

## WSTĘP

Przeglądowe zdjęcie geochemiczne kraju (Lis, Pasieczna, 1995a,b) ujawniło, że w regionie śląskim występuje najpoważniejsze w Polsce, zanieczyszczenie środowiska gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Na obszarze wykrytej anomalii metali ciężkich rozpoczęto w 1996 r. realizację Szczegółowej Mapy Geochemicznej Górnego Śląska (SMGGŚ) w skali 1:25 000, poczynając od arkusza pilotowego Sławków (Lis, Pasieczna, 1999). Mapa realizowana w formie atlasów kolejnych arkuszy dostarcza informacji przydatnych do zarządzania środowiskiem naturalnym i podejmowania decyzji w powiatach i gminach.

Badania geochemiczne na arkuszu Imielin M-34-63-C-b są kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych prowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy. Prace zrealizowano za środki finansowe Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministerstwa Środowiska. Celem badań jest rozpoznanie stanu chemicznego środowisk powierzchniowych obszaru, na którym od wielu lat prowadzona jest eksploatacja złóż węgla kamiennego i surowców skalnych oraz rozwijają się inne gałęzie przemysłu.

Obszar arkusza Imielin obejmuje część powiatu bieruńsko-lędzińskiego, południowe dzielnice Jaworzna i Mysłowic oraz część gminy Chełmek. Teren ma charakter mieszany, miejsko-wiejski, ze znacznym udziałem obiektów przemysłowych i komunikacyjnych. Obiekty przemysłowe rozproszone są w różnych częściach arkusza, zabudowa miejska jest na ogół niska, a część terenu porastają lasy. W użytkowaniu terenu znaczny jest udział pól i łąk, stanowiących siedliska flory i fauny. Elementem charakterystycznym w krajobrazie jest zbiornik wody pitnej Dzieńkowice, spełniający również funkcje rekreacyjne, oraz kilka stawów rybnych.

Podstawowe znaczenie gospodarcze mają kopalnie węgla kamiennego (KWK) Ziemowit i Piast, wchodzące w skład Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), oraz kamieniołomy dolomitów i wapieni. Ważną rolę odgrywa Zakład Produkcji Wody w Imielinie oraz przedsiębiorstwa branży metalowej, motoryzacyjnej i budowlanej. Od początku lat 90. XX w., na skutek restrukturyzacji, zmniejsza się wielkość przemysłu wydobywczego, a coraz większego znaczenia nabiera przemysł przetwórczy, sektor małych i drobnych przedsiębiorstw, handel i usługi. Wzrasta też gospodarcze wykorzystanie odpadów pogórnich.

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z obszernym komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych w stosunku do naturalnego tła regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych. Informacje mogą być przydatne przy opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleń wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska, tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach monitoringu państwowego.

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

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac;
- **A. Biel, T. Kolečki, P. Kwecko, W. Markowski** – pobieranie próbek;
- **A. Biel, T. Kolečki, P. Kwecko, W. Markowski, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **I. Bojakowska, D. Lech, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **M. Cichorski, J. Duszyński, Z. Prasol** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **I. Witowska, A. Maksymowicz** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **W. Bureć-Drewniak, E. Górecka, I. Jaroń, G. Jaskólska, D. Karmasz, J. Kucharzyk, D. Lech, M. Liszewska, E. Maciołek, A. Maksymowicz, J. Retka, E. Kałwa, I. A. Wysocka** – analizy chemiczne;
- **W. Wolski, P. Pietrzykowski, Z. Frankowski** – analizy granulometryczne;
- **A. Biel, H. Tomassi-Morawiec** – obliczenia statystyczne;
- **A. Pasieczna, W. Markowski, T. Kolečki** – opracowanie mapy geologicznej;
- **A. Biel, A. Pasieczna, A. Dusza-Dobek** – opracowanie map geochemicznych;
- **A. Paulo** – charakterystyka obszaru arkusza, geologia i złoża kopalin;
- **A. Paulo, A. Biel** – antropopresja;
- **A. Pasieczna, A. Biel** – interpretacja wyników.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie administracyjne i geograficzne.** Obszar arkusza Imielin M-34-63-C-b położony jest w większości w województwie śląskim i obejmuje fragmenty powiatu bieruńsko-lędzińskiego (części gmin miejskich Imielin, Bieruń, Lędziny i gminy wiejskiej Chełm Śląski) oraz południowe dzielnice Jaworzna i Mysłowic (miast na prawach powiatów). Niewielki obszar w południowo-wschodniej części arkusza związany jest administracyjnie z gminą Chełmek w powiecie oświęcimskim, należącym do województwa małopolskiego. Granicę między województwami stanowi rzeka Przemsza.

Zgodnie z podziałem na jednostki fizyczno-geograficzne jest to teren Pagórów Jaworznickich, które są częścią Wyżyny Śląskiej (Kondracki, 2000).

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia.** Pagóry Jaworznickie są ciągiem zrębów tektonicznych zbudowanych z utworów triasu leżących na skałach karbonu. Rzeźba terenu ma wyraźny związek ze strukturami podłoża.

Wzgórza zrębowe, zbudowane z wapieni i dolomitów triasu, rozciągają się w okolicy Hołdunowa (wznosząc się do 278 m n.p.m.), od Imielina przez Pasieczki po Jazd (do 310,1 m n.p.m.), między Chełmem Śląskim i Chełmkciem (do 284,6 m n.p.m.) oraz w okolicy Ścierni (do 260 m n.p.m.). Wzniesienia oddzielają rozległe, lokalnie podmokłe doliny wypełnione łałami miocenu oraz glinami zwałowymi i piaszczystymi osadami wodnolodowcowymi. Doliny rozwinęły się w rejonie rowów tektonicznych, przecinających się w środkowej części arkusza. Południkową dolinę tworzy rów Reden–Imielin, a równoleżnikową – przedłużenie rowu Chrzanów–Dąb (Krysowska, 1967). Doliny Przemszy i Potoku Goławieckiego w południowej części arkusza leżą na wysokości około 235 m n.p.m.

