

# Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska

Detailed geochemical map of Upper Silesia

1:25 000

Arkusz  
Sheet

**PIEKARY ŚLĄSKIE**

Redaktorzy  
Editors

*Anna Pasieczna Agnieszka Konon*



Państwowy Instytut Geologiczny  
Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2021

*Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*

---

Autorzy: Anna Pasieczna, Katarzyna Strzezińska, Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk

Recenzent: prof. dr hab. Izabela Bojakowska

Tłumaczenie: Krzysztof Leszczyński

Redakcja: Monika Masiak

Skład: Łukasz Borkowski

Projekt okładki: Łukasz Borkowski na podstawie projektu serii Wojciecha Markiewicza

Zdjęcie na okładce: pamiątkowa taca ze zbiorów Muzeum Piekary Śląskie (kolekcja stare dokumenty, fotografie, pamiątki w MyViMu)

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2021

ISBN 978-83-66888-67-8

Adres redakcji:  
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy,  
00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

Nakład 250 egz.

Druk i oprawa: Drukarnia Braci Grodzickich Sp.J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

## SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Anna Pasieczna</i> .....	5
Charakterystyka obszaru arkusza – <i>Anna Pasieczna</i> .....	5
Budowa geologiczna i złoża kopalin – <i>Katarzyna Strzezińska</i> .....	6
Antropopresja – <i>Anna Pasieczna</i> .....	7
Zakres i metodyka badań – <i>Anna Pasieczna</i> .....	8
Prace terenowe – <i>Anna Pasieczna</i> .....	8
Prace laboratoryjne – <i>Anna Pasieczna</i> .....	8
Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych – <i>Anna Pasieczna,</i> <i>Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk</i> .....	9
Wyniki badań – <i>Anna Pasieczna</i> .....	18
Gleby – <i>Anna Pasieczna</i> .....	18
Osady – <i>Anna Pasieczna</i> .....	20
Wody powierzchniowe – <i>Anna Pasieczna</i> .....	21
Wnioski – <i>Anna Pasieczna</i> .....	22
Literatura .....	32
Tablice 1–63	

## CONTENTS

Introduction – <i>Anna Pasieczna</i> .....	22
Characteristics of the map area – <i>Anna Pasieczna</i> .....	23
Geology and mineral deposits – <i>Katarzyna Strzezińska</i> .....	23
Human impact – <i>Anna Pasieczna</i> .....	24
Materials and methods – <i>Anna Pasieczna</i> .....	25
Field works – <i>Anna Pasieczna</i> .....	25
Laboratory works – <i>Anna Pasieczna</i> .....	26
Databases and geochemical maps construction – <i>Anna Pasieczna,</i> <i>Agnieszka Konon, Kamil Bala, Angelika Szczypczyk</i> .....	26
Results – <i>Anna Pasieczna</i> .....	27
Soils – <i>Anna Pasieczna</i> .....	27
Sediments – <i>Anna Pasieczna</i> .....	29
Surface water – <i>Anna Pasieczna</i> .....	30
Conclusions – <i>Anna Pasieczna</i> .....	31
References .....	32
Plates 1–63	

## SPIS TABLIC

1. Mapa geologiczna  
Geological map
2. Zabudowa terenu  
Land development
3. Użytkowanie terenu  
Land use
4. Zawartość frakcji piaskowej (1,0–0,1 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Sand fraction (1.0–0.1 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
5. Zawartość frakcji pyłowej (0,1–0,02 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Silt fraction (0.1–0.02 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
6. Zawartość frakcji ilowej (<0,02 mm) w glebach (0,0–0,3 m)  
Clay fraction (<0.02 mm) in topsoil (0.0–0.3 m)
7. Odczyn gleb (0,0–0,3 m) i wód powierzchniowych  
Acidity of topsoil (0.0–0.3 m) and surface water
8. Odczyn gleb (0,8–1,0 m) i przewodność elektrolityczna właściwa wód powierzchniowych  
Acidity of subsoil (0.8–1.0 m) and electrolytic conductivity of surface water
9. Srebro w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Silver in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
10. Srebro w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Silver in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
11. Glin w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Aluminium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
12. Glin w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Aluminium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
13. Arsen w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Arsenic in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
14. Arsen w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Arsenic in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
15. Bor w wodach powierzchniowych  
Boron in surface water
16. Bar w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Barium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
17. Bar w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Barium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
18. Beryl w wodach powierzchniowych  
Beryllium in surface water
19. Całkowity węgiel organiczny w glebach (0,0–0,3 m)  
Total organic carbon in topsoil (0.0–0.3 m)
20. Wapń w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Calcium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
21. Wapń w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Calcium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
22. Kadm w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Cadmium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
23. Kadm w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Cadmium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
24. Kobalt w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Cobalt in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
25. Kobalt w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Cobalt in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
26. Chrom w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Chromium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
27. Chrom w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Chromium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
28. Miedź w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Copper in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
29. Miedź w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Copper in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
30. Żelazo w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Iron in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
31. Żelazo w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Iron in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
32. Rtęć w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Mercury in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
33. Rtęć w glebach (0,8–1,0 m)  
Mercury in subsoil (0.8–1.0 m)
34. Potas w wodach powierzchniowych  
Potassium in surface water
35. Lit w wodach powierzchniowych  
Lithium in surface water
36. Magnez w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Magnesium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
37. Magnez w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Magnesium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
38. Mangan w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Manganese in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
39. Mangan w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Manganese in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
40. Molibden w wodach powierzchniowych  
Molybdenum in surface water
41. Sód w wodach powierzchniowych  
Sodium in surface water
42. Nikiel w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Nickel in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
43. Nikiel w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Nickel in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
44. Fosfor w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Phosphorus in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
45. Fosfor w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Phosphorus in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
46. Ołów w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Lead in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
47. Ołów w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Lead in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
48. Siarka w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Sulphur in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
49. Siarka w glebach (0,8–1,0 m) i siarczany w wodach powierzchniowych  
Sulphur in subsoil (0.8–1.0 m) and sulphates in surface water
50. Antymon w wodach powierzchniowych  
Antimony in surface water
51. Selen w wodach powierzchniowych  
Selenium in surface water
52. Krzemionka w wodach powierzchniowych  
Silica in surface water
53. Stront w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Strontium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
54. Stront w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Strontium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
55. Tytan w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Titanium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
56. Tytan w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Titanium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
57. Tal w wodach powierzchniowych  
Thallium in surface water
58. Uran w wodach powierzchniowych  
Uranium in surface water
59. Wanad w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Vanadium in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
60. Wanad w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Vanadium in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
61. Cynk w glebach (0,0–0,3 m) i w osadach  
Zinc in topsoil (0.0–0.3 m) and in sediments
62. Cynk w glebach (0,8–1,0 m) i w wodach powierzchniowych  
Zinc in subsoil (0.8–1.0 m) and in surface water
63. Klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu  
Topsoil (0.0–0.3 m) classification according to the permissible content of cadmium

## WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Piekary Śląskie M-34-50-D-d 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). Do 2016 r. opracowano 17 arkuszy (4 transe po 4 arkusze poza arkuszem pilotowym). Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej po akceptacji Ministerstwa Środowiska (obecnie Ministerstwa Klimatu i Środowiska).

Obszar arkusza leży w północnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), który jest najbardziej uprzemysłowionym i zurbanizowanym rejonem kraju. W jego granicach znajdują się dzielnice miast Piekary Śląskie, Bytom i Radzionków.

Głównymi czynnikami wpływającymi na stan środowiska przyrodniczego są: historyczna i współczesna eksploatacja złóż węgla kamiennego, historyczne górnictwo i przetwórstwo rud Zn-Pb oraz hutnictwo cynku, a także współcześnie prowadzone odzyskiwanie ołowiu ze złomu akumulatorów kwasowo-ołowiowych w Zakładach Górniczo-Hutniczych (ZGH) Orzeł Biały. Z działalnością tych gałęzi przemysłu, rozwijanych z największą intensywnością w XIX i XX w., związane jest powstanie anomalii antropogenicznych szeregu pierwiastków w glebach, osadach strumieniowych, rzecznych i w wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997). Najbardziej przekształcona antropogenicznie jest południowa część powierzchni arkusza, gdzie mieściły się liczne zakłady przemysłu wydobywczego i hutniczego.

Na analizowanym obszarze znajdują się też cenne obiekty przyrodnicze. Należą do nich oczka wodne w Radzionkowie, w Parku Grota w Suchej Górze (powstałym na terenie dawnej kopalni galmanu Nadzieja Marii) czy utworzony w 1997 r. zespół przyrodniczo-krajobrazowy Żabie Doły przy południowej granicy arkusza, obejmujący teren nieużytków, zbiorników wodnych i hałd, który stał się ostoją ptactwa wodno-błotnego i drobnych ssaków.

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z obszernym komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych, porównanie do naturalnego tła regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych.

Zgromadzone 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 (POŚ), tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach monitoringu państwowego. Dane geochemiczne opracowania powinny być także wykorzystane przy sporządzaniu rejestrów historycznych zanieczyszczeń prowadzonych przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska (zgodnie z ustawą POŚ) oraz przy prowadzeniu Ocen Oddziaływania na Środowisko (a w szczególności przy ocenie oddziaływania skumulowanego).

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

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań;
- **A. Konon** – nadzór i koordynacja prac;
- **A. Biel, K. Górka, T. Kolecki, W. Markowski, A. Piotrowski, P. Woźniak** – pobieranie próbek;
- **K. Bala, T. Kolecki, A. Konon, W. Markowski, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **D. Karmasz, A. Maksymowicz, M. Stasiuk, A. Sztuczyńska** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;

- **L. Andrzejewski, M. Cichorski** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **M. Bialecka, E. Kalwa** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, B. Kamińska, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości węgla organicznego metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR;
- **M. Bellok, M. Bialecka, E. Kalwa, A. Maksymowicz** – oznaczanie pH;
- **J. Duszyński, E. Górecka, D. Karmasz, D. Lech** – oznaczanie zawartości rtęci metodą CV-AAS;
- **W. Bureć-Drewniak, D. Karmasz, J. Kucharzyk, D. Lech, J. Retka** – oznaczanie zawartości pierwiastków głównych i śladowych metodami ICP-OES i ICP-MS;
- **M. Cygliński, A. Grabowska, A. Iłska, K. Szewczuk, A. Trojanowska** – analizy granulometryczne;
- **A. Konon, A. Pasieczna** – obliczenia statystyczne;
- **K. Bala, A. Konon, A. Pasieczna, A. Szczypczyk** – opracowanie map geochemicznych;
- **A. Pasieczna** – opracowanie części tekstowej atlasu.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie geograficzne i administracyjne.** Arkusz Piekary Śląskie M-34-50-D-d obejmuje teren położony na Wyżynie Śląskiej w obrębie jednostki niższego rzędu Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego (Kondracki, 2009).

Analizowany obszar jest zlokalizowany w środkowej części województwa śląskiego: wchodzi w skład śląskiej aglomeracji miejsko-przemysłowej. W jego obrębie znajdują się dzielnice miast na prawach powiatu: Bytomia (Sucha Góra, Stroszek, Śródmieście, wschodnie krańce dzielnic Bobrek i Karb oraz północna część dzielnic Szombierki i Rozbark) i Piekar Śląskich (dzielnice Kozłowa Góra, Centrum, Szarlej, Brzozowice-Kamień, Brzeziny oraz części dzielnic Kamień i Dąbrówka Wielka). Północno-zachodnia część arkusza obejmuje teren miasta Radzionków i gminy Radzionków (w powiecie tarnogórskim), a rejon przy jego wschodniej granicy należy do gminy Bobrowniki (w powiecie będzińskim). Przy południowo-wschodnich granicach arkusza znajdują się niewielkie rejony należące do miasta Wojkowice w powiecie chorzowskim oraz do miast Chorzów i Siemianowice Śląskie (tabl. 1–63).

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia, hydrografia.** Teren objęty arkuszem jest położony na wysokości 270–330 m n.p.m. (odpowiednio w dolinie Szarlejki i w rejonie Kozłowej Góry); generalnie obniża się w kierunku z północy na południe. Powierzchnię cechuje urozmaicona rzeźba terenu, szczególnie mocno przeobrażona w południowej części wskutek działalności przemysłowej.

Sieć hydrograficzna ulega silnemu przekształceniu. Regulowanie i kanalizowanie koryt rzecznych spowodowało degradację ich dolin na odcinkach przepływu przez tereny przemysłowe i poprzemysłowe. Większość analizowanego obszaru znajduje się w zlewni Brynicy (należącej do zlewni Wisły). W granicach arkusza Brynica całkowicie zatraciła naturalny charakter na skutek działalności gospodarczej. Jej dopływy, o uregulowanych, obwałowanych i uszczelnionych korytach, są przeważnie kolektorami ścieków z kopalń, zakładów przemysłowych, miast i osiedli (Program...). Przy północnej granicy analizowanego obszaru znajduje się zbiornik Kozłowa Góra zbudowany w latach 1933–1939 poprzez przegrodzenie zaporą koryta Brynicy. Zbiornik jest przeznaczony na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia (Machowski, Rzętała, 2020).

Wschodnie rejony arkusza odwadniane są bezpośrednio przez Brynicę, którą zasilają: Rów Świerklaniecki na północy, Szarlejka z dopływami w części środkowej oraz Rów z Orła Białego i Rów z Dąbrówki Wielkiej na południu.

Południowa część arkusza należy do zlewni Bytomki (zaliczonej do zlewni Odry).

**Zabudowa i użytkowanie terenu.** Tereny bez zabudowy i z zabudową wiejską zajmują ok. 67% powierzchni arkusza (tabl. 2). Do terenów pozbawionych zabudo-

wy należą przede wszystkim nieużytki rozproszone na całej powierzchni arkusza i pola uprawne zgrupowane na północy i wschodzie (tabl. 3). Znaczną część nieużytków stanowią tereny poprzemysłowe, zdegradowane i wymagające rewitalizacji. Większe zwarte obszary rejonów bez zabudowy to też lasy i łąki w północno-wschodnim skraju arkusza oraz lasy i parki we wschodniej otulinie Radzionkowa. Inne tereny bez zabudowy to pasy zieleni drogowej, trawniki i parki miejskie, ogródki działkowe oraz tereny kolejowe.

Tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową, usługową (usługi i handel) oraz przemysłową są zgrupowane w południowej części powierzchni arkusza. Zabudowa miejska niska zajmuje ok. 16% powierzchni, a zabudowa przemysłowa ok. 10% (infrastruktura kopalń węgla kamiennego, tereny ZGH Orzeł Biały, zakłady metalowe, hałdy odpadów, bazy transportowe).

**Gospodarka.** Przez wiele lat najważniejszymi gałęziami przemysłu na terenie objętym arkuszem było górnictwo rud cynku i ołowiu, hutnictwo cynku oraz górnictwo węglowe, a ich najbardziej intensywny rozwój przypada na XIX i XX w. Początki eksploatacji rud cynku i ołowiu sięgają XII w., intensywne wydobycie datuje się od 1848 r., a jego największy rozmiar to lata po II wojnie światowej (Orzeł Biały...).

Najwcześniej eksploatowano płytkie ciała rud utlenionych (galmanów), z czasem bogate do coraz uboższych rudy siarczkowe (Grzechnik, 1978). Rudy nieopłacalne do przerobu pozostawiano w złożu lub składowano na powierzchni, a po rozwoju technologii i poprawie koniunktury podejmowano wtórną eksploatację. W XIII–XIV w. kopalnie rud lokalizowano w rejonie wzgórza św. Małgorzaty, (między współczesnymi ulicami Małgorzatki i Lagiewnicką), a także w okolicach ulicy Rycerskiej w Bytomiu. W dzielnicy Sucha Góra już w XIII w. wydobywano galenę, a później galman w Kopalni Nadzieja Marii (rejon pomiędzy ulicami 9 Maja, Galmanową i Księdza Prymasa Stefana Wyszyńskiego), gdzie jest zlokalizowany obecnie Park Grota. W XVI w. eksploatację prowadzono w rejonie Dąbrówki Wielkiej, gdzie było czynnych kilkadziesiąt szybków oraz w Radzionkowie i Szarleju (Majorczyk, 1985, 1986a, b). Z wydobytej rudy, najczęściej na miejscu wytapiano ołów i srebro.

Okres rozkwitu górnictwa rudnego po 1780 r. był związany z zastosowaniem maszyny parowej do odwadniania złóż i drążeniem głębokich sztolni. Początkowo wydobyciu podlegała galena i galman, a przez cały okres eksploatacji także limonit, związany głównie ze zwietrzelinami wypełniającymi leje krasowe. W 1788 r. powstała kopalnia Dębówka, w latach 90. XVIII wieku utworzono kopalnie Jenny i Otto. W okresie 1810–1818 w Szarleju działała huta cynku Sigismund, wyposażona w 10 pieców destylacyjnych, a w 1813 r. powstała kolejna huta Concordia, położona w pobliżu kopalni galmanu (Majorczyk, 1986a, b).

Po zastosowaniu odwodnień w kopalniach, rudy wydobywano z coraz większych głębokości. Eksploatacja stawała się jednak kosztowna i prawie całkowicie ustała w latach 50. XVIII w.

