

Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska

1:25 000

Arkusz **SIEWIERZ**

Redaktor *Agnieszka Konon*



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2024



Sfinansowano ze środków
**NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ**

Autorzy: Agnieszka Konon, Angelika Szczypczyk, Paulina Kostrz-Sikora, Joanna Fajfer, Joanna Szyborska-Kaszycka, Katarzyna Strzemińska, Anna Pasieczna

Recenzent: dr hab. inż. Urszula Aleksander-Kwaterczak, prof. AGH

Tłumaczenie: Krzysztof Leszczyński

Redakcja, skład i łamanie: Ewelina Leśniak

Projekt okładki: Łukasz Borkowski na podstawie projektu serii Wojciecha Markiewicza

Zdjęcie na okładce: ruiny zamku w Siewierzu (fot. Wojciech Markowski)

Skala map w atlasie 1:35 000

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2024

ISBN 978-83-68224-61-0

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

SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Agnieszka Konon, Joanna Fajfer, Paulina Kostrz-Sikora</i>	5
Charakterystyka obszaru arkusza – <i>Joanna Szyborska-Kaszycka, Paulina Kostrz-Sikora, Joanna Fajfer, Anna Pasieczna</i>	5
Budowa geologiczna i złoża kopalin – <i>Katarzyna Strzemińska</i>	6
Antropopresja – <i>Joanna Fajfer, Paulina Kostrz-Sikora, Anna Pasieczna</i>	8
Zakres i metodyka badań – <i>Agnieszka Konon, Angelika Szczypczyk, Anna Pasieczna</i>	9
Prace terenowe	9
Prace laboratoryjne	9
Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych	10
Wyniki badań – <i>Agnieszka Konon</i>	19
Gleby	19
Osady wodne	21
Wody powierzchniowe	23
Podsumowanie i wnioski – <i>Agnieszka Konon</i>	23
Literatura	23

SPIS TABLIC

1. Mapa geologiczna
Geological map
2. Punkty opróbowania gleb i zabudowa terenu
Soil sampling sites and land development
3. Punkty opróbowania gleb i użytkowanie terenu
Soil sampling sites and 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. Ocena zanieczyszczenia gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu
Assessment of topsoil (0.0–0.3 m) contamination according to the permissible content of cadmium

WSTĘP

Przeładowe zdjęcie geochemiczne kraju (Lis, Pasieczna, 1995a, b) wykazało, że najpoważniejsze zanieczyszczenie środowiska gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych występuje w regionie śląskim. W 1996 r. rozpoczęto realizację *Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska* w skali 1:25 000, zaczynając od arkusza pilotażowego Sławków (Lis, Pasieczna, 1999). Badania geochemiczne na terenie arkusza Siewierz M-34-51-C-b są kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych prowadzonych systematycznie przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na zlecenie Ministerstwa Klimatu i Środowiska.

Obszar arkusza jest położony w centralnej części województwa śląskiego. Przeważająca jego część obejmuje teren miasta i gminy Siewierz. Miasto Siewierz jest ośrodkiem handlowym i ważnym węzłem drogowym, a w niewielkiej odległości (w kierunku zachodnim), poza granicami analizowanego terenu, położony jest Międzynarodowy Port Lotniczy „Katowice” w Pyrzowicach. Na badanym terenie znajdują się kopalnie odkrywkowe dolomitu – przy północnej granicy arkusza (w rejonie Bacholin–Kazimierówka) są to Górnicze Zakłady Dolomitowe SA i TRIBAG SA Kopalnia Dolomitu „Nowa Wioska”, a tuż za północną granicą arkusza – Przedsiębiorstwo wielobranżowe PROMAG Sp. z o.o.. Na analizowanym obszarze i w jego sąsiedztwie występują też inne złoża surowców kopalnych (rudę Zn-Pb, rudę żelaza, dolomity i piaski). Złoża galeny w dolomitach diploporowych (Czarnocki, 1931) były eksploatowane w okolicy Siewierza już w XII w. W czasie I wojny światowej wydobywanie na niewielką skalę prowadziły niemieckie władze okupacyjne w Brudzowicach na terenie położonym poza północną granicą obszaru objętego arkuszem (Grzechnik, 1978). Na zachodnich obrzeżach Siewierza do lat 30. XX w. istniała kopalnia rud cynku „Wiktor Emanuel” (Preidl, Wójcik, 2014).

Znaczącą część powierzchni arkusza stanowią obszary leśne. W środkowym jego fragmencie jest położony Zalew Przeczycko-Siewierski (zbiornik Przeczyce) o naturalnych niezabudowanych brzegach, pełniący obecnie funkcje: przeciwpowodziową, turystyczną i rekreacyjną. W przeszłości również stanowił źródło wody pitnej dla miast Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) (Rzetała, 2008).

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów wodnych oraz wód powierzchniowych w odniesieniu do regionalnego tła geochemicznego oraz obowiązujących normatywnych prawnych.

Zgromadzone informacje mogą być przydatne przy opracowywaniu dokumentów planistycznych, w tym w szczególności opracowań ekofizjograficznych, które sporządza się przed wykonaniem projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego i/lub studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Dane geochemiczne mogą być także wykorzystane do opracowywania dokumentów strategicznych i sektorowych, w tym programów ochrony środowiska, programów rewitalizacji (w części prezentującej stan środowiska), a także prognoz oddziaływania projektów dokumentów strategicznych na środowisko. Ponadto mogą stanowić źródło informacji przy sporządzaniu ocen oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, w szczególności podczas opracowywania raportów o oddziaływaniu przedsięwzięć na środowisko. Uzyskane wyniki badań gleb, osadów oraz wód mogą być także wykorzystywane do sporządzania różnych sprawozdań, raportów i ocen prezentujących stan środowiska.

Wersja elektroniczna atlasu jest dostępna dla użytkowników 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;
- **Z. Będkowski, A. Biel, E. Dziekan-Kamińska, D. Kafara, T. Kolecki, P. Kaszycki, J. Kosmala, W. Markowski, J. Szyborska-Kaszycka, S. Wilk, L. Wojcieszak, W. Wolkowicz** – pobieranie próbek;
- **T. Kolecki, A. Konon, W. Markowski, A. Szczypczyk** – bazy danych;
- **D. Karmasz, A. Maksymowicz, M. Janasz, A. Sztuczyńska** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **Ł. Andrzejewski, P. Andrzejewski** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **M. Bialecka, R. Czerwiński, E. Kalwa** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, B. Kamińska, J. Retka, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości węgla organicznego metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR;
- **M. Bellok, M. Bialecka, R. Czerwiński, E. Kalwa, A. Maksymowicz** – oznaczanie pH;
- **J. Duszyński, D. Karmasz, D. Lech, M. Szwejkowska** – oznaczanie zawartości rtęci metodą CV-AAS;
- **W. Burec-Drewniak, D. Karmasz, A. Krężala, J. Kucharzyk, D. Lech** – oznaczanie zawartości pierwiastków głównych i śladowych metodami ICP-OES i ICP-MS;
- **M. Chada, A. Grabowska, K. Jakubczak, A. Łukawska, P. Kucińska, M. Kutyna, J. Rau, A. Roguski, A. Setla, P. Stefańska, K. Szewczuk** – analizy granulometryczne;
- **A. Konon, A. Szczypczyk** – obliczenia statystyczne;
- **A. Szczypczyk** – opracowanie map;
- **J. Fajfer, A. Konon, P. Kostrz-Sikora, A. Pasieczna, K. Strzeмиńska, A. Szczypczyk, J. Szyborska-Kaszycka** – opracowanie części tekstowej atlasu.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

Położenie geograficzne i administracyjne. Zgodnie z podziałem fizyczno-geograficznym południowy fragment arkusza Siewierz należy do makroregionu Wyżyny Śląskiej, w którego obrębie znajdują się dwa mezoregiony: Pagóry Jaworznicke oraz Garb Tarnogórski. Natomiast północną część arkusza zajmuje makroregion Wyżyna Woźnicko-Wieluńska, do której należą trzy jednostki niższego rzędu: Próg Woźnicki, Obniżenie Górnej Małej Panwi oraz Kotlina Siewierza (Richling i in., 2021).

Pod względem administracyjnym znacząca część analizowanego obszaru jest zlokalizowana na terenie powiatu będzińskiego. Należą do niego miasto i gmina Siewierz oraz fragment gminy Psary. Południowo-wschodni kraniec arkusza zajmują Trzebiesławice będące dzielnicą miasta na prawach powiatu Dąbrowy Górniczej.

Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia i hydrografia. Południowa część arkusza, gdzie w podłożu występują triasowe wapienie i dolomity (tabl. 1), jest ukształtowana w formie łagodnych wzniesień rozdzielanych dolinami rzek i mniejszych cieków. Zachodni fragment, należący do Garbu Tarnogórskiego, od wschodniego, stanowiącego część Pagórów Jaworzniczych, oddziela dolina Przemszy (Czarnej Przemszy). Najwyżej położony punkt tego fragmentu arkusza znajduje się w miejscowości Twardowice i jest to Ostra Góra, której wysokość przekracza 355 m n.p.m. Część północno-wschodnia, należąca w większości do Kotliny Siewierza, to równinny teren sięgający maksymalnie 306 m n.p.m.

(Richling i in., 2021). Obszar przy północnym skraju arkusza, należący do Progu Woźnickiego, osiąga maksymalnie 365 m n.p.m. Najniżej położony punkt na obszarze arkusza, ok. 275 m n.p.m., znajduje się w korycie Przemszy w miejscu, w którym rzeka opuszcza opisywany teren.

Obszar arkusza Siewierz jest położony w dorzeczu Wisły, w zlewni III rzędu Przemszy. Sieć hydrograficzną arkusza tworzy przede wszystkim rzeka Przemsza wraz z dopływami, licznymi rowami melioracyjnymi, stawami rybnymi i zbiornikiem antropogenicznym (Zalew Przeczycko-Siewierski). W zachodniej części analizowanego obszaru swoje źródła ma Czeczówka. Lokalnie występują zabagnienia.

Zabudowa i użytkowanie terenu. Na obszarze arkusza dominuje niska zabudowa jednorodzinna. Przeważają wsie o rozciągniętej wzdłuż głównej drogi zabudowie, tzw. ulicówki. Zabudowa miejska występuje na terenie Siewierza, natomiast zabudowa przemysłowa – na północ od miasta, gdzie są zlokalizowane zakłady produkcyjne oraz na obszarach objętych eksploatacją dolomitów. Nad brzegami zbiornika znajdują się obiekty infrastruktury turystycznej, m.in.: domki letniskowe, campingi, plaże kąpielowe, restauracje, parkingi itp. Użytkowanie terenu jest zróżnicowane w różnych fragmentach analizowanego obszaru – w dużej części teren ma charakter rolniczo-leśny. Tereny użytków rolnych (pól uprawnych i łąk) oraz lasów zajmują odpowiednio 27 i 37% powierzchni arkusza (tabl. 2–3). Północno-zachodnia część arkusza jest pokryta lasami, które pozostają pod nadzorem Nadleśnictwa Siewierz. Większość gruntów leśnych stanowią Lasy Państwowe, pozostała część reprezentują lasy prywatne – w większości należące do Spółki dla Zagospodarowania Wspólnoty Leśno-Gruntowej w Siewierzu. Południowa część arkusza to w przewadze grunty orne, łąki i nieużytki. W części wschodniej arkusza, na obszarze starorzecza rzeki Przemszy, utworzono użytek ekologiczny „W dolinie Przemszy” o powierzchni 0,43 ha (Uchwała, 2018).

Przez obszar arkusza Siewierz przebiega z południa na północ droga krajowa (DK) 91. W jego południowo-zachodniej części zlokalizowano odcinek drogi ekspresowej S1. Z zachodu na wschód przebiega DK 78 oraz zrewitalizowana trasa kolejowa nr 182 umożliwiająca bezpośredni dojazd do Portu Lotniczego „Katowice”.

Gospodarka. Działalność gospodarcza na obszarze objętym arkuszem przez wiele wieków była związana przede wszystkim z górnictwem i przeróbką rud żelaza oraz z rolnictwem i hodowlą zwierząt. Najstarszym ośrodkiem przemysłowym jest Siewierz. Już od czasów średniowiecza pełnił on funkcje przemysłowo-rolnicze (Malikowski, 2011). W XIII i XIV w. w tym rejonie wydobywano metodą odkrywkową oraz wytapiano srebro i ołów (Strategia, 2016). Również w tym okresie rozpoczęto produkcję żelaza w kuźnicach, które budowano nad rzekami w celu wykorzystania ich energii (Noga, 1993). Ruda żelaza zalegała płytko – od 1 do 10 m (Piesowicz, 1961). W okresie XV–XVIII w. w Piwoni i Sulikowie działały kuźnice żelaza bazujące na lokalnych zasobach rud (eksploatacja rud z folwarku Piwońskiego do 1668 r., a w następnym czasie z Mierzęcic oraz Wojkowic Kościelnych, zlokalizowanych poza obszarem arkusza). Ponadto, nieco krócej, bo do końca XVII w. działały kuźnice świętojańskie, a do połowy XVII w. zakład w Przeczycach, na miejscu którego powstała papiernia funkcjonująca do 1675 r. (Noga, 1993). Oprócz wydobywania i przeróbki surowców w tym samym okresie ważną funkcję przemysłową pełniło młynarstwo. W Siewierzu w okresie od 2. połowy XVI w. i w XVII w. działało 8 młynów zbudowanych na rzece Przemszy. Młyny funkcjonowały także w Boguchwałowicach, Przeczycach i Warężynie. Młyny zlokalizowane natomiast w Kuźnicy Świętojańskiej oraz Sulikowie wykorzystywały energię pochodzącą z rzeki Mitręgi (Noga, 1993).

Eksploatacja surowców, na obszarze arkusza, w ograniczonym zakresie jest prowadzona do czasów współczesnych. W okresie międzywojennym (w latach 20. i 30. XX w.) na zachodnich obrzeżach Siewierza funkcjonowała kopalnia galmanu „Wiktor Emanuel”. Złoże stanowiło impregnację galeny i cerusytu w dolomicie diploporowym o zawartości ołowiu w przedziale 5–6%. Miąższość złoża wynosiła 4 m (Czarnocki, 1931). Surowiec był wydobywany z dwóch poziomów, które były

rozdzielone około dwumetrowym przerostem. Głębokość wydobycia sięgała 9 m. Od roku 1970 w północnej części dawnej kopalni funkcjonowało składowisko odpadów, które pod koniec lat 90. XX w. zostało zrekultywowane (Sołtysik, 2008). Obecnie w tym rejonie przebiega południowa obwodnica Siewierza (DK 78). W północnej i północno-wschodniej części arkusza eksploatowano złoża dolomitów, piasków oraz piasków i żwirów (baza CBDG – <https://dm.pgi.gov.pl/> [dostęp 19.12.2023]).

Obecny rozwój gospodarczy obszaru objętego arkuszem jest głównie związany z działalnością mikroprzedsiębiorstw (zatrudniających do dziewięciu pracowników), a w mniejszym stopniu z sektorem małych i średnich przedsiębiorstw. Dominującymi branżami są handel i usługi, przetwórstwo przemysłowe i budownictwo (Uchwała, 2021b; Raport, 2023). Do podmiotów gospodarczych mających duże znaczenie dla lokalnej gospodarki pod względem liczby zatrudnianych osób zalicza się: Górnicze Zakłady Dolomitowe SA, Elektrolux Poland Sp. z o.o., Tribag Sp. z o.o., Air Products Sp. z o.o., Mechanic System Sp. z o.o., Paks'd Sp. z o.o., TOPCON Polska Sp. z o.o. (Uchwała, 2021a).

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Obszar objęty arkuszem Siewierz jest położony w skrajnie północnej części zapadliska górnośląskiego, które wchodzi w skład odsłoniętego cokołu platformy waryscyjskiej (Pożaryski i in., 1992), w obrębie północnego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) (Jureczka i in., 2005). Północno-wschodnia granica GZW, którą stanowi zasięg występowania utworów węglonośnych karbonu górnego, przebiega przez skrajnie południowo-zachodnią część arkusza. W północnym obrzeżeniu GZW rozciąga się, zorientowany równoleżnikowo, rów tektoniczny wypełniony późnowaryscyjskimi utworami molasy permskiej o kilkusetmetrowej miąższości, należącej do większej jednostki – rowu Sławkowa (Kotas, 1985; Kiersnowski, 1991).

Najstarszymi utworami występującymi w obrębie obszaru arkusza Siewierz są skały **dewonu** środkowego (żywetu), wykształcone jako ciemnoszare, zielonoszare, dolomity zwięzłe, krystaliczne o zatartych strukturach pierwotnych. Na powierzchni odsłaniają się one w Kazimierzówce, w północno-wschodniej części obszaru arkusza. Warstwy te zapadają ku południowi pod utwory triasu, poniżej których kontaktują się tektonicznie z utworami karbonu dolnego, a ich miąższość może sięgać 1000 m (Biernat, 1955 [reambulacja: Wilanowski, Żaba, 2010]; Buła i in., 2002; Wilanowski, Żaba, 2016).

Powyżej w profilu występują osady **karbonu**, reprezentowane przez utwory karbonu dolnego i fragmentarycznie karbonu górnego, produktywnego. Utwory karbonu dolnego (wizenu) są wykształcone jako piaskowce szarogłazowe, mułowce, iłowce i zlepieńce zaliczone do dolnej części warstw malinowickich. Nie odsłaniają się one na powierzchni i przeważnie występują pod utworami permu, a fragmentarycznie – karbonu produktywnego i triasu. Są to naprzemianległe warstwy piaskowców, mułowców i iłowców o cykliczności charakterystycznej dla fliszu (facja kulmowa). Utwory kulmu występują na całym obszarze, a ich miąższość wynosi około 800 m (Jureczka i in., 2005; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady karbonu górnego, produktywnego, występują jedynie na niewielkim fragmencie arkusza, w południowo-zachodniej jego części, i są przykryte skałami triasu. Osiągają one miąższość do 50 m i zaliczono je do serii paralicznej (namur A). Tworzą ją utwory piaszczyste (piaskowce drobno- i średnioziarniste) oraz ilasto-mułowcowe z cienkimi przewarstwieniami węgla (Jureczka i in., 2005; Wilanowski, Żaba, 2016).