Współczesna rzeźba terenu jest w dużym stopniu przekształcona przez obiekty przemysłowe i infrastrukturę, zmieniające naturalny krajobraz.

W obrębie wzniesień przy północnej granicy arkusza zlokalizowane są wyrobiska czynnej kopalni dolomitu Imielin, a w Lędzinach (przy granicy zachodniej) – objęta pracami rekultywacyjnymi hałda odpadów górniczych KWK Ziemowit o powierzchni 35,4 ha, oraz osadniki tej kopalni (tabl. 1 i 2). W południowej części arkusza znajdują się obiekty KWK Piast. Część odpadów tej kopalni zagospodarowano do celów rekultywacyjnych, tworząc ciąg oddzielnych wzniesień w parku rekreacyjnym na miejscu stawów Paciorkowce w Bieruniu poza południową granicą arkusza (Myczkowski, 2003).

Zmiany hydrograficzne w postaci regulacji koryt rzecznych i melioracji terenów zabagnionych są powszechne na omawianym obszarze. Wśród lasów i nieużytków spotyka się zalewiska bezodpływowe i rejony podmokłe, powstałe w obniżeniach terenu wywołanych eksploatacją podziemną węgla kamiennego.

Nad wyrobiskami podziemnymi kopalń węgla kamiennego utworzyły się szerokopromienne niecki osiadania oraz tzw. deformacje nieciągłe w postaci pęknięć, szczelin i progów terenowych (Chwastek i in., 1990). W jednym z takich obniżeń znajduje się staw Kudrowiec.

Najbardziej charakterystycznym i największym akwenem na obszarze arkusza (i Wyżyny Śląskiej) jest Zbiornik Dzieńkowice (Jezioro Imielińskie) o powierzchni ok. 7,3 km<sup>2</sup>, gromadzący wodę pitną dla miast aglomeracji śląskiej i spełniający funkcje rekreacyjne. Zbiornik powstał w wyrobisku po eksploatacji piasku podsadzkowego w dolinie Przemszy, a jego budowa pociągnęła za sobą konieczność przesunięcia doliny Przemszy na wschód. Zbiornik utworzono w 1976 r. w ramach budowy systemu zaopatrzenia w wodę Huty Katowice z docelowym założeniem wykorzystania go do celów wodociagowych aglomeracji katowickiej (Bok i in., 2004). Zbiornik, położony całkowicie poza korytem Przemszy, ma charakter buforowy (dyspozycyjny). Jest zasilany wodą przetrzucaną rurociągiem z systemu rzek Skawa–Soła przez pompownię w Broszkowicach k. Oświęcimia, pracującą tylko w okresie występowania podwyższonych przepływów. Odpływ ze zbiornika odbywa się również przy pomocy pomp. Całkowita pojemność zbiornika (przy maksymalnym piętrzeniu do głębokości 20 m) wynosi 52,8 mln m<sup>3</sup>, a wykorzystywane wody wyróżniają się dużą czystością.

Do infrastruktury zbiornika zalicza się elementy zabudowy hydrotechnicznej m.in. zaporę czołową o cechach grobli, dwie zapory boczne, ujęcia wody dla Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Huty ArcelorMittal, wyloty rurociągów tłocznych z pompowni Broszkowice, pompownię Chełmek oraz wyloty rurociągów ze stacji uzdatniania wody.

Z ujęć Zbiornika Dzieńkowice korzysta trzech producentów wody (w tym Zakład Produkcji Wody w Imielinie) w ramach działania Przedsiębiorstwa Usług Wodociagowych w Dąbrowie Górniczej, które jest częścią górnośląskiego systemu wodno-gospodarczego (Przedsiębiorstwo..., 2010)

Mniejszy zbiornik wody pitnej, utworzony na miejscu osadnika KWK Piast, zlokalizowany jest na zachód od doliny Imielinki, w Chełmie Śląskim.

Do ważnych zbiorników wodnych należą również Pacwowe Stawy w dolinie strumienia Mąkowiec.

Obszar arkusza znajduje się w zlewni Przemszy, należącej do dorzecza Wisły. Prawobrzeżnymi dopływami Przemszy są strumienie Imielinka i Potok Rothera. Drugim pod względem długości ciekim jest Potok Goławiecki (z uregulowanym korytem), wpadający bezpośrednio do Wisły. Z lewej strony zasila go strumień Mąkowiec. Północną część arkusza odwadniają niewielkie cieki odprowadzające wody do Rowu Kosztowskiego i Przyrwy, które płyną poza granicami arkusza.

Północno-wschodnia część arkusza znajduje się w obrębie szczelinowo-krasowego, triasowego zbiornika wód podziemnych (GZWP 452 Chrzanów; Kleczkowski, 1990; Strzeмиńska, Formowicz, 2002)

**Zabudowa i użytkowanie terenu.** Obszar arkusza ma charakter mieszany, miejsko-wiejski, ze znacznym udziałem obiektów przemysłowych i komunikacyjnych. Tereny bez zabudowy zajmują 80% powierzchni arkusza, tereny z zabudową miejską 13%, z zabudową wiejską 4%, a z zabudową przemysłową 3% (tabl. 2 i 3). Tereny przemysłowe są rozproszone w różnych częściach arkusza.

W użytkowaniu terenu największy udział przypada na nieużytki (32%). Pola uprawne zajmują 25% powierzchni, łąki 11%, a lasy 23% (tabl. 3). Pozostała część terenu to trawniki, parki miejskie, ogrody, zbiorniki wodne oraz powierzchnie zajęte przez drogi i linie kolejowe.