Okres wzmożonej eksploatacji rud Zn-Pb i budowy hut cynku rozpoczął się ponownie w XIX w., po opanowaniu technologii uzyskiwania tego metalu. Początkowo głównym surowcem do jego produkcji były żuźle po wytopie ołowiu, później złoża galmanu, a wreszcie rudy siarczkowe Zn-Pb. W latach 1881–1978 w Bytomiu, w rejonie współczesnej ulicy Nowy Dwór i węzła kolejowego Bytom, eksploatację rud cynku i ołowiu prowadziła kopalnia Nowy Dwór (Nuehof, Neuhofgrube) (Kopalnia...). Ze względu na wyczerpujące się złoża w latach 1960–1976 eksploatowano stare hałdy kopalni. Obecnie nie ma śladów po zabudowaniach i szybach kopalni, a przez jej teren przebiega autostrada A1.

Na terenie dzisiejszych Piekar Śląskich w miejscu istniejących wcześniej kilku kopalń w 1853 r. uruchomiono kopalnię rud cynku Szarlej Biały, której nazwa funkcjonowała do 1934 r. Następnie przyłączono do niej bytomską kopalnię Helena (później Waryński). Kopalnia Szarlej Biały stale się rozwijała i na początku XX w. była jedną z najnowocześniejszych na Górnym Śląsku. W latach 1927–1928 zbudowano duży zakład flotacji i hutę cynku (Majorczyk, 1986b).

Po II wojnie światowej kopalnictwo rud kruszcowych w rejonie bytomskim skupiło się zasadniczo w 4 zakładach: ZGH Orzeł Biały w Brzezinach Śląskich (dzielnicy Piekary Śląskich), kopalni im. J. Marchlewskiego w Bytomiu, Zakładzie Górniczo-Hutniczym Waryński w Piekarach Śląskich i kopalni Nowy Dwór w Bytomiu. Pod koniec lat 50. XX w. dokonano reorganizacji administracyjnej tych zakładów tworząc dwa zespoły górniczo-hutnicze: Nowy Dwór połączono z Waryńskim, a ZGH Orzeł Biały z Marchlewskim. W 1967 r. połączone zostały i te zakłady, tworząc Kombinat Górniczo-Hutniczy Orzeł Biały, który eksploatował złoża na głębokości 20–100 m (Zmiana...). Jako część ZGH Orzeł Biały eksploatację podziemną prowadziła kopalnia Dąbrówka w latach 1967–1989 (Krzanowska i in., 2004).

Obecnie funkcjonuje zakład ZGH Orzeł Biały (dawniej Marchlewski) skupiający: Wydział Przerobu Złomu Akumulatorowego zlokalizowany w Bytomiu oraz Wydział Hutniczy i Rafinerię Ołowiu w Piekarach Śląskich na obszarach byłej kopalni i huty Orzeł Biały. ZGH Orzeł Biały jest głównym producentem ołowiu rafinowanego w Polsce oraz największym zakładem specjalizującym się w recyklingu zużytych akumulatorów ołowiowych. W latach 2011–2014 zrealizowano największy w historii zakładu program inwestycyjny, w ramach którego z pomocą środków krajowych i unijnych wybudowano nowoczesny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy oraz zaawansowaną technologicznie linię do przerobu złomu akumulatorowego.

Eksploatacja węgla kamiennego na obszarze arkusza była prowadzona przez kopalnie: Radzionków, Julian, Andaluzja, Rozbark, Bytom, Szombierki i Bobrek. Kopalnia Radzionków istniała w latach 1871–1974 w dzielnicy Buchacz (Mrowiec, 1972; Krawczyk i in., 2002). W Piekarach Śląskich prowadziły działalność kopalnie: Andaluzja w dzielnicy Brzozowice-Kamień (1903–2014) oraz Julian w dzielnicy Centrum (1954–1999) (Jaros, 1984). W Bytomiu węgiel eksploatowały kopalnie: Rozbark (1870–2004) (Witecka, 1985), Szombierki (1870–1996) (Jaros, 1984) i Bytom (1881– w likwidacji) (SRK, 2015). W kopalni Bobrek wydobywanie prowadzono od 1907 r. (Węglókoks...). Obecnie z połączenia kopalń piekarsko-bytomskich utworzono zakład KWK Bobrek-Piekary Ruch Piekary, w którym wydobywanie przewidziane jest do ok. 2030 r. (Węglókoks...).

## BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar arkusza, zlokalizowany na północy Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), w przeważającej części znajduje się w obrębie jednostki strukturalnej o nazwie niecka bytomska. Jest to fragment paleozoicznej struktury waryscyjskiej, pociętej licznymi uskokiemi. W granicach arkusza występują utwory karbonu, permu, triasu, neogenu oraz czwartorzędu (Buła, Kotas, 1994).

Podłoże utworów węglonośnych **karbonu** stanowią warstwy malinowickie (namur A – wizen). Są to klastyczne osady terygeniczne z licznymi poziomami fauny morskiej, zbudowane głównie ze skał ilasto-mułwcowych z przewarstwieniami drobnoziarnistych piaskowców.

Utwory karbonu produktywnego występują na głębokości ok. 200–1600 m. Stanowią kompleks skał ilowcowo-mułwcowo-piaskowcowych zaliczonych do: serii paralicznej karbonu górnego – warstw brzeźnych (namur A), górnośląskiej serii piaskowcowej namuru górnego (namur B i C) oraz serii mułowcowej westfalu dolnego (westfal B). Osady te przykrywają utwory triasu, a na znacznych obszarach również czwartorzędu (Jureczka i in., 2005).

Osady serii paralicznej, o cyklicznej sedymentacji, są zbudowane z piaskowców i skał ilasto-mułwcowych z przewarstwieniami cienkich pokładów węgla, łupków węglowych, a sporadycznie także łupków sapropelowych. Są to osady deponowane w warunkach lądowych i przybrzeżnych, z okresowymi zalewami morskimi, któ-

re potwierdza występowanie w profilu serii fauny morskiej, obok licznych wkładek z fauną słodkowodną. Maksymalna miąższość utworów serii paralicznej w osi niecki bytomskiej (rejon Bytom-Rozbark) wynosi ok. 1300–1400 m, malejąc ku północy. Pomiędzy Kozłową Górą a Osiedlem Wieczorka w Piekarach osady te tworzą niewielkie wychodnie (tabl.1).

Górnośląską serię piaskowcową budują piaskowce, zlepieńce, mułowce i ilowce z pokładami węgla kamiennego. Na profil tej serii składają się dwa ogniwa litostratigraficzne – warstwy siodłowe i warstwy rudzkie, leżące niezgodnie na osadach serii paralicznej (Kotas, Malczyk, 1972). Reprezentują one utwory limniczne i deltowe. Strop górnośląskiej serii piaskowcowej tworzy ostatni poziom z fauną słodkowodną, towarzyszący pokładom węgla kamiennego 407 i 408 – jeden z najważniejszych poziomów korelacyjnych GZW (Dybova, Jachowicz, 1957). W profilu tej serii znajduje się ok. 60 pokładów węgla kamiennego (Jureczka, Kotas, 1995) o miąższości ok. 4–8 m każdy. Obecnie niemal wszystkie pokłady węgla zostały wyeksploatowane.

Serię mułowcową (o miąższości 100–150 m) budują mułowce, ilowce i piaskowce z licznymi pokładami węgla kamiennego o miąższości do 1,5 m. Jej część spągową tworzą warstwy załęskie, wiekowo odpowiadające westfalowi A, a stropową – warstwy orzeskie, należące do dolnej części westfalu B. Granicę pomiędzy nimi wyznacza przewodni poziom tufitowy pokładu 327 (Porzycki, 1972).

Utwory **triasu** dolnego i środkowego występują w nadkładzie osadów karbonu na znacznej powierzchni arkusza, tworząc rozległe, silnie rozczłonkowane wychodnie (tabl.1). Ich miąższość, uwarunkowana tektoniką oraz rzeźbą powierzchni utworów karbońskich, waha się od kilkudziesięciu metrów w części południowej obszaru badań do ok. 200 m w części wschodniej (Buła, Kotas, 1994).

Stratotypowy profil osadów triasu dolnego (warstw świerklanieckich) budują piaskowce, ility, ilowce i mułowce. Ich miąższość waha się od kilkunastu do ponad 40 m. Na przeważającej części obszaru arkusza warstwy te występują pod przykryciem węglanowych osadów triasu środkowego, a niewielkie wychodnie są zlokalizowane w rejonie Kozłowej Góry i Osiedla Wieczorka w Piekarach Śląskich.

W pełni wykształcony profil osadów triasu środkowego występuje jako charakterystyczna facja epikontynentalna o miąższości nieco ponad 200 m, nazywana wapieniem muszlowym.

Niezgodnie na warstwach świerklanieckich leżą morskie osady, wcześniej określane jako utwory retu, wykształcone w facji marglisto-dolomitycznej. Są to wapienie dolomityczne, dolomity margliste, margle dolomityczne i piaszczyste oraz sporadycznie wapienie jamiste. Miąższość tych osadów jest zmienna i w granicach omawianego obszaru wynosi 30–50 m. Ich rozległe wychodnie występują między Radzionkowem i dzielnicą Centrum Piekary Śląskich.

Nad serią marglisto-dolomityczną występują wapienie zaliczone do warstw błotnickich i warstw gogolińskich. Warstwy błotnickie są wykształcone jako wapienie pelitowe i drobnodetrytyczne, które w górnej części profilu zawierają liczne deformacje synsedymantacyjne w postaci zafałdowań i osuwisk podmorskich (tzw. wapienie faliste). Warstwy gogolińskie w dolnej części tworzy urozmaicona seria wapieni, margli i ilowców marglistych oraz zlepieńców śródformacyjnych. Łączna miąższość warstw błotnickich i gogolińskich mieści się w przedziale 40–60 m.

Nad warstwami gogolińskimi występuje ok. 20–40 metrowa warstwa dolomitów kruszczośnych. Są to skały epigenetyczne, powstałe w następstwie hydrotermalnego przeobrażenia wapieni, głównie warstw gorazdeckich, a także terebratulowych i karchowickich. Dolomity (a rzadziej wapienie) są skryształizowane w różnym stopniu. Charakteryzują je silne spękania oraz obecność nieregularnych kawern, często wypełnionych minerałami ołowiu, cynku i żelaza (galena, sfaleryt, wircyt, piryty, markasyt). Na wychodniach dolomitów kruszczośnych siarczki metali ulegają utlenianiu i koncentrują się jako galmany, często razem z rudami żelaza (limonitami).

W południowej części arkusza występują dolomity i wapienie warstw jemielnickich i warstw tarnowickich o miąższości odpowiednio do 30 m i ok. 20 m.

Utwory **neogenu** tworzą regolity zgromadzone głównie w lejach i kominach krasowych rozwiniętych w stropie skał węglanowych triasu oraz ility, mułki, piaski i margle reprezentujące osady strefy brzegowej morza miocenijskiego. Leje krasowe mają średnice od kilku do kilkudziesięciu, a nawet kilkuset metrów. Wypełniają je gliny, piaski, mułki i ility o pstrych barwach oraz rudy limonitowe i galmany, które były przedmiotem intensywnej eksploatacji w XIX w. w rejonie Radzionkowa, Szarleja, Nowego Dworu, Brzeziny, doliny Szarlejki i południowo-wschodniej części obszaru arkusza.

Osady **czwartorzędu** zalegają na utworach triasu środkowego, a w części południowej arkusza na osadach karbonu. Ich rozprzestrzenienie i miąższość wzrastają w kierunku południowym.

Osady zlodowaceń południowopolskich wypełniają głównie dno kopalnej doliny Bytomki (w południowo-wschodniej części arkusza). Są to piaski i żwirry rzeczno-lodowcowe, o miąższości dochodzącej do 25 m oraz ility i mułki zastoiskowe o miąższości do 10 m, najczęściej przykryte poziomem glin zwałowych.

Osady zlodowaceń środkowopolskich to ility i mułki zastoiskowe o miąższości sięgającej 20 m, piaski i żwirry wodnolodowcowe oraz nie odsłaniające się na powierzchni gliny zwałowe. Piaski i żwirry wodnolodowcowe tworzą pokrywę sandrowe w zachodniej części arkusza oraz w dolinie Brynicy.

Osady zlodowaceń północnopolskich to piaski i żwirry rzeczne tarasów nadzalewowych doliny Brynicy o miąższości sięgającej maksymalnie 6–8 m.

Na utwory czwartorzędu nierozdzielonego składają się piaski, gliny i mułki zwietrzelinowe (eluwialne), o miąższości nie przekraczającej 4 m, piaski, mułki i gliny deluwialne oraz piaski, żwirry i mułki deluwialno-rzeczne, o miąższości 2–6 m, zalegające w dnach suchych dolinek, rozprzestrzenionych na całym obszarze arkusza.

Osady holocenijskie występują jedynie w dolinach rzecznych Szarlejki, Brynicy i mniejszych cieków. Są to piaski, żwirry i mułki rzeczne tarasów zalewowych, o miąższości maksymalnie do 8 m oraz namuły den dolinnych (mułki piaszczyste z dużą ilością substancji humusowej).

**Złoża kopalin.** Na obszarze arkusza wydobywano: węgiel kamienny, rudy cynku i ołowiu, rudy żelaza, oraz surowce skalne – dolomity, ility i ilitupki.

Pierwsze niewielkie kopalnie **węgla kamiennego** działały już w połowie XIX w. Niektóre z nich tworzone w miejscu zakładów górniczych, eksploatujących wcześniej galman. W późniejszych latach powstały m.in. kopalnie Radzionkaugrube (później Radzionków) – eksploatacja w latach 1863–1975, Heinitzgrube (Rozbark) – lata eksploatacji 1870–1999, Andalusiengrube (Andaluzja) – eksploatacja w latach 1911–1999. Na przestrzeni kolejnych lat kopalnie podlegały wielokrotnie łączeniu poszczególnych ruchów/kopalń i zmianie ich nazw (zwłaszcza po II wojnie światowej i w latach 90. XX w.). W ostatnich 30. latach nastąpiły istotne zmiany, związane z wygaszaniem eksploatacji węgla kamiennego i likwidacji kilku kopalń. Obecnie działalność górnictwa prowadzi KWK Bobrek-Piekary oraz niewielki zakład górniczy EKO-PLUS.

W środkowej i południowej części arkusza występuje 19 złóż węgla kamiennego, w różnym stopniu wchodzących w jego obręb. Są to złoża: Powstańców Śląskich, Centrum-Szombierki, Rozbark, Bobrek-Miechowice, Andaluzja, Julian, Jowisz, Rozalia, Brzeziny, Bytom I, Bytom II, Bytom III, Piekary, Centrum, Bytom I-1, Bytom II-1, Barbara Chorzów 2, Powstańców Śląskich I i Centrum I. Wydobywanie węgla kamiennego ze złoża Bytom III jest znaczące i wynosi ok. 1 mln t, ze złoża Brzeziny – ok. 0,9 mln t, a ze złoża Bytom I-1 – ok. 0,15 mln t (Szuflicki i in., 2020). Informacje dotyczące parametrów złóż oraz parametrów jakościowych kopalni zacytowano za dokumentacjami geologicznymi poszczególnych złóż oraz systemu gospodarki i ochrony bogactw mineralnych (MIDAS).

Z uwagi na wyeksploatowanie zasobów węgla kamiennego i dokumentowanie mniejszych złóż w granicach złóż wcześniej udokumentowanych, ich liczba i granice podlegają w ostatnich latach bardzo częstym zmianom. Zasoby węgla kamien-

nego zostały udokumentowane do głębokości od 665 m (złoże Powstańców Śląskich 1) do 1250 m (złoże Barbara Chorzów 2) w kategoriach A-C<sub>2</sub>. Serię złożową stanowią pokłady warstw orzeskich (grupa 300), rudzkich (grupa 400), siodłowych (grupa 500) oraz serii paralicznej (pokłady grupy 800, 700 i 600 – namur A), o miąższości 200–1000 m. Na opisywanym obszarze występują węgle energetyczne (typ 31+32, 33) i rzadziej gazowo-koksowe (typ 34). Miąższości pojedynczych bilansowych pokładów węgla są zróżnicowane i wahają się od 1 do 10 m. Jakościowo najlepsze są węgle warstw siodłowych, zawierające najmniej popiołu i siarki, charakteryzujące się dużymi grubościami pokładów oraz stosunkowo małą ilością przerostów skał płonnych.

Zasoby przemysłowe na opisywanym obszarze są niewielkie (maks. 16,3 mln t) i dokumentowane jedynie w 4. z 19. złóż. Największe zasoby bilansowe węgla udokumentowane zostały w złożach Centrum 1 – ok. 205,9 mln t oraz Centrum-Szombierki – ok. 170 mln t.

W XIII w. prowadzono eksploatację lokalnych złóż **rud żelaza**, głównie markazytów i limonitów (Majorezyk, 1986).

Złoża **rud cynku i ołowiu** w triasowej niecce bytomskiej mają znaczenie historyczne (Molenda, 1960, 1972). Wyeksploatowane złoża występowały w dolomitach kruszczośnych triasu i należały do największych i najbogatszych złóż rud Zn-Pb w skali świata (Szuwarzyński, 1996; Paulo, Strzelska-Smakowska, 2000). Złoża rud Zn-Pb nie są już wykazywane w krajowym bilansie zasobów (Szuflicki i in., 2020), ale w dolomitach i na kilkunastu zwałowiskach pozostały w dużych stężeniach pewne ilości cynku, ołowiu i towarzyszących im pierwiastków, choć niewystarczających do przemysłowej ekstrakcji. Zasoby jedynego złoża rud Zn-Pb Dąbrówka Wielka, wynoszące 363 tys. t, są pozabilansowe. Zawartość cynku w rudzie wynosi 4,2%, a ołowiu 1,2%.