Piaskowce, zlepieńce, iłowce i mułowce **perm** zajmują przeważającą część arkusza, wypełniając rów tektoniczny położony w niecce Tarnowskich Gór (rów

Sławkowa). Występują one na osadach karbońskich i przykryte są utworami triasu (Buła i in., 2002). W części stropowej są to głównie iły czerwone z zielonymi plamami, a podrzędnie występują piaskowce zlepieńcowate i zlepieńce zawierające drobne okruchy. Niżej występują czerwono-zielone zlepieńce, z nielicznymi wkładkami piaskowców, mułowców i iłowców. Poniżej serię tworzą wyłącznie zlepieńce, zbudowane z klastów porfirów, w mniejszym stopniu – skał węglanowych i kwarcu, o spoiwie ilastym, z cienkimi przerostami piaskowców zlepieńcowatych. Utwory te występują na głębokościach 40–170 m, a ich miąższość może wynosić 400–450 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Utwory **triasu** występują w południowej części obszaru arkusza, tworzą rozległe, silnie rozczłonkowane wychodnie, a na północy najczęściej stanowią podłoże osadów czwartorzędowych. Miąższość utworów triasu wynosi przeważnie 70–170 m i jest uwarunkowana tektoniką oraz rzeźbą powierzchni utworów karbońskich i permskich (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Warstwy świerklanieckie, zaliczane do triasu dolnego (scytyk, z piętrami ind i olenek) leżą erozyjnie na osadach permu, karbonu dolnego i fragmentarycznie dewonu. Utwory te, wykształcone jako piaski, iły i piaskowce, podrzędnie zlepieńcowate, przechodzące w stropie w mułowce i iłowce, są pochodzenia lądowego. Występują one pod przykryciem węglanowych utworów triasu środkowego, a ich miąższość wynosi kilkanaście metrów (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Na warstwach świerklanieckich leżą niezgodnie utwory triasu środkowego (dolnego anizyku), wcześniej określane jako utwory retu (Wagner, 2008). Profil tych osadów wykazuje wyraźną dwudzielność. Dolną część budują głównie szare dolomity z przewarstwieniami wapieni i margli oraz lokalnie dolomity marglistych i wapieni dolomitowych. W górnej części występują dolomity jasnożółte i szare z częstszymi przewarstwieniami wapieni szarych lub szarobrazowych, grubokrystalicznych, zwięzłych z niewielkimi kawernami. Lokalnie w części stropowej tych utworów może występować seria wapieni jamistych charakteryzujących się licznymi kawernami o różnej średnicy, miejscami przekraczającej 2 cm. Miąższość opisanych powyżej osadów wynosi ok. 40 m, a ich niewielkie wychodnie znajdują się w skrajnie południowo-zachodniej części arkusza w rejonie Toporowic i Przeczyc (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Nad kompleksem tych skał występują wapienie zaliczane do warstw gogolińskich. Na obszarze arkusza budują one większość wzgórz w zachodniej jego części, w pasie pomiędzy Niwiskami, Boguchwałowicami a Toporowicami. W dolnej części profilu warstw gogolińskich zdecydowanie przeważają wapienie płytowe, a w górnej dominują wapienie faliste, przeważnie pylaste i margliste. Wapienie płytowe są cienko i średnio uławicone, mikrytowe, barwy szarej i żółtej, miejscami zielonkawe. Lokalnie w obrębie warstw gogolińskich występują też zlepieńce i laminowane dolomity margliste z krynoidami. Miąższość tych warstw mieści się w przedziale 35–60 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Powyżej warstw gogolińskich występują dolomity kruszczońskie. Jest to zespół średnioławicowych, ciemnoszarych, drobnokrystalicznych dolomitów zbitych i jamisto-porowatych, miejscami skrzemionkowanych i występujących nad nimi gruboławicowych, grubokrystalicznych, silnie porowatych szarych dolomitów. W stropie tego kompleksu znajdują się dolomity szarozółte i żółte, jamisto-porowate, drobno- i średniokrystaliczne, średnio- i gruboławicowe. W profilach dolomitów kruszczońskich są spotykane liczne relikty sprzed dolomityzacji – ślady uławicenia, laminacji oraz ośródek po faunie skorupowej małżów i ślimaków. Następstwo litotypów w obrębie dolomitów kruszczońskich bywa jednak lokalnie modyfikowane w zależności od specyfiki warunków dolomityzacji. Dolomity kruszczońskie cechuje

mineralizacja siarczkami cynku i ołowiu, szczególnie obfita w pobliżu spągu kompleksu. Według propozycji Kotlickiego (1995) warstwy te należałyby zaliczyć do metasomatycznej formacji bytomskiej. Miąższość dolomitów kruszczońskich w tym rejonie wynosi ok. 25 m, jednak w wielu miejscach zostały one w znacznym stopniu wyeksploatowane. Utwory te występują w stokach i wierzchołkach kilku wzgórz o wysokości ok. 315 m n.p.m. w okolicy Boguchwałowic i Podwarpia (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

W kompleksie dolomitów kruszczońskich lokalnie występują wapienie i margle należące do warstw gorażdżańskich, terebratulowych i karchowickich. Na powierzchni odsłaniają się tylko wapienie warstw karchowickich, które tworzą niewielką wychodnię w okolicy Boguchwałowic. Warstwy gorażdżańskie, terebratulowe i karchowickie w rejonie Siewierza cechuje duża zmienność litologiczna, uniemożliwiająca najczęściej ich wiarygodne wyróżnienie. Pierwotna ich miąższość mogła wynosić ok. 50 m, lecz w zachowanych fragmentach jest znacznie mniejsza i wynosi 10–30 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Wyżej, w profilu triasu środkowego (anizyku), występują dolomity diploporowe warstw jemielnickich, które na powierzchni odsłaniają się w okolicach Podwarpia i Siewierza. Dolna część profilu warstw diploporowych jest reprezentowana przez żółte i szarozółte, średnio- i gruboławicowe, drobnokrystaliczne dolomity zawierające nieliczne człony liliowców. Powyżej występują cienkoławicowe dolomity margliste, laminowane poziomo i faliście, ze zróżnicowaną fauną i florą, zniszczoną i przeważnie niemożliwą do oznaczenia. Często występują w nich dendryty manganowe i limonityczne, a część szczelin i małych kawern wypełniają kryształki kalcytu. Warstwy diploporowe osiągają ok. 55 m (?) miąższości w okolicy Siewierza (północno-wschodnia część arkusza) (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady triasu górnego są reprezentowane przez iły, iłowce i mułowce z wkładkami brekcji lisowskiej i wapieni woźnickich, barwy czerwonej, brunatnej lub pstrej (czerwono-zielone), zazwyczaj słabo margliste. Miejscami w części spągowej występują liczne ławice ilasto-margliste z nieregularnymi skupieniami wapiennymi i wapienno-ilastymi, częściowo o charakterze pseudoolitów i zlepów wapienno-oolitowych, czy też brekcji oolitowych. Znacznie częściej, głównie w części stropowej, notowane są też zwięzłe wapienie pelityczne, barwy kremowej, o budowie gruzłowej oraz wapienie krystaliczne, często zlepieńcowate, ze wtrąceniami zwęglonej flory, znane jako wapienie woźnickie. Podrzędnie w triasie górnym występują też piaskowce i węgiel brunatny o miąższości do 20 cm (okolice Siewierza). Na powierzchni terenu skały te występują w Krzanowie, gdzie tworzą wzgórze o wysokości 356 m n.p.m. Miąższość utworów triasu górnego na opisywanym terenie wynosi maksymalnie do 25 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady **jury** dolnej występują głównie w północno- i środkowo-wschodniej części obszaru arkusza, w okolicy Siewierza, gdzie tworzą niewielkie wychodnie. W profilu przeważają jasnoszare mułowce, które są przewarstwione piaskowcami drobnoziarnistymi i iłowcami. Lokalnie występujące utwory o przewodzie frakcji żwirowej i podścielające je glinki kaolinowe zostały w znacznym stopniu wyeksploatowane. Miąższość utworów jurajskich najczęściej wynosi od kilkunastu do ok. 22 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady **paleogenu–neogenu**, reprezentowane przez gliny, mułki, iły i piaski, występują na powierzchni lub pod cienką pokrywą osadów czwartorzędowych. Niewielkie ich wychodnie znajdują się głównie w środkowo-zachodniej części arkusza Siewierz. Są to osady zgromadzone przede wszystkim w lejach i zapadliskach krasowych, rozwiniętych w stropie skał węglanowych triasu, szczególnie w strefach wychodni wapieni gogolińskich i dolomitów kruszczońskich. Lokalnie przeważają gliny pyłowate ochrowe i białe piaski drobnoziarniste oraz

mułki seledynowo-szare ze zmienną domieszką żwirków kwarcowych. Osady te, w przewadze ilasto-mułkowce, z podrzędnie występującymi piaskami i glinkami ogniotrwałymi, wcześniej były zaliczane do jury dolnej, jednak nowsze badania regolitów krasowych na Wyżynie Śląskiej wskazują na ich oligoceńsko-mioceniński wiek (Lewandowski, Ciesielczuk, 1997). Miąższość opisywanych utworów wynosi od kilku do kilkunastu metrów (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady **czwartorzędowe** pokrywają ok. 70% powierzchni obszaru arkusza warstwą o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, a w dolinach kopalnych do ok. 30 m. Najczęściej grubość pokrywy czwartorzędowej wynosi ok. 15 m. Ich wykształcenie jest uwarunkowane rzeźbą podłoża podczwartorzędowego, a rozprzestrzenienie i miąższość wzrastają w kierunku północnym. Na przeważającej powierzchni opisywanego obszaru utwory te zalegają na utworach triasu środkowego, sporadycznie też na osadach miocenijskich (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady zlodowaceń południowopolskich występują pod przykryciem osadów rzecznych lub wodnolodowcowych pochodzących ze zlodowacenia Odry, w strefach, gdzie pokrywy czwartorzędowe osiągają duże miąższości. Są to sporadycznie gliny zwałowe zalegające na skałach triasowych, a także piaski i żwiry wodnolodowcowe, iły i mułki zastoiskowe wypełniające dna kopalnych dolin cieków, o szacunkowej miąższości nieprzekraczającej 10 m. Dolinę kopalną Czarnej Przemszy wypełniają piaski i żwiry rzeczne interglacjału wielkiego. Zazwyczaj są to piaski różnoziarniste z domieszką żwirów drobnookruchowych, o miąższości ok. 20 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady zlodowaceń środkowopolskich budują przeważającą część powierzchni arkusza w środkowej i północnej jego części. Najstarszymi osadami tych zlodowaceń występującymi pod przykryciem piasków i żwirów wodnolodowcowych są gliny zwałowe żółte i żółto-brązowe, na ogół piaszczysto-pylaste, a w stropie piaszczyste, o miąższości 3–6 m. Powyżej, lokalnie, w zagłębieniach w glinach zwałowych są notowane iły i mułki zastoiskowe (górne), powstałe w czasie recesji lądolodu zlodowacenia Odry. Są to szare iły piaszczyste i mułki, od silnie piaszczystych po lekko ilaste, a ich miąższość wynosi 2–3 m. Ponadto występują piaski i żwiry wodnolodowcowe (górne) powstałe w czasie postojów i recesji lądolodu zlodowacenia Odry, które budują ok. 40% powierzchni obszaru arkusza. Są to jasno- i ciemnożółte piaski średnio- lub różnoziarniste z domieszką żwirów drobnookruchowych, o miąższości ok. 5 m, lokalnie ok. 10 m. Piaski i żwiry lodowcowe występują na powierzchni w środkowej części obszaru arkusza, w rejonie Siewierza, gdzie budują górne partie stoków niewielkich, łagodnych pagórków. Są to piaski różnoziarniste ze znaczną domieszką żwirów i pojedynczych glazików, lokalnie z przewarstwieniami gliniastymi, o miąższości sięgającej 4 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady zlodowacenia północnopolskiego zostały wykształcone jako piaski i żwiry rzeczne tarasów nadzalewowych (akumulacyjnych). Występują one na powierzchni w dolinie Przemszy (Czarnej Przemszy). Są to przeważnie piaski średnio- i drobnociarniste, lokalnie z dość dużą domieszką żwirów drobnookruchowych, o miąższości na ogół nieprzekraczającej 15 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady czwartorzędu nierozdzielonego zajmują niewielką część powierzchni arkusza. W ich obrębie rozpoznano gliny, piaski i żwiry deluwialne, które występują u podnóża i w dolnych partiach stoków wzgórz triasowych w południowej części omawianego obszaru. Są to przemyte osady gliniasto-piaszczyste z licznymi żwirami i okruchami skał lokalnych, o miąższości ok. 2–4 m, lokalnie do 6 m. Piaski, żwiry i mułki deluwialno-rzeczne wypełniają liczne, krótkie dolinki głównie na stokach wzgórz triasowych w południowej i środkowo-wschodniej części obszaru arkusza. Są to piaski różnoziarniste ze zmienną domieszką żwirów drobnookruchowych i licznymi soczewkami mułków piaszczystych oraz sporadycznie

z okruchami skał lokalnych, o miąższości ok. 2–4 m. Piaski eoliczne oraz piaski eoliczne w wydmach występują w pasie pomiędzy Gamrotem a Siewierzem. Powstały one w schyłkowym okresie zlodowacenia Wisły oraz na początku holocenu. Rozmiary wydm są na ogół niewielkie, ich powierzchnia dochodzi do kilkunastu hektarów, a wysokość wynosi 5–10 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Osady holocenijskie występują jedynie w dolinach rzecznych Czarnej Przemszy, Szeligowca, Czeczówki, Dopływu z Sadowia, Mitręgi oraz mniejszych cieków. Są to głównie piaski, żwiry i mułki rzeczne tarasów zalewowych, o miąższości maksymalnie do 8 m, a także namuły den dolinnych (mułki piaszczyste z dużą ilością substancji humusowej), o miąższości 1,5–3,0 m (Biernat, 1955, reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010; Wilanowski, Żaba, 2016).

Złóża kopalne. Obszar objęty arkuszem jest rejonem o długich tradycjach górniczych, związanych z wydobywaniem rud żelaza, rud srebra i ołowiu oraz węgla brunatnego. Złóża rud żelaza były znane od wczesnego średniowiecza i dostarczały surowca do działających na tym terenie fryszerek i hut żelaza, zlokalizowanych nad rzekami, których nurt zapewniał niezbędną energię. W XVIII w. nastąpił rozwój górnictwa rud żelaza, co było związane z wprowadzaniem nowych metod przetwórstwa hutniczego, a także z wykorzystywaniem węgla kamiennego do procesów hutniczych. Na obszarze arkusza rudy żelaza eksploatowano wówczas w rejonie biskupiej wsi Mierzęcice (tzw. ruda mierzęcicka). Złóża te występowały w formie gniazdowej na wychodniach skał węglanych triasu środkowego. Tworzyły je utwory regolitowe złożone z glin rezydualnych i piasków, powstałe w wyniku działalności krasowej prawdopodobnie w okresie oligoceńsko-miocenijskim (Lewandowski, Ciesielczuk, 1997). Eksploatację tych złóż prowadzono w płytkich wyrobiskach (tzw. „dołach rudnych”) o głębokościach sięgających maksymalnie do 25 m. Ponadto rudę żelaza w XIX w. wydobywano również systemem wieloszybikowym w małych kopalniach podziemnych.

Górnictwo rud cynkowo-olowiowych w rejonie Siewierza rozwijało się od XIII do XIX w. Eksploatację rud prowadzono początkowo metodą odkrywkową i wytapiano z nich srebro i ołów. W latach 20. XX w. był również eksploatowany dolnojurajski węgiel brunatny. W okolicy Mierzęcic istniała kopalnia węgla, zwanego blawowickim, prowadzona przez Polsko-Amerykańską Kompanię Węglową. Utwory węglonośne w tym rejonie występują w postaci soczew na zmiennych głębokościach – od 4 do ok. 35 m, a ich miąższość jest niewielka i nie przekracza 1,1 m (Wójcik, Preidl, 2014).

Według stanu na 31.12.2022 r. na obszarze arkusza Siewierz udokumentowanych jest 10 złóż kopalni: rud cynku i ołowiu, dolomitów, surowców ilastych ceramiki budowlanej oraz piasków i żwirów (Szuflicki i in., 2023). Informacje dotyczące parametrów złóż oraz parametrów jakościowych kopalni zacytowano za dokumentacjami geologicznymi poszczególnych złóż oraz systemem MIDAS (System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych Polski – <http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web> [dostęp 14.11.2024]).

W obrębie arkusza aktualnie są udokumentowane dwa złóża **cynku i ołowiu** - „Siewierz” i „Gołuchowice”. Są one związane z występowaniem dolomitów kruszczonośnych triasu środkowego. Złóżo „Siewierz”, o powierzchni 650 ha, zlokalizowane jest w północno-wschodniej części arkusza. Zostało ono wstępnie rozpoznane (kat. D), jego zatwierdzone zasoby to 317 tys. t rudy zawierającej 18 tys. t ołowiu i 9 tys. t cynku. Średnia grubość nadkładu (wapienie i dolomity) wynosi ok. 160 m, a miąższość złoża wynosi od 1,1 do 14,1 m. Parametry jakościowe kopaliny przedstawiają się następująco: zawartość cynku mieści się w zakresie 0,8–10,0%, ołowiu – 0,5–50,4%, a średnia zawartość srebra wynosi 523,9 g/t. Złóżo „Gołuchowice” udokumentowano na powierzchni 627,7 ha. W zdecydowanej większości znajduje się ono na sąsiednim arkuszu. Zasoby rudy cynku i ołowiu wynoszą 16,9 mln t, cynku metalicznego – 562 tys. t, a ołowiu – 149 tys. t. Średnia

zawartość cynku w rudzie wynosi 3,4%, natomiast ołowiu 1,1%. Obydwa złóża rud cynku i ołowiu pozostają niezagospodarowane.

Na opisywanym obszarze występują złóża **surowców skalnych**: węglanowych (dolomity), surowców ilastych ceramiki budowlanej (gliny, iły, ilołupki) oraz piasków.

W północno-wschodniej części arkusza jest zlokalizowane złóżo „Burdzowice” o powierzchni 106,8 ha. Bezpośrednio na powierzchni terenu lub pod niewielkim nadkładem o średniej grubości ok. 4,5 m, udokumentowano dolomity triasowe (kruszczońskie i diploporowe) oraz dewońskie, o zróżnicowanej miąższości (20–91,8 m). Średnia zawartość CaO w kopalinie wynosi 28,9%, a MgO 18,0%, znikoma jest zawartość domieszek szkodliwych. Surowiec znajduje zastosowanie w hutnictwie jako topnik, w budownictwie jako kruszywo łamane, a także jest wykorzystywany do produkcji nawozów węglanowo-magnezowych. Złóżo „Burdzowice” jest eksploatowane od 1976 r., w wyniku czego powstało rozległe wyrobisko, kilkudziesięci-hektarowe. Eksploatacja jest prowadzona systemem stokowo-węglowym, na kilku poziomach, przy użyciu materiałów wybuchowych. Zasoby kopaliny w złóżu są znaczące i wynoszą 132,8 mln t, w tym 73,2 mln t zasobów przemysłowych.

W obrębie opisywanego kompleksu skalnego, na wschód od złóża „Burdzowice” udokumentowano złóżo kamieni łamanych i blocznych „Nowa Wioska”. Zajmuje ono powierzchnię 49,51 ha. Serię złożową o miąższości 28,1–75,9 m przykrywa nadkład o średniej grubości ok. 5 m. Parametry jakościowe kopaliny są następujące: wytrzymałość na ścislenie w stanie powietrzno-suchym mieści się w przedziale 27,5–99,1 MPa, średnia nasiąkliwość wynosi 2,5%, a gęstość waha się od 2,8 do 3,0 g/cm³. Kopalina jest udokumentowana jako surowiec dla drogownictwa, budownictwa oraz do produkcji kruszywa łamanego, a jej zasoby wynoszą 50,3 mln t. Złóżo „Nowa Wioska” eksploatowane jest od 1968 r., a powierzchnia wyrobiska poeksploatacyjnego wynosi kilkanaście hektarów.

Złóżo kamieni łamanych i blocznych „Podwarpie” jest zlokalizowane w środkowo-wschodniej części arkusza w obrębie wschodni dolomitów kruszczonośnych i diploporowych. Zajmuje ono powierzchnię 62,3 ha. Kopalinę użyteczną stanowią tu dolomity, które występują pod niewielkim (średnio 3,7 m) nadkładem gleby, gliny i rumoszu dolomitów. Miąższość złoża waha się od 21,8 do 64,7 m. Dolomity charakteryzuje wytrzymałość na ścislenie wynosząca 101,9 MPa, nasiąkliwość – 4,33%, ścieralność w bębnie Devala – 7,86%. Złóżo pozostaje niezagospodarowane.

W północno-zachodniej części arkusza są zlokalizowane sąsiadujące ze sobą złóża **piasków czwartorzędowych** – „Szeligowice” i „Szeligowice II”, o powierzchniach odpowiednio 12,31 i 39,27 ha. Kopalinę stanowią piaski drobnociarniste o miąższości 2,0–10,3 m występujące pod niewielkim nadkładem o grubości 0,1–0,4 m. Punkt piaskowy kruszywa wynosi 100%, zawartość pyłów mineralnych jest niewielka (średnio odpowiednio 3,4 i 4,47%) i nie zawiera ono zanieczyszczeń obcych. Kruszywo może mieć zastosowanie do celów budowlanych, do produkcji betonów oraz zapraw tynkarskich. Obydwa złóża były w przeszłości eksploatowane, jednak z końcem 2022 r. koncesje straciły ważność.

W północno-wschodniej części arkusza, w obrębie piasków wodnolodowcowych, zlokalizowane są trzy złóża piasków – „Siewierz M”, „Siewierz II” i „Piwoń”. Złóża „Siewierz M” i „Siewierz II” zajmują niewielkie powierzchnie – odpowiednio 2,7 i 1,57 ha. Ich miąższość wynosi ok. 7 m, a grubość nadkładu jest niewielka i osiąga 0,1–0,5 m. Jest to kruszywo o wysokim punkcie piaskowym przekraczającym 99% i niewielkiej zawartości pyłów mineralnych – 1,4–2,0%. Złóża te nie zawierają zanieczyszczeń obcych i organicznych. Eksploatacja złóża „Siewierz M” została zaniechana, a złóżo „Siewierz II” pozostaje niezagospodarowane. Złóżo „Piwoń” zajmuje powierzchnię 15,76 ha, a jego miąższość wynosi 8,4–16,7 m. Nadkład stanowi gleba o średniej grubości 0,4 m. Punkt piaskowy kruszywa wynosi 99,5%, zawartość pyłów mineralnych jest znikoma i sięga maksymalnie do 1,4%, ponadto brak jest zanieczyszczeń obcych i organicznych. Jest to złóżo niezagospodarowane.

