczają się wyraźnie anomalie (powyżej 600 ppm) oraz (ok. 400–600 ppm) na obszarze dawnego górnictwa rud Zn–Pb. Podwyższona koncentracja siarki, zwłaszcza w strefie A, występuje również w rejonie stawu osadowego (ok. 400–800 ppm). Występuje tutaj wyraźna korelacja siarki z węglem organicznym (TOC). Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że wspomniana anomalia siarki jest wynikiem adsorpcji siarki, występującej w lotnych związkach organicznych — ksantogenianach stosowanych w procesie flotacji — przez masę organiczną gleby strefy A.

— utworzy geologiczne, na których rozwinęły się gleby;

Ocena znaczenia różnych czynników w kształtowaniu środowiska przyrodniczego

Potencjalnymi czynnikami „naturalnymi” (tj., funkcjonującymi bez udziału ludzkiego), które mogły przyczynić się do ukształtowania środowiska przyrodniczego badanego obszaru są niewątpliwie:

- położenie zwierciadła wody w I poziomie wodonośnym, kierunki przepływu wody w tym poziomie oraz jego kontakty z innymi poziomami wodonośnymi;



Ryc. 6. Zawartość Cd ppm (strefa A)

— działalność akumulacyjna cieków powierzchniowych.

Druga grupa czynników, na które należałoby zwrócić uwagę, jest w mniejszym lub większym stopniu pochodną aktywności ludzkiej w różnych jej aspektach. Wymienić tu można (kolejność nie jest związana z rozmiarem wpływów):

— osadnictwo, z którym wiąże się wytwarzanie ścieków i rozmaitych odpadów, od pospolitych śmieci po odpady związane z energetyką cieplną różnych rodzajów (z taką energetyką są związane także pewne, bliżej nieokreślone ilości pyłów, praktycznie w całości opadające wokół miejsca emisji);

— przemysł, generujący ścieki i pyły oraz gromadzący odpady stałe;

— komunikacja, przede wszystkim jako źródło pyłów i łatwo osiadających aerozoli wzbogaconych w metale ciężkie;

— rolnictwo, wprowadzające do gleby środki ochrony roślin i nawozy sztuczne, które z jednej strony powiększają koncentrację niektórych składników, z drugiej strony powodują zmianę równowagi chemicznej uruchamiając lub zatrzymując poszczególne pierwiastki.

Znaczenie czynników przedstawionych wyżej jako naturalne jest na badanym obszarze bardzo trudne do jednoznacznego określenia. Mamy tu bowiem do czynienia ze znacznym przekształceniem środowiska przyrodniczego, występującym od bardzo dawna, a co najmniej od 100–150 lat.

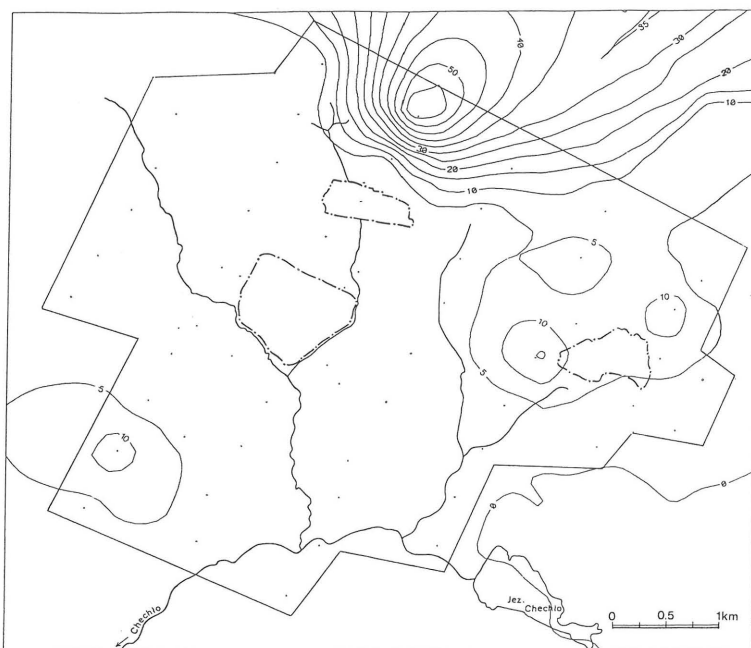
Obrazy zmienności parametrów chemicznych przedstawione na mapach izoliniowych (ryc. 2–7, por. także mapy innych metali, Górc