Na obszarze arkusza udokumentowano 2 złoża **surowców ilastych ceramiki budowlanej**: złożo ilów i ilołupków triasowych Bytom-Centrum oraz złożo ilołupków karbońskich Kozłowa Góra II. Są to złoża pokładowe o prostej budowie geologicznej i niewielkiej powierzchni. Eksploatacja złoża Bytom-Centrum (o średniej miąższości 17,1 m i powierzchni ok. 0,78 ha), udokumentowanego w obrębie ilów triasowych, została zaniechana w latach 60. XX w. Złoże Kozłowa Góra II (o miąższości 18,0–27,7 m) pozostaje niezagospodarowane.

W południowej części arkusza, w obrębie osadów triasu środkowego, na powierzchni ok. 3,16 ha udokumentowane jest złożo **kamieni drogowych i budowlanych** Rozbark o miąższości 5–39 m. Kopalnią główną są dolomity, którym towarzyszą gliny i piaski czwartorzędowe. Pomimo wydanej koncesji eksploatacja złoża nie została podjęta (Szuflicki i in., 2020).

## ANTROPOPRESJA

Większość problemów środowiskowych omawianego obszaru jest konsekwencją działalności przemysłowej i urbanizacji prowadzącej do zmian krajobrazu i sieci hydrograficznej oraz zanieczyszczenia gleb, osadów i wód. Rozległe obszary w południowej i południowo-zachodniej części obszaru arkusza, gdzie było skoncentrowane wydobycie rud Zn-Pb oraz węgla kamiennego, uległy lokalnie kilkunastometrowym obniżeniom wskutek powstających deformacji ciągłych terenu. Płytko eksploatacja rud metali i węgla kamiennego wywołała odształcenia nieciągłe w postaci zapadlisk, lejów i szczelin. Deformacje te uaktywniają się niekiedy wskutek wydobywania prowadzonego w niżej leżących pokładach węgla.

**Powietrze atmosferyczne.** Zgodnie z oceną jakości powietrza obszar arkusza został zakwalifikowany do klasy C, w której stężenia zanieczyszczeń w powietrzu przekraczają poziomy dopuszczalne. Szczególnym zagrożeniem zanieczyszczenia powietrza są skupiska domków z indywidualnym źródłem ciepła tworzące obsza-

ry tzw. niskiej emisji pyłów PM10 i PM2,5 i benzo(a)pirenu (Stan. ..., 2017, 2020). Te składniki dostają się też do powietrza w wyniku funkcjonowania kotłowni przedsiębiorstw ciepłowniczych (MPEC, Julian, Osiedlowa i Orzeł Biały w Piekarach), kotłowni lokalnych i przemysłowych oraz ze źródeł komunikacyjnych. Najpoważniejsze źródła zanieczyszczeń pyłowych powietrza w Piekarach Śląskich to ciepłownie MPEC (ul. Gen. Ziętka 19, Andaluzja II, Julian, Olimpia i Transmasz (Aktualizacja. ..., 2011). Zanieczyszczenia gazowe są emitowane przez wymienione kotłownie i Wydział Hutniczy ZGH Orzeł Biały.

Według corocznej oceny jakości powietrza przeprowadzanej przez WIOŚ, na obszarze objętym arkuszem dominującym zanieczyszczeniem gazowym jest dwutlenek węgla stanowiący 98,1% ogólnej emisji gazów w woj. śląskim. Poważny udział w zanieczyszczeniu mają też metan, tlenek węgla i dwutlenek siarki (Stan. ..., 2017, 2020). Ze środków transportu pochodzi większość emisji dwutlenku azotu.

Z zakładów przemysłowych różnych branż pochodzą emisje związków organicznych (m.in. węglowodorów aromatycznych i rozpuszczalników, formaldehydu, fenolu) oraz metali ciężkich. Emisja odorów występuje głównie w otoczeniu oczyszczalni ścieków, składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych.

Wyniki badań obejmujące wielkość opadu pyłu i zawartość w nim arsenu, kadmu, ołowiu, cynku i talu nie wykazują przekroczenia norm w tym zakresie.

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Pod względem ekologicznym, ocenianym m.in. na podstawie zawartości składników biogennych i tzw. substancji priorytetowych, wody Brynicy od zbiornika Kozłowa Góra do ujścia Szarlejki mają słaby potencjał ekologiczny, a wody zbiornika – umiarkowany potencjał ekologiczny.

Do wód powierzchniowych wprowadzane są duże ilości odpompowywanych wód dołowych (Kropka, Respondek, 2000). Przez wiele lat odprowadzono wody zawierające znaczne ilości jonów cynku, kadmu i ołowiu, co skutkuje koncentracją tych metali w osadach rzecznych, zaś wody dołowe kopalń węgla kamiennego są w wielu przypadkach ponadnormatywnie zanieczyszczone jonami chlorkowymi i siarczanowymi (Aktualizacja. ..., 2011, 2012). W ostatnich latach są wdrażane kompleksowe programy porządkowania gospodarki wodno-ściekowej, co powinno skutkować zmniejszeniem obciążenia wód powierzchniowych zanieczyszczeniami. Na terenie miasta funkcjonują dwie nowoczesne oczyszczalnie ścieków (nowo wybudowana oczyszczalnia ścieków „Południe” przy ul. Przyjaźni i zmodernizowana oczyszczalnia „Północ” przy ul. Śląskiej), które spełniają normy w zakresie ochrony oczyszczania ścieków, określone przepisami prawodawstwa polskiego i Unii Europejskiej (Studium. ...).

Zanieczyszczenia oddziałujące na jakość wód powierzchniowych przenikają także do wód podziemnych, które występują w utworach czwartorzędu, triasu i karbonu.

Czwartorzędowe piętro wodonośne jest zdegradowane w wyniku drenującej działalności kopalń węgla kamiennego, historycznego górnictwa rud Zn-Pb oraz infiltracji wód opadowych zbierających zanieczyszczenia z powierzchni terenu. Piętro triasowe jest odkryte lub częściowo przykryte utworami czwartorzędu i zasilane na drodze infiltracji opadów atmosferycznych bezpośrednio na obszarach wychodni oraz przez przepuszczalne utwory czwartorzędu (Razowska-Jaworek, Brodziński, 2016). Zasilanie odbywa się też przez infiltrację wód z Brynicy i Szarlejki. Zwierciadło karbońskiego piętra wodonośnego uległo degradacji i obniżeniu na skutek drenażu górniczego.

Główne zbiorniki triasowych wód podziemnych w zachodniej części arkusza to Zbiornik Bytom (GZWP nr 329) i Zbiornik Gliwice (GZWP nr 330), których strefa graniczna przebiega pod Radzionkowem. Wody Zbiornika Gliwice zostały zanieczyszczone trichloroetanem i tetrachloroetanem przez Zakłady Chemiczne Tarnowskie Góry (Szadkowska, Gwóźdź, 2015).

**Gleby.** W rejonach zwałów odpadów węglowych, górnictwa rud Zn-Pb, hutnictwa cynku, eksploatacji wapieni oraz składowisk stałych odpadów komunalnych gleby uległy silnym zmianom antropogenicznym i bardzo często nie posiadają

w pełni wykształconego profilu glebowego. Ich naturalne składniki są przemieszane z materiałami obcymi, często wielokrotnie przekopane i przesuszone. Z uwagi na lokalizację licznych obiektów przemysłowych i poprzemysłowych oraz intensywną urbanizację gleby użytkowane rolniczo występują na bardzo niewielkich powierzchniach pól we wschodniej i centralnej części arkusza oraz na terenach ogródków działkowych.

Badania stanu chemicznego gleb prowadzone w ramach regionalnego monitoringu wykazały ich zanieczyszczenie (Program. ...) związane z historyczną eksploatacją i hutnictwem rud Zn-Pb, hutnictwem żelaza oraz rozpraszaniem odpadów, zrzutami wód kopalnianych i wód z oczyszczalni ścieków, a także emisjami pyłów z zakładów przemysłowych i środków komunikacji. Przez wiele lat znaczącym źródłem zanieczyszczenia były emisje pyłów i odcieki hałd odpadów nieczynnej już elektrociepłowni Szombierki (EC Szombierki). Niekiedy do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń przenikających do gleb przyczynia się wykorzystywanie odpadów górniczych w rekultywacji terenów poprzemysłowych, budownictwie drogowym i wodnym.

**Składowiska odpadów.** W południowej części arkusza są składowane duże ilości odpadów pogórnicznych (skał płonnych górnictwa rud Zn-Pb oraz węgla kamiennego, osadów popłuczkowych i poflotacyjnych z przeróbki rud, szlamów i mułków węglowych) oraz odpadów przemysłu hutniczego (żużli pohanicznych z wytopu cynku i mułków zgorzelinowych). Powierzchnia poszczególnych hałd wynosi od kilkunastu do ok. 100 ha. Skupiska hałd i osadników o znaczących powierzchniach (sięgających 1 km<sup>2</sup>) są zlokalizowane głównie we wschodniej części arkusza.

Odpady pogórniczne kopalń węgla charakteryzuje niska zawartość substancji agresywnych wobec środowiska naturalnego. Są zatem wykorzystywane do prac inżynierskich, niwelacji, podsadzki i produkcji materiałów budowlanych.

Hałdy pogórniczne i pohaniczne zlokalizowane na zachód od Brzezin i Brzozowic osiągają wysokości do 30 m (Aktualizacja. ..., 2011). W tym rejonie występują też niecki osiadań o głębokości do kilkunastu m oraz zapadliska. W ciągu kilku ostatnich lat na terenach po działalności górnictwa rud Zn-Pb i hutnictwa cynku jest prowadzone robienie starych hałd i przetwarzanie odpadów na kruszywa budowlane. Jednocześnie miejsca te są wypełniane odpadami przywozonymi z zewnątrz (często pozostałościami po sortowaniu osadów komunalnych) bez wymaganych zezwoleń (Biuletyn. ..., 2014). Na terenie jednego z uszczelnionych wyrobisk są składowane szlasy z hut miedzi, a na terenie byłej Huty Waryński jest składowisko szlamów ołowionośnych (Aktualizacja. ..., 2011). Część hałd została zlikwidowana lub zrehabilitowana lecz działające zakłady stale wymuszają konieczność zagospodarowania odpadów z procesów termicznych, odpadów budowlanych i odpadów z oczyszczalni ścieków. Wietrzenie chemiczne i erozja eoliczna hałd oraz spływy powierzchniowy i drenaż hałd, zwłaszcza w miejscach o dużych deniwelacjach terenu, odgrywają znaczącą rolę w degradacji środowiska poprzez powstawanie kwaśnych odcieków ułatwiających migrację metali (Bauerrek i in., 2017). Materiał hałd odpadów (skał płonnych, osadów popłuczkowych oraz żużli z wytopu srebra, ołowiu i cynku) charakteryzuje się kumulacją takich pierwiastków jak As, Cd, Pb, Tl i Zn, zawartych zarówno w minerałach kruszcowych, jak i we wtórnych fazach mineralnych (Cabała, 1996, 2009; Cabała, Teper, 2007). W długim okresie składowanie prowadzi do uwalniania i migracji tych pierwiastków w związkach rozpuszczalnych stanowiących zagrożenie dla środowiska przyrodniczego.

W Szarleju (na południe od rzeki Szarlejki i na zachód od drogi 911) działało od lat 50. XX w. do 2006 r. składowisko odpadów komunalnych nie posiadające uszczelnienia dna (Aktualizacja. ..., 2011). Po jego rekultywacji (obejmującej położenie warstwy uszczelniającej na wierzchołku, pokrycie skarpy warstwą glebową, ujęcie biogazu i odprowadzenie wody) w sąsiedztwie wybudowano odcinek autostrady A1.

**Zrzuty ścieków i wód dołowych.** Ścieki i wody dołowe są odprowadzane do Brynicy i Bytomki przez system rowów i dopływów. Wody dołowe odprowadzane

z kopalń węgla do tych rzek zawierają stężenia chlorków, siarczanów i zawiesin przekraczające zawartości dopuszczalne dla ścieków wprowadzanych do wód. Istotnymi źródłami zanieczyszczeń Brynicy są ścieki z oczyszczalni Północ (na os. Wieczorka), oczyszczalni Brzózka (w dzielnicy Brzozowice-Kamień), wody Szarlejki, wody Rowu z Orla Białego i wody Rowu z Dąbrówki Wielkiej. Do Bytomki są odprowadzane ścieki sanitarne z zachodniej części Piekar Śląskich.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2017–2021 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek gleb, osadów i wód powierzchniowych, pomiary współrzędnych w miejscach ich lokalizacji, pomiary odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej wód powierzchniowych w terenie, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, obliczenia statystyczne wyników analiz chemicznych, opracowanie podkładu topograficznego, opracowanie mapy geologicznej i map geochemicznych oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

### PRACE TERENOWE

Próbki gleb/gruntów pobierano w regularnej siatce 250×250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Lokalizację miejsc opróbowania dokumentują mapy przedstawiające jednocześnie zabudowę i użytkowanie terenu (tabl. 2–3). Łącznie pobrano 1325 próbek z głębokości 0,0–0,3 m oraz 1207 próbek z głębokości 0,8–1,0 m. W przypadku płytszego zalegania podłoża pobierano próbkę o miąższości 20 cm bezpośrednio nad skałą macierzystą. 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 (odpowiednio 301 i 297 próbek) pobierano z rzek, strumieni, rowów, kanałów, jezior, osadników, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Punkty opróbowania wód powierzchniowych i osadów przedstawiono na kolejnych tablicach obrazujących ich zawartość w tych elementach środowiska zaczynając odpowiednio od tablic 7 i 9.

Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czepaka aluminiowego 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. Przewodność elektrolityczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie. Do pomiarów EC stosowano konduktometr z automatyczną kompensacją temperatury, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. 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, stosując urządzenie umożliwiające 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 ±2–10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania

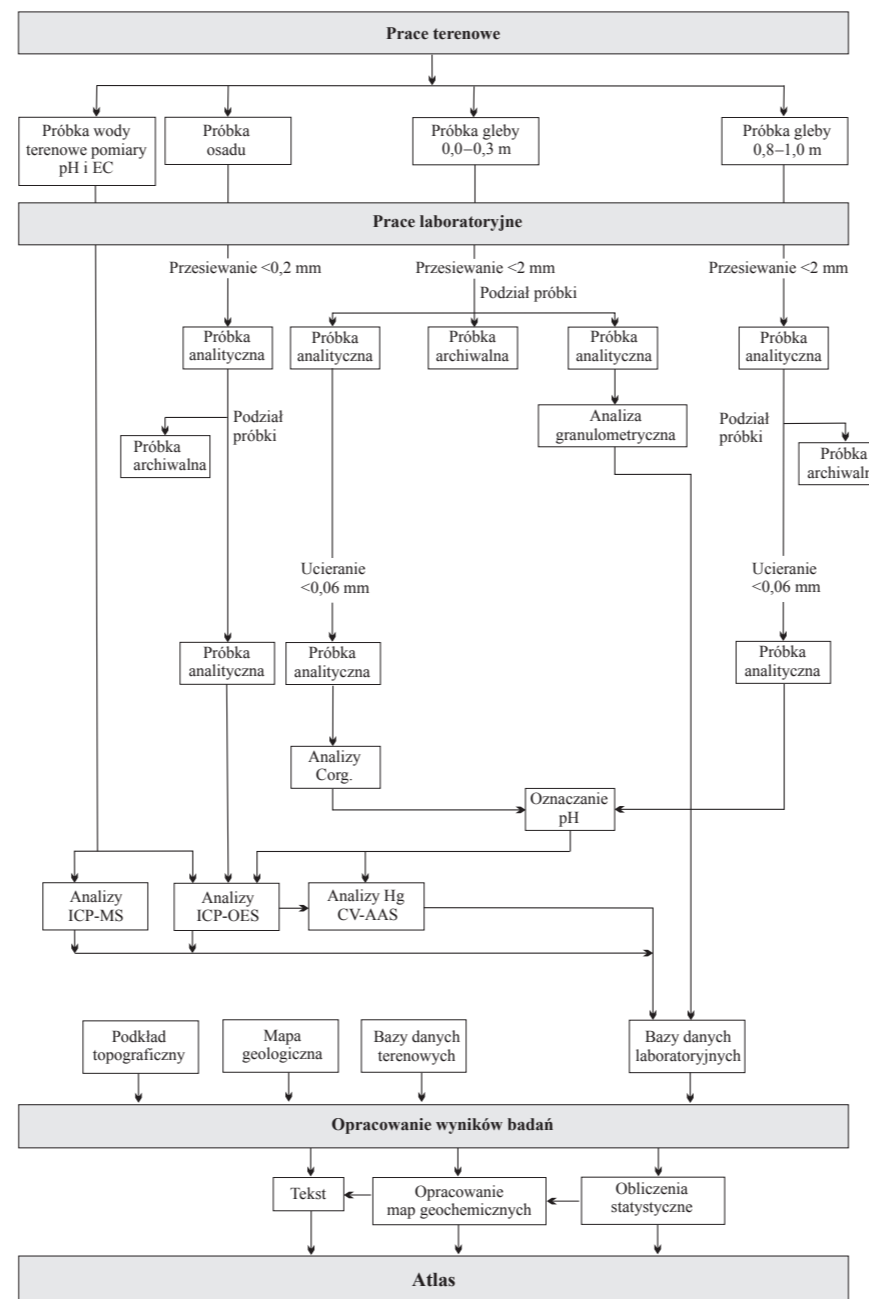


Fig. 1. Schemat wykonanych prac

próbek były wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe były notowane również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).

### PRACE LABORATORYJNE

Przygotowanie próbek do badań, oznaczenia parametrów fizykochemicznych oraz analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym PIG-PIB.

