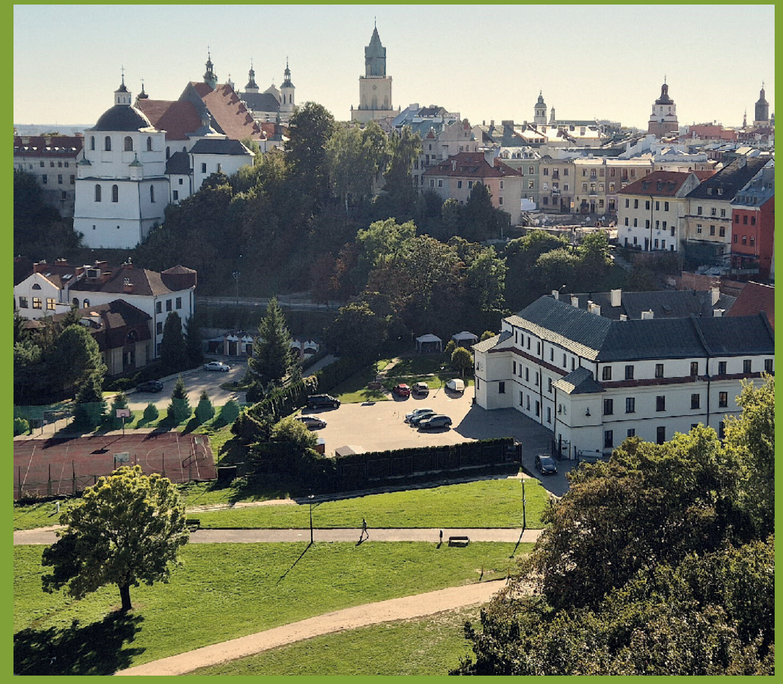
ATLAS GEOCHEMICZNY LUBLINA I OKOLIC W SKALI 1:50 000

Redaktor: Irena Agnieszka Wysocka







Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

Warszawa 2025

ATLAS GEOCHEMICZNY LUBLINA I OKOLIC W SKALI 1:50 000

Redaktor: Irena Agnieszka Wysocka

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ

Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

Warszawa 2025

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Autorzy: Irena Agnieszka Wysocka, Anna Bliźniuk, Joanna Fajfer, Anna Gabryś-Godlewska, Joanna Hryciuk, Dominika Kafara, Agnieszka Konon, Paulina Kostrz-Sikora, Katarzyna Siwy-Będkowska, Angelika Szczypczyk, Łukasz Wojcieszak

Recenzent: dr hab. inż. Bożena Smreczak, prof. IUNG

Tłumaczenie: Krzysztof Leszczyński

Projekt okładki i skład: Łukasz Borkowski

Zdjęcia na okładce:
Zamek królewski w Lublinie, fot. Dominika Kafara
Port Lotniczy Lublin w Świdniku, fot. Port Lotniczy Lublin SA
Widok na Stare Miasto w Lublinie od strony Zamku Królewskiego, fot. Irena Agnieszka Wysocka

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2025

DOI: 10.7306/kg.0021

ISBN 978-83-68623-85-7

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

Słowa kluczowe: kartografia geochemiczna, obszary miejsko-przemysłowe, zanieczyszczenia, stan chemiczny środowiska, gleby, osady wodne, wody powierzchniowe, Lublin, Świdnik

SPIS TREŚCI

Wstęp – *Irena Agnieszka Wysocka* 5

Charakterystyka obszaru – *Joanna Fajfer, Paulina Kostrz-Sikora, Katarzyna Siwy-Będkowska, Angelika Szczypczyk, Łukasz Wojcieszak, Irena Agnieszka Wysocka* 5

- Położenie administracyjne i geograficzne 5
- Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia i hydrografia 5
- Budowa geologiczna i złoża kopalin 5
- Zabudowa i użytkowanie terenu 6
- Gospodarka 6
- Antropopresja 6

Zakres i metodyka badań – *Agnieszka Konon, Angelika Szczypczyk, Irena Agnieszka Wysocka* 7

- Prace terenowe 7
- Prace laboratoryjne 7
- Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych 8

Wyniki badań – *Anna Bliźniuk, Joanna Fajfer, Anna Gabryś-Godlewska, Joanna Hryciuk, Agnieszka Konon, Angelika Szczypczyk, Łukasz Wojcieszak, Irena Agnieszka Wysocka* 8

- Pierwiastki i inne parametry fizyczno-chemiczne w glebach, osadach wodnych i wodach powierzchniowych 8
- Związki organiczne w glebach i osadach wodnych 22

Podsumowanie – *Irena Agnieszka Wysocka* 24

Literatura 24

Tablice (I–105) – *Dominika Kafara, Angelika Szczypczyk*

SPIS TABLIC

Tablica 1
Mapa geologiczna

Tablica 2
Miejsca opróbowania gleb i zabudowa terenu

Tablica 3
Miejsca opróbowania gleb i użytkowanie terenu

Tablica 4
Frakcja 0,063 < d ≤2,0 mm w glebach

Tablica 5
Frakcja 0,02 < d ≤ 0,063 mm w glebach

Tablica 6
Frakcja d ≤ 0,02 mm w glebach

Tablica 7
Odczyn gleb i wód powierzchniowych

Tablica 8
Przewodność elektrolityczna właściwa wód powierzchniowych

Tablica 9
Srebro w glebach i osadach wodnych

Tablica 10
Srebro w wodach powierzchniowych

Tablica 11
Glin w glebach i osadach wodnych

Tablica 12
Glin w wodach powierzchniowych

Tablica 13
Arsen w glebach i osadach wodnych

Tablica 14
Arsen w wodach powierzchniowych

Tablica 15
Bor w wodach powierzchniowych

Tablica 16
Bar w glebach i osadach wodnych

Tablica 17
Bar w wodach powierzchniowych

Tablica 18
Beryl w glebach i osadach wodnych

Tablica 19
Beryl w wodach powierzchniowych

Tablica 20
Bromki w wodach powierzchniowych

Tablica 21
Ogólny węgiel organiczny w glebach i osadach wodnych

Tablica 22
Ogólny węgiel organiczny w wodach powierzchniowych

Tablica 23
Wapń w glebach i osadach wodnych

Tablica 24
Wapń w wodach powierzchniowych

Tablica 25
Kadm w glebach i osadach wodnych

Tablica 26
Kadm w wodach powierzchniowych

Tablica 27
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu w wodach powierzchniowych

Tablica 28
Chlorki w wodach powierzchniowych

Tablica 29
Kobalt w glebach i osadach wodnych

Tablica 30
Kobalt w wodach powierzchniowych

Tablica 31
Chrom w glebach i osadach wodnych

Tablica 32
Chrom w wodach powierzchniowych

Tablica 33
Miedź w glebach i osadach wodnych

Tablica 34
Miedź w wodach powierzchniowych

Tablica 35
Fluorki w wodach powierzchniowych

Tablica 36
Żelazo w glebach i osadach wodnych

Tablica 37
Żelazo w wodach powierzchniowych

Tablica 38
Wodorowęglany w wodach powierzchniowych

Tablica 39
Rtęć w glebach i osadach wodnych

Tablica 40
Potas w glebach i osadach wodnych

Tablica 41
Potas w wodach powierzchniowych

Tablica 42
Lit w glebach i osadach wodnych

Tablica 43
Lit w wodach powierzchniowych

Tablica 44
Magnez w glebach i osadach wodnych

Tablica 45
Magnez w wodach powierzchniowych

Tablica 46
Mangan w glebach i osadach wodnych

Tablica 47
Mangan w wodach powierzchniowych

Tablica 48
Molibden w glebach i osadach wodnych

Tablica 49
Molibden w wodach powierzchniowych

Tablica 50
Sód w glebach i osadach wodnych

Tablica 51
Sód w wodach powierzchniowych

Tablica 52
Jon amonowy w wodach powierzchniowych

Tablica 53
Nikiel w glebach i osadach wodnych

Tablica 54
Nikiel w wodach powierzchniowych

Tablica 55
Azotany (III) w wodach powierzchniowych

Tablica 56
Azotany (V) w wodach powierzchniowych

Tablica 57
Fosfor w glebach i osadach wodnych

Tablica 58
Fosfor w wodach powierzchniowych

Tablica 59
Ołów w glebach i osadach wodnych

Tablica 60
Ołów w wodach powierzchniowych

Tablica 61
Siarka w glebach i osadach wodnych

Tablica 62
Antymon w glebach i osadach wodnych

Tablica 63
Antymon w wodach powierzchniowych

Tablica 64
Selen w glebach i osadach wodnych

Tablica 65
Selen w wodach powierzchniowych

Tablica 66
Krzemionka w wodach powierzchniowych

Tablica 67
Cyna w glebach i osadach wodnych

Tablica 68
Cyna w wodach powierzchniowych

Tablica 69
Siarczany (VI) w wodach powierzchniowych

Tablica 70
Stront w glebach i osadach wodnych

Tablica 71
Stront wodach powierzchniowych

Tablica 72
Tytan w glebach i osadach wodnych

Tablica 73
Tytan w wodach powierzchniowych

Tablica 74
Tal w glebach i osadach wodnych

Tablica 75
Tal w wodach powierzchniowych

Tablica 76
Uran w glebach i osadach wodnych

Tablica 77
Uran w wodach powierzchniowych

Tablica 78
Wanad w glebach i osadach wodnych

Tablica 79
Wanad w wodach powierzchniowych

Tablica 80
Zawiesina ogólna w wodach powierzchniowych

Tablica 81
Cynk w glebach i osadach wodnych

Tablica 82
Cynk w wodach powierzchniowych

Tablica 83
Acenaften w glebach i osadach wodnych

Tablica 84
Acenaftylen w glebach i osadach wodnych

Tablica 85
Antracen w glebach i osadach wodnych

Tablica 86
Benzo(a)antracen w glebach i osadach wodnych

Tablica 87
Benzo(a)piren w glebach i osadach wodnych

Tablica 88
Benzo(b)fluoranten w glebach i osadach wodnych

Tablica 89
Benzo(e)piren w glebach i osadach wodnych

Tablica 90
Benzo(g,h,i)perylen w glebach i osadach wodnych

Tablica 91
Benzo(k)fluoranten w glebach i osadach wodnych

Tablica 92
Chryzen w glebach i osadach wodnych

Tablica 93
Dibenzo(a,h)antracen w glebach i osadach wodnych

Tablica 94
Fenantren w glebach i osadach wodnych

Tablica 95
Fluoranten w glebach i osadach wodnych

Tablica 96
Fluoren w glebach i osadach wodnych

Tablica 97
Indeno(1,2,3-cd)piren w glebach i osadach wodnych

Tablica 98
Perylen w glebach i osadach wodnych

Tablica 99
Piren w glebach i osadach wodnych

Tablica 100
Dieldryna w glebach i osadach wodnych

Tablica 101
Heksachlorobenzen w glebach i osadach wodnych

Tablica 102
p,p'-DDT i jego metabolity (suma) w glebach i osadach wodnych

Tablica 103
Heksachlorocykloheksan (suma) w glebach i osadach wodnych

Tablica 104
Polichlorowane bifenyle (suma) w glebach i osadach wodnych

Tablica 105
Suma olejów mineralnych w glebach i osadach wodnych

WSTĘP

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) od lat 90. XX wieku prowadzi systematyczne badania geochemiczne ukierunkowane na rozpoznanie chemizmu i stopnia zanieczyszczenia powierzchni Ziemi (gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych). Pierwszym opracowaniem z serii kartografii geochemicznej był *Atlas geochemiczny Warszawy i okolic w skali 1:100 000* (Lis, 1992). W wyniku kontynuacji tematyki badań w latach 1992–2024 powstały: *Atlas geochemiczny Polski w skali 1:250 000* (Lis, Pasieczna, 1995), 13 atlasów regionalnych dla aglomeracji miejskich oraz 25 atlasów szczegółowych dla obszaru śląsko-krakowskiego (https://mapgeochem.pgi.gov.pl/). Seria opracowanych dotychczas atlasów regionalnych obejmuje największe miasta Polski i stanowi istotny wkład w rozpoznanie i udokumentowanie w formie kartograficznej stanu chemicznego środowiska przyrodniczego na obszarach miejsko-przemysłowych.

Projekt pn. *Atlas geochemiczny Lublina i okolic w skali 1:50 000*, realizowany w latach 2023–2025, obejmuje dwa miasta – Lublin (miasto na prawach powiatu) i Świdnik oraz tereny z nimi sąsiadujące. Całkowity obszar badań to około 374 km^2. W ramach projektu analizom chemicznym poddano 909 próbek gleb, 169 próbek osadów wodnych i 182 próbki wód powierzchniowych. Opróbowanie gleb na terenie miast przeprowadzono w regularnej siatce 500×500 m, a poza miastami w siatce 1000×1000 m. Ponad 73% wszystkich próbek gleb zostało pobranych z terenów znajdujących się w granicach administracyjnych Lublina i Świdnika.

Na charakteryzowanym obszarze oddziaływanie człowieka na środowisko naturalne odbywa się przede wszystkim poprzez postępującą urbanizację, rozwój przemysłu i transportu, rozbudowę infrastruktury drogowej i kolejowej, rolnictwo oraz eksploatację złóż kopalin, np. gazu ziemnego, ropy naftowej, surowców ilastych, piasków i żwirów. Kompleksowe badania stanu chemicznego poszczególnych elementów przyrodniczych, z jednoczesnym uwzględnieniem warunków geologicznych regionu i odniesienie aktualnych wyników badań do obowiązujących norm środowiskowych lub danych zawartych w innych opracowaniach geochemicznych, umożliwiają rozpoznanie stanu jakości środowiska i określenie źródeł emisji zanieczyszczeń oraz wskazują trendy zmian wywołanych presją antropogeniczną.

Ze względu na sposób prowadzenia badań geochemicznych w PIG-PIB – konsekwentne stosowanie jednolitej metodyki prac (odtwarzalne procedury pobierania, przygotowania i wykonywania analiz chemicznych oraz sposób prezentowania danych), dużą liczbę próbek pobranych w regularnych odstępach, równoczesne opróbowanie trzech elementów środowiska (gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych), uzyskane dane mogą służyć jako wartości odniesienia dla przyszłych badań prowadzonych na tym obszarze. Zgromadzone informacje mogą być użyteczne podczas opracowywania dokumentów strategicznych i sektorowych, w tym programów ochrony środowiska, programów rewitalizacji (w części prezentującej stan środowiska) oraz prognoz oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko. Uzyskane wyniki badań gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych mogą być także wykorzystywane do sporządzania różnych sprawozdań, raportów i ocen prezentujących stan środowiska.

Opracowanie, wykonane na zlecenie Ministerstwa Klimatu i Środowiska, zostało sfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wersja elektroniczna *Atlasu* jest dostępna pod adresem http://mapgeochem.pgi.gov.pl. Dane zebrane podczas realizacji *Atlasu* są udostępniane w formie informacji przestrzennej na Portalu Geologia (https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Geochemia) oraz na Portalu GeoLOG (https://geolog.pgi.gov.pl/).

Atlas geochemiczny Lublina i okolic w skali 1:50 000 jest 14 opracowaniem kartograficznym z serii badań geochemicznych na obszarach miejsko-przemysłowych realizowanych w skali regionalnej według koncepcji **J. Lisa i A. Pasiecznej**.

W opracowaniu brali udział:

- **I.A. Wysocka** – nadzór i koordynacja prac;
- **A. Biel, D. Kafara, P. Kaszycki, T. Kołecki, A. Krysa, R. Łusiak, W. Markowski, K. Pióro, K. Rudziński, J. Szyborska-Kaszycka, Ł. Wojcieszak, I.A. Wysocka** – pobieranie próbek;
- **D. Kafara, I.A. Wysocka** – bazy danych;
- **D. Kafara** – opracowanie mapy geologicznej;
- **K. Siwy-Będkowska** – opis budowy geologicznej obszaru;
- **D. Kafara, A. Szczypczyk** – opracowanie map geochemicznych;
- **A. Bliźniuk, I.A. Wysocka** – obliczenia statystyczne;
- **A. Biel, P. Drzewicz, B. Kościuczyk, W. Markowski, A. Szczypczyk, I.A. Wysocka** – tabelaryczne zestawienie danych;
- **A. Bliźniuk, J. Fajfer, A. Gabryś-Godlewska, J. Hryciuk, D. Kafara, A. Konon, P. Kostrz-Sikora, A. Szczypczyk, Ł. Wojcieszak, I.A. Wysocka** – interpretacja wyników;
- **K. Bała** utworzenie struktur tabel i bazy danych przestrzennych w technologii ESRI;
- **M. Chada, A. Grabowska, P. Kucińska, A. Setla, P. Stefańska, J. Rau-Sierańska, K. Jakubczak, K. Szewczuk, A. Roguski** – analizy granulometryczne;
- **A. Sztuczyńska** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **Ł. Andrzejewski, P. Andrzejewski** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **R. Czerwiński, E. Kałwa** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, B. Kamińska, J. Retka** – oznaczanie OWO w glebach i osadach wodnych;
- **M. Bellok, M. Białecka, E. Kałwa, A. Maksymowicz** – oznaczanie pH; EC; HCO_3, NH_4^+, OWO, ChZT, zawiesiny ogólnej w wodach;
- **M. Bellok, R. Czerwiński, E. Kałwa, A. Maksymowicz** – oznaczanie pH (KCl) w glebach;
- **J. Duszyński, D. Karmasz, M. Szwejkowska** – oznaczanie Hg;
- **W. Bureć-Drewniak, A. Krążała-Majewska, J. Kucharzyk, M. Szwejkowska** – oznaczenie pierwiastków metodą ICP-OES;
- **D. Karmasz, O. Lukianenko** – oznaczenie pierwiastków metodą ICP-MS;
- **M. Janasz, B. Kamińska, M. Stasiuk** – oznaczanie anionów w wodach;
- **J. Gąsior, B. Kamińska, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości pestycydów chloroorganicznych, polichlorowanych bifenyli i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych;
- **B. Kamińska, J. Retka, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości sumy olejów mineralnych.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU

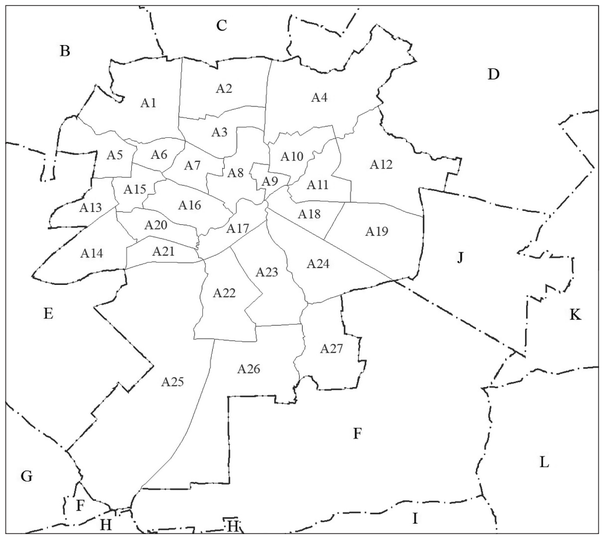
Lublin, podobnie jak wiele innych miast, rozwijał się w oparciu o naturalne uwarunkowania przyrodnicze, takie jak budowa geologiczna i geomorfologia. Przyczyniły się one do zasiedlenia obszaru i rozwoju osadnictwa we wczesnym średniowieczu. Historia Lublina, grodu założonego na prawie magdeburskim (1317 r.), liczy ponad siedem wieków. Jest to okres systematycznego poszerzania jego granic o tereny sąsiednie, zlokalizowane zarówno na obszarze lewobrzeżnego płaskowyżu lessowego, jak i na prawobrzeżnej części, zbudowanej głównie z piaszczysto-pylastych pokryw położonych na górnokredowym podłożu. Miasto znajdowało się na skrzyżowaniu ważnych szlaków handlowych (nawet o randze międzynarodowej – Kraków–Wilno i Kraków–Kijów), a ich przebieg był zależny m.in. od układu sieci rzecznej, ukształtowania terenu i budowy geologicznej (Mroczek, 2014).

Świdnik prawa miejskie uzyskał dopiero w 1954 r., wcześniej był wsią w powiecie lubelskim. Pierwsze wzmianki o istniejącej tu miejscowości o nazwie Świdnik Wielki pochodzą z 1392 r. W okresie międzywojennym teren ten nosił nazwę Adampol (obecnie jest to najstarsza dzielnica miasta) i pełnił rolę uzdrowiska i letniska dla Lublinian. W 1939 r. została otwarta Cywilna Szkoła Pilotów Ligi Obrony Powietrznej i Przeciwgazowej im. Marszałka Śmigłego-Rydza. Wydarzenie to zadecydowało o lotniczym charakterze przyszłego Świdnika. Lotnisko i szkoła pilotów zostały zbombardowane przez Niemców podczas wojny. W 1949 r. rozpoczęto budowę Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego, a powstające obok osiedle baraków dla budowniczych fabryki, dało początek miastu (https://www.powiatswidnik.pl/gmina-swidnik).

POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE

Obszar badań jest zlokalizowany w województwie lubelskim i zajmuje około 1,5% jego powierzchni. W jego granicach znajduje się w całości lub częściowo 13 jednostek administracyjnych (rysunek 1), spośród których największą jest – będący miastem na prawach powiatu – Lublin (pow. 147,5 km^2). Jest on ósmym co do wielkości populacji miastem w Polsce, z liczbą mieszkańców wynoszącą 328,31 tys. (stan na dzień 31.12.2024; https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/teryt/kategoria/138). Lublin jest stolicą województwa i powiatu lubelskiego, centralnym ośrodkiem aglomeracji lubelskiej i Lubelskiego Obszaru Metropolitalnego. Od wschodu Lublin graniczy z gminą miejską Świdnik (pow. 20 km^2). Pozostała część obszaru badań przynależy do gmin powiatu świdnickiego: Piaski (gmina miejsko-wiejska) i Mełgiew (gmina wiejska) oraz do gmin powiatu lubelskiego: Konopnica, Wólka, Jabłonna, Strzyżewice, Niedrzwica Duża, Niemce, Jastków i Głusk (gminy wiejskie). Lublin jest podzielony na 27 jednostek pomocniczych o statusie dzielnic (rysunek 1).

Zgodnie z regionalizacją fizycznogeograficzną Polski (Richling i in., 2021), teren badań jest częścią makroregionu Wyżyna Lubelska, w obrębie którego podzielony jest na cztery mezoregiony. Płaskowyż Świdnicki obejmuje centralną i wschodnią część obszaru badań i zajmuje jego największą powierzchnię. Jest to lekko falista równina, leżąca w międzyrzeczu Bystrzycy i Wieprza. W północno-zachodnim fragmencie terenu znajduje się Płaskowyż Nałęczowski. Wyróżnia się on niemal ciągłą pokrywą lessową, o miąższości sięgającej 30 m, którą urozmaicają liczne niecki i zagłębienia, okresowo lub epizodycznie wypełnione wodą. Charakterystycznym elementem tego mezoregionu są też liczne wąwozy. Południowo-zachodni fragment obszaru badań, należący do Równiny Bełżyckiej, cechuje się cieńszą pokrywą lessową (maksymalnie do 10 m) i mniej wyraźnym zróżnicowaniem rzeźby terenu. Niewielką część analizowanego obszaru w jego południowo-wschodnim narożu zajmuje Wyniosłość Giełczewska (Richling i in., 2021).



Rysunek 1. Podział administracyjny terenu badań: powiat Lublin: miasto Lublin (A) i jego dzielnice: A1 – Sławin, A2 – Czechów Pln., A3 – Czechów Pd., A4 – Ponikwoda, A5 – Szerokie, A6 – Sławinek, A7 – Wieniawa, A8 – Śródmieście, A9 – Stare Miasto, A10 – Kalinowszczyzna, A11 – Tatary, A12 – Hajdów-Zadębie, A13 – Węglin Pln., A14 – Węglin Pd., A15 – Konstantynów, A16 – Rury, A17 – Za Cukrownią, A18 – Bronowice, A19 – Felin, A20 – Czuby Pln., A21 – Czuby Pd., A22 – Wrotków, A23 – Dziesiąta, A24 – Kośminek, A25 – Zemborzyce, A26 – Abramowice, A27 – Głusk; gminy w powiecie lubelskim: B – Jastków, C – Niemce, D – Wólka, E – Konopnica, F – Głusk, G – Niedrzwica Duża, H – Strzyżewice, I – m. Jabłonna; powiat świdnicki: J – miasto Świdnik, K – gmina Mełgiew, L – gmina Piaski

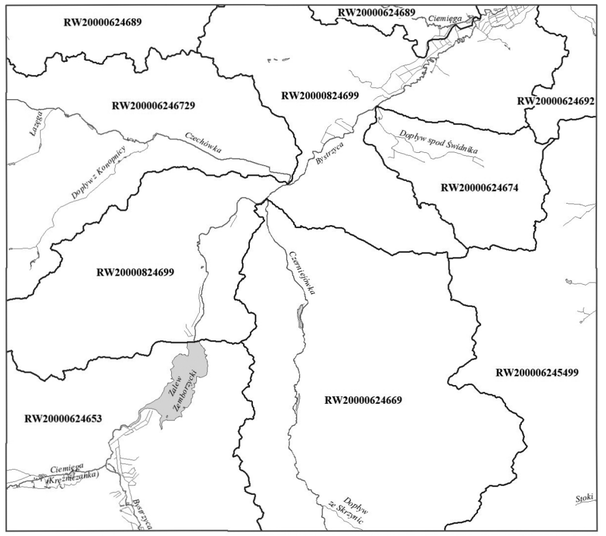
UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI, GEOMORFOLOGIA I HYDROGRAFIA

Ukształtowanie powierzchni terenu badań jest zróżnicowane. Wysokości wahają się od około 160 m do ponad 240 m n.p.m. W obrębie badanego obszaru, najwyższe wzniesienie – 243 m n.p.m. znajduje się na zachód od Lublina we wsi Konopnica, natomiast w Lublinie najwyższy punkt położony jest w okolicy Parku Węglin (rzędna 236,5 m n.p.m.). Wzdłuż koryt rzek Bystrzycy i Czerniejówki rzędne terenu mają najniższe wartości, w zakresie 160–180 m n.p.m. Miasto Lublin charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem hipsometrycznym – deniwelacje terenu wynoszą do 75 m (Smakulski i in., 2021). Bystrzyca dzieli teren opracowania na dwie odmienne krajobrazowo części. Zachodni fragment obszaru charakteryzuje się występowaniem licznych wąwozów, dolin i wzgórz, natomiast wschodni jest przeważnie płaski (Richling i in., 2021).

W granicach badanego obszaru, w miejscowości Łysaków, udokumentowano dwa tereny zagrożone ruchami masowymi, położone na stromo nachylonych zboczach, w obrębie których znajdują się trzy niewielkie osuwiska (w tym dwa aktywne okresowo). Podłoże osuwisk stanowią czwartorzędowe lessy i mułki (pyły) oraz piaski zlodowacenia wisły. Powierzchnia każdego z osuwisk nie przekracza 0,04 ha (Balicki, Walicka, 2022a; Balicki, Walicka, 2022a, b).

Charakteryzowany teren jest położony w zlewni rzeki Bystrzycy, będącej zlewnią trzeciego rzędu. Bystrzyca jest głównym ciekiem na tym obszarze i zbiera większość wód, które odprowadza do rzeki Wieprz. W granicach Lublina koryto Bystrzycy zostało uregulowane (poza odcinkiem na wysokości dawnego Lubelskiego Klubu Jeździeckiego). Wzór rzeki meandrującej z systemem starorzeczy jest dobrze czytelny tylko powyżej i poniżej miasta (Mroczek, 2014). Prawostronnymi dopływami Bystrzycy są Czerniejówka (wraz z uchodzącym do niej Dopływem ze Skrzynic) i Dopływ spod Świdnika. Ciemięga, Czechówka (wraz z Łazęgą i Dopływem z Konopnicy) oraz Ciemięga (nazywana również Krężniczanką lub Nędznicą) są lewostronnymi dopływami Bystrzycy. Koryto Czechówki na wysokości Śródmieścia i Starego Miasta jest nie tylko uregulowane, ale także ujęte w podziemny kanał (o długości ponad 700 metrów) ukryty pod powierzchnią głównej arterii komunikacyjnej – al. Tysiąclecia (Mroczek, 2014). Przez południowo-wschodnią część terenu przepływa ciek Stoki, który uchodzi poza granicami opracowania do rzeki Sławki, będącej w zlewni rzeki Wieprz. Ważnym elementem sieci hydrograficznej charakteryzowanego obszaru jest powstały w 1974 r. Zalew Zemborzycki (pow. 278 ha), pełniący funkcję retencyjno-rekreacyjną (https://www.gov.pl/web/wody-polskie-lublin/historia-zalewu).

Obszar badań znajduje się w zasięgu ośmiu jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), spośród których siedem jest zakwalifikowanych jako potok lub mała rzeka na podłożu węglanowym, a jedna (Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia) jako średnia rzeka na podłożu węglanowym. Największe powierzchnie w granicach charakteryzowanego terenu zajmują JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (o kodzie RW20000824699) i JCWP Czerniejówka (RW20000624669). Położenie poszczególnych jednolitych części wód powierzchniowych w granicach opracowania przedstawiono na rysunku 2.



zasięg jednolitej części wód powierzchniowych (JCWP) wraz z jej kodem

Rysunek 2. Lokalizacja cieków i jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP): RW20000624689 – JCWP Ciemięga, RW20000824699 – JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, RW20000624692 – JCWP Dopływ z Łuszczowa, RW20000624674 – JCWP Dopływ spod Świdnika, RW200006245499 – JCWP Stoki, RW20000624669 – JCWP Czerniejówka, RW20000624653 – JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego, RW200006246729 – JCWP Czechówka

BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN

Według regionalnego podziału geologicznego Polski teren Lublina i jego okolic położony jest w środkowej części dewońsko-karbońskiego basenu lubelskiego, w obrębie jednostki tektonicznej rów lubelski (Narkiewicz, Dadlez, 2008). Seria dewońsko-karbońska pocięta została licznymi diagonalnymi dyslokacjami, co doprowadziło do powstania sytemu drugorzędnych obniżeń i wyniesień tektonicznych. W północno-wschodnim fragmencie omawianego obszaru zaznacza się zapadlisko Stoczka–Dorohuczy, a równolegle do niego w centralnej części rozciąga się zapadlisko Kazimierzówki. Zapadliska te rozdzielone są zrębem Świdnika. Południowo-wschodnią część zajmuje struktura Zemborzyc–Wilczopola (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015).

W planie podkenozoicznym charakteryzowany obszar jest zlokalizowany w niecce puławskiej, zbudowanej z utworów mezozoicznych (jurajsko-kredowych), na których występują skały kenozoiku o nieciągłym rozprzestrzenieniu (Marszałek i in., 1991, 1996; Narkiewicz, Dadlez 2008). W kompleksie mezozoiczno-kenozoicznym rozwinęła się sieć uskoków o zróżnicowanych kierunkach. Niektóre dyslokacje zaznaczają się wyraźnie w morfologii terenu jako strefy uskokowe dolin rzek: Bystrzycy (o przebiegu SW–NE), Ciemięgi (WSW–ENE), Czerniejówki i górnej Bystrzycy (S–N). Kolejna strefa tektoniczna, o przebiegu WNW–ESE, rozwinęła się w północno-wschodniej części obszaru (w rejonie Świdnika). Rozdziela ona płat utworów paleocenu (na południu) od obszaru o charakterystycznej budowie mozaikowej (na północy), z licznymi odsłonięciami kredy (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996).

Mapę geologiczną terenu Lublina i jego okolic przedstawia Tablica 1, opracowana na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusze: Lublin (Butrym i in., 1980), Bełżyce (Henkiel, Danel, 2008), Bychawa (Marszałek i in., 1988) i Niedrzwica (Marszałek i in., 1989). Wydzielenia litologiczne odsłaniające się na powierzchni terenu ponumerowano na mapie geologicznej (tablica 1) w kolejności od najmłodszych do najstarszych [1–38].

Najstarszymi udokumentowanymi utworami w obrębie omawianego obszaru są dolnodewońskie piaskowce z wkładkami mułowców, reprezentujące fację old redu. Dewon środkowy wykształcony jest jako piaskowce z iłowcami i mułowcami, przechodzące ku górze w dolomity z anhydrytami. Powyżej występują utwory dewonu górnego: dolomity, wapienie organodetrytyczne i pelityczne, wapienie margliste oraz pstre mułowce z wkładkami piaskowców. Łączna przewiercona miąższość profilu dewonu w rejonie Kazimierzówki (południowo-wschodnia część obszaru) wynosi ponad 2800 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982).

Utwory karbonu leżą niezgodnie na zerodowanej powierzchni zbudowanej ze skał dewońskich. Karbon dolny jest wykształcony w postaci mułowców z wkładkami wapieni i piaskowców, miejscami (w spągowej części profilu) z serią diabazów i ich tufów. Karbon górny to seria mułowców, iłowców i piaskowców z wkładkami wapieni, margli i cienkimi pokładami węgla kamiennego (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015). Łączna miąższość utworów karbonu stwierdzona w otworach wiertniczych wynosi od około 400 m do ponad 1100 m. Jedynie w południowo-wschodniej części charakteryzowanego obszaru, w rejonie Wilczopola miąższość karbonu została zredukowana erozyjnie do około 40–55 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982).

Bezpośrednio na zdenudowanej powierzchni stropowej karbonu znajdują się utwory jury środkowej. W ich spągu występują piaskowce kaolinowe, a wyżej silnie zapiaszczone wapienie. W jurze górnej wytworzyły się wapienie pelityczne, organodetrytyczne z ooidami, a na nich wapienie margliste i pelityczne, dolomity i margle dolomityczne. Miąższość sumaryczna skał jury może osiągać 300 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015).

Na skałach jury górnej leżą niezgodnie utwory kredy dolnej, które reprezentowane są jedynie przez cienką (najczęściej 0,1 m grubości) ławicę piasków i piaskowców glaukonitowych z fosforytami. Powyżej występuje kompleks utworów węglanowych kredy górnej. Profil rozpoczynają piaszczyste wapienie i margle, na nich leżą wapienie i wapienie margliste z przeławiceniami czertów, a następnie seria wapieni marglistych z wkładkami margli oraz miejscami białych wapieni. Najmłodszymi osadami kredy górnej są margle, wapienie margliste i opoki oraz sporadycznie gezy z glaukonitem. Na południowy wschód od doliny rzeki Bystrzycy margle i opoki kredy górnej tworzą rozległe wychodnie. Odsłaniają się one również wzdłuż doliny rzeki Bystrzycy i Czerniejówki oraz w północno-wschodniej części omawianego obszaru. Całkowita miąższość utworów kredy jest znaczna – wynosi około 900 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015).