cka i in., 1995) wskazują, że głównym źródłem zanieczyszczeń metalami i siarką gleb jest długotrwałe oddziaływanie górnictwa i hutnictwa rud Zn Pb na omawianym obszarze. Maksymalne koncentracje cynku i kadmu występują w rejonie dawnych kopalń i hut. Koncentracje dwukrotnie niższe, choć także wskazujące na znaczne wzbogacenie w cynk, występują wokół dawnej huty cynku w Zakładach Metalurgicznych w Trzebini (w promieniu od kilkuset metrów do ok. 1,5 km). Obok skażenia odpadami stałymi pewną rolę w ukształtowaniu tej anomalii mogło odegrać rozsiewanie pyłów technologicznych; świadczy o tym wydłużony kształt anomalii zgodny z dominującym tu kierunkiem wiatru. Drugim, trudniejszym do wyjaśnienia miejscem podobnej anomalii jest obszar wschodni triasu i jury na zachód od

centrum Chrzanowa. Być może jest to efekt sąsiedztwa pobliskich kopalń rud, może bliżej nieokreślony wpływ sąsiednich kotłowni i bazy samochodowej, może wreszcie nieoczekiwany skutek stosowania odpadów ze wzbogacania rud cynku i ołowiu jako kruszyw drogowych.

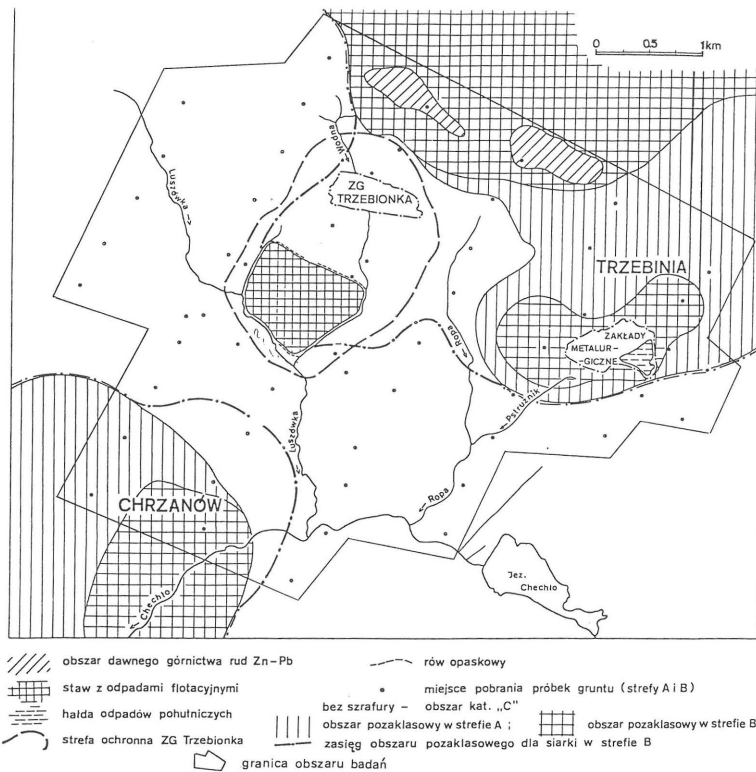
Stosunkowo słabo na tym tle zaznacza się oddziaływanie ZGT, w tym także stawu osadowego. Rozciągnięta wzdłuż potoku Wodna strefa wzbogacona w cynk (z koncentracjami Zn o rząd mniejszymi w stosunku do maksymalnych) wydaje się raczej być związana z „roznoszeniem” metalu przez wody cieków, których źródła znajdują się na NE w rejonie największych anomalii.