**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 głębokości 0,0–0,3 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz..... Data.....  
Opróbowal.....

Nr próbki  
1  
2

Gleba  
głębokość 0,0–0,3 m  
głębokość

Współrzędne  
X  
Y

Powiat..... Gmina..... Miejscowość.....

Zabudowa  
1 brak  
2 wiejska  
3 miejska niska  
4 miejska wysoka  
5 przemysłowa

Użytkowanie  
1 pole uprawne  
2 las  
3 łąka  
4 nieużytek, ugór  
5 trawnik  
6 park  
7 ogród

Próbka 1 2  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

Gatunek gleby  
1 piaszczysta, piasek  
2 piaszczysto-gliniasta  
3 gliniasto-piaszczysta  
4 gliniasta  
5 glina  
6 mułek  
7 torfiasta, torf  
8 antropogeniczna, nasypowa

Uwagi:.....

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz..... Data.....  
Opróbowal.....

Nr próbki  
Osad 3  
Woda 4

pH  
EC

Współrzędne  
X  
Y

Powiat..... Gmina..... Miejscowość..... Nazwa zbiornika.....

Zabudowa  
1 brak  
2 wiejska  
3 miejska niska  
4 miejska wysoka  
5 przemysłowa

Użytkowanie  
1 pole uprawne  
2 las  
3 łąka  
4 nieużytek, ugór  
5 trawnik  
6 park  
7 ogród

Zbiornik  
1 rzeka  
2 strumień  
3 kanał  
4 rów  
5 jezioro  
6 sadzawka  
7 staw rybny  
8 osadnik

Osad  
1 piasek  
2 szlam organiczny  
3 muł  
4 il

Uwagi:.....

Fig. 2. Karty opróbowania gleb (A) oraz osadów i wód powierzchniowych (B)

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 suszono w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewano przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm, po kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej i drugą archiwalną (fig. 1).

Próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

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



**Tabela 1**  
Table

**Metody analityczne i granice wykrywalności**

Analytical methods and detection limits

Pierwiastek/ związek Element/ compound	Metoda analityczna Analytical method	Jednostka Unit	Granica wykrywal- ności Detection limit	Metoda analitycz- na Analytical method	Jednostka Unit	Granica wykry- walności Detection limit
		Gleby, osady Soils, sediments		Wody powierzchniowe Surface water		
Ag	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Al	ICP-OES	%	0,01	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,5
As	ICP-OES	mg/kg	3	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	2
B				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,01
Ba	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,001
Be				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
C <sub>org</sub> (TOC)	*	%	0,02			
Ca	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
Cd	ICP-OES	mg/kg	0,5	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Co	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Cr	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003
Cu	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Fe	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,01
Hg	CV-AAS	mg/kg	0,02			
K				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,5
Li				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,3
Mg	ICP-OES	%	0,01	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
Mn	ICP-OES	mg/kg	2	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,001
Mo				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Na				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,5
Ni	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,5
P	ICP-OES	%	0,002	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,05
Pb	ICP-OES	mg/kg	2	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
S	ICP-OES	%	0,003			
Sb				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
Se				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	2
SiO <sub>2</sub>				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,1
SO <sub>4</sub>				ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	1
Sr	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003
Ti	ICP-OES	mg/kg	5	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,002
Tl				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
U				ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	0,05
V	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-MS	µg/dm <sup>3</sup>	1
Zn	ICP-OES	mg/kg	1	ICP-OES	mg/dm <sup>3</sup>	0,003

ICP-OES – emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej  
Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry  
ICP-MS – spektrometria mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej  
Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry  
CV-AAS – absorpcyjna spektrometria atomowa z generowaniem zimnych par rtęci  
Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry  
\* – wysokotemperaturowe spalanie z detekcją IR  
high temperature combustion with IR detection

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 i osadach wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES). Analizy zawartości Hg w próbkach gleb i osadów przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z generowaniem zimnych par rtęci (CV-AAS) w układzie przepływowo-wstrzykiwowym FIAS-100. Odczyn gleb oznaczono metodą potencjometryczną w zawiesinie H<sub>2</sub>O, a oznaczenia zawartości węgla organicznego (C<sub>org</sub>) w glebach metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją w podczerwieni IR. 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-OES, a zawartości Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, U i V metodą ICP-MS. Zestawienie metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabeli 1.

Kontrolę jakości wykonywanych oznaczeń prowadzono 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). Czystość odczynników i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych” i „ślepych próbek proceduralnych”.

Niepewność rozszerzona wyników (przy założonym poziomie prawdopodobieństwa 95% i współczynnika rozszerzenia k = 2) dla próbek wód, gleb i osadów nie przekracza 25%, z wyjątkiem niepewności rozszerzonej dla zawartości rtęci w próbkach gleb i osadów oraz zawartości węgla organicznego w próbkach gleb, która wynosi 30%.

**Analizy granulometryczne** gleb z głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Centrum Badań Gruntów i Skał PIG-PIB w Warszawie. Badanie składu ziarnowego przeprowadzono metodą sitową zgodnie z instrukcją opracowania map geochemicznych i wytycznymi norm PN-R-04033 oraz BN-78/9180-11.

Po utlenieniu materii organicznej próbek (przez zastosowanie nadtlenu wodoru) przesiewano je przez kolumnę sit o wymiarach oczek: 1 mm; 0,1 mm; 0,02 mm i ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,1 mm i <0,02 mm.

Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszkowa, 0,1–0,02 mm frakcja pyłowa, <0,02 mm frakcja iłowa (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 Bytom M-34-50-D (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.** Do ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano *Szczegółową Mapę Geologiczną Polski* 1:50 000 arkusz Bytom M-34-50-D (Biernat 1954; reambulacja Wilanowski, Lewandowski, 2016). Obrazy wektorowe arkusza utworzone w wyniku cyfryzacji połączone z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

**Bazy danych.** Utworzono oddzielne bazy danych (arkusze kalkulacyjne):

- gleb z głębokości 0,0–0,3 m;
- gleb z głębokości 0,8–1,0 m;
- osadów;
- 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 próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

Bazy danych osadów i wód powierzchniowych zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, rodzaj zbiornika wodnego, rodzaj osadu, lokalizację administracyjną miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

Dane arkusza zostały umieszczone w odrębnych tabelach (gleb, osadów i wód powierzchniowych) geobazy profesjonalnej Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG) funkcjonującej w systemie *Oracle*. Tabele te posłużyły do opracowania monopierwiastkowych map geochemicznych w aplikacji *ArcGIS 10.6*. W geobazie przechowywane są dane o charakterze opisowym (metadane), wyniki analiz chemicznych próbek oraz dane geometryczne składające się na część graficzną opracowania.

**Obliczenia statystyczne.** Wyniki zgromadzone w bazach danych służyły do wydzielenia podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach terenów miejskich oraz w osadach i wodach poszczególnych cieków i zbiorników, oraz do konstrukcji map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano (w programie *Statistica*) zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów gleb, osadów i wód powierzchniowych. W przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności metody, do obliczeń statystycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji danej metody analitycznej. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 i zamieszczono na mapach geochemicznych (tablice 7–62).

Przy interpretacji wyników jako miarę tła geochemicznego poszczególnych pierwiastków stosowano obliczone wartości median. Mediana jest parametrem statystycznym lepiej charakteryzującym zawartość w porównaniu ze średnią arytmetyczną, gdyż jest mniej obciążona wpływem wartości ekstremalnych. Inne parametry statystyczne (wariancja, odchylenie standardowe) nie nadają się do charakterystyki populacji o bliżej nieokreślonym rozkładzie.

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

- zabudowa terenu;
- użytkowanie terenu;
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszkowej, pyłowej i iłowej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m;
- pH w glebach z 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;
- pH i EC oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, SO<sub>4</sub>, Sb, Se, SiO<sub>2</sub>, Sr, Ti, Tl, U, V i Zn w wodach powierzchniowych;
- klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu.

Mapy geochemiczne opracowano w programie *ArcGIS 10.6*, który jest pakietem programów firmy ESRI, przeznaczonym do pracy na mapach i danych przestrzen-







Tabela 3 cd.  
Table 3 cont.

Gleby Soils	Parametry Parameters	Ag mg/kg	Al %	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca %	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Hg mg/kg	Mg %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	P %	Pb mg/kg	S %	Sr mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	pH
Nieużytki, ugory Barren lands n = 444	a	<1	0,08	<3	<1	0,01	<0,5	<1	1	1	0,03	<0,02	<0,01	7	<1	<0,002	4	<0,003	1	7	1	21	4,77
	b	82	3,22	7330	1308	20,64	697,3	72	307	4900	28,34	11,41	11,87	15 689	173	0,500	50 610	12,310	764	919	132	94 904	9,65
	c	3	0,80	179	134	3,04	25,3	8	19	80	2,74	0,12	1,16	1025	21	0,035	1293	0,469	46	126	23	4413	7,70
	d	<1	0,69	19	83	0,82	4,2	6	15	23	1,75	0,05	0,38	522	15	0,025	188	0,047	25	95	19	711	7,66
	e	<1	0,75	13	85	0,88	3,8	6	16	22	1,81	0,06	0,33	563	17	0,026	176	0,038	32	93	21	575	7,77
Ogródki działkowe Allotments n = 43	a	<1	0,33	<3	20	0,06	<0,5	1	5	3	0,40	<0,02	0,06	54	4	0,006	9	<0,003	4	41	7	37	6,92
	b	8	2,79	290	1099	12,25	175,2	20	183	258	17,79	0,60	6,55	11 310	60	0,340	7976	0,430	535	399	69	29 002	9,73
	c	1	1,01	32	184	1,52	15,5	7	21	32	2,74	0,09	0,59	1206	19	0,045	744	0,046	50	127	25	2814	7,81
	d	<1	0,89	15	116	0,55	4,7	6	16	20	1,84	0,05	0,26	668	15	0,034	217	0,021	26	108	21	790	7,80
	e	<1	0,87	15	94	0,40	4,6	6	14	18	1,81	0,05	0,23	655	16	0,033	188	0,020	21	105	22	737	7,81
Parki Parks n = 22	a	<1	0,24	4	16	0,03	<0,5	<1	6	3	0,54	<0,02	0,01	32	3	0,006	17	<0,003	4	42	8	41	6,20
	b	2	2,32	366	369	14,38	177,3	16	42	50	8,93	0,27	8,27	2620	57	0,070	4642	0,150	137	258	58	26 868	8,51
	c	<1	0,94	36	103	2,37	17,6	6	17	20	1,90	0,07	0,64	682	18	0,033	422	0,031	38	117	22	2577	7,68
	d	<1	0,81	17	80	0,59	4,8	5	14	14	1,46	0,04	0,22	451	13	0,028	151	0,016	22	104	19	804	7,67
	e	<1	0,80	14	95	0,50	5,5	5	13	15	1,31	0,04	0,20	556	12	0,028	150	0,016	18	99	18	785	7,76
Trawniki Lawns n = 293	a	<1	0,22	<3	12	0,03	<0,5	<1	2	2	0,15	<0,02	0,02	25	2	0,003	3	<0,003	2	20	3	16	5,72
	b	41	1,70	2196	3508	18,15	248,1	94	130	1121	11,92	3,37	9,84	25 120	163	0,280	16 170	5,570	378	640	66	39 277	9,47
	c	1	0,73	42	171	2,31	12,4	6	17	29	1,68	0,10	0,80	824	15	0,041	471	0,101	49	131	20	2074	8,00
	d	<1	0,68	15	113	0,91	4,9	5	13	19	1,35	0,05	0,33	521	12	0,032	187	0,031	30	114	18	778	7,99
	e	<1	0,71	16	122	1,07	5,3	5	13	19	1,40	0,06	0,28	558	12	0,034	205	0,032	34	111	19	905	8,03
Gleby piaszczyste Sandy soils n = 328	a	<1	0,07	<3	8	<0,01	<0,5	<1	<1	1	0,03	<0,02	<0,01	4	<1	<0,002	2	<0,003	1	15	<1	10	4,96
	b	7	2,32	1385	345	20,64	161,6	18	42	123	10,66	0,22	11,76	4499	57	0,160	3750	5,960	103	632	52	34 130	9,31
	c	<1	0,49	14	45	0,51	3,2	3	8	8	0,83	0,02	0,25	270	6	0,016	124	0,039	8	81	10	540	7,38
	d	<1	0,43	4	34	0,08	0,7	2	6	5	0,55	<0,02	0,07	129	5	0,011	34	0,005	5	71	8	101	7,35
	e	<1	0,43	3	30	0,07	<0,5	2	6	6	5	0,55	<0,02	0,07	132	4	0,011	25	0,005	5	74	9	72
Gleby gliniaste Clay soils n = 440	a	<1	0,11	<3	2	0,01	<0,5	<1	4	2	0,14	<0,02	0,02	29	2	0,003	4	<0,003	2	11	3	21	4,77
	b	7	2,88	7330	1732	22,83	419,8	96	71	435	21,91	0,59	11,87	34 587	118	0,150	30 300	9,530	276	1494	125	50 909	9,02
	c	<1	0,98	51	100	3,05	11,7	8	19	21	2,40	0,06	1,38	1075	21	0,032	550	0,082	27	97	26	1823	7,62
	d	<1	0,88	12	73	0,63	2,6	6	16	15	1,76	0,04	0,39	528	16	0,026	112	0,014	17	83	22	454	7,58
	e	<1	0,90	11	72	0,34	2,4	6	15	15	1,70	0,04	0,27	528	16	0,027	100	0,014	15	85	23	417	7,75
Gleby antropogeniczne Man-made soils n = 434	a	<1	0,09	<3	<1	0,05	<0,5	<1	3	5	0,22	<0,02	0,04	57	3	0,003	6	<0,003	4	14	4	35	5,57
	b	82	3,22	4286	3508	19,37	697,3	93,7	307	4900	28,34	11,41	9,13	25 120	173	0,500	50 610	12,310	764	919	132	94 904	9,73
	c	3	0,82	170	212	3,06	28,4	7,8	22	92	2,90	0,17	0,96	1270	23	0,048	1357	0,456	71	168	25	5094	7,97
	d	1	0,75	31	147	1,70	8,9	6,5	18	37	2,14	0,09	0,51	795	19	0,037	373	0,094	52	137	23	1564	7,95
	e	<1	0,76	22	161	1,90	8,5	6,4	17	33	1,91	0,09	0,42	730	19	0,038	317	0,071	54	133	23	1451	8,02

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek;  
 minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples



Tabela 4 cd.  
Table 4 cont.

Osady Sediments	Parametry Parameters	Ag mg/kg	Al %	As mg/kg	Ba mg/kg	Ca %	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe %	Hg mg/kg	Mg %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	P %	Pb mg/kg	S %	Sr mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	
Zlewnia Szarlejki Szarlejka River catchment n = 77	a	<1	0,09	4	20	0,12	0,9	<1	5	6	0,39	<0,02	0,03	98	4	0,010	33	0,025	3	15	3	113	
	b	12	1,27	282	967	26,44	427,2	22	71	8056	9,68	1,61	4,24	8729	79	0,460	6775	2,380	1925	493	57	59 190	
	c	2	0,64	44	162	3,97	32,5	7	22	181	2,78	0,26	0,59	1218	23	0,093	993	0,569	150	122	22	4957	
	d	1	0,58	29	125	1,86	14,4	6	19	49	49	2,20	0,16	0,37	720	20	0,065	612	0,332	65	106	19	2401
	e	1	0,67	29	118	2,41	14,8	7	19	43	43	2,26	0,14	0,41	635	21	0,063	711	0,396	64	103	20	2844
Zlewnia Rowu z Dąbrowki Wielkiej Dąbrowka Wielka Ditch catchment n = 15	a	<1	0,06	12	14	0,23	7,6	<1	2	12	0,20	0,08	0,14	235	3	0,015	207	0,016	12	19	5	614	
	b	12	1,01	421	245	33,66	9695,0	131	72	403	4,68	1,11	1,53	3832	1307	0,430	27 190	3,680	741	171	28	69 330	
	c	4	0,70	153	123	7,03	730,2	15	26	126	2,17	0,33	0,56	793	131	0,130	3430	0,740	121	94	19	11 999	
	d	2	0,61	82	98	2,40	45,6	6	20	75	1,77	0,25	0,37	576	34	0,083	1585	0,254	58	82	18	3909	
	e	2	0,69	117	126	2,92	23,1	6	18	81	1,88	0,24	0,25	593	20	0,068	1394	0,284	34	98	19	2991	
Zlewnia Rowu z Orła Białego Orzeł Biały Ditch catchment n = 21	a	<1	0,13	<3	20	0,15	1,1	3	7	11	0,54	0,04	0,09	74	7	0,009	26	0,042	9	26	4	116	
	b	10	1,12	1740	486	15,69	149,7	16	45	7922	7,53	0,57	6,89	3822	48	0,360	5637	2,500	498	173	36	29 290	
	c	2	0,70	201	154	2,93	29,6	6	18	470	1,97	0,21	0,92	809	20	0,072	1225	0,465	63	89	19	5861	
	d	1	0,61	43	117	1,00	15,9	5	16	75	1,57	0,16	0,34	390	17	0,050	734	0,235	34	84	16	2410	
	e	<1	0,73	32	124	0,85	12,5	5	15	65	1,51	0,18	0,22	293	17	0,060	826	0,229	23	84	20	1830	
Zlewnia Rowu Świerklanieckiego Rów Świerklaniecki Ditch catchment n = 11	a	<1	0,24	6	87	0,21	2,5	3	7	9	0,74	0,02	0,10	165	7	0,033	38	0,040	12	42	6	330	
	b	<1	1,00	35	282	2,32	17,7	11	30	66	3,89	0,11	0,73	2739	28	0,902	358	1,081	54	147	29	1520	
	c	<1	0,49	19	152	1,11	7,9	6	16	24	2,05	0,05	0,28	884	16	0,247	147	0,317	27	86	15	822	
	d	<1	0,45	16	142	0,94	6,6	5	14	21	1,82	0,05	0,22	676	14	0,139	127	0,170	25	79	14	735	
	e	<1	0,46	18	149	1,16	5,3	6	11	19	2,04	0,05	0,19	672	15	0,124	146	0,123	25	71	15	824	
Tło geochemiczne; geochemical background																							
Osady strumieniowe Europy <sup>1)</sup> Stream sediments of Europe n = 794	e		10,4	6	87,5	2,44	0,29	8	22	15	1,97	0,04	0,72	453	17	0,056	14	0,050	124	3800	29	60	
Osady Polski <sup>2)</sup> Sediments of Poland n = 12 778	e	<1		<5	54	0,86	<0,5	3	5	7	0,80	0,05	0,11	274	6	0,059	13	0,040	20	30	7	62	
Osady regionu śląsko-krakowskiego <sup>3)</sup> Sediments of Cracow-Silesia Region n = 1459	e	1		6	98	0,71	2,5	4	9	15	1,07	0,06	0,13	292	11	0,066	59	0,052	24	42	12	259	

a – minimum; b – maksimum; c – średnia arytmetyczna; d – średnia geometryczna; e – mediana; n – liczba próbek; <sup>1)</sup> Salminen, 2005; <sup>2)</sup> Lis, Pasiieczna, 1995a; <sup>3)</sup> Lis, Pasiieczna, 1995b;  
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples







nych. Program umożliwia tworzenie nowych lub modyfikację istniejących map, analizę i wizualizację danych przestrzennych oraz zarządzanie nimi w geobazach.