Utwory paleocenu reprezentowane są głównie przez gezy z przewarstwieniami, soczewkami i bułami twardych wapieni, rzadziej margli, a miejscami gezy margliste (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015). Lokalnie, zwłaszcza w zachodniej części omawianego obszaru, w profilu mogą występować piaskowce glaukonitowe i mułowce oraz bezwęglanowe iły, mułki i piaski z dużą ilością glaukonitu (Henkiel, Danel, 2015). Liczne i duże wychodnie gez z wapieniami zaobserwowano na południowy wschód od rzeki Bystrzycy. Ponadto kilka niedużych odsłonięć gez stwierdzono w południowo-zachodniej części charakteryzowanego obszaru (rejon Jakubówki) oraz w dolinach rzecznych dopływów rzeki Czechówki. Na zerodowanej powierzchni paleocenu zachowały się lokalnie utwory eocenu (ziemia krzemionkowa, iły i mułki) i oligocenu (piaski i mułki kwarcowe z glaukonitem), które mają bardzo ograniczone rozprzestrzenienie i występują w postaci niewielkich pokryw (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015).

Na utworach kredy górnej i paleogenu występują osady czwartorzędu, które na tym obszarze nie tworzą ciągłej pokrywy. Miąższość serii czwartorzędowej dochodzi do 50 m w dolinie Bystrzycy i około 90 m w kopalnej rynnie erozyjnej w Łuszczowie Pierwszym (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015). W profilu czwartorzędu stwierdzono utwory: plejstocenu dolnego, zlodowaceń plejstoceńskich (sanu 1 i sanu 2, odry oraz wisły) i holocenu.

Osady powstałe w plejstocenie dolnym występują w otworach wiertniczych wykonanych w obrębie kopalnej doliny rzeki Bystrzycy oraz w północno-zachodniej części opisywanego obszaru. W dolinie Bystrzycy są to żwiry rzeczne, piaski rzeczne rozdzielone warstwą mułków jeziornych oraz deluwialne gliny i iły zwietrzelinowe z rumoszem skał kredowych i paleoceńskich. W północno-zachodniej części obszaru do plejstocenu dolnego zaliczono serię glin piaszczystych i piasków eluwialno-deluwialnych, występującą w spągu czwartorzędu (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1996).

Do kompleksu zlodowaceń sanu 1 i sanu 2 należy tu pokład szarozielonych glin lodowcowych, różnoziarniste piaski rzeczne oraz wodnolodowcowe piaski ze żwirami. Gliny lodowcowe występują w północno-zachodniej części omawianego obszaru, gdzie tworzą prawie ciągły pokład. Zachowały się one również w rynnie erozyjnej w Krępcu (przy wschodniej granicy opisywanego terenu), na których występują piaski rzeczne. Wodnolodowcowe piaski ze żwirami stwierdzono w dolinie Bystrzycy na rozciętych erozyjnie utworach plejstocenu dolnego oraz w rynnach erozyjnych w Krępcu oraz w Łuszczowie Pierwszym (przy północno-wschodniej granicy obszaru), (Harasimiuk, Henkiel, 1982).

Z interglacjałem mazowieckim związane są utwory rzeczne, jeziorne i bagienne. W rynnach erozyjnych w Krępcu i Łuszczowie Pierwszym osadziły się mułki i iły jeziorne z nieliczny mi warstwami piasków rzecznych. W schyłkowej fazie interglacjału utworzyły się tu namuły torfiaste. W dolinie Bystrzycy dominuje facja rzeczna (piaszczysto-żwirowa) z przewarstwieniami mułków facji jeziornej (Harasimiuk, Henkiel, 1982). W rejonie Bystrzejowic Pierwszych (południowo-wschodnie narożе charakteryzowanego obszaru) w profilu stwierdzono wyłącznie utwory rzeczne (piaszczysto-żwirowe) (Marszałek i in., 1996). Niewielkie odsłonięcia utworów jeziornych zaobserwowano w prawym zboczu rzeki Bystrzycy w północno-wschodniej części Lublina (okolice Bronowic).

Do osadów zlodowacenia odry zaliczono tu utwory jeziorno-rzeczne (rozlewiskowe), rzeczno-peryglacjalne oraz lodowcowe i wodnolodowcowe. W początkowej fazie zlodowacenia osadziły się piaski rzeczno-peryglacjalne, budujące taras nadzalewowy na prawym brzegu doliny rzeki Bystrzycy, a także ciemne piaski i mułki torfiaste, stwierdzone w stropowej części rynny erozyjnej w Krępcu. Następnie powstały utwory wodnolodowcowe i lodowcowe. Osady wodnolodowcowe to seria piasków gruboziarnistych ze żwirami, o miąższości dochodzącej do 25 m. W północno-zachodnim fragmencie charakteryzowanego obszaru piaski te mają szersze rozprzestrzenienie i tworzą serię międzymorenową. Na pozostałym obszarze występują one w niedużych odrębnych płatach. Na powierzchni terenu piaski i żwiry wodnolodowcowe odsłaniają się w północno-wschodniej części Lublina, na prawym brzegu Bystrzycy (Bronowice) oraz przy wschodniej granicy w rejonie: Łuszczowa Pierwszego, Franciszkowa i Jackowa oraz Bystrzejowic Pierwszych. Miejscami, piaski i żwiry wodnolodowcowe stanowią cienką warstwę (poniżej 2 m grubości) i występują na marglach, opokach i gezach kredy górnej oraz gezach paleocenu. Poziom lodowcowy

jest reprezentowany przez szaro-brunatne gliny, piaszczyste, na ogół silnie zwietrzałe, z dużą zawartością żwirów i głazów, o miąższości około 1–4 m. W miarę ciągłą warstwę gliny lodowcowe tworzą jedynie w spągu lessów w północno-zachodniej części obszaru badań. Poza tym gliny stwierdzono w nielicznych płatach i wałach zachowanych w obrębie obniżeń (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1996). Większe wychodnie opisanych glin występują na południowym wschodzie (w okolicach Bystrzejowic Pierwszych) oraz przy wschodniej granicy obszaru (Jacków). Gliny lodowcowe odsłaniają się także w niewielkich wąwozach i dolinach cieków w północno-zachodniej i północno-wschodniej części terenu badań. Do utworów lodowcowych należą również różnoziarniste piaski ze żwirami, głazikami i głazami, o miąższości kilkunastu metrów (Harasimiuk, Henkiel, 1982). Piaski te zachowały się w północnej części badanego obszaru na lewym brzegu Ciemięgi oraz we wschodniej części w okolicach Krępca. Z końcowego okresu zlodowacenia odry pozostały rzeczno-peryglacjalne piaski ze żwirami kredowymi. Osadziły się one w dolinach rzecznych, obniżeniach i zaklęsłościach na stokach. Ich miąższość jest niewielka i wynosi 1–3 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015). Na powierzchni terenu utwory te zaznaczają się w kilku miejscach na prawym zboczu rzek Bystrzycy (rejon Zemborzyc, Tatar i Wólki) i Czerniejówki (w Dominowie) oraz w rejonie ujścia rzeki Ciemięgi do Bystrzycy. W świetle najnowszych badań ostatnim lądolodem, który wkroczył na omawiany teren, był lądolód zlodowacenia sanu 2, a maksymalny zasięg lądolodu odry przebiega na północny zachód od granic opisywanego obszaru, na linii Puławy–Siedlce–Terespol (Marks i in., 2022; Krawczyk, Kucharska, 2023; Kucharska, Krawczyk, 2023). Wobec tego przedstawione na mapie (tablica I) utwory lodowcowe i wodnolodowcowe ze zlodowacenia odry najprawdopodobniej związane są ze zlodowaceniem sanu 2.

W interglacjale eemskim utworzyły się gleby kopalne, czerwonobrunatne, charakteryzujące się występowaniem cech marmurkowatości w profilu glebowym. Zachowały się one powszechnie pod pokrywą lessową w północno-zachodniej części badanego obszaru (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015). Odsłaniają się w zboczach rzeki Ciemięgi w rejonie jej ujścia do Bystrzycy oraz w licznych wąwozach w spągu lessu np. w Węglinie (zachodni fragment Lublina). Z tego okresu pochodzą również rzeczne piaski z nielicznymi żwirami kredowymi z przewarstwieniami mułkowatymi i ilastymi. Występują w północnej części opisywanego obszaru pod utworami zlodowacenia wisły lub pod pokrywą holoceńską (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1996).

Zdecydowaną większość powierzchni omawianego terenu pokrywają osady zlodowacenia wisły. Z najstarszego okresu tego zlodowacenia pochodzą gleby kopalne stwierdzone w spągu lessów w obrębie kopalnej doliny Bystrzycy w północno-wschodniej części Lublina w rejonie Trześniowa (Harasimiuk, Henkiel, 1982). Następnie powstały osady rzeczne i rzeczno-peryglacjalne. Piaski pyłowate rzeczno-peryglacjalne zazębiają się ze spągiem pokrywy lessowej. Piaski te odsłaniają się jedynie w wąwozie w Węglinie (zachodnia część Lublina) (Henkiel, Danel, 2015). Piaski i mułki (pyły) rzeczne i rzeczno-peryglacjalne budują natomiast odcinki tarasów nadzalewowych rzek Bystrzycy, Czerniejówki oraz Ciemięgi (Krężniczanki) (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015). Duże odsłonięcia tych utworów spotykane są szczególnie w południowo-zachodniej części omawianego obszaru, a na północnym wschodzie występują jedynie w niewielkich fragmentach. W okresie chłodnym i suchym ostatniego zlodowacenia (stadiał główny) nastąpiło wzmożenie procesów eolicznych i zakończenie akumulacji pokrywy lessowej. Lessy zajmują około 25% powierzchni terenu i budują cały północno-zachodni fragment omawianego obszaru. Miąższość osadu stwierdzona w otworach wiertniczych waha się od 11 do 25 m. Lessy cechują się typowym składem granulometrycznym, w którym zdecydowanie dominuje frakcja pyłowa nad iłową i piaskową. Zawartość węglanów zmienia się w szerokim zakresie: 0–15,6%. Stropowa część lessów jest odwapniona, a miąższość tej strefy waha się od 1,8 do 4 m. W spągowej części zaobserwowano bardzo słabo rozwinięte gleby kopalne (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015). Lokalnie w spągu warstwy lessowej występują różnobarwnie laminowane lessy (dolne) z domieszką glin, które powstały najprawdopodobniej w początkowej fazie akumulacji lessów (Henkiel, Danel, 2015). Na wierzchowinach w południowo-zachodniej części opisywanego obszaru (Jakubówka) oraz w rejonie ujścia Ciemięgi do Bystrzycy (północno-wschodnie naroże) występują lessy piaszczyste. Osady te zawierają wyraźne cienkie przewarstwienia pyłów piaszczystych lub drobnoziarnistych piasków. Stwierdzona miąższość lessów piaszczystych może osiągać 10 m. Lokalnie jednak ich miąższość nie przekracza 2 m – przy północno-wschodniej granicy omawianego terenu lessy piaszczyste leżą na marglach, opokach i gezach kredy górnej oraz gezach paleoceńskich (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015). Dużą część obszaru nie objętego akumulacją eoliczną lessów pokrywają mułki (pyły) piaszczyste i piaski pyłowate lessopodobne. Pod względem litologicznym są to rdzawo-brązowe mułki, gliny piaszczyste oraz piaski pyłowate, często w spągu ze żwirami skał północnych. Zawierają również gruz skał podłoża kredowego i paleoceńskiego. Przeważnie ich miąższość nie przekracza 1,5 m, a sporadycznie osiąga 4–5 m. Stanowią one głównie rozległe eluwialno-deluwialne pokrywy na starszych utworach, od kredy górnej do czwartorzędu, (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015). Większe miąższości utwory te osiągają w rejonie Zemborzyc i Majdana Wrotkowskiego (południowo-zachodni fragment omawianego obszaru), na prawym brzegu Bystrzycy poniżej Lublina i w Łuszczowie Pierwszym (na północnym wschodzie) oraz we wschodniej części Świdnika.

W końcu zlodowacenia wisły lub na początku holocenu w wyniku wietrzenia peryglacjalnego rozwinęły się pokrywy zwietrzelinowe (mułki, piaski i gliny zwietrzelinowe barwy brunatnej). Zachowały się one na wyniosłościach i stokach w zachodniej części badanego obszaru. Miejscami, gdzie ich miąższość nie przekracza 2 m występują na gezach, piaskowcach oraz iłach, mułkach i piaskach paleocenu lub na górnokredowych marglach, opokach, wapieniach i gezach z glaukonitem (Henkiel, Danel, 2015). Na wschodnim brzegu Zalewu Zemborzyckiego zaznacza się kilka nieregularnych wydm. Zbudowane są one z białych drobnoziarnistych piasków eolicznych (Harasimiuk, Henkiel, 1982). W południowej i południowo-wschodniej części omawianego obszaru niektóre suche doliny wypełnione są piaskami i piaskami pyłowatymi pochodzenia rzecznego i rzeczno-deluwialnego. Miąższość tych utworów nie przekracza 2 m (Marszałek i in., 1996). Piaszczysto-pylaste utwory deluwialne osadziły się w dnach suchych dolin, niższych odcinkach wąwozów oraz w podstokowych odcinkach den dolinnych. W wąskich dolinach i parowach tnących pokrywę lessową dominuje frakcja pyłowa z domieszką humusu. Ich miąższość dochodzi do 6 m. Na pozostałym obszarze w denudacyjnych dolinkach o szerszych dnach i łagodniejszych zboczach występują deluwia z przewagą frakcji piaszczystej o miąższości do 3 m. W składzie obecne są liczne otoczaki i okruchy kredowe oraz żwirki krystaliczne (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Henkiel, Danel, 2015).

Osady holocenu na opisywanym obszarze wypełniają doliny rzeczne oraz różnogenetyczne bezodpływowe zagłębienia. Piaski rzeczne wypełniają dna wąskich i płytko wciętych niektórych dolin rzecznych (Henkiel, Danel, 2015). Osady rzeczne budują też odcinki wyższego tarasu zalewowego rzeki Bystrzycy w rejonie Zemborzyc (na południowym zachodzie) i przy ujściu rzeki Ciemięgi do Bystrzycy (na północnym wschodzie). Są to białe, drobno- i średnioziarniste piaski, miejscami ze żwirkami, o miąższości 2–4 m. W trakcie zalewów powodziowych w dolinach rzecznych powstały mady (ciemne piaski i gliny oraz iły i mułki ilaste). Widoczne są w dolinach rzek: Bystrzycy, Czerniejówki, Czechówki i Ciemięgi. Namuły wypełniają obniżenia różnej genezy we wschodniej i północno-wschodniej części opisywanego obszaru (w rejonie Kalinówki, Jackowa, Świdnika Małego i Turki oraz Krępca) oraz częściowo doliny niektórych rzek. W dolinach Bystrzycy, Ciemięgi (Krężniczanki) i Czerniejówki oraz w obniżeniach o krasowej genezie w rejonie Świdnika Małego występują torfy, typu przejściowego oraz niskiego o miąższości dochodzącej do 3–4 m (Harasimiuk, Henkiel, 1982; Marszałek i in., 1991, 1996; Henkiel, Danel, 2015).

Złoża kopalin. Na obszarze Lublina i okolic stwierdzono występowanie złóż: gazu ziemnego, ropy naftowej, surowców ilastych i piasków.

Zgodnie z bazą danych geologicznych MIDAS (stan na styczeń 2025 r.) na charakteryzowanym terenie udokumentowano dotychczas trzydzieści trzy złoża kopalin (https://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web). Aktualnie zagospodarowane są tylko dwa złoża, a w dziesięciu złożach zaniechano już wydobycia kopalin. Formalnie niezagospodarowanych pozostaje dziewięć złóż rozpoznanych szczegółowo lub wstępnie. Ponadto dwanaście złóż zostało skreślonych z *Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce* (Szuflicki i in., 2023).

W utworach węglanowych dewonu górnego udokumentowano dwa złoża gazu ziemnego – „Ciecierzyn" i „Małgiew A i Małgiew B". Złoża te zajmują znaczne powierzchnie w północnej i północno-wschodniej części opisywanego obszaru. W złożu „Ciecierzyn" warstwę zbiornikową tworzą spękane dolomity wapniste, występujące na głębokości 3736,0–3792,0 m. W złożu „Małgiew A i Małgiew B" stwierdzono dwa poziomy gazonośne – dolny Małgiew A (na głębokości 3900,0–4018,5 m) i górny Małgiew B (na głębokości 3413,5–3445,0 m). Warstwę zbiornikową tworzą dolomity (Małgiew A) i wapienie (Małgiew B). Kopalinę w obydwu złożach stanowi gaz ziemny gazolinowy. Zawartość helu w złożu „Ciecierzyn" wynosi średnio 0,10% obj., a w złożu „Małgiew A i Małgiew B" średnio 0,017–0,068% obj. Zarówno złoże „Ciecierzyn" jaki i „Małgiew A i Małgiew B" są zagospodarowane – eksploatacja poziomów gazonośnych prowadzona jest za pomocą głębokich odwiertów, a pozyskiwany gaz przed podaniem do krajowej sieci gazowniczej jest odsiarczany (Heliasz i in., 2011).

W drobnoziarnistych piaskowcach karbonu górnego udokumentowano złoże ropy naftowej „Świdnik", zlokalizowane w północnej części obszaru, w granicach administracyjnych Lublina. Ze złoża wydobywano ropę naftową ciężką, asfaltową o dużej lepkości, której towarzyszył gaz ziemny. Eksploatacja złoża odbywała się za pomocą maksymalnie pięciu odwiertów. W 2003 r., po ponad 20 latach, wydobycie zostało zakończone, trzy odwierty zlikwidowano, a dwa przeznaczono do zatłaczania odpadów płynnych. Następnie z końcem 2004 r. złoże „Świdnik" wykreślono z *Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce*.

W obrębie czwartorzędowych lessów w północnej i północno-zachodniej części charakteryzowanego obszaru udokumentowano sześć złóż surowców ilastych – cztery złoża surowców ilastych ceramiki budowlanej („Rudnik I", „Zakątek", „Dębówka" i „Lublin-Przejrzysta") i dwa złoża surowców ilastych do produkcji kruszywa lekkiego („Dębówka" i „Żulin"). W chwili obecnej nie prowadzi się eksploatacji w żadnym z ww. złóż. W przeszłości kopalinę wydobywano jedynie z trzech niewielkich obszarowo (0,8–1,14 ha) złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej: „Rudnik I", „Zakątek" i „Lublin-Przejrzysta". Warstwę złożową stanowią beżowo-żółte lessy o miąższości średniej 8,8–9,1 m, występujące bezpośrednio na powierzchni terenu lub pod cienkim przykryciem gleby. Wydobywany surowiec był przerabiany w okolicznych niewielkich cegielniach – służył do produkcji elementów ceramiki budowlanej, głównie cegły pełnej (Heliasz i in., 2011; Dusza-Dobek i in., 2011). Malejące zapotrzebowanie na lokalne produkty ceramiki budowlanej spowodowało stopniowe wygaszanie koncesji i zamykanie działalności wydobywczej. Ostatecznie koncesjonowana eksploatacja lessów została zakończona w 2012 r. Złoża „Rudnik I" i „Zakątek" pozostają zaniechane, a ich wyrobiska zrekultywowano (Bąk, Milianowicz, 2021a). Nieeksploatowane od 2002 r. złoże „Lublin-Przejrzysta" w 2021 r. wykreślono z *Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce*.

Najliczniejszą grupę stanowią złoża związane z warstwami czwartorzędowych piasków. Zgodnie z bazą MIDAS na omawianym terenie udokumentowano dotychczas dwadzieścia cztery złoża piasków. Koncentracja złóż występuje generalnie w dwóch rejonach – w północno-wschodniej części analizowanego obszaru, gdzie udokumentowano jedenaście złóż („Turka", „Turka I", „Turka II", „Turka III", „Turka IV", „Turka V", „Turka VI", „Turka VII", „Łuszczów VII", „Łuszczów IX" i „Łuszczów X) oraz w jego południowo-wschodnim krańcu, gdzie rozpoznano dziesięć złóż („Dominów I", „Wilczopole I", „Mętów I", „Skrzynice II", „Skrzynice III", „Skrzynice IV", „Skrzynice V", „Skrzynice VI", „Skrzynice VII" i „Jadwisin I"). Ponadto trzy złoża zlokalizowano w południowo-zachodniej części opisywanego terenu – „Zemborzyce", „Zemborz.-Prawiedniki" i „Cienista". Zdecydowana większość złóż piasków występujących na obszarze Lublina i okolic ma powierzchnię poniżej 2 ha. Kopalinę stanowią piaski przeważnie drobno- i średnioziarniste, często z przewarstwieniami piasków pylastych, gliniastych i pyłów oraz lokalnie piaski gruboziarniste. Działalność wydobywcza była prowadzona w granicach dwudziestu dwóch złóż (Heliasz i in., 2011; Król i in., 2011). Pozyskiwany surowiec wykorzystywany był na potrzeby lokalne, w trakcie robót drogowych i budowlanych oraz niektórych robót ziemnych. W chwili obecnej złoża piasków nie są eksploatowane – wydobycie kruszywa z ostatniego zagospodarowanego tu złoża („Jadwisin I") zostało zakończone w 2016 r. Po zaprzestaniu eksploatacji złoża: „Turka", „Turka V", „Turka VI", „Turka VII", „Dominów I", „Skrzynice II", „Skrzynice IV", „Skrzynice VI" i „Jadwisin I" zostały wykreślone z Bilansu zasobów złóż kopalin w Polsce, a złoża: „Turka II", „Turka III", „Turka IV", „Łuszczów IX", „Wilczopole I", „Mętów I", „Skrzynice III" i „Skrzynice V" mają status zaniechanych. Wydobycie kruszywa było również prowadzone w granicach pięciu formalnie niezagospodarowanych złóż tj.: „Zemborzyce", „Zemborz.-Prawiedniki", „Turka I", „Łuszczów VII" i „Łuszczów X" (Heliasz i in., 2011; Król i in., 2011). Pozostałe po eksploatacji piasków wyrobiska zostały w większości przypadków zrekultywowane (Heliasz i in., 2011; Król i in., 2011; Bąk, Milianowicz, 2021a, b).

W przeszłości, w kilku miejscach na omawianym obszarze prowadzona była niekoncesjonowana eksploatacja kopalin na potrzeby miejscowej ludności. Okresowo na niewielką skalę wydobywano tu piaski, lessy oraz opoki i gezy.

ZABUDOWA I UŻYTKOWANIE TERENU

Według bazy Corine Land Cover 2018 (CLC), zawierającej dane cyfrowe o pokryciu terenu Europy, znaczną część obszaru badań (ponad 50%) zajmują tereny rolne, w tym grunty orne i obszary upraw mieszanych (https://land.copernicus.eu/en). Znajdują się one głównie na Płaskowyżu Świdnickim oraz Równinie Bełżyckiej (Richling i in., 2021). Na Płaskowyżu Nałęczowskim są zlokalizowane przeważnie tereny mieszkaniowe, usługowe i rekreacyjne. Zabudowa luźna oraz zwarta praktycznie w całości pokrywa się z zasięgiem miast Lublina i Świdnika. Tereny przemysłowe koncentrują się w dzielnicy Tatary (prawostronna część Lublina), w Świdniku jest to obszar praktycznie w całości reprezentowany przez Wytwórnię Sprzętu Komunikacyjnego PZL-Świdnik. W dolinach rzecznych znajdują się tereny zielone, wykorzystywane do celów rekreacyjnych. Na południu taką funkcję pełni zbiornik retencyjny – Zalew Zemborzycki wraz z przylegającym do niego lasem Dąbrowa. Kompleksy leśne tworzą lasy mieszane (w drzewostanie lasów przeważa dąb i sosna) występujące głównie na Równinie Bełżyckiej i Płaskowyżu Świdnickim (Studium cz. I, 2019).

Ze względu na walory przyrodnicze i krajobrazowe, część terenu badań objęta jest ochroną prawną. We wschodnim fragmencie opisywanego obszaru jest zlokalizowany rezerwat Wierzchowiska (pow. 24,52 ha), który utworzono w celu zachowania grądu z lokalną przewagą dębu lub lipy oraz licznymi gatunkami rzadkich i chronionych roślin zielnych. W rezerwacie Stasin (pow. 24,4 ha), położonym w zachodniej części terenu badań, przedmiotem ochrony jest fragment lasu liściastego z dużym udziałem brzozy czarnej. Południowa część charakteryzowanego terenu znajduje się w zasięgu Czerniejowskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu, zaś jego północne krańce leżą w granicach Obszaru Chronionego Krajobrazu Dolina Ciemięgi. Na terenie objętym opracowaniem znajdują się także dwa obszary sieci Natura 2000, wyznaczone jako specjalne obszary ochrony siedlisk. Pierwszy z nich, Bystrzyca Jakubowicka (PLH060096), rozciąga się wzdłuż doliny rzeki Bystrzycy w północno-wschodniej części terenu badań i przechodzi poza północną granicę opracowania. Natomiast drugi, Świdnik (PLH060021), w całości położony jest we wschodniej części omawianego obszaru. Jego zasięg w znacznym stopniu pokrywa się z zasięgiem użytku ekologicznego Siedlisko Susła Perełkowanego (https://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/; https://parki.lubelskie.pl/obszary-chronionego-krajobrazu).

GOSPODARKA

Działalność gospodarcza na charakteryzowanym obszarze przez wiele lat była związana z przemysłem spożywczym, motoryzacyjnym, metalurgicznym, farmaceutycznym, energetycznym, lotniczym oraz w mniejszym stopniu z wydobywczym. Koncentrowała się ona głównie w obrębie miast: Lublina (dzielnice: Kośminek, Za Cukrownią, Kalinowszczyzna, Wrotków, Tatary, Bronowice, Dziesiąta, Felin oraz Sławinek) i Świdnika (Studium cz. I, 2019). Na pozostałym obszarze dominowało rolnictwo (Smakulski i in., 2021; Program…, 2024). Najstarszą gałęzią przemysłu spożywczego było młynarstwo, którego najintensywniejszy rozwój przypada na lata 80. XIX w. (Czuchryta, 2003). Jego rozwojowi sprzyjały naturalne ukształtowanie terenu i występowanie licznych dolin rzecznych, które były wykorzystywane do budowy grobli piętrzących stawy przepływowe, w okolicy których lokalizowano młyny (Kociuba, 2019). Obecnie przemysł spożywczy nadal odgrywa istotną rolę w gospodarce omawianego obszaru. Funkcjonują tu zakłady z długoletnią tradycją, znane w Polsce i za granicą, m.in. Lubella SA w Lublinie – producent makaronów i płatków śniadaniowych (od 2003 r. należy do Grupy Maspex); Perła-Browary Lubelskie SA, Stock Polska sp. z o.o. – producent i dystrybutor alkoholi, wchodzący w skład Stock Spirits Group Ltd.; Herbapol Lublin SA – producent m.in. herbat ziołowych; Spółdzielnia Pszczelarska APIS w Lublinie – producent miodów pszczelich i pitnych. Zakłady zlokalizowane są głównie na terenach przemysłowych dzielnic Wrotkowa i Tatar (Szczepanik, 1973; Kociuba, 2010; https://lublin.eu/gfx/lublin/userfiles/_public/pliki_do_pobrania/broszury_informacyjne/przemysl_spozywczy_w_lublinie_pl.pdf).

W przeciwieństwie do przemysłu spożywczego, przemysł motoryzacyjny i metalurgiczny miał duże znaczenie w gospodarce analizowanego rejonu w okresie powojennym, aż do przemian gospodarczych zapoczątkowanych w 1989 r. Historia przemysłu motoryzacyjnego sięga okresu międzywojennego, kiedy to w 1938 r. rozpoczęto budowę fabryki samochodów na licencji General Motors. W okresie powojennym przystąpiono ponownie do jej budowy. Została ona uruchomiona w 1951 r. pod nazwą Fabryka Samochodów Ciężarowych (FSC) w Lublinie. Zakład, który przestał działać w 2021 r. posiadał od 1995 r. kilku właścicieli, w tym m.in. Daewoo Motor Polska, DZT Tymińscy czy Ursus SA. W okresie jego funkcjonowania zakres produkcji obejmował: ciągniki rolnicze, trolejbusy oraz samochody ciężarowe, dostawcze i osobowe (https://www.domzalski.pl/historia/lubelski-ursus/). Obecnie na terenie dawnego FSC w Lublinie znajdują się magazyny i szereg mniejszych zakładów przemysłowych o różnym profilu działalności. W rejonie Lublina przemysł motoryzacyjny jest reprezentowany przez małe i średnie przedsiębiorstwa produkujące m.in. różne podzespoły dla koncernów motoryzacyjnych (https://gospodarczy.lublin.eu/branze/specjalizacje-gospodarcze-lublina/przemysl-motor-i-maszynowy/). W dzielnicy Wrotków działa firma Sipma SA. Przedsiębiorstwo jest jednym z bardziej znanych producentów maszyn rolniczych i ogrodniczych w kraju i za granicą, od 1996 r. wychodzi w skład Grupy Sipma (https://www.sipma.pl/o-firmie/grupa-sipma/). Przemysł metalurgiczny odgrywał mniejszą rolę na omawianym terenie. W latach 1972–2000 w Lublinie funkcjonowała odlewnia żeliwa – Odlewnia Ursus. Była ona jednym z największych zakładów tego typu w Polsce. Produkowała elementy wielkogabarytowe i zawansowane odlewy cienkościenne, studzienki wodociągowe, kotwice czy żeberka do kaloryferów (https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/maszyny-rolnicze/co-zostalo-z-wielkiej-odlewni-ursusa-w-lublinie,140960).

W rozwoju działalności gospodarczej na terenie Lublina w okresie powojennym należy również uwzględnić powstanie i funkcjonowanie (pod zmienianymi kilkukrotnie nazwami) dwóch zakładów farmaceutycznych: Synthaverse SA (wytwórnia surowic i szczepionek) oraz Polfa Lublin SA (producent płynów infuzyjnych i drobnych przyrządów medycznych) (https://syntha verse.com/pl/o-firmie/; https://polfa.pl/pl/o-nas/).

Początki rozwoju przemysłu energetycznego sięgają 1928 r., kiedy to powstała w dzielnicy Kośminek pierwsza elektrownia, produkująca energię tylko na potrzeby małych zakładów przemysłowych, a niewielkie nadwyżki sprzedawane były nielicznym odbiorcom. Zasilała ona lampy uliczne oraz gospodarstwa domowe (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/elektrownia-w-lublinie/). Obecnie sektor energetyczny reprezentują: PGE Energia Ciepła SA Oddział w Lublinie (dalej i na mapie: Elektrociepłownia Lublin-Wrotków), Elektrociepłownia Megatem EC-Lublin Sp. z o.o. oraz Veolia Wschód Sp. z o.o. Zakład Świdnik. Zostały one wybudowane już po zakończeniu II wojny światowej (Studium cz. I, 2019; https://veoliaterm.pl/strefa-klienta/veolia-wschod/).

Ośrodkiem przemysłu lotniczego w okresie powojennym został Świdnik, gdzie w latach 50. XX w. powstała Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego PZL-Świdnik SA (na mapie i dalej: WSK PZL-Świdnik). Natomiast nie została wznowiona działalność Lubelskich Zakładów Samolotów, funkcjonujących do II wojny światowej na terenie dzielnicy Bronowice. W 2012 r., w rejonie istniejącego lotniska WSK PZL-Świdnik, uruchomiony został międzynarodowy Port Lotniczy Lublin SA (https://www.pzlswidnik.pl/pl/o-nas/nasza-firma/historia).

W granicach terenu badań zlokalizowane były liczne cegielnie. Pierwsze z nich powstawały już w XII wieku. W 1928 r. w Lublinie działało 11 zakładów wytwarzających ceramikę budowlaną. Kolejnych kilka cegielni znajdowało się w miejscowościach Konopnica i Zemborzyce. Ostatnia lubelska cegielnia zamknięta została w 2010 r. (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/lubelskie-cegielnie/#upanstwowienie-cegielni).

We wschodniej części Lublina, w dzielnicy Felin, w pobliżu budowanej obwodnicy miasta i węzła komunikacyjnego trasy ekspresowej S17 oraz Portu Lotniczego Lublin SA, funkcjonuje od 2007 r. Specjalna Strefa Ekonomiczna EURO-PARK Mielec Podstrefa Lublin (na mapie SSE EURO-PARK Mielec Podstrefa Lublin). Zajmuje ona 128 ha gruntów, a na jej terenie prowadzi działalność 82 przedsiębiorców. W Podstrefie zatrudnionych jest około 6500 osób (https://sse.lublin.eu/). Większość firm reprezentuje branże zgodne ze specjalizacjami miasta: metalową i maszynową, biotechnologiczną oraz spożywczą (Czuprym i in., 2021).

ANTROPOPRESJA

Powietrze atmosferyczne. Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza na omawianym obszarze jest emisja pochodząca z sektora komunalno-bytowego. Mniejszy udział w kształtowaniu warunków aerosanitarnych mają emisje z transportu – emisja liniowa oraz z działalności przemysłowej – emisja punktowa (Lesicka i in., 2020). Na skalę emisji powierzchniowej największy wpływ ma duża liczba niskich emitorów, odprowadzających produkty spalania z domowych palenisk i lokalnych kotłowni węglowych, na małych wysokościach i z niską prędkością wylotową (Pietrusiak, 2020). Uwalniane zanieczyszczenia z reguły gromadzą się wokół miejsc powstawania, najczęściej na obszarach o zwartej zabudowie mieszkaniowej, czego efektem jest kumulowanie się szkodliwych substancji, głównie benzo(a)pirenu, na niewielkiej przestrzeni o dużej gęstości zaludnienia (Lesicka i in., 2019). Szacuje się, iż w 2020 r. na terenie aglomeracji lubelskiej, sektor komunalno-bytowy generował blisko 88,6% emisji pyłu PM10, ponad 92,9% emisji pyłu PM2,5 oraz blisko 90,6% emisji benzo(a)pirenu (Pietrusiak, 2020). Emisja liniowa występuje na obszarach bezpośrednio sąsiadujących z drogami o znacznym natężeniu ruchu (drogi ekspresowe S12 i S17 oraz S19, a także droga krajowa nr 82). Zanieczyszczenia komunikacyjne w postaci pyłów powstają w wyniku ścierania się opon pojazdów, hamulców, nawierzchni oraz unoszenia się zanieczyszczeń z powierzchni dróg (Smakulski i in., 2021). Substancje emitowane z silników pojazdów spalinowych powodują wzrost stężeń głównie tlenków azotu i benzenu (Lesicka i in., 2019). Emisja przemysłowa pochodzi z zakładów związanych z energetyką zawodową. Największą ilość zanieczyszczeń wprowadzają do atmosfery elektrociepłownie: Megatem EC-Lublin w Lublinie, PGE Energia Ciepła SA Oddział w Lublinie, Veolia Wschód Sp. z o.o. Zakład Świdnik. Ze względu na dużą wysokość emitorów, zanieczyszczenia z wymienionych zakładów są w znacznym stopniu przenoszone poza granice województwa lubelskiego (Lesicka i in., 2023).