**Gospodarka.** Omawiany obszar jest częścią Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP). Głównymi ośrodkami przemysłowymi są Łędziny, Imielin, Chełm Śląski i Ściernie – dzielnica Bierunia Nowego. Podstawową gałęzią gospodarki jest górnictwo węgla kamiennego. W Łędzinach znajdują się szyby główne, w tym jeden wydobywczy, KWK Ziemowit (działającej od 1952 r.), jej oddział remontowo-produkcyjny oraz szereg firm handlowo-spedycyjnych węgla. Budowany jest kompleks logistyczno-magazynowy. W Ścierniach, leżących na skraju obszaru górniczego KWK Piast, mieszczą się szyby główne i budynki administracyjne kopalni.

Ważniejsze przedsiębiorstwa w Imielinie to kamieniołomy dolomitów i wapieni wraz z zakładami przeróbczymi, Zakład Produkcji Wody, przedsiębiorstwa handlowo-usługowe branży metalowej (wytwarzające blachy, folie aluminiowe, rury i stopy odlewnicze) oraz wykonawcy usług ślusarskich, stolarskich, motoryzacyjnych i budowlanych.

W Chełmie Śląskim największym zakładem produkcyjnym jest fabryka wentylatorów, a w Chełmku od 1931 r. działała fabryka obuwia Bata (największe w Polsce zakłady przemysłu obuwniczego).

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Budowa geologiczna obszaru arkusza jest dobrze rozpoznana dzięki prowadzonej od wielu lat eksploatacji kopalin. Prezentowany teren znajduje się we wschodniej części niecki głównej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Cechuje go obecność utworów należących do kilku systemów. Cokół GZW tworzą skały krystaliczne przykryte seriami osadowymi kambru i dewonu (Buła, Kotas, 1994; Buła, Żaba, 2005). Na nim leżą niezgodnie osady karbonu, triasu, neogenu i czwartorzędu.

Najstarszą, dobrze rozpoznaną formacją skalną jest **karbon** górny złożony z piaskowców, mułowców, łupków ilastych i pokładów węgla kamiennego. W strefie gospodarczego zainteresowania (do głębokości 1000 m) występują warstwy łaziskie krakowskiej serii piaskowcowej należące do westfalu i podścielające je warstwy orzeskie serii mułowcowej (Krysowska, 1967).

Warstwy łaziskie, o ogólnej miąższości około 680 m, wykształcone są w postaci piaskowców arkozowych i wapnistych, zlepieńców z podrzędnymi wkładkami łupków ilastych i stosunkowo grubymi pokładami węgla (od 2 do 4,7 m). Na powierzchni odsłaniają się w okolicach Hołdunowa, budując wzgórze zrębowe wznoszące się ponad poziomem zasypania czwartorzędowego (tabl. 1).

Mułowcowo-łupkowe warstwy orzeskie zawierają wkładki piaskowców, konglomeraty sydereytów i kilkadziesiąt pokładów węgla (o miąższości od 0,9 do 2,8 m).

Mezozoik reprezentują formacje osadowe **triasu** dolnego i środkowego, tworzące wzgórza w okolicach Hołdunowa, Imielina, Chełma Śląskiego, Chełmka i Ścierni. Do triasu dolnego zalicza się około 30-metrowy pakiet warstw pochodzenia morskiego – dolomitów i wapieni retu, podścielony kilkumetrową warstwą kontynentalnych piasków i ilów pstrego piaskowca. Osady te odsłaniają się tylko między Chełmem Śląskim a doliną Przemszy.

Do triasu środkowego należą warstwy gogolińskie (wapienie płytowe i zlepieńcowate z wkładkami margli) o miąższości do 30 m, nadległe dolomity kruszczońskie osiągające około 30–40 m i dolomity diploporowe o zmiennej miąższości na skutek erozyjnego zredukowania górnych poziomów. Wapienie warstw gogolińskich były od dawna eksploatowane w Chełmku i Ścierniach i stosowane jako topniki oraz surowiec do wypalania wapna (Krysowska, 1967). Rozległe wychodnie dolomitów kruszczońskich i diploporowych rozciągają się od Imielina przez Pasieczki po północną granicę arkusza (tabl. 1). Współcześnie są eksploatowane w kamieniołomach Imielina i wykorzystywane przez przemysł kruszyw łamanych.

Osady **neogenu** reprezentują morskie ropy margliste i piaski miocenu (Krysowska 1967), rozprzestrzenione w obniżeniach na całym obszarze arkusza. Ich miąższość jest bardzo zróżnicowana i uwarunkowana nierównościami stropu formacji karbońskich i triasowych występujących w podłożu. Naturalne odsłonięcia tych utworów występują między Smardzowicami a Goławcem oraz w Zagórzu w pobliżu doliny Przemszy.

Utwory **czwartorzędu** to plejstocenyjskie osady pochodzenia lodowcowego i wodnolodowcowego oraz holocenyjskie mady rzeczne i torfy. Piaski eoliczne tworzące wydmy występują sporadycznie w okolicy Gorzowa, przy południowo-wschodniej granicy arkusza. Gliny zwałowe zlodowacenia Odry odsłaniają się w kilku odosobnionych płatach o niewielkiej miąższości, a plejstocenyjskie piaski i żwiry wodnolodowcowe tworzą rozległą pokrywę. Holocenyjskie piaski, mady i żwiry budują tarasy akumulacyjne w dolinach Przemszy, Potoku Goławieckiego i mniejszych cieków. W pradolinie Przemszy miąższość wypełnienia piaszczystego sięgała kilkunastu metrów, lecz została zredukowana pod wpływem eksploatacji kopalin w XX w.

**Złoża kopalin.** Na całym obszarze arkusza występują wielopokładowe złoża **węgla kamiennego**. Eksploatowane są pokłady warstw łaziskich i leżących pod nimi warstw orzeskich. Warstwy łaziskie zawierają pokłady węgla silnie zanieczyszczone siarką i zawodnione. Pokłady węgla w warstwach orzeskich mają mniejsze miąższości, zawierają lokalnie węgiel wysokopopiołowy i rzadko są kwalifikowane do eksploatacji.