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz rozkład zawartości pierwiastków w osadach i wodach powierzchniowych przedstawiono w postaci map punktowych.

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych w glebach, ich odczynu oraz zawartości w nich pierwiastków chemicznych wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono stosując deterministyczną metodę odwrotnych odległości *Inverse Distance Weighted* – IDW. Jest to metoda pozwalająca uzyskać wynik dla danej komórki (*grid*) poprzez uśrednienie wartości z najbliższych punktów, a bliższe punkty mają większy wpływ na wartość interpolowaną. Wpływ ten jest ujęty jako odwrotność odległości danego punktu podniesiona do potęgi ustalonej przez wykonawcę. Zaletą metody jest określenie odległości, z której są brane pod uwagę punkty w procesie interpolacji.

Mapy rozkładu klas ziarnowych, odczynu gleb oraz zawartości pierwiastków w glebach opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkuszy: Bytom, Piekary Śląskie, Tarnowskie Góry i Świerklaniec w skali 1:25 000. Dla każdej mapy wykonywano jedną analizę przestrzenną wymienionych arkuszy, aby zapobiec niezgodnościom na ich granicach. Powstałe mapy monopierwiastkowe łącznie z podkładem topograficznym w granicach danego arkusza.

Klasy uziarnienia gleb dobierano kierując się wartościami obliczonych parametrów statystycznych ich zawartości na obszarze ww. 4 arkuszy. Odczyn gleb przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe). Rozkład przestrzenny wybranych pierwiastków w glebach przedstawiono przy zastosowaniu postępu geometrycznego do wyznaczenia klas rozkładu.

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

Sporządzając przykładową mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych (tabl. 63) ze względu na zanieczyszczenie kadmem, wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2016). Wydzielone obszary gleb zaklasyfikowano do grup użytkowania I, II, III i IV.

Do celów publikacji połączono mapy geochemiczne parami, tj. na jednej tablicy umieszczano mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,0–0,3 m i mapę geochemiczną osadów, a na sąsiedniej – mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,8–1,0 m i mapę geochemiczną wód powierzchniowych. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, wydrukowano mapy (opatrzone skalą liniową) w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map.

## WYNIKI BADAŃ

### GLEBY

Do najważniejszych źródeł antropogenicznego zanieczyszczenia gleb należy depozycja pyłów i gazów pochodzących z zakładów przemysłowych, środków komunikacji, korozji materiałów budowlanych, ogrzewania osiedli mieszkaniowych i stosowania środków ochrony roślin (Wong i in., 2006; Albanese, Breward, 2011). Szczególnie istotne zmiany chemizmu gleb powoduje eksploatacja rud metali i hutnictwo, a do największych zagrożeń należy oddziaływanie odpadów po tej działalności (Fuge i in., 1993; Adamo i in., 2002; Swennen i in., 2002; Cappuyns i in.,

2005; Navarro i in., 2006; Acosta i in., 2011). Analizowany obszar w granicach arkusza jest typowym przykładem zanieczyszczenia gleb w wyniku wydobywania rud Zn-Pb i ich przetwarzania (Pasiczna, 2018).

Skalami macierzystymi gleb w granicach arkusza są zróżnicowane litologicznie utwory karbonu, triasu, neogenu i czwartorzędu (tabl. 1), z których utworzyły się różne typy i rodzaje gleb. Na wapieniach i dolomitach triasowych (dominujących w północnej części arkusza) powstały rędziny, których charakterystyczną cechą jest wysoka zawartość wapnia. Z piaskowców karbońskich i pyłowych osadów wodnolodowcowych czwartorzędu powstały gleby biellicowe. Najbardziej urodzajne gleby biellicowe wytworzone z utworów pyłowych występują w rejonie Dąbrówki Wielkiej (Aktualizacja..., 2011). Z czwartorzędowych glin lodowcowych (przeważających na południu) rozwinęły się gleby brunatne i płowe. W dolinach Brynicy i Szarlejki wykształciły się mady i torfy.

Duże powierzchnie zajmują grunty antropogeniczne o znacznej miąższości występujące przede wszystkim na terenach obiektów przemysłowych, w miejscach składowania odpadów i zrehabilitowanych hałd, w rejonach zabudowanych, w pobliżu tras komunikacyjnych, w obszarach eksploatacji, a także w korytach rzecznych przekształconych cieków lub na terenach poeksploatacyjnych pozostawionych naturalnej sukcesji roślinnej. Często gleby te powstają na skale macierzystej, wydobytej z głębszych części profilu, o zupełnie innych właściwościach niż ta, na której rozwijała się pierwotna pokrywa glebowa.

Do terenów poprzemysłowych miasta Piekary Śląskie należą rejon stanowiące opuszczone zakłady oraz składowiska odpadów pohutniczych. Tereny te w większości przeznaczone są do rekultywacji i rewitalizacji celem ponownego zagospodarowania. Są zlokalizowane głównie w Szarleju (w sąsiedztwie autostrady A1, rejon skrzyżowania Obwodnicy z ul. Miarki, rejon ul. Solidarności), w Brzozowicach (rejon ul. Konarskiego), Brzezinach Śląskich (tereny na północ od ul. Różdzieńskiego i zachód od ul. Bednorza oraz rejon ul. Kotuchy i tereny na wschód od zakładu Orzeł Biały) oraz w Dąbrówce Wielkiej (rejon ul. Dąbrówki). Do terenów poprzemysłowych zaliczają się też tereny zlikwidowanej kopalni „Andaluzja” (Studium...).

**Skład granulometryczny.** Skład granulometryczny dotyczy rozdrobnienia mineralnej części fazy stałej gleby i wyrażany jest wielkością cząstek oraz procentowym udziałem każdej frakcji (Bednarek i in., 2004). W warunkach naturalnych skład granulometryczny gleby ulega bardzo małym zmianom i jest jedną z ważniejszych cech wpływających na jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne (Mocek i in., 2000; Ryżak i in., 2009).

W opracowaniu przyjęto podział cząstek gleb na grupy granulometryczne według normy branżowej BN-78/9180-11, obowiązującej do 2008 r., ponieważ jest to kontynuacja opracowania seryjnego, wykonywanego od kilkunastu lat w sposób ciągły zgodnie z instrukcją do mapy geochemicznej w skali 1:25 000. Wyniki analiz granulometrycznych przedstawiono dla grup ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszkowa, 0,1–0,02 mm frakcja pyłowa, <0,02 mm frakcja ilowa (tabl. 4–6). Zmiana przedziałów grup granulometrycznych zgodnie z aktualnymi wytycznymi Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (Klasyfikacja..., 2008) uniemożliwiłaby porównanie składu granulometrycznego z danymi z arkuszy opracowanych wcześniej.

W składzie granulometrycznym badanych gleb przeważa frakcja piaszkowa (1,0–0,1 mm), składająca się z zaokrąglonych ziaren kwarcu, skaleni i innych krzemianów. Jej zawartość waha się w zakresie 2–95% (mediana 48%). Gleby najbardziej zasobne we frakcję piaszkową (>80%) pokrywają dolinę Brynicy i rejon Radzionkowa (tabl. 4). Zawartością frakcji pyłowej powyżej 40% charakteryzują się gleby antropogeniczne południowych krańców arkusza (tabl. 5). W analizowanej warstwie powierzchniowej gleb w wielu rejonach zawartość frakcji ilowej przekracza 20% (tabl. 6), co wskazuje na ich wyraźną żyzność. Frakcja ta, składająca się głównie z minerałów ilastych i wtórnych minerałów tlenkowych ma decydujący wpływ na właściwości fizyczne i chemiczne gleby (możliwość zatrzymywania zarówno pier-

wiastków pokarmowych dla roślin jak i pierwiastków toksycznych i ich mniejszą mobilność w warunkach hipergenicznych w porównaniu z glebami piaszczystymi).

**Odczyn.** Zarówno w warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m przeważają gleby o odczynie obojętnym i zasadowym. W warstwie głębszej zanotowano też znaczny udział gleb silnie zasadowych (pH >8), występujących w południowo-wschodniej części obszaru arkusza. W powierzchniowej warstwie udział gleb o pH >7,4 wynosi ok. 61%, a w warstwie głębszej 76%. Wysoka wartość pH ma w większości pochodzenie naturalne. Skalami macierzystymi gleb są tu głównie węglanowe utwory triasu i rozproszone na powierzchni odpady po historycznej eksploatacji rud Zn-Pb bogate przede wszystkim w wapń (tabl. 20 i 21) i magnez wpływające na wartość odczynu.

Dodatkowym czynnikiem alkalinizującym gleby jest duży udział gruzu w nasypach antropogenicznych występujących na obszarach miasta, wykorzystywanie materiałów budowlanych obfitujących w wapń (zaprawy murarskie, tynki) oraz z okresowym pyleniem hałd odpadów górniczych i hutniczych, a także z rozpraszaniem triasowych wapieni i dolomitów eksploatowanych na potrzeby lokalne w niewielkich odkrywkach.

Odczynem kwaśnym (pH <6,3) charakteryzują się niewielkie rejon gleb rozwiniętych z utworów torfowych i piasków wodnolodowcowych występujące w górnej partii doliny Brynicy.

**Geochemia.** Gleby obszaru objętego arkuszem są w większości skażone metalami. Głównym powodem zanieczyszczenia jest płytkie występowanie złóż rud Zn-Pb i węgla kamiennego, z których wydobywaniem wiąże się składowanie ogromnej masy odpadów na licznych hałdach. Rozpraszanie materiału hałd, metalonośnych pyłów z dawnych hut cynku i żelaza oraz spływy powierzchniowe doprowadziły do tak znacznych zmian składu chemicznego gleb w stosunku do skał macierzystych, że podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są bardzo słabo czytelne, a zawartość w nich kadmu, ołowiu i cynku niekiedy pozostaje w zakresie bliskim zawartości bilansowych w złożach ich rud.

W wierzchniej warstwie gleb rozkład pierwiastków, których głównym źródłem są skały macierzyste (glinu, baru, wapnia, kobaltu, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu), został zniekształcony przez czynniki antropogeniczne. Porównanie wartości median wskazuje, że ich zawartości znacznie przekraczają wartość tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (tab. 2). Około dwukrotne wzbogacenie, w porównaniu do tła regionalnego, występuje w przypadku kobaltu, manganu, siarki i wanadu, trzykrotne dla baru, wapnia, chromu, magnezu, strontu i tytanu. Największa jest kumulacja kadmu i ołowiu – sześciokrotna w porównaniu z tłem geochemicznym regionu, a zawartość cynku większa dziesięciokrotnie.

W obydwu zakresach głębokości gleby obfitują w glin (0,40–3,09% w warstwie powierzchniowej i 0,40–3,22% w warstwie głębszej). Zawartość glinu wiąże się z zasobnością gleb we frakcję pyłową i ilową, w których są zgromadzone drobnoziarniste skalenie, łyszczyki i minerały ilaste.

Wyraźnie większe powierzchnie gleb warstwy powierzchniowej obfitych w bar (>240 mg/kg) pozwalają na stwierdzenie, że jego kumulacja wiąże się z rozpraszaniem pyłów z zakładów przemysłowych i drenażem hałd odpadów pogórniczych. O przewadze źródeł antropogenicznych baru świadczy dwukrotnie większa wartość mediany jego zawartości w glebach warstwy powierzchniowej. Zarówno gleby warstwy powierzchniowej, jak i głębszej są bogate w bar (120–480 mg/kg). Źródłami baru są zarówno pyły ze spalania węgla (Różkowska, Ptak, 1995a, b), hałdy odpadów, jak i zrzuty wód kopalnianych i resztek cieczonej ciężkiej po wzbogacaniu węgla (Górnictwo...).

Zawartość węgla organicznego zmienia się w warstwie gleb 0,0–0,3 m w przedziale 0,03–49,66%. Wyraźnie niekorzystna jest zawartość węgla organicznego (<1,50%) w glebach łąk i pól uprawnych, które występują we wschodniej i północnej części arkusza. Mediana zawartości węgla organicznego w glebach pól upraw-

nych wynosi 1,96%, w glebach lasów 3,01%, a w glebach terenów przemysłowych 5,10% (tab. 2). Zawartością >6% tego składnika odznaczają się gleby antropogeniczne w otoczeniu hałd i terenów kopalń węgla kamiennego oraz naturalne gleby torfowe doliny Brynicy.

Gleby z obydwu analizowanych głębokości bogate w wapń (>2%), magnez (>0,50%), mangan (>800 mg/kg) i stront (>80 mg/kg), a niekiedy także w żelazo, rozwinęły się na utworach węglanowych (przede wszystkim wapieniach) występujących w podłożu. Kumulacja wapnia i magnezu działa korzystnie na właściwości gleb, powodując wzrost odczynu i sprzyjając wiązaniu metali ciężkich. Opisywane gleby zajmują rozleglejsze powierzchnie o większej intensywności w głębszej warstwie świadcząc o naturalnym pochodzeniu tych pierwiastków, a ich rozkład przestrzenny pokrywa się z wychodniami wapieni i dolomitów triasowych. Są to rejonny obejmujące Bobrowniki, Brzozowice, Osiedle Andaluzja, Brzeziny, Jutrzyzny na południowym wschodzie obszaru arkusza, Piekary-Centrum, Buchacz, Nowy Dwór w części środkowej i Radzionków-Kozłowa Góra na północy. Najmniej zasobne w te pierwiastki są gleby północnej części doliny Brynicy utworzone z czwartorzędowych piasków i żwirów wodnolodowcowych.

Naturalnym źródłem fosforu w glebach są minerały fosforowe skał macierzystych. Wartość mediany zawartości fosforu w powierzchniowej warstwie gleb pól uprawnych Europy wynosi 0,065% (Reimann i in., 2014). W granicach obszaru objętego arkuszem zawartość fosforu jest zbliżona i wynosi 0,047%, a znacznie uboższa jest warstwa głębsza (mediana 0,026%). W warstwie wierzchniej najwięcej fosforu zawierają gleby pól uprawnych i ogródków działkowych, co się wiąże z przypuszczaniem z jego nadmiernym nagromadzeniem w wyniku stosowania nawozów fosforowych, oraz wprowadzaniem w postaci odpadów, i ścieków. Pierwiastek ten jest jednym z podstawowych składników pokarmowych roślin (Sapek, 2007, 2008), lecz w wysokich koncentracjach jego oddziaływanie może być również ujemne.

W rejonach historycznej eksploatacji złóż rud Zn-Pb, w miejscach lokalizacji licznych starych płuczek i składowisk odpadów poflotacyjnych, w rejonach historycznych hut cynku i składowisk ich odpadów, w otoczeniu współcześnie działającego zakładu ZGH Orzeł Biały produkującego ołów ze złomu akumulatorów kwasowo-ołowiowych oraz składowisk odpadów po tej działalności, stwierdzono występowanie w glebach silnych anomalii antropogenicznych srebra, arsenu, kadmu, miedzi, siarki, ołowiu i cynku.

Zanieczyszczenie tymi pierwiastkami gleb w otoczeniu hałd odpadów zachodniej części arkusza (w rejonie Buchacz-Dąbrowa Miejska-Nowy Dwór, w rejonie Radzionkowa i w lasach północno-zachodniego skraju arkusza) jest związane głównie z dawną eksploatacją galeny i galmanów. W części wschodniej (w rejonie od Brzozowic przez Brzeziny, Jutrzyzny po Osiedle Arki Bożka i Żabie Doły) skażenie środowiska spowodowało zarówno historyczne wydobycie rud Zn-Pb, składowanie odpadów po ich flotacji, jak i współczesna działalność zakładu ZGH Orzeł Biały gromadzącego w pobliżu odpady (w tym odpady niebezpieczne zawierające metale ciężkie) (Poradnik..., 2010).