Na wschód od Siewierza na powierzchni 4,35 ha udokumentowano złożę **surowców ilastych ceramiki budowlanej** – ilów i łupków ilastych jurajskich (lias) oraz glin i glin pylastych czwartorzędowych „Siewierz E”. Miąższość złoża waha się w granicach 4,24–15,0 m, przykryte jest nadkładem o grubości 0,3–5,7 m. Surowiec ze złoża cechuje się zawartością SiO₂ na poziomie 48,6–78,1%, Al₂O₃ – 8,9–25,4% i marglu – 3,67–6,59%. Eksploatacja kopaliny ze złoża odbywała się w latach 1910–1994. Surowiec stanowił dobry materiał do produkcji cegły pełnej, wypalanej w pobliskiej cegielni.

ANTROPOPRESJA

Rzeźba analizowanego obszaru jest przeobrażona w nieznaczny stopniu. Zmiany naturalnych form krajobrazu występują w rejonach współczesnego wydobywania kopaliny (dolomitów, kamieni łamanych, piasków i żwirów) przy północnej granicy arkusza oraz w jego części południowo-wschodniej, gdzie na niewielką skalę odbywała się historyczna eksploatacja rud Zn-Pb, po której pozostały zagłębienia na powierzchni terenu. Utworzenie Zalewu Przemyskiego-Siewierskiego spowodowało zmiany sieci hydrograficznej i krajobrazu.

Powietrze atmosferyczne. Czynnikiem, które kształtują warunki aero-sanitarne na obszarze arkusza są: emisja z sektora komunalno-bytowego (tzw. niska emisja), emisja z zakładów przemysłowych i usługowych oraz emisja liniowa. Emisja z lokalnych kotłowni i indywidualnych palenisk domowych wykazuje zmienność sezonową. Nasila się w okresie grzewczym i jest związana z uwalnianiem do powietrza przede wszystkim pyłu zawieszonego, dwutlenków siarki i azotu oraz tlenku węgla. Rodzaj i ilość emitowanych zanieczyszczeń są warunkowane nie tylko sprawnością urządzeń, lecz także zależą od stosowanych źródeł energii. Zakłady przemysłowe i usługowe, takie jak: Air Products Sp. z o.o., Electrolux Poland Sp. z o.o., Górnicze Zakłady Dolomitowe SA, TRIBAG SA i Przedsiębiorstwo wielobranżowe PROMAG Sp. z o.o., są źródłami zanieczyszczeń pyłowych i gazowych emitowanych do powietrza. Działalność tych podmiotów jest związana m.in. z emisjami pyłu PM10, tlenku węgla, dwutlenku siarki, węglowodorów, kwasu siarkowego, a także innych szkodliwych substancji (Majka i in., 2013; Majka, 2020). W przypadku emisji komunikacyjnej (liniowej) źródłem zanieczyszczeń są zarówno produkty ścierania się materiałów eksploatacyjnych pojazdów (np. ogumienia), jak i spalania paliw. Powstają wówczas węglowodory, dwutlenek azotu, tlenki węgla i związki ołowiu (Adamiec i in., 2016). Największe oddziaływanie emisji liniowej obserwuje się wzdłuż dróg o dużym natężeniu ruchu, do których na obszarze arkusza należą odcinki tras S1, DK 78, DK 86 i DK 91.

Teren arkusza jest częścią strefy śląskiej, dla której – w ramach systemu państwowego monitoringu środowiska – dokonywane są corocznie oceny poziomów substancji w powietrzu (Ustawa..., 2001). Dane dostarczane przez stacje pomiarowe zlokalizowane poza granicami arkusza wskazują, że w tej strefie są notowane ponadnormatywne stężenia pyłu zawieszonego (zarówno PM10, jak i PM2,5) oraz zawartego w pyłe PM10 benzo(a)pirenu. Pomiar zawartości pyłów (PM1; PM2,5; PM10) w powietrzu są także wykonywane w ramach gminnego systemu monitoringu jakości powietrza funkcjonującego od marca 2019 r. na terenie gminy Siewierz. Dane o stężeniu zanieczyszczeń są dostarczane w sposób stały przez 9 czujników rozlokowanych w różnych częściach gminy. Analiza uzyskiwanych wyników wskazuje, że najgorsza jakość powietrza jest notowana w sezonie grzewczym, w warunkach bezwietrznej pogody i niskiej temperatury, na terenach zwartej zabudowy, gdzie nie ma swobodnego przepływu mas powietrza (Analiza jakości powietrza..., 2023).

Wody powierzchniowe i podziemne. Główną oś hydrograficzną arkusza stanowi rzeka Przemsza, która płynie w jego granicach z północnego wschodu na południe. Na rzece w rejonie miejscowości Siewierz, Przeczycze i Boguchwałowice (administracyjnie należących do miasta i gminy Siewierz oraz gminy Mierzęcice) utworzono Zalew Przemyskiego-Siewierski. Przemsza do Zalewu Przemyskiego-Siewierskiego płynie naturalnym, często meandrującym korytem (Deryło i in., 2000). Jej lewobrzeżnymi dopływami są potok Mitręga i Dopływ w Kuźnicy Sulikowskiej, które zasilają rzekę w jej biegu powyżej Zalewu Przemyskiego-Siewierskiego. Prawobrzeżnymi dopływami są natomiast potok Jordan (obszar źródłowy potoku znajduje się poza granicami arkusza), który wpada do niej powyżej Zalewu oraz Dopływ z Sadowia (jego obszar źródłowy znajduje się pod Sławniowem) – poniżej Zalewu (Wójcik, 2024). Wypływając z Zalewu, rzeka płynie szeroką doliną, w której występują liczne mokradła i rowy (Studium, 2021).

Utworzony w 1963 r. na rzece Przemszy Zalew Przemyskiego-Siewierski ma powierzchnię 414,7 ha (przy normalnym poziomie piętrzenia) i średnią głębokość 4,4 m. Jest obiektem wielozadaniowym, spełniającym następujące funkcje:

- wyrównawczą – magazynowanie wody do celów pitnych i przemysłowych oraz zapewnienie przepływu nienaruszalnego poniżej zapory, a także podwyższenie przepływów niżówkowych w rzece;
- przeciwpowodziową – redukcjonowanie fal powodziowych i ochrona terenów leżących poniżej zbiornika;
- rekreacyjną – turystyka i wędkarstwo (Aktualizacja, 2020).

Jest to zbiornik zaporowy o wydłużonym kształcie, którego dno wypełnione jest osadami czwartorzędowymi – mułkami, piaskami i żwirami rzecznyymi (Kaziuk, Lewandowski, 1978), pod którymi zalegają spękane skały kredowe. Zbiornik ten ma charakter infiltrujący. W wyniku przenikania jego wód do poziomów wodonośnych dochodzi do zmiany warunków hydrogeologicznych, co przejawia się podniesieniem poziomu zwierciadła wód podziemnych. Zapora czołowa zalewu została posadowiona w km 53+420 biegu Przemszy. Zbiornik ma również zaporę boczną w rejonie Boguchwałowic wybudowaną w celu ochrony terenów polderowych. Ze względu na małą średnią głębokość oraz dużą powierzchnię lustra wody jest on podatny na wpływy atmosferyczne (Machowski, Rzętała, 2020). Zalew jest bezpośrednio zasilany wodami potoku Szeligowiec i Dopływu w Boguchwałowicach (Wójcik, 2024).

Stan jakości wód powierzchniowych znajdujących się w obrębie arkusza oceniono jako zły. Wody charakteryzowały się stanem ekologicznym poniżej dobrego oraz złym potencjałem ekologicznym, z wyjątkiem Zalewu Przemyskiego-Siewierskiego, w którym stwierdzono umiarkowany potencjał ekologiczny (Prognoza, 2023; Rozporządzenie..., 2022). Na zły stan jakości wód mają wpływ następujące czynniki: spływy z terenów rolniczych, zrzuty oczyszczonych ścieków z funkcjonujących na tym obszarze oczyszczalni, spływy powierzchniowe wód opadowych z terenów utwardzonych, tj. dróg, placów, parkingów i powierzchni dachowych, a także depozycja zanieczyszczeń (głównie benzo(a)pirenu) pochodzących z transportu samochodowego (Rozporządzenie..., 2022). Potwierdzeniem złego stanu wód jest również ocena środowiskowa wykonana dla czterech rzecznych jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) znajdujących się w granicach arkusza. Wszystkie JCWP zostały uznane za zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych wyznaczonych w Planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (Rozporządzenie..., 2022).

Obszar arkusza jest położony w regionie hydrogeologicznym triasu śląskiego (XII) (Paczyński, Sadurski, 2007), a wg charakterystyki jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) w granicach JCWPd 111 (północno-zachodni obszar arkusza) i JCWPd 112 (cały obszar arkusza z wyjątkiem północno-zachodniego terenu) (baza CBDG – <https://dm.pgi.gov.pl/> [dostęp 19.12.2023]). Wody podziemne o znaczeniu użytkowym występują w marglisto-dolomitycznych i wapiennych utworach triasu

(środkowego i dolnego) reprezentowanych przez wapień muszlowy i ret. Są to poziomy wodonośne szczelinowo-krasowe, które łączą się na znacznych przestrzeniach w kompleks wodonośny serii węglanowej triasu. Natomiast lokalne znaczenie użytkowe ma porowy poziom wodonośny czwartorzędu i jury dolnej (lias) w Siewierzu oraz niższego pstręgo piaskowca (trias dolny – warstwy świerklanieckie) w rejonie Ożarówce-Mierzęcice-Dąbie-Siemonia (Rózkowski, 1997). Jakość wód oceniana jest jako dobra, z wyjątkiem północno-zachodniego rejonu arkusza, gdzie stan ogólny wód oceniono jako słaby. Wpływ na zły stan jakości wód ma prowadzona na tym obszarze działalność rolnicza (<http://karty.apgw.gov.pl:4200/jcw-podziemne> [dostęp 07.12.2023]).

Obszar arkusza jest zlokalizowany w zasięgu dwóch Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) – GZWP nr 454 (Olkusz-Zawiercie) i GZWP nr 327 (Lubliniec-Myszków). GZWP nr 454 obejmuje swoim zasięgiem cały obszar arkusza z wyjątkiem jego północno-zachodniego fragmentu. Jest on zbudowany ze skał wapiennych, dolomitycznych i marglistych triasu dolnego i środkowego piaskowca (utwory te występują lokalnie i nie mają większego znaczenia użytkowego). Zbiornik ten nie ma ustanowionych obszarów ochronnych, natomiast istnieje wydzielony obszar wód zdegradowanych o powierzchni 167 km². Ze względu na silne przeobrażenia właściwości fizykochemicznych wód piętra triasowego, znajdujących się w obrębie tego obszaru, nie nadają się one do celów konsumpcyjnych. Wody w zbiorniku należą w większości do klasy jakości I–III, a ich stan chemiczny jest dobry. Lokalnie (na terenach miejsko-przemysłowych i rolniczych) wody zbiornika zalicza się do klas IV–V (Mikołajków, Sadurski, 2017). W północno-zachodniej krawędzi arkusza znajduje się niewielki fragment zbiornika GZWP nr 327. Zbudowany jest on ze skał dolomityczno-wapiennych triasu środkowego (wapień muszlowy) z wodami występującymi w ośrodkach szczelinowo-krasowych. W granicach arkusza poziom zbiornikowy jest odkryty. Zbiornik ten nie ma ustanowionych obszarów ochronnych. Wody w zbiorniku należą w większości do II i III klasy jakości. Potencjalne zagrożenie dla jakości wód ma przede wszystkim działalność gospodarcza prowadzona poza granicami arkusza, głównie w rejonie Tarnowskich Gór. Niekorzystny wpływ wynika także z intensywnie prowadzonej produkcji rolniczej (Mikołajków, Sadurski, 2017).

Oczyszczalnie. Na obszarze arkusza w granicach administracyjnych gminy Siewierz znajduje się oczyszczalnia ścieków komunalnych „Północ”. Jest to instalacja mechaniczno-biologiczna o średniej przepustowości 996 m³/d. Odbiornikiem oczyszczonych ścieków jest rzeka Przemsza (km 58+280). Ze względu na niezadowalający stan techniczny oczyszczalni oraz rozbudowę sieci kanalizacyjnej planowana jest modernizacja obiektu. Docelowo inwestycja ma zakończyć się w 2026 r., a jej wymiernymi efektami mają być m.in. usprawnienie procesów technologicznych oraz zapewnienie odpowiedniej jakości ścieków odprowadzanych do Przemszy (Uchwała, 2021b). Do oczyszczalni „Północ” za pośrednictwem sieci kanalizacyjnej kierowane są ścieki bytowe ze Szpitala Chorób Płuc w Siewierzu oraz z Air Products Sp. z o.o. Wcześniej oba podmioty eksploatowały własne instalacje oczyszczające ścieki.

Swoimi oczyszczalniami nadal dysponują Nadleśnictwo Siewierz oraz Górnicze Zakłady Dolomitowe SA. Pierwszy z wymienionych podmiotów eksploatuje biologiczną oczyszczalnię ścieków bytowych o przepustowości 9 m³/d, a drugi – zakładową oczyszczalnię ścieków „Bioblok” o przepustowości 50 m³/d (Majka, 2020). Ścieki przemysłowe pochodzące z Górniczych Zakładów Dolomitowych SA stanowią mieszaninę podczyszczonych wód opadowych z terenów utwardzonych oraz oczyszczonych w oczyszczalni ścieków bytowych i ścieków technologicznych z myjni samochodowej, które są wprowadzane istniejącym wylotem nr 2 do wód kanału „Ptasznik”, a następnie do rzeki Przemszy (Informacja, 2023).

Gleby. Na terenach zurbanizowanych, przemysłowych i poprzemysłowych występują niezbyt rozległe powierzchnie gruntów antropogenicznych. Najczęściej występują mechaniczne przekształcenia profili glebowych, których przejawem jest zanik poziomów genetycznych, ich wymieszanie między sobą lub z materiałem obcym, a także zasypywanie i zagęszczanie. Przekształcenia mechaniczne gleb są skutkiem zabudowy terenu, utwardzania i ubijania podłoża, zdejmowania pokrywy glebowej oraz wykonywania wykopów, nasypów i wyrównań.

Oprócz czynników geogenicznych na chemizm gleb mają wpływ pylenie z zakładów górniczych i zaburzenia stosunków hydrogeologicznych (obserwowane m.in. w rejonie Zbiornika Przeczycko-Siewierskiego). Istotną rolę odgrywają również opad zanieczyszczeń emitowanych do powietrza, intensywna urbanizacja oraz nadmierna chemizacja rolnictwa.

Informacje dotyczące zanieczyszczenia gleb na obszarze arkusza są nieliczne. Badania monitoringowe prowadzone przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w punkcie badawczo-pomiarowym w rejonie Sulikowa w 2015 i 2020 r. wykazały odpowiednio 10,85 i 9,48 mg/kg kadmu, 856,6 i 2100,0 mg/kg ołowiu oraz 1458,8 i 281,0 mg/kg cynku (Monitoring, 2020).

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2021–2024 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie siatki opróbowania gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek i pomiary współrzędnych geograficznych 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 pobierano za pomocą ręcznej sondy o średnicy 60 mm w regularnej siatce 250 × 250 m (16 próbek/km²). Lokalizację miejsc opróbowania dokumentują mapy przedstawiające jednocześnie zabudowę i użytkowanie terenu (tabl. 2–3). Łącznie pobrano 1289 próbek z głębokości 0,0–0,3 m oraz 1263 próbki z głębokości 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Każdą z próbek (o masie ok. 500 g) umieszczano w woreczku płóciennym opatrzonym odpowiednim numerem i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki wód powierzchniowych i osadów wodnych (odpowiednio 266 i 256 próbek) pobierano w analogicznych lokalizacjach z rzek, strumieni, rowów, kanałów, jezior, osadników, sadzawek i stawów. Różnica pomiędzy liczbą próbek była uwarunkowana możliwością ich pobrania (brak materiału wynikający np. z okresowego wysychania cieków lub wybetonowania ich koryt). Odległość między miejscami pobierania próbek z cieków i zbiorników wynosiła ok. 250 m. Lokalizację punktów opróbowania przedstawiono na tablicach (zaczynając odpowiednio od numerów 7 i 9), obrazujących zawartości poszczególnych pierwiastków w tych elementach środowiska.

Próbki wód powierzchniowych pobierano bezpośrednio strzykawką ze zbiornika/cieku. W przypadkach braku bezpiecznego podejścia, wody pobierano czerpakiem. Przewodność elektrolityczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH)

mierzone w terenie za pomocą pH-metru/konduktometru (Elmetron CPC-105) z automatyczną kompensacją temperaturą, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. Pobrane wody były filtrowane w terenie przez filtry Milipore 0,45 µm, wlewane do butelek o objętości 30 cm³ i zakwaszane kwasem azotowym (V) do pH < 2. Butelki opisywano odpowiednimi numerami. Próbkę osadów o masie ok. 500 g i możliwie najdrobniejszej frakcji pobierano z brzegów zbiorników i cieków za pomocą czerpaka i umieszczano w pojemnikach z tworzywa sztucznego o pojemności 500 cm³, opisanych odpowiednimi numerami.

Miejsca pobrania wszystkich próbek zaznaczano na mapach topograficznych w skali 1:10 000, a ich lokalizację określono techniką GPS z dokładnością ±2–5 m. Stosowane urządzenie umożliwia oprócz pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji, np. numer próbki, wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz litologię próbek. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono siatkę opróbowania w formie danych przestrzennych shapefile. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe były notowane również na specjalnie przygotowanych kartach terenowych (fig. 2).

PRACE LABORATORYJNE

Przygotowanie próbek do badań, oznaczenia parametrów fizykochemicznych oraz analizy chemiczne wykonano w laboratorium chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB).

Przygotowanie próbek. Próbkę gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sита nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,0–0,3 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,8–1,0 m, po przesianiu i kwartowaniu, przeznaczano do analizy chemicznej (fig. 1). Próbkę gleb przeznaczoną do analiz chemicznych ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych. Próbkę osadów wodnych suszono w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewano przez sита nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm po kwartowaniu przeznaczano do analizy chemicznej (fig. 1).

Analizy chemiczne. Roztworzenie próbek gleb i osadów wodnych przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej masy mineralizatu 50 g) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostатовanym bloku grzewczym.

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 emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (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-wstrzykowy. Odczyn gleb oznaczono metodą potencjometryczną w zawiesinie z wodą (pH–H₂O), stosując proporcje wagowe 1:5 (gleba:woda), a oznaczenia zawartości węgla organicznego (C_{org}) w glebach metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją w podczerwieni IR. Oznaczenia zawartości B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si, S, Sr, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES), a zawartości Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, U i V metodą spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (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 badań (przy założonym poziomie prawdopodobieństwa 95% i współczynnika rozszerzenia k = 2) próbek wód, gleb i osadów nie przekracza 25%, z wyjątkiem niepewności rozszerzonej wyników badań stężenia boru w próbkach wód w zakresie 0,01–0,10 mg/dm³, zawartości rtęci w próbkach gleb i osadów oraz zawartości węgla organicznego w próbkach gleb, która wynosi 30%.