W KWK Ziemowit i KWK Piast eksploatowane są pokłady węgla o grubości 2–5 m. Węgiel wydobywany jest z pokładów na obszarze górniczym Łędziny I o powierzchni 63,58 km<sup>2</sup>, który rozciąga się od Katowic i Mysłowic na północy, po gminy Łędziny, Imielin i Chełm Śląski na południu. Wydobycie prowadzone jest w warstwach łaziskich, których wychodnie znajdują się w okolicy Łędzin na głębokości mniejszej od 50 m.

KWK Piast (kiedyś Bieruń) została zbudowana w latach 1972–1975. Działa na obszarze górniczym o powierzchni 48,31 km<sup>2</sup>, którego niewielki fragment położony jest między Bieruniem Starym a Chełmem Śląskim.

W triasowych formacjach węglanowych udokumentowano złoża **wapieni** i **dolomitów**, które są eksploatowane przez kopalnię Imielin ze złoża Imielin-Rek zlokalizowanego przy północnej granicy arkusza. Miąższość dolomitów waha się w granicach 7–31,2 m, a wapieni od 2,8 do 24,4 m. Odsłaniające się warstwy gogolińskie, zawierające średnio 43,8–50,1% CaO, 2,2–3,2% MgO, 0,7–1,1% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 0,7–4,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Szuwarzyńska, 1997) są głównym źródłem wapnia, magnezu, żelaza i glinu dla gleb rozwiniętych na ich wychodniach. Wydobywany surowiec jest wykorzystywany do produkcji kruszywa dla

budownictwa i drogownictwa. Po północnej stronie kamieniołomu usytuowane jest niewielkie składowisko utworów nadkładu, służących do robót inżynierskich.

**Iły** miocenu były surowcem do produkcji cegły, a czwartorzędowe **piaski** stosowano na potrzeby lokalnego budownictwa oraz jako materiał podsadzkowy dla kopalń węgla.

## ANTROPOPRESJA

Główną przyczyną zmian stanu środowiska przyrodniczego jest wieloletnia eksploatacja złóż węgla kamiennego wraz z towarzyszącymi jej zmianami sieci hydrograficznej, zrzutami wód słonych i słabo radioaktywnych, składowaniem odpadów górniczych oraz osiadaniem powierzchni terenu i utratą stabilności budowli nad wyrobiskami likwidowanymi na zawał. W mniejszym stopniu zaznaczyły się zmiany środowiska związane z wydobyciem kopalin skalnych i ich masowym transportem.

**Powietrze atmosferyczne.** Na stan jakości powietrza atmosferycznego mają wpływ zanieczyszczenia pochodzące z przemysłowego spalania paliw (pyły, węglowodory aromatyczne i alifatyczne, dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, dwutlenek i tlenek węgla), środków transportu kołowego (węglowodory, tlenek węgla, pyły, związki ołowiu), procesów przemysłowych (węglowodory i ich pochodne, fluor, siarkowodór) oraz z szybów górniczych i składowisk odpadów. Źródłem zanieczyszczeń jest też dalekosiężna imisja z GOP (szczególnie z Bierunia Starego, Tychów i okolic Rybnika) oraz z Okręgu Ostrawsko-Karwińskiego w Republice Czeskiej (poprzez Bramę Morawską).

Najwięcej zanieczyszczeń powietrza pochodzi z zakładów ciepłowniczych działających przy KWK Piast i KWK Ziemowit oraz z kotłowni zakładów przemysłowych w Imielinie (Skład Metali Nieżelaznych i Zakład Produkcji Wody) i w Chełmie Śląskim (Fabryka Wentylatorów), które emitują tlenek i dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu i pył zawieszony (Program..., 2003).

Do punktowych źródeł zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego zalicza się liczne paleniska indywidualne, które powodują, zwłaszcza w okresach grzewczych, emisje pyłu zawieszzonego PM 10 pochodzącego ze spalania węgla kamiennego i koksu. Opad pyłu mieści się w granicach norm ustalonych przez Ministerstwo Środowiska (*op.cit.*).

Źródłem lokalnych zanieczyszczeń benzo( $\alpha$ )pirenem i węglem elementarnym są procesy technologiczne zakładu produkującego papy asfaltowe, znajdującego się poza południową granicą arkusza – w Bieruniu Nowym.



Zanieczyszczenia powietrza pochodzące ze środków komunikacji samochodowej, zależą od intensywności ruchu. Na niekorzystne zmiany jakości powietrza najbardziej narażone są tereny w otoczeniu autostrady A4 i wschodniej obwodnicy GOP, a w Łędzinach i w Bieruniu na drogach dojazdowych do KWK Ziemowit i KWK Piast, gdzie występuje szczególne nasilenie ruchu ciężarówek transportujących węgiel.

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Największe zagrożenie dla wód stanowi eksploatacja węgla kamiennego. W jej wyniku występuje drenaż kilku pięter wodonośnych przez wyrobiska podziemne, zrzuty słonych wód kopalnianych oraz utrudnienia odpływu powierzchniowego i zmiany sieci hydrograficznej na obszarach osiadania. Wody Przemyszy i Potoku Goławieckiego wykazują najwyższe wskaźniki zanieczyszczeń w województwie śląskim (Stan środowiska..., 2008).