Analizowany obszar znajduje się w zasięgu dwóch stref – aglomeracji lubelskiej (pokrywa się ona z zasięgiem miasta Lublina) oraz strefy lubelskiej (obejmującej tereny gmin wchodzących w zakres opracowania). Dla wymienionych stref wykonywane są w ramach *Państwowego Monitoringu Środowiska* (PMŚ) coroczne oceny poziomów substancji w powietrzu (Lesicka i in., 2025). Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów, prowadzonych na stacjach pomiarowych oraz wykonanych analiz z wykorzystaniem metody szacowania w oparciu o wyniki modelowania jakości powietrza, stwierdzono przekroczenia zawartego w pyle PM10 benzo(a)pirenu w strefie lubelskiej oraz ozonu w obydwu strefach. Zanieczyszczenia wynikające z przekroczenia zawartości benzo(a)pirenu w pyle PM10, związane były z emisją z sektora komunalno-bytowego tzw. „niską" emisją pochodzącą z indywidualnego ogrzewania budynków. Ponadnormatywne zawartości zaobserwowano w okresach grzewczych: styczeń–marzec, październik–grudzień (Lesicka i in., 2025). Przekroczenia wartości ozonu związane były głównie z panującymi w 2024 r. warunkami meteorologicznymi (Lesicka i in., 2025) oraz uwalnianymi do powietrza tlenkami azotu (Makles, Galwas-Zakrzewska, 2004). W omawianym rejonie stwierdzono w ostatnich latach niski poziom zanieczyszczenia powietrza (poniżej poziomów dopuszczalnych/ docelowych) dla dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, benzenu, tlenku węgla oraz oznaczanych w pyle zawieszonym PM10 pierwiastków: ołowiu, arsenu, kadmu i niklu (Lesicka i in., 2025). Ponadto w ostatnim dziesięcioleciu można zauważyć stopniową poprawę jakości powietrza pod względem zanieczyszczenia pyłem PM2,5 i PM10, będącą konsekwencją likwidacji dużej liczby indywidualnych palenisk poprzez włączenie domów do sieci ciepłowniczych, a także stopniowego przechodzenia z paliw stałych na tzw. paliwa „czyste" (Lesicka i in., 2023; TRANSEKO sp.j., 2018).

Gleby. Gleby analizowanego obszaru charakteryzują się przestrzenną zmiennością wynikającą z budowy geologicznej regionu, rzeźby terenu, stosunków wodnych, szaty roślinnej oraz działalności antropogenicznej obejmującej procesy urbanizacji, uprzemysłowienia i rolnictwo (Chodorowski i in., 2024). Gleby płowe i brunatne (powstałe na lessach) występują w obrębie Płaskowyżu Nałęczowskiego. Na obszarze Równiny Bełżyckiej i Płaskowyżu Świdnickiego występują gleby wytworzone z pyłów piaszczystych i piasków pyłowatych lessopodobnych, a na niewielkim obszarze, zajmowanym przez Wyniosłość Giełczewską, gleby brunatne wykształcone na płytkich lessach oraz rędziny. Gleby organiczne oraz mady są obecne w dolinach rzek (Bystrzyca, Czerniejówka, Czechówka), a także w rejonie Zalewu Zemborzyckiego (Plak, 2007; Tołoczko, 2020; Chodorowski i in., 2024). Gleby antropogeniczne występują na terenach zurbanizowanych, przemysłowych oraz wzdłuż szlaków komunikacyjnych (Chodorowski i in., 2024). Na omawianym terenie przeważają grunty orne II klasy bonitacyjnej z nieznacznym udziałem gruntów klasy I oraz IIIa. W zachodniej części występuje przewaga gleb zaliczonych do drugiego kompleksu rolniczej przydatności gleb – pszennego bardzo dobrego. Wschodnia część terenu charakteryzuje się słabszymi glebami z przewagą kompleksów rolniczej przydatności gleb – pszennego wadliwego, do którego zalicza się grunty klasy IIIa i IIIb oraz żytniego bardzo dobrego, w którym przeważają grunty orne klasy IVa i IVb i żytniego słabego reprezentowanego przez grunty klasy V (Smakulski i in., 2021).

Na podstawie oceny stanu chemicznego gleb, dokonywanej w oparciu o wyniki uzyskiwane w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* PMŚ, dla punktu pomiarowo-kontrolnego w miejscowości Świdniczek (ppk nr 283) nie stwierdzono zanieczyszczenia gleby w badanej lokalizacji (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Natomiast w nielicznych opracowaniach dokumentowano obecność jedynie punktowych zanieczyszczeń występujących w granicach charakteryzowanego obszaru (Kłosowski, 2013; Maciołek i in., 2013; Smakulski i in., 2020). W warstwie powierzchniowej gleb znajdujących się przy głównych trasach komunikacyjnych Lublina stwierdzono trochę wyższe zawartości ołowiu i cynku (7–54 mg/kg Pb i 11–99 mg/kg Zn) w porównaniu do gleb położonych w większej odległości od dróg szybkiego ruchu (Strupieniuk, Farjan, 2001). Analiza naturalnych i antropogenicznych czynników wzbogacenia gleb miejskich w pierwiastki: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, S i Zn, wykazała, że poziom powierzchniowy gleb (0,0–0,2 m) w Lublinie należy do jednych z najmniej zanieczyszczonych w Polsce (Pasieczna, 2003).

W obrębie charakteryzowanego obszaru zlokalizowane są również miejsca ujęte w *Rejestrze bezpośrednich zagrożeń szkodą w środowisku i szkód w środowisku* oraz w *Rejestrze historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi* (https://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/). Historyczne zanieczyszczenia powierzchni ziemi dotyczą na tym terenie kilkunastu substancji zarówno pierwiastków (np. As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn) jak i związków organicznych (np. antracen, toluen, benzo(b)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)piren, chryzen, indeno(1,2,3-c,d)piren, ksyleny, suma węglowodorów C12-C35 składników frakcji

oleju, suma węglowodorów C6-C12 składników frakcji benzyn). Wśród substancji zanieczyszczających powodujących szkody w środowisku (dla komponentu – powierzchnia ziemi) wymieniane są między innymi metale (np. Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) i związki organiczne (np. suma węglowodorów C12-C35 składników frakcji oleju, suma węglowodorów C6-C12 składników frakcji benzyn). Dla większości z zarejestrowanych lokalizacji zostały już zakończone działania zapobiegawcze lub naprawcze. Natomiast prace remediacyjne na tych terenach mają różny status (zakończono/ w trakcie/ nie podjęto remediacji).

Osady wodne. Na omawianym terenie badania osadów wodnych ograniczały się dotychczas przede wszystkim do rzeki Bystrzycy i Zalewu Zemborzyckiego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono obecność podwyższonych zawartości Cd, Co, Ni i Zn w osadach pobranych w dolnym odcinku Bystrzycy, od Lublina do jej ujścia do rzeki Wieprz (Bojakowska, Sokołowska, 1996). Także analizy wykonane w 2022 r. w ramach cyklicznie realizowanego od 1995 r. *Monitoringu jakości śródlądowych wód powierzchniowych PMŚ* wykazały przekroczenie progowych wartości Środowiskowych Norm Jakości (EQS) w osadach wodnych, pobranych w dwóch miejscach na rzece Bystrzycy (przy czym drugi punkt znajdował się około 1 km na południe od terenu badań). Osady z tych lokalizacji sklasyfikowano jako zanieczyszczone (Stefaniak i in., 2022). W pierwszym punkcie, znajdującym się w granicach opracowania, odnotowano tylko ponadnormatywną zawartość Zn – 477 mg/kg (wartość EQS: 120 mg/kg). Natomiast w drugim punkcie stwierdzono przekroczenia dla siedmiu parametrów: Cd – 77,60 mg/kg; Cr – 88,40 mg/kg; Cu – 104 mg/kg; Ni – 92,14 mg/kg; Pb – 79,60 mg/kg; Zn – 447 mg/kg oraz sumy zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – 2541 µg/kg. Badania osadów z rzeki Bystrzycy, wykonane w latach 1980–1983 i 1992–1993 w ramach inwentaryzacji obszarów zanieczyszczonych (z opróbowaniem w dwóch sezonach – wiosennym i jesiennym), pokazały negatywny wpływ czynników antropogenicznych (związanych z urbanizacją) na stan osadów wodnych. Zaobserwowano wówczas zwiększające się zakwaszenie osadów w kierunku od źródła do ujścia Bystrzycy (Turski i in., 1985). W osadach ze środkowego i dolnego odcinka rzeki odnotowano wysoką zawartość Cd, Cu, Pb i Zn. Na stan chemiczny osadów miały wpływ ścieki z Lubelskich Zakładów Mięsnych (emisja Cu, Mn, Pb i Zn) i Zakładów Farbiarskich (emisja Cd i Zn) oraz osiedla Wrotków, zanieczyszczającego osady wszystkimi tymi metalami. Wyniki badań jednoznacznie wskazywały na wzrost zawartości pierwiastków w osadach wraz z biegiem rzeki (Misztal i in., 1996). Na podstawie archiwalnych danych uzyskanych w ramach projektu *Atlas geochemiczny Polski*, można również stwierdzić, że Bystrzyca w końcowym jej odcinku, znajdującym się w granicach Lublina, miała podwyższone zawartości metali (Cd i Cr) zarówno w osadzie jak i wodzie (Lis, Pasieczna, 1995).

Wody powierzchniowe. Ocena stanu jednolitych części wód powierzchniowych, wykonana na podstawie danych monitoringowych z lat 2019–2024, w odniesieniu do Rozporządzenia 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 (Rozporządzenie..., 2021), wskazuje na zły stan jakości wód powierzchniowych płynących w obrębie analizowanego obszaru. Wody charakteryzowały się złym i słabym stanem ekologicznym oraz słabym potencjałem ekologicznym, z wyjątkiem JCWP Dopływ z Łuszczowa oraz JCWP Czerniejówka, w których stwierdzono umiarkowany potencjał ekologiczny (Ocena..., 2021–2024). Na taki stan rzeczy mają głównie wpływ następujące czynniki: spływy powierzchniowe z terenów rolniczych oraz spływy powierzchniowe wód opadowych z terenów miejskich m.in. dróg, placów, parkingów i powierzchni dachowych. Na jakość wód (JCWP Ciemięga, JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia) wpływa także działalność przemysłowa, punktowe i rozproszone zanieczyszczenia ze źródeł komunalnych i bytowych oraz transport i turystyka. Zlewnie wszystkich JCWP rzecznych stanowią obszar wrażliwy na eutrofizację spowodowaną emisjami ze źródeł komunalnych. Wszystkie JCWP zostały uznane za zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych wyznaczonych w Planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (Rozporządzenie..., 2022).

Występowanie problemu eutrofizacji wód potwierdzają również inne badania, wykonane dla Zalewu Zemborzyckiego – największego zbiornika, znajdującego się w obrębie charakteryzowanego terenu. Nadmierna koncentracja związków biogennych (fosforu i azotu) w wodzie odgrywa dominującą, negatywną rolę w ocenie stanu ekologicznego tego zbiornika. Wynika to głównie ze stałego dostarczania, w formie rozpuszczonej lub w zawiesinie, związków biogennych spływających z okolicznych obszarów rolniczych do rzeki Bystrzycy. Ponieważ zalew jest płytkim zbiornikiem, następuje szybki wzrost zawartości fosforu i azotu w jego wodach oraz stała akumulacja tych składników w osadach na jego dnie (Dobrowolski i in., 2016). Dno zbiornika pokryte jest grubą warstwą mułu, do czego przyczyniło się również nieodpowiednie przygotowanie terenu w czasie budowy zbiornika (przed 1974 r. obszar zalewu stanowiły podmokłe łąki z miąższą na kilka metrów warstwą torfu) (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/zalew-zemborzycki/).

Badania wykonywane w Państwowym Instytucie Geologicznym w latach 90. XX w. w ramach opracowania *Atlas geochemiczny Polski* wykazały podwyższone stężenia kilku metali (Cu, Fe i Mn) w wodach rzeki Bystrzycy, a dokładnie w końcowym jej odcinku leżącym w obrębie miasta Lublina (Lis, Pasieczna, 1995).

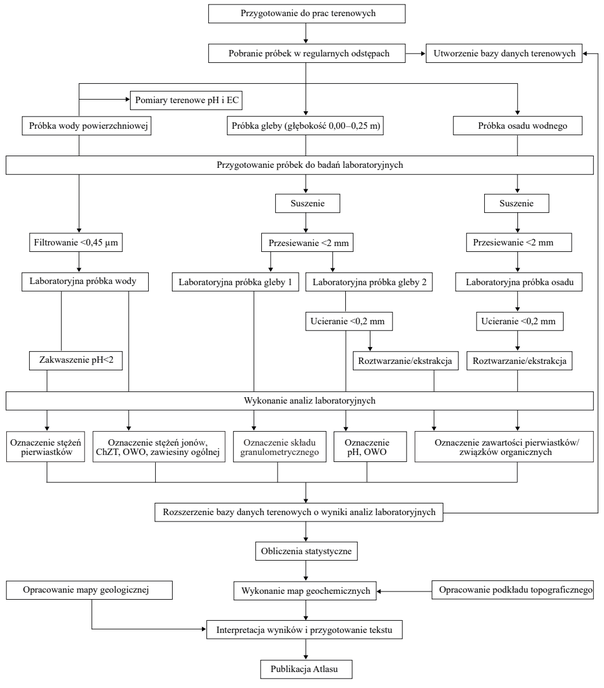
Wody podziemne. Obszar badań jest położony w lubelsko-radomskim regionie hydrologicznym (VII) (Paczyński, Sadurski, 2007). Według podziału na jednolite części wód podziemnych (JCWPd) znajduje się on w granicach JCWPd nr 89 (obejmującej ponad 80% powierzchni) i JCWPd nr 90 (we wschodniej oraz południowo-wschodniej części obszaru; https://www.pgi.gov.pl/psh/zadania-psh/8913-zadania-psh-jcwpd.html). Poziomy użytkowe występują tu na ogół w utworach szczelinowych, a ich zasilanie ma charakter bezpośredni lub odbywa się na drodze infiltracji wód opadowych poprzez występujące na powierzchni terenu lessy oraz cienkie pokrywy glin zwałowych lub gliniastych deluwiów na zwietrzelinie kredowej. Budowa geologiczna stwarza zagrożenie dla wód podziemnych z powodu łatwej migracji zanieczyszczeń. Na obszarach pozbawionych izolacji, o czasie przesączania do zwierciadła wód podziemnych, decyduje jedynie jego głębokość. Pomimo uwarunkowań geologicznych, jakość wód podziemnych jest oceniana jako dobra (https://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/jcwpd/jcwpd90.pdf; https://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/jcwpd/jcwpd89.pdf).

Analizowany teren jest zlokalizowany w zasięgu głównego zbiornika wód podziemnych GZWP nr 406 Niecka Lubelska (Lublin). Zbiornik ten jest zbudowany ze skał węglanowych (kreda górna) z wodami występującymi w ośrodku porowo-szczelinowym. Wody w większości przypadków zaliczono do I i II klasy jakości (lokalnie do III klasy w dolinach większych rzek, na niedużych obszarach w centralnej, północnej i północno-zachodniej części zbiornika), a ich stan chemiczny oceniono jako dobry. Potencjalne zagrożenie dla jakości wód zbiornika stanowią przede wszystkim obszary nieskanalizowane, oczyszczalnie ścieków, magazyny paliw płynnych, a także sieć dróg i linii kolejowych czy obszary produkcji rolnej. Zbiornik nie posiada jak dotąd ustanowionych obszarów ochronnych. Natomiast, ze względu na występowanie w jego obrębie terenów podatnych i bardzo podatnych na zanieczyszczenie, w dokumentacji zbiornika zaproponowany został obszar ochronny, podzielony na cztery podobszary. W granicach analizowanego obszaru występują fragmenty trzech podobszarów: A – tereny bardzo podatne na zanieczyszczenie, B – tereny podatne na zanieczyszczenie i C – obszary miejskie, w tym Lublin i Świdnik (Mikołajków, Sadurski, 2017).

Oczyszczalnia ścieków. Ścieki komunalne (bytowe i przemysłowe) trafiają do Oczyszczalni Ścieków Hajdów, zlokalizowanej na wschodnich obrzeżach miasta Lublina. Jest to oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna z podwyższonym usuwaniem ze ścieków związków biogennych (azot i fosfor). Doprowadzane są do niej ścieki z gmin Lublin, Świdnik, Głusk, Jastków, Konopnica, Niemce i Wólka. Średnia dobowa przepustowość oczyszczalni wynosi 120 tys. m^3/d. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Bystrzyca (Uchwała..., 2021). Stopień redukcji podstawowych wskaźników zanieczyszczeń wynosi średnio 97,4%, co pozwala na spełnienie warunków pozwolenia wodnoprawnego (https://www.mpwik.lublin.pl/o-spolce/infrastruktura/obiekty/). Sieć kanalizacyjna miasta Lublina ma charakter rozdzielczy. Wody opadowe odprowadzane są oddzielnym systemem kanalizacji deszczowej do rzek: Bystrzycy, Czerniejówki i Czechówki. (https://www.mpwik.lublin.pl/wp-content/uploads/2023/02/Deklaracja-Srodowiskowa-2021.pdf) Do niewielkiego cieku o nazwie Graniczny Rów (dopływ rzeki Sławki) odprowadzane są za pomocą kolektora oczyszczone ścieki przemysłowe z WSK PZL-Świdnik.

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Prace wykonane w latach 2023–2025 podczas realizacji *Atlasu geochemicznego Lublina i okolic w skali 1:50 000* obejmowały następujące etapy: studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie siatki opróbowania gleb, pobranie próbek, rejestrację współrzędnych geograficznych miejsc opróbowania, pomiary pH i przewodności elektrolitycznej właściwej (EC) wód powierzchniowych w terenie, wykonanie analiz chemicznych w laboratorium PIG-PIB, utworzenie baz danych zawierających wyniki pomiarów z obserwacjami terenowymi i wynikami laboratoryjnymi próbek, obliczenia i analizy statystyczne dla uzyskanych wyników badań, opracowanie podkładu topograficznego, mapy geologicznej i map geochemicznych oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje zamieszczony schemat (rysunek 3).



Rysunek 3. Schemat wykonanych prac

PRACE TERENOWE

Wyznaczenie miejsc opróbowania. Miejsca, z których pobierano próbki lokalizowano za pomocą urządzeń GPS (dokładność pomiaru od 2 do 5 m) oraz dodatkowo zaznaczano w terenie na mapach topograficznych w skali 1:10 000. Stosowane urządzenia umożliwiały pomiar współrzędnych i rejestrację dodatkowych informacji, takich jak numery i rodzaj próbek oraz dane o zabudowie i użytkowaniu. Przed wyjazdem w teren, do pamięci urządzenia GPS wprowadzano dane przestrzenne (w formie shapefile), wyznaczające lokalizacje miejsc opróbowania zgodnie z przyjętą siatką. Celem zabezpieczenia danych, wszystkie informacje terenowe były również notowane na specjalnie przygotowanych kartach terenowych (rysunek 4).

Opróbowanie gleb. Próbki gleb na obszarze badań pobierano w regularnej siatce, 500×500 m (4 próbki/km^2) na terenie miast Lublina i Świdnika, a poza nimi w siatce 1000×1000 m (1 próbka/km^2). Lokalizację miejsc opróbowania gleb dokumentują mapy przedstawiające jednocześnie zabudowę i użytkowanie terenu (tablice: 2–3). Z warstwy powierzchniowej (głębokość 0,00–0,25 m) pobrano próbki gleb z 909 miejsc (punktów), z przeznaczeniem do oznaczeń składu granulometrycznego, odczynu pH i zawartości składników nieorganicznych. Próbki gleb pobierane były za pomocą ręcznej sondy (Eijkelkamp) o średnicy 60 mm. Każda próbka (o masie ok. 500 g) była umieszczana w woreczku płóciennym, opatrzonym odpowiednim numerem identyfikacyjnym, a następnie była wstępnie suszona na drewnianych paletach w magazynie terenowym. W co czwartym punkcie siatki była pobierana dodatkowa próbka gleby (łącznie 237 miejsc) w celu wykonania oznaczeń zawartości związków organicznych. Próbki na analizy związków organicznych były umieszczane w słoikach z ciemnego szkła o pojemności 250 ml i transportowane w lodówkach przenośnych (temperatura około 4–8°C).

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY-PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Atlas geochemiczny Lublina i okolic w skali 1:50 000 **A)**

Data: .....
Zw. org. | | Opróbował(a): .....
Nr próbki Współrzędne, układ PL-1992
1 | | | | | głębokość | x | 0,00–0,25 | X |
Y |
Nr zdjęć (2) |
Powiat: ..... Gmina: ..... Miejscowość: .....

Zabudowa: 1 brak; 2 wiejska; 3 miejska niska; 4 miejska wysoka; 5 przemysłowa
Użytkowanie: 1 pola uprawne; 2 lasy; 3 łąki; 4 nieużytki, ugory; 5 trawniki; 6 parki; 7 ogródki
Gleba: 1 piaszczysta, piasek; 2 piaszczysto-gliniasta; 3 gliniasto piaszczysta; 4 gliniasta; 5 glina; 6 mułek; 7 torfiasta, torf; 8 antropogeniczna, nasypowa; 9 less, lessopodobne
Uwagi:.....

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY-PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Atlas geochemiczny Lublina i okolic w skali 1:50 000 **B)**

Osad | Zw. org. | | Data: .....
Woda | K | | C | | F | | T | | A | | Opróbował(a): .....
Nr próbki **Współrzędne, układ PL-1992**
Osad: 3 | | | | | pH | | X: |
Woda: 4 | | | | | EC | | Y: |
Nr zdjęć (2) |
Powiat:..... Gmina ..... Miejscowość ..... Zbiornik/ciek .....

Zabudowa: 1 brak; 2 wiejska; 3 miejska niska; 4 miejska wysoka; 5 przemysłowa
Użytkowanie: 1 pola uprawne; 2 lasy; 3 łąki; 4 nieużytki, ugory; 5 trawniki; 6 parki; 7 ogródki
Zbiornik/ciek: 1 rzeka; 2 strumień; 3 jezioro; 4 zbiornik; 5 kanał; 6 rów; 7 sadzawka; 8 staw; 9 osadnik
Osad: 1 piasek; 2 szlam organiczny; 3 muł; 4 ił
Uwagi:.....

Rysunek 4. Karty terenowe opróbowania gleb (A) oraz osadów i wód powierzchniowych (B)

Opróbowanie osadów wodnych i wód powierzchniowych. Próbki wód powierzchniowych i osadów wodnych (odpowiednio 182 i 169 próbek) pobierano z rzek, strumieni, rowów, kanałów, jezior, osadników, sadzawek i stawów. W tych samych lokalizacjach były pobierane pary próbek wód i osadów. Różnica pomiędzy liczbą próbek wód i osadów wynika z niemożliwości pobrania osadu ze względu na brak materiału, spowodowany np. wybetonowaniem koryta cieku. Odległość między miejscami pobierania próbek z cieków i zbiorników wynosiła około 500 m w granicach administracyjnych miast lub około 1000 m poza nimi. Dodatkowo, w co czwartej lokalizacji była pobierana próbka osadu (łącznie 49 miejsc), w celu wykonania oznaczeń zawartości związków organicznych. Lokalizację punktów opróbowania przedstawiono na tablicach obrazujących zawartości poszczególnych substancji chemicznych w tych elementach środowiska. Próbki osadów wodnych o możliwie o najdrobniejszej frakcji pobierano za pomocą aluminiowego czerpaka i umieszczano w pojemnikach z tworzywa sztucznego o pojemności 500 ml, opisanych wcześniej odpowiednimi numerami. Pobrane próbki osadów, w których później oznaczano zawartości związków organicznych umieszczano w słoikach z ciemnego szkła o pojemności 250 ml. Wszystkie czynności wykonywano w jednorazowo używanych bezpudrowych rękawiczkach nitrylowych.

Próbki wód powierzchniowych pobierano plastikową strzykawką, bezpośrednio z cieku lub zbiornika. W kilku przypadkach, w których dosięgniecie ręką do powierzchni wody było niemożliwe, próbki pobrano aluminiowym czerpakiem. Przewodność elektrolityczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie za pomocą miernika dwufunkcyjnego – konduktometru i pH-metru (Elmetron CPC-105) z automatyczną kompensacją temperatury, przyjmując jako referencyjną temperaturę 25°C. Pobrane próbki wody, na oznaczenia stężeń pierwiastków, były sączone w terenie przez filtry strzykawkowe Millipore o średnicy porów 0,45 µm i bezpośrednio wlewane do plastikowych butelek (PE) o pojemności 30 ml, zawierających 1,5 ml roztworu kwasu HNO_3 (v/v 1:4) i opisanych symbolem K. Zakwaszone próbki miały wartość pH poniżej 2. Wodę na analizy stężenia ogólnego węgla organicznego (OWO) wlewano do plastikowych butelek (PE, 15 ml) oznaczonych symbolem OWO. Do kolejnych butelek (PE, 250 ml), opisanych symbolem A, pobierano wody przeznaczone na oznaczenia stężenia anionów. Próbki na analizy anionów i OWO nie były filtrowane w terenie. Następnie butelki z próbkami opisywano numerami identyfikacyjnymi, pakowano do oddzielnych plastikowych woreczków i umieszczano w lodówce przenośnej (temperatura około 4–8°C). Wszystkie próbki wód powierzchniowych oraz próbki osadów przeznaczone do oznaczeń zawartości związków organicznych były transportowane w lodówkach przenośnych do Laboratorium Chemicznego (LCh) PIG-PIB w Warszawie. Próbki dostarczano do LCh w ciągu maksymalnie 5 dni od pobrania. W celu ograniczenia zanieczyszczenia próbek zawsze używano nowych pojemników, filtrów i strzykawek. Wszystkie czynności wykonywano w jednorazowo używanych bezpudrowych rękawiczkach nitrylowych.

PRACE LABORATORYJNE

Mechaniczne przygotowanie próbek. Analizy fizyczno-chemiczne wraz z przygotowaniem próbek wykonano w Laboratorium Chemicznym PIG-PIB w Warszawie. Próbki gleb i osadów wodnych były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,00–0,25 m, po przesianiu, dzielono na dwie próbki laboratoryjne – jedną przeznaczoną do analiz chemicznych, drugą do składu granulometrycznego. Próbki osadów i gleb przeznaczone do badań chemicznych ucierano do frakcji <0,2 mm w agatowych młynach kulowych (rysunek 3).

Chemiczne przygotowanie próbek – roztwarzanie kwasowe. Wysuszone, przesiane i utarte próbki gleb i osadów poddano ekstrakcji kwasowej z użyciem wody królewskiej (HCl i HNO_3 w proporcjach objętościowych 3:1). Próbki odważano do naczyń reakcyjnych i dodawano kwasy – na 1 g próbki stosowano 8 ml wody królewskiej. Tak przygotowane próbki pozostawiano w temperaturze pokojowej na min. 16 h. Po tym czasie umieszczano je w termostatowanym bloku grzewczym. Temperaturę mieszaniny reakcyjnej podnoszono stopniowo do ok. 95°C i w tych warunkach kontynuowano roztwarzanie przez 1 h. Po ostudzeniu, roztworzone próbki przefiltrowano przez sączek bibułowy. Ekstrakt uzupełniono wodą destylowaną do końcowej masy 50 g.

Chemiczne przygotowanie próbek – ekstrakcja rozpuszczalnikami organicznymi. Wysuszone, przesiane i utarte próbki gleb i osadów poddano procedurom ekstrakcji w celu wyodrębnienia badanych związków organicznych. Ekstrakcję dichlorometanem, przy użyciu automatycznego ekstraktora z wykorzystaniem techniki przyspieszonej ekstrakcji w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia (100°C, 1500 psi), zastosowano do wyodrębnienia związków z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Ekstrakcję mieszaniną heksanu i acetonu (proporcje objętościowe 1:1), przy użyciu automatycznego ekstraktora z wykorzystaniem techniki przyspieszonej ekstrakcji w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia (100°C, 1500 psi), zastosowano do wyodrębnienia związków z grupy polichlorowanych bifenyli (PCB) i pestycydów chloroorganicznych (PCO). Ekstrakcję przez wytrząsanie z tetrachloroetenem zastosowano do wyodrębnienia olejów mineralnych.

Analizy chemiczne. Do analizy próbek gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych zastosowano wymienione poniższej metody pomiarowe.

- Emisyjną spektrometrią atomową ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) wykonano pomiary zawartości pierwiastków: Al, As, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach i osadach.
- Spektrometrią mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS) oznaczono zawartości pierwiastków: Ag, Be, Cd, Co, Li, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl i U w glebach i osadach.
- Absorpcyjną spektrometrią atomową z generowaniem zimnych par rtęci (CV-AAS) w układzie przepływowo-wstrzykowym oznaczono zawartości Hg w glebach i osadach.
- Metodą potencjometryczną w zawiesinie 1 mol/l roztworu KCl (pH-KCl), stosując proporcje wagowo-objętościowe 1:5 (gleba:KCl), oznaczono odczyn gleb.
- Za pomocą metody wysokotemperaturowego spalania z detekcją w podczerwieni IR zmierzono zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO) w glebach i osadach.
- Emisyjną spektrometrią atomową ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) wykonano pomiary stężeń pierwiastków: B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Si, Sr, Ti i Zn w wodach.
- Spektrometrią mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS) oznaczono stężenia pierwiastków: Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, U i V w wodach.
- Metodą chromatografii jonowej (IC) oznaczono stężenia anionów: Br^-, Cl^-, F^-, NO_2^-, NO_3^-, SO_4^{2-} w wodach.
- Metodą spektrofotometryczną oznaczono stężenia: NH_4^+, HCO_3^-, zawiesiny ogólnej i ChZT w wodach.
- Metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS) oznaczono zawartości związków wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w glebach i osadach.
- Metodą chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów (GC-ECD) oznaczono zawartości polichlorowanych bifenyli (PCB) i pestycydów chloroorganicznych (PCO) w glebach i osadach.
- Metodą spektroskopii w zakresie podczerwieni (FTIR) wykonano pomiary zawartości sumy olejów mineralnych w glebach i osadach.

Kontrolę jakości badań prowadzono zarówno na etapie pobierania próbek jak również podczas wykonywania analiz fizyczno-chemicznych. Około 2–3% ogólnej liczby pobieranych próbek stanowiły próbki podwójne (dla etapu prac terenowych). Kontrola jakości wykonywanych oznaczeń obejmowała: analizy próbek podwójnych (5% wszystkich próbek), analizy materiałów odniesienia z atestowaną zawartością badanych substancji chemicznych (2% wszystkich próbek) oraz analizy wewnętrznych próbek kontrolnych (5% wszystkich próbek). Czystość odczynników i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych", zawierających roztwory odpowiednich odczynników chemicznych, jeżeli były one dodawane do analizowanych próbek na którymkolwiek etapie badań laboratoryjnych. Potencjalny wpływ zanieczyszczenia (kontaminacji) podczas przygotowania próbek do analiz, weryfikowano za pomocą „ślepych próbek proceduralnych". Zestawienie oznaczanych parametrów fizyczno-chemicznych wraz z metodami analitycznymi, granicami oznaczalności i niepewnościami wyników przedstawiono w tabelach 1 i 2. Podana została niepewność rozszerzona wyników badań przy założonym poziomie prawdopodobieństwa 95% i współczynniku rozszerzenia k = 2.

Analizy granulometryczne. Oznaczenia składu granulometrycznego gleb pobranych z głębokości 0,00–0,25 m wykonano w Centrum Badań Gruntów i Skał w Zakładzie Geologii Inżynierskiej i Geotermii Płytkiej PIG-PIB w Warszawie. Badanie uziarnienia przeprowadzono metodą analizy sitowej z wykorzystaniem zmodyfikowanej procedury zawartej w normie PN-EN ISO 17892-4:2017-01. Procedura obejmowała odważenie ok. 35–40 g próbki gleby i dodanie odpowiedniej ilości (10–100 ml) 30% roztworu nadtlenku wodoru w zależności od rodzaju gleby w celu utlenienia materii organicznej. Następnie próbka była suszona, a po przestygnięciu ważona, zalewana wodą i przemywana przez sito o średnicy oczek 0,02 mm. Pozostałość na sicie przesiewano na sucho przez kolumnę sit o wymiarach oczek: 2 mm; 0,063 mm; 0,02 mm i ważono uzyskane frakcje: 2–0,063 mm, 0,063–0,02 mm i <0,02 mm. Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe frakcji) przedstawiono na mapach klas ziarnowych: frakcja $0{,}063 < d \leq 2{,}0$ mm, frakcja $0{,}02 < d \leq 0{,}063$ mm i $d \leq 0{,}02$ (tablice 4–6).