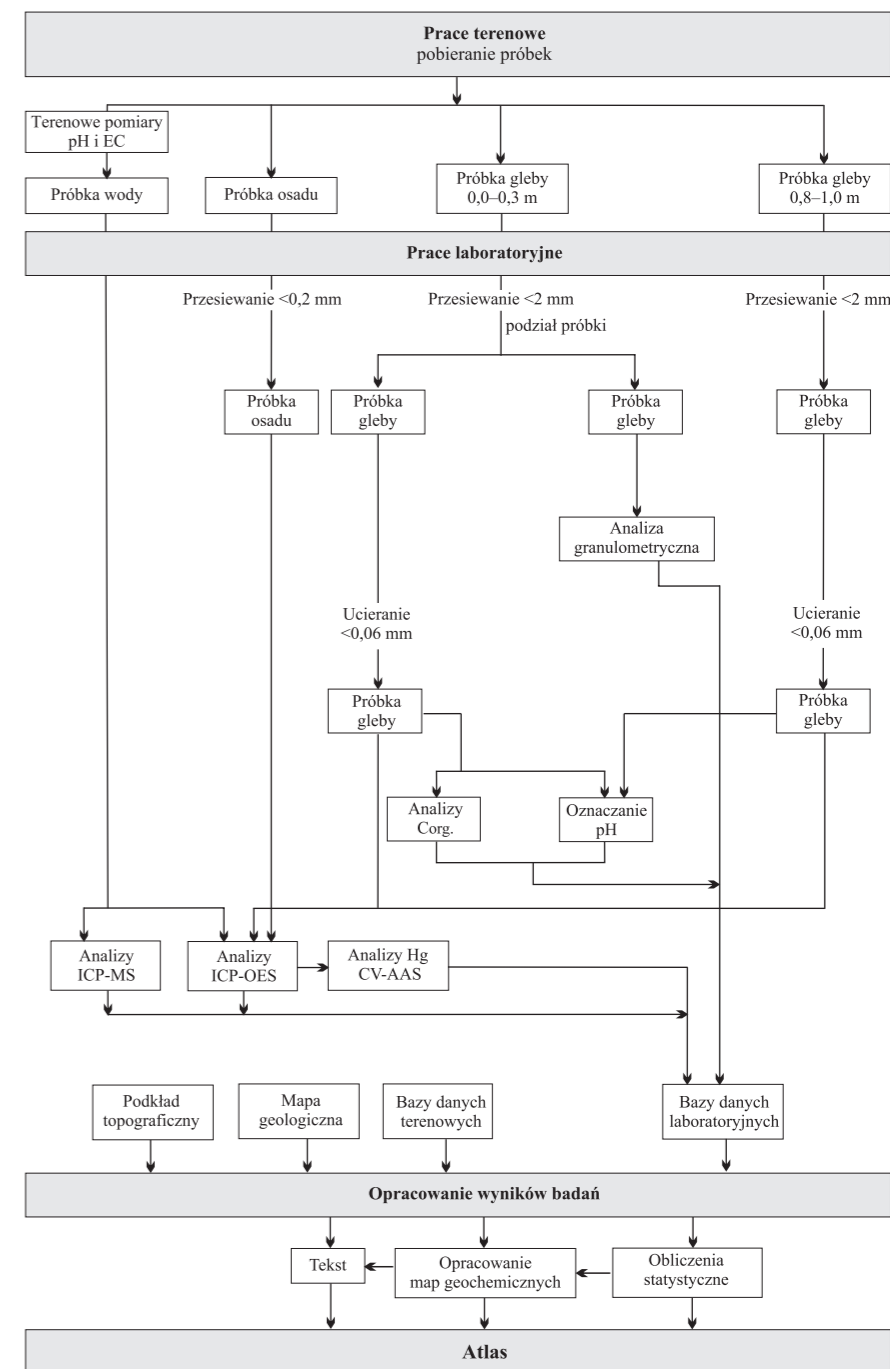


Fig. 1. Schemat wykonanych prac

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

Data
Opróbował

Nr próbki		Gleba	Współrzędne	
1		głębokość	0,0–0,3 m	X
2		głębokość		Y

Powiat Gmina Miejscowość

Zabudowa	Użytkowanie	Próbka	Gatunek gleby
1 <input type="checkbox"/> brak	1 <input type="checkbox"/> pole uprawne	1 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/> piaszczysta, piasek
2 <input type="checkbox"/> wiejska	2 <input type="checkbox"/> las	2 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/> piaszczysto-gliniasta
3 <input type="checkbox"/> miejska niska	3 <input type="checkbox"/> łąka	3 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/> gliniasto-piaszczysta
4 <input type="checkbox"/> miejska wysoka	4 <input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/> gliniasta
5 <input type="checkbox"/> przemysłowa	5 <input type="checkbox"/> trawnik	5 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/> glina
	6 <input type="checkbox"/> park	6 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/> muł
	7 <input type="checkbox"/> ogród	7 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/> torfiasta, torf
		8 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/> antropogeniczna, nasypowa

Uwagi:

A

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

Data
Opróbował

Nr próbki		Współrzędne
Osad	3	X
Woda	4	Y

Powiat Gmina Miejscowość Nazwa zbiornika

Zabudowa	Użytkowanie	Zbiornik	Osad
1 <input type="checkbox"/> brak	1 <input type="checkbox"/> pole uprawne	1 <input type="checkbox"/> rzeka	1 <input type="checkbox"/> piasek
2 <input type="checkbox"/> wiejska	2 <input type="checkbox"/> las	2 <input type="checkbox"/> strumień	2 <input type="checkbox"/> szlam organiczny
3 <input type="checkbox"/> miejska niska	3 <input type="checkbox"/> łąka	3 <input type="checkbox"/> kanał	3 <input type="checkbox"/> muł
4 <input type="checkbox"/> miejska wysoka	4 <input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4 <input type="checkbox"/> rów	4 <input type="checkbox"/> ił
5 <input type="checkbox"/> przemysłowa	5 <input type="checkbox"/> trawnik	5 <input type="checkbox"/> jezioro	
	6 <input type="checkbox"/> park	6 <input type="checkbox"/> sadzawka	
	7 <input type="checkbox"/> ogród	7 <input type="checkbox"/> staw rybny	
		8 <input type="checkbox"/> osadnik	

Uwagi:

B

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

Analizy granulometryczne gleb pobranych z głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Centrum Badań Gruntów i Skał w Zakładzie Geologii Inżynierskiej PIG-PIB w Warszawie. Badanie składu ziarnowego przeprowadzono metodą analizy sitowej (granulometrycznej) wg własnej procedury opracowanej na podstawie normy PN-B-04481:1988 p. 4.1. Po utlenieniu materii organicznej (przez zastosowanie 30% roztworu nadtlenu wodoru – perhydrolu) próbki przemywano przez sito 0,02 mm, a pozostałość przesiewano na sucho 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 (tabl. 4–6): 1,0–0,1 mm – frakcja piaszkowa, 0,1–0,02 mm – frakcja pyłowa i <0,02 mm – frakcja iłowa.

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Bazy danych. Utworzono oddzielne zbiory danych (arkusze kalkulacyjne) dla:

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

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

Zebrane dane zostały umieszczone w odrębnych tabelach (dla gleb, osadów i wód powierzchniowych) geobazy Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG) funkcjonującej w środowisku Oracle. Tabele te posłużyły do opracowania monopierwiastkowych map geochemicznych. W geobazie są przechowywane 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 wg różnych kryteriów środowiska, np. zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach terenów miejskich, 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 dla gleb, osadów i wód powierzchniowych pod warunkiem, że liczyły one 10 lub więcej próbek. W przypadkach, w których zawartość pierwiastków była niższa niż granica oznaczalności zastosowanej metody analitycznej, do obliczeń statystycznych przyjmowano wartość równą połowie tej granicy. Wyliczono średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz podano wartość minimalną i maksymalną. Dla pierwiastków, dla których uzyskany odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%, odstąpiono od obliczenia wybranych miar statystyk opisowych i przedstawiono jedynie wartości minimalne i maksymalne. Parametry statystyczne dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 i zamieszczono na mapach geochemicznych (tabl. 7–62).

Tabela 1
Table 1

Metody analityczne i granice oznaczalności

Analytical methods and determination limits

Pierwiastek/ związek <i>Element/ compound</i>	Metoda analityczna <i>Analytical method</i>	Granica oznaczalności <i>Determination limit</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Metoda analityczna <i>Analytical method</i>	Granica oznaczalności <i>Determination limit</i>	Jednostka <i>Unit</i>
Ag	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Al	ICP-OES	0,01	[%]	ICP-MS	0,5	[µg/dm ³]
As	ICP-OES	3	[mg/kg]	ICP-MS	2	[µg/dm ³]
B	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-OES	0,01	[mg/dm ³]
Ba	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-OES	0,001	[mg/dm ³]
Be	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
C _{org} (TOC)	*	0,02	[%]	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>		
Ca	ICP-OES	0,01	[%]	ICP-OES	0,1	[mg/dm ³]
Cd	ICP-OES	0,5	[mg/kg]	ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Co	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Cr	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-OES	0,003	[mg/dm ³]
Cu	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Fe	ICP-OES	0,01	[%]	ICP-OES	0,01	[mg/dm ³]
Hg	CV-AAS	0,02	[mg/kg]	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>		
K	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-OES	0,5	[mg/dm ³]
Li	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,3	[µg/dm ³]
Mg	ICP-OES	0,01	[%]	ICP-OES	0,1	[mg/dm ³]
Mn	ICP-OES	2	[mg/kg]	ICP-OES	0,001	[mg/dm ³]
Mo	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Na	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-OES	0,5	[mg/dm ³]
Ni	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-MS	0,5	[µg/dm ³]
P	ICP-OES	0,002	[%]	ICP-OES	0,05	[mg/dm ³]
Pb	ICP-OES	2	[mg/kg]	ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
S	ICP-OES	0,003	[%]	ICP-OES	1	[mg/dm ³]
Sb	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
Se	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	2	[µg/dm ³]
Si	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-OES	0,1	[mg/dm ³]
Sr	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-OES	0,002	[mg/dm ³]
Ti	ICP-OES	5	[mg/kg]	ICP-OES	0,002	[mg/dm ³]
Tl	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
U	nie oznaczono/ <i>not indicated</i>			ICP-MS	0,05	[µg/dm ³]
V	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-MS	1	[µg/dm ³]
Zn	ICP-OES	1	[mg/kg]	ICP-OES	0,003	[mg/dm ³]

ICP-OES – emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej
Inductively Coupled Plasma Optical 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

Tabela 2 cd.
Table 2 cont.

Gleby Soils	Parametry Parameters	Ag	Al	As	Ba	C _{org}	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	Ti	V	Zn	pH
		[mg/kg]	[%]	[mg/kg]		[%]		[mg/kg]				[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]		[%]	[mg/kg]	[%]		[mg/kg]			[-]
	Granica oznaczalności Determination limit	1	0,01	3	1	0,02	0,01	0,5	1	1	1	0,01	0,02	0,01	2	1	0,002	2	0,003	1	5	1	1	2,00
Gleby piaszczyste Sandy soils n = 887	a	<1	0,02	<3	6	0,09	<0,01	<0,5	<1	<1	<1	0,01	<0,02	<0,01	<2	<1	<0,002	3	<0,003	<1	6	<1	4	3,59
	b	2	2,06	45	242	44,46	14,88	42,2	31	56	148	8,47	0,18	8,40	4052	43	0,118	1239	0,136	156	129	99	4798	9,00
	c	–	0,29	5	38	1,86	0,31	2,5	–	5	6	0,51	0,03	0,12	291	4	0,022	105	0,016	6	39	7	224	6,30
	d	–	0,24	4	33	1,36	0,07	1,5	–	3	5	0,34	0,02	0,03	96	2	0,018	72	0,013	4	37	5	107	6,18
	e	–	0,24	4	34	1,29	0,05	1,6	–	3	5	0,31	0,02	0,02	135	2	0,020	75	0,012	3	39	5	98	6,38
Gleby gliniaste Clay soils n = 217	a	<1	0,11	<3	8	0,16	0,01	<0,5	<1	1	1	0,04	<0,02	<0,01	3	<1	0,005	8	<0,003	<1	10	1	19	4,56
	b	37	1,71	70	187	10,77	12,93	41,9	25	38	85	4,05	0,24	3,19	3535	27	0,076	8453	0,082	208	164	47	4854	9,37
	c	–	0,56	8	52	1,59	0,71	4,5	3	9	9	1,07	0,04	0,23	600	7	0,031	275	0,019	12	43	13	482	7,10
	d	–	0,47	5	45	1,32	0,24	2,4	2	7	8	0,77	0,03	0,09	329	5	0,028	106	0,016	7	39	11	221	7,05
	e	–	0,50	6	49	1,31	0,22	2,1	3	8	8	0,91	0,03	0,09	441	6	0,029	94	0,017	8	41	12	198	7,21
Gleby torfiaste Peaty soils n = 46	a	<1	0,08	<3	14	2,06	0,01	<0,5	<1	1	3	0,06	<0,02	<0,01	4	<1	0,008	17	0,014	1	<5	<1	18	3,77
	b	6	2,06	53	273	49,20	6,11	55,1	6	24	47	3,42	0,28	2,90	1828	19	0,210	5163	0,309	64	90	149	4695	7,40
	c	–	0,59	10	110	26,11	0,50	6,7	–	7	15	0,63	0,13	0,12	134	5	0,058	422	0,130	15	33	14	354	4,72
	d	–	0,47	6	91	19,54	0,16	4,4	–	6	12	0,38	0,10	0,02	35	4	0,044	180	0,102	10	27	9	166	4,62
	e	–	0,55	6	102	28,41	0,13	5,0	–	6	15	0,36	0,13	0,02	24	5	0,045	187	0,145	9	31	9	151	4,23
Gleby antropogeniczne Anthropogenic soils n = 113	a	<1	0,12	<3	9	0,09	0,02	<0,5	<1	1	2	0,13	<0,02	0,01	15	1	0,003	5	<0,003	1	20	2	16	5,65
	b	6	1,31	258	469	8,38	19,68	45,6	11	119	77	5,38	0,12	9,74	3555	30	0,103	1015	0,267	165	405	34	7888	9,00
	c	–	0,39	9	54	1,55	1,77	3,7	2	10	13	0,83	0,03	0,62	426	7	0,028	148	0,023	19	62	10	529	7,96
	d	–	0,35	4	44	1,12	0,69	2,0	2	7	10	0,63	0,02	0,20	251	5	0,023	94	0,016	11	54	8	246	7,94
	e	–	0,34	4	43	1,24	0,83	2,3	2	7	9	0,64	0,02	0,19	304	5	0,024	107	0,016	13	52	8	262	8,00
Tło geochemiczne/Geochemical background																								
Gleby Europy ¹⁾ Soils of Europe ¹⁾	e	0,27 n = 840	5,82 n = 845	6,00 n = 837*	65,0 n = 837*	1,73 n = 819	0,659 n = 845	0,145 n = 840	7,00 n = 837*	22,00 n = 837*	12,0 n = 837*	1,96 n = 837*	0,037 n = 833	0,46 n = 845	382 n = 837*	14,0 n = 837*	0,056 n = 845	15,0 n = 837*	0,023 n = 837*	89,0 n = 845	3426 n = 845	33,0 n = 837*	48,0 n = 837*	5,51 n = 818
Gleby Polski ²⁾ Soils of Poland ²⁾ n = 10 840**	e	<1	nd.	<5	32	nd.	0,18	<0,5	2	4	5	0,51	<0,05	0,06	217	4	0,034	13	0,012	8	26	7	35	6,1
Gleby regionu śląsko-krakowskiego ³⁾ Soils of Cracow-Silesia Region ³⁾ n = 1564**	e	<1	nd.	<5	54	nd.	0,22	1,3	3	5	7	0,63	0,08	0,07	257	5	0,030	44	0,015	10	28	9	104	6,7
Dopuszczalne zawartości substancji powodujących ryzyko z podziałem na grupy gruntów ⁴⁾ / Permissible contents of risk-causing substances by land groups ⁴⁾																								
I grupa Group I		nd.	nd.	25	400	nd.	nd.	2	50	200	200	nd.	5	nd.	nd.	150	nd.	200	nd.	nd.	nd.	nd.	500	nd.
II grupa Group II		nd.	nd.	10–50	200–600	nd.	nd.	2–5	20–50	150–500	100–300	nd.	2–5	nd.	nd.	100–300	nd.	100–500	nd.	nd.	nd.	nd.	300–1000	nd.
III grupa Group III		nd.	nd.	50	1000	nd.	nd.	10	100	500	300	nd.	10	nd.	nd.	300	nd.	500	nd.	nd.	nd.	nd.	1000	nd.
IV grupa Group IV		nd.	nd.	100	1500	nd.	nd.	15	200	1000	600	nd.	30	nd.	nd.	500	nd.	600	nd.	nd.	nd.	nd.	2000	nd.

a – minimum b – maksimum c – średnia arytmetyczna d – średnia geometryczna e – mediana n – liczba próbek ¹⁾ Salminen, 2005 ²⁾ Lis, Pasieczna, 1995a ³⁾ Lis, Pasieczna, 1995b ⁴⁾ Rozporządzenie Ministra Środowiska..., 2016
 minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

–ⁿ nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
 not calculated in the case when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

nd. – nie dotyczy
 not applicable

* ekstrakcja wodą królewską
 aqua regia digestion

** ekstrakcja kwasem solnym
 hydrochloric acid digestion

Tabela 3 cd.
Table cont.

Gleby Soils	Parametry Parameters	Ag	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	Ti	V	Zn	pH
		[mg/kg]	[%]	[mg/kg]		[%]	[mg/kg]					[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]					[-]	
	Granica oznaczalności Determination limit	1	0,01	3	1	0,01	0,5	1	1	1	0,01	0,02	0,01	2	1	0,002	2	0,003	1	5	1	1	2,00
Trawniki Lawns n = 84	a	<1	0,07	<3	8	<0,01	<0,5	<1	<1	<1	0,04	<0,02	<0,01	10	<1	0,002	<2	<0,003	1	18	<1	5	6,25
	b	2	1,53	51	170	12,33	62,5	11	48	33	7,32	1,68	5,50	5485	39	0,056	1161	0,033	200	110	46	5817	9,05
	c	–	0,40	–	31	0,96	2,4	2	7	6	0,74	–	0,27	332	6	0,016	79	0,007	13	50	9	273	8,09
	d	–	0,31	–	24	0,19	0,7	1	4	5	0,41	–	0,08	113	4	0,013	28	0,004	5	45	6	80	8,07
	e	–	0,27	–	22	0,16	0,6	1	4	4	0,38	–	0,07	111	3	0,013	31	0,004	5	45	5	72	8,12
Gleby piaszczyste Sandy soils n = 761	a	<1	0,03	<3	3	<0,01	<0,5	<1	<1	<1	0,01	<0,02	<0,01	<2	<1	<0,002	<2	<0,003	<1	10	<1	1	4,59
	b	3	1,85	44	367	22,87	95,8	34	36	28	5,67	0,30	10,36	3854	35	0,072	984	0,158	358	128	44	9417	9,30
	c	–	0,22	–	15	0,30	–	–	3	3	0,27	–	0,14	115	2	0,007	23	–	3	38	4	91	7,08
	d	–	0,19	–	13	0,02	–	–	2	2	0,16	–	0,02	27	1	0,005	5	–	1	35	3	19	7,03
	e	–	0,19	–	12	0,01	–	–	2	2	0,15	–	0,02	21	2	0,005	4	–	1	34	3	13	7,15
Gleby gliniaste Clay soils n = 356	a	<1	0,16	<3	8	<0,01	<0,5	<1	2	2	0,12	<0,02	0,02	6	<1	0,003	4	<0,003	1	10	3	9	4,70
	b	9	2,39	171	244	22,98	139,7	81	51	40	14,08	0,19	10,08	7220	197	0,103	2457	0,214	367	199	63	14770	9,20
	c	–	0,89	10	50	2,94	5,0	6	16	12	1,92	0,05	0,83	779	17	0,021	153	0,010	28	63	22	625	7,83
	d	–	0,79	7	42	0,73	1,4	5	13	10	1,52	0,04	0,24	442	13	0,017	57	0,007	14	58	20	205	7,78
	e	–	0,83	7	43	0,64	1,3	5	14	10	1,54	0,04	0,18	483	14	0,017	57	0,008	12	61	21	210	8,08
Gleby antropogeniczne Anthropogenic soils n = 54	a	<1	0,13	<3	7	0,03	<0,5	<1	1	2	0,13	<0,02	0,01	14	<1	0,005	<2	<0,003	1	19	2	8	4,83
	b	2	1,39	63	191	15,83	21,9	7	273	35	2,75	1,68	7,82	2548	18	0,122	852	0,094	107	155	37	1735	9,58
	c	–	0,41	6	46	1,53	2,3	2	13	10	0,74	0,07	0,47	368	6	0,023	131	0,015	18	53	10	268	8,20
	d	–	0,35	4	36	0,57	1,3	2	6	7	0,56	0,03	0,16	198	5	0,018	71	0,010	10	49	8	157	8,16
	e	–	0,33	4	33	0,63	1,4	2	6	7	0,61	0,03	0,15	251	5	0,019	76	0,009	11	48	9	153	8,25

a – minimum
minimum

b – maksimum
maximum

c – średnia arytmetyczna
arithmetic mean

d – średnia geometryczna
geometric mean

e – mediana
median

n – liczba próbek
number of samples

„–” nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated in the case when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Tabela 4 cd.
Table 4 cont.