W obrębie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w utworach karbonu obserwuje się wyraźną strefowość hydrochemiczną. Występuje tu ogólna tendencja do wzrostu mineralizacji i składu chemicznego wód wraz z głębokością ich występowania zgodnie z sekwencją  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$  (Różkowski red., 2004). KWK Piast i KWK Ziemowit wypompowują wyłącznie solanki (Kubicka..., 2009). Wody kopalniane zrzucane są w pierwszej fazie do osadników, a po ich oczyszczeniu z zawiesiny przy pomocy koagulantów są dozowane do cieków powierzchniowych. KWK Piast i KWK Ziemowit należą do kopalń o największych dopływach i zrzutach wód dołowych w GZW, które charakteryzują się jednocześnie największymi ładunkami chlorków i siarczanów ( $> 42 \text{ g/dm}^3$ ) oraz znaczną radoczynnością. W 2007 r. średnie dopływy wynosiły  $23\,750 \text{ m}^3/\text{dobę}$  w KWK Piast i  $41\,760 \text{ m}^3/\text{dobę}$  w KWK Ziemowit, a zrzuty ładunków soli odpowiednio 1475 i 818 t/dobę.

W celu zmniejszenia uciążliwości dla środowiska kopalnie realizują kontrolowane zrzuty wód dołowych do rzek, a w przypadku niskich stanów wód do zlikwidowanej niedawno kopalni Cieczott (położonej poza obszarem arkusza). Istotne znaczenie mają przedsięwzięcia wykonywane bezpośrednio na dole kopalń, redukujące zanieczyszczenia bezpośrednio "u źródła", do których należą stacje oczyszczania wód kopalnianych z radu. Technologia oczyszczania wód radoczynnych polega na wiązaniu radu przy pomocy sorbentów (barytu i chlorku baru), a proces oczyszczania prowadzi do istotnego zmniejszenia ładunku jego izotopów odprowadzanego do rzek (Smoliński, 2006; Jabłońska, Sobik-Szołtysek, 2007; Olkuski, Stala-Szlugaj, 2009).

Istotnym źródłem zanieczyszczenia wód powierzchniowych są odcieki ze składowanych odpadów górniczych wietrzejących na powierzchni. Następuje w nich wypłukiwanie zmineralizowanych wód porowych, a utlenianie pirytu prowadzi do uwalniania

siarczanów i kwasu siarkowego. W kwaśnym środowisku następuje uruchomienie metali ciężkich, a nawet rozpad glinokrzemianów i uwalnianie glinu. W odciekach ze składowisk skały płonnej ulokowanych przy szybach kopalń przekroczone są dopuszczalne zawartości siarczanów, chlorków i niektórych metali (Program..., 2003).

Ważną przyczyną degradacji środowiska jest nieuregulowana gospodarka odpadami i ściekami. Niektóre zakłady przemysłowe posiadają własne oczyszczalnie ścieków, ale wiele innych odprowadza ścieki do kanalizacji komunalnej. Sieć kanalizacyjna obsługuje niespełna połowę mieszkańców omawianego obszaru, a liczba oczyszczalni i zakres oczyszczania są niewystarczające (Program..., 2003). W gminie Imielin funkcjonuje nowa oczyszczalnia ścieków, uruchomiona w 2008 r. W Chełmie Śląskim oczyszczalnia ujmuje tylko 20% ścieków wytwarzanych w gminie.

Źródłami zanieczyszczeń wód powierzchniowych są też wody opadowe i roztopowe odprowadzane z miast, dróg przelotowych oraz parkingów i stacji paliw, a także środki chemiczne stosowane w rolnictwie.

**Gleby.** Degradacja gleb polega na obniżeniu zawartości próchnicy, zmianie odczynu, wilgotności i struktury, wymywaniu składników odżywczych, a w konsekwencji na spadku zasobności i żyzności. Istotny wpływ mają emisje pyłów i gazów przemysłowych oraz spalin motoryzacyjnych, składowanie odpadów i niewłaściwe rolnicze użytkowanie gruntów. Stosowanie nawozów mineralnych, osadów ściekowych i środków ochrony roślin powoduje wprowadzanie do gleb szkodliwych pierwiastków metalicznych, związków azotowych, fosforoorganicznych, chlorowanych węglowodorów i innych. Zanieczyszczenia chemiczne gleb metalami ciężkimi wynikają głównie z działalności przemysłu, warsztatów naprawczych i środków komunikacji. Lokalnie są wynikiem składowania przeterminowanych środków ochrony roślin, świetlówek, odpadów działalności górniczej lub naturalnego wietrzenia skał rudonośnych.

Według danych monitoringu, prowadzonego przez Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach, większość gleb występujących w zachodniej i północnej części powiatu bieruńsko-lędzińskiego należy do klasy A, pozwalającej na uprawę roślin bez żadnych ograniczeń. Zwiększona zawartość metali ciężkich charakteryzuje około 15% gleb, a w dolinach rzecznych stwierdzono ich nadmiernie kwaśny odczyn (Program..., 2003).

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2007–2010 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 1238 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z głębokości: 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Próbki gleb (o masie ok. 500 g), pobierane za pomocą ręcznej sondy o średnicy 60 mm, umieszczano w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z rzek, 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 brzegów zbiorników za pomocą czepaka i umieszczano w pojemnikach plastikowych, o pojemności 500 ml, opisanych odpowiednimi numerami.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów wodnych. Przewodność elektryczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie. Do pomiarów EC stosowano konduktometr z automatyczną kompensacją temperaturową, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry Millipore 0,45 µm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml utrwalane 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*), stosując urządzenie 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 o charakterze litologicznym próbek). Pomiar współrzędnych rejestrowano z dokładnością  $\pm 2-10$  m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzano 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

**Przygotowanie próbek.** Próbki gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,0–0,3 m po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na trzy podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej i trzecią – archiwalną. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,8–1,0 m po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1). Próbki gleb przeznaczone do analiz chemicznych 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 po kwartowaniu dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą – archiwalną (fig. 1).