Metody analityczne, granice oznaczalności i niepewności wyników pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych **Tabela 1**

Parametr	Metoda analityczna	Granica oznaczalności	Jednostka	Niepewność rozszerzona	Metoda analityczna	Granica oznaczalności	Jednostka	Niepewność rozszerzona
	Gleby i osady wodne				Wody powierzchniowe			
pH	potencjometria	—	—	0,4 jednostki	potencjometria	—	—	0,2 jednostki
EC	n.o.	—	—	—	konduktometria	—	[mS/cm]	8%
Ag	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
Al	ICP-OES	0,01	[%]	25%	ICP-MS	0,5	[µg/dm^3]	25%
As	ICP-OES	3	[mg/kg]	25%	ICP-MS	2	[µg/dm^3]	25%
B	n.o.	—	—	—	ICP-OES	0,01	[mg/dm^3]	15%–30%
Ba	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,001	[mg/dm^3]	20%–25%
Be	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
Br^-	n.o.	—	—	—	IC	0,10	[mg/dm^3]	14%
Ca	ICP-OES	0,01	[%]	25%	ICP-OES	0,1	[mg/dm^3]	10%–15%
Cd	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
ChZT	n.o.	—	—	—	spektrofotometria	2,0	[mg/dm^3]	25%
Cl^-	n.o.	—	—	—	IC	0,50	[mg/dm^3]	12%
Co	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
Cr	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,003	[mg/dm^3]	15%–25%
Cu	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
F^-	n.o.	—	—	—	IC	0,10	[mg/dm^3]	15%
Fe	ICP-OES	0,01	[%]	25%	ICP-OES	0,01	[mg/dm^3]	15%–25%
HCO_3	n.o.	—	—	—	spektrofotometria	24	[mg/dm^3]	20%
Hg	CV-AAS	0,02	[mg/kg]	30%	n.o.	—	—	
K	ICP-OES	0,01	[%]	25%	ICP-OES	0,5	[mg/dm^3]	10%–15%
Li	ICP-MS	0,3	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,3	[µg/dm^3]	25%
Mg	ICP-OES	0,01	[%]	25%	ICP-OES	0,1	[mg/dm^3]	10%–25%
Mn	ICP-OES	2	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,001	[mg/dm^3]	15%–25%
Mo	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
Na	ICP-OES	0,003	[%]	25%	ICP-OES	0,5	[mg/dm^3]	10%–15%
NH_4^+	n.o.	—	—	—	spektrofotometria	0,05	[mg/dm^3]	20%
Ni	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,5	[µg/dm^3]	25%
NO_2	n.o.	—	—	—	IC	0,01	[mg/dm^3]	14%
NO_3	n.o.	—	—	—	IC	0,01	[mg/dm^3]	14%
OWO	IR	0,02	[%]	30%	spektrofotometria	1,0	[mg/dm^3]	20%
P	ICP-OES	0,002	[%]	25%	ICP-OES	0,05	[mg/dm^3]	15%
Pb	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
S	ICP-OES	0,003	[%]	25%	n.o.	—	—	—
Sb	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
Se	ICP-MS	2	[mg/kg]	25%	ICP-MS	2	[µg/dm^3]	25%
Si^*	n.o.	—	—	—	ICP-OES	0,1	[mg/dm^3]	15%
Sn	ICP-MS	0,5	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,5	[µg/dm^3]	25%
SO_4^{2-}	n.o.	—	—	—	IC	0,50	[mg/dm^3]	12%
Sr	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,002	[mg/dm^3]	15%–25%
Ti	ICP-OES	5	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,002	[mg/dm^3]	15%–25%
Tl	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
U	ICP-MS	0,05	[mg/kg]	25%	ICP-MS	0,05	[µg/dm^3]	25%
V	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-MS	1	[µg/dm^3]	25%
Zawiesina ogólna	n.o.	—	—	—	spektrofotometria	5	[mg/dm^3]	30%
Zn	ICP-OES	1	[mg/kg]	25%	ICP-OES	0,003	[mg/dm^3]	15%–25%

ICP-OES – emisyjna spektrometria atomowa ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej
ICP-MS – spektrometria mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej
CV-AAS – absorpcyjna spektrometria atomowa z generowaniem zimnych par rtęci
IR – wysokotemperaturowe spalanie z detekcją IR
n.o. – nie oznaczano
IC – chromatografia jonowa
* – granica oznaczalności w przeliczeniu na SiO_2

Metody analityczne, granice oznaczalności i niepewności wyników związków organicznych w glebach i osadach wodnych **Tabela 2**

Związek chemiczny	Grupa związków organicznych	Metoda analityczna	Jednostka	Granica oznaczalności	Niepewność rozszerzona
Acenaften	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	61%
Acenaftylen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	61%
Antracen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	54%
Benzo(a)antracen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	2	38%
Benzo(a)piren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	3	38%
Benzo(b)fluoranten	WWA	GC-MS	[µg/kg]	3	42%
Benzo(e)piren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	3	39%
Benzo(g,h,i)perylen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	5	46%
Benzo(k)fluoranten	WWA	GC-MS	[µg/kg]	3	39%
Chryzen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	2	41%
Dibenzo(a,h)antracen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	5	52%
Fenantren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	48%
Fluoranten	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	37%
Fluoren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	57%
Indeno(1,2,3-cd)piren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	5	50%
Perylen	WWA	GC-MS	[µg/kg]	3	39%
Piren	WWA	GC-MS	[µg/kg]	1	37%
PCB28	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	38%
PCB52	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	34%
PCB101	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	33%
PCB118	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	32%
PCB138	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	33%
PCB153	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	32%
PCB180	PCB	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	37%
α-HCH	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	40%
β-HCH	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	37%
γ-HCH	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	40%
δ-HCH	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	42%
Aldehyd endryny	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	41%
Aldryna	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	39%
α-chlordan	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	41%
γ-chlordan	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	39%
Dieldryna	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	41%
Endosulfan I	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	47%
Endosulfan II	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,3	48%
Endryna	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,3	48%
Epoksyd heptachloru	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	39%
Heksachlorobenzen	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	37%
Heptachlor	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,8	49%
Keton endryny	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	42%
p,p'-DDD	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	42%
p,p'-DDE	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,1	41%
p,p'-DDT	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	50%
p,p'-metoksychlor	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	5,0	48%
Siarczan endosulfanu	PCO	GC-ECD	[µg/kg]	0,5	45%
Suma olejów mineralnych	Oleje mineralne	FTIR	[mg/kg]	10,0	26%

FTIR – spektroskopia w zakresie podczerwieni
GC-MS – chromatografia gazowa sprzężona ze spektrometrią mas
GC-ECD – chromatografia gazowa z detekcją wychwytu elektronów
PCO – pestycydy chloroorganiczne
PCB – polichlorowane bifenyle
WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Bazy danych. Utworzono trzy oddzielne zbiory danych (arkusze kalkulacyjne w programie Excel) dla: gleb z głębokości 0,00–0,25 m, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Zawierały one następujące informacje: numery identyfikacyjne próbek, współrzędne geograficzne w miejscach pobierania próbek, obserwacje terenowe (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu – dla wszystkich badanych mediów, gatunek gleby – dla pobranych gleb, rodzaj zbiornika wodnego/cieku, dla pobranych osadów wodnych i wód powierzchniowych oraz rodzaj osadu wodnego), lokalizację administracyjną miejsca pobierania próbek (powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych. Dane, zebrane w formie trzech odrębnych tabel (dla gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych), zasiliły bazę danych umieszczoną w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (CBDG), funkcjonującej w środowisku Oracle. W bazie tej są przechowywane informacje o charakterze opisowym (metadane), numerycznym (wyniki analiz chemicznych próbek) oraz geometrycznym. Na podstawie tych danych wykonano kartograficzną wersję opracowania.

Statystyki opisowe. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano w programie *Statistica (wersja 13)*. W przypadku, gdy zawartość substancji chemicznej 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 substancji chemicznych, dla których odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%, odstąpiono od obliczenia średniej arytmetycznej i geometrycznej, przedstawiono jedynie wartości minimalne, maksymalne oraz medianę. Nie wykonano analiz statystycznych, gdy zbiór lub podzbiór liczył mniej niż 5 próbek. Statystyki opisowe poszczególnych parametrów fizyczno-chemicznych dla całych zbiorów gleb, osadów i wód zamieszczono na mapach geochemicznych (tablice 7–105) oraz w tabelach 3–7. Dane zgromadzone w bazach danych posłużyły także do wykonania obliczeń statystycznych dla podzbiorów wydzielonych według przyjętych kryteriów, takich jak litologia, zabudowa i użytkowanie gleb oraz ze względu na położenie w zasięgu poszczególnych jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP) w przypadku osadów wodnych i wód powierzchniowych (rysunek 2).

W badaniach geochemicznych, przyjmuje się, że mediana zawartości danego pierwiastka jest parametrem statystycznym, który lepiej charakteryzuje zawartość typową dla danego zbioru próbek niż średnia arytmetyczna. Mediana, jako wartość środkowa w zbiorze danych uporządkowanych rosnąco, jest mniej obarczona wpływem wartości ekstremalnych (Salminen, Gregorauskiene, 2000). W niektórych badaniach, tak zdefiniowana mediana, była stosowana do reprezentowania poziomu tła geochemicznego (bazowej zawartości odniesienia) pierwiastka występującego na danym obszarze (Lis, Pasieczna, 1995; Lis, Pasieczna, 2001).

Podkład topograficzny. Do opracowania podkładu topograficznego map geochemicznych w skali 1:50 000 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, lasy i tereny przemysłowe.

Mapa geologiczna. Do przedstawienia budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano fragmenty czterech arkuszy Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000: Lublin (Butrym i in., 1980), Bychawa (Marszałek i in., 1988), Niedrzwica (Marszałek i in., 1989) i Bełżyce (Henkiel, Danel, 2008) oraz Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 (Marks i in., 2022). Utworzone w wyniku cyfryzacji obrazy wektorowe obszaru badań połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:50 000 (tablica 1).

Opracowanie map geochemicznych. Mapy opracowano w programie ArcGIS 10.8.2, 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. Na potrzeby opracowania *Atlas geochemiczny Lublina i okolic w skali 1:50 000* sporządzono następujące mapy (tablice 2–105):

- zabudowa terenu;
- użytkowanie terenu;
- udział frakcji: 0,063 < d ≤ 2,0 mm, 0,02 < d ≤ 0,063 mm i d ≤ 0,02 w glebach pobranych z głębokości 0,00–0,25 m;
- odczyn gleb pobranych z głębokości 0,00–0,25 m;
- zawartość pierwiastków: Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V i Zn oraz OWO w glebach pobranych z głębokości 0,00–0,25 m i w osadach wodnych;
- zawartość związków organicznych: dieldryny, heksachlorobenzenu, sumy HCH (α-HCH, β-HCH, γ-HCH i δ-HCH), sumy DDT (p,p'-DDT, p,p'-DDD i p,p'-DDE), sumy olejów mineralnych, sumy PCB (kongenery PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 i PCB180), acenaftenu, acenaftylenu, antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(a)pirenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(e)pirenu, benzo(g,h,i)perylenu, benzo(k)fluorantenu, chryzenu, dibenzo(a,h)antracenu, fenantrenu, fluorantenu, fluorenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu, perylenu i pirenu w glebach pobranych z głębokości 0,00–0,25 m i w osadach wodnych;
- pH i EC w wodach powierzchniowych;
- stężenie pierwiastków i jonów: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Br^-, Ca, Cd, Cl^-, Co, Cr, Cu, F^-, Fe, HCO_3, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, NH_4^+, NO_2^-, NO_3, P, Pb, Sb, SiO_2, Sn, SO_4^{2-}, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn oraz ChZT, OWO i zawiesiny ogólnej w wodach powierzchniowych.

Do przedstawienia rozkładu klas uziarnienia gleb, ich odczynu oraz zawartości substancji chemicznych w glebach wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono stosując deterministyczną metodę odwrotnych odległości (ang. *Inverse Distance Weighted – IDW).* Jest to metoda pozwalająca uzyskać wynik dla danej komórki (ang. *grid*) poprzez uśrednienie wartości punktów położonych najbliżej siebie. Dodatkowo, większy wpływ na wartość interpolowaną mają punkty położone bliżej danej komórki. Wpływ ten jest ujęty matematycznie jako odwrotność odległości dwóch punktów podniesiona do potęgi ustalonej przez wykonawcę. Zaletą tej metody jest możliwość określenia odległości położenia punktów wykorzystywanych w procesie interpolacji. Do wyznaczenia klas rozkładu przestrzennego parametrów fizyczno-chemicznych oznaczanych w glebach zastosowano następujące percentyle: 10., 25., 50., 75., 90., 95. i 98., przy czym zrezygnowano z 98. percentyla na mapach związków organicznych. Maksymalnie na mapach utworzono osiem lub siedem klas. Liczba klas może być mniejsza, a w szczególnym przypadku, gdy wyniki znajdują się w bardzo wąskim zakresie, tzn. poniżej i niewiele powyżej granicy oznaczalności, jest tylko jedna klasa. Jeśli wyznaczona klasa nie jest reprezentowana przez jakikolwiek wynik w zbiorze danych lub zajmowałaby bardzo niewielki (praktycznie punktowy) obszar na mapie, również nie została ona przedstawiona. Zmienność odczynu gleb przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (Bednarek in., 2004), z podziałem na gleby: bardzo kwaśne (pH <4,5), kwaśne (pH 4,5–5,5), lekko kwaśne (pH 5,5–6,5), obojętne (pH 6,5–7,2) i zasadowe (pH >7,2). Powstałe mapy poszczególnych parametrów fizyczno-chemicznych prezentowano na podkładzie topograficznym.

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz rozkład zawartości substancji chemicznych w osadach wodnych i wodach powierzchniowych przedstawiono w postaci map punktowych. Mapy geochemiczne dla osadów wodnych i wód powierzchniowych utworzono w formie kartodiagramów kołowych, przypisując im średnice odpowiednie dla poszczególnych klas zawartości, wyrażonych za pomocą percentyli (10., 25., 50., 75., 90., 95. i 98.), przy czym zrezygnowano z 98. percentyla na mapach związków organicznych w osadach. Liczba klas może być mniejsza, a w szczególnym przypadku gdy wyniki znajdują się w bardzo wąskim zakresie, tzn. poniżej i niewiele powyżej granicy oznaczalności, jest tylko jedna klasa.

Do celów publikacji, na jednej tablicy umieszczano mapę zawartości danej substancji chemicznej w glebach z głębokości 0,00–0,25 m i mapę geochemiczną tej substancji w osadach wodnych.

Dla niektórych pojedynczych związków chemicznych nie opracowano map geochemicznych, ponieważ ich zawartości w badanych próbkach były na poziomie lub poniżej granic oznaczalności zastosowanych metod analitycznych, a rozkłady przestrzenne ich zawartości cechowały się brakiem zróżnicowania w glebach i osadach wodnych. Mapy geochemiczne nie zostały wykonane dla następujących substancji: p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH, aldehyd endryny, aldryna, α-chlordan, γ-chlordan, endosulfan I, endosulfan II, endryna, epoksyd heptachloru, heptachlor, keton endryny, p,p'-metoksychlor, siarczan endosulfanu, kongenery PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB153 i PCB180. Wymienione związki chemiczne zostały uwzględnione w tabelach przedstawiających statystyki opisowe.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań uzyskane w trakcie realizacji *Atlasu geochemicznego Lublina i okolic w skali 1:50 0000* interpretowano poprzez nawiązanie m.in. do obowiązujących przepisów krajowych, danych pochodzących z programów monitoringu PMŚ oraz danych prezentowanych we wcześniejszych opracowaniach kartograficznych obejmujących obszar Polski i Europy (uwzględniono projekty krajowe i międzynarodowe). Ponadto podczas dyskusji aktualnych wyników analiz osadów wodnych odnoszono się do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego TEC (ang. *Threshold Effect Concentration*) i PEC (ang. *Probable Effect Concentration*), określających poziomy zawartości substancji chemicznych, dla których odpowiednio nie przewiduje się lub jest spodziewane negatywne oddziaływanie na organizmy bentosowe (MacDonald i in., 2000).

PIERWIASTKI I INNE PARAMETRY FIZYCZNO-CHEMICZNE W GLEBACH, OSADACH WODNYCH I WODACH POWIERZCHNIOWYCH

SKŁAD GRANULOMETRYCZNY

Gleby: tablice 4–6, tabela 3

Skład granulometryczny gleby, czyli procentowa zawartość poszczególnych frakcji granulometrycznych w fazie stałej gleby, ma istotny wpływ na jej właściwości fizyczne i biologiczne oraz zawartość pierwiastków chemicznych. Gleby z dużym udziałem frakcji drobnoziarnistej (iłowej i pyłowej) charakteryzują się zazwyczaj podwyższoną zawartością pierwiastków oraz ich mniejszą mobilnością w warunkach hipergenicznych. W normach i zaleceniach, określających dopuszczalne zawartości metali w glebach, uwzględnia się zazwyczaj skład granulometryczny, zwiększając wartości graniczne dla gleb z dużym udziałem frakcji iłowej. Natomiast mniejsze zawartości pierwiastków są dopuszczalne dla gleb z dużym udziałem frakcji piaskowej (Kabata-Pendias i in., 1995).

Gleby terenów zurbanizowanych charakteryzują się dużą zmiennością uziarnienia związaną z rodzajem skał macierzystych i antropopresją (odzwierciedlającą rodzaje stref funkcjonalnych w obrębie miasta). Obecne w glebie domieszki materiałów obcych, głównie o charakterze odpadów budowlanych i komunalnych oraz przemieszczanie poziomów i warstw glebowych w układzie pionowym i poziomym, usunięcie poziomów powierzchniowych, ubicie warstw glebowych i przykrycie gleb materiałami ekranującymi wpływają na zróżnicowanie ich składu granulometrycznego. W glebach stref przemysłowych powodują one zwiększenie zawartości frakcji szkieletowej (>2 mm) (Greinert, 2011; Plak, 2018).

Wyniki analiz uziarnienia próbek gleb pobranych na charakteryzowanym terenie przedstawiono na mapach udziału frakcji granulometrycznych: 0,063< d ≤2,0 mm, 0,02< d ≤0,063 mm oraz ≤0,02 mm (tablice 4–6). Zróżnicowanie uziarnienia, w obszarze objętym badaniami, wiąże się wyraźnie z litologią skał macierzystych chociaż pierwotny skład częściowo uległ zmianie w wyniku prowadzonych prac ziemnych, budowlanych czy ogrodniczych (szczególnie na terenach zabudowy przemysłowej i miejskiej Lublina). Gleby bogate we frakcję piaskową (0,063< d ≤2,0 mm) występują przede wszystkim w dolinach rzek Bystrzycy i Czerniejówki oraz na terenie wschodnich dzielnic Lublina (tablica 4). Są to gleby utworzone na piaskach rzecznych i rzeczno-

Statystyki opisowe dla pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych w glebach **Tabela 3**

Gleby	Miary statystyczne	Ag [mg/kg]	Al [%]	As [mg/kg]	Ba [mg/kg]	Be [mg/kg]	Ca [%]	Cd [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [%]	Hg [mg/kg]	K [%]	Li [mg/kg]	Mg [%]	Mn [mg/kg]	Mo [mg/kg]	Na [%]	Ni [mg/kg]	OWO [%]	P [%]	Pb [mg/kg]	S [%]	Sb [mg/kg]	Se [mg/kg]	Sn [mg/kg]	Sr [mg/kg]	Ti [mg/kg]	Tl [mg/kg]	U [mg/kg]	V [mg/kg]	Zn [mg/kg]	Frakcja			pH [–]
																																	0,063 < d ≤ 2,0 mm [%]	0,02 < d ≤ 0,063 mm [%]	d ≤ 0,02 mm [%]	
Gleby ogółem n = 909	a	<0,05	0,08	<3	8	<0,05	<0,01	<0,05	0,32	2	1	0,13	<0,02	0,02	0,6	0,01	8	0,12	0,004	1	0,13	0,005	3,35	<0,003	0,06	<2	<0,5	1	19	<0,05	0,13	2	4	2,00	1,09	2,29	3,27
	b	1,48	1,66	18	1327	4,71	12,89	15,57	20,54	348	224	5,37	1,94	0,34	17,9	0,93	1142	18,41	0,172	649	34,66	1,290	340,79	0,726	10,70	10	17,7	545	530	0,34	8,73	36	1435	96,48	67,98	71,75	8,51
	c	n.o.	0,67	<3	58	0,46	0,97	0,38	3,91	13	13	0,89	0,05	0,13	5,6	0,17	317	0,38	0,011	11	1,94	0,052	19,91	0,023	0,43	n.o.	1,0	37	113	0,10	0,69	14	66	32,42	37,55	30,03	6,49
	d	n.o.	0,63	<3	49	0,39	0,39	0,20	3,62	11	10	0,82	0,03	0,12	5,3	0,14	292	0,29	0,009	9	1,49	0,043	15,11	0,018	0,30	n.o.	0,7	19	102	0,09	0,64	13	41	22,65	33,13	27,38	6,35
	e	<0,05	0,68	3	49	0,43	0,35	0,19	4,04	12	10	0,90	0,03	0,13	5,7	0,15	305	0,26	0,008	10	1,36	0,044	12,97	0,016	0,25	<2	0,6	18	111	0,10	0,66	14	35	27,04	40,58	30,71	7,11
Gleby antropogeniczne n = 234	a	<0,05	0,18	<3	12	0,08	0,09	0,06	0,54	2	4	0,14	<0,02	0,02	1,3	0,02	45	0,12	0,004	2	0,20	0,011	3,58	0,004	0,13	<2	<0,5	4	24	<0,05	0,24	2	17	2,36	2,32	2,29	5,24
	b	1,48	1,38	10	1327	4,71	8,96	15,57	20,54	348	224	5,37	1,94	0,34	14,9	0,93	701	6,22	0,126	649	26,29	1,290	340,79	0,237	10,70	2	17,7	399	530	0,34	7,54	33	1435	95,39	67,31	49,46	8,51
	c	0,10	0,69	3	83	0,58	2,06	0,61	4,30	19	22	1,07	0,08	0,15	6,1	0,22	281	0,57	0,017	16	2,57	0,071	33,38	0,031	0,80	n.o.	1,8	76	137	0,11	0,76	16	130	45,73	29,97	24,30	7,51
	d	0,06	0,67	<3	64	0,51	1,54	0,34	4,07	15	17	1,00	0,05	0,14	5,9	0,20	265	0,42	0,014	12	1,97	0,056	22,09	0,026	0,49	n.o.	1,2	55	128	0,10	0,69	15	85	39,27	25,95	21,82	7,50
	e	0,06	0,70	3	55	0,49	1,67	0,30	4,10	13	14	0,99	0,04	0,14	6,1	0,20	266	0,34	0,013	11	2,04	0,052	19,07	0,024	0,41	<2	1,0	55	130	0,10	0,66	15	76	45,63	30,39	24,38	7,53
Gleby gliniaste n = 110	a	<0,05	0,28	<3	23	0,15	0,05	<0,05	1,96	5	4	0,35	<0,02	0,05	2,6	0,05	132	0,14	0,004	3	0,20	0,016	6,04	0,004	0,14	<2	<0,5	4	37	<0,05	0,42	6	14	2,00	13,82	14,42	4,32
	b	0,53	1,66	5	104	1,09	12,89	6,47	8,17	25	60	1,58	0,19	0,29	15,1	0,51	797	1,57	0,042	20	11,17	0,125	180,57	0,141	1,15	3	6,7	545	237	0,21	0,99	28	219	64,17	62,60	56,02	7,93
	c	n.o.	0,76	<3	51	0,47	0,94	0,31	4,27	13	12	0,97	0,04	0,14	6,4	0,19	320	0,30	0,009	10	1,75	0,050	15,08	0,021	0,28	n.o.	0,9	34	126	0,10	0,67	15	46	20,98	44,57	34,45	6,73
	d	n.o.	0,73	<3	49	0,45	0,46	0,20	4,14	12	10	0,94	0,03	0,14	6,2	0,17	307	0,28	0,008	10	1,38	0,047	12,86	0,017	0,26	n.o.	0,7	20	117	0,10	0,66	15	39	14,22	42,69	33,10	6,66
	e	<0,05	0,79	3	49	0,47	0,43	0,18	4,36	13	11	0,98	0,03	0,15	6,5	0,17	293	0,26	0,008	11	1,28	0,050	11,85	0,017	0,23	<2	0,6	18	133	0,10	0,67	16	36	15,13	47,86	35,61	7,19
Gleby piaszczyste n = 102	a	<0,05	0,08	<3	8	<0,05	<0,01	<0,05	0,32	2	1	0,13	<0,02	0,02	0,6	0,01	8	0,12	0,004	1	0,16	0,005	3,35	0,004	0,06	<2	<0,5	1	19	<0,05	0,13	2	4	8,08	1,09	2,36	3,51
	b	0,47	1,34	18	955	4,05	4,45	5,91	9,90	25	77	2,29	0,24	0,24	17,9	0,55	516	1,75	0,172	29	10,17	0,626	90,08	0,118	3,15	<2	7,2	265	285	0,32	1,99	36	1049	96,48	60,76	41,66	8,12
	c	n.o.	0,47	n.o.	56	0,38	0,81	0,43	2,61	9	11	0,65	0,05	0,09	4,2	0,13	232	0,32	0,012	7	2,17	0,049	18,48	0,024	0,39	n.o.	0,9	33	83	0,09	0,49	10	73	58,87	22,51	18,61	6,21
	d	n.o.	0,42	n.o.	37	0,24	0,24	0,16	2,09	7	8	0,53	0,03	0,08	3,6	0,09	194	0,26	0,008	5	1,69	0,035	14,26	0,018	0,28	n.o.	0,6	14	69	0,08	0,44	8	33	52,63	17,60	16,31	6,02
	e	<0,05	0,44	<3	39	0,26	0,24	0,16	2,43	8	8	0,57	0,04	0,09	3,8	0,08	227	0,23	0,008	6	1,64	0,037	13,02	0,017	0,23	<2	0,6	15	63	0,08	0,46	9	32	65,38	19,32	16,76	6,83
Gleby pylaste n = 457	a	<0,05	0,21	<3	15	0,08	0,01	<0,05	0,71	3	1	0,22	<0,02	0,03	1,8	0,03	48	0,14	0,004	2	0,13	0,008	5,55	<0,003	0,12	<2	<0,5	2	23	<0,05	0,21	3	7	2,44	7,35	8,49	3,55
	b	1,26	1,53	9	260	2,43	4,35	13,01	9,90	32	64	2,12	0,90	0,25	16,0	0,71	1142	2,62	0,058	28	15,45	0,270	211,30	0,155	3,44	3	12,7	170	280	0,27	1,47	29	368	82,42	67,98	51,34	8,05
	c	n.o.	0,68	n.o.	48	0,41	0,44	0,26	3,92	11	9	0,84	0,04	0,12	5,5	0,15	356	0,26	0,008	9	1,41	0,043	14,45	0,016	0,28	n.o.	0,6	18	105	0,10	0,67	14	37	22,36	43,38	34,26	5,99
	d	n.o.	0,65	n.o.	45	0,37	0,21	0,17	3,73	10	8	0,80	0,03	0,11	5,2	0,13	338	0,25	0,007	8	1,23	0,039	13,06	0,015	0,25	n.o.	<0,5	12	96	0,09	0,65	13	30	15,76	41,19	32,87	5,85
	e	<0,05	0,68	<3	48	0,40	0,18	0,17	4,08	11	8	0,84	0,03	0,12	5,4	0,12	352	0,23	0,006	9	1,18	0,041	12,34	0,014	0,22	<2	0,6	11	101	0,10	0,68	14	29	16,76	46,16	36,07	6,05
Gleby torfiaste n = 6	a	<0,05	0,32	<3	19	0,18	0,78	0,24	0,75	4	4	0,19	0,03	0,03	1,5	0,02	18	0,27	0,007	4	4,92	0,042	6,20	0,062	0,25	<2	<0,5	63	34	0,06	0,57	6	9	15,23	3,75	11,32	3,27
	b	0,38	1,42	13	95	0,90	3,30	5,00	6,91	23	29	1,73	0,19	0,14	13,8	0,24	383	18,41	0,017	24	34,66	0,093	38,87	0,726	0,67	10	2,5	145	79	0,16	8,73	27	156	75,71	27,00	71,75	7,19
	c	n.o.	0,63	n.o.	51	0,42	1,68	1,19	3,69	14	13	0,78	0,08	0,10	5,3	0,13	158	3,77	0,012	15	17,44	0,068	22,25	0,263	0,46	3	1,0	105	51	0,09	3,17	14	52	39,90	16,30	43,80	5,57
	d	n.o.	0,53	n.o.	43	0,37	1,49	0,61	2,81	11	10	0,61	0,07	0,09	4,0	0,09	89	1,24	0,012	12	13,25	0,065	18,59	0,181	0,44	2	0,8	101	49	0,09	1,86	12	34	33,60	13,19	35,75	5,37
	e	<0,05	0,41	<3	47	0,35	1,55	0,47	4,20	16	12	0,73	0,07	0,11	3,4	0,14	148	1,01	0,013	16	14,07	0,068	22,15	0,159	0,48	3	0,7	103	50	0,08	1,45	11	41	32,84	17,14	44,29	5,91
Lasy n = 128	a	<0,05	0,08	<3	8	<0,05	<0,01	<0,05	0,32	2	1	0,13	<0,02	0,02	0,6	0,01	8	0,12	0,004	1	0,22	0,005	3,35	<0,003	0,06	<2	<0,5	1	19	<0,05	0,13	2	4	2,44	1,09	2,36	3,27
	b	0,13	1,66	5	85	0,88	9,90	0,48	5,81	25	16	1,50	0,28	0,20	15,1	0,50	797	1,57	0,028	20	31,68	0,100	31,99	0,394	0,51	3	3,6	388	190	0,16	8,73	28	87	96,48	61,95	70,63	7,87
	c	n.o.	0,46	n.o.	30	0,22	0,22	0,10	2,47	7	5	0,54	0,03	0,07	3,8	0,08	295	0,23	0,006	5	2,02	0,025	13,15	0,018	0,22	n.o.	n.o.	12	67	0,08	0,53	9	18	39,79	31,53	28,68	4,52
	d	n.o.	0,41	n.o.	27	0,18	0,06	0,07	2,02	6	4	0,47	0,03	0,06	3,4	0,07	234	0,21	0,006	4	1,53	0,022	12,66	0,013	0,21	n.o.	n.o.	5	60	0,08	0,44	8	16	26,66	25,10	24,88	4,43
	e	<0,05	0,40	<3	26	0,18	0,04	0,07	2,22	6	4	0,44	0,03	0,06	3,4	0,06	281	0,19	0,005	4	1,40	0,021	12,65	0,011	0,20	<2	<0,5	4	59	0,08	0,45	8	16	39,25	30,99	28,48	4,18
Łąki n = 16	a	<0,05	0,45	<3	36	0,39	0,11	0,11	2,95	11	7	0,68	<0,02	0,06	4,5	0,11	141	0,19	0,006	8	0,39	0,030	6,53	0,007	0,14	<2	<0,5	8	46	0,07	0,52	11	22	5,43	18,37	16,77	5,00
	b	0,73	1,53	9	99	0,85	3,30	6,80	6,81	22	25	2,12	0,35	0,16	12,8	0,59	450	0,67	0,014	19	15,45	0,098	32,57	0,155	0,93	2	2,7	145	206	0,16	1,11	28	115	58,17	57,43	47,89	7,77
	c	0,10	0,79	3	55	0,48	0,99	0,68	4,41	14	12	1,01	0,06	0,12	6,5	0,20	304	0,32	0,009	12	2,85	0,051	17,57	0,034	0,35	n.o.	1,0	44	103	0,10	0,68	16	49	29,45	37,80	32,76	6,70
	d	0,05	0,76	<3	53	0,47	0,59	0,30	4,33	14	12	0,98	0,04	0,11	6,3	0,18	288	0,30	0,008	11	1,92	0,048	16,01	0,024	0,31	n.o.	0,8	29	93	0,10	0,67	15	43	23,73	35,96	31,22	6,64
	e	0,05	0,78	3	52	0,45	0,47	0,27	4,21	14	11	0,95	0,04	0,13	6,4	0,16	306	0,27	0,008	11	1,54	0,047	15,45	0,020	0,27	<2	0,7	24	95	0,10	0,66	16	38	27,18	39,31	31,05	6,99
Nieużytki, ugory n = 173	a	<0,05	0,18	<3	12	0,08	0,04	<0,05	0,54	2	3	0,14	<0,02	0,02	1,3	0,02	45	0,12	0,004	2	0,20	0,016	3,58	0,004	0,12	<2	<0,5	4	24	<0,05	0,24	2	15	2,36	2,32	2,29	4,48
	b	1,26	1,42	18	955	4,71	8,96	13,01	20,54	281	224	5,37	0,44	0,34	16,0	0,93	701	18,41	0,126	56	34,66	1,290	340,79	0,726	8,96	10	17,7	399	530	0,32	7,54	33	1141	95,39	67,98	71,75	8,51
	c	0,09	0,72	3	78	0,55	1,60	0,63	4,40	17	20	1,05	0,06	0,14	6,1	0,22	302	0,61	0,014	13	2,71	0,072	28,60	0,034	0,67	n.o.	1,5	60	127	0,11	0,80	16	109	36,93	34,73	28,34	6,92
	d	0,05	0,68	<3	59	0,48	0,85	0,30	4,12	14	14	0,97	0,04	0,13	5,8	0,19	283	0,37	0,011	11	1,84	0,054	17,92	0,023	0,38	n.o.	0,9	35	114	0,10	0,69	15	62	24,26	28,95	24,88	6,84
	e	0,05	0,74	3	54	0,48	1,02	0,24	4,23	14	12	1,00	0,04	0,14	6,1	0,19	289	0,30	0,009	11	1,80	0,050	14,71	0,020	0,31	<2	0,7	34	122	0,10	0,67	16	49	36,69	35,61	29,90	7,29
Ogródki n = 48	a	<0,05	0,23	<3	38	0,19	0,12	0,11	1,02	5	7	0,27	0,02	0,05	2,1	0,04	147	0,20	0,005	3	0,63	0,029	8,33	0,010	0,17	<2	0,5	9	35	<0,05	0,29	4	30	2,84	8,06	10,40	4,41
	b	1,48	1,34	7	439	4,05	12,89	5,91	9,90	21	116	2,29	1,94	0,24	17,9	0,68	516	2,44	0,172	29	17,09	0,275	156,84	0,117	3,15	<2	7,9	545	285	0,27	1,99	36	1435	81,26	53,99	48,65	7,96
	c	0,13	0,71	<3	89	0,74	1,54	0,65	4,21	13	20	1,00	0,12	0,14	6,5	0,21	286	0,48	0,020	11	2,87	0,069	30,47	0,029	0,63	n.o.	1,8	61	136	0,11	0,71	16	163	38,30	32,88	28,82	7,16
	d	0,08	0,67	<3	70	0,58	0,87	0,40	3,90	12	16	0,94	0,06	0,13	6,1	0,18	273	0,39	0,014	11	2,14	0,062	22,49	0,024	0,45	n.o.	1,4	36	124	0,10	0,67	15	94	26,67	28,63	26,42	7,11
	e	0,08	0,71	3	56	0,51	0,86	0,30	4,09	13	12	0,96	0,06	0,14	6,4	0,18	273	0,34	0,011	11	1,82	0,060	19,07	0,020	0,37	<2	1,2	29	137	0,10	0,67	15	78	41,66	32,22	26,03	7,43
Parki n = 16	a	<0,05	0,48	<3	25	0,26	0,21	<0,05	2,42	8	7	0,59	<0,02	0,09	4,2	0,10	162	0,13	0,005	7	0,16	0,028	4,68	0,004	0,10	<2	<0,5	12	56	0,06	0,43	10	17	4,85	17,02	5,13	5,09
	b	0,19	1,06	5	103	0,84	5,42	0,64	5,46	20	25	1,32	0,16	0,23	8,7	0,55	777	1,05	0,024	16	11,98	0,080	76,44	0,237	1,36	2	5,1	216	229	0,14	0,85	20	102	76,23	60,76	56,02	8,12
	c	n.o.	0,70	3	54	0,49	2,07	0,22	4,04	13	13	1,00	0,05	0,14	6,1	0,27	306	0,37	0,011	11	2,59	0,053	21,03	0,038	0,41	n.o.	1,1	68	127	0,11	0,63	15	50	28,82	40,19	30,99	7,27
	d	n.o.	0,68	<3	51	0,46	1,35	0,18	3,96	12	12	0,98	0,04	0,14	6,0	0,24	283	0,31	0,010	11	1,67	0,050	16,38	0,022	0,33	n.o.	0,8	43	121	0,10	0,62	15	44	21,09	37,69	27,69	7,23
	e	<0,05	0,69	3	49	0,45	1,70	0,18	3,92	13	12	0,96	0,04	0,15	6,2	0,25	265	0,27	0,010	11	1,83	0,051	15,57	0,021	0,31	<2	0,8	30	123	0,11	0,60	15	43	21,83	41,62	32,36	7,46
Pola uprawne n = 279	a	<0,05	0,24	<3	12	0,11	0,01	<0,05	0,98	3	2	0,25	<0,02	0,04	2,2	0,04	68	0,13	0,004	2	0,13	0,016	5,13	<0,003	0,09	<2	<0,5	2	30	<0,05	0,30	4	10	2,00	11,35	11,04	4,04
	b	0,32	1,25	5	106	0,77	2,01	3,68	6,02	21	64	1,51	0,10	0,25	9,0	0,45	653	0,65	0,031	16	3,04	0,091	159,03	0,094	3,44	2	12,7	65	232	0,23	1,47	23	137	77,61	63,54	50,42	7,83
	c	n.o.	0,68	n.o.	48	0,40	0,23	0,23	3,95	11	9	0,83	0,03	0,12	5,3	0,12	372	0,25	0,007	9	1,11	0,044	12,80	0,015	0,25	n.o.	0,5	13	100	0,10	0,71	14	30	20,69	44,29	35,02	6,12
	d	n.o.	0,66	n.o.	47	0,38	0,17	0,18	3,82	10	8	0,79	0,02	0,12	5,1	0,12	358	0,24	0,006	8	1,04	0,042	12,04	0,014	0,23	n.o.	<0,5	11	93	0,09	0,69	13	29	14,47	42,54	33,71	6,04
	e	<0,05	0,68	<3	49	0,40	0,16	0,18	4,11	11	8	0,83	0,03	0,12	5,3	0,12	368	0,23	0,006	9	1,04	0,043	11,84	0,014	0,22	<2	0,5	10	100	0,10	0,71	14	28	14,32	46,51	36,78	6,08
Trawniki n = 249	a	<0,05	0,29	<3	19	0,18	0,08	0,06	1,44	5	5	0,35	<0,02	0,06	2,6	0,06	64	0,14	0,004	4	0,20	0,011	4,45	0,004	0,12	<2	<0,5	5	50	<0,05	0,26	6	15	2,53	2,96	2,61	4,25
	b	0,67	1,38	9	1327	2,98	8,34	15,57	10,98	348	124	3,31	1,75	0,24	15,0	0,55	1142	4,06	0,107	649	11,17	0,626	313,63	0,106	10,70	2	14,1	363	353	0,34	2,09	32	580	93,31	67,31	46,38	8,36
	c	0,07	0,71	3	65	0,52	1,56	0,46	4,19	16	16	1,01	0,07	0,14	6,2	0,22	285	0,42	0,014	14	2,02	0,057	23,34	0,025	0,54	n.o.	1,3	54	135	0,10	0,67	15	86	37,95	35,77	26,29	7,44
	d	<0,05	0,70	<3	56	0,49	1,19	0,27	4,05	13	14	0,98	0,04	0,14	6,0	0,20	271	0,35	0,012	11	1,70	0,051	17,39	0,022	0,38	n.o.	1,0	41	130	0,10	0,65	15	65	31,85	32,19	24,29	7,42
	e	0,05	0,71	3	52	0,48	1,27	0,23	4,16	13	12	0,99	0,04	0,14	6,3	0,20	271	0,31	0,010	11	1,74	0,049	14,77	0,021	0,32	<2	0,8	37	137	0,10	0,64	16	56	35,57	36,77	27,08	7,50
Tereny bez zabudowy n = 390	a	<0,05	0,08	<3	8	<0,05	<0,01	<0,05	0,32	2	1	0,13	<0,02	0,02	0,6	0,01	8	0,12	0,004	1	0,13	0,005	3,35	<0,003	0,06	<2	<0,5	1	19	<0,05	0,13	2	4	2,44	1,09	2,29	3,27
	b	1,26	1,66	13	791	4,71	12,89	13,01	9,90	32	71	2,12	1,94	0,22	16,0	0,71	797	18,41	0,126	35	34,66	0,126	158,69	0,726	5,02	10	6,7	545	485	0,23	8,73	29	1081	96,48	67,98	71,75	8,51
	c	n.o.	0,61	n.o.	46	0,37	0,59	0,28	3,48	10	9	0,76	0,04	0,10	5,0	0,14	320	0,31	0,008	8	1,87	0,039	14,41	0,022	0,28	n.o.	0,6	24	94	0,09	0,64	12	35	29,97	38,33	31,70	5,75
	d	n.o.	0,56	n.o.	39	0,31	0,18	0,14	3,09	9	7	0,68	0,03	0,09	4,6	0,11	284	0,24	0,007	7	1,35	0,034	12,82	0,015	0,24	n.o.	<0,5	11	82	0,09	0,58	11	26	18,96	33,08	28,78	5,59
	e	<0,05	0,61	<3	43	0,36	0,15	0,14	3,74	10	8	0,76	0,03	0,10	5,1	0,11	318	0,22	0,006	8	1,21	0,038	12,05	0,014	0,21	<2	0,5	9	90	0,09	0,62	13	26	21,84	43,12	32,95	5,64