Osady wodne <i>Aquatic sediments</i>	Parametry <i>Parameters</i>	Ag	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	Ti	V	Zn
		[mg/kg]	[%]	[mg/kg]		[%]	[mg/kg]				[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]		[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]			
	Granica oznaczalności <i>Determination limit</i>	1	0,01	3	1	0,01	0,5	1	1	1	0,01	0,02	0,01	2	1	0,002	2	0,003	1	5	1	1
Zlewnia zb. Przeczyce <i>Catchment of the Przeczyce reservoir</i> n = 67	a	<1	0,06	<3	7	0,04	<0,5	<1	2	<1	0,09	<0,02	0,01	5	<1	0,005	8	0,012	<1	11	2	18
	b	1	1,12	20	159	6,78	26,7	8	28	47	2,40	0,30	2,92	770	20	0,297	959	2,557	57	96	29	1847
	c	–	0,25	–	37	1,06	2,5	2	6	7	0,60	–	0,15	138	5	0,035	116	0,191	12	43	6	259
	d	–	0,20	–	27	0,43	1,1	1	5	4	0,45	–	0,07	83	3	0,022	66	0,086	7	40	5	147
	e	–	0,18	–	29	0,33	1,0	1	5	4	0,47	–	0,05	100	3	0,019	61	0,069	6	39	5	131
Zalew Przeczycko-Siewierski (zb. Przeczyce) <i>Przeczycko-Siewierski (Przeczyce) reservoir</i> n = 46	a	<1	0,06	<3	7	0,04	<0,5	<1	2	<1	0,09	<0,02	0,01	5	<1	0,005	8	0,012	<1	26	2	18
	b	1	0,99	11	159	6,78	26,7	8	28	47	2,40	0,30	2,92	770	20	0,297	959	2,557	53	96	29	1847
	c	–	0,24	–	37	1,34	3,0	2	6	7	0,58	–	0,19	134	5	0,036	112	0,220	13	45	6	290
	d	–	0,20	–	27	0,62	1,2	1	5	4	0,41	–	0,08	76	3	0,021	60	0,093	8	43	5	148
	e	–	0,19	–	32	0,66	1,1	1	5	4	0,39	–	0,07	91	3	0,018	56	0,085	10	43	5	129
Zlewnia Czarnej Przemszy od zapory zb. Przeczyce do Brynicy <i>Catchment of the Czarna Przemsza River from the Przeczyce reservoir dam to the Brynica River</i> n = 36	a	<1	0,06	<3	9	0,07	<0,5	<1	1	<1	0,12	<0,02	0,02	23	<1	0,004	13	<0,003	2	14	1	28
	b	2	0,93	51	408	4,35	27,0	11	26	46	2,32	0,11	1,01	1831	19	0,220	1861	0,257	55	224	23	1918
	c	–	0,21	–	72	1,29	3,9	2	6	8	0,62	–	0,25	397	4	0,038	206	0,064	16	55	7	356
	d	–	0,16	–	53	0,87	2,2	2	5	5	0,49	–	0,17	237	3	0,023	122	0,041	12	46	5	211
	e	–	0,14	–	52	1,01	1,9	2	5	5	0,41	–	0,15	236	3	0,021	113	0,045	11	43	5	154
Tło geochemiczne/ <i>Geochemical background</i>																						
Osady strumieniowe Europy ¹⁾ <i>Stream sediments of Europe¹⁾</i>	e	nd.	5,50 n = 799	6,00 n = 794*	87,5 n = 794*	1,74 n = 801	0,29 n = 797	8,00 n = 794*	22,0 n = 794*	15,0 n = 794*	1,97 n = 794*	0,038 n = 797	0,72 n = 801	453 n = 794*	17,0 n = 794*	0,057 n = 801	14,0 n = 794*	0,0502 n = 794	124 n = 801	3798 n = 801	29,0 n = 794*	59,5 n = 794*
Osady Polski ²⁾ <i>Sediments of Poland²⁾</i> n = 12 778**	e	<1	nd.	<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 ³⁾ <i>Sediments of the Cracow-Silesia region³⁾</i> n = 1459**	e	1	nd.	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 ¹⁾ Salminen, 2005 ²⁾ Lis, Pasieczna, 1995a ³⁾ Lis, Pasieczna, 1995b
minimum maximum arithmetic mean geometric mean median number of samples

–" nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated in the case when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

nd. – nie dotyczy
not applicable

* ekstrakcja wodą królewską
aqua regia digestion

** ekstrakcja kwasem solnym
hydrochloric acid digestion

Tabela 5 cd.
Table cont.

Wody powierzchniowe Surface water	Parametry Parameters	EC	pH	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	SO ₄ ²⁻	Sb	Se	SiO ₂	Sr	Ti	Tl	U	V	Zn
		[mS/cm]	[-]	[µg/dm ³]			[mg/dm ³]		[µg/dm ³]	[mg/dm ³]	[µg/dm ³]		[mg/dm ³]	[µg/dm ³]	[mg/dm ³]	[µg/dm ³]		[mg/dm ³]	[µg/dm ³]	[mg/dm ³]	[µg/dm ³]	[mg/dm ³]	[µg/dm ³]	[mg/dm ³]	[µg/dm ³]		[mg/dm ³]		[µg/dm ³]	[mg/dm ³]				
	Granica oznaczalności Determination limit	brak none	brak none	0,05	0,5	2	0,01	0,001	0,05	0,1	0,05	0,05	0,003	0,05	0,01	0,5	0,3	0,1	0,001	0,05	0,5	0,5	0,05	0,05	1	0,05	2	0,1	0,002	0,002	0,05	0,05	1	0,003
Zlewnia zb. Przezyce Catchment of the Przezyce reservoir n = 72	a	0,11	4,47	<0,05	2,1	<2	0,01	0,029	<0,05	11,7	<0,05	<0,05	<0,003	0,31	0,01	<0,5	<0,3	1,5	0,002	<0,05	1,5	0,7	<0,05	<0,05	19	0,05	<2	2,9	0,031	<0,002	<0,05	<0,05	<1	<0,003
	b	1,00	9,27	<0,05	2445,7	4	0,27	0,771	2,50	119,1	49,42	25,22	<0,003	4,49	3,48	6,8	32,5	24,6	1,408	0,90	96,4	34,2	0,31	226,36	140	1,35	<2	15,6	0,256	0,008	0,44	0,71	4	2,715
	c	0,50	8,14	-	65,3	-	0,08	0,069	-	52,3	-	0,92	-	0,79	0,19	4,5	4,7	15,9	0,147	0,62	16,3	2,6	-	7,07	49	0,31	-	8,0	0,122	-	-	0,50	-	-
	d	0,49	8,09	-	8,6	-	0,08	0,053	-	50,5	-	0,18	-	0,67	0,06	4,2	3,7	15,1	0,043	0,54	14,4	1,9	-	0,23	47	0,27	-	7,5	0,118	-	-	0,43	-	-
	e	0,47	8,29	-	6,5	-	0,08	0,045	-	47,4	-	0,13	-	0,62	0,04	4,8	4,2	15,5	0,039	0,71	15,4	1,8	-	0,19	46	0,31	-	8,3	0,117	-	-	0,55	-	-
Zalew Przezycko-Siewierski (zb. Przezyce) Przezycko-Siewierski (Przezyce) reservoir n = 52	a	0,41	7,54	<0,05	2,1	<2	0,01	0,029	<0,05	40,1	<0,05	<0,05	<0,003	0,41	0,01	<0,5	<0,5	14,0	0,002	0,22	5,3	0,7	<0,05	<0,05	30	0,06	<2	2,9	0,031	<0,002	<0,05	0,20	<1	<0,003
	b	0,62	9,27	<0,05	28,9	2	0,27	0,771	<0,05	80,8	1,32	0,66	<0,003	1,81	0,55	5,1	4,9	24,6	0,768	0,90	20,3	2,4	0,31	0,42	53	0,41	<2	14,1	0,148	<0,002	0,25	0,62	1	0,596
	c	0,47	8,39	-	8,6	-	0,09	0,066	-	47,9	-	0,14	-	0,63	0,05	4,5	3,9	15,8	0,065	0,71	15,3	1,7	-	0,21	45	0,31	-	7,3	0,114	-	-	0,52	-	-
	d	0,47	8,37	-	6,3	-	0,08	0,048	-	47,4	-	0,13	-	0,61	0,04	4,3	3,6	15,7	0,024	0,69	15,1	1,6	-	0,18	45	0,29	-	6,9	0,112	-	-	0,51	-	-
	e	0,47	8,42	-	5,1	-	0,08	0,043	-	46,8	-	0,12	-	0,61	0,04	4,7	4,1	15,3	0,024	0,72	15,3	1,8	-	0,20	45	0,32	-	7,9	0,116	-	-	0,54	-	-
Zlewnia Czarnej Przemszy od zapory zb. Przezyce do Brynicy Catchment of the Czarna Przemsza River from the Przezyce reservoir dam to the Brynica River n = 39	a	0,38	7,13	<0,05	0,6	<2	<0,01	0,044	<0,05	43,4	<0,05	<0,05	<0,003	0,43	<0,01	<0,5	1,2	6,9	<0,001	0,11	6,6	0,7	<0,05	<0,05	5	<0,05	<2	6,7	0,069	<0,002	<0,05	0,13	<1	<0,003
	b	0,84	8,16	<0,05	74,9	3	0,17	0,235	<0,05	123,3	0,33	0,67	0,004	4,18	0,80	10,5	3,7	26,8	0,373	2,01	61,6	2,7	1,95	8,71	74	0,59	<2	18,6	0,360	0,003	0,20	1,69	2	0,116
	c	0,66	7,60	-	6,1	-	0,04	0,140	-	81,0	-	-	-	0,77	0,08	2,5	2,3	18,8	0,071	0,63	12,3	1,3	-	1,06	52	0,13	-	8,3	0,174	-	0,06	0,79	-	0,019
	d	0,65	7,60	-	3,2	-	0,04	0,133	-	77,7	-	-	-	0,67	0,02	2,0	2,1	18,1	0,012	0,49	11,1	1,3	-	0,38	47	0,08	-	8,1	0,168	-	0,05	0,71	-	0,012
	e	0,66	7,60	-	2,7	-	0,03	0,133	-	69,5	-	-	-	0,55	0,01	2,2	1,7	16,3	0,008	0,68	11,1	1,3	-	0,26	52	0,07	-	7,5	0,172	-	0,06	0,77	-	0,012
Wartości graniczne wskaźników jakości wód powierzchniowych z grupy specyficznych substancji zanieczyszczających ¹⁾ Limit values for surface water quality indicators from the group of specific pollutants ¹⁾																																		
I i II klasa ¹⁾ Classes I and II ¹⁾	nd.	nd.	≤5	≤400	≤50	≤2	≤0,5	≤0,8	nd.	nd.	≤50	≤0,05	≤50	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	≤40	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	≤2	≤20	nd.	nd.	≤0,05	≤2	nd.	≤50	≤1	
Środowiskowe normy jakości dla wskaźników stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych ²⁾ Environmental quality standards for chemical status indicators of uniform part of surface water ²⁾																																		
Maksymalne dopuszczalne stężenie ²⁾ Maximum allowable concentration ²⁾	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	0,45 (klasy 1 i 2) (classes 1 and 2)	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	34	nd.	14	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.

a – minimum minimum b – maksimum maximum c – średnia arytmetyczna arithmetic mean d – średnia geometryczna geometric mean e – mediana median n – liczba próbek number of samples „-” nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50% not calculated in the case when the percentage of the results below determination limit exceeded 50% nd. – nie dotyczy not applicable

¹⁾ Zgodnie z załącznikiem nr 26 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury (Rozporządzenie..., 2021)
In accordance with Annex 26 of the Regulation of the Minister of Infrastructure (Rozporządzenie..., 2021)

²⁾ Zgodnie z załącznikiem nr 14 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury (Rozporządzenie..., 2021)
In accordance with Annex 14 of the Regulation of the Minister of Infrastructure (Rozporządzenie..., 2021)

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.

Podkład topograficzny. Do opracowania podkładu topograficznego map geochemicznych w skali 1:25 000 wykorzystano dane VMap L2 (zapis wektorowy) w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych prostokątnych PL-1992 oraz inne materiały pomocnicze. 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 przedstawienia budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano *Szczegółową Mapę Geologiczną Polski* 1:50 000 arkusz Wojkowice M-34-51-C (Biernat, 1955; reambulacja Wilanowski, Żaba, 2010). Obrazy wektorowe arkusza utworzone w wyniku cyfryzacji połączone z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

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

- zabudowa terenu;
- użytkowanie terenu;
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaskowej, pyłowej i iłowej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m;
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m;
- zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach z głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach wodnych;
- pH i EC oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, SO_4^{2-} , Sb, Se, SiO_2 , Sr, Ti, Tl, U, V i Zn w wodach powierzchniowych;
- ocena zanieczyszczenia gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu.

Mapy opracowano w programie ArcGIS 10.8, który jest pakietem programów firmy ESRI, przeznaczonym do pracy na mapach i danych przestrzennych. 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 uziarnienia w glebach, ich odczynu pH 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, położenia punktów wykorzystywanych w procesie interpolacji.

Mapy rozkładu klas uziarnienia, odczynu gleb oraz zawartości pierwiastków w glebach opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkuszy: Pyrzowice, Siewierz, Wojkowice i Siemianowice Śląskie w skali 1:25 000. Dla każdej mapy wykonywano jedną analizę przestrzenną wymienionych arkuszy, aby zapobiec nieszkodnościom na ich granicach. Powstałe mapy monopierwiastkowe łączono z podkładem topograficznym w granicach danego arkusza.

Odczyn gleb przedstawiono wg skali przyjętej w gleboznawstwie, z podziałem na gleby: bardzo kwaśne (pH < 5,0), kwaśne (pH 5,0–6,0), lekko kwaśne (pH 6,1–6,7), obojętne (pH 6,8–7,4) i zasadowe (pH > 7,4) (Bednarek in., 2004). Rozkład przestrzenny wybranych pierwiastków w glebach przedstawiono z zastosowaniem postępu geometrycznego do wyznaczenia klas rozkładu.

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

Sporządzając przykładową mapę oceny zanieczyszczenia gleb powierzchniowych (tabl. 63) ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu, wyniki badań geochemicznych odniesiono do dopuszczalnych zawartości substancji powodujących ryzyko określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2016).

Do celów publikacji mapy geochemiczne połączone 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 pomniejszonym (A3), skala wydruku wynosi 1:35 000. Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map.

WYNIKI BADAŃ

GLEBY

Oprócz naturalnych czynników glebotwórczych jak podłoże skalne, klimat, szata roślinna, warunki wodne czy ukształtowanie terenu, na jakość gleb wpływają też procesy antropogeniczne, powodujące zmiany ich właściwości fizykochemicznych i zaburzenia w budowie profili. Na niewielkich powierzchniach w obrębie zabudowy przemysłowej, w dolinach rzecznych, w rejonach zurbanizowanych oraz w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych gleby są bardzo często zanieczyszczone metalami (Klojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2017; Liu i in., 2019; Sager, 2020).

Skład granulometryczny. Procentowy udział w glebie cząstek o określonych wielkościach nazywa się jej składem mechanicznym, uziarnieniem, granulacją, składem granulometrycznym lub rozkładem granulometrycznym. W wyniku zachodzących procesów glebowych rozkład granulometryczny nie ulega zmianie. Ponadto jest on uważany za jedną z podstawowych fizycznych charakterystyk gleby, gdyż wiele właściwości gleb jest z nim związanych (Mocek i in., 2000; Ryżak i in., 2009). W opracowaniu przyjęto podział cząstek na frakcje granulometryczne wg normy branżowej BN-78/9180-11, obowiązującej do roku 2008, 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 piaskowa, 0,1–0,02 mm frakcja pyłowa oraz <0,02 mm frakcja iłowa (tabl. 4–6). Zmiana przedziałów grup granulometrycznych na zgodne z wytycznymi Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (Klasyfikacja..., 2008) utrudniłaby porównanie składu granulometrycznego z danymi uzyskanymi i opublikowanymi wcześniej.

Skład granulometryczny badanych gleb jest wyraźnie związany z litologią materiału macierzystego. Na obszarze objętym arkuszem przeważają gleby zasobne we frakcję piaskową. W jego części północnej pokrytej głównie czwartorzędowymi piaskami i żwirami wodnolodowcowymi oraz na obszarach występowania glin, piasków i żwirów deluwialnych oraz piasków, żwirów i mułków deluwialno-rzecznych zawartość tej frakcji przekracza 75% (tabl. 4). Gleby najbardziej zapiaszczone i najmniej zasobne we frakcję pyłową i iłową (często <10%) w części północno-zachodniej arkusza porośnięte są lasami. Z kolei gleby rozwinięte głównie na wychodniach skał węglanowych triasu są wyraźnie wzbogacone we frakcję pyłową (0,1–0,02 mm) i iłową (<0,02 mm). Zawartość frakcji pyłowej waha się najczęściej w przedziale 10–25%, a iłowej 10–50%. Frakcja iłowa składa się głównie z produktów wietrzenia pierwotnych minerałów z grupy kaolinitu, illitu i montmorillonitu, ale także z koloidów próchnicy i połączeń organiczno-mineralnych (Ryżak i in., 2009). Gleby z dużym udziałem minerałów ilastych, a więc gleby o wysokiej pojemności sorpcyjnej w stosunku do kationów oraz gleby o dużej zawartości substancji organicznej, charakteryzują się zdolnością silnego wiązania pierwiastków chemicznych i zatrzymywania ich w warstwach powierzchniowych. Mogą one akumulować znaczne ilości niektórych pierwiastków, a stopień ich pobierania przez rośliny oraz wylugowania do wód gruntowych i powierzchniowych jest mniejszy niż w przypadku kwaśnych gleb piaszczystych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Odczyn. Odczyn pH gleb jest uzależniony nie tylko od litologii podłoża, lecz także od sposobu jego użytkowania i od czynników antropogenicznych. Zarówno w warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m gleby w dużej części charakteryzują się odczynem obojętnym (pH 6,8–7,4) i zasadowym (pH > 7,4). Gleby o odczynie zasadowym występują w północno-wschodniej i południowej części arkusza. W powierzchniowej warstwie udział gleb o pH > 7,4 wynosi ok. 30%, a w warstwie głębszej – 53%. Większy udział gleb zasadowych w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m wskazuje, że ich alkalizację można wiązać przede wszystkim z obecnością węglanowych utworów triasu. Odczynem od bardzo kwaśnego (pH < 5,0) do kwaśnego (pH 5,0–6,0) (tabl. 7, 8) charakteryzują się gleby w północno-zachodniej części arkusza, gdzie obszar w większości jest porośnięty lasami, przy czym w warstwie powierzchniowej obserwuje się silniejsze zakwaszenie gleb (mediana pH 6,67) w porównaniu z warstwą głębszą (mediana pH 7,48) (tab. 2, 3).

Geochemia. Rozkład zawartości pierwiastków głównych i śladowych w badanych glebach jest uwarunkowany składem chemicznym utworów podłoża oraz czynnikami antropogenicznymi. Na obszarach o nieznacznej presji antropogenicznej (w północno-zachodniej części arkusza), w zależności od warunków fizykochemicznych środowiska, procesy glebotwórcze doprowadziły do zmian składu chemicznego gleb w stosunku do skał macierzystych, jednak najczęściej podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są zachowane. W części południowo-wschodniej analizowanego obszaru występują gleby wzbogacone między innymi w wapń i mangan, a także zanieczyszczone niektórymi metalami na skutek historycznej eksploatacji oraz przetwórstwa rud Zn-Pb i Fe. Stosunkowo wysokie zawartości tych pierwiastków na wspomnianym obszarze stwierdzono już w czasie opracowywania *Atlasu geochemicznego Górnego Śląska* (Lis, Pasieczna, 1995b, 1997).

Gleby utworzone głównie na czwartorzędowych piaskach i żwirach wodnolodowcowych, charakteryzujące się udziałem frakcji piaszczystej przekraczającym

75%, zawierają na ogół najmniejsze koncentracje analizowanych pierwiastków w obu poziomach gleb. Niewielkie zawartości pierwiastków w tych glebach można wiązać z ubogim składem chemicznym osadów podłoża i kwaśnym odczynem, który sprzyja ługowaniu wielu składników. Gleby wykształcone na podłożu węglanowych utworów triasowych zazwyczaj są wzbogacone w większość badanych pierwiastków. Wyróżniają się one stosunkowo wysokimi koncentracjami wapnia, którego zawartość osiąga maksymalnie 19,68% w powierzchniowej warstwie i 22,98% w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m, są również zasobne w magnez i mangan.

Mediany zawartości srebra, arsenu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, miedzi, żelaza, rtęci, magnezu, manganu, niklu, fosforu, siarki, strontu i wanadu w powierzchniowej warstwie gleb są mniejsze lub zbliżone do wartości tła geochemicznego tych pierwiastków w regionie śląsko-krakowskim (tab. 2). Zaobserwowano natomiast nieco większą zawartość kadmu i cynku oraz wyraźne wzbogacenie (około dwukrotne) w przypadku ołowiu i tytanu.