Wszystkie próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

**Analizy chemiczne** wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego-Państwowego Instytutu Badawczego 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.  $95^{\circ}\text{C}$  w termostатовanym 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 w glebach oraz osadach wodnych wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Analizy Hg w próbkach gleb i osadów wodnych wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS) z systemem przepływowym. Odczyn gleb oznaczono w wyciągach wodnych, a zawartość węgla organicznego w glebach metodą kulometryczną. Oznaczenia zawartości B, Ba, Ca, Cr,

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

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

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 próbki.

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

**Analizy granulometryczne** gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Zakładzie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego-Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek. Zaletami metody laserowej są: niewielka masa analizowanej próbki (do 1 g), szybkość pomiaru oraz znaczna dokładność w odniesieniu do niektórych frakcji (Dębicki i in., 2002)

Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodą odbiegającą od analiz tradycyjnych (wykonywanych metodą sitowo-sedymentacyjną zgodnie z klasyfikacją przyjętą w podziałach międzynarodowych FAO i USDA, 1990). Porównania wyników składu ziarnowego uzyskane metodą sitowo-sedymentacyjną i metodą laserową, wskazują na znaczne różnice w zawartości poszczególnych frakcji (Issmer, 2000, Kasza, 1992).

Bezpośrednie wykorzystanie wyników uzyskanych za pomocą tej metody nie umożliwia zatem podziału gleb według kryteriów gleboznawczych. Dane są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

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 i <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 Oświęcim M-34-63-C (zapis wektorowy VMap L2). Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu,
- hydrografia (z podziałem na rzeki, strumienie, rowy i zbiorniki wód stojących),
- sieć komunikacji drogowej (z podziałem według klas),
- sieć kolejowa,
- zabudowa terenu (z podziałem na zabudowę wiejską, miejską 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 Oświęcim (Biernat, Krysowska, 1955). Poprzez cyfrowanie poszczególnych elementów mapy geologicznej utworzono ich obrazy wektorowe, 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 głębokości 0,0–0,3 m,
- gleb z głębokości 0,8–1,0 m,
- osadów wodnych,
- wód powierzchniowych.

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

Bazy danych osadów wodnych i wód powierzchniowych zawierają: numery próbek, 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), datę i nazwisko osoby pobierającej próbkę oraz wyniki analiz chemicznych.

**Obliczenia statystyczne.** Bazy danych służyły do wydzielania podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach miejskich oraz w osadach wodnych i w wodach poszczególnych zbiorników jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów dla gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Do obliczeń statystycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji danej metody analitycznej w przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności tej metody. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 oraz zamieszczono na mapach geochemicznych. Obliczone wskaźniki służyły do wyznaczania klas zawartości przy tworzeniu map geochemicznych.

**Opracowanie map.** Dla arkusza Imielin opracowano następujące mapy (tabl. 2–63):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z zakresu głębokości 0,0–0,3 m 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 głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych,
- pH i EC 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,
- klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m wskazująca właściwy sposób ich użytkowania (z wydzieleniem grup użytkowania gleb na podstawie Rozporządzenia..., 2002).

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz klasyfikację gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m w odniesieniu do właściwego sposobu ich użytkowania, przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2, 3 i 63).

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 postępowanie geometryczne.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne gleb opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkusza Imielin i arkuszy sąsiednich w skali 1:25 000, aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy. Z utworzonych map monopierwiastkowych wycinano arkusz Imielin i łączono z podkładem topograficznym.

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

Sporządzając mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych (tabl. 63), wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (2002). Zgodnie z zaleceniem „glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną”.

Na podstawie zawartości każdego z badanych metali (wymienionych w Rozporządzeniu..., 2002) każda z badanych próbek gleb została zaklasyfikowana do grupy A, B lub C. W przypadku jednakowych granic wartości dopuszczalnych dla grupy A i B (wyznaczonych w Rozporządzeniu..., 2002 dla arsenu, baru i kobaltu) przyjęto zasadę klasyfikacji gleb do grupy A, korzystniejszej dla użytkownika i pozwalającej na wielofunkcyjne wykorzystywanie terenu.

Dla celów publikacji mapy geochemiczne opracowano poprzez połączenie parami na jednej tablicy mapy geochemicznej gleb z głębokości 0,0–0,3 m z mapą geochemiczną osadów wodnych oraz mapy geochemicznej gleb z głębokości 0,8–1,0 m z mapą geochemiczną wód powierzchniowych. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, mapy (opatrzone skalą liniową) wydrukowano w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map. Dla zainteresowanych mapami w skali 1:25 000 istnieje możliwość udostępnienia całości opracowania lub poszczególnych map drukowanych na ploterze.

## **WYNIKI BADAŃ**

### **GLEBY**

Oprócz naturalnych czynników glebotwórczych na jakość gleb wpływają czynniki antropogeniczne, powodujące zmiany ich profili i właściwości fizykochemicznych. Procesy



degradacji gleb występują przede wszystkim na terenach obiektów przemysłowych, w miejscach składowania odpadów, w rejonach zurbanizowanych oraz w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych.

Skalami macierzystymi gleb na arkuszu są utwory różnorodne litologicznie i wiekowo (tabl. 1). Wytworzyły się z nich różne typy i rodzaje gleb o cechach geochemicznych najczęściej odzwierciedlających skład chemiczny skał podłoża.

Podstawowym typem są gleby bielcowe i pseudobielcowe utworzone z piaszczystych osadów wodnolodowcowych czwartorzędu. Na glinach zwałowych rozwinęły się gleby brunatne, a na wapieniach i dolomitach, budujących wyniosłości Imielina i Garbu Lędzińskiego, powstały rędziny. Nieznaczące powierzchnie zajmują gleby antropogeniczne (Program..., 2003). Doliny rzeczne wypełniają mady, a w obniżeniach terenu występują gleby torfowe.