Tabela 3 cd.

Gleby	Miary statystyczne	Ag [mg/kg]	Al [%]	As [mg/kg]	Ba [mg/kg]	Be [mg/kg]	Ca [%]	Cd [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [%]	Hg [mg/kg]	K [%]	Li [mg/kg]	Mg [%]	Mn [mg/kg]	Mo [mg/kg]	Na [%]	Ni [mg/kg]	OWO [%]	P [%]	Pb [mg/kg]	S [%]	Sb [mg/kg]	Se [mg/kg]	Sn [mg/kg]	Sr [mg/kg]	Ti [mg/kg]	Tl [mg/kg]	U [mg/kg]	V [mg/kg]	Zn [mg/kg]	Frakcja			pH [–]
																																		0,063 < d ≤ 2,0 mm [%]	0,02 < d ≤ 0,063 mm [%]	d ≤ 0,02 mm [%]	
Tereny z zabudową wiejską n = 109	a	<0,05	0,31	<3	21	0,12	0,02	0,09	0,99	3	3	0,31	<0,02	0,03	2,5	0,03	93	0,15	0,004	2	0,56	0,019	8,12	0,008	0,14	<2	<0,5	3	27	<0,05	0,37	5	11	2,84	6,48	9,93	4,04
	b	0,54	1,20	9	189	1,23	3,92	3,82	6,73	24	85	2,02	0,19	0,29	9,0	0,35	593	1,17	0,037	22	6,95	0,626	211,30	0,059	4,66	<2	12,7	181	185	0,21	1,19	25	450	82,29	61,52	48,65	7,79
	c	n.o.	0,71	<3	57	0,45	0,51	0,34	4,16	12	11	0,92	0,04	0,14	5,6	0,14	369	0,30	0,008	10	1,54	0,061	19,27	0,019	0,38	n.o.	0,9	26	106	0,10	0,69	15	52	25,02	41,32	33,65	6,44
	d	n.o.	0,69	<3	54	0,43	0,29	0,24	4,03	11	10	0,88	0,03	0,13	5,4	0,13	356	0,28	0,008	9	1,35	0,052	14,72	0,017	0,28	n.o.	0,6	17	99	0,10	0,68	14	41	17,56	38,73	31,99	6,36
	e	<0,05	0,71	3	51	0,43	0,24	0,21	4,22	12	9	0,89	0,03	0,14	5,5	0,13	358	0,26	0,007	9	1,27	0,048	12,95	0,016	0,26	<2	0,6	14	107	0,10	0,70	15	35	19,37	44,02	35,69	6,80
Tereny z zabudową miejską niską n = 212	a	<0,05	0,28	<3	19	0,11	0,03	<0,05	0,98	3	2	0,25	<0,02	0,04	2,3	0,04	48	0,14	0,004	2	0,20	0,013	4,34	0,004	0,12	<2	<0,5	3	25	<0,05	0,26	4	13	2,00	8,06	6,77	3,97
	b	1,48	1,38	7	955	4,05	5,27	5,91	9,90	24	116	2,29	0,99	0,24	17,9	0,68	1142	2,62	0,172	29	17,09	0,441	156,84	0,118	3,15	2	8,7	265	285	0,30	1,99	36	1435	82,17	62,60	49,46	7,97
	c	n.o.	0,72	<3	68	0,56	1,08	0,35	4,16	13	15	0,96	0,05	0,14	6,2	0,19	316	0,37	0,014	11	1,96	0,058	19,52	0,023	0,42	n.o.	1,1	43	129	0,11	0,71	15	89	33,34	37,19	29,47	7,05
	d	n.o.	0,70	<3	56	0,49	0,63	0,25	3,99	12	12	0,92	0,04	0,13	6,0	0,17	300	0,32	0,010	10	1,54	0,052	15,56	0,019	0,33	n.o.	0,8	27	120	0,10	0,68	15	56	24,84	33,97	27,31	7,00
	e	<0,05	0,72	3	53	0,48	0,73	0,21	4,20	13	11	0,97	0,04	0,14	6,1	0,17	299	0,28	0,009	11	1,39	0,049	13,52	0,018	0,28	<2	0,7	25	127	0,10	0,68	16	47	28,75	39,17	30,10	7,37
Tereny z zabudową miejską wysoką n = 108	a	<0,05	0,29	<3	25	0,18	0,07	0,06	1,44	8	6	0,35	<0,02	0,08	2,7	0,09	64	0,17	0,005	4	0,20	0,021	5,07	0,007	0,12	<2	<0,5	7	71	<0,05	0,30	6	22	3,57	4,08	2,61	4,26
	b	0,33	1,19	8	339	1,76	8,34	4,10	9,53	281	130	3,76	1,75	0,21	15,0	0,93	651	6,22	0,090	33	9,48	0,196	340,79	0,094	4,24	<2	14,1	363	530	0,34	2,09	23	1120	93,31	67,31	50,42	8,22
	c	0,08	0,69	<3	61	0,51	1,66	0,30	4,04	16	17	1,00	0,09	0,15	6,3	0,27	265	0,42	0,014	11	1,98	0,059	26,66	0,025	0,48	n.o.	1,5	48	147	0,10	0,65	15	94	35,25	38,86	25,89	7,43
	d	0,06	0,67	<3	55	0,48	1,32	0,22	3,94	13	14	0,97	0,05	0,15	6,2	0,25	255	0,33	0,012	11	1,67	0,055	17,85	0,022	0,37	n.o.	1,1	37	141	0,10	0,63	15	65	28,77	35,01	23,70	7,40
	e	0,06	0,71	3	52	0,47	1,37	0,21	4,06	13	12	0,98	0,05	0,15	6,4	0,26	256	0,29	0,010	11	1,79	0,051	14,84	0,022	0,32	<2	0,9	34	143	0,10	0,60	15	55	31,19	40,60	26,98	7,50
Tereny przemysłowe n = 90	a	<0,05	0,40	<3	19	0,20	0,12	0,09	1,50	7	6	0,41	<0,02	0,08	3,3	0,10	63	0,12	0,005	5	0,36	0,011	5,04	0,007	0,13	<2	<0,5	10	50	<0,05	0,35	8	21	9,06	2,96	4,96	4,79
	b	0,77	1,06	18	1327	3,94	8,96	15,57	20,54	348	224	5,37	1,21	0,34	8,9	0,50	701	4,06	0,054	649	26,29	1,290	313,63	0,202	10,70	2	17,7	399	297	0,32	7,54	33	1141	92,08	66,42	42,99	8,36
	c	0,10	0,71	4	88	0,54	2,07	1,04	4,77	24	26	1,14	0,07	0,14	5,9	0,20	308	0,69	0,015	23	2,64	0,074	37,31	0,032	1,08	n.o.	2,0	78	123	0,11	0,87	16	132	46,47	28,89	24,65	7,32
	d	0,06	0,69	3	66	0,49	1,25	0,51	4,48	17	17	1,06	0,05	0,14	5,7	0,19	290	0,47	0,013	14	2,02	0,049	24,22	0,025	0,57	n.o.	1,2	53	117	0,10	0,74	16	81	40,30	24,37	21,85	7,29
	e	0,06	0,71	4	58	0,49	1,56	0,45	4,35	15	14	1,04	0,05	0,14	5,8	0,18	291	0,38	0,012	12	1,94	0,045	19,02	0,023	0,49	<2	1,1	55	119	0,10	0,71	16	71	44,53	29,46	24,87	7,50
Tło geochemiczne dla gleb																																					
Gleby Europy[1), 2)]	e	0,27** n = 840	(5,82) n = 845	6,00* n = 837	65,0* n = 837	<2,0** n = 843	(0,659) n = 845	0,145** n = 840	7,00* n = 837	22,00* n = 837	12* n = 837	1,96* n = 837	0,037*** n = 833	(1,59) n = 845	b.d.	0,46* n = 845	382* n = 837	0,62** n = 840	(0,59) n = 845	14,0* n = 837	1,73** n = 819	(0,056) n = 845	15,0* n = 837	0,023* n = 837	0,60^ n = 840	b.d.	3,00** n = 845	(89,0) n = 845	(3426) n = 845	0,66** n = 840	2,00* n = 843	33,0* n = 837	48,0* n = 837	b.d.	b.d.	b.d.	5,51 n = 818
Gleby Polski[3)] n = 10 840	e	<1	0,272)	<5	32	b.d.	0,18	<0,5	2	4	5	0,51	<0,05	b.d.	b.d.	0,06	217	<1	b.d.	4	b.d.	0,034	13	0,012	b.d.	b.d.	b.d.	8	26	b.d.	b.d.	7	35	b.d.	b.d.	b.d.	6,1
Dopuszczalne zawartości substancji powodujących ryzyko z podziałem na grupy gruntów[4)]																																					
I grupa		n.d.	n.d.	25	400	n.d.	n.d.	2	50	200	200	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	50	n.d.	150	n.d.	n.d.	200	n.d.	n.d.	n.d.	20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
II grupa		n.d.	n.d.	10–50	200–600	n.d.	n.d.	2–5	20–50	150–500	100–300	n.d.	2–5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10–50	n.d.	100–300	n.d.	n.d.	100–500	n.d.	n.d.	n.d.	10–40	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	300–1000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
III grupa		n.d.	n.d.	50	1000	n.d.	n.d.	10	100	500	300	n.d.	10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	100	n.d.	300	n.d.	n.d.	500	n.d.	n.d.	n.d.	100	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
IV grupa		n.d.	n.d.	100	1500	n.d.	n.d.	15	200	1000	600	n.d.	30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	250	n.d.	500	n.d.	n.d.	600	n.d.	n.d.	n.d.	350	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

a – minimum
b – maksimum
c – średnia arytmetyczna
d – średnia geometryczna
e – mediana
n – liczba próbek
b.d. – brak danych
n.d. – nie dotyczy
n.o. – nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
( ) metoda XRF
* metoda ICP-OES po ekstrakcji wodą królewską
** metoda ICP-MS po mineralizacji z HF
*** metoda AMA
^analizator węgla
[1)]Salminen, 2005
[2)]De Vos, Tarvainen, 2006
[3)]Lis, Pasieczna, 1995
[4)]Rozporządzenie..., 2024

Statystyki opisowe dla związków organicznych w glebach

Tabela 4

Gleby	Miary statystyczne	Acenaften [µg/kg]	Acenaftylen [µg/kg]	Antracen [µg/kg]	Benzo(a)antracen [µg/kg]	Benzo(a)piren [µg/kg]	Benzo(b)fluoranten [µg/kg]	Benzo(e)piren [µg/kg]	Benzo(g,h,i)perylen [µg/kg]	Benzo(k)fluoranten [µg/kg]	Chryzen [µg/kg]	Dibenzo(a,h) antracen [µg/kg]	Fenantren [µg/kg]	Fluoranten [µg/kg]	Fluoren [µg/kg]	Indeno(1,2,3-cd) piren [µg/kg]	Perylen [µg/kg]	Piren [µg/kg]	WWA (suma) [µg/kg]	PCB28 [µg/kg]	PCB52 [µg/kg]	PCB101 [µg/kg]	PCB118 [µg/kg]	PCB138 [µg/kg]	PCB153 [µg/kg]	PCB180 [µg/kg]	PCB (suma) [µg/kg]	α-HCH [µg/kg]	β-HCH [µg/kg]	γ-HCH [µg/kg]	δ-HCH [µg/kg]	HCH (suma) [µg/kg]	Aldehyd endryny [µg/kg]	Aldryna [µg/kg]	α-chlordan [µg/kg]	γ-chlordan [µg/kg]	Dieldryna [µg/kg]	Endosulfan I [µg/kg]	Endosulfan II [µg/kg]	Endryna [µg/kg]	Epoksyd heptachloru [µg/kg]	Heksachlorobenzen [µg/kg]	Heptachlor [µg/kg]	Keton endryny [µg/kg]	p,p'-DDD [µg/kg]	p,p'-DDE [µg/kg]	p,p'-DDT [µg/kg]	DDT, DDE i DDD (suma) [µg/kg]	p,p'-metoksychlor [µg/kg]	Siarczan endosulfanu [µg/kg]	Suma olejów mineralnych [mg/kg]
Gleby ogółem n = 237	a	<1	<1	<1	2	<3	<3	<3	<5	<3	2	<5	3	5	<1	<5	<3	4	23	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	216	103	976	5400	6900	5900	4000	3700	2800	4700	1014	4200	10 000	310	4000	1532	9100	64 823	28	9,7	2,3	3,3	2,9	2,0	1,3	46	2,5	3,3	4,8	<0,5	5,8	<0,1	0,1	0,1	<0,1	8,4	102,0	24,0	1,1	<0,1	10,8	<0,8	10,9	81	130	200	391	15,7	20,8	950,0
	c	9	4	33	169	223	180	138	134	83	151	33	148	307	13	139	48	283	2092	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	2,8	8,2	7,6	19	n.o.	n.o.	38,7
	d	2	1	5	35	47	50	38	35	20	38	9	44	72	4	36	8	63	510	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,9	3,0	1,9	6,1	n.o.	n.o.	15,8
	e	1	1	3	28	37	36	30	26	15	28	6	31	54	3	28	6	45	383	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,8	2,7	1,8	5,3	<5,0	<0,5	12,6
Gleby antropogeniczne n = 67	a	<1	<1	<1	2	<3	<3	<3	<5	<3	2	<5	4	5	<1	<5	<3	4	23	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,1	0,4	<0,5	1,0	<5,0	<0,5	<10,0
	b	186	103	550	3000	3800	2800	2100	1950	1315	2500	498	2100	5400	215	2100	864	5200	34 498	28	9,7	2,3	3,3	2,9	2,0	1,3	46	2,5	3,3	4,8	<0,5	5,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	8,4	102,0	24,0	<0,3	<0,1	10,8	<0,8	10,9	81	110	200	391	15,7	20,8	950,0
	c	18	9	73	330	442	341	267	264	157	289	63	290	597	24	271	99	553	4086	1,0	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	0,3	n.o.	2,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,5	n.o.	n.o.	4,2	8,3	9,8	22	n.o.	n.o.	81,1
	d	5	4	20	119	160	139	112	109	61	110	26	108	211	8	110	34	193	1537	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	0,1	0,1	n.o.	0,6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	1,4	3,8	2,9	8,9	n.o.	n.o.	37,4
	e	6	4	18	112	145	117	98	98	51	98	22	97	185	8	96	33	172	1310	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,2	<0,8	<0,1	1,0	3,5	2,7	7,5	<5,0	<0,5	34,7
Gleby gliniaste n = 31	a	<1	<1	<1	2	<3	4	3	<5	<3	3	<5	8	6	<1	<5	<3	5	40	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,4	<0,5	0,7	<5,0	<0,5	<10,0
	b	216	75	976	5400	6900	5900	4000	3700	2800	4700	1014	4200	10 000	310	4000	1532	9100	64 823	2,0	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	3,1	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,6	<0,8	<0,1	72	99	177	315	<5,0	<0,5	104,0
	c	11	n.o.	47	250	314	265	188	175	125	216	n.o.	201	458	16	187	n.o.	418	2987	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	3,8	11	9,5	25	n.o.	n.o.	n.o.
	d	2	n.o.	3	23	30	33	27	24	14	25	n.o.	36	49	3	25	n.o.	42	345	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,7	2,7	1,6	5,3	n.o.	n.o.	n.o.
	e	1	<1	2	17	25	24	20	19	10	18	<5	27	33	2	20	<3	29	252	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,6	2,0	1,4	4,1	<5,0	<0,5	<10,0
Gleby piaszczyste n = 25	a	<1	<1	<1	2	<3	7	4	<5	<3	5	<5	5	9	<1	<5	<3	6	42	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,2	<0,5	0,2	<5,0	<0,5	<10,0
	b	71	46	351	1701	2200	1588	1274	1249	774	1550	319	1739	3100	96	1315	465	2900	20 738	8,6	1,2	1,0	0,6	0,6	0,7	0,6	12	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	2,3	<0,3	<0,3	<0,1	0,5	<0,8	<0,1	32	130	120	282	<5,0	<0,5	103,0
	c	7	n.o.	24	121	160	132	105	98	60	115	24	123	220	9	102	33	203	1536	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	2,7	9,3	8,5	21	n.o.	n.o.	21,3
	d	2	n.o.	4	28	39	43	33	29	17	32	8	36	59	3	30	7	51	421	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,7	2,3	1,4	4,4	n.o.	n.o.	13,4
	e	1	<1	3	22	30	42	30	26	15	25	6	24	46	3	28	5	41	369	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,6	2,5	1,3	4,7	<5,0	<0,5	13,3
Gleby pylaste n = 113	a	<1	<1	<1	3	<3	6	4	<5	<3	4	<5	3	7	<1	<5	<3	6	37	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	62	27	103	818	1113	895	732	708	438	832	157	814	1781	55	712	231	1582	11 031	3,7	0,8	0,6	0,4	0,5	0,9	0,9	5,3	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	0,8	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	1,1	<0,5	0,4	1,1	<0,1	2,3	<0,8	0,5	22	69	150	192	<5,0	<0,5	383,0
	c	3	n.o.	9	62	84	73	57	55	33	60	n.o.	56	115	5	56	n.o.	106	801	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,8	7,0	5,6	14	n.o.	n.o.	n.o.
	d	1	n.o.	2	20	27	31	23	21	12	24	n.o.	29	44	3	22	n.o.	38	309	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,8	2,8	1,6	5,5	n.o.	n.o.	n.o.
	e	1	<1	2	14	18	20	16	15	8	16	<5	22	31	3	15	<3	26	214	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,8	2,6	1,5	5,2	<5,0	<0,5	<10,0
Lasy n = 29	a	<1	<1	<1	2	<3	6	4	<5	<3	5	<5	5	9	<1	<5	<3	6	42	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,4	<0,5	0,7	<5,0	<0,5	<10,0
	b	6	4	6	60	73	64	49	45	28	55	11	78	105	22	46	14	84	688	2,5	0,9	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	4,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,5	0,4	1,1	<0,1	0,4	<0,8	0,5	3,8	40	15	59	<5,0	<0,5	162,0
	c	n.o.	n.o.	n.o.	10	15	21	14	13	8	16	n.o.	24	28	4	14	n.o.	21	191	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,1	n.o.	0,5	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,5	3,0	n.o.	4,9	n.o.	n.o.	27,1
	d	n.o.	n.o.	n.o.	8	10	17	12	10	6	13	n.o.	19	23	2	11	n.o.	17	154	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	<0,1	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	1,2	n.o.	2,1	n.o.	n.o.	17,2
	e	<1	<1	<1	6	10	16	10	9	5	11	<5	20	20	2	10	<3	14	137	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,3	1,0	<0,5	1,5	<5,0	<0,5	18,1
Nieużytki, ugory n = 48	a	<1	<1	<1	2	<3	<3	<3	<5	<3	2	<5	4	5	<1	<5	<3	4	23	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	216	75	976	5400	6900	5900	4000	3700	2800	4700	1014	4200	10 000	310	4000	1532	9100	64 823	6,7	1,4	2,3	2,0	2,0	2,0	0,9	17	<0,5	0,6	0,6	<0,5	0,6	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	1,1	2,3	<0,3	<0,3	<0,1	2,8	<0,8	<0,1	81	130	200	391	<5,0	<0,5	383,0
	c	16	8	72	366	462	369	276	262	173	316	66	292	670	23	277	101	619	4367	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	5,8	12	16	34	n.o.	n.o.	42,7
	d	3	2	9	56	75	72	58	54	31	57	13	64	111	6	56	14	98	785	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,9	2,8	2,1	5,9	n.o.	n.o.	18,0
	e	2	2	6	46	70	63	56	55	27	49	11	47	88	5	54	12	80	691	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,1	<0,8	<0,1	0,8	2,3	1,5	4,8	<5,0	<0,5	12,9
Ogródki n = 10	a	<1	<1	2	12	17	16	13	13	7	12	<5	18	23	<1	12	5	20	174	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,6	2,5	2,2	5,3	<5,0	<0,5	<10,0
	b	24	14	128	987	1285	963	714	687	446	774	167	426	1476	27	729	299	1527	10 669	28,3	9,7	2,2	3,3	0,5	0,9	1,1	46	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	8,4	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,7	<0,8	<0,1	12	99	23	123	<5,0	<0,5	266,0
	c	8	7	42	282	375	320	245	235	142	251	55	191	454	11	243	83	431	3374	3,1	n.o.	n.o.	0,4	0,2	0,2	0,3	5,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	n.o.	n.o.	4,0	22	9,9	36	n.o.	n.o.	61,6
	d	5	5	23	155	209	188	146	139	82	147	30	128	264	7	142	45	242	1964	0,3	n.o.	n.o.	n.o.	0,1	0,1	0,2	0,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	2,8	12	7,6	24	n.o.	n.o.	33,1
	e	8	9	33	212	273	259	201	183	117	202	44	177	349	10	195	57	332	2617	0,3	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,4	<0,8	<0,1	2,8	11	7,8	22	<5,0	<0,5	34,8
Pola uprawne n = 77	a	<1	<1	<1	2	<3	4	3	<5	<3	3	<5	3	6	<1	<5	<3	5	37	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,4	<0,5	0,7	<5,0	<0,5	<10,0
	b	48	14	103	818	1113	895	732	708	438	832	157	814	1781	53	712	231	1582	11 031	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,9	0,9	2,9	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	2,3	<0,8	<0,1	22	69	150	192	<5,0	<0,5	64,5
	c	n.o.	n.o.	5	42	57	53	41	39	23	41	n.o.	39	78	3	40	n.o.	71	551	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,8	7,7	6,3	16	n.o.	n.o.	n.o.
	d	n.o.	n.o.	2	16	22	25	19	17	10	18	n.o.	22	34	2	18	n.o.	30	241	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,9	3,4	2,1	6,9	n.o.	n.o.	n.o.
	e	<1	<1	2	12	16	18	13	12	7	14	<5	20	27	2	13	<3	23	178	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	1,0	3,2	2,0	6,5	<5,0	<0,5	<10,0
Trawniki n = 68	a	<1	<1	1	7	11	11	9	8	5	8	<5	6	16	<1	8	<3	13	125	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,1	0,4	<0,5	1,0	<5,0	<0,5	<10,0
	b	186	103	550	1790	2500	1919	1555	1451	880	1653	362	1840	3400	215	1470	533	3200	21 893	8,6	1,2	1,6	1,1	2,9	1,8	1,3	12	2,5	3,3	4,8	<0,5	5,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7	102,0	24,0	<0,3	<0,1	10,8	<0,8	10,9	25	92	110	147	15,7	20,8	950,0
	c	15	7	51	222	306	235	187	186	109	199	44	215	403	19	189	68	373	2825	0,6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,4	n.o.	n.o.	2,8	6,5	6,1	15	n.o.	n.o.	63,9
	d	4	3	14	86	115	101	81	77	44	81	18	84	156	7	78	22	142	1133	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,6	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	1,1	3,3	2,3	7,4	n.o.	n.o.	30,4
	e	4	3	13	82	112	88	72	65	40	75	16	87	152	8	69	22	138	998	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,1	<0,8	<0,1	0,9	3,1	2,1	6,4	<5,0	<0,5	28,0
Tereny bez zabudowy n = 106	a	<1	<1	<1	2	<3	<3	<3	<5	<3	2	<5	3	5	<1	<5	<3	4	23	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	85	27	479	1249	1286	977	717	694	470	933	181	1089	2900	113	731	296	2500	14 716	2,5	0,9	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7	5,3	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	0,6	<0,1	0,1	0,1	<0,1	1,1	<0,5	0,4	1,1	<0,1	2,3	<0,8	0,5	22	99	150	192	<5,0	<0,5	383,0
	c	4	n.o.	12	55	72	66	50	48	28	52	n.o.	59	109	6	50	n.o.	96	731	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,6	5,9	5,0	13	n.o.	n.o.	n.o.
	d	1	n.o.	2	15	20	25	19	17	10	19	n.o.	26	35	2	17	n.o.	29	243	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,6	2,0	1,2	4,0	n.o.	n.o.	n.o.
	e	1	<1	1	10	14	17	13	11	7	13	<5	21	23	2	12	<3	19	161	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,6	1,5	1,1	3,3	<5,0	<0,5	<10,0
Tereny z zabudową wiejską n = 32	a	<1	<1	<1	4	6	8	6	6	3	5	<5	5	11	<1	6	<3	9	81	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,2	0,6	<0,5	1,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	216	75	976	5400	6900	5900	4000	3700	2800	4700	1014	4200	10 000	310	4000	1532	9100	64 823	2,2	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	4,2	<0,5	<0,5	0,6	<0,5

Statystyki opisowe dla pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych w osadach wodnych **Tabela 5**