Zawartość glinu w glebach rozwiniętych na węglanowych utworach triasowych mieści się najczęściej w przedziale 0,40%–0,80% (max. 2,06%) w warstwie powierzchniowej i 0,40%–1,60% (max. 2,39%) w warstwie głębszej. Na obszarach pokrytych lasami (głównie w północnej części arkusza), gdzie występują piaski i żwiry wodnolodowcowe, gleby są uboższe w glin (<0,40%). Mobilność glinu w glebach zależy w znaczącym stopniu od połączeń z substancją organiczną oraz od stopnia zakwaszenia gleb (np. Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Kwaśny odczyn gleb jest przypuszczalnie głównym czynnikiem, który wpływa na jego uruchomienie i obecność w wodach, a w efekcie na koncentrację w osadach, co zaznacza się szczególnie w przypadku cieków w północno-zachodniej części obszaru arkusza (tabl. 11, 12).

Zawartość węgla organicznego w powierzchniowej warstwie gleb zmienia się w przedziale 0,09–49,20% (mediana 1,33%). Najbardziej zasobne w węgiel organiczny (>12%) są gleby podmokłych dolin cieków, wypełnionych namułami i torfami zlokalizowane w północno-zachodniej i północno-wschodniej części arkusza. Maksymalną zawartość (49,20%) notuje się w glebach w dolinie potoku Szeligowiec. Gleby zawierające powyżej 24% węgla są jednocześnie wzbogacone w glin (>0,40 mg/kg), arsen (>5 mg/kg), bar (>60 mg/kg), kadm (>4,0 mg/kg), miedź (>10 mg/kg), rtęć (>0,10 mg/kg), nikiel (>5 mg/kg), fosfor (>0,030%), ołów (>100 mg/kg) i siarkę (>0,160%). Obecność utworów o wysokiej pojemności sorpcyjnej (namułów, torfów, ilów) może mieć duży wpływ na wzrost koncentracji badanych pierwiastków chemicznych. Na zawartość węgla organicznego w glebach wpływa również ich użytkowanie. Mediana węgla organicznego w glebach pól uprawnych wynosi 1,18%, w glebach lasów – 1,68%, a w glebach terenów przemysłowych – 0,86% (tab. 2).

W większości gleb, w obydwu analizowanych warstwach, zawartość siarki nie przekracza 0,080%. Zawartości wyższe niż 0,160% stwierdzono na terenach podmokłych, w glebach torfiastych bogatych również w węgiel organiczny.

Na zawartość fosforu w badanych glebach wpływa zarówno skład chemiczny skał macierzystych, jak i sposób ich użytkowania. Mediana zawartości fosforu w powierzchniowej warstwie gleb (0,023%) jest prawie trzykrotnie wyższa w porównaniu z jego medianą w warstwie głębszej (0,008%). Gleby z obydwu zakresów głębokości, powstałe z macierzystych skał węglanowych, są bogatsze w fosfor w porównaniu do gleb wykształconych na osadach piaszczystych (odpowiednio >0,015% i <0,015%). Najmniej zasobne w fosfor (w obydwu analizowanych warstwach) są kwaśne gleby leśne (mediany: 0,013 i 0,005%). W warstwie wierzchniej podwyższonymi zawartościami fosforu charakteryzują się gleby pól uprawnych (mediana 0,032%), terenów wiejskich (mediana 0,029%) i terenów miejskich (mediana 0,025%), co prawdopodobnie wiąże się z jego nadmiernym nagromadzeniem w wyniku stosowania nawozów fosforowych oraz wprowadzaniem w postaci odpadów i ścieków.

W glebach utworzonych na utworach węglanowych z obydwu zakresów głębokości występują naturalnie wysokie koncentracje wapnia (>1,00%), magnezu (>0,50%), manganu (>400 mg/kg) i strontu (>40 mg/kg). Rozkład zawartości tych pierwiastków, odzwierciedlający związek z chemizmem skał podłoża, jest bardziej wyrazisty w głębszych warstwach i pokrywa się z wychodniami wapieni i dolomitów triasowych. Gleby wzbogacone w wapń, magnez, mangan i stront obejmują przede wszystkim południową część arkusza. Ponadto występują one w rejonie Polichno-Kazimierówka przy północnej granicy analizowanego obszaru, gdzie znajdują się kopalnie odkrywkowe dolomitu, w okolicy Boguchwałowic – w centralnej części arkusza i na obszarze miasta Siewierz – na wschodzie arkusza. W tych glebach zaznaczają się też wyższe zawartości żelaza, kobaltu, chromu, niklu, wanadu i tytanu, co przypuszczalnie wskazuje na skały podłoża jako ich zasadnicze źródła.

Zawartość baru w obu poziomach gleb rzadko przekracza 120 mg/kg. Zawartość tego pierwiastka powyżej 200 mg/kg w glebach powierzchniowych występuje w niektórych glebach torfiastych, natomiast najwyższą jego koncentrację (469 mg/kg) obserwuje się w glebie antropogenicznej na obszarze miasta Siewierz. W warstwie głębszej stosunkowo wysokie zawartości baru ograniczają się do znacznie mniejszych powierzchni, a jego maksymalna zawartość (367 mg/kg) w tej warstwie występuje w glebie w dolinie potoku Szeligowiec.

Kadm, ołów i cynk są pierwiastkami związanymi z obecnością rud cynkowo-ołowiowych formacji węglanowej i działalnością górniczo-hutniczą. Ich anomalie geochemiczne zajmują bardziej rozległe obszary w warstwie powierzchniowej gleb (tabl. 22, 46 i 61) w porównaniu do warstwy głębszej (tabl. 23, 47 i 62). W przypadku kadmu i cynku anomalie te są bardziej intensywne w głębszych warstwach gleby. Rozkłady przestrzenne zawartości kadmu, ołowiu i cynku wykazują podobieństwo, które wyraźniej zaznacza się w glebach z warstwy głębszej.

Biorąc pod uwagę obie warstwy gleb, najwyższe zawartości kadmu (>8,0 mg/kg), ołowiu (>250 mg/kg) i cynku (>1000 mg/kg) występują w rejonie Boguchwałowice–Tuliszów–Zawarpie–Trzebiesławice. Wyraźne anomalie geochemiczne tych pierwiastków obserwuje się też w południowo-zachodniej części arkusza w okolicy miejscowości Sławniów Gaj i Targoszyce oraz przy jego północnej granicy w rejonie Polichna. Wysoką zawartość ołowiu (do 2457 mg/kg) w glebie z warstwy głębszej notuje się również we wschodniej części arkusza w Siewierzu. Obszar objęty arkuszem jest rejonem o długich tradycjach związanych z górnictwem i przeróbką rud żelaza. Stąd w wielu miejscowościach, w tym między innymi w okolicach Trzebiesławic i Podwarpia, występują ślady wskazujące na historyczną eksploatację kruszców (Łabęcki, 1841; <https://www.siewierz.pl/miasto/historia-miasta-i-gminy-siewierz> [dostęp 18.07.2024]). Na zachodnich obrzeżach Siewierza funkcjonowała kopalnia rud cynku „Wiktor Emanuel” (Sołtyś, 2008; Preidl, Wójcik, 2014). Należy przypuszczać, że głównym źródłem widocznych anomalii geochemicznych są wychodnie dolomitów kruszonośnych i diploporowych oraz związane z nimi złoża rud cynkowo-ołowiowych. Anomalie mogą wynikać z płytkiej historycznej eksploatacji rud Zn-Pb i Fe oraz dawnej działalności kuźnic wytopiających metale.

Przy południowej granicy arkusza w rejonie miejscowości Zarzecze–Zawodzie w glebach podmokłych dolin cieków, wypełnionych namułami i torfami zaznaczają się wysokie koncentracje ołowiu, kadmu i cynku. Maksymalna zawartość tych pierwiastków, w powierzchniowej warstwie gleb i na głębokości 0,8–1,0 m, wynosi odpowiednio: dla ołowiu 3521 i 3970 mg/kg, dla kadmu 24,7 i 42,8 mg/kg oraz dla cynku 2023 i 5060 mg/kg.

Wyniki przeprowadzonych w 2006 r. analizy gleb użytków rolnych wykazały wysoki poziom zanieczyszczeń metalami. W mieszczącej się na obszarze arkusza gminie Mierzęcice stwierdzono maksymalne zawartości wynoszące dla kadmu 8,11 mg/kg, dla ołowiu 358,16 mg/kg i dla cynku 1124,63 mg/kg (rejon Przeczyce–Boguchwałowice), na terenie miasta i gminy Siewierz natomiast

odnotowano do 1918,66 mg/kg ołowiu, 35,47 mg/kg kadmu i 2613,50 mg/kg cynku (Wykaz, 2006).

Na obszarze anomalii zawartości kadmu, cynku i ołowiu w glebach występują także wysokie koncentracje arsenu (tabl. 13, 14). Maksymalną jego zawartość (258 mg/kg) oznaczono w warstwie powierzchniowej gleby antropogenicznej, w zachodniej części arkusza, w okolicy miejscowości Komorne. W miejscu tym zawartość kadmu osiąga wartość 24,6 mg/kg, ołowiu 885 mg/kg i cynku 6573 mg/kg.

Lokalną anomalię zawartości srebra (>4 mg/kg) obserwuje się w obydwu zakresach głębokości gleb w okolicy miejscowości Zawarpie, na wychodniach dolomitów diploporowych i kruszonośnych (tabl. 9, 10). Na tym obszarze gleby również wzbogacone są w wapń, kadm, rtęć, magnez, mangan, ołów, cynk, co może wskazywać na związek tych pierwiastków z geologią skał w podłożu.

W większości badanych gleb z obydwu analizowanych warstw zawartość miedzi nie przekracza 10 mg/kg (tabl. 28, 29). Najwyższa koncentracja tego pierwiastka (148 mg/kg) występuje w glebie powierzchniowej pobranej z obszaru łąk, w południowo-zachodniej części arkusza w okolicy miejscowości Gostów. Wysokie zawartości miedzi (126 mg/kg) obserwuje się również w glebie nieużytków, w północno-wschodniej części obszaru, na terenie miasta Siewierz. Miedź wprowadzana może być do gleb z nawozami mineralnymi i organicznymi, z preparatami ochrony roślin oraz z odpadami komunalnymi (np. Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Obserwowane anomalie geochemiczne miedzi mają prawdopodobnie źródła antropogeniczne, o czym dodatkowo świadczy fakt, że nie występują one w opisanych miejscach w niższej leżącej warstwach gleb.

W powierzchniowej warstwie gleb w Europie mediana zawartość rtęci wynosi 0,037 mg/kg (Salminen, 2005). Na terenie Polski zawartość tego pierwiastka w glebach zmienia się w zakresie od <0,05 do 7,55 mg/kg (mediana <0,05 mg/kg) (Lis, Pasieczna, 1995a). Na obszarze objętym arkuszem rtęć w większości badanych gleb mieści się w przedziale od <0,02 do 0,05 mg/kg (tabl. 32, 33). Wyjątek stanowią niektóre gleby torfowe występujące w dolinach cieków, dla których w warstwie powierzchniowej stwierdzono zawartości z przedziału 0,05–0,28 mg/kg. W warstwie głębszej wyższą zawartość rtęci (0,30–1,68 mg/kg) notuje się na niewielkim obszarze w glebach antropogenicznych na terenach miejskich w Siewierzu. Silne powinowactwo rtęci do substancji organicznych oraz związków z siarką, jak również duża lotność w formie pierwiastkowej należą do najważniejszych właściwości geochemicznych, które wpływają na zawartość tego metalu w glebach. Pary rtęci są łatwo sorbowane przez substancję organiczną i minerały ilaste, co prowadzi do jej akumulacji w glebach, zwłaszcza w powierzchniowych poziomach. Ilość rtęci związanej przez substancję organiczną wzrasta w glebach kwaśnych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Z uwagi na łatwość kumulacji w glebach arsenu, kadmu, ołowiu i cynku oraz szkodliwe oddziaływanie ich nadmiaru na rośliny i mikroorganizmy bytujące w glebach, oszacowano wielkości powierzchni arkusza zajmowane przez gleby zanieczyszczone tymi pierwiastkami (tab. 6). Zanieczyszczenie arsenem dotyczy nieznacznej powierzchni gleby. Wysoka jego zawartość (>100 mg/kg) została stwierdzona na obszarze zajętych przez 0,08% powierzchni gleby z warstwy powierzchniowej i 0,17% gleby warstwy głębszej. W warstwie 0,0–0,3 m powierzchnia zajmowana przez gleby zanieczyszczone kadmem (>15 mg/kg) to 3,09%, ołowiem (>600 mg/kg) to 2,93% i cynkiem (>2000 mg/kg) to 2,13%. Na głębokości 0,8–1,0 m udział gleb zanieczyszczonych tymi metalami wynosi odpowiednio 2,97% dla kadmu, 2,29% dla ołowiu oraz 2,80% dla cynku. Wynika z tego, że pomimo pojawiania się anomalii geochemicznych na analizowanym terenie, obszary przez nie zajęte nie są duże i nie przekraczają 3,5%.

W celu oceny stopnia zanieczyszczenia gleb z warstwy 0,0–0,3 m pierwiastkami potencjalnie toksycznymi odniesiono się do wartości dopuszczalnych zamieszczonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Rozporządzenie..., 2016). Wymogi dla

Tabela 6
Table

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

The percentage 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]	Gleba Soil			
		0,0–0,3 m		0,8–1,0 m	
		[km ²]	[%]*	[km ²]	[%]*
As	<10	73,87	89,55	74,88	90,77
	10–25	7,32	8,87	6,22	7,54
	25–50	0,91	1,10	0,77	0,93
	50–100	0,33	0,40	0,49	0,59
	>100	0,07	0,08	0,14	0,17
Cd	<2	45,98	55,74	69,35	84,07
	2–5	25,54	30,95	6,57	7,96
	5–10	6,60	8,00	2,94	3,56
	10–15	1,83	2,22	1,19	1,44
	>15	2,55	3,09	2,45	2,97
Pb	<100	51,47	62,39	70,96	86,01
	100–200	19,40	23,52	5,59	6,78
	200–500	8,69	10,53	3,64	4,41
	500–600	0,52	0,63	0,42	0,51
	>600	2,42	2,93	1,89	2,29
Zn	<300	61,60	74,67	68,66	83,22
	300–500	9,60	11,64	4,33	5,25
	500–1000	6,60	8,00	5,24	6,35
	1000–2000	2,94	3,56	1,96	2,38
	>2000	1,76	2,13	2,31	2,80

* 82,5 km² = 100%

grupy I (tereny mieszkaniowe, inne tereny zabudowane, zurbanizowane tereny niezabudowane, grunty rolne zabudowane, tereny rekreacyjno-wypoczynkowe) ze względu na zawartość arsenu, baru, chromu, kobaltu, miedzi, niklu i rtęci spełniało 98,42–100% analizowanych próbek gleb. Ze względu na zawartość większości pierwiastków wymogi dla grupy II (grunty orne, sady, łąki i pastwiska trwałe, grunty pod stawami i rowami, ogródki działkowe) spełniało 99,52–100% próbek gleb. Wyjątek stanowiły arsen, cynk, kadm i ołów, w przypadku których odsetek próbek spełniających wymagania dla grupy II był mniejszy (55,74–89,55%). Od 94,30 do 100% próbek gleb spełniło wymogi dla grupy III (lasy, grunty zadrzewione i zakrzewione, w tym na użytkach rolnych, nieużytki, tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, użytki ekologiczne, tereny różne) (tab. 7), co ma istotne znaczenie ze względu na fakt, że większa część obszaru arkusza ma charakter rolniczo-leśny. Przykład oceny zanieczyszczenia gleb (w formie kartograficznej) ze względu na dopuszczalną zawartość kadmu (Rozporządzenie..., 2016) przedstawia mapa rozkładu zawartości tego pierwiastka (tabl. 63). Przeprowadzona analiza nie uwzględnia etapów i sposobu prowadzenia badań zanieczyszczenia gleb i ziemi określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 poz. 1395).

Tabela 7
Table

Ocena zanieczyszczenia gleb z głębokości 0,0–0,3 m ze względu na zawartości wybranych pierwiastków potencjalnie toksycznych

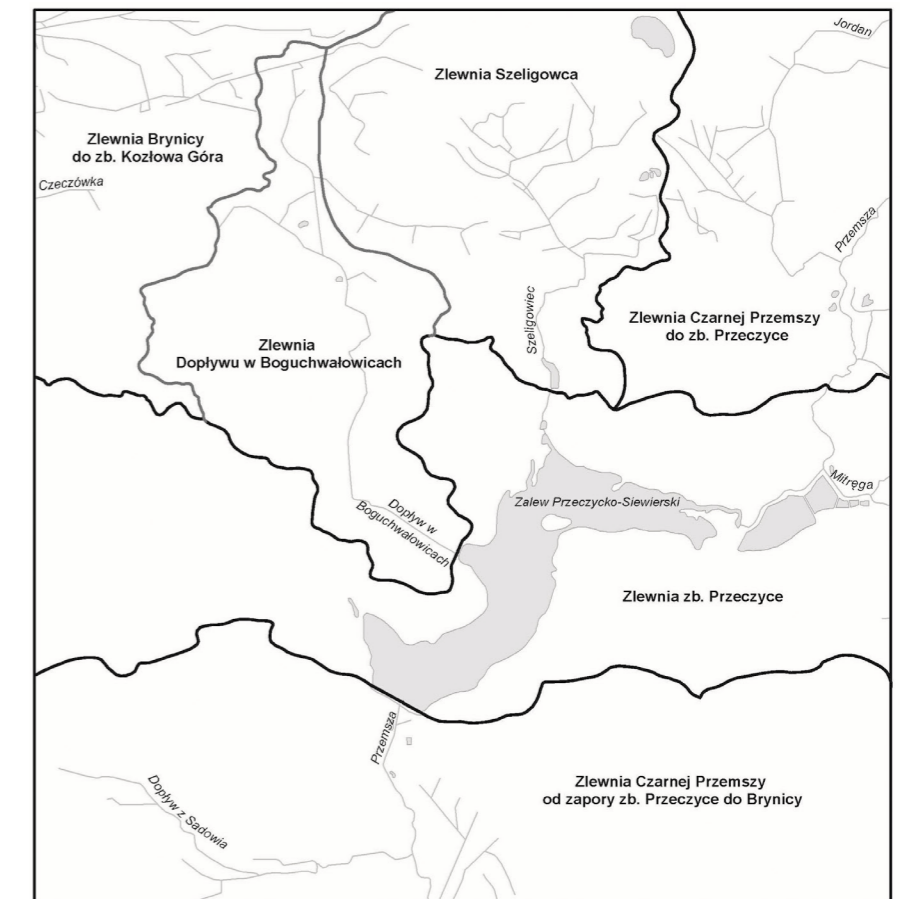
Assessment of topsoil (0.0–0.3 m) contamination according to the content of selected potentially toxic elements

Pierwiastek Element	Grupa I Group I	Grupa II* Group II	Grupa III Group III	Grupa IV Group IV	Pozostałe** Other	
As	1	<25	<10	<50	<100	>100
	2	1243	1131	1257	1262	0
	3	98,42%	89,55%	99,52%	99,92%	0,00%
Ba	1	<400	<200	<1000	<1500	>1500
	2	1262	1257	1263	1263	0
	3	99,92%	99,52%	100,00%	100,00%	0,00%
Cr	1	<200	<150	<500	<1000	>1000
	2	1263	1263	1263	1263	0
	3	100,00%	100,00	100,00	100,00	0,00
Zn	1	<500	<300	<1000	<2000	>2000
	2	1090	943	1191	1236	27
	3	86,30%	74,66%	94,30%	97,86%	2,14%
Cd	1	<2	<2	<10	<15	>15
	2	704	704	1196	1224	39
	3	55,74%	55,74%	94,70%	96,91%	3,09%
Co	1	<50	<20	<100	<200	>200
	2	1263	1261	1263	1263	0
	3	100,00%	99,84%	100,00%	100,00%	0,00%
Cu	1	<200	<100	<300	<600	>600
	2	1263	1261	1263	1263	0
	3	100,00%	99,84%	100,00%	100,00%	0,00%
Ni	1	<150	<100	<300	<500	>500
	2	1263	1263	1263	1263	0
	3	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%
Pb	1	<200	<100	<500	<600	>600
	2	1085	788	1218	1226	37
	3	85,91%	62,39%	96,44%	97,07%	2,93%
Hg	1	<5	<2	<10	<30	>30
	2	1263	1263	1263	1263	0
	3	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%

- dopuszczalne zawartości substancji powodujących ryzyko z podziałem na grupy gruntów przyjęte za Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. *permissible contents of substances causing risk, divided into soil groups, adopted according to the Regulation of the Minister of Environment of September 1, 2016*
 - liczba próbek spełniających kryteria dla poszczególnych grup gruntów *number of samples meeting the criteria for individual soil groups*
 - udział procentowy próbek (w stosunku do całkowitej liczby n) spełniających kryteria dla poszczególnych grup gruntów *percentage of samples (in relation to the total number n) meeting the criteria for individual soil groups*
- * – wartości przyjęte dla grupy II–I (wartości najniższe) *values adopted for group II–I (lowest values)*
 ** – niespełniające wymogów dla żadnej z grup *not meeting the requirements for any of the groups*

OSADY WODNE

W granicach obszaru objętego arkuszem badano osady pobrane z cieków i zbiorników wód stojących (na mapach nazwane jako osady) w zlewniach: Brynicy do zbiornika Kozłowa Góra, Dopływu w Boguchwałowicach, Szeligowca, Czarnej Przemyszy do zbiornika Przemyszy, zbiornika Przemyszy i Czarnej Przemyszy od zapory zbiornika Przemyszy do Brynicy (fig. 3). Zakresy i parametry statystyczne zawartości analizowanych pierwiastków w poszczególnych zlewniach zestawiono w tabeli 4. Charakteryzując uzyskane wyniki, odniesiono się do wartości tła geochemicznego dla regionu śląsko-krakowskiego (wg Lisa, Pasiecznej, 1995b), a także do wartości wskaźnika ryzyka ekotoksykologicznego PEC (ang. *Probable Effect Concentration*; MacDonald i in., 2000), powyżej których obserwuje się szkodliwe oddziaływanie danego pierwiastka na organizmy wodne. Wskaźnik PEC przyjmuje następujące wartości: arsen – 33 mg/kg, kadm – 4,98 mg/kg, chrom – 111 mg/kg, miedź – 149 mg/kg, ołów – 128 mg/kg, rtęć – 1,06 mg/kg, nikiel – 48,6 mg/kg oraz cynk – 459 mg/kg.