Anomalie srebra (>4 mg/kg) i arsenu (>160 mg/kg) charakteryzuje większa intensywność w warstwie wierzchniej i podobny zasięg w obydwu analizowanych zakresach głębokości gleb. W obrębie anomalii srebra na zachodzie arkusza stwierdzono maksymalną zawartość 32 mg/kg tego pierwiastka, a w rejonie hałd na wschodzie są to zawartości 50–97 mg/kg. W gruntach ekstremalnie zanieczyszczonych arsenem maksymalną koncentrację 11 735 mg/kg zanotowano w zakresie głębokości 0,0–0,3 m na terenie zielonym (dawnej hałdy?) na wschód od Stawu Nr 817 w Bytomiu. W rejonie Żabich Dołów są to często zawartości 1500–5000 mg/kg, a w rejonie Buchacz-Nowy Dwór stwierdzono maksymalnie 1395 mg/kg arsenu.

W rejonach anomalii srebra i arsenu w części wschodniej arkusza zanotowano zaskakująco wysoką zawartość miedzi (>160 mg/kg) w porównaniu z medianą jej zawartości w glebach regionu śląsko-krakowskiego (7 mg/kg), co wskazuje na jej antropogeniczne pochodzenie. W kilku lokalizacjach powierzchniowej warstwy gruntów

w rejonie składowisk na zachód od Brzeziny i doliny Rowu z Orla Białego zawartość miedzi przekracza 1200 mg/kg, osiągając maksymalnie koncentrację 5777 mg/kg. Źródłem miedzi mogła być produkcja stopów, rozwijana szczególnie intensywnie w XV w. z wykorzystaniem jej rud z rejonu Banskiej Bystricy na Słowacji i niewielkich złóż tatrzańskich (Garbacz-Klempka i in., 2012, 2017). Obecnie miedź z hut tego metalu trafia w postaci szlamów na składowiska, a także jest rozpraszana w pyłach emitowanych z ZGH Orzeł Biały i kumulowana w odpadach tego zakładu (Poradnik..., 2010). W zachodniej części arkusza wzbogacenie gleb w miedź tylko sporadycznie przekracza 160 mg/kg. Znaczna mobilność miedzi w warunkach hipergenicznych powoduje jej przenikanie w głąb profili glebowych, do osadów i wód.

W południowo-wschodniej i północno-zachodniej części terenu objętego arkuszem stwierdzono występowanie gleb silnie skażonych przez kadm, ołów i cynk. Szczególnie niepokojące jest zanieczyszczenie tymi pierwiastkami gleb użytków rolnych i ogródków działkowych rozproszonych w różnych lokalizacjach. Powierzchnie gruntów skażonych są rozleglejsze w warstwie powierzchniowej w porównaniu z warstwą z głębokości 0,8–1,0 m, wskazując na czynnik antropogeniczny jako główną przyczynę zanieczyszczeń.

Na terenach najbardziej zanieczyszczonych kadm, ołowiem i cynkiem wydobycie rud Zn-Pb oraz żelaza prowadzono od średniowiecza. W XIX w. powstały nowe kopalnie, największe to Szarlej, Cecylia i Brzozowice, które wraz z kopalnią Nowa Helena, po II wojnie światowej nosiły nazwę Waryński. W latach 1967–1989 eksploatację podziemną prowadziła kopalnia Dąbrowka, stanowiąca część ZGH Orzeł Biały (Krzanoska i in., 2004). Rudy Zn-Pb po procesie flotacji były przetwarzane w zakładach w Brzezinach, Piekarach Śląskich, a także w hucie cynku w Radzionkowie (dawniej Lazyhütte)(Zakłady...).

Współcześnie źródłem zanieczyszczenia gruntów jest rozpraszanie odpadów i odcieków ze składowisk na których gromadzone są odpady po produkcji ołowiu ze złomu akumulatorów kwasowo-ołowiowych w ZGH Orzeł Biały. Podczas rafinacji ołowiu surowego następuje jego oczyszczanie z domieszek (w tym metali, które zawarte są też w pyłach odprowadzanych przez instalacje gazowe zakładu (Poradnik..., 2010). Na składowiskach zakładowych są gromadzone odpady ebonitowe z przerobu złomu akumulatorowego, gips z procesów neutralizacji elektrolitów oraz żużel hutniczy z wytopu ołowiu (odpad niebezpieczny).

Gleby zanieczyszczone kadm (>8 mg/kg), ołowiem (>250 mg/kg) i cynkiem (>1000 mg/kg) obejmują teren od Bobrownik przez Brzozowice, Brzeziny, Jutrzyzny po Osiedle Arki Bożka na wschodzie, rejon Rojca-Buchacz-Dąbrowa Miejska-Nowy Dwór na zachodzie arkusza oraz część Radzionkowa i teren lasów w północno-zachodnim skraju arkusza.

Gleby zawierające kadm w zakresie regionalnego tła geochemicznego (1–2 mg/kg) w warstwie powierzchniowej występują tylko lokalnie w górnej części doliny Brynicy, a w warstwie głębszej tworzą niewielkie powierzchnie rozproszone w różnych obszarach arkusza. Zaś w obrębie anomalii (głównie wokół składowisk odpadów) częsta jest zawartość powyżej 100 mg/kg kadmu. W warstwie powierzchniowej prawie 30% obszaru arkusza zajmują gleby o zawartości kadmu >15 mg/kg, które powinny być wyłączone z użytkowania. Maksymalne stężenie kadmu (1148,1–1906,9 mg/kg) stwierdzono w gruntach Brzozowic (w rejonie nieużytków między ul. Konarskiego a oczyszczalnią ścieków). Zawierają one także 34 740–35 270 mg/kg ołowiu oraz 54 076–76 464 mg/kg cynku. W rejonie hałd (nieużytków) w Brzezinach Śląskich notowano 346,5–356,0 mg/kg kadmu i jednocześnie 11 828–13 626 mg/kg ołowiu i 55 307–68 536 mg/kg cynku. W zachodniej części obszaru arkusza wysoką zawartość kadmu stwierdzono w glebach aluwialnych doliny Szarlejki w rejonie ul. Hajdy (278,8 mg/kg), w okolicy Góry Powstańców Śląskich w Radzionkowie (102,7 mg/kg) i w lasach na północno-zachodnim krańcu arkusza (145,2 mg/kg).

Gleby zawierające ołów i cynk w granicach regionalnego tła geochemicznego (odpowiednio <50 mg/kg i <100 mg/kg) występują w warstwie powierzchniowej gleb na analizowanym obszarze jedynie w rejonie Gajówki i na wschód od Kozłowa

wej Góry, a w warstwie głębszej na nieco większym obszarze w górnej części doliny Brynicy. Znaczne są obszary pokryte glebami o zawartości >250 mg/kg ołowiu i >1000 mg/kg cynku, które niekiedy są użytkami rolnymi. W rejonach centrum anomalii zanotowano >5000 mg/kg ołowiu i >25 000 mg/kg cynku.

W obszarach anomalii kadmu, ołowiu i cynku zaznacza się podwyższenie zawartości kobaltu, chromu, żelaza i niklu. W glebach z obydwu zakresów głębokości zawartość żelaza mieści się najczęściej w zakresie 1–2%, a w rejonach hałd notowano zawartości 4–8%, wiążące się przypuszczalnie z występowaniem jego siarczków w formie domieszki w rudach Zn-Pb jak i w odpadach skał płonnych górnictwa węgla kamiennego. Z kolei siarczki żelaza mogą zawierać w formie podstawień kobalt, chrom czy nikiel, co wyjaśnia występowanie ich zwiększonych zawartości w obrębie anomalii żelaza.

W południowej części arkusza gleby w obydwu analizowanych zakresach głębokości lokalnie gromadzą rtęć (>0,20 mg/kg). Maksymalną zawartość (5,49 mg/kg i 11,41 mg/kg) rtęci zanotowano odpowiednio w wierzchniej i głębszej warstwie gleb w rejonie Terminala Paliw Silesia i torów kolejowych na osiedlu Buchacz w Radzionkowie. Obecność rtęci w glebach przy torach kolejowych jest przypuszczalnie spowodowana stosowaniem jej związków w środkach ochrony drewna (zabezpieczających podkłady kolejowe). Zanieczyszczenie gleb wschodniej części arkusza wiąże się być może z jej obecnością w siarczkach żelaza, stanowiących domieszki w rudach Zn-Pb. Podwyższenie zawartości w innych rejonach może być efektem rozpraszania rtęci związanej w substancji mineralnej węgla podczas jego spalania (Bojakowska, Sokołowska, 2001; Aleksa i in., 2007; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007; Hławiczka, 2008). W wielu przypadkach rtęć pochodzi ze złomu świetlówek, akumulatorów Zn-HgO, zapalników oraz urządzeń stosowanych dawniej w sprzęcie pomiarowo-kontrolnym wielu gałęzi przemysłu i elektrotechnicznym zakładów chlorowo-sodowych (Szpadt, 1994; Paulo, Strzeliska-Smakowska, 2000).

Zanieczyszczenie siarką (>0,160%) dotyczy obydwu analizowanych zakresów głębokości, a obszary jej anomalii są podobne. W warstwie powierzchniowej największą zawartość siarki (z maksimum 11,800%) zanotowano w glebach terenów zielonych w rejonie Osiedla Arki Bożka. Około 2,5% gleb charakteryzuje zawartość siarki >2%. Rozkład przestrzenny tego pierwiastka wskazuje na materiał hałd po górnictwie rud Zn-Pb i hutnictwie cynku jako jej źródło.

Rozpowszechnienie związków arsenu, kadmu, ołowiu i cynku w glebach z których mogą przenikać do wód jest przyczyną wielu chorób stwierdzonych u ludzi w różnych krajach świata (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007; Kabata-Pendias, Szteke, 2015; Migaszewski, Gałuszka, 2016). Z uwagi na łatwość kumulacji i szkodliwe oddziaływanie nadmiaru arsenu, kadmu, ołowiu i cynku dla roślin i mikroorganizmów bytujących w glebach, oszacowano wielkość powierzchni arkusza zanieczyszczonych w różnym stopniu tymi metalami (tab. 6). Szkodliwą zawartość arsenu (>100 mg/kg) kumuluje 9,96% gleb warstwy powierzchniowej i 8,78% gleb warstwy głębszej. Bardzo silne jest zanieczyszczenie gleb kadm, ołowiem i cynkiem. W warstwie powierzchniowej 28,37% gleb zawiera >15 mg/kg kadmu, 23,69% gleb >600 mg/kg ołowiu, a 29,58% gleb >2000 mg/kg cynku. Na głębokości 0,8–1,0 zmniejsza się udział gleb zanieczyszczonych tymi metalami i wynosi odpowiednio 17,48% dla kadmu, 17,23% dla ołowiu i 21,54% dla cynku.

Dla gleb z warstwy 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania I–III i IV na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenie..., 2016). Ze względu na zawartość arsenu, baru, chromu, cynku, kadmu, kobaltu, miedzi, niklu, ołowiu i rtęci do grup I–III (spełniających warunki wielofunkcyjnego użytkowania – zabudowa mieszkaniowa, użytki rolne i lasy) zaliczono od 48,53 do 100% analizowanych gleb. Do grupy IV (gleb, które mogą być przydatne tylko jako tereny przemysłowe) zaliczono od 0,08% do 21,89% gleb, zaś od 1,43% do 29,58% to gleby o zawartości toksycznej metali (tab. 7). W wielu przypadkach aktualne użytkowanie terenu jest niewłaściwe i wy-

**Udział obszarów zajmowanych przez gleby o różnych zawartościach arsenu, kadmu, cynku i ołowiu na głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m**

The share of areas occupied by soils with different arsenic, cadmium, lead and zinc content in topsoil (0.0–0.3 m) and subsoil (0.8–1.0 m)

Pierwiastek Element	Zawartość Content mg/kg	Powierzchniowa warstwa gleb Topsoil 0,0–0,3 m		Podglebie Subsoil 0,8–1,0 m	
		Obszar/Area km <sup>2</sup>	%	Obszar/Area km <sup>2</sup>	%
As	<10	19,42	23,54	38,75	46,97
	10–25	32,31	39,16	21,59	26,18
	25–50	15,19	18,41	9,91	12,01
	50–100	7,34	8,90	4,98	6,04
	>100	8,21	9,96	7,24	8,78
Cd	<2	7,28	8,83	35,81	43,41
	2–5	19,23	23,32	14,21	17,23
	5–10	20,36	24,67	11,61	14,08
	10–15	12,20	14,79	6,42	7,78
	>15	23,41	28,37	14,42	17,48
Pb	<100	10,02	12,15	37,45	45,40
	100–200	17,24	20,90	12,91	15,65
	200–500	30,88	37,43	15,51	18,80
	500–600	4,79	5,81	2,39	2,89
	>600	19,55	23,69	14,21	17,23
Zn	<300	11,33	13,73	34,85	42,25
	300–500	9,96	12,07	7,51	9,11
	500–1000	18,74	22,71	11,14	13,50
	1000–2000	18,05	21,88	11,20	13,58
	>2000	24,40	29,58	17,77	21,54

maga monitorowania, a także rekultywacji. Stężenia kadmu, cynku i ołowiu w glebach niektórych użytków rolnych są tak duże, że tereny te nie powinny być użytkowane nawet jako obszary przemysłowe. Przykład klasyfikacji gleb (w formie kartograficznej) ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu, wskazującą właściwy sposób użytkowania (zgodnie z Rozporządzeniem... 2016) przedstawia mapa rozkładu zawartości tego pierwiastka (tabl. 63). Prawie 1/3 powierzchni obszaru arkusza to tereny o zawartości >15 mg/kg kadmu, którą można uznać za toksyczną.

## OSADY

Osady denne rzek, strumieni i zbiorników wód stojących powstają w wyniku sedimentacji zawieszin mineralnych i organicznych pochodzących z erozji oraz wytrącania składników z wód. Ich skład chemiczny zależy od litologii, a także sposobu zagospodarowania i użytkowania obszaru zlewni (Hoth i in., 2005; Blodau, 2006; Hrdinka, 2007; Zglobicki, 2008; Hinwood i in., 2012; Cánovas i in., 2015).

Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych i rolniczych do osadów przenikają też potencjalnie szkodliwe pierwiastki i związki organiczne zawarte w odciekach ze zwałowisk odpadów, w ściekach przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych oraz w spływach obszarowych (Ciszewski, 1997, 2002, 2005; Matschullat i in., 1997; Miller, 1997; Swennen, Van der Sluys, 2002; Bojakowska i in., 2006; Harnischmacher, 2007; Kozieł, Zglobicki, 2010; Lagauzère i in., 2011; Govil i in., 2012; Cempel i in., 2014).

**Klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość pierwiastków potencjalnie toksycznych**

Topsoil (0.0–0.3 m) classification according to the permissible content of potentially toxic elements

Pierwiastek Element	Wartości dopuszczalne stężeń w glebie (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r.) Permissible limit values in soil (Decree of the Polish Ministry of the Environment of 1 <sup>st</sup> September 2016)			Liczba próbek /udział procentowy próbek w zależności od stopnia zanieczyszczenia Number of samples/percentage of samples according to the pollution degree		
	Grupa I–III Group I–III	Grupa IV Group IV	A	Grupa I–III Group I–III	Grupa IV Group IV	A
As	<50	50–100	>100	1075 81,13%	118 8,91%	132 9,96%
Ba	<1000	1000–1500	>1500	1323 99,85%	2 0,15%	–
Cr	<500	500–1000	>1000	1325 100%	–	–
Zn	<1000	1000–2000	>2000	643 48,53%	290 21,89%	392 29,58%
Cd	<10	10–15	>15	753 56,33%	196 14,79%	376 28,38%
Co	<100	100–200	>200	1325 100%	–	–
Cu	<300	300–600	>600	1293 97,58%	13 0,98%	19 1,43%
Ni	<300	300–500	>500	1324 99,93%	1 0,08%	–
Pb	<500	500–600	>600	934 70,49%	77 5,81%	314 23,70%
Hg	<10	10–30	>30	1325 100%	–	–

Grupy I–III – obszary zabudowy mieszkaniowej, użytków rolnych i lasów  
Group I–III – agricultural, forest and residential areas  
Grupa IV – obszary przemysłowe  
Group IV – industrial areas  
A – obszary o zawartości ponadnormatywnej  
areas with oversized content

Zanieczyszczenia skumulowane w osadach mogą gromadzić się do zawartości, które są toksyczne dla organizmów wodnych i stwarzają ryzyko dla ludzi i zwierząt spożywających ryby lub mięczaki żerujące w miejscach ich zalegania. Szkodliwe składniki osadów mogą ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów biologicznych, chemicznych i fizycznych (Friese, 2002; Harnischmacher, 2007), a ich przemieszczanie na tarasy zalewowe powoduje także wzrost stężenia metali ciężkich w glebach dolin rzecznych (Ibragimow i in., 2010).

W granicach obszaru arkusza badano osady Brynicy, Bytomki, Szarlejki, Rowu z Dąbrówki Wielkiej i Rowu z Orła Białego wraz z ich dopływami (fig. 3) oraz

**Tabela 7**  
Table



**Fig. 3. Lokalizacja cieków i zbiorników wód stojących oraz obszary zlewni (wg Mapa...)**

z licznych zbiorników wód stojących, powstałych w wyniku podziemnej eksploatacji górniczej.

**Brynica i jej zlewnia.** Na odcinku od zbiornika Kozłowa Góra do kolektora z oczyszczalni ścieków na osiedlu Wieczerek w Piekarach Śląskich Brynica silnie meandruje płynąc w naturalnym korycie. W dalszym biegu jej koryto jest skanalizowane i wybetonowane. Uszczelnienie koryta miało na celu zapobieganie ucieczkom wody w głąb triasowego silnie skrasowiałego podłoża (Czaja, 1999).