**Skład granulometryczny.** Jednym z czynników wpływających na zawartość pierwiastków chemicznych w glebach jest ich granulometria. Dla gleb o znacznym udziale frakcji ilastej, zwanej również spławianą ( $<0,02$  mm), i pylastej (0,1–0,02 mm) dopuszcza się zwykle wyższe stężenia graniczne przy opracowywaniu zaleceń ich użytkowania (Kabata-Pendias i in., 1995). Ten sposób opracowania wytycznych wynika z faktu wyższych zawartości pierwiastków i ich mniejszej zdolności migracyjnej w tych glebach.

W przeprowadzonych badaniach powierzchniowej warstwy gleb wydzielono grupy granulometryczne: 1,0–0,1 mm, 0,1–0,02 mm i  $<0,02$  mm zgodnie z polską normą BN-78/9180-11 (1997) zalecaną przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.

Analizy wykazały wyraźny związek pomiędzy litologią skał macierzystych i składem granulometrycznym gleb. Najliczniej reprezentowane są gleby piaszczyste, utworzone na plejstocenijskich piaskach i żwirach akumulacji fluwioglacjalnej oraz piaszczystych glinach zwałowych (tabl. 1 i 4). Gleby te zawierają ponad 75% frakcji 1,0–0,1 mm, a w północno-zachodnich i południowo-wschodnich krańcach arkusza (na terenach lasów) występują płaty gleb o zawartości frakcji piaszczystej ponad 90% (tabl. 4).

Udział frakcji pylastej (0,1–0,02 mm) jest zróżnicowany. Jej najmniejszą zawartością ( $<10\%$ ) charakteryzują się gleby rozwinięte z piaszczystych utworów wodnolodowcowych (tabl. 5). Na większości obszaru arkusza dominują gleby zawierające 10–15% tej frakcji, a jej zawartość  $>15\%$  stwierdzono w glebach rozwiniętych z utworów węglanowo-marglistych triasu.

Frakcja ilasta ( $<0,02$  mm) stanowi 5–10% w składzie badanych gleb (tabl. 6). Jedynie w glebach wykształconych na utworach triasowych i w niektórych partiach dolin rzecznych

jej zawartość mieści się w przedziale 10–15%. Największy udział cząstek spławialnych (>15%) zanotowano w glebach antropogenicznych w otoczeniu hałdy i osadników KWK Ziemowit.

**Odczyn** gleb zależy głównie od litologii skał macierzystych, co zaznacza się wyraźniej na głębokości 0,8–1,0 m.

W warstwie powierzchniowej przeważają gleby o odczynie kwaśnym (tabl. 7). Bardzo kwaśnym odczynem ( $\text{pH} < 5$ ) wyróżniają się gleby lasów (tabl. 2 i 7). Gleby o odczynie obojętnym i zasadowym pokrywają około 30% powierzchni arkusza, skupiając się w rejonach wychodni utworów triasu i terenach miejsko-przemysłowych.

Porównanie przeciętnych wartości odczynu powierzchniowej warstwy gleb na terenach o różnym sposobie użytkowania (tab. 2) wskazuje na wyraźny związek alkalizacji z opadem pyłów ze spalania paliw i procesów przemysłowych. W obszarach bez zabudowy wartość mediany  $\text{pH}$  wynosi 6,1, wzrasta do 6,6 w rejonach z zabudową miejską i do 7,1 na terenach obiektów przemysłowych. Gleby kwaśne ( $\text{pH}$  5,0–6,8) występują głównie na terenach łąk, pastwisk i nieużytków oraz w dolinach cieków, natomiast obojętne – na terenach użytkowanych rolniczo i odłogowanych.

Na głębokości (0,8–1,0 m) udział gleb o odczynie kwaśnym, obojętnym i zasadowym wynosi odpowiednio 45%, 34% i 21%. Występujące w przewadze gleby obojętne i zasadowe położone są głównie w środkowej i wschodniej części arkusza. W obszarach miejsko-przemysłowych alkalizację gleb można wiązać zarówno z występowaniem węglanowych utworów triasu w podłożu, jak i z rozpraszaniem pyłów przemysłowych bogatych w związki wapnia i magnezu. Większe znaczenie ma skład chemiczny skał macierzystych, o czym świadczą większe powierzchnie gleb zasadowych na głębokości 0,8–1,0 m.

Silnie zasadowe gleby ( $\text{pH} \geq 8$ ) występują wokół północnych brzegów Zbiornika Dzieńkowice (w okolicach dawnej huty szkła), co można wiązać zarówno z oddziaływaniem jej odpadów, ze współczesnymi odciekami z składowiska gromadzonych tu odpadów paleniskowych, jak i wykorzystaniem materiałów budowlanych do budowy umocnień brzegów zbiornika.

**Geochemia.** Przeciętne zawartości wszystkich pierwiastków w glebach warstwy powierzchniowej (wyrażone wartościami median) są zbliżone lub mniejsze od wartości tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (tab. 2).

Przestrzenne rozmieszczenie pierwiastków w glebach jest determinowane wpływem litologii podłoża. Gleby rozwinięte na plejstocenijskich piaskach i żwirach wodnolodowcowych są znacznie uboższe w glin, bar, wapń, kobalt, chrom, żelazo, magnez,

mangan, nikiel, fosfor, stront, tytan i wanad w stosunku do gleb genetycznie związanych z utworami ilastymi i węglanowymi.

Wzbogacenie gleb w glin (>0,40%), wyraźniej widoczne na głębokości 0,8–1,0 m, występuje w rejonie Imielin–Pasieczki–Podkamieniec na północy arkusza, w pasie Hołdunów–Smardzowice–Lędziny na zachodzie oraz w rejonie Chełma Śląskiego i Chełmka. W tych samych obszarach gleby zawierają zwiększone ilości żelaza (>0,50%), niklu (>5 mg/kg), tytanu (>100 mg/kg) i wanadu (>10 mg/kg).