Granice zlewni:
 — rzędu IV
 — rzędu V

Fig. 3. Lokalizacja cieków i zbiorników wód stojących oraz obszary analizowanych zlewni (https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/ [dostęp 12.09.2024])

W osadach rzek i strumieni na terenie Polski mediana zawartości arsenu jest <5 mg/kg, kadmu <0,5 mg/kg, dla ołowiu wynosi 13 mg/kg, natomiast dla cynku – 62 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995a). Na obszarach zlewni analizowanych cieków w granicach arkusza stwierdzono wielokrotnie większe koncentracje tych pierwiastków, co szczególnie zaznacza się w północno-zachodniej jego części.

Zlewnia Brynicy do zbiornika Kozłowa Góra. Teren zlewni zlokalizowany jest w północno-zachodniej części arkusza Siewierz. Swym zasięgiem obejmuje tereny leśne. Większość próbek osadów wodnych została pobrana z bezimiennych rowów i strumieni.

Mediana zawartości baru, chromu, fosforu, kobaltu, miedzi, żelaza, manganu, niklu, strontu i tytanu w badanych osadach jest niższa lub zbliżona do wartości określonych jako tło geochemiczne regionu śląsko-krakowskiego. Wielokrotnie niższe od wartości tła geochemicznego są mediany koncentracji wapnia i magnezu, co wynika prawdopodobnie z faktu, iż zlewnia jest pokryta piaskami i żwirami wodnolodowcowymi, w których składzie przeważa kwarc. Zaobserwowano nieco większą medianę zawartości wanadu. Natomiast wyraźne przekroczenie wartości tła regionalnego występuje w przypadku arsenu, kadmu, rtęci, ołowiu, siarki i cynku (tab. 4).

Na obszarze zlewni w osadach cieków drenujących namuły dolinne zaznacza się kumulacja arsenu (do 103 mg/kg), kadmu (do 124,0 mg/kg), rtęci (do 0,40 mg/kg), ołowiu (do 601 mg/kg), siarki (do 0,746%) i cynku (do 1964 mg/kg). Najwyższe koncentracje kadmu i rtęci stanowią jednocześnie maksymalne zawartości dla arkusza. Przekroczenie wartości progowej PEC w części próbek odnotowano w przypadku arsenu, kadmu, ołowiu i cynku, przy czym największą liczbę próbek (ponad połowa), dla których ten wskaźnik został przekroczony, stwierdzono dla kadmu i ołowiu.

Zlewnia Dopływu w Boguchwałowicach. Obszar zlewni swoim zasięgiem obejmuje centralną część arkusza, gdzie na powierzchni odsłaniają się triasowe dolomity kruszczońskie i kontynuuje się w kierunku północno-zachodnim. Pod względem użytkowania terenu dominują tam lasy. W dolnym biegu Dopływu w Boguchwałowicach w rejonie jego ujścia do Zalewu Przeczycko-Siewierskiego obszar pokrywają łąki, nieużytki i pola uprawne oraz występują tereny z zabudową miejską.

Osady Dopływu w Boguchwałowicach, jak również całej zlewni, charakteryzują się wyższymi medianami zawartości arsenu, kadmu, chromu, miedzi, rtęci, ołowiu, siarki, tytanu i wanadu w porównaniu do ich regionalnego tła geochemicznego (tab. 4). Stosunkowo wysokie zawartości metali, arsenu i siarki obserwuje się przede wszystkim w północnej części zlewni w osadach górnego biegu Dopływu w Boguchwałowicach, gdzie drenuje on namuły dolinne, oraz w próbkach jednego z jego bezimiennych dopływów. Stwierdzono tam 1,10–4,45% glinu, 1,87–23,00% żelaza, 16–83 mg/kg miedzi, 21–251 mg/kg wanadu i 0,173–0,563% siarki. Osady w tej części zlewni obfitują też w pierwiastki związane z mineralizacją kruszcową, tj. arsen, kadm, ołów i cynk, które występują odpowiednio w zakresie 22–136; 3,6–24,7; 75–303 i 417–2040 mg/kg. Koncentracji metali w namulach i torfach dolin strumieniowych sprzyja skład osadów bogatych w materię organiczną, tlenki i wodorotlenki żelaza i manganu oraz minerały ilaste.

W obrębie zlewni występują przekroczenia wartości PEC dla arsenu, kadmu, ołowiu i cynku. Najwięcej próbek, w których wartość progowa tego wskaźnika została przekroczona, oznaczono w przypadku kadmu (55%).

Zlewnia Szeligowca. Północna część obszaru arkusza należy do zlewni Szeligowca, który wraz z siecią dopływów odwadnia głównie tereny leśne i łąki. Potok ten zasila Zalew Przeczycko-Siewierski.

Mediany zawartości większości pierwiastków w analizowanych osadach zlewni są równe lub niższe w porównaniu do wartości tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego. Jedynie w przypadku kadmu, ołowiu i siarki obliczone wartości

median są wyżej niż tło. Osady samego potoku Szeligowiec charakteryzują się niską zawartością oznaczanych pierwiastków. Niewielkie wzbogacenie osadów w stosunku do tła geochemicznego regionu obserwuje się dla siarki (mediana 0,096%) (tab. 4).

Zawartość glinu w osadach zlewni najczęściej mieści się w zakresie 0,10–0,89%, a tylko w kilku próbkach przekracza 1%. Arsen stwierdzono w większości osadów w granicach zawartości naturalnej (<3–10 mg/kg). W niektórych próbkach z cieków bezimiennych w górnej części zlewni zawartość arsenu wynosi 44–58 mg/kg, a maksymalnie osiąga 174 mg/kg w osadzie z rowu płynącego w zachodniej części zlewni. próbka osadu wodnego, w której występuje najwyższe stężenie arsenu, obfituje również w żelazo (8,35%) i wanad (118 mg/kg). Koncentracje wapnia i magnezu charakteryzuje niewielka zmienność i wahają się w granicach odpowiednio 0,02–1,37% oraz 0,01–0,23%. Zawartość rtęci w większości osadów zlewni jest mniejsza lub zbliżona do poziomu regionalnego tła geochemicznego (0,06 mg/kg). W niektórych osadach zanotowano nieznacznie podwyższoną zawartość tego pierwiastka mieszczącą się w zakresie 0,10–0,16 mg/kg.

W rowie na obszarze leśnym, przy wschodniej granicy zlewni, drobnoziarniste, bogate w materię organiczną osady wyróżnia znacząca koncentracja większości badanych pierwiastków. Zanotowano tam 29 mg/kg arsenu, 19,4 mg/kg kadmu, 34 mg/kg chromu, 130 mg/kg miedzi, 8,78% żelaza, 127 mg/kg ołowiu i 2826 mg/kg cynku. Osad ten jest ponadto bogaty w glin (2,45%), bar (1096 mg/kg) i fosfor (4,577%).

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że kilkanaście próbek pobranych głównie z bezimiennych cieków i rowów charakteryzowało się wyższymi zawartościami kadmu i cynku w stosunku do wartości PEC. W przypadku arsenu, chromu i ołowiu liczba próbek, w których te zawartości były wyższe niż wskaźnik PEC nie przekraczała 9.

Przemsza (Czarna Przemsza). Obszar źródłowy rzeki Przemszy zlokalizowany jest w rejonie Zawiercia na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (poza granicami arkusza). W swoim górnym biegu odwadnia ona tereny lasów i użytków rolnych, a stosunki wodne mają charakter zbliżony do naturalnego. Antropogeniczne zmiany w rzeźbie szczególnie są widoczne poniżej Zbiornika Przeczyce, gdzie odwadnia ona obszary zlewni o najbardziej przekształconych warunkach środowiska (Rzętała, 2003).

W granicach arkusza mediany zawartości analizowanych pierwiastków w osadach rzeki Przemszy są niższe niż wartości ich tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (tab. 4). Przekroczenia wskaźnika PEC obserwuje się jedynie dla ołowiu w ok. 16% próbek.

Zlewnia Czarnej Przemszy do zbiornika Przeczyce. W obrębie badanej zlewni jest zlokalizowany niewielki fragment rzeki Przemszy, w której dolinie leży miasto Siewierz. Rzeka płynie tam głównie pośród łąk w naturalnym, nieuregulowanym korycie, które tworzy liczne zakola (<https://www.siewierz.pl/turystyka/sciezki-rowerowe-i-dydaktyczne/sciezka-dydaktyczna-w-poblizu-zamku-biskupow-krakowskich-w-siewierzu> [dostęp 9.10.2024]). Drenuje ona piaski, żwiry i mułki rzeczne tarasów zalewowych. Północną część zlewni odwadnia strumień Jordan, jeden z jej prawobrzeżnych dopływów.

Mediany zawartości analizowanych pierwiastków chemicznych w osadach Przemszy oraz całej zlewni są niższe niż poziom tła regionalnego (tab. 4). W centralnej części zlewni, w osadach strumienia Jordan i wpływającego do niego rowu odwadniającego przede wszystkim nieużytki i ugory, występują najwyższe w obrębie zlewni koncentracje metali. Lokalnie stwierdzono zawartości 1,8–6,4 mg/kg kadmu, 163–722 mg/kg ołowiu i 441–1895 mg/kg cynku. Osady te są również wzbogacone w wapń (1,62–13,10%), magnez (0,66–5,72%) i żelazo (0,36–1,87%). Przekroczenia wartości progowej PEC występują w kilku próbkach w przypadku kadmu, ołowiu i cynku.

Zlewnia zbiornika Przeczyce jest położona w centralnej części obszaru arkusza. Użytkowanie terenu zlewni jest zróżnicowane, występują tu łąki, pola uprawne, nieużytki oraz lasy.

Osady pobrane zarówno w obrębie zlewni, jak również z brzegów Zalewu Przeczycko-Siewierskiego, zawierają analizowane pierwiastki (wyrażone jako wartości ich median) w zakresie zbliżonym lub mniejszym w porównaniu do regionalnego tła geochemicznego. W przypadku ołowiu i siarki obserwuje się niewielkie wzbogacenia osadów zlewni w stosunku do poziomu tła (tab. 4).

Zalew Przeczycko-Siewierski utworzony na rzece Przemszy znajduje się w centralnej części zlewni. Wschodnia część Zalewu to strefa dna zbiornika, która odsłania się w okresach niskiego stanu wody. Obniżeniu zwierciadła wody w zbiorniku towarzyszy intensywny rozwój życia biologicznego związany ze wkraczaniem roślinności (Rzętała, 2003). W drobnoziarnistych osadach organicznych we wschodniej części zbiornika, w sąsiedztwie drogi krajowej obserwuje się wyższe zawartości niektórych pierwiastków. Zanotowano tam maksymalnie 13,2 mg/kg kadmu, 8 mg/kg kobaltu, 22 mg/kg chromu, 38 mg/kg miedzi, 2,4% żelaza, 15 mg/kg niklu, 959 mg/kg ołowiu oraz 1191 mg/kg cynku. Są też wzbogacone w wapń (do 6,78%), magnez (do 2,92%) i mangan (do 770 mg/kg).

Badania dotyczące oceny zanieczyszczenia osadów w wybranych zbiornikach wodnych regionu górnośląskiego przeprowadzone przez Jagusia i in. (2013) wykazały znaczny stopień zanieczyszczenia osadów, zwłaszcza barem, kadmem, ołowiem i cynkiem. Oznaczone koncentracje w osadach zbiornika Przeczyce wynoszą: 31 mg/kg arsenu, 524,5 mg/kg baru, 13,0 mg/kg kadmu, 15,0 mg/kg kobaltu, 82,5 mg/kg chromu, 36,0 mg/kg miedzi, 28,0 mg/kg niklu, 533,0 mg/kg ołowiu oraz 1443,0 mg/kg cynku i są wyższe niż te uzyskane obecnie w przypadku większości pierwiastków.

W niewielkiej liczbie próbek osadów (w tym również pobranych ze zbiornika) stwierdzono przekroczenia wskaźnika PEC dla kadmu, ołowiu i cynku.

Południowa część obszaru arkusza należy do **zlewni Czarnej Przemszy od zapory zbiornika Przeczyce do Brynicy**, która obejmuje część terenu, gdzie utwory triasu występują w sposób dość zwarty, tworząc rozległe wychodnie. Na powierzchni w okolicy Podwarpia odsłaniają się dolomity kruszczońskie. Dolinę rzeki Przemszy wyściełają czwartorzędowe osady tarasów zalewowych.

Mediany glinu, baru, kobaltu, chromu, miedzi, żelaza, manganu, niklu, fosforu, siarki, strontu, wanadu i cynku w osadach zlewni są mniejsze niż tło geochemiczne regionu śląsko-krakowskiego. Nieco większe wartości median obserwuje się dla wapnia, magnezu i tytanu, natomiast prawie dwukrotne wzbogacenie osadów zlewni w stosunku do tła występuje dla ołowiu (tab. 4).

Osady rzeki Przemszy wypływającej z Zalewu Przeczycko-Siewierskiego charakteryzują się wyraźnie wyższymi zawartościami baru (22–408 mg/kg), wapnia (0,17–4,35%), magnezu (0,05–0,53%), manganu (292–1585 mg/kg) i ołowiu (53–221 mg/kg) w porównaniu do ich zawartości w próbkach pobranych powyżej zbiornika.

Na tle wszystkich zbadanych osadów z terenu arkusza osady zlewni wyróżnia wysoka zawartość ołowiu. Maksymalna jego koncentracja (1861 mg/kg) występuje przy południowej granicy arkusza (w rejonie miejscowości Zarzecze) w osadzie bezimiennego cieku, który odwadnia przede wszystkim łąki i nieużytki. W tym miejscu stwierdzono również 27 mg/kg kadmu i 1365 mg/kg cynku. Źródłem tych pierwiastków są prawdopodobnie spływy powierzchniowe z obszaru doliny wypełnionej osadami torfowymi, które mogą je łatwo kumulować w swoim składzie. W obrębie zlewni notuje się przekroczenia wartości PEC dla arsenu, kadmu, ołowiu i cynku, przy czym w przypadku arsenu dotyczy to tylko jednej próbki.

WODY POWIERZCHNIOWE

Przeprowadzone badania wód powierzchniowych dotyczyły oceny zawartości wybranych składników chemicznych oraz przewodności elektrolitycznej właściwej i odczynu pH. W celu porównania i łatwiejszej oceny jakości analizowanych wód, przytoczono zakresy zawartości poszczególnych składników na analizowanym obszarze oraz wyniki obliczonych parametrów statystycznych (tab. 5). Wartości graniczne wskaźników jakości wód z grupy specyficznych syntetycznych i niesyntetycznych substancji zanieczyszczających oraz środowiskowe normy jakości dla wskaźników stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie..., 2021) także zamieszczono w tabeli 5.

Zlewnia Brynicy do zbiornika Kozłowa Góra. Wartość przewodności elektrolitycznej właściwej wód zlewni zmienia się w przedziale 0,06–0,58 mS/cm, a pH w granicach 3,60–7,30, z czego najwięcej próbek (67%) charakteryzowało się odczynem kwaśnym (pH < 5). Zakwaszenie wód cieków jest związane z występowaniem w zlewni gleb charakteryzujących się bardzo niskim pH i wymywaniem materii organicznej ze ściółki leśnej.

Próbki wód zlewni charakteryzują się niższą zawartością srebra, boru, berylu, kobaltu, chromu, miedzi, molibdenu, antymonu, selenu, tytanu, talu, wanadu w stosunku do wartości granicznych określonych dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych. W większości badanych wód również arsen pozostaje w tych granicach. Tylko w jednym przypadku stwierdzono jego wyższe stężenie (118 µg/dm³). Uwzględniając środowiskowe normy jakości, dla wskaźników stanu chemicznego w badanych próbkach nie zostały przekroczone dopuszczalne stężenia niklu (Rozporządzenie..., 2021; tab. 5).

Wody zlewni wyróżnia natomiast wysoka zawartość glinu. W większości próbek jego stężenie mieści się w przedziale 1087,6–4459,5 µg/dm³, co przypuszczalnie ma związek z kwasowością wody. Glin jest łatwo sorbowany przez osady wodne. Jednak przy zmianie pH mogą pojawić się w wodzie znaczne jego ilości, gdyż wzrost zakwaszenia wody przyczynia się do uwolnienia glinu z osadów dennych do środowiska wodnego.

Większość badanych wód zlewni zalicza się do pozaklasowych z uwagi na zawartość w nich kadmu (1,80–15,99 µg/dm³). Część próbek, w których stwierdzono podwyższone koncentracje kadmu, charakteryzuje się również wysokimi zawartościami ołowiu (15,29–39,11 µg/dm³) i cynku (1,006–1,422 mg/dm³). Przypuszczalnie wiąże się to z niskim odczynem wód i gleb na tym obszarze, który mógł spowodować remobilizację metali z fazy stałej do roztworu.

Zlewnia Dopływu w Boguchwałowicach. Przewodność elektrolityczna wód zlewni jest niewielka, waha się w granicach 0,08–0,55 mS/cm (mediana 0,21 mS/cm). Ich odczyn pH zmienia się od 3,45 do 7,25. Kwaśny odczyn wód wpływa na uruchomienie glinu, co zaznacza się w składzie analizowanych wód. Badane wody zlewni obfitują w ten pierwiastek, który w przeważającej liczbie próbek zawiera się w przedziale 1457,2–12 295,8 µg/dm³.

Uwagę zwracają także wysokie stężenia kadmu (2,25–35,52 µg/dm³) w wodach zlewni i Dopływu w Boguchwałowicach. Do wód pozaklasowych zalicza się również 31% próbek wód ze względu na zawartość cynku przekraczającą 1 mg/dm³. Zawartości ołowiu i niklu w większości badanych wód nie przekraczają dopuszczalnych stężeń wskazanych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2021 r. (Rozporządzenie..., 2021). Tylko w kilku przypadkach, w wodach pobranych z bezimiennych rowów, stwierdzono ich wyższe koncentracje (odpowiednio 17,73–21,67 µg/dm³ i 36,4–42,7 µg/dm³). W analizowanych wodach zaznaczają się wyższe stężenia pierwiastków pochodzenia litogenicznego – berylu (do 1,39 µg/dm³), kobaltu (do 41,56 µg/dm³) i żelaza (do 36,01 mg/dm³).