Osady wodne	Miary statystyczne	Ag [mg/kg]	Al [%]	As [mg/kg]	Ba [mg/kg]	Be [mg/kg]	Ca [%]	Cd [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [%]	Hg [mg/kg]	K [%]	Li [mg/kg]	Mg [%]	Mn [mg/kg]	Mo [mg/kg]	Na [%]	Ni [mg/kg]	OWO [%]	P [%]	Pb [mg/kg]	S [%]	Sb [mg/kg]	Se [mg/kg]	Sn [mg/kg]	Sr [mg/kg]	Ti [mg/kg]	Tl [mg/kg]	U [mg/kg]	V [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Osady wodne ogółem n = 169	a	<0,05	0,04	<3	6	<0,05	0,03	<0,05	0,09	<1	<1	0,02	<0,02	0,01	0,5	<0,01	3	<0,05	0,003	<1	0,11	<0,002	1,09	0,006	<0,05	<2	<0,5	2	12	<0,05	0,12	<1	1
	b	5,22	1,65	47	309	1,03	9,74	85,79	40,81	79	123	4,21	2,46	0,23	16,5	0,93	3530	5,40	0,077	154	25,32	0,688	127,53	1,135	5,63	8	10,9	445	426	0,24	3,95	28	510
	c	0,16	0,50	n.o.	47	0,36	3,07	1,43	3,81	14	18	0,89	0,10	0,08	5,0	0,22	286	0,69	0,015	13	3,86	0,074	16,65	0,160	0,63	n.o.	1,8	109	97	0,07	0,71	11	95
	d	0,07	0,42	n.o.	38	0,30	2,19	0,34	2,97	11	12	0,73	0,03	0,07	4,3	0,17	184	0,42	0,012	9	2,51	0,056	12,38	0,092	0,34	n.o.	1,0	77	82	0,06	0,57	9	58
	e	0,06	0,49	<3	40	0,36	2,65	0,32	3,38	13	13	0,84	0,03	0,08	5,0	0,18	215	0,41	0,011	11	3,05	0,059	13,31	0,100	0,34	<2	0,9	89	87	0,07	0,56	11	67
JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (RW20000824699) n = 46	a	<0,05	0,12	<3	12	0,07	0,16	0,06	0,79	3	2	0,17	<0,02	0,02	1,4	0,03	28	0,14	0,006	2	0,33	0,015	2,73	0,021	<0,05	<2	<0,5	6	21	<0,05	0,28	3	7
	b	5,22	0,95	13	252	0,78	7,58	85,79	40,81	79	123	4,21	2,46	0,19	9,0	0,44	3215	5,40	0,044	154	12,36	0,688	127,53	0,822	3,15	6	10,9	252	174	0,24	3,95	22	510
	c	0,39	0,49	3	53	0,37	3,55	4,41	5,06	19	32	0,92	0,26	0,08	4,8	0,23	236	1,22	0,018	19	4,19	0,084	25,75	0,223	1,07	n.o.	2,9	129	100	0,08	0,87	12	154
	d	0,13	0,45	<3	44	0,33	2,56	0,88	3,79	16	22	0,80	0,06	0,07	4,5	0,19	149	0,82	0,016	13	3,27	0,061	18,87	0,154	0,69	n.o.	2,0	97	91	0,07	0,70	11	104
	e	0,11	0,47	3	41	0,35	3,65	0,49	3,41	16	23	0,83	0,06	0,08	5,1	0,23	161	0,91	0,015	13	3,79	0,061	18,57	0,181	0,75	<2	2,7	131	112	0,08	0,62	12	139
JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (RW20000624653) n = 38	a	<0,05	0,04	<3	6	<0,05	0,03	<0,05	0,09	<1	<1	0,02	<0,02	0,01	0,5	<0,01	3	<0,05	0,003	<1	0,11	<0,002	1,09	0,006	<0,05	<2	<0,5	2	12	<0,05	0,12	<1	1
	b	0,84	0,89	7	131	0,67	5,18	0,84	6,14	22	24	1,97	0,12	0,14	8,8	0,31	3530	2,05	0,023	20	25,32	0,356	18,86	1,046	0,65	8	2,0	190	125	0,08	3,84	20	183
	c	n.o.	0,40	n.o.	32	0,28	1,63	0,24	2,45	9	8	0,64	0,04	0,06	4,2	0,11	257	0,45	0,008	8	4,73	0,059	8,63	0,160	0,21	n.o.	n.o.	70	55	n.o.	0,66	8	47
	d	n.o.	0,29	n.o.	24	0,18	1,01	0,15	1,57	6	5	0,41	0,03	0,05	3,1	0,07	95	0,27	0,007	5	2,17	0,034	6,49	0,079	0,14	n.o.	n.o.	44	47	n.o.	0,46	6	25
	e	<0,05	0,41	<3	28	0,29	1,45	0,17	2,59	9	8	0,67	0,04	0,06	4,5	0,12	133	0,30	0,007	8	2,74	0,046	9,50	0,080	0,18	<2	<0,5	62	56	<0,05	0,44	8	35
JCWP Ciemięga (RW20000624689) n = 5	a	<0,05	0,38	<3	25	0,25	1,52	0,13	2,28	7	5	0,69	<0,02	0,07	3,8	0,22	83	0,08	0,006	6	0,77	0,033	5,44	0,023	0,11	<2	<0,5	40	90	0,06	0,41	7	25
	b	<0,05	0,56	3	32	0,34	3,27	0,19	3,05	11	6	0,85	<0,02	0,10	5,4	0,33	413	0,13	0,008	8	1,32	0,064	8,83	0,039	0,14	<2	<0,5	99	117	0,09	0,66	11	28
	c	n.o.	0,43	n.o.	28	0,29	1,97	0,15	2,55	8	5	0,78	n.o.	0,08	4,3	0,26	306	0,11	0,007	6	1,07	0,052	6,60	0,031	0,12	n.o.	n.o.	56	97	0,07	0,49	8	27
	d	n.o.	0,43	n.o.	28	0,29	1,88	0,15	2,54	8	5	0,78	n.o.	0,08	4,2	0,25	267	0,11	0,007	6	1,05	0,050	6,50	0,031	0,12	n.o.	n.o.	53	97	0,07	0,48	8	27
	e	<0,05	0,42	<3	28	0,28	1,61	0,14	2,44	8	5	0,78	<0,02	0,07	4,0	0,23	347	0,12	0,006	6	1,05	0,059	6,31	0,030	0,12	<2	<0,5	48	93	0,06	0,47	8	27
JCWP Czechówka (RW200006246729) n = 38	a	<0,05	0,15	<3	25	0,14	0,76	0,12	1,46	7	5	0,35	<0,02	0,04	1,5	0,14	98	0,08	0,005	4	0,28	0,025	5,94	0,016	0,10	<2	<0,5	23	86	<0,05	0,27	5	25
	b	0,27	1,65	9	309	1,03	9,33	0,68	8,36	30	68	1,92	0,19	0,23	16,5	0,93	759	2,32	0,077	24	10,07	0,154	36,04	1,135	5,63	2	10,1	206	426	0,21	2,63	28	410
	c	0,07	0,61	n.o.	60	0,41	3,02	0,30	3,94	14	18	1,03	0,03	0,10	5,9	0,36	308	0,46	0,021	11	2,49	0,072	15,76	0,115	0,71	n.o.	2,0	67	150	0,09	0,61	13	101
	d	0,06	0,54	n.o.	52	0,38	2,54	0,27	3,69	13	15	0,97	0,02	0,10	5,2	0,32	277	0,32	0,017	10	1,79	0,067	14,02	0,063	0,45	n.o.	1,2	56	139	0,07	0,55	12	77
	e	0,06	0,57	<3	49	0,38	2,55	0,26	3,80	13	15	1,00	0,02	0,10	5,2	0,33	248	0,30	0,017	10	1,89	0,070	13,43	0,051	0,41	<2	1,2	53	131	0,08	0,54	13	74
JCWP Czerniejówka (RW20000624669) n = 28	a	<0,05	0,09	<3	11	0,05	0,45	0,07	0,94	2	1	0,11	<0,02	0,02	0,9	0,02	109	0,10	0,005	1	0,21	0,012	2,52	0,009	<0,05	<2	<0,5	19	23	<0,05	0,14	2	8
	b	0,12	0,83	5	157	0,63	7,72	0,67	5,88	42	57	1,35	0,08	0,11	9,6	0,78	946	1,80	0,045	25	6,74	0,139	43,57	0,309	2,28	4	6,2	305	267	0,15	2,71	17	272
	c	0,06	0,51	n.o.	42	0,40	3,66	0,40	3,56	16	16	0,82	0,04	0,08	5,4	0,21	352	0,57	0,015	11	3,55	0,065	15,72	0,111	0,52	n.o.	1,7	143	94	0,07	0,58	10	82
	d	0,05	0,47	n.o.	37	0,36	3,06	0,35	3,29	13	12	0,75	0,03	0,07	4,9	0,17	301	0,44	0,012	9	2,68	0,057	13,13	0,080	0,32	n.o.	1,1	124	85	0,06	0,51	9	60
	e	0,07	0,49	<3	38	0,43	3,75	0,43	3,75	15	12	0,82	0,04	0,08	5,0	0,16	323	0,44	0,009	11	3,44	0,055	13,42	0,104	0,26	<2	0,9	143	79	0,07	0,52	11	61
JCWP Dopływ spod Świdnika (RW20000624674) n = 9	a	<0,05	0,16	<3	15	0,12	1,12	0,12	1,37	3	2	0,38	<0,02	0,04	1,4	0,03	113	0,11	0,006	3	0,71	0,030	3,25	0,015	0,06	<2	<0,5	51	25	<0,05	0,22	4	10
	b	0,13	0,63	47	72	0,49	9,24	0,89	7,44	17	25	2,53	0,10	0,15	5,6	0,32	925	3,76	0,020	29	10,55	0,197	23,76	0,628	1,48	7	2,5	445	81	0,09	3,69	20	130
	c	0,08	0,45	13	49	0,38	5,21	0,52	4,49	11	13	1,35	0,06	0,09	4,3	0,16	430	0,84	0,014	15	5,77	0,122	14,82	0,270	0,55	3	1,1	229	55	0,05	1,10	12	65
	d	0,06	0,42	8	45	0,35	4,55	0,42	3,98	10	10	1,20	0,04	0,09	4,0	0,13	344	0,50	0,013	13	4,34	0,110	12,84	0,160	0,37	3	0,8	200	51	<0,05	0,80	11	50
	e	0,09	0,49	7	49	0,38	4,89	0,56	5,01	12	14	1,42	0,07	0,09	4,7	0,15	421	0,54	0,013	15	6,93	0,119	16,08	0,301	0,40	4	1,0	203	59	0,06	0,79	13	68
Tło geochemiczne dla osadów wodnych																																	
Osady strumieniowe Europy[1), 2)]	e	n.d.	(5,50) n = 802	6,00* n = 794	87,5* n = 794	1,42** n = 797	(1,74) n = 802	0,290** n = 797	8,00* n = 794	22,0* n = 794	15,0* n = 794	1,97* n = 794	0,038*** n = 797	(1,67) n = 802	20,8** n = 797	(0,72) n = 802	453* n = 794	0,600** n = 797	(0,667) n = 802	17,0* n = 794	1,63" n = 796	(0,0567) n = 802	14,0* n = 794	0,0500* n = 794	0,640** n = 797	n.d.	(2,10) n = 802	(124) n = 802	(3798) n = 802	0,370** n = 797	(2,00) n = 802	29,0* n = 794	59,5* n = 794
Osady wodne z obszaru Polski[3)] n = 12 788	e	<1	n.d.	<5	54	n.d.	0,84	<0,5	3	5	7	0,8	0,05	n.d.	n.d.	0,11	274	n.d.	bd	6	n.d.	0,059	13	0,040	n.d.	n.d.	n.d.	20	30	n.d.	n.d.	7	62
Numeryczne wskaźniki jakości osadów[4), 5)]																																	
TEC		≤1,6	n.d.	≤9,8	n.d.	n.d.	n.d.	≤0,99	n.d.	≤43	≤32	≤2	≤0,18	n.d.	n.d.	n.d.	≤460	n.d.	n.d.	≤23	n.d.	n.d.	≤36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤120
PEC		>2,2	n.d.	>33	n.d.	n.d.	n.d.	>5	n.d.	>110	>150	>4	>1,1	n.d.	n.d.	n.d.	>1100	n.d.	n.d.	>49	n.d.	n.d.	>130	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	>460

a – minimum
b – maksimum
c – średnia arytmetyczna
d – średnia geometryczna
e – mediana
n – liczba próbek
n.d. – nie dotyczy
n.o. – nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
JCWP – jednolita część wód powierzchniowych
TEC (ang. *Threshold Effect Concentration*) – wskaźnik określający zawartość substancji, poniżej której nie przewiduje się szkodliwego oddziaływania na organizmy bentosowe
PEC (ang. *Probable Effect Concentration*) – wskaźnik określający zawartość substancji, powyżej której spodziewane jest negatywne oddziaływanie na organizmy bentosowe
( ) metoda XRF
* metoda ICP-OES po ekstrakcji wodą królewską
** metoda ICP-MS po mineralizacji z HF
*** metoda AMA
"analizator węgla
[1)]Salminen, 2005
[2)]De Vos, Tarvainen, 2006
[3)]Lis, Pasieczna, 1995
[4)]MacDonald i in., 2000
[5)]Contaminated Sediment Standing Team, 2003

Statystyki opisowe dla związków organicznych w osadach wodnych **Tabela 6**

Osady wodne	Miary statystyczne	Acenaften [µg/kg]	Acenaftylen [µg/kg]	Antracen [µg/kg]	Benzo(a)antracen [µg/kg]	Benzo(a)piren [µg/kg]	Benzo(b)fluoranten [µg/kg]	Benzo(e)piren [µg/kg]	Benzo(g,h,i)perylen [µg/kg]	Benzo(k)fluoranten [µg/kg]	Chryzen [µg/kg]	Dibenzo(a,h)antracen [µg/kg]	Fenantren [µg/kg]	Fluoranten [µg/kg]	Fluoren [µg/kg]	Indeno(1,2,3-cd)piren [µg/kg]	Perylen [µg/kg]	Piren [µg/kg]	WWA (suma) [µg/kg]	PCB28 [µg/kg]	PCB52 [µg/kg]	PCB101 [µg/kg]	PCB118 [µg/kg]	PCB138 [µg/kg]	PCB153 [µg/kg]	PCB180 [µg/kg]	PCB (suma) [µg/kg]	α-HCH [µg/kg]	β-HCH [µg/kg]	γ-HCH [µg/kg]	δ-HCH [µg/kg]	HCH (suma) [µg/kg]	Aldehyd endryny [µg/kg]	Aldryna [µg/kg]	α-chlordan [µg/kg]	γ-chlordan [µg/kg]	Dieldryna [µg/kg]	Endosulfan I [µg/kg]	Endosulfan II [µg/kg]	Endryna [µg/kg]	Epoksyd heptachloru [µg/kg]	Heksachlorobenzen [µg/kg]	Heptachlor [µg/kg]	Keton endryny [µg/kg]	p,p'-DDD [µg/kg]	p,p'-DDE [µg/kg]	p,p'-DDT [µg/kg]	DDT, DDE i DDD (suma) [µg/kg]	p,p'-metoksychlor [µg/kg]	Siarczan endosulfanu [µg/kg]	Suma olejów mineralnych [mg/kg]
Osady wodne ogółem n = 49	a	<1	<1	<1	<2	<3	<3	<3	<5	<3	<2	<5	2	1	<1	<5	<3	<1	3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	100	33	157	614	856	966	823	929	486	731	190	609	1321	72	898	290	1199	10 223	14,6	6,9	6,4	4,8	5,4	8,0	3,4	49,5	<0,5	0,50	1,90	<0,5	1,90	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,40	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	5,5	<0,8	<0,1	16	22	3,8	40	<5,0	<0,5	2000
	c	10	7	28	130	168	183	157	172	92	145	34	133	275	17	163	57	243	2010	1,0	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,3	3,8	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,4	n.o.	n.o.	2,0	3,8	n.o.	6,5	n.o.	n.o.	318
	d	4	3	10	50	62	69	60	64	34	55	16	65	107	8	60	24	87	721	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	1,1	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,1	n.o.	n.o.	0,8	2,0	n.o.	3,2	n.o.	n.o.	93,0
	e	4	3	13	78	99	106	86	89	49	82	19	86	158	12	86	41	136	1118	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,1	2,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,1	<0,8	<0,1	1,1	3,1	<0,5	5,1	<5,0	<0,5	149
JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (RW20000824699) n = 13	a	1	<1	5	5	<3	7	5	7	<3	11	<5	49	31	5	<5	<3	14	193	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,4	0,9	<0,5	1,3	<5,0	<0,5	25,5
	b	100	33	157	614	856	966	823	929	486	731	190	609	1321	72	898	290	1199	10 223	14,6	6,9	6,4	4,8	5,4	8,0	3,4	49,5	<0,5	0,50	1,90	<0,5	1,90	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,40	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	5,5	<0,8	<0,1	10	9,4	3,8	21	<5,0	<0,5	1700
	c	21	12	52	227	300	320	279	303	164	255	59	236	481	28	292	96	426	3548	2,0	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	0,6	8,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,8	n.o.	n.o.	3,5	3,8	1,5	8,6	n.o.	n.o.	530
	d	11	7	31	146	170	205	172	193	94	167	39	173	325	21	169	57	276	2397	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,3	3,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	n.o.	n.o.	1,8	3,0	0,9	6,2	n.o.	n.o.	306
	e	8	7	34	141	208	240	215	248	118	148	43	197	295	21	232	67	266	2209	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,3	4,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,3	<0,8	<0,1	1,5	3,4	1,3	6,2	<5,0	<0,5	284
JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (RW20000624653) n = 13	a	<1	<1	<1	<2	<3	<3	<3	<5	<3	<2	<5	2	1	<1	<5	<3	<1	3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	0,1	<5,0	<0,5	<10,0
	b	13	5	28	157	185	191	150	151	81	144	32	185	282	43	149	49	246	2089	1,5	1,3	1,8	0,8	0,7	1,0	0,3	7,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,3	<0,8	<0,1	3,5	15	1,4	19	<5,0	<0,5	347
	c	n.o.	n.o.	n.o.	36	46	47	39	n.o.	n.o.	35	n.o.	42	65	8	n.o.	n.o.	57	501	n.o.	0,2	0,4	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	1,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,8	2,7	n.o.	3,7	n.o.	n.o.	n.o.
	d	n.o.	n.o.	n.o.	7	10	10	9	n.o.	n.o.	7	n.o.	16	15	2	n.o.	n.o.	11	84	n.o.	0,1	0,2	n.o.	n.o.	0,1	n.o.	0,4	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	0,7	n.o.	0,9	n.o.	n.o.	n.o.
	e	<1	<1	<1	3	4	4	4	<5	<3	4	<5	11	8	2	<5	<3	6	38	<0,1	0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,1	0,3	<0,5	0,3	<5,0	<0,5	<10,0
JCWP Czechówka (RW200006246729) n = 10	a	1	3	10	56	61	57	62	52	43	66	8	59	126	3	45	19	108	848	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,4	0,3	<0,5	0,7	<5,0	<0,5	17,2
	b	30	29	96	390	493	643	534	677	338	528	108	372	1095	54	533	158	1022	7098	1,7	2,1	1,1	0,6	0,4	1,0	0,3	4,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,40	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,8	<0,8	<0,1	3,7	9,5	1,5	12	<5,0	<0,5	2000
	c	10	9	34	168	215	253	215	244	126	198	46	157	375	18	222	73	334	2697	0,5	0,6	0,5	0,3	0,2	0,5	0,2	2,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,3	n.o.	n.o.	1,8	4,2	n.o.	6,4	n.o.	n.o.	459
	d	7	7	24	131	166	192	164	178	95	150	34	128	277	14	166	57	241	2054	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	1,9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	1,6	3,1	n.o.	5,2	n.o.	n.o.	215
	e	7	6	19	108	141	180	145	178	79	123	33	111	202	16	165	64	168	1744	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	2,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,1	<0,8	<0,1	1,8	3,8	<0,5	6,0	<5,0	<0,5	190
JCWP Czerniejówka (RW20000624669) n = 7	a	<1	<1	1	10	9	11	9	8	5	9	<5	4	17	<1	7	<3	16	106	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,8	<0,1	0,1	0,2	<0,5	0,3	<5,0	<0,5	<10,0
	b	32	28	126	529	685	738	624	690	411	626	141	486	1178	68	679	256	1040	8337	14,3	3,5	0,6	1,1	0,5	0,7	0,9	21,5	<0,5	<0,5	0,50	<0,5	0,50	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	2,1	<0,8	<0,1	16	22	2,0	40	<5,0	<0,5	1400
	c	7	6	27	118	147	155	132	140	82	132	28	116	258	17	137	63	225	1789	2,2	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	n.o.	3,9	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,5	n.o.	n.o.	2,9	4,9	n.o.	8,2	n.o.	n.o.	271
	d	3	2	11	57	62	65	56	53	32	58	10	55	119	7	51	24	103	777	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	n.o.	0,7	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,2	n.o.	n.o.	0,9	1,9	n.o.	2,9	n.o.	n.o.	55,8
	e	2	3	10	53	61	61	51	46	32	53	10	50	112	7	48	44	94	750	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	<0,1	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,3	<0,3	<0,1	0,1	<0,8	<0,1	0,7	1,8	<0,5	2,5	<5,0	<0,5	50,7
Numeryczne wskaźniki jakości osadów[1), 2)]																																																						
TEC		≤6,7	≤5,9	≤57,2	≤108	≤150	≤240	≤150	≤170	≤240	≤166	≤33	≤204	≤423	≤77,4	≤200	n.d.	≤195	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤60	≤6	≤5	≤3	n.d.	n.d.	n.d.	≤2	n.d.	n.d.	≤1,9	n.d.	n.d.	≤2,2	2,5	n.d.	n.d.	n.d.	4,9	3,2	4,2	5,3	n.d.	n.d.	n.d.
PEC		>89	>128	>845	>1050	>1450	>13 400	>1450	>3200	>13 400	>1290	>135	>1170	>2230	>536	>3200	n.d.	>1520	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	>676	>100	>210	>5	n.d.	n.d.	n.d.	>80	n.d.	n.d.	>62	n.d.	n.d.	>207	16	n.d.	n.d.	n.d.	28	31	63	572	n.d.	n.d.	n.d.

a – minimum
b – maksimum
c – średnia arytmetyczna
d – średnia geometryczna
e – mediana
n – liczba próbek
n.d. – nie dotyczy
n.o. – nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
JCWP – jednolita część wód powierzchniowych
TEC (ang. *Threshold Effect Concentration*) – wskaźnik określający zawartość substancji, poniżej której nie przewiduje się szkodliwego oddziaływania na organizmy bentosowe
PEC (ang. *Probable Effect Concentration*) – wskaźnik określający zawartość substancji, powyżej której spodziewane jest negatywne oddziaływanie na organizmy bentosowe
[1)]MacDonald i in., 2000
[2)]Contaminated Sediment Standing Team, 2003

Statystyki opisowe dla pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych w wodach powierzchniowych **Tabela 7**

Wody powierzchniowe Surface water	Miary statystyczne	EC [mS/cm]	pH [–]	Ag [µg/dm³]	Al [µg/dm³]	As [µg/dm³]	B [mg/dm³]	Ba [mg/dm³]	Be [µg/dm³]	Br [mg/dm³]	Ca [mg/dm³]	Cd [µg/dm³]	ChZT [mg/dm³]	Cl^- [mg/dm³]	Co [µg/dm³]	Cr [mg/dm³]	Cu [µg/dm³]	F^- [mg/dm³]	Fe [mg/dm³]	HCO_3 [mg/dm³]	K [mg/dm³]	Li [µg/dm³]	Mg [mg/dm³]	Mn [mg/dm³]	Mo [µg/dm³]	Na [mg/dm³]	NH_4^+ [mg/dm³]	Ni [µg/dm³]	NO_2 [mg/dm³]	NO_{3-} [mg/dm³]	OWO [mg/dm³]	P [mg/dm³]	Pb [µg/dm³]	Sb [µg/dm³]	Se [µg/dm³]	SiO_2 [mg/dm³]	Sn [µg/dm³]	SO_4^{2-} [mg/dm³]	Sr [mg/dm³]	Ti [mg/dm³]	Tl [µg/dm³]	U [µg/dm³]	V [µg/dm³]	Zawiesina ogólna [mg/dm³]	Zn [mg/dm³]
Wody powierzchniowe ogółem n = 182	a	0,14	6,92	<0,05	<0,5	<2	<0,01	0,002	<0,05	<0,1	12,7	<0,05	<2,0	5,2	<0,05	<0,003	0,22	<0,1	<0,01	43	<0,5	0,4	0,8	<0,001	0,10	2,4	<0,05	<0,5	<0,01	0,07	<1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<2	0,5	<0,5	<0,5	0,032	<0,002	<0,05	<0,05	<1	<5	<0,003
	b	1,09	10,76	<0,05	133,5	11	0,09	0,161	<0,05	<0,1	195,2	0,22	77,0	240,0	3,84	<0,003	33,87	<0,1	13,70	590	19,1	7,7	31,4	2,527	26,57	148,1	2,23	10,8	0,74	34,20	34,0	0,90	0,73	2,45	9	38,0	3,9	76,9	1,618	0,003	0,06	4,11	5	156	0,096
	c	0,57	8,02	n.o.	5,7	n.o.	0,03	0,041	n.o.	n.o.	91,9	n.o.	6,0	28,6	n.o.	n.o.	1,08	n.o.	0,13	255	3,3	4,7	9,7	0,091	1,82	10,2	0,20	1,6	0,14	7,32	2,5	0,13	n.o.	0,18	n.o.	20,9	n.o.	29,6	0,652	n.o.	n.o.	1,00	n.o.	21	0,014
	d	0,55	8,01	n.o.	2,3	n.o.	0,03	0,032	n.o.	n.o.	84,4	n.o.	4,0	25,4	n.o.	n.o.	0,67	n.o.	0,02	238	2,9	4,5	8,2	0,028	1,16	8,6	0,11	1,3	0,08	3,23	1,6	0,09	n.o.	0,14	n.o.	16,3	n.o.	24,8	0,575	n.o.	n.o.	0,79	n.o.	15	0,007
	e	0,57	7,97	<0,05	2,2	<2	0,03	0,035	<0,05	<0,1	98,7	<0,05	3,0	23,5	<0,05	<0,003	0,61	<0,1	0,02	267	2,7	4,8	7,0	0,033	1,03	7,8	0,11	1,4	0,11	5,94	1,5	0,12	<0,05	0,12	<2	24,7	<0,5	27,7	0,664	<0,002	<0,05	0,83	<1	18	0,008
JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (RW20000824699) n = 48	a	0,14	6,92	<0,05	0,9	<2	<0,01	0,002	<0,05	<0,1	12,7	<0,05	<2,0	10,6	<0,05	<0,003	0,32	<0,1	<0,01	43	1,4	0,4	0,8	<0,001	0,21	2,4	<0,05	<0,5	<0,01	0,13	<1,0	<0,05	<0,05	0,07	<2	0,5	<0,5	<0,5	0,032	<0,002	<0,05	<0,05	<1	5	<0,003
	b	1,09	10,76	<0,05	133,5	11	0,09	0,161	<0,05	<0,1	195,2	0,08	59,0	240,0	3,84	<0,003	4,99	<0,1	13,70	590	19,1	6,1	31,4	2,527	26,57	148,1	2,23	10,8	0,26	22,80	33,0	0,43	0,34	2,45	9	38,0	3,9	45,5	1,618	0,003	<0,05	3,83	4	100	0,048
	c	0,52	7,90	n.o.	10,0	n.o.	0,04	0,056	n.o.	n.o.	75,2	n.o.	6,0	31,0	n.o.	n.o.	0,78	n.o.	0,35	221	3,5	4,5	8,8	0,189	3,68	13,6	0,27	1,9	0,12	2,99	2,9	n.o.	n.o.	0,22	n.o.	14,4	n.o.	24,7	0,627	n.o.	n.o.	0,85	n.o.	26	0,020
	d	0,49	7,88	n.o.	3,5	n.o.	0,03	0,043	n.o.	n.o.	68,8	n.o.	3,0	26,0	n.o.	n.o.	0,64	n.o.	0,03	202	3,0	4,0	7,5	0,036	1,64	9,9	0,18	1,2	0,08	1,66	1,4	n.o.	n.o.	0,17	n.o.	9,9	n.o.	18,3	0,544	n.o.	n.o.	0,68	n.o.	22	0,014
	e	0,51	7,90	<0,05	2,9	<2	0,03	0,053	<0,05	<0,1	72,7	<0,05	3,0	24,7	<0,05	<0,003	0,61	<0,1	0,02	200	2,8	5,1	7,7	0,033	1,12	8,4	0,19	1,7	0,14	1,91	1,3	<0,05	<0,05	0,15	<2	10,8	<0,5	25,7	0,633	<0,002	<0,05	0,87	<1	20	0,025
JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (RW20000624653) n = 48	a	0,25	7,17	<0,05	0,8	<2	0,01	0,007	<0,05	<0,1	34,4	<0,05	<2,0	8,8	<0,05	<0,003	0,22	<0,1	<0,01	82	0,7	1,2	5,7	0,001	0,31	3,8	<0,05	0,6	<0,01	0,08	<1,0	<0,05	<0,05	0,07	<2	2,0	<0,5	4,3	0,445	<0,002	<0,05	0,25	<1	<5	<0,003
	b	0,62	10,09	<0,05	10,8	5	0,05	0,126	<0,05	<0,1	118,2	<0,05	77,0	35,3	0,78	<0,003	1,00	<0,1	1,25	328	5,5	6,0	7,4	0,540	1,29	12,9	0,94	2,7	0,73	17,40	34,0	0,37	0,21	0,25	<2	29,6	3,7	42,7	1,036	<0,002	<0,05	1,06	1	74	0,036
	c	0,48	8,36	n.o.	3,1	n.o.	0,03	0,040	n.o.	n.o.	78,1	n.o.	7,0	22,0	n.o.	n.o.	0,45	n.o.	0,06	213	2,8	4,7	6,6	0,045	0,87	7,8	0,21	1,2	0,14	5,53	2,8	0,13	0,05	0,12	n.o.	18,3	n.o.	23,8	0,613	n.o.	n.o.	0,68	n.o.	14	0,009
	d	0,47	8,34	n.o.	2,6	n.o.	0,03	0,032	n.o.	n.o.	74,3	n.o.	4,0	21,3	n.o.	n.o.	0,43	n.o.	0,02	204	2,6	4,7	6,6	0,013	0,85	7,5	0,13	1,1	0,04	1,29	1,7	0,08	<0,05	0,11	n.o.	13,7	n.o.	22,6	0,605	n.o.	n.o.	0,65	n.o.	10	0,005
	e	0,49	8,20	<0,05	3,0	<2	0,03	0,034	<0,05	<0,1	93,6	<0,05	4,0	21,1	<0,05	<0,003	0,43	<0,1	0,02	243	2,6	4,8	6,7	0,024	0,90	7,3	0,13	1,1	0,08	0,72	1,6	0,12	0,06	0,11	<2	24,9	<0,5	22,8	0,610	<0,002	<0,05	0,67	<1	14	0,005
JCWP Ciemięga (RW20000624689) n = 5	a	0,42	7,89	<0,05	0,9	3	0,03	0,020	<0,05	<0,1	50,9	<0,05	3,0	26,6	<0,05	<0,003	0,49	<0,1	0,01	215	2,2	5,3	18,0	0,002	2,17	10,4	<0,05	1,5	0,02	0,14	1,5	<0,05	<0,05	0,09	<2	16,5	<0,5	24,8	0,423	<0,002	<0,05	1,28	<1	<5	<0,003
	b	0,66	8,32	<0,05	13,1	3	0,03	0,024	<0,05	<0,1	103,6	<0,05	6,0	27,6	0,09	<0,003	1,04	<0,1	0,02	342	2,7	5,6	18,9	0,058	2,78	11,2	0,06	2,5	0,14	10,90	3,0	0,13	0,11	0,22	<2	27,6	0,6	27,1	0,568	<0,002	<0,05	2,08	5	29	<0,003
	c	0,60	8,10	n.o.	3,5	3	0,03	0,023	n.o.	n.o.	91,7	n.o.	4,0	27,0	n.o.	n.o.	0,68	n.o.	0,01	307	2,4	5,4	18,6	0,034	2,44	11,0	n.o.	2,2	0,06	8,34	2,1	0,11	0,06	0,12	n.o.	25,0	n.o.	26,2	0,518	n.o.	n.o.	1,58	n.o.	15	n.o.
	d	0,59	8,10	n.o.	1,8	3	0,03	0,023	n.o.	n.o.	88,7	n.o.	4,0	27,0	n.o.	n.o.	0,65	n.o.	0,01	303	2,4	5,4	18,6	0,022	2,43	11,0	n.o.	2,1	0,05	4,38	2,0	0,09	0,05	0,11	n.o.	24,6	n.o.	26,2	0,516	n.o.	n.o.	1,56	n.o.	11	n.o.
	e	0,63	8,07	<0,05	1,1	3	0,03	0,023	<0,05	<0,1	101,3	<0,05	4,0	26,8	<0,05	<0,003	0,55	<0,1	0,01	325	2,3	5,4	18,8	0,035	2,42	11,0	<0,05	2,4	0,05	10,70	1,9	0,13	0,06	0,09	<2	27,3	<0,5	26,6	0,537	<0,002	<0,05	1,52	<1	13	<0,003
JCWP Czechówka (RW200006246729) n = 39	a	0,14	7,10	<0,05	<0,5	<2	0,01	0,010	<0,05	<0,1	15,8	<0,05	<2,0	5,2	<0,05	<0,003	0,46	<0,1	<0,01	52	1,0	1,4	0,8	0,005	0,10	4,4	<0,05	<0,5	<0,01	0,07	<1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<2	1,6	<0,5	2,2	0,039	<0,002	<0,05	<0,05	<1	<5	<0,003
	b	0,91	9,43	<0,05	80,9	3	0,07	0,104	<0,05	<0,1	137,1	0,14	33,0	81,6	0,60	<0,003	33,87	<0,1	0,45	388	7,6	7,7	21,9	0,456	4,08	37,0	1,83	5,1	0,74	23,40	19,0	0,90	0,73	1,24	<2	29,5	3,8	65,5	0,750	0,003	0,06	1,82	4	156	0,096
	c	0,66	7,90	n.o.	8,1	n.o.	0,03	0,048	n.o.	n.o.	97,3	n.o.	5,0	38,0	0,13	n.o.	2,61	<0,1	0,06	284	3,7	4,8	15,5	0,093	1,03	13,4	0,27	1,7	0,21	7,76	2,6	0,21	0,11	0,28	n.o.	21,6	n.o.	32,8	0,421	n.o.	n.o.	0,94	1	30	0,016
	d	0,61	7,89	n.o.	2,2	n.o.	0,03	0,043	n.o.	n.o.	86,5	n.o.	4,0	32,6	0,07	n.o.	1,12	<0,1	0,03	261	3,4	4,5	11,7	0,062	0,82	12,4	0,17	1,5	0,15	4,86	1,8	0,17	0,06	0,21	n.o.	18,0	n.o.	26,7	0,344	n.o.	n.o.	0,67	1	24	0,009
	e	0,73	7,85	<0,05	1,7	<2	0,02	0,044	<0,05	<0,1	105,9	<0,05	3,0	31,1	0,08	<0,003	0,74	<0,1	0,03	320	3,1	4,6	19,1	0,063	0,79	12,5	0,17	1,4	0,16	6,61	1,5	0,16	0,06	0,23	<2	23,2	<0,5	31,7	0,411	<0,002	<0,05	1,09	1	22	0,011
JCWP Czerniejówka (RW20000624669) n = 28	a	0,55	7,61	<0,05	<0,5	<2	0,02	0,009	<0,05	<0,1	100,0	<0,05	<2,0	11,3	<0,05	<0,003	0,42	<0,1	<0,01	181	1,7	3,9	5,7	0,004	1,11	3,7	<0,05	<0,5	0,05	10,10	<1,0	0,09	<0,05	0,06	<2	27,0	<0,5	25,8	0,743	<0,002	<0,05	0,71	<1	<5	<0,003
	b	0,88	8,30	<0,05	4,9	<2	0,04	0,061	<0,05	<0,1	115,0	0,22	6,0	28,0	<0,05	<0,003	1,37	<0,1	0,07	303	3,1	4,8	7,6	0,060	1,99	6,9	0,17	2,2	0,23	16,20	2,4	0,15	0,08	0,16	<2	30,5	<0,5	37,1	1,039	<0,002	<0,05	1,29	1	16	0,030
	c	0,61	7,98	n.o.	1,6	n.o.	0,02	0,023	n.o.	n.o.	107,8	n.o.	3,0	20,4	n.o.	n.o.	0,71	n.o.	0,02	276	2,4	4,3	6,3	0,029	1,39	5,4	0,06	1,2	0,10	14,05	1,3	0,13	n.o.	0,10	n.o.	29,4	n.o.	29,0	0,868	n.o.	n.o.	0,86	n.o.	8	0,012
	d	0,61	7,98	n.o.	1,3	n.o.	0,02	0,019	n.o.	n.o.	107,7	n.o.	3,0	20,1	n.o.	n.o.	0,66	n.o.	0,02	275	2,4	4,3	6,3	0,026	1,37	5,3	<0,05	1,1	0,10	13,97	1,2	0,13	n.o.	0,09	n.o.	29,4	n.o.	28,9	0,865	n.o.	n.o.	0,85	n.o.	6	0,006
	e	0,58	8,02	<0,05	1,2	<2	0,02	0,023	<0,05	<0,1	107,4	<0,05	3,0	20,2	<0,05	<0,003	0,58	<0,1	0,02	277	2,4	4,3	6,1	0,027	1,28	5,3	0,06	1,1	0,10	14,25	1,2	0,13	<0,05	0,10	<2	29,6	<0,5	28,0	0,860	<0,002	<0,05	0,83	<1	10	0,006
JCWP Dopływ spod Świdnika (RW20000624674) n = 9	a	0,78	7,42	<0,05	0,7	3	0,03	0,014	<0,05	<0,1	152,0	<0,05	4,0	34,4	<0,05	<0,003	0,66	<0,1	0,03	364	5,8	5,8	10,7	0,021	1,75	6,6	<0,05	2,5	0,04	6,03	1,8	0,06	<0,05	0,13	<2	32,7	<0,5	63,4	1,187	<0,002	<0,05	2,88	1	<5	<0,003
	b	0,88	7,98	<0,05	3,2	4	0,05	0,029	<0,05	<0,1	168,7	<0,05	9,0	40,0	0,08	<0,003	1,42	<0,1	0,07	411	9,1	6,4	12,1	0,175	1,99	11,8	0,10	3,3	0,16	23,30	4,5	0,24	0,07	0,21	3	34,6	0,7	76,9	1,310	<0,002	<0,05	4,11	2	52	0,015
	c	0,84	7,79	n.o.	1,2	3	0,04	0,020	n.o.	n.o.	162,3	n.o.	7,0	36,4	0,05	n.o.	0,85	n.o.	0,05	400	7,0	6,1	11,2	0,072	1,86	8,4	n.o.	2,8	0,08	10,73	3,2	0,14	n.o.	0,15	n.o.	33,4	n.o.	68,2	1,247	n.o.	n.o.	3,61	1	40	n.o.
	d	0,84	7,79	n.o.	1,1	3	0,04	0,019	n.o.	n.o.	162,3	n.o.	7,0	36,3	<0,05	n.o.	0,83	n.o.	0,05	400	6,9	6,1	11,2	0,062	1,85	8,2	n.o.	2,8	0,07	9,87	3,0	0,12	n.o.	0,15	n.o.	33,4	n.o.	68,0	1,247	n.o.	n.o.	3,59	1	32	n.o.
	e	0,85	7,85	<0,05	0,8	3	0,03	0,017	<0,05	<0,1	163,2	<0,05	7,0	36,3	0,07	<0,003	0,75	<0,1	0,05	405	6,5	6,2	11,2	0,064	1,83	7,4	<0,05	2,8	0,07	9,45	3,0	0,16	<0,05	0,14	<2	33,5	<0,5	66,5	1,248	<0,002	<0,05	3,63	1	42	<0,003
Wartości graniczne wskaźników jakości wód powierzchniowych z grupy specyficznych substancji zanieczyszczających (Załącznik nr 26)[1)]																																														
Wartości graniczne dla I i II klasy		n.d.	n.d.	≤5	≤400	≤50	≤2	≤0,5	≤0,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤50	≤0,05	≤50	≤1,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤40	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤2	≤20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	≤0,05	≤2	n.d.	≤50	n.d.	≤1
Środowiskowe normy jakości dla wskaźników stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Załącznik nr 14)[1)]																																													
Maksymalne dopuszczalne stężenie		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,45 (klasa I i II) 0,6 (klasa III) 0,9 (klasa IV) 1,5 (klasa V)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	34	n.d.	n.d.	n.d.	14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Wartości graniczne dla klas jakości wód powierzchniowych wskaźników jakości wód powierzchniowych dla jednolitych części wód rzecznych typu wód powierzchniowych potok lub mała rzeka wyżynna na podłożu węglanowym (RW_wap) (Tabela nr 4)[1)]																																													
Wartości graniczne																												≤0,13 (klasa I) ≤0,30 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV, V)*			≤1,30 (klasa I) ≤2,00 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV, V)	≤4,0 (klasa I) ≤7,0 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV, V)	≤0,13 (klasa I) ≤0,25 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV, V)														
Wartości graniczne dla klas jakości wód powierzchniowych wskaźników jakości wód powierzchniowych dla jednolitych części wód rzecznych typu wód powierzchniowych średnia rzeka na podłożu węglanowym (RsW_wap) (Tabela nr 8)[1)]																																												
Wartości graniczne																												≤0,14 (klasa I) ≤0,35 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV,V)*			≤1,40 (klasa I) ≤2,00 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV ,V)	≤4,5 (klasa I) ≤7,0 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV ,V)	≤0,15 (klasa I) ≤0,33 (klasa II) nie ustala się (klasa III,IV,V)														

a – minimum
b – maksimum
c – średnia arytmetyczna
d – średnia geometryczna
e – mediana
n – liczba próbek
n.d. – nie dotyczy
n.o. – nie obliczono w przypadku, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
* – wartość graniczna podana dla azotu amonowego
[1)]Rozporządzenie…, 2021

peryglacjalnych oraz piaszczysto-pylastych osadach deluwialnych. Zawartość tej frakcji wyższą niż 50% odnotowano w 24% gleb. Są to tereny w dużej części porośnięte lasami. Natomiast w glebach wykształconych na lessach i utworach lessopodobnych zawartość frakcji piaskowej nie przekracza na ogół 30%. Dużym udziałem frakcji drobnych wyróżniają się gleby rozwinięte na dominujących w północno-zachodniej części badanego obszaru utworach lessowych. Udział tych frakcji jest znaczący także w glebach rozwiniętych na mułkach (pyłach) piaszczystych i piaskach pyłowatych lessopodobnych występujących w części centralnej, południowo-wschodniej i południowo-zachodniej analizowanego terenu. W ponad 75% analizowanych gleb stwierdzono udział frakcji z przedziału 0,02< d ≤0,063 mm większy niż 25%. Około 23% wszystkich próbek wyróżnia się zawartością tej frakcji powyżej 50%. Tylko w 4% próbek gleb udział frakcji z przedziału 0,02< d ≤0,063 mm jest mniejszy niż 10% (tablica 5). Zdecydowana większość badanych gleb – 67% charakteryzuje się zawartością frakcji ≤0,02 mm w granicach 25%–50% (tablica 6). Udział tej frakcji wyższy niż 50% stwierdzono tylko w siedmiu badanych próbkach. Rozkłady przestrzenne udziałów frakcji granulometrycznych w glebach charakteryzowanego obszaru (tablice 4–6) wskazują na większy udział frakcji piaskowej (0,063< d ≤2,0 mm) i mniejszy udział grupy ziarnowej ≤0,02 mm w glebach zlokalizowanych w centrum miasta Lublina, w szczególności w dzielnicach Stare Miasto, Bronowice, Kośminek i Tatary. Są to tereny, na które od dziesięcioleci ma wpływ intensywna presja antropogeniczna i związane z tym różne użytkowanie gleb.