Rozkład ołowiu w obrębie badanego obszaru przedstawia się podobnie, jak w przypadku cynku, z dwoma wyjątkami. W strefie A zaznacza się wpływ stawu osadowego ZGT, a w Chrzanowie w obu strefach jest widoczny wpływ ołowiu



Ryc. 7. Zawartość Cd ppm (strefa B)





Ryc. 8. Mapa skażenia geochemicznego obszaru Trzebinia-Chrzanów

związanego z komunikacją. To ostatnie zjawisko jest prawdopodobnie pospolitsze, niż się wydaje, choć trudne do wykrycia w zastosowanej siatce próbowania.

Podsumowanie

W obszarze Trzebinia-Chrzanów zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi i siarką, w dwóch badanych strefach głębokości, jest znaczne, a lokalnie anomalne. W obrazie przestrzennym wyróżniają się trzy obszary o znacznie podwyższonej (niekiedy kilkakrotnie w stosunku do pozostałej powierzchni obszaru) koncentracji metali w glebach. Są to: obszar dawnego górnictwa rud Zn-Pb oraz obszary miast Trzebinia i Chrzanów. Występuje również wyraźne wzbogacenie w metale (często dwukrotne i większe) glebowej strefy powierzchniowej (A), w porównaniu ze strefą głębszą (B).

Według Kościelniaka i in. (1994) dla obszarów sozologiczno-urbanistycznych w kat. C dopuszczalne zanieczyszczenie metalami i siarką w gruntach do głębokości 2 m jest następujące (w ppm): Zn — 1000, Pb — 600, Cd — 15, Cu — 300, As — 60, Ni — 300, Co — 200, Cr — 500, Ba — 1000, S — 250. Przyjmując powyższe kryteria należy uznać, że stwierdzone na badanym obszarze koncentracje metali i siarki pozwalają na zaliczenie ok. 50% omawianego obszaru do kat. C (ryc. 8). Pozostałą powierzchnię, tzn. jej część północno-wschodnią (po Trzebinie) i południowo-zachodnią (Chrzanów) stanowią obszary pozaklasowe.

W celu ochrony wartości użytkowych środowiska konieczne jest podjęcie dalszych badań chemicznych gleby (również wody i osadów wodnych), a szczególnie badań dotyczących dynamiki (w aspekcie czasowym) przemieszczania się metali i siarki oraz głębokości ich przenikania.

Migracja skażeń w głąb może wpłynąć na zanieczyszczenie wód podziemnych, które znajdują się (lub powinny się znajdować) pod szczególną ochroną. Ważne jest również określenie sposobów migracji skażeń w warstwie glebowej, a także w jej podłożu. Wiadomo bowiem, że metale takie, jak Zn, Pb, Cd, Cu, Cr, Ag, Fe, Mn, Ti i Ba należą do grupy pierwiastków toksycznych o bardzo wysokim lub wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia środowiska, a ich nadmiar stwarza duże ryzyko zachwiania równowagi chemicznej w biosferze. Wymowa powyższych faktów wskazuje na potrzebę zorganizowania monitoringu środowiska na obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej Trzebinia-Chrzanów i podjęcie prac rekultywacyjnych.

Literatura

- BELLOK A. 1996 — Prz. Geol., 44: 70–74.
 GÓRECKA E., BELLOK A. & KIBITLEWSKI S. 1995 — Badania stanu skażenia gleby, wody i osadów wodnych na obszarze Trzebinia-Chrzanów. CAG, Państw. Inst. Geol., nr 1303/95,
 KOŚCIELNIAK S., ADAMSKI A., BIL J., HAC B., SOBCZYK W. & ULMAN-BORTNOWSKA M. 1994 — Wskazówki metodyczne do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji. Wyd. TRIO, Warszawa.
 LIS J. & PASIECZNA A. 1995 — Atlas Geochemiczny Polski w skali 1 : 2 500 000. Państw. Inst. Geol.
 MATEJCZYK M. (red.) 1993 — Ocena oddziaływań środowiskowych ZG Trzebinia SA Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Katowice.
 SZUWARZYŃSKI M. & KRYZA A. 1994 — [W:] Górecka E. i in. 1995 — CAG, Państw. Inst. Geol., nr 1303/95.