Zlewnia Szeliłowca. Wody zlewni charakteryzuje wartość pH w granicach 3,96–7,91 i przewodności elektrolitycznej właściwej w przedziale 0,06–1,23 mS/cm

(tab. 5). Wody o wartości EC 0,77–1,23 mS/cm występują w rowie bez nazwy odwadniającej tereny lasów i nieużytków, przy wschodniej granicy zlewni.

Zawartość pierwiastków pochodzenia litogenicznego pozostaje na zbliżonym poziomie w wodach całej zlewni i najczęściej nie przekracza 2 µg/dm³ arsenu, 0,070 mg/dm³ baru, 50,0 mg/dm³ wapnia, 10,0 mg/dm³ krzemionki, 3,0 mg/dm³ potasu i 4,0 µg/dm³ litu.

Na terenie zlewni specyficznym składem wyróżniają się wody z bezimiennego rowu odwadniającego tereny leśne (przy zachodniej granicy zlewni). Zanotowano tam koncentracje glinu (698,0–2527,1 µg/dm³), berylu (0,13–0,83 µg/dm³), kadmu (2,52–7,07 µg/dm³), żelaza (0,80–2,50 mg/dm³), a także podwyższoną na tle zlewni zawartość kobaltu, niklu, talu i cynku. Pokrywa się to z niskimi wartościami pH (3,96–4,92) tego ciek. Niski odczyn wód mógł spowodować remobilizację pierwiastków z osadów wodnych i jednocześnie utrudniać ich wiązanie przez składniki fazy stałej. Z kolei wody z rowu bez nazwy, przy wschodniej granicy zlewni, charakteryzują stosunkowo wysokie stężenia antymonu (4,28–6,00 µg/dm³).

Przemsza (Czarna Przemsza). Wartość przewodności elektrolitycznej właściwej wód rzeki zmienia się w przedziale 0,53–0,69 mS/cm, a odczyn pH jest w granicach 7,13–8,91.

Wody rzeki Przemszy w granicach arkusza zawierają niewielkie ilości badanych składników w stosunku do wartości granicznych określonych dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych. Uwzględniając środowiskowe normy jakości dla wskaźników stanu chemicznego, w badanych próbkach nie zostały również przekroczone dopuszczalne stężenia dla kadmu, niklu i ołowiu (Rozporządzenie..., 2021; tab. 5).

Zlewnia Czarnej Przemszy do zbiornika Przeczyce. W wodach zlewni obserwuje się wartości przewodności elektrolitycznej w przedziale 0,20–0,72 mS/cm, a pH w zakresie 5,86–9,25. Zawierają one niewielkie stężenia badanych pierwiastków, w tym metali potencjalnie toksycznych dla organizmów żywych. W jednym miejscu, przy wschodniej granicy arkusza, w bezimiennym rowie występuje wysokie stężenie glinu (1781,7 µg/dm³).

Zlewnia zbiornika Przeczyce. Wody zbiornika charakteryzuje wartość przewodności elektrolitycznej w przedziale 0,41–0,62 mS/cm i odczyn pH 7,54–9,27. Zawartości srebra, glinu, arsenu, boru, berylu, kobaltu, chromu, molibdenu, antymonu, selenu, tytanu, talu, wanadu i cynku są niższe od wartości granicznych określonych dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych. W przypadku baru w jednym punkcie, we wschodniej części zbiornika obserwuje się wyższą jego zawartość (0,771 mg/m³). Stężenia kadmu, niklu i ołowiu w badanych wodach Zalewu Przeczycko-Siewierskiego nie przekraczają dopuszczalnych stężeń określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2021; tab. 5).

Na obszarze zlewni zwracają uwagę wody z bezimiennego rowu płynącego na terenie leśnym w sąsiedztwie DK 78. Charakteryzują się one niskimi wartościami pH 4,47–4,82 oraz wysokimi zawartościami glinu (do 2445,7 µg/dm³), berylu (do 2,50 µg/dm³), kadmu (do 49,42 µg/dm³), niklu (do 34,2 µg/dm³), ołowiu (do 130,69 µg/dm³), cynku (do 2,715 mg/dm³), a także wyższymi na tle zlewni stężeniami kobaltu i litu.

Zlewnia Czarnej Przemsza od zapory zbiornika Przeczyce do Brynicy. Pomierzone wartości odczynu wód wahają się w zakresie 7,13–8,16, a przewodności elektrolitycznej – 0,38–0,84 mS/cm. EC powyżej 0,8 mS/cm stwierdzono w wodach Dopływu z Sadowia. Wody zlewni charakteryzują się małymi zawartościami badanych elementów, w tym również metali. Kadm i chrom występują w większości próbek w ilości poniżej granic ich oznaczalności. Zawartość miedzi nie przekracza 4,18 µg/dm³ (mediana 0,55 µg/dm³), niklu 2,7 µg/dm³ (mediana 1,3 µg/dm³), ołowiu 8,71 µg/dm³ (mediana 0,26 µg/dm³), a talu 0,20 µg/dm³ (mediana 0,06 µg/dm³).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Rodzaj podłoża gleb zaznacza się wyraźnie w ich składzie chemicznym. Gleby utworzone głównie na czwartorzędowych piaskach i żwirach wodno-lodowcowych obfitujące we frakcję piaskową zawierają na ogół najmniejsze ilości analizowanych pierwiastków. Z kolei gleby rozwinięte na wychodniach skał węglanowych triasu, zasobne we frakcję pyłową i ilową, wyróżniają się podwyższonymi koncentracjami wapnia, magnezu i manganu oraz są wzbogacone w większość badanych pierwiastków w stosunku do regionalnego tła geochemicznego.
2. Odczyn pH badanych gleb jest związany z litologią skał podłoża oraz sposobem ich użytkowania. Gleby bardzo kwaśne i kwaśne występują w północno-zachodniej części arkusza, gdzie teren w większości jest porośnięty lasami. Na pozostałym obszarze przeważają gleby o odczynie obojętnym i zasadowym. Większy udział gleb zasadowych w warstwie z głębokości 0,8–1,0 m wskazuje na wpływ węglanowych skał macierzystych na warunki panujące w glebach.
3. Mediany zawartości większości pierwiastków (srebra, arsenu, baru, wapnia, kobaltu, chromu, miedzi, żelaza, rtęci, magnezu, manganu, niklu, fosforu, siarki, strontu i wanadu) w glebach są mniejsze lub zbliżone do wartości tła geochemicznego w regionie śląsko-krakowskim. Zawartość kadmu i cynku obserwuje się na nieco wyższym poziomie. Około dwukrotne wzbogacenie w porównaniu do tła regionalnego występuje w przypadku ołowiu i tytanu.
4. Na obszarach występowania węglanowych utworów triasu obserwuje się gleby wyraźnie wzbogacone w kadm, ołów i cynk. Należy przypuszczać, że głównym źródłem widocznych anomalii geochemicznych są wychodnie dolomitów kruszczoonych i diploporowych oraz historyczna eksploatacja i przetwórstwo rud Zn-Pb.
5. We wszystkich zlewniach znajdujących się na terenie arkusza występują osady, w których stwierdzono przekroczenia wartości progowych wskaźnika PEC dla kadmu, ołowiu i cynku.
6. Osady i wody cieków w północno-zachodniej części obszaru arkusza charakteryzują się wysokimi zawartościami glinu oraz są wzbogacone w kadm, żelazo, ołów i cynk.

LITERATURA

- ADAMIEC E., JAROSZ-KRZEMIŃSKA E., WIESZAŁA R., 2016 – Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and motorway road dusts. *Environ. Monit. Assess.*, **188**, 369; <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5377-1>.
- AKTUALIZACJA, 2020 – Aktualizacja Programu Ochrony Środowiska dla Miasta i Gminy Siewierz na lata 2021–2024 z perspektywą na lata 2025–2028. IGO Sp. z o.o., Katowice.
- ANALIZA JAKOŚCI POWIETRZA w gminie Siewierz w 2023 roku; <https://www.siewierz.pl/aktualnosci/11965-analiza-jakosci-powietrza-w-gminie-siewierz-w-2023-roku> (dostęp 15.04.2024).
- BEDNAREK R., DZIADOWIEC H., POKOJSKA U., PRUSINKIEWICZ Z., 2004 – Badania ekologiczno-gleboznawcze. PWN, Warszawa.
- BIERNAT S., 1955 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wojkowiec. Inst. Geol., Warszawa.
- BN-78/9180-11. Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. Norma branżowa, 1978. PKN, Warszawa.

- BUŁA Z., HABRYN R., KRIEGER W., KUREK S., MARKOWIAK M., WOŹNIAK P., 2002 – Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego w skali 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CZARNOCKI S., 1931 – Objaśnienie do mapy bogactw kopalnych Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DERYŁO, A., KOSTECKI M., SZILMAN P., 2000 – Badania hydrobiologiczne zbiornika zaporowego w Przeczycach. Cz. I. Fizyczno-chemiczne wskaźniki jakości wody. *Arch. Ochr. Środow.*, **26**, 3: 67–87.
- GRZECHNIK Z., 1978 – Historia dotychczasowych poszukiwań i eksploatacji. [W:] Poszukiwanie rud cynku i ołowiu na obszarze śląsko-krakowskim. *Pr. Inst. Geol.*, **83**: 22–42.
- INFORMACJA, 2023 – Informacja Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej Wód Polskich w Gliwicach; https://ftp.siewierz.pl/uploaded_files/attachments/1682456218_1682416950glruz42102220233ak.pdf (dostęp 15.04.2024).
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M.A., RZĘTAŁA M., 2013 – Ocena zanieczyszczenia osadów w zbiornikach wodnych w aspekcie użytkowania gruntów. *Proceedings of ECOPole*, **7**, 1: 349–355; doi: 10.2429/proc.2013.7(1)047.
- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCINŃSKI J., MARTINEC P., 2005 – Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A., 2007 – Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KAZIUK H., LEWANDOWSKI J., 1978 – Mapa geologiczna Polski 1:200 000 – arkusz 65. Wydaw. Geol., Kraków.
- KIERSNOWSKI H., 1991 – Litostratygrafia permu północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – nowa propozycja. *Prz. Geol.*, **39**, 4: 198–203.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych, 2008. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze; https://www1.up.poznan.pl/glinbar/wp-content/uploads/2015/03/Uziarnienie_PTG_2008.pdf (dostęp 10.06.2024).
- KŁOJZY-KARCZMARCZYK B., MAZUREK J., 2017 – Zanieczyszczenie metalami ciężkimi przypowierzchniowych warstw gruntu w otoczeniu południowej obwodnicy Krakowa. *Prz. Geol.*, **65**, 11/2: 1296–1300.
- KOTAS A., 1985 – Uwagi o ewolucji strukturalnej GZW. [W:] Mat. Konf. Nauk „Tektonika GZW”: 17–46. Wydaw. Uniwers. Śl., Sosnowiec.
- KOTLIŃSKI S., 1995 – Badania nad litostratygrafią triasu Górnego Śląska. Państw. Inst. Geol., Sosnowiec.
- LEWANDOWSKI J., CIESIELCZUK J., 1997 – Przyczynek do powstania regolitów krasowych Wyżyny Śląskiej. *Geologia*, **14**: 139–152.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska w skali 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb-Zn-Cd w glebach na Górnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **45**, 2: 182–189.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska w skali 1:25 000, ark. Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIU S., PAN G., ZHANG Y., XU J., MA R., SHEN Z., DONG S., 2019 – Risk assessment of soil heavy metals associated with land use variations in the riparian zones of a typical urban river gradient. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **181**: 435–444; <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.060>.
- ŁABĘCKI H., 1841 – Górnictwo w Polsce, opis kopalnictwa i hutnictwa polskiego pod względem technicznym, historycznym, statystycznym i prawnym. Warszawa. <https://crispa.uw.edu.pl/object/files/621013/display/JPEG> (dostęp 18.07.2024).
- MACDONALD D.D., INGERSOL C.G., BERGER T.A., 2000 – Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **39**: 20–31; doi: 10.1007/s002440010075.
- MACHOWSKI R., RZĘTAŁA M., 2020 – Zbiornik Przeczyce. [W:] Encyklopedia Województwa Śląskiego T. 7 [projekt WWW] (red. nauk. R. Kaczmarek). Katowice, Instytut Badań Regionalnych Biblioteki Śląskiej; https://rebus.us.edu.pl/bitstream/20.500.12128/19077/1/Machowski_Rzetala_zbiornik_przeczyce.pdf (dostęp 27.03.2024).
- MAJKA M., 2020 – Aktualizacja Programu Ochrony Środowiska dla Miasta i Gminy Siewierz na lata 2021-2024 z perspektywą na lata 2025-2028. Siewierz; <https://bip.siewierz.pl/res/serwisy/pliki/28836445?version=1.0> (dostęp 12.04.2024).
- MAJKA M., MARUSZCZAK K., POTĘPA Z., 2013 – Aktualizacja Programu Ochrony Środowiska dla Miasta i Gminy Siewierz na lata 2013–2016; https://bip.siewierz.pl/res/serwisy/bip-gmsiewierz/komunikaty/_020_009_429183.pdf?version=1.0 (dostęp 12.04.2024).
- MALIKOWSKI J., 2011 – Transformacja Siewierza na tle innych małych miast północnego obrzeża Górnośląskiego Zespołu Metropolitalnego. [W:] Kierunki i uwarunkowania rozwoju małych miast z perspektywy 20 lat transformacji. Studium przypadków (red. B. Bartosiewicz, T. Marszał): 103–119. Wydaw. Uniwer. Łódzkiego, Łódź; <https://doi.org/10.18778/7525-584-3.06>; https://dspace.uni.lodz.pl/bitstream/handle/11089/42018/103-119_Malikowski.pdf?sequence=1&isAllowed=y (dostęp 14.11.2024).
- MIKOŁAJKÓW J., SADURSKI A. (red.), 2017 – Charakterystyka głównych i lokalnych zbiorników wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa; <https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/informatory-psh/4719-informator-psh-2017-gzwp/file.html> (dostęp 14.11.2024).
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000 – Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wydaw. Uniwer. Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań.
- MONITORING, 2020 – Monitoring chemizmu gleb ornych polski; https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=343 (dostęp 15.04.2024).
- NOGA Z., 1993 – Obiekty przemysłowe w księstwie siewierskim 1443–1790. *Rocznik Naukowo-Dydaktyczny. Prace Historyczne*, **16**: 119–142; <https://rep.up.krakow.pl/xmlui/handle/11716/7663> (dostęp 25.03.2024).
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. Polska Norma. 1988. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.
- PIESOWICZ K., 1961 – Zakłady Górnicze w Sielcach (monografia przemysłu dworskiego w połowie XIX w.). [W:] *Ekonomika Górnictwa i Hutnictwa w Królestwie Polskim 1840–1910* (A. Jezierski i in.). Dział Wydaw. UW, Warszawa.
- POŻARYSKI W., GROCHOLSKI A., TOMCZYK H., KARNKOWSKI P., MORYC W., 1992 – Mapa tektoniczna Polski w epoce warycyjskiej. *Prz. Geol.*, **40**, 11: 643–651
- PREIDL W., WÓJCIK A., 2014 – Tajemnice dawnych kopalń. *Hereditas Minariorum* **1**: 199–204; https://www.dbc.wroc.pl/Content/33430/hereditas_minariorum_2014_1.pdf (dostęp 29.07.2024).
- PROGNOZA, 2023 – Prognoza oddziaływania na środowisko Regionalnego Planu Transportowego dla Województwa Śląskiego. EKOSTANDARD Pracownia Analiz Środowiskowych.
- RAPORT, 2023 – Raport o stanie Gminy Mierzęcice za 2022 rok; <https://www.mierzecice.pl/dla-mieszkanow/aktualnosci/informator-mieszkanca/8306-informacja-o-debacie-publicznej-raport-o-stanie-gminy-mierzecice-za-2022-rok> (dostęp 27.03.2024).
- RICHLING A., SOLON J., MACIAS A., BALON J., BORZYSZKOWSKI J., KISTOWSKI M. (red.), 2021 – Regionalna geografia fizyczna Polski. Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. z 2021 poz. 1745).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 4 listopada 2022 r. w sprawie Planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (Dz.U. z 2023 poz. 300).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 poz. 1395).
- RÓŻKOWSKI A. (red.), 1997 – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Wojkowice (0911). Państw. Inst. Geol., Warszawa; <https://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/mhp/gupw/txt/mhpgupw0911objasnienia.pdf> (dostęp:01.03.2024).
- RYŻAK M., BARTMIŃSKI P., BIEGANOWSKI A., 2009 – Metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych. *Acta Agrophysica*, **175**: 1–79.
- RZĘTAŁA M.A., 2003 – Procesy brzegowe i osady dennie wybranych zbiorników wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji (na przykładzie Wyżyny Śląskiej i jej obrzeży). Wydaw. Uniwer. Śl., Katowice.
- RZĘTAŁA M., 2008 – Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Wydaw. Uniwer. Śl., Katowice.
- SAGER M., 2020 – Urban Soils and Road Dust—Civilization Effects and Metal Pollution – A Review. *Environments*, **7**, 98; <https://doi.org/10.3390/environments7110098>.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe. Part I. Geological Survey of Finland, Espoo.
- SOŁTYSIK E., 2008 – Dawne kopalnie kruszcu w Siewierzu i okolicach. *Kurier Siewierski*, **13/5**: 17.
- STRATEGIA, 2016 – Strategia rozwoju Miasta i Gminy Siewierz do 2020; <https://bip.siewierz.pl/res/serwisy/pliki/28836762?version=1.0> (dostęp 27.03.2024).
- STUDIUM, 2021 – Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Mierzęcice. Tekst ujednolicony. Cz. I – Diagnostyka stanu istniejącego, 2021 – Załącznik Nr 1 do uchwały Nr XXVIII/229/2021 Rady Gminy Mierzęcice z dnia 29 września 2021 r.; <https://www.mierzecice.pl/images/Studium/Tekst%20Studium%202021.pdf> (dostęp 2.10.2024).
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2023 – Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31 XII 2022 r. Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- UCHWAŁA, 2018 – Uchwała Nr II/13/2018 Rady Miejskiej w Siewierzu z dnia 29 listopada 2018 r. w sprawie ustanowienia użytku ekologicznego „W dolinie Przemyszy” (Dz. Urz. Woj. Śl. z 2018 r. poz. 7791); <https://dzienniki.slask.eu/legalact/2018/7791/> (dostęp 12.04.2024).

- UCHWAŁA, 2021a – Uchwała Nr XVII/206/2020 Rady Miejskiej w Siewierzu z dnia 19 listopada 2020 r. w sprawie wyznaczenia Aglomeracji Siewierz w nowym kształcie (Dz. Urz. Woj. Śl. z 2020 r. poz. 8235); https://dzienniki.slask.eu/WDU_S/2020/8253/akt.pdf (dostęp 12.04.2024).
- UCHWAŁA, 2021b – Uchwała Nr XXV/283/2021 Rady Miejskiej w Siewierzu z dnia 30 sierpnia 2021 r. w sprawie przyjęcia Strategii rozwoju Miasta i Gminy Siewierz na lata 2021–2027. Załącznik do Uchwały Nr XXV/283/2021; <https://bip.siewierz.pl/bipkod/025> (dostęp 05.04.2024).
- USTAWA, 2001 – Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2024 poz. 54 t.j.).
- WAGNER R. (red.), 2008 – Tabela stratygraficzna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WILANOWSKI S., ŻABA M., 2010 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Wojkowice (911), reambulacja. Państw. Inst. Geol.– Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- WILANOWSKI S., ŻABA M., 2016 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000, ark. Wojkowice (911). Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Badaw., Warszawa.
- WÓJCIK A.J., PREIDL W., 2014 – Węgiel blanowicki – zarys historii rozpoznania i eksploatacji do 1870 roku. *Hereditas Minariorum*, **1**: 29–45.
- WÓJCIK A.R., 2024 – Sprawozdanie z działań podejmowanych na terenie Nadzoru Wodnego na obszarach powiatów: będzińskiego, tarnogórskiego, olkuskiego, lublinieckiego, myszkowskiego, zawierciańskiego, m. Bytom, m. Chorzów, m. Dąbrowa Górnicza, m. Katowice, m. Mysłowice, m. Piekary Śląskie, m. Ruda Śląska, m. Siemianowice Śląskie, m. Sosnowiec, m. Świętochłowice za rok 2003; <https://bip.katowice.eu/dokument.aspx?idr=141551&idt=348> (dostęp 08.07.2024).
- WYKAZ, 2006 – Wykaz stanu gleb oraz zanieczyszczeń metalami ciężkimi gruntów; <https://duckduckgo.com/?q=wykaz+stanu+gleb%2C+B%C4%99dzin&t=palemoon&ia=web> (dostęp 01.07.2024).