pH – ODCZYN

Gleby: tablica 7, tabela 3

Odczyn gleb jest uwarunkowany zarówno procesami przebiegającymi w glebie (reakcje chemiczne i biochemiczne, mineralizacja substancji organicznej, obecność kwasów organicznych), procesami antropogenicznymi jak również wynika z budowy geologicznej podłoża, na którym powstała gleba. Kwasowość gleb może ulegać zmianie pod wpływem oddziaływania różnych czynników naturalnych (klimat – temperatura i opady, poziom wód gruntowych, zawartość materii organicznej) oraz w skutek działalności człowieka (gospodarka rolna, nawożenie, zabiegi agrotechniczne, zabudowa, przemysł). Wymienione czynniki mogą powodować zarówno podwyższenie jak i obniżenie naturalnego pH gleby. Do zakwaszenia gleb przyczyniają się emisje tlenków azotu, dwutlenku siarki i węgla. W obrębie dużych miast Polski i świata, odnotowuje się także alkalizację gleb, która jest spowodowana przede wszystkim przez opad pyłów emitowanych z zakładów energetycznych i przemysłowych oraz znaczący udział w glebie materiałów budowlanych z dużą zawartością węglanu wapnia, np. w postaci domieszek cegieł, pustaków, cementu, betonu, gipsu, wapna, gruzu (Walenczak, 2011).

Gleby obszaru badań wykazują duże zróżnicowanie odczynu, od gleb kwaśnych występujących na terenach leśnych po gleby zasadowe, charakteryzujące tereny przekształcone antropogenicznie. Oznaczone zawartości pH w powierzchniowej warstwie gleb zawierają się w przedziale 3,27–8,51. Wartość mediany pH dla gleb z okolic Lublina (7,11) jest nieznacznie niższa od mediany pH dla gleb Warszawy – 7,4 (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz nieznacznie wyższa niż dla gleb z okolic Poznania – 6,7 (Lis, Pasieczna, 2005). Gleby kwaśne występują na południu obszaru badań oraz w północno-wschodniej i północno-zachodniej części. Są to gleby pylaste, piaszczyste, gliniaste i torfiaste na których występują głównie obszary leśne i pola uprawne. Gleby obszarów leśnych charakteryzują się pH w zakresie 3,27–7,87. Mediana pH dla analizowanych próbek gleb z obszarów leśnych wynosi 4,18. Najniższe wartości pH odnotowano na terenach leśnych wykształconych na glebach torfiastych (3,27–4,15), zlokalizowanych na południowy wschód od Zalewu Zemborzyckiego. Gleby pól uprawnych posiadają pH mieszczące się w granicach 4,04–7,83 (mediana 6,08). Są to gleby kwaśne, lekko kwaśne, obojętne i zasadowe. Według Tkaczyk i Bednarek (2011) udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych pól uprawnych w powiecie lubelskim w przedziale lat 1999–2008 wynosił średnio 44,3%. Gleby bardzo kwaśne (pH <4,5) stanowią tylko 5% gleb pól uprawnych i występują w okolicy miejscowości Konopnica i Stasin. Odczyn zasadowy (pH >7,2) wykazuje 18,6% wszystkich analizowanych próbek gleb. Wartość mediany pH dla gleb pól uprawnych badanego obszaru jest niższa od mediany pH dla gleb z okolic Poznania i Warszawy – odpowiednio 6,8 i 7,1 (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Wartość pH zmierzona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek (gmina Wólka) wynosi 7,32 i jest zbliżona do poziomu odnotowanego w badaniach objętych programem *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski*. W latach 1995–2020 wartości pH dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283 (zmiana lokalizacji w 2015 r. w obrębie tej samej miejscowości) mieściły się w przedziale od 5,8 do 7,5 (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Gleby obojętne i zasadowe występują na obszarach zurbanizowanych zlokalizowanych w Lublinie i Świdniku oraz w okolicy miejscowości: Dąbrowica (północno-zachodni fragment obszaru badań), Elizówka, Kolonia Pliszczyn i Zagrody (północna część terenu). Reprezentują one głównie gleby antropogeniczne. Są to tereny miejskiej zabudowy mieszkaniowej (niskiej i wysokiej), tereny przemysłowe oraz tereny zieleni urządzonej (parki, ogródki, trawniki). Gleby antropogeniczne charakteryzują się wartościami pH w zakresie 5,24–8,51. Mediana pH dla analizowanych próbek gleb antropogenicznych (7,53) jest trochę niższa w stosunku do mediany pH dla gleb z rejonu Poznania i Warszawy, które wynosiły odpowiednio 7,8 i 7,9 (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Niższe pH gleb antropogenicznych aglomeracji lubelskiej może mieć związek z mniejszym wskaźnikiem urbanizacji tego rejonu w porównaniu z Poznaniem i Warszawą. Gleby terenów przemysłowych występują w dzielnicy Wrotków i Tatary, a także na północ od centrum Świdnika. Najbardziej zasadowy odczyn (pH >8,0) wykazują gleby w okolicy Portu Lotniczego Lublin. Wpływ antropopresji na odczyn gleb uwidacznia się przy porównaniu wartości pH próbek gleb pobranych z terenów niezabudowanych (mediana 5,64) i terenów wiejskich (6,80) z pH gleb z terenów o zabudowie miejskiej niskiej, wysokiej i przemysłowej (mediany pH odpowiednio: 7,37; 7,50 i 7,50).

Wody powierzchniowe: tablica 7, tabela 7

Wody powierzchniowe, reprezentowane na charakteryzowanym obszarze przez rzeki, rowy, stawy, sadzawki, zbiorniki czy osadniki, wykazują małe zróżnicowanie odczynu – od słabo zasadowego do zasadowego. Mediana wartości pH dla wszystkich analizowanych próbek wód powierzchniowych wynosi 7,97 i jest niewiele wyższa w stosunku do median pH uzyskanych dla wód z rejonu Warszawy i Poznania, które wynosiły 7,6 (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Obliczone mediany pH dla poszczególnych JCWP leżących w obrębie obszaru badań są mało zróżnicowane i zawierają się w przedziale od 7,85 do 8,20. Odczyn słabo zasadowy (pH 7–9) wykazuje 95,6% wszystkich analizowanych próbek wód powierzchniowych, odczyn zasadowy (pH 9–14) posiada 3,85% próbek wód, natomiast obojętny (pH 6,5–7) tylko 0,55% próbek (wg klasyfikacji Kleczkowskiego i Różkowskiego i in., 1997). Wody o odczynie zasadowym występują głównie w prawobrzeżnej części Zalewu Zemborzyckiego oraz w dwóch osadnikach/zbiornikach, z których jeden jest zlokalizowany w Lublinie w pobliżu Dopływu z Konopnicy (w dolnym jego biegu), a drugi na północy obszaru badań w miejscowości Elizówka (gmina Niemce). W wodach drugiego zbiornika stwierdzono najwyższą wartość pH 10,76. Zbiornik położony jest na terenach ugorów i nieużytków (rozumianych w niniejszym opracowaniu jako tereny niezagospodarowane, pobocza dróg lub grunty rolne pozostawione bez produkcji rolnej, odłogi), w sąsiedztwie kompleksu handlowo-usługowego. Gromadzone są w nim wody opadowe. Wody o odczynie obojętnym (pH 6,92) występują w rowie położonym wzdłuż ścieżki rowerowej Doliny Bystrzycy w miejscowości Bystrzyca (gmina Wólka). Wody Zalewu Zemborzyckiego charakteryzują się odczynem pH w zakresie 7,86–10,09, przy czym zdecydowana większość próbek wykazuje pH powyżej 8.

EC – PRZEWODNOŚĆ ELEKTROLITYCZNA WŁAŚCIWA

Wody powierzchniowe: tablica 8, tabela 7

Przewodność elektrolityczna właściwa (EC) jest parametrem ilościowym wykorzystywanym do oceny mineralizacji wód i ich jakości. Naturalne wody płynące charakteryzują się wartościami wskaźnika EC do 1 mS/cm, natomiast w wodach zanieczyszczonych (np. wprowadzonymi ściekami) mogą być one wielokrotnie wyższe, osiągając 10 mS/cm (Augustyn i in., 2012; Szczykowska, Siemieniuk, 2020). Maksymalna dopuszczalna przewodność elektrolityczna wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę dla klas A1–A3 (Rozporządzenie…, 2019) nie powinna przekraczać wartości granicznej wskaźnika jakości na poziomie 1 mS/cm.

Badane próbki wód powierzchniowych charakteryzują się przewodnością elektrolityczną właściwą mniejszą od 1 mS/cm, z wyjątkiem jednej, pobranej z rowu w miejscowości Sobianowice (gmina Wólka). W wodach tego rowu stwierdzono najwyższą wartość przewodności – 1,092 mS/cm. Położony jest on na granicy pól uprawnych oraz ugorów w dolinie meandrującej rzeki Bystrzycy, w północno-wschodniej części terenu badań. Mediana przewodności elektrolitycznej właściwej dla wszystkich analizowanych próbek wód powierzchniowych wynosi 0,567 mS/cm i jest niewiele niższa w stosunku do wartości mediany otrzymanej dla wód z rejonu Warszawy (0,67 mS/cm) oraz znacznie niższa w porównaniu do mediany dla wód Poznania, która wynosiła 0,87 mS/cm (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Przewodność elektrolityczna właściwa dla wód Zalewu Zemborzyckiego mieści się w zakresie od 0,250 mS/cm do 0,603 mS/cm. Uzyskane wyniki są zbliżone do odnotowanych dla zbiorników zaporowych; 0,217 mS/cm dla wód w Zbiorniku Goczałkowice i 0,891 mS/cm dla Zbiornika Rybnickiego (Rzętała, 2008). Najwyższe wartości mediany EC (0,85 mS/cm) stwierdzono dla JCWP Dopływ spod Świdnika. We wszystkich pobranych próbkach wody z tego cieku (w liczbie 9) zmierzono podobne wartości przewodności od 0,784 mS/cm do 0,875 mS/cm. Ciek ten przepływa przez tereny mieszkaniowe o zabudowie wiejskiej oraz tereny rolnicze (pola uprawne i ugory). W jego dolnym biegu jest zlokalizowana Oczyszczalna Ścieków Hajdów, natomiast oczyszczone ścieki nie są do niego odprowadzane. Miejsca, w których zostały pobrane próbki wód charakteryzują się dużym pokryciem roślinności. Podwyższone wartości przewodności stwierdzono również w wodach JCWP Czechówka (mediana 0,730 mS/cm) i JCWP Ciemięga (mediana 0,630 mS/cm). Wszystkie badane JCWP nie spełniają wymagań dla klas jakości wód powierzchniowych określonych dla tego typu rzek (Rozporządzenie …, 2021).

Ag – SREBRO

Gleby: tablica 9, tabela 3

Średnia zawartość srebra w glebach na ogół nie przekracza 0,1 mg/kg. Ze względu na małą mobilność, srebro podlega akumulacji w powierzchniowych poziomach gleb, zwłaszcza zanieczyszczonych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Źródłami zanieczyszczenia srebrem mogą być zakłady galwaniczne oraz inne sektory przemysłu stosujące sole tego metalu. Także niektóre ścieki komunalne mogą zawierać zwiększone ilości srebra i w związku z tym mogą przyczyniać się do zanieczyszczenia gleb tym metalem (Żelazowska, Pasternak, 2007).

Zawartość srebra w glebach analizowanego terenu mieści się w przedziale od poniżej 0,05 mg/kg do 1,48 mg/kg (mediana poniżej 0,05 mg/kg). Podwyższone zawartości tego metalu zaobserwowano na terenie zakładów WSK PZL-Świdnik oraz w centrum miasta Lublina, w szczególności w dzielnicach Stare Miasto i Bronowice, a także w południowej części dzielnicy Tatary. Są to tereny, na które od dziesięcioleci oddziaływała intensywna presja antropogeniczna. Maksymalną zawartość srebra w glebach oznaczono w próbce pobranej w obrębie ogródków działkowych w dzielnicy Kośminek, a uzyskany wynik może wskazywać na intensywne stosowanie nawozów organicznych i mineralnych jak też środków ochrony roślin (Anand, Bhagat, 2019). Gleby pobrane z ogródków wyróżniają się najwyższą medianą srebra (0,08 mg/kg). Podobną sytuację zaobserwowano dla miasta Warszawy. Lokalizacja, dla której odnotowano najwyższe zawartości srebra w glebach miasta stołecznego również znajdowała się na terenach ogródków działkowych (Tomassi-Morawiec, 2016). Gleby antropogeniczne omawianego obszaru charakteryzują się nieznacznie wyższymi zawartościami srebra (mediana 0,06 mg/kg) w stosunku do gleb na obszarach leśnych i rolnych (mediana poniżej 0,05 mg/kg). Dane uzyskane dla gleb z rejonu Lublina i okolic nie różnią się od tych stwierdzonych podczas realizacji europejskiego projektu *Chemistry of Europe's agricultural soils* (akronim GEMAS), obejmującego użytkowane rolniczo gleby na terenie Europy. Mediany zawartości tego pierwiastka w glebach Polski wynosiły dla pól uprawnych 0,023 mg/kg i 0,027 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 9, tabela 5

Zawartość srebra w osadach wodnych mieści się w przedziale od poniżej 0,05 mg/kg do 5,22 mg/kg (mediana 0,06 mg/kg). Wyraźnie podwyższone zawartości srebra występują w osadach rzeki Bystrzycy, przeważnie na odcinku poniżej miasta Lublina. Maksymalną wartość także oznaczono w próbce pobranej z Bystrzycy. Miejsce opróbowania znajduje się w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, poniżej lubelskiego ośrodka miejskiego i powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów. Nie można więc wskazać emisji z oczyszczalni jako źródła zanieczyszczenia osadu tym metalem. Przyczyny podwyższonych ilości srebra w tym miejscu, należy upatrywać w działalności przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi (skup złomu). Działka, na której prosperuje przedsiębiorstwo, znajduje się w odległości około 40 metrów od miejsca pobrania próbki i w odległości około 25 metrów od koryta rzeki Bystrzycy. Duża cześć działki jest utwardzona i wykorzystywana jako miejsce składowania i plac manewrowy. W próbce osadu z tej lokalizacji odnotowano także najwyższe wyniki dla Cr, Cu, Ni, Zn, Co, Cd, Ti i Pb oraz niemal najwyższe dla Ba i Se. Zawartość pierwiastka na poziomie 5,22 mg/kg jest jednak wielokrotnie niższa od wyników maksymalnych zmierzonych w osadach z okolic Warszawy lub Poznania – odpowiednio 208 mg/kg i 18,9 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego (MacDonald i in., 2000), stwierdza się, że tylko w dwóch próbkach osadów odnotowano ilości srebra powyżej wartości wskaźnika TEC (ang. *Threshold Effect Concentration*) – 1,6 mg/kg, a tylko w jednej lokalizacji przekraczają wartość wskaźnika PEC (ang. *Probable Effect Concentration)* – 2,2 mg/kg, powyżej której spodziewane jest szkodliwe oddziaływanie tego metalu na organizmy bentosowe (MacDonald i in., 2000).

Wody powierzchniowe: tablica 10, tabela 7

We wszystkich próbkach wód powierzchniowych pobranych w obrębie charakteryzowanego terenu, analizy laboratoryjne wykazały stężenia nieprzekraczające granicy oznaczalności (0,05 µg/dm^3). W związku z tym, wszystkie wody spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna dla srebra wynosi ≤5 µg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

Al – GLIN

Gleby: tablica 11, tabela 3

Glin jest podstawowym składnikiem większości minerałów obecnych w glebach, a jego zawartość związana jest ze skałą macierzystą oraz gatunkiem i typem gleby i najczęściej mieści się w przedziale 1–3,5% (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Migracja glinu w profilu glebowym jest naturalnym procesem związanym z bielicowaniem gleb. W glebach kwaśnych (pH 3–4,5) glin wypiera inne kationy z kompleksu sorpcyjnego, doprowadzając do zubożenia gleb w składniki pokarmowe. Zjawisko to jest szczególnie nasilone w mineralnych poziomach leśnych i stanowi jeden z głównych czynników prowadzących do bielicowania i degradacji gleb (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Oznaczone zawartości glinu w powierzchniowej warstwie gleb Lublina i okolic mieszczą się w zakresie od 0,08%, do 1,66%. Mediana dla ogółu gleb z tego obszaru wynosi 0,68% i jest około dwukrotnie wyższa od wartości środkowej tego pierwiastka odnotowanej dla gleb rejonu Poznania – 0,31% (Lis, Pasieczna, 2005) i Warszawy – 0,34% (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz gleb Polski – 0,27% (De Vos, Tarvainen, 2006). Najwyższe zawartości glinu zawierają gleby wykształcone na plejstoceńskich lessach, znajdujących się w północno-zachodnim fragmencie obszaru badań. Gleby gliniaste charakteryzują się dwukrotnie wyższą wartością mediany (0,79%) w porównaniu z glebami torfiastymi (mediana 0,41%) i piaszczystymi (mediana 0,44%). Podwyższona zawartość glinu w glebach gliniastych wynika bezpośrednio z koncentracji tego pierwiastka w glinie, której istotnym składnikiem są minerały z grupy glinokrzemianów. Występowanie w podłożu geologicznym skał węglanowych, zasobnych w jony: Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ i Na^+ przyczynia się do tego, że dominują gleby o odczynie lekko kwaśnym i obojętnym oraz zasadowym, w związku z tym zakwaszenie nie odgrywa znaczącej roli w procesach rozpuszczania związków glinu i uwalniania tego pierwiastka z minerałów obecnych w glebie. Niską wartość mediany stwierdzono dla gleb pobranych z obszarów leśnych (0,40%). Gleby z terenów przemysłowych i miejskich Lublina nie wykazują podwyższonej zawartości tego pierwiastka w stosunku do gleb z terenów wiejskich. Zawartość glinu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 0,80%, podczas gdy jego zawartości, zmierzone w dwóch ostatnich cyklach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* (w 2015 i 2020 roku) dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości, miały odpowiednio wartości 0,68% i 1,18% (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Rozkład przestrzenny występowania glinu w glebach Lublina i okolic jest podobny do rozmieszczenia niektórych pierwiastków litofilnych, takich jak potas, lit, tytan i wanad, dla których procesy antropogeniczne nie odegrały decydującej roli w kształtowaniu ich zmienności w powierzchniowej warstwie gleby. Przestrzenna zmienność zawartości metalu w glebach wykazuje związek ze zmiennością składu granulometrycznego gleb. Na ogół zawartości glinu powyżej mediany (0,68%) obserwowano w glebach, w których udział frakcji drobnych (uziarnienie 0,02< d ≤0,063 mm i ≤0,02 mm) jest większy od wartości 50. percentyla, z wyłączeniem kompleksu leśnego Stary Gaj, znajdującego się w dzielnicy Zemborzyce, w południowo-zachodniej części miasta Lublina.

Osady wodne: tablica 11, tabela 5

Na terenie objętym badaniem, zawartości glinu w osadach wodnych są zbliżone do jego poziomu w glebach. W osadach mieszczą się one w przedziale od 0,04% do 1,65% (mediana 0,49%). Wartość 50. percentyla zawartości glinu w osadach aglomeracji lubelskiej jest wyższa od mediany tego metalu w osadach z rejonu Warszawy – 0,33% (Tomassi-Morawiec, 2016) i Poznania – 0,31% (Lis, Pasieczna, 2005). W osadach rzek przepływających przez Lublin zawartości glinu zwykle nie przekraczają 0,80%. Mediany zawartości glinu obliczone dla próbek osadów pobranych w poszczególnych JCWP (wszystkie o podłożu węglanowym) są mało zróżnicowane i mieszczą się w zakresie od 0,41% do 0,57%. W związku z tym, można przypuszczać, że na zawartość glinu w osadach wodnych tego rejonu przede wszystkim wpływa skład chemiczny skał macierzystych.

Wody powierzchniowe: tablica 12, tabela 7

W większości badanych próbek wód powierzchniowych stężenie glinu jest niskie. Tylko w około 10% wszystkich analizowanych próbek wód stężenia pierwiastka osiągają wartości wyższe niż 5,6 µg/dm^3. Mediana dla całego zbioru wynosi 2,2 µg/dm^3 i jest około pięć razy niższa w porównaniu do median glinu uzyskanych dla wód powierzchniowych z rejonu Warszawy lub Poznania – 10 µg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Wartości środkowe stężeń metalu obliczone dla poszczególnych JCWP, leżących w obrębie obszaru badań, znajdują się w przedziale 0,8–3,0 µg/dm^3. W żadnej badanej próbce nie stwierdzono przekroczenia 400 µg/dm^3 – wartości granicznej dla glinu określonej dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych dla wskaźników z grupy specyficznych substancji zanieczyszczających (Rozporządzenie…, 2021). Najwyższe stężenie glinu (133,5 µg/dm^3) zmierzono w próbce wody pobranej z sadzawki w miejscowości Elizówka. Jest to zbiornik wody stojącej, położony na piaskach, pyłach i mułkach deluwialnych. Znajduje się on w sąsiedztwie magazynów, hali targowej i centrum handlowego. Spływają do niego wody opadowe i cechuje go wyraźnie zasadowy odczyn wody (pH 10,76).

As – ARSEN

Gleby: tablica 13, tabela 3

W większości skał arsen występuje w ilościach od 0,5 mg/kg do 2,5 mg/kg. Zakres średnich wartości arsenu w glebach waha się od 0,2 mg/kg do 16 mg/kg. Najwyższe jego ilości spotykane są zazwyczaj we frakcji iłastej oraz glebach organicznych. W glebach wykazuje on właściwości zbliżone do fosforu i podlega sorpcji przez wodorotlenki żelaza i glinu, substancję organiczną oraz związki wapnia i fosforu (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Łożna, Biernat, 2008).

Gleby Lublina i okolic wykazują małe zróżnicowanie pod względem występowania arsenu. Zawartości tego metaloidu mieszczą się w granicach od poniżej 3 mg/kg do 18 mg/kg (mediana 3 mg/kg). Uzyskane wyniki analiz są zbliżone do danych dla gleb z rejonu Warszawy, w których 75% próbek miało zawartości arsenu poniżej granicy oznaczalności (Tomassi-Morawiec, 2016). Podwyższone zawartości metaloidu w glebach warstwy powierzchniowej zaobserwowano w północno-wschodniej części Lublina w dzielnicy Tatary. W przeszłości na tym obszarze zlokalizowane były zakłady przemysłowe: Fabryka Samochodów Ciężarowych, Zakłady Mechaniczne Ursus, odlewnia żeliwa. Obecnie funkcjonuje tam szereg mniejszych zakładów produkcyjnych oraz Elektrociepłownia Megatem EC-Lublin Sp. z o.o. Ze względu na fakt, iż do głównych źródeł działalności ludzkiej, powodujących emisję arsenu do środowiska, należy zaliczyć miedzy innymi hutnictwo oraz spalanie węgla (Matschullat, 2000), to właśnie wieloletnie wykorzystywanie terenów dzielnicy Tatary przez przemysł przyczyniło się do zwiększenia ilości tego pierwiastka w glebie. Maksymalna zawartość arsenu (18 mg/kg) została odnotowana w próbce gleby piaszczystej, pobranej w obrębie dzielnicy Tatary, w centralnej części terenów należących do byłej FSC. Pozostałe obszary, szczególnie leśne i rolne, ale także część terenów w obrębie miasta Lublina, charakteryzują się niskimi zawartościami arsenu, w wielu lokalizacjach poniżej granicy oznaczalności. Niskie ilości metaloidu stwierdzono w glebach południowej i południowo-wschodniej części charakteryzowanego rejonu. Wszystkie gleby z okolic Lublina zawierają arsen poniżej zawartości dopuszczalnej (25 mg/kg) dla I grupy gruntów (Rozporządzenie..., 2024). Dane uzyskane dla arsenu w glebach Lublina i okolic są na podobnym poziomie, jaki stwierdzono podczas realizacji projektu GEMAS. Mediany zawartości arsenu w glebach rolniczych Polski wynosiły 2,4 mg/kg dla pól uprawnych i 3,1 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014). W próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek stwierdzono 4 mg/kg arsenu, czyli około dwa razy więcej w porównaniu do zawartości tego pierwiastka (2,5 mg/kg i 1,93 mg/kg) oznaczonych w roku 2015 i 2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski*, dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283).

Osady wodne: tablica 13, tabela 5

Zawartość arsenu w osadach wodnych badanego rejonu mieści się w przedziale od poniżej 3 mg/kg do 47 mg/kg (mediana poniżej 3 mg/kg). Rozkład przestrzenny występowania tego pierwiastka w osadach nie wskazuje na zwiększenie jego ilości w skutek działalności człowieka. Maksymalne zawartości arsenu, wynoszące odpowiednio 47 mg/kg i 27 mg/kg, zmierzono w dwóch próbkach osadów pobranych w początkowym odcinku cieku Dopływ spod Świdnik. Wzbogaceniu tych osadów w arsen towarzyszy również podwyższona zawartość żelaza. Prawdopodobnie, nagromadzenie arsenu w osadach pobranych z tego fragmentu cieku ma podłoże naturalne, związane z występowaniem w rejonie źródlisk Dopływu spod Świdnika rozległych łąk z rudą darniową. Na pozostałym obszarze objętym badaniem, zawartości tego metaloidu w osadach wodnych są zbliżone do ilości oznaczonych w glebach i mieszczą się w przedziale od poniżej 3 mg/kg do 13 mg/kg. Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego, to stwierdza się, że w czterech próbkach osadów odnotowano ilości arsenu powyżej wartości TEC (9,8 mg/kg), a w dwóch powyżej wartości PEC (33 mg/kg), wskazującej na ryzyko wystąpienia szkodliwego oddziaływania tego metaloidu na organizmy wodne (MacDonald i in., 2000).

Wody powierzchniowe: tablica 14, tabela 7

Wody powierzchniowe z rejonu Lublina i okolic charakteryzują się niskimi stężeniami arsenu. Prawie 81% analizowanych próbek wód zawiera stężenia nieprzekraczające granicy oznaczalności (2 µg/dm^3). Maksymalne stężenie pierwiastka (11 µg/dm^3) zmierzono w próbce pobranej ze śródpolnego rowu melioracyjnego, w rejonie wsi Turka. Ciek ten znajduje się w zasięgu JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Wszystkie zbadane wody zawierają arsen poniżej 50 µg/dm^3 i spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych (Rozporządzenie…, 2021).

B – BOR

Wody powierzchniowe: tablica 15, tabela 7

Bor jest powszechnym składnikiem wód powierzchniowych, przy czym jego stężenie w wodach zbiorników śródlądowych jest zazwyczaj niższe niż w wodach morskich, w których występuje w ilościach około 4,5 mg/dm^3. Głównymi źródłami emisji boru do wód powierzchniowych są ścieki komunalne i przemysłowe oraz spływy powierzchniowe z terenów rolniczych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

We wszystkich próbkach wód powierzchniowych z obszaru Lublina i okolic stężenie boru mieści się w zakresie od poniżej 0,01 mg/dm^3 do 0,09 mg/dm^3. Obliczona mediana stężeń boru wynosi 0,03 mg/dm^3, co jest wartością zbliżoną do mediany boru odnotowanej dla wód Polski – 0,04 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 1995), natomiast jest ona około dwukrotnie niższa w porównaniu do wód aglomeracji Poznania – mediana 0,06 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005) i Warszawy – mediana 0,07 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższe stężenie tego metalu (0,09 mg/dm^3) zarejestrowano w próbce wody pobranej z rowu bez nazwy we wsi Sobianowice. W próbce wody z tej lokalizacji stwierdzono również maksymalne ilości kilku innych parametrów fizyczno-chemicznych: EC–1,092 mS/cm, Ca–195,2 mg/dm^3, Fe–13,70 mg/dm^3, HCO_3^-–590 mg/dm^3, SiO^{2-}–38 mg/dm^3 i Sr–1,618 mg/dm^3. Nie zaobserwowano wyraźnego zróżnicowania przestrzennego stężeń boru w wodach z rejonu Lublina. Mediany boru w poszczególnych JCWP są zbliżone do wartości środkowej obliczonej dla całej populacji próbek wód. W żadnej próbce nie stwierdzono przekroczenia granicznej wartości określonej dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych dla wskaźników z grupy specyficznych substancji zanieczyszczających, wynoszącej dla boru ≤2 mg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

Ba – BAR

Gleby: tablica 16, tabela 3

Bar w skorupie ziemskiej związany jest głównie z kwaśnymi skałami wulkanicznymi oraz skałami osadowymi – łupkami ilastymi, w których wykazuje tendencje do koncentracji (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach Polski bar występuje na ogół na niskim poziomie, poniżej 100 mg/kg, przy czym są to dane uzyskane dla gleb po ekstrakcji wodą królewską, a całkowite zawartości pierwiastka mogą być nawet ponad czterokrotnie wyższe (De Vos, Tarvainen, 2006). W glebach rolniczych średnie wartości baru mieszczą się w granicach od 20 mg/kg do 130 mg/kg (Swęd, 2017), a w glebach ornych poziomu Ap (próchniczy) w przedziale od

27,20 mg/kg do 104,00 mg/kg, przy czym najwyższe wartości (69,61–104,00 mg/kg) zaobserwowano w regionach górskich (Sudety, Podhale i Beskidy Zachodnie) oraz na Wyżynie Śląskiej. W glebach ornych z rejonu Lublina stwierdzono zawartości baru w zakresie od 39,71 mg/kg do 55,40 mg/kg (Tołoczko, 2020).