W aluwialach Brynicy jak i w osadach jej całej zlewni wartość median pierwiastków pochodzenia litogenicznego – baru, wapnia, kobaltu, magnezu, niklu, siarki, strontu, tytanu i wanadu jest nieco większa niż ich tło geochemiczne w osadach regionu śląsko-krakowskiego (tab. 4).

Na tle wszystkich aluwialów z terenu arkusza osady Brynicy wyróżnia wysoka zawartość fosforu (często >0,320%) i siarki (>0,600%). Źródłem tych pierwiastków są prawdopodobnie spływy powierzchniowe z gleb doliny wypełnionej osadami torfowymi, które mogą je łatwo kumulować w swoim składzie. Poniżej oczyszczalni ścieków na Osiedlu Wieczerek dodatkowym źródłem fosforu są zrzuty ścieków.

Na odcinku Wesoła-Namiarki osady rzeki drenującej holocenijskie namuły bogate w minerały ilaste obfitują w glin (1,60–2,25%).

Na terenie całej zlewni Brynicy zawartość arsenu (<3–50 mg/kg), wapnia (0,50–2,50%), żelaza (1,60–3,20%) i magnezu (0,20–0,80%) najczęściej pozostaje w zakresie naturalnego tła geochemicznego.

Zanieczyszczenie osadów Brynicy metalami potencjalnie toksycznymi (kadm, miedź, ołów i cynk) zaznacza się poniżej ujścia Szarlejki, a szczególnie

poniżej Rowu z Orla Białego, których osady kumulują bardzo wysokie zawartości tych pierwiastków. W osadach górnej części zlewni Brynicy (od zbiornika Kozłowa Góra do ujścia Rowu z Orla Białego) i poniżej zawartość metali wynosi odpowiednio: <1–2 mg/kg i 2–8 mg/kg srebra, 10–30 mg/kg i 60–130 mg/kg kadmu, 50–300 mg/kg i 570–750 mg/kg ołowiu oraz 500–2500 mg/kg i 17 720–33 190 mg/kg cynku. Źródłem skażenia osadów jest drenaż hałd odpadów górnictwa i przetwórstwa rud Zn-Pb oraz wieloletniego hutnictwa cynku i spływy powierzchniowe z gleb zanieczyszczonych tymi metalami w stopniu ekstremalnym.

W osadach dopływów Brynicy zawartość rtęci najczęściej stwierdzano w zakresie <0,02–0,20 mg/kg, a znacznie bardziej są zanieczyszczone jej osady zawierające 0,20–0,78 mg/kg tego pierwiastka.

Rozkład zawartości baru charakteryzuje wzbogacenie w górnej części zlewni Brynicy (100–500 mg/kg) i 50–120 mg/kg poniżej ujścia Rowu z Orla Białego, co jest prawdopodobnie efektem wytrącenia jego związków podczas mieszania wód o różnym pH i potencjale redoks.

**Bytomka i jej zlewnia.** Górny odcinek Bytomki, noszący nazwę Bytomska Woda, bierze początek w okolicy stacji kolejowej Bytom-Karb i jest zasilany głównie wodami dołowymi z kopalń (Cempiel i in., 2014). Rzeka płynie wśród terenów miejskich, a miejscami głęboką doliną, wśród której położone są zbiorniki wodne i podmokłe łąki (Działoszyńska-Wawrzkiwicz, 2007). W górnej części zlewni Bytomki (poza zachodnią granicą arkusza) jest położona uprzemysłowiona i zurbanizowana część Bytomia. Są tu zlokalizowane szyby i osadniki zamkniętych kopalń węgla Szombierki, Rozbark, działającej kopalni Bobrek oraz stacja kolejowa Bytom. Część zanieczyszczeń osadów Bytomki może pochodzić z tych źródeł. Wcześniejsze badania wykazały znaczne skażenie osadów przez chrom, kadm, cynk, ołów i miedź (Nocoń, 2009; Cempiel i in., 2014).

W aluwjach analizowanego odcinka rzeki zaznacza się około dwukrotna lub większa kumulacja pierwiastków pochodzenia litogenicznego – wapnia, kobaltu, chromu, żelaza, magnezu, manganu, niklu, siarki i wanadu w porównaniu do tła geochemicznego w osadach regionu śląsko-krakowskiego (tab. 4). Bardzo wyraźne jest wzbogacenie osadów w mangan i stront.

Osady Bytomki, zasilającego ją Granicznego Potoku, a szczególnie zbiorników wód stojących w jej zlewni przy południowej granicy obszaru arkusza, są silnie zanieczyszczone metalami. W rejonie Parku Mickiewicza w Bytomiu w osadach niewielkich zbiorników stwierdzono do 8 mg/kg srebra, 760 mg/kg arsenu, 126 mg/kg kadmu, 471 mg/kg chromu, 37,61% żelaza, 162 mg/kg niklu, 2810 mg/kg ołowiu i 29 590 mg/kg cynku. Prawdopodobnym źródłem tych pierwiastków jest drenaż starych hałd odpadów po eksploatacji rud Zn-Pb i hutnictwie żelaza. Jest to rejon zasilania Bytomki przez strumień Graniczny Potok, który transportuje osady z terenu zbiorników Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego Żabie Doły, gdzie gromadzą się odpady po flotacji rud cynku i ołowiu (Cempiel i in., 2014).

W górnym odcinku Bytomki (od rejonu zakładów metalowych Bobrek po ul. Małgorzatką w Bytomiu) osady są zanieczyszczone przez kadm (do 78 mg/kg), miedź (do 1539 mg/kg), rtęć (do 5,22 mg/kg), ołów (do 1053 mg/kg) i cynk (do 3041 mg/kg). Zawierają też od 504 mg/kg do 12 760 mg/kg manganu.

**Rów z Dąbrówki Wielkiej.** Na skład chemiczny osadów tego niewielkiego cieku wpływa drenaż zlewni zanieczyszczonej przez produkcję ZGH Orzeł Biały (Chrobok, 2009). Aluwia są zanieczyszczone przez arsen (do 321 mg/kg), kadm (do 791,1 mg/kg), kobalt (do 131 mg/kg), miedź (do 403 mg/kg), nikiel (do 1307 mg/kg), ołów (do 3080 mg/kg) i cynk (do 62 660 mg/kg). Ponadto zanotowano w nich wzbogacenie w wapń (do 20,84%), żelazo (do 4,68%) i mangan (do 3832 mg/kg).

Zanieczyszczenie osadów jest spowodowane głównie wietrzeniem hałd odpadów z których potencjalnie toksyczne pierwiastki przenikają do środowiska zarówno w formie pierwotnych, jak i wtórnych faz mineralnych. Dowodzą tego badania z innych rejonów świata. Analizy osadów z cieków zasilanych odciekami ze składowisk odpadów poflotacyjnych rud metali (Au, Ag, Cu, Pb, Zn) w Meksyku udowodniły,

że ok. 30% kadmu i ołowiu oraz do 75% arsenu w osadach znajduje się w pierwotnych formach mineralnych, a zawartość w nich arsenu, kadmu i ołowiu w pobliżu składowisk dochodzi odpowiednio do 32 000 mg/kg, 514 mg/kg i 30 000 mg/kg (Rodríguez-Hernandez i in., 2021).

**Szarlejka i jej zlewnia.** Koryto potoku, wpadającego do Brynicy, jest skanalizowane na znacznej długości, a niektóre jego odcinki biegną w tunelu pod powierzchnią terenu. Dolina Szarlejki jest zasypana hałdami pogórnicznymi i pohutnicznymi (tabl. 1) oraz zdeformowana nieckami powstałymi wskutek historycznej eksploatacji rud Pb-Zn, limonitu i węgla kamiennego. Do potoku są odprowadzane wody ściekowe, komunalne oraz wody dołowe kopalń węgla. Szarlejkę zasila jej lewostronny dopływ – Rów Radzionkowski płynący przez centrum Radzionkowa. Jest on skanalizowany i zakryty na całej długości i prowadzi ścieki bytowe do oczyszczalni Centralna w Bytomiu (Szadkowska, Gwóźdź, 2015).

Zawartość większości pierwiastków analizowanych w osadach na terenie zlewni jest ok. dwukrotnie większa w porównaniu do wartości tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (wyrażonych jako mediany) (tab. 4).

W osadach Szarlejki stwierdzono wysoką koncentrację metali obecnych w rudach Pb-Zn. Zanotowano tu 2–8 mg/kg srebra, 2,3–29,2 mg/kg kadmu, 128–6775 mg/kg ołowiu i 381–5073 mg/kg cynku. Kumulację tych pierwiastków, a także arsenu (do 213 mg/kg) zanotowano też w osadach niewielkich zbiorników na terenie zlewni Szarlejki (w rejonie nieużytków przy ul. Żołnierskiej, w pobliżu ciepłowni i „Kocih Górki” w Radzionkowie). Zawartość kadmu wynosi tu 100,5 mg/kg, ołowiu 2362 mg/kg, a cynku 11 930 mg/kg. Zanieczyszczenie osadów zlewni pierwiastkami potencjalnie toksycznymi ma charakter antropogeniczny i wiąże się z funkcjonowaniem na terenie Radzionkowa odkrywkowych kopalni galmanu i hut cynku (Krawczyk i in., 2002).

W składzie osadów zlewni zwraca uwagę kumulacja baru w próbkach Rowu Radzionkowskiego (423–682 mg/kg), którego źródłem są przypuszczalnie spływy powierzchniowe z gleb również zasobnych w ten pierwiastek w zlewni cieku.

**Zbiorniki wód stojących.** Przy południowej granicy arkusza (w rejonie ograniczonym od północy ul. Siemianowicką, a od zachodu ul. Chorzowską) pozostały zbiorniki poflotacyjne rud Zn-Pb. Kilka z nich, zlokalizowanych na pograniczu Bytomia, Chorzowa i Piekara Śląskich, nosi nazwę Zespołu przyrodniczo-krajobrazowego Żabie Doły, utworzonego głównie w celu ochrony ptaków wodnych. Na powierzchni i pod niewielkim przykryciem osadów neogenu zalegają tu triasowe dolomity kruszczone zawierające rudy cynku i ołowiu (Wyczółkowski, 1957). Wydobywano je i przetwarzano już od XII w., a wydobywaniu rud towarzyszyło powstawanie hałd odpadów poflotacyjnych i zapadlisk. Od ok. 1860 r. w tym rejonie działała kopalnia rud cynku i ołowiu Biały Szarlej przekształcona w końcowym etapie działalności (1989 r.) w Zakłady Górniczo-Hutnicze (ZGH) Orzeł Biały (Machowski, 2010). Największa hałda odpadów poprodukcyjnych ZGH Orzeł Biały zlokalizowana była na północ od zbiorników Żabie Doły. Inne hałdy rud cynkowo-ołowiowych po ich historycznej eksploatacji są rozproszone i dziś już prawie niewidoczne w morfologii terenu, ale są elementem zanieczyszczającym środowisko.

Od lat 20. XX w. pierwsze z powstałych zbiorników były wykorzystywane jako osadniki odpadów gromadzonych w wyniku procesów flotacji rud działających zakładów, a w ich otoczeniu istniały hałdy odpadów poprodukcyjnych. Inne ze zbiorników utworzono w latach 50. XX w. W przeszłości zbiorniki były rozdzielone nasypami linii kolejowych.

Koncentracja metali ciężkich i siarki w osadach badanych zbiorników jest bardzo wysoka. Zawartość maksymalna srebra wynosi 128 mg/kg, arsenu 2974 mg/kg, kadmu 9695 mg/kg, miedzi 1539 mg/kg, żelaza 4,42%, niklu 475 mg/kg, ołowiu 27 190 mg/kg, siarki 13,780% i cynku 69 330 mg/kg.

Kolejne zbiorniki gromadzące osady bardzo wyraźnie zanieczyszczone metalami są zgrupowane w górnej części zlewni Rowu z Orla Białego (rejon hałd ZGH

Orzeł Biały). Zanotowano tu koncentrację 10 mg/kg srebra, 1740 mg/kg arsenu, 150 mg/kg kadmu, 7922 mg/kg miedzi, 5637 mg/kg ołowiu i 29 290 mg/kg cynku.

W niewielkich zbiornikach zlokalizowanych w północno-zachodniej części arkusza (w rejonie Sucheje Góry) zgromadzone w nich osady są zanieczyszczone przez pierwiastki należące do asocjacji kruszcowej. Stwierdzono w nich arsen (do 114 mg/kg), kadm (do 427,2 mg/kg), ołów (do 3705 mg/kg) i cynk (do 59 190 mg/kg).

## WODY POWIERZCHNIOWE

Oddziaływanie antropogeniczne na zasoby wodne ma zarówno wymiar ilościowy (zmiana stosunków wodnych), jakościowy (zanieczyszczenia wód, zmiany chemizmu), jak i morfologiczny (przekształcenia kształtu koryt cieków czy mis zbiorników). Niekorzystne zmiany mają w konsekwencji skutki ekologiczne, polegające na zaburzeniu warunków siedliskowych, ustępowaniu określonych gatunków, zmniejszaniu się bioróżnorodności (Bańkowska, Sikora, 2010).

Chemizm wód zrzuconych do cieków z zakładów przemysłowych był odmienny w różnych okresach. W XIX i XX w. największe znaczenie miało wydobywanie rud Zn-Pb, a wody i osady były zanieczyszczone przede wszystkim metalami. Po II wojnie światowej dodatkowym czynnikiem było górnictwo węglowe, zrzucające do rzek i strumieni wody dołowe bogate w chlorki, siarczany lit, sól, potas, uran (Aktualizacja..., 2011, 2012). Obecnie coraz większe znaczenie mają składniki wprowadzane do wód ze zrzutami ścieków komunalnych.

Przeprowadzone badania wód dotyczyły ich składu chemicznego oraz przewodności elektrolitycznej właściwej i kwasowości. W celu porównania i łatwiejszej oceny jakości analizowanych wód, przytoczono zawartość ich poszczególnych składników oraz wyniki obliczonych parametrów statystycznych wraz z wartością wskaźników jakości wód powierzchniowych stosowanych w Polsce (Rozporządzenie..., 2019) (tab. 5). W tabeli dodatkowo zamieszczono wartości wskaźników dla wód mineralnych i wód pitnych zgodnych z zaleceniami UE (EU Directive 1998/83/EC; EU Directive 2009/54/EC).

Stwierdzona wartość odczynu wód w ciekach i zbiornikach wód stojących z terenu arkusza tylko sporadycznie przekracza zalecenia dla wód I i II klasy (tab. 5). Natomiast ich mineralizacja, sygnalizowana wartościami EC, wielokrotnie przekracza wartość 0,45 mS/cm, przyjmowaną jako graniczna dla wód II klasy (Rozporządzenie..., 2019). Wysoka wartość przewodności elektrolitycznej właściwej wód jest powodowana przez zrzuty wód z kopalń węgla kamiennego, ścieków komunalnych oraz ścieków przemysłowych z zakładów metalurgicznych.

**Brynica i jej zlewnia.** Rzeka przepływa przez teren Miasteczka Śląskiego i Świerklańca oraz przez zbiornik zaporowy Kozłowa Góra, który pełni funkcję zaopatrzenia w wodę stacji uzdatnia wody Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów.

Odczyn wód zlewni najczęściej waha w granicach 7,5–8,5 mieszcząc się w zakresie tego wskaźnika dla wód II klasy (Rozporządzenie..., 2019). Wody zlewni charakteryzuje duża zmienność wartości EC. Wody dopływów lewostronnej części zlewni i wody Brynicy na odcinku do ujścia Szarlejki wykazały EC w zakresie 0,12–0,60 mS/cm, zaś w wodach cieków drenujących wychodnie karbonu w rejonie Kozłowej Góry i poniżej ujścia Szarlejki zanotowano EC w granicach 0,93–1,48 mS/cm. Na podwyższoną wartość EC w ciekach wód rejonu Lipka-Kozłowa Góra wpływa głównie zawartość boru (0,20–0,40 mg/dm<sup>3</sup>), wapnia (100–140 mg/dm<sup>3</sup>) i siarczanów (200–250 mg/dm<sup>3</sup>), których naturalnym źródłem jest erozja wychodni karbońskich ilowców i mułowców z węglem kamiennym.

Zawartość pierwiastków pochodzenia litogenicznego pozostaje na zbliżonym poziomie w wodach całej zlewni. Notowano w nich najczęściej 2–3 µg/dm<sup>3</sup> arsenu, 0,060–0,120 mg/dm<sup>3</sup> baru, 50–100 mg/dm<sup>3</sup> wapnia, 2–10 mg/dm<sup>3</sup> krzemionki, <50 mg/dm<sup>3</sup> potasu i <40 mg/dm<sup>3</sup> litu.