Najbardziej charakterystyczną asocjację związaną z utworami węglanowymi tworzą wapń, magnez, mangan i stront. Gleby obfitujące w te pierwiastki występują w obszarze Imielin–Pasieczki–Podkamieniec, w okolicy Hołdunowa, na wzgórzach po obydwu stronach doliny Przemszy oraz w rejonie Ścierni i obiektów KWK Piast przy południowej granicy arkusza. W tych obszarach zawartość wapnia i magnezu przekracza 0,5%, a lokalnie kilka procent. Obfitość tych pierwiastków działa korzystnie na środowisko gleb, powodując wzrost odczynu i sprzyja wiązaniu metali ciężkich. W glebach bogatych w wapń i magnez zawartości manganu i strontu przekraczają odpowiednio 400 mg/kg i 20 mg/kg.

Powierzchniowa warstwa gleb nie jest zasobna w węgiel organiczny. Na większości obszaru jego zawartość mieści się w granicach 0,70–3,00%. Najmniej tego składnika zawierają gleby środkowej części arkusza utworzone na skałach węglanowych triasu i glinach czwartorzędowych, a największe zawartości (>6,00%) zanotowano w glebach leśnych i w pobliżu obiektów kopalń.

Przeciętna zawartość fosforu w powierzchniowej warstwie gleb wynosi 0,030%, a najczęściej spotykane są zawartości w granicach 0,015–0,060%, zaś ilość siarki rzadko przekracza 0,080%. W pobliżu hałd i szybów kopalnianych lokalnie występują gleby o zawartości >0,160% siarki. W powierzchniowej warstwie gleb rozkład fosforu wyraźnie koreluje ze sposobem ich użytkowania. Gleby pól uprawnych i łąk, zawierają więcej fosforu (przeciętnie 0,030%), niż gleby lasów – 0,015%. Wraz z głębokością zmniejsza się zawartość siarki i fosforu.

Wzbogacenie gleb w niektóre pierwiastki (bar, cynk, kadm, ołów, rtęć i miedź), zaznaczające się szczególnie w ich powierzchniowej warstwie, wiąże się z oddziaływaniem czynników antropogenicznych. Gleby najsilniej przekształcone chemicznie przez działalność przemysłową występują w dolinie Przemszy, w rejonie kamieniołomów dolomitu w Imielinie oraz w pobliżu szybów i osadników kopalń.

Zanieczyszczenie gleb przez bar ma charakter mieszany antropogeniczno-geogeniczny, czego dowodem jest porównanie obrazów przestrzennych jego rozkładu w

warstwie powierzchniowej i na głębokości 0,8–1,0 m. W warstwie głębszej gleby wzbogacone w bar (>60 mg/kg) występują tylko w rejonach wychodni utworów triasu i w obszarze źródłowym Potoku Goławieckiego. W warstwie powierzchniowej obszary gleb o zawartości baru >60 mg/kg są bardziej rozległe, a w zanieczyszczonych glebach doliny Przemszy i w rejonach przemysłowych w południowo-zachodniej części arkusza zawartości baru przekraczają 120 mg/kg.

Najpoważniej zanieczyszczone metalami są gleby aluwialne warstwy 0,0–0,3 m w dolinie Przemszy. Podmokły i zabagniony teren jest miejscem gromadzenia materii organicznej łatwo sorbującej składniki mineralne. Źródłem metali są wody i zawiesiny transportowane z całej zlewni i zatrzymywane w glebach podczas okresowych wylewów rzeki. Zawartość kadmu w tym rejonie przekracza 4 mg/kg, rtęci 0,10 mg/kg, ołowiu 50 mg/kg i cynku 250 mg/kg. Lokalnie występują zwiększone zawartości miedzi.

W glebach północnej części arkusza, utworzonych na osadach węglanowo-marglistych triasu, zaznacza się wzbogacenie w kadm (>4 mg/kg), ołów (>50 mg/kg) i cynk (>250 mg/kg), a w warstwie głębszej także w żelazo (>1%) i nikiel (>20 mg/kg). Źródłem metali jest prawdopodobnie rozproszona mineralizacja kruszcowa skał macierzystych.

Gleby z głębokości 0,0–0,3 m w rejonie obiektów KWK Ziemowit i hałdy odpadów są zanieczyszczone metalami i siarką, ale anomalie mają niewielki zasięg, choć niektóre kontynuują się na głębokości 0,8–1,0 m. Zawartość chromu dochodzi tu do 172 mg/kg, miedzi do 170 mg/kg, niklu do 190 mg/kg, ołowiu do 1200 mg/kg, tytanu do 2300 mg/kg, wanadu do 85 mg/kg, cynku do 1200 mg/kg, a siarki do 0,276%.

Lokalne wzbogacenia powierzchniowej warstwy gleb w rtęć (>0,10 mg/kg), oprócz doliny Przemszy, zanotowano w Chełmie Śląskim oraz poblizu niektórych obiektów przemysłowych i osiedli mieszkaniowych. Silna punktowa anomalia (z maksimum 1,92 mg/kg w warstwie powierzchniowej i 7,82 mg/kg na głębokości 0,8–1,0 m) występuje na południu Kopciowic. Prawdopodobnym źródłem rtęci jest mogilnik ze środkami ochrony roślin. W tym rejonie udokumentowano złożę ilów mioceńskich w kat. C<sub>2</sub> o powierzchni 27 ha (Szuwarzyńska, 1997), które może być przedmiotem zainteresowania inwestorów branży ceramiki budowlanej, a zanieczyszczenie ilów rtęcią może stanowić istotne zagrożenie w przypadku ich eksploatacji. Z uwagi na toksyczne oddziaływanie rtęci anomalia wymaga bardziej szczegółowego zbadania.

W rejonie linii kolejowej i nieczynnego szybu KWK Ziemowit na zachód od Cisowca zanotowano wzbogacenie gleb w metale (miedź, rtęć, nikiel, ołów) wiążące się