Gleby obszaru badań wykazują duże zróżnicowanie pod względem występowania baru, od 8 mg/kg do 1327 mg/kg (mediana 49 mg/kg). Zmierzone zawartości tego pierwiastka w glebach aglomeracji lubelskiej są wyższe w stosunku do gleb z rejonu Warszawy – mediana 39 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i Poznania – mediana 27 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). Gleby antropogeniczne z rejonu Lublina (mediana 55 mg/kg) charakteryzują się wyższą zawartością baru niż gleby gliniaste (mediana 49 mg/kg) i piaszczyste (mediana 38 mg/kg). Na terenach z zabudową miejską (niską i wysoką) oraz wiejską odnotowano zbliżone ilości tego pierwiastka (mediany odpowiednio: 53 mg/kg; 52 mg/kg i 51 mg/kg). Wyższe zawartości metalu stwierdzono w glebach na terenach przemysłowych (mediana 58 mg/kg), głównie w kilku dzielnicach Lublina: Bronowice, Kośminek, Abramowice, Wrotków i Sławinek oraz w rejonie Świdnika i Prawiednik. Najprawdopodobniej ma to związek z działalnością antropogeniczną. Bar stosowany jest w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym, motoryzacyjnym czy elektrotechnicznym (Sapota, Skrzypińska-Gabrysiak, 2006). Poza tym źródłem baru w środowisku są: pyły z cementowni i elektrowni, spaliny samochodowe, a także nawozy i pestycydy stosowane w rolnictwie oraz materiały budowlane (tynki i farby). Występowanie wyższych zawartości baru w rejonach elektrociepłowni na terenie Lublina i Świdnika może być związane z emisją przemysłową do środowiska pyłu pochodzącego ze spalania węgla w zawodowych elektrociepłowniach (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Potwierdzają to wyniki analiz próbek węgla kamiennego z Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW), w których zmierzono od 26 mg/kg do 572 mg/kg baru (Bojakowska, Lech, 2015). Ponadto w popiołach ze spalania węgla z LZW (wyłapywanych na elektrofiltrach) odnotowano wysokie zawartości baru 400–1200 mg/kg (Czech i in., 2017). Maksymalne zawartości pierwiastka (1327 mg/kg i 955 mg/kg) oznaczono w próbce gleby pobranej z trawnika zlokalizowanego przy drodze wewnętrznej na terenach przemysłowych (WSK PZL-Świdnik) i w próbce gleby z terenów nieużytków i ugorów w dzielnicy Wrotków, na północ od Zalewu Zemborzyckiego. Zawartości te mogą mieć charakter antropogeniczny. Tylko w siedmiu próbkach gleb wyniki baru przekraczają wartość 400 mg/kg, stanowiącą dopuszczalną zawartość dla I grupy gruntów (Rozporządzenie…, 2024). Najniższe ilości baru odnotowano na południowy wschód od Zalewu Zemborzyckiego, gdzie występują obszary leśne. Zawartość baru oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 90 mg/kg i jest około trzykrotnie wyższa od wartości odnotowanej w 2020 r. (35 mg/kg) w ramach *Monitoringu chemizmu gleb ornych Polski* (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Wyniki uzyskane dla próbek gleb z pól uprawnych (mediana 49 mg/kg) i łąk (mediana 52 mg/kg) z rejonu Lublina są trochę wyższe od zawartości tego pierwiastka w glebach rolniczych Polski, oznaczonych w podczas realizacji międzynarodowego projektu GEMAS. Mediany zawartości baru wynosiły: 32 mg/kg dla gleb ornych i 38 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 16, tabela 5

Zawartości baru w osadach wodnych Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od 6 mg/kg do 309 mg/kg, przy czym w 90% wszystkich przebadanych próbek nie przekraczają 75 mg/kg. Mediana baru obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 40 mg/kg i jest trochę niższa od wartości zarówno w osadach Warszawy – mediana 51 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) jak i Poznania – mediana 46 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). Maksymalną zawartość baru (309 mg/kg) odnotowano w próbce osadu pobranej ze strumienia znajdującego się w zasięgu JCWP Czechówka, w rejonie Sławina na południe od przedsiębiorstwa farmaceutycznego Synthaverse SA. Otaczające tereny nie były użytkowane rolniczo. Najwyższą medianę zawartości baru (49 mg/kg) stwierdzono dla osadów JCWP Czechówka i JCWP Dopływ spod Świdnika. Natomiast najmniejsze ilości tego metalu oznaczono w osadach wodnych JCWP Ciemięga i JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (mediana 28 mg/kg).

Wody powierzchniowe: tablica 17, tabela 7

Stężenia baru w wodach powierzchniowych analizowanego obszaru są zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od 0,002 mg/dm³ do 0,161 mg/dm³. Mediana stężenia baru dla wszystkich próbek wód wynosi 0,035 mg/dm³ i jest niższa od wartości środkowych obliczonych dla wód Warszawy i Poznania, wynoszących odpowiednio 0,050 mg/dm³ i 0,047 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Podwyższone ilości baru w wodach powierzchniowych odnotowano dla JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (mediana 0,053 mg/dm³) i JCWP Czechówka (mediana 0,044 mg/dm³). Mogą być one związane z zanieczyszczeniami antropogenicznymi, występującymi w zlewniach rzek. W rejonie środkowego biegu Czechówki, na wysokości Synthaverse SA, również w osadach odnotowano maksymalną zawartość baru, natomiast rzeka Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego przepływa przez tereny zmienione antropogenicznie, w tym tereny przemysłowe. Maksymalne stężenie baru w wodach powierzchniowych (161 mg/dm³) stwierdzono w sadzawce, w której gromadzą się wody opadowe. Zlokalizowana jest ona na północy obszaru badań w miejscowości Elizówka (gmina Niemce) i znajduje się w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Zbiornik ten, jest położony w sąsiedztwie kompleksu handlowo-usługowego. Uzyskane wyniki odniesiono do wartości granicznej baru, przewidzianej dla klas I i II (Rozporządzenie…, 2021). Na tej podstawie nie stwierdzono przekroczenia wartości granicznej (≤0,5 mg/dm³) w żadnej z badanych próbek wód powierzchniowych.

Be – BERYL

Gleby: tablica 18, tabela 3

Beryl w skorupie ziemskiej występuje w sposób rozproszony i związany jest głównie z kwaśnymi skałami wulkanicznymi oraz skałami ilastymi (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach Polski zawartości berylu występują w przedziale 0,03–2,80 mg/kg. Najwyższe jego wartości związane są z glebami ciężkimi (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach ornych poziomu próchniczego (Ap) zawartości berylu są na ogół niewielkie do 0,70 mg/kg, przy czym najwyższe wartości zaobserwowano na południu Polski w regionach górskich (Sudety i Podhale). Odnotowane we wcześniejszych badaniach zawartości berylu w glebach ornych rejonu Lublina znajdowały się w zakresie 0,36–0,45 mg/kg (Tołoczko, 2020).

Gleby obszaru badań wykazują małe zróżnicowanie pod względem występowania berylu. Jego zawartość w glebach mieści się w przedziale od poniżej 0,5 mg/kg do 4,71 mg/kg (mediana 0,43 mg/kg). Gleby antropogeniczne (mediana 0,49 mg/kg) i gleby gliniaste (mediana 0,47 mg/kg) charakteryzują się wyraźnie wyższą zawartością berylu niż gleby piaszczyste (mediana 0,26 mg/kg). Najwyższe ilości berylu zaobserwowano na obszarach przekształconych antropogenicznie. Na terenach przemysłowych oraz na terenach z zabudową miejską (niską i wysoką) odnotowano zbliżone zawartości analizowanego pierwiastka (mediany odpowiednio: 0,49 mg/kg; 0,48 mg/kg i 0,47 mg/kg). Wzbogacone w beryl są gleby na obszarach miejskich, szczególnie w dzielnicach położonych w centrum Lublina: Stare Miasto, Bronowice, Piaski oraz w okolicach obszarów przemysłowych m.in.: Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin Sp. z o.o., na południe od Oczyszczalni Ścieków Hajdów i w rejonie Świdnika na południe od zakładów WSK PZL-Świdnik i Elektrociepłowni Veolia Wschód Sp. z o.o. Zakład Świdnik. Podwyższone zawartości tego metalu mogą być związane z emisją przemysłową do środowiska pyłu w wyniku spalania węgla w zawodowych elektrociepłowniach oraz z niską emisją na terenie miasta (gospodarstwa domowe opalane węglem), a także z działalnością przemysłu lotniczego (stopy berylu wykorzystywane są jako tworzywo do konstrukcji silników), elektrotechnicznego i medycznego (Buszman i in., 1979; Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Madej, 1999; Jakubowski, 2008). Wyniki analiz węgli i popiołów potwierdzają, że zawierają one wyższe ilości berylu. Średnie zawartości tego metalu w węglach kamiennych z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) wynoszą około 2,8–4,4 mg/kg (Strugała i in., 2014), a w węglach z LZW stwierdzono 3,0 mg/kg berylu (Auguścik i in., 2016). Natomiast w popiołach ze spalania węgla z LZW oznaczono aż 77,2 mg/kg tego pierwiastka (Strugała i in., 2014). Stosunkowo wysokie jego zawartości odnotowano również na terenach ogródków działkowych (mediana 0,51 mg/kg), nieużytków, ugorów oraz trawników (mediana 0,48 mg/kg). Maksymalna zawartość berylu (4,71 mg/kg) została oznaczona w próbce pobranej przy drodze asfaltowej w rejonie Prawiednik (na południe od Zalewu Zemborzyckiego). Ponadto wysoką zawartość berylu (4,05 mg/kg) stwierdzono w próbce pobranej z ogródków działkowych zlokalizowanych w rejonie Rur Jezuickich. Zawartości te mogą mieć charakter antropogeniczny. Najniższe ilości pierwiastka odnotowano w południowej części terenu badań, w okolicy Zalewu Zemborzyckiego i doliny rzeki Bystrzycy oraz na północ od Świdnika Małego i Świdnika Dużego, w obrębie kompleksów leśnych. Zawartość berylu zmierzona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 0,76 mg/kg. Mieści się ona w zakresie (poniżej 2 mg/kg) odnotowanym w *Monitoringu chemizmu gleb ornych Polski* (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Wyniki berylu uzyskane dla gleb z terenów rolniczych rejonu Lublina są około dwukrotnie wyższe od jego zawartości w glebach Polski, stwierdzonych w ramach realizacji międzynarodowego projektu GEMAS. Mediany tego pierwiastka wynosiły 0,22 mg/kg dla gleb pól uprawnych i 0,27 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 18, tabela 5

Zawartości berylu w osadach wodnych Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od poniżej 0,05 mg/kg do 1,03 mg/kg (mediana 0,36 mg/kg). Maksymalną punktową zawartość berylu (1,03 mg/kg) zaobserwowano w próbce pobranej ze strumienia Dopływ z Konopnicy (w jego górnym biegu), w rejonie miejscowości Konopnica. Otaczające tereny stanowią odłogi rolnicze i ugory. Najwyższą wartość mediany berylu (0,43 mg/kg) stwierdzono dla JCWP Czerniejówka. Najmniejsze zawartości tego metalu odnotowano w osadach wodnych JCWP Ciemięga i JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego. Wartości median w obu JCWP są na zbliżonym poziomie i wynoszą odpowiednio 0,28 mg/kg i 0,29 mg/kg.

Wody powierzchniowe: tablica 19, tabela 7

Stężenie berylu w wodach powierzchniowych jest niskie i najczęściej nie przekracza 0,5 µg/dm³ (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Źródłami migracji berylu do wód powierzchniowych mogą być: infiltracja z gleb czy opad atmosferyczny (Buszman i in., 1979). Na stężenie berylu w wodach powierzchniowych wpływa jej odczyn. Pierwiastek ten, przy pH zbliżonym do obojętnego, będzie w większości hydrolizowany do nierozpuszczalnego wodorotlenku berylu. Natomiast jego rozpuszczalność i mobilność wzrastają wraz ze wzrostem pH ze względu na możliwość tworzenia rozpuszczalnych kompleksów z jonami wodorotlenkowymi (Bolan i in., 2023). W wodach powierzchniowych z terenów uprzemysłowionych (obszar GZW) stwierdzono stężenia berylu w granicach 0,3–1,88 µg/dm³ (Pasieczna i in., 2021).

W ramach przeprowadzonych badań odnotowano niskie stężenia berylu w wodach powierzchniowych rejonu Lublina. Wszystkie próbki wód powierzchniowych wykazują stężenia metalu nieprzekraczające granicy oznaczalności stosowanej metody analitycznej (0,05 µg/dm³). Wody rejonu Lublina mają odczyn głównie słabo zasadowy, co może ograniczać rozpuszczalność berylu i jego transport w wodach powierzchniowych.

Br⁻ – BROMKI

Wody powierzchniowe: tablica 20, tabela 7

Brom w wodach przeważnie występuje w formie jonowej jako bromki (Br). Średnie stężenie bromków w wodach powierzchniowych na ogół nie przekracza 0,2 mg/dm³. Wyższe stężenia bromków obserwowano w wodach o zwiększonej mineralizacji, takich jak solanki, wody termalne oraz wody lecznicze (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Podwyższone stężenia bromków w wodach mogą także wynikać ze zrzutów ścieków przemysłowych.

W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono niskie stężenia bromków w wodach powierzchniowych rejonu Lublina. We wszystkich analizowanych próbkach stężenie jonów jest poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,1 mg/dm³). Wynik ten jest zgodny z ogólną tendencją występowania bromków w wodach słabo zmineralizowanych, w których najczęściej nie przekraczają poziomu wykrywalności. W porównaniu z wodami powierzchniowymi Warszawy i okolic, które w wielu miejscach odznaczały się zawartościami bromków powyżej 0,2 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016), cieki wodne z rejonu Lublina nie wykazują cech antropogenicznego zanieczyszczenia tym pierwiastkiem.

OWO – OGÓLNY WĘGIEL ORGANICZNY

Gleby: tablica 21, tabela 3

Ogólny węgiel organiczny (OWO) występuje w środowisku jako część żywej biomasy oraz martwej materii organicznej, takiej jak torf, węgiel kamienny czy kerogen. Może również pochodzić ze źródeł antropogenicznych m.in. ze składowisk odpadów (Salminen, 2005), ścieków przemysłu petrochemicznego, procesów spalania paliw czy pozostałości po przeróbce smoły węglowej (Stojanović Bjelić i in., 2022). W wodach OWO działa jak substancja kompleksująca metale, np. Al, Cu, Pb, Zn i Cd, wpływając tym samym na ich rozpuszczalność i mobilność w środowisku. W porównaniu z innymi krajami europejskimi, gleby w Polsce cechują się niższą zawartością OWO (Salminen, 2005).

W rejonie Lublina i okolic zawartość OWO w glebach jest bardzo zróżnicowana – od 0,13% do 34,66%. Uzyskana wartość środkowa dla OWO w glebach badanego obszaru (1,36%) jest zbliżona do mediany OWO dla gleb Warszawy – 1,40% (Tomassi-Morawiec, 2016) i trochę niższa od jego przeciętnego poziomu w glebach Europy – 1,73% (Salminen, 2005). W obrębie obszaru badań najwyższe zawartości węgla organicznego występują w glebach torfiastych (mediana 14,07%), a znacznie niższe ilości OWO notowano w glebach antropogenicznych (mediana 2,04%) oraz piaszczystych (mediana 1,64%). Najniższe mediany OWO stwierdzono w glebach pylastych (1,18%) i gliniastych (1,28%). Pod względem zabudowy obszaru, najwyższe wartości OWO zaobserwowano na terenach przemysłowych (mediana 1,94%) oraz terenach z zabudową miejską wysoką (mediana 1,79%). Obszary o podwyższonych zawartościach węgla organicznego stwierdzono w dolinie rzeki Bystrzycy, gdzie występują gleby naturalnie bogate w materię organiczną – m.in. mady czarnoziemne, czarne ziemie, torfy oraz mady właściwe (Chodorowski i in., 2024). Z kolei wysokie wartości OWO w glebach w pobliżu Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin SA i Elektrociepłowni Lublin-Wrotków mają najprawdopodobniej charakter antropogeniczny i są związane z emisją pyłów powstałych w wyniku spalania węgla kamiennego. W tych rejonach zaobserwowano również zwiększoną zawartość takich pierwiastków jak ołów, siarka i cynk.

Osady wodne: tablica 21, tabela 5

Mediana zawartości ogólnego węgla organicznego w badanych osadach wodnych wynosi 3,05% i jest wyższa niż mediana dla osadów Europy – 1,71% (Salminen, 2005). Zawartości OWO w osadach z rejonu Lublina mieszczą się w przedziale od 0,11% do 25,32%. Najwyższą wartość mediany OWO stwierdzono dla osadów JCWP Dopływ spod Świdnika (6,93%). Jest ona ponad dwukrotnie wyższa niż mediana obliczona dla wszystkich próbek osadów. Podwyższone ilości OWO odnotowano również w osadach JCWP Bystrzyca do Zbiornika Zemborzyckiego (mediana 3,79%) oraz w JCWP Czerniejówka (mediana 3,44%). Podwyższone zawartości węgla organicznego występują w osadach cieków zlokalizowanych w północno-wschodniej i południowo-zachodniej części analizowanego obszaru. Często są to podmokłe tereny dolinne, z warunkami sprzyjającymi gromadzeniu się materii organicznej. Najwyższe wartości OWO (powyżej 18%) odnotowano punktowo w osadach stawów i strumieni znajdujących się w okolicy cieku Ciemięga (Krężniczanka), w południowo-zachodnim fragmencie opisywanego rejonu.

Wody powierzchniowe: tablica 22, tabela 7

Stężenie ogólnego węgla organicznego w wodach powierzchniowych wynika głównie z rozkładu materii organicznej. Jego stężenie jest zwykle wyższe w miejscach bogatych w związki organiczne.

Stężenie OWO w badanych wodach waha się od poniżej 1,0 mg/dm³ do 34,0 mg/dm³. Mediana dla całego obszaru wynosi 1,5 mg/dm³, co stanowi wartość ponad trzykrotnie niższą od mediany (4,99 mg/dm³) obliczonej dla rozpuszczonego węgla organicznego oznaczonego w próbkach wód strumieniowych pobranych z obszaru Europy (Salminen, 2005) oraz dla Warszawy – 5,0 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższe wyniki OWO (34,0 mg/dm³ i 33,0 mg/dm³) odnotowano w próbkach pobranych z rowów w okolicach rzeki Ciemięgi (Krężniczanki) oraz w północno-wschodnich rejonach obszaru w miejscowości Bystrzyca. Najwyższe wartości mediany OWO stwierdzono dla JCWP Dopływ spod Świdnika (3,0 mg/dm³), JCWP Ciemięga (1,9 mg/dm³) i JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (1,6 mg/dm³). Natomiast najniższe stężenia OWO odnotowano dla JCWP Czerniejówka (mediana 1,2 mg/dm³) oraz dla JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (mediana 1,3 mg/dm³). Nie stwierdzono podwyższonych ilości OWO w wodach powierzchniowych zlokalizowanych w centrum Lublina. Podwyższone poziomy OWO zaobserwowano w wodach JCWP Dopływ z Konopnicy (poniżej Lipniaka), JCWP Dopływ spod Świdnika oraz w rowach i kanałach znajdujących się w zasięgu Bystrzycy i Ciemięgi – odpowiednio w północno-wschodniej i południowo-zachodniej części aglomeracji. W wielu z tych miejsc również osady wodne wykazują wzbogacenie w OWO. W pięciu próbkach stwierdzono przekroczenie wartości granicznej dla klasy I, a w 12 – dla klasy II (Rozporządzenie…, 2021).

Ca – WAPŃ

Gleby: tablica 23, tabela 3

Wapń jest piątym pierwiastkiem pod względem występowania w skorupie kontynentalnej (Salminen, 2005). Wchodzi on w skład szeroko rozpowszechnionych minerałów takich jak kalcyt, aragonit, gips i anhydryt. Na tle Europy gleby Polski charakteryzują się raczej niskimi zawartościami wapnia (poniżej 0,5%). Jedynie w glebach rozwiniętych na wapieniach, m.in. występujących w regionie Wyżyny Lubelskiej obserwowano ilości większe od 2% (Lis, Pasieczna, 1995).

W podłożu badanego obszaru powszechnie występują skały wapienne, margle, gezy i opoki oraz lessy zawierające węglan wapnia, a zawartości wapnia w powierzchniowej warstwie gleb mieszczą się w zakresie od poniżej 0,01% do 12,89%. Obliczona dla tego rejonu wartość mediany – 0,35% jest około dwukrotnie wyższa od wartości środkowej pierwiastka obliczonej dla gleb Polski – 0,18% (Lis, Pasieczna, 1995). Jest także wyższa od mediany uzyskanej dla gleb aglomeracji warszawskiej – 0,26% (Tomassi-Morawiec, 2016). Natomiast jest ona prawie dwukrotnie niższa w porównaniu do mediany wapnia dla gleb Europy – 0,659% (Salminen, 2005). Rozkład przestrzenny występowania wapnia w glebach z rejonu Lublina jest podobny do występowania strontu. Oba pierwiastki wykazują podobne właściwości geochemiczne. Zawartość wapnia w glebach charakteryzowanego terenu związana jest zarówno z litologią skał macierzystych jak również czynnikami antropogenicznymi, o czym świadczy wysoka zawartość metalu w glebach z terenów przemysłowych (mediana 1,56%) i terenów z zabudową miejską wysoką (mediana 1,37%). Jednak najwyższymi zawartościami wapnia charakteryzują się gleby pobrane w parkach (mediana 1,70%). Gleby antropogeniczne i torfiaste są również wzbogacone w wapń (mediany odpowiednio 1,67% i 1,55%). Najuboższe w ten pierwiastek są gleby leśne (mediana 0,04%), gleby pól uprawnych (0,16%) i gleby z terenów bez zabudowy (0,15%). Obfitują w wapń gleby obszarów miejskich znajdujących się w dzielnicach: Tatary i Bronowice, gleby pobrane w okolicach browarów lubelskich (Perła) i Elektrociepłowni Magatem EC-Lublin SA oraz gleby w miejscowości Piaski. Również tereny w obrębie miasta Świdnika zawierają wyższe ilości wapnia. Wzbogacenie gleb miejskich w wapń jest efektem emisji pyłów ze spalania węgla oraz domieszek materiałów budowlanych w postaci gruzu, zapraw murarskich i cementu (Washbourne i in., 2012). Źródłem wapnia w glebach mogą być także popioły pochodzące ze spalania węgla, zawierające CaO (Bhatt i in., 2019).

Osady wodne: tablica 23, tabela 5

Wapń w osadach wodnych wykazuje duże zróżnicowanie od 0,03% do 9,74%. Mediana zawartości wapnia w osadach wodnych Lublina – 2,65% jest około trzykrotnie wyższa od wartości środkowej obliczonej dla osadów Polski – 0,86% (Lis, Pasieczna, 1995) i aż pięciokrotnie wyższa niż dla osadów wodnych z okolic Warszawy – 0,53% (Tomassi-Morawiec, 2016). Porównując aktualne wyniki badań z danymi uzyskanymi (2,8%) podczas realizacji *Atlasu geochemicznego Polski* (Lis, Pasieczna, 1995), nie zaobserwowano wyraźnych zmian w ilości tego pierwiastka w osadach charakteryzowanego rejonu. Najwyższymi zawartościami wapnia odznaczają się osady JCWP Dopływ spod Świdnika, dla których obliczona mediana (4,89%) znacznie przekracza wartość środkową uzyskaną dla wszystkich analizowanych próbek osadów. Wyraźnie wzbogacone w wapń są też osady JCWP Czerniejówka (mediana 3,75%) i JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (mediana 3,65%). Maksymalną zawartość wapnia (9,74%) zmierzono w próbce osadu pobranej z rowu leżącego w zlewni rzeki Stoki. W próbce tej stwierdzono także bardzo wysoką zawartość strontu (426 mg/kg). Podwyższone wartości obserwuje się przede wszystkim w ciekach i zbiornikach wodnych znajdujących się na terenach silnie zurbanizowanych, co wskazuje na istotny wpływ czynników antropogenicznych. Najniższe ilości wapnia odnotowano w osadach JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (mediana 1,45%) oraz w osadach JCWP Ciemięga (mediana 1,61%).

Wody powierzchniowe: tablica 24, tabela 7

Na obszarze Lublina i okolic wapń stanowi główny kation wód powierzchniowych. Zakres stężeń tego metalu w analizowanych wodach mieści się w granicach od 12,7 mg/dm³ do 195,2 mg/dm³. Mediana stężenia wapnia w wodach z tego terenu (98,7 mg/dm³) jest wyższa w stosunku do wartości środkowych obliczonych dla: wód Polski – 83 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 1995), wód z rejonu Warszawy – 71,3 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016), wód strumieniowych Europy – 40 mg/dm³ (Salminen, 2005). Najwyższe stężenia pierwiastka odnotowano w wodach JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 163,2 mg/dm³) i JCWP Czerniejówka (mediana 107,4 mg/dm³). Natomiast najniższe mediany wapnia odnotowano w wodach JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (72,7 mg/dm³) oraz JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (93,6 mg/dm³). Rozkład przestrzenny stężeń wapnia w wodach powierzchniowych odpowiada rozkładowi jego zawartości w osadach – zwykle wysokie wyniki tego metalu notowano w próbkach wód i osadów występujących w tych samych lokalizacjach. Jego obecność w wodach wiąże się przede wszystkim z drenażem skał węglanowych (wapieni, kredy piszącej, margli, opok, gez, dolomitów). Wapń w wodach może też mieć pochodzenie antropogeniczne związane z jego wymywaniem z różnych materiałów budowlanych, popiołów i nawozów mineralnych używanych do alkalizowania gleb (Washbourne i in., 2012; Bhatt i in., 2019).

Cd – KADM

Gleby: tablica 25, tabela 3

Kadm jest pierwiastkiem silnie rozproszonym w skałach, a średnia jego zwartość zawiera się w przedziale 0,03– 0,22 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W procesach wietrzenia kadm jest łatwo uruchomiany, a następnie wiązany przez minerały ilaste, wodorotlenki żelaza oraz substancję organiczną. Na zawartość kadmu w glebach wpływa jego występowanie w skałach macierzystych oraz różne czynniki antropogeniczne tj. przemysł metalurgiczny, korozja obiektów metalowych, stosowanie nawozów fosforowych i wielosładnikowych, osady ściekowe, ścieranie się opon pojazdów (Dar, 1996; Alloway, Ayres, 1999; Zielazińska, Wyszkowska, 2005). Silna i długotrwała presja antropogeniczna spowodowała, że obecnie obserwuje się największe wzbogacenie gleb w kadm (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Gleby obszaru badań wykazują zróżnicowanie pod względem występowania kadmu, a jego zawartości mieszczą się w granicach od poniżej 0,05 mg/kg do 15,57 mg/kg (mediana 0,19 mg/kg). Najwyższy uzyskany wynik jest znacząco niższy w porównaniu do maksymalnej zawartości kadmu w glebach rejonu Warszawy – 95,6 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i Poznania – 2770 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). W obrębie badanego obszaru, stosunkowo najwyższymi wartościami kadmu (powyżej 0,62 mg/kg) charakteryzują się gleby zlokalizowane wzdłuż prawego brzegu rzeki Bystrzycy. Są to głównie tereny przemysłowe i poprzemysłowe, umiejscowione w granicach dzielnic: Kośminek, Bronowice, Tatary oraz okolice wsi Wólka i Długie, gdzie znajduje się duży węzeł drogowy trasy S17. Wpływ presji antropogenicznej, związany z działalnością zakładów lotniczych WSK PZL-Świdnik, zaobserwowano także w glebach z terenu Świdnika, gdzie odnotowano najwyższy wynik kadmu. Pomimo, że zasięg oddziaływania jest stosunkowo ograniczony, to jednak jest ono dość silne. Obliczona dla gleb z terenów przemysłowych mediana zawartości kadmu (0,45 mg/kg) jest ponad dwukrotnie wyższa niż wartość mediany tego metalu dla wszystkich próbek gleb pobranych z Lublina i okolic. Również wcześniejsze badania na terenie Lublina, wskazywały na występowanie podwyższonych ilości kadmu w glebach z obszarów przemysłowych. W próbce gleby z poziomu powierzchniowego, pobranej na terenie dawnej Fabryki Samochodów Ciężarowych, oznaczono 5,2 mg/kg kadmu (Pasieczna, 2003). Niższe zawartości pierwiastka, odnotowano w glebach w południowej oraz południowo-zachodniej części analizowanego obszaru. Najniższe ilości kadmu zarejestrowano w glebach pobranych z obszarów leśnych (mediana 0,07 mg/kg). Zawartość kadmu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 0,46 mg/kg i jest na podobnym poziomie, jaki odnotowano w dwóch ostatnich cyklach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości. Wyniki zawartości kadmu dla ppk 283 wynosiły 0,18 mg/kg i 0,52 mg/kg (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Z wyjątkiem próbki o najwyższej zawartości kadmu, wyniki badań gleb pobranych w rejonie Lublina nie różnią się od wartości stwierdzonych podczas realizacji dwóch projektów europejskich: FOREGS (*Geochemical atlas of Europe*) oraz GEMAS (*Chemistry of Europe's agricultural soils*) obejmujących odpowiednio niezanieczyszczone i użytkowane rolniczo gleby na terenie Europy, w tym Polski (Salminen, 2005; Reimann i in., 2014). Maksymalny wynik kadmu, odnotowany w trakcie aktualnie wykonanych badań (15,57 mg/kg) w próbce gleby pobranej w okolicy zakładów WSK PZL-Świdnik, jest wyższy od dopuszczalnej zawartości kadmu dla IV grupy gruntów (15 mg/kg). W około 2,5% wszystkich badanych gleb metal ten występuje w ilości większej niż 2 mg/kg, będącej dopuszczalną zawartością dla I grupy gruntów (Rozporządzenie…, 2024). Podwyższone ilości tego pierwiastka obserwowano przede wszystkim w glebach pobranych z ugorów, trawników i ogródków. Tylko dwie próbki z zawartością kadmu powyżej 2 mg/kg pochodzą z obszarów użytkowanych rolniczo.

Osady wodne: tablica 25, tabela 5

Zawartości kadmu w osadach wodnych pobranych w obrębie charakteryzowanego terenu znajdują się w przedziale od poniżej 0,05 mg/kg do 85,79 mg/kg. Mediana zawartości kadmu obliczona dla wszystkich próbek osadów wynosi 0,32 mg/kg i jest trochę wyższa od mediany tego metalu uzyskanej dla ogółu gleb z tego rejonu (0,19 mg/kg), co może wskazywać na gromadzenie się kadmu w osadach. Około 90% pobranych próbek charakteryzuje się zawartością kadmu na poziomie równym lub niższym niż 1,62 mg/kg. Zbliżone wyniki odnotowano we

wcześniejszych badaniach osadów aglomeracji warszawskiej, dla której 90% próbek wykazywało zawartości metalu nieprzekraczające 1,60 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Podwyższone ilości kadmu obserwowano w osadach rzeki Bystrzycy, a szczególnie w miejscach znajdujących się w granicach przemysłowych dzielnic Lublina. Świadczy to o antropogenicznym charakterze emisji tego pierwiastka i negatywnym wpływie zakładów przemysłowych na stan chemiczny osadów. Nie zaobserwowano kumulacyjnego wzrostu zawartości tego metalu w osadach wraz z biegiem rzeki Bystrzycy. Maksymalną wartością kadmu – 85,79 mg/kg charakteryzuje się próbka osadu pobrana z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Ponieważ miejsce opróbowania znajduje się powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów, nie można wskazać emisji z oczyszczalni jako źródła zanieczyszczenia osadu tym metalem. Nagromadzenie wysokich ilości kadmu w tym miejscu może być związane z działalnością przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi. Działka, na której funkcjonuje przedsiębiorstwo, znajduje się w niewielkiej odległości od koryta rzeki Bystrzycy i od miejsca pobrania próbki (około 40 metrów). Duża cześć działki jest utwardzona i wykorzystywana jako miejsce składowania i plac manewrowy. W osadach z tej lokalizacji odnotowano najwyższe zawartości nie tylko kadmu ale także Ag, Cr, Cu, Ni, Zn, Co, Ti i Pb oraz niemal najwyższe Ba i Se. W 18 próbkach osadów oznaczono ilości kadmu powyżej wartości TEC (0,99 mg/kg), a w siedmiu próbkach powyżej wartości PEC (4,98 mg/kg), wskazującej na ryzyko wystąpienia szkodliwego oddziaływania kadmu na organizmy bentosowe (MacDonald i in., 2000).

Wody powierzchniowe: tablica 26, tabela 7

Wody powierzchniowe z rejonu Lublina charakteryzują się niskimi stężeniami kadmu. Około 95% badanych próbek wód zawiera kadm poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,05 µg/dm^3). Najwyższe stężenie 0,22 µg/dm^3 zmierzono w próbce wody pobranej z cieku Dopływ ze Skrzynic, w rejonie wsi Głuszczyzna. Ciek ten leży w obrębie JCWP Czerniejówka. Wszystkie zbadane wody spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych określone dla kadmu w Rozporządzeniu…, 2021.

ChZT – CHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE TLENU

Wody powierzchniowe: tablica 27, tabela 7

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) jest jednym z podstawowych wskaźników oceny jakości wód, umożliwiającym orientacyjne określenie stężenia substancji organicznych obecnych w wodzie (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002). Oznacza ilość tlenu (w mg/dm^3), jaka jest potrzebna do chemicznego utlenienia wszystkich substancji organicznych, które są obecne w próbce wody. ChZT jest jednym z parametrów stosowanych do oceny skuteczności procesów oczyszczania ścieków. Wysokie wartości ChZT wskazują na dużą ilość zanieczyszczeń organicznych m.in. obecność resztek roślinnych, tłuszczów, detergentów, substancji biologicznych. Z kolei niskie ChZT oznacza, że woda jest stosunkowo czysta.

Mediana ChZT, obliczona dla całego zbioru analizowanych próbek wód powierzchniowych, wynosi 3,0 mg/dm^3. Najwyższą wartością mediany ChZT wyróżniają się wody JCWP Dopływ spod Świdnika (7,0 mg/dm^3). Natomiast maksymalne stężenie ChZT (77 mg/dm^3) zmierzono w próbce wody pobranej z rowu w miejscowości Krężnica Jara, znajdującego się w południowo-zachodniej części badanego obszaru. W pozostałych JCWP wartości median tego wskaźnika kształtują się na poziomie zbliżonym do mediany wyznaczonej dla całego zbioru próbek wód. W porównaniu do wód Warszawy – mediana 9 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016), wody powierzchniowe Lublina i okolic wykazują niższe stężenia ChZT.

Cl^- – CHLORKI

Wody powierzchniowe tablica 28, tabela 7

Źródłem chlorków w wodach powierzchniowych jest proces wymywania skał i gleb. Chlorki dostają się do cieków wodnych poprzez ścieki przemysłowe i komunalne, jak również w znacznych ilościach wraz z wodami kopalnianymi (Dojlido, 1987). Naturalne stężenie chlorków w wodach rzecznych wynosi średnio około 8 mg/dm^3, a w silnie zasolonych jeziorach może przekraczać 20%. W ostatnim stuleciu obserwuje się wyraźny wzrost zasolenia wód powierzchniowych, w czym znaczną rolę odgrywa chlor