- BIULETYN Informacyjny WIOŚ w Katowicach, 2014. [http://www.katowice.pios.gov.pl/biuletyn/biul\\_06\(2014\).pdf](http://www.katowice.pios.gov.pl/biuletyn/biul_06(2014).pdf) (dostęp 14.04.2020).
- BLODAU C., 2006 – A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watersheds. *Sci. Total Environ.*, **369**: 307–332.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2001 – Rtęć w kopalniach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **394**: 5–54.
- BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., MAŁECKA K., 2006 – Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003–2005. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- BN-78/9180-11. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. Norma branżowa, 1978. PKN, Warszawa.
- BUŁA Z., KOTAS A., (red.), 1994 – Atlas geologiczny GZW w skali 1:100 000 cz. III. Mapa geologiczno-strukturalna utworów karbonu produktywnego. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CABAŁA J., 1996 – Koncentracje pierwiastków śladowych w rudach Zn-Pb i możliwość przechodzenia ich do odpadów. *Pr. Nauk. Gł. Inst. Gór.*, seria Konferencje, **13**: 17–32.
- CABAŁA J., 2009 – Metale ciężkie w środowisku glebowym olkuskiego rejonu eksploatacji rud Zn–Pb. Wydaw. Uniw. Śl., Katowice.
- CABAŁA J., TEPER L., 2007 – Metalliferous constituents of rhizosphere soils contaminated by Zn-Pb mining in southern Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, **178**: 351–362.
- CÁNOVAS C.R., PEIFFER S., MACÍAS F., OLÍAS M., NIETO J.M., 2015 – Geochemical processes in a highly acidic pit lake of the Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Chem. Geol.*, **395**: 144–153.
- CAPPUYNS V., SWENNEN R., VANDAMME A., NICLAES M., 2005 – Environmental impact of the former Pb–Zn mining and smelting in East Belgium. *J. Geochem. Expl.*, **88**: 6–9.
- CEMPIEL E., CZAJKOWSKA A., NOWIŃSKA K., POZZI M., 2014 – Przejawy antropopresji w zlewni rzeki Bytomki. Wyd. Pol. Śl., Gliwice.
- CISZEWSKI D., 1997 – Source of pollution as a factor controlling distribution of heavy metals in bottom sediments of Chechło River (south Poland). *Environ. Geol.*, **29**: 50–57.
- CISZEWSKI D., 2002 – Zapis działalności przemysłowej w osadach fluwialnych. *W: Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym* (red. P. Szwarczewski, E. Smolska), t. 1: 23–28. Warszawa–Łomża.
- CISZEWSKI D., 2005 – Osady pozakorytowe Odry jako archiwum historii zanieczyszczenia rzeki metalami ciężkimi. *W: Współczesna ewolucja rzeźby Polski* (red. A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz): 60–67. VII Zjazd Geomorfologów Polskich. IGI GP UJ, Kraków.
- CHROBOK L., 2009 – Historia górnictwa na terenie Wielkiej Dąbrówki od 1844 do 1914 roku, Katowice. [https://dabrowkawielka.pl/Historia\\_gornictwa\\_do\\_1844\\_roku](https://dabrowkawielka.pl/Historia_gornictwa_do_1844_roku) (dostęp 10.02.2021).
- CZAJA S., 1999 – Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej). Wyd. Uniw. Śl., Katowice.
- DYBOVA S., JACHOWICZ A., 1957 – Identyfikacja pokładów węgla metodą mikroskopową. *Prz. Geol.*, **5**: 226–30.
- EC SZOMBIERKI. <http://ecszombierki.pl/opis-elektrowni> (dostęp 03.03.2021).
- EU Directive 1998/83/EC Drinking Water.
- EU Directive 2009/54/EC Natural Mineral Water.
- FRIESE K., 2002 – Depth distribution of heavy metals in lake sediments from lignite mine pit lakes of Lusatia (Germany). *Stud. Quatern.*, **21**: 197–205.
- FUGE R., PEARCE F.M., PEARCE N.J.G., PERKINS W.T., 1993 – Geochemistry of Cd in the secondary environment near abandoned metalliferous mines, Wales. *App. Geochem.*, Supplement, **2**: 29–35.
- GARBACZ-KLEMPKA A., WARDAS-LASOŃ M., RZADKOSZ S., 2012 – Copper and lead – the historical origin of the base soils contamination of the Market Square in Krakow. *Arch. Foundry Engin.*, **12**: 33–38.
- GARBACZ-KLEMPKA A., WARDAS-LASOŃ M., KOZANA J., PIĘKOŚ M., KWAK Z., 2017 – Metallurgical Slags as Traces of a 15th century Copper Smelter. *Arch. Foundry Engin.*, **17**: 25–30.
- GOVIL P.K., SORLIE J.E., SUJATHA D., KRISHNA A.K., MURTHY N.N., RAMA MOHAN K., 2012 – Assessment of heavy metal pollution in lake sediments of Katedan Industrial Development Area, Hyderabad, India. *Environ. Earth Sci.*, **66**: 121–128.
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. *W: Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. Pr. Inst. Geol.*, **83**: 23–39.
- GÓRNICtwo: przeróbka – wzbogacenie w cieczach ciężkich, 2015 – <http://www.gornictwo.ugu.pl/gornictwo-przerobka-wzbogacenie-w-cieczach-ciezkich/> (dostęp 20.10.2020).
- HARNISCHMACHER S., 2007 – Anthropogenic impacts in the Ruhr district (Germany): a contribution to anthropogeomorphology in a former mining region. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **30**: 185–192.
- HINWOOD A.L., HEYWORTH J., TANNER H., MCCULLOUGH C., 2012 – Recreational use of acidic pit lakes – Human Health Considerations for Post Closure Planning. *J. Water Res. Protect.*, **4**: 1061–1070.
- HŁAWICZKA S., 2008 – Rtęć w środowisku atmosferycznym. Wyd. Inst. Podst. Inż. Środ. PAN, Zabrze.
- HOTH N., FELDMANN H., RINKER A., GLOMBITZA F., HÄFNER F., 2005 – Reductive processes within lignite dumps – chance of a long-term natural attenuation process. *Geoderma*, **11**: 19–31.
- HRDINKA T., 2007 – Typology and potential utilization of anthropogenic lakes in mining pits in the Czech Republic. *Limnol. Rev.*, **7**: 47–53.
- IBRAGIMOW A., GŁOSIŃSKA G., SIEPAK M., WALNA B., 2010 – Wstępne badania zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów równin zalewowych Lubuskiego Przełomu Odry. *Pr. Stud. Geogr.*, **44**: 233–247.
- JAROS J., 1984 – Słownik historyczny kopalń węgla na ziemiach polskich. Wyd. Śl. Inst. Nauk., Katowice.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCIŃSKI J., MARTINEC P., 2005 – Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnego Śląskiego Zagłębia Węglowego. PIG, Warszawa.
- JURECZKA J., KOTAS A. 1995 – Coal deposits - Upper Silesian Coal Basin. *W: The Carboniferous System in Poland* (red. A. Zdanowski, H. Żakowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **148**: 164–173.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A., 2007 – Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- KABATA-PENDIAS A., SZTEKE B., 2015 – Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. Taylor and Francis Group, CRC Press.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych, 2008. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. [http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie\\_PTG\\_2008.pdf](http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie_PTG_2008.pdf) (dostęp 15.07.2020).
- KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- KOPALNIA rud cynku i ołowiu Nowy Dwór. [http://enkol.pl/Kopalnia\\_rud\\_cynku\\_i\\_o%20owiu\\_%E2%80%9ENowy\\_Dw%C3%B3r\\_%E2%80%9D](http://enkol.pl/Kopalnia_rud_cynku_i_o%20owiu_%E2%80%9ENowy_Dw%C3%B3r_%E2%80%9D) (dostęp 17.09.2020).
- KOTAS A., MALCZYK W., 1972 – Seria paraliczna piętra namuru dolnego Górnego Śląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **61**: 329–411.
- KOZIEŁ M., ZGŁOBICKI W., 2010 – Metale ciężkie w aluwjach Wieprza na obszarze Nadwieprzańskiego Parku Krajobrazowego. *Ochr. Środ. Zas. Nat.*, **43**: 26–37.
- KRAWCZYK J.A., MINAS M., TYCZKA P., WRÓŃSKI J., 2002 – Dzieje Radzionkowa. Wyd. Rococo/J. Krawczyk i Urząd Miasta Radzionków.
- KROPKA J., RESPONDEK J., 2000 – Problemy hydrogeologiczno-górniczne centralnego odwadniania wyrobisk górniczych zlikwidowanych kopalń rud cynku i ołowiu w niecce bytomskiej. *Prz. Geol.*, **48**: 727–735.
- KRZANOWSKA A., KOWALSKA Z., OLSZEWSKA K., 2004 – Warunki wodne. *W: Objasnienia do mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000*. Arkusz Bytom. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LAGAUZERE S., MOREIRA S., KOSCHORRECK M., 2011 – Influence of bioturbation on the biogeochemistry of littoral sediments of an acidic post-mining pit lake. *Biogeosciences*, **8**: 339–352.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska w skali 1:200 000. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb-Zn-Cd w glebach na Górnym Śląsku – 1997. *Prz. Geol.*, **2**: 182–190.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska w skali 1:25 000. Arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MACHOWSKI R. 2010 – Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. *Pr. Nauk. Uniw. Śl.*, **2811**: 1–178.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2020 – Zbiornik Kozłowa Góra. *W: Encyklopedia województwa śląskiego*, t. 7. [http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Zbiornik\\_Koz%C5%82owa\\_G%C3%B3ra](http://ibrbs.pl/mediawiki/index.php/Zbiornik_Koz%C5%82owa_G%C3%B3ra) (dostęp 03.03.2021).
- MAJORCZYK R., 1985 – Historia górnictwa kruszcowego w rejonie Bytomia. ZUP, Piekary Śląskie.
- MAJORCZYK R., 1986a – Historia górnictwa kruszcowego w rejonie bytomskim od połowy XIX wieku. Część III. *Rudy Metale*, **31**: 442–446.
- MAJORCZYK R., 1986b – 125 lat Zakładów Górniczo-Hutniczych Orzeł Biały. *Rudy Metale*, **31**: 462–469.
- MAPA Hydrograficzna Polski w skali 1:50 000, arkusz Bytom, 2019. KZGW, Warszawa.
- MATSCHULLAT J., ELLMINGER F., AGDEMIR N., CRAMER S., LIESSMANN W., NIEHOFF N., 1997 – Overbank sediment profiles – evidence of early mining and smelting activities in the Harz mountains, Germany. *Appl. Geochem.*, **12**: 105–114.
- MIDAS (System Gospodarki i Ochrony Bogactw Naturalnych Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB). <http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web> (dostęp 25.01.2021).
- MIGASZEWSKI Z.M., GAŁUSZKA A., 2016 – Geochemia środowiska. PWN, Warszawa.
- MILLER J.R., 1997 – The role of fluvial geomorphic processes in the dispersal of heavy metals from mine sites. *J. Geochem. Explor.*, **58**: 101–118.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000 – Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. AR, Poznań.
- MOLENDĄ D., 1960 – Górnictwo kruszców. *W: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich*. t. 1: 120–162. Wyd. Górniczo-Hutnicze, Katowice.
- MOLENDĄ D., 1972 – Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich od XVI do XVIII wieku. Z dziejów postępu technicznego eksploatacji kruszców. Wyd. Ossolineum, Wrocław: 25–31.
- MROWIEC A., 1972 – Dzieje kopalni Węgla Kamiennego „Radzionków” w Radzionkowie (1871–1971). Radzionków.
- NAVARRO M.C., PÉREZ-SIRVENT C., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ M.J., VIDAL J., MARIMÓN J., 2006 – Lead, cadmium and arsenic bioavailability in the abandoned mine site of Cabezo Rajao (Murcia, SE Spain). *Chemosphere*, **63**: 484–489.

- NOCON W., 2009 – Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inż. Ochr. Środ.*, **12**: 65–76.
- ORZEL BIAŁY SA. Historia. 2016. <http://www.orzel-bialy.com.pl/pl/o-spolce/historia> (dostęp 15.07.2020).
- PASIECZNA A., 2018 – Wpływ historycznej eksploatacji rud cynkowo-olowiowych oraz hutnictwa żelaza i cynku na zanieczyszczenie gleb w centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **473**: 49–66.
- PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2000 – Rudy metali nieżelaznych i szlachetnych. Wyd. AGH, Kraków.
- PN-R-04033. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PKN, Warszawa, 1998.
- PORADNIK metodyczny w zakresie PRTR dla instalacji do produkcji i obróbki metali, 2010. Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice. [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/prtr/poradnik\\_metale\\_20101210.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/prtr/poradnik_metale_20101210.pdf) (dostęp 04.02.2021).
- PORZYCKI J., 1972 – Seria mułowcowa piętra westfalu dolnego Górno-śląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **61**: 467–500.
- PROGRAM ochrony środowiska dla miasta Piekary Śląskie na lata 2017–2020 z uwzględnieniem perspektywy do roku 2024. <http://bip.piekary.pl/?a=32081> (dostęp 27.04.2021).
- RAZOWSKA-JAWOREK L., BRODZIŃSKI I., 2016 – Bytom. *W: Wody podziemne miast Polski*. Państw. Inst. Geol. 3–18. <https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/informatory-psh/wody-podziemne-miast-polski/4153-bytom/file.html> (dostęp 25.12.2020).
- REIMANN C., BIRKE M., DEMETRIADES A., FILZMOSER P., O'CONNOR P., 2014 – Chemistry of Europe's Agricultural Soils. Part A. Budensanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGB), Hannover.
- RODRIGUEZ-HERNANDEZ A., LAZARO I., RAZO I., BRIONES-GALLARDO R., 2021 – Geochemical and mineralogical characterization of stream sediments impacted by mine wastes containing arsenic, cadmium and lead in North-Central Mexico. *J. Geochem. Explor.*, **221**: 106707.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. DzU poz. 2149.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. (b) w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi DzU poz. 1395.
- RÓŻKOWSKA A., PTAK B., 1995a – Bar w węglach kamiennych Górnego Śląska. *Prz. Geol.*, **43**: 223–226.
- RÓŻKOWSKA A., PTAK B., 1995b – Atlas geochemiczny złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RYŻAK M., BARTMIŃSKI P., BIEGANOWSKI A., 2009 – Metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych. *Acta Agrophysica*, **175** (4): 1–79.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe, Part I. Geological Survey of Finland, Espoo.
- SAPEK A., 2007 – Przyczyny zwiększania się zasobów fosforu w glebach polskich. *Roczniki Gleboznawcze*, **58**: 110–118.
- SAPEK A., 2008 – Nawożenie fosforem a jego skutki w środowisku. Artykuł dyskusyjny. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, **24**: 127–137.
- SRK. Spółka Restrukturyzacji Kopalń Spółka Akcyjna w Bytomiu, 2015 – [http://srk.com.pl/wp-content/uploads/2015/10/SRK\\_ODDZIAL\\_KWK\\_Centrum.pdf](http://srk.com.pl/wp-content/uploads/2015/10/SRK_ODDZIAL_KWK_Centrum.pdf) (dostęp 18.09.2020).
- STAN środowiska w województwie śląskim w 2016 roku, 2017 – IOS, WIOŚ, Katowice. <http://www.katowice.wios.gov.pl/monitoring/raporty/2016/raport2016.pdf> (dostęp 10.10.2020).
- STAN środowiska w województwie śląskim, 2020 – GIOŚ, Katowice. [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/stan\\_srodowiska\\_2020\\_slaskie.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/stan_srodowiska_2020_slaskie.pdf) (dostęp 14.12.2020).
- STUDIUM uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Piekary Śląskie. [http://obserwatorium.miasta.pl/wp-content/uploads/2016/08/Studium\\_Piekary-%C5%9A1%C4%85skie.pdf](http://obserwatorium.miasta.pl/wp-content/uploads/2016/08/Studium_Piekary-%C5%9A1%C4%85skie.pdf) (dostęp 15.03.2021).
- SWENNEN R., VAN DER SLUYS J., 2002 – Anthropogenic impact on sediment composition and geochemistry in vertical overbank profiles of river alluvium from Belgium and Luxembourg. *J. Geochem. Explor.*, **75**: 93–105.
- SZADKOWSKA Z., GWÓŹDŹ M., 2015 – Program ochrony środowiska dla gminy Radzionków do roku 2010. Radzionków.
- SZPADT R. (red.), 1994 – Zanieczyszczenie środowiska rtęcią i jej związkami. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2020 – Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.XII 2019 r. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZUWARZYŃSKI M., 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow ore district, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 9–24.
- WĘGŁOKOKS-KWK Bobrek-Piekary. <http://www.weglokokskraj.pl/pl/nasza-firma/kwk-bobrek-piekary> (dostęp 14.04.2020).
- WITECKA H., 1985 – Kopalnia Węgla Kamiennego Rozbark. Zarys dziejów 1824–1984. Wyd. Śl. Inst. Nauk., Katowice.
- WONG C.S.C, LI X., THORNTON I., 2006 – Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environ. Pollution*, **142**: 1–16.
- WYCZÓLKOWSKI J., 1957 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Zabrze. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZAKŁADY górnicze im. Juliana Marchlewskiego. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Zak%C5%82ady\\_G%C3%B3rnicze\\_im.\\_Juliana\\_Marchlewskiego#CITEREF-CIA1958](https://pl.wikipedia.org/wiki/Zak%C5%82ady_G%C3%B3rnicze_im._Juliana_Marchlewskiego#CITEREF-CIA1958) (dostęp 05.02.2021).
- ZGŁOBICKI W., 2008 – Geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach stokowych i rzecznych. Wyd. UMCS, Lublin.
- ZMIANA Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Piekary Śląskie. [HTTPS://DOCPLAYER.PL/19118376-Zmiana-studium-uwarunkowan-i-kierunkow-zagospodarowania-przestrzennego-gminy-piekary-slaskie-tom-2-kierunki-zagospodarowania-przestrzennego.html](https://DOCPLAYER.PL/19118376-Zmiana-studium-uwarunkowan-i-kierunkow-zagospodarowania-przestrzennego-gminy-piekary-slaskie-tom-2-kierunki-zagospodarowania-przestrzennego.html) (dostęp 03.02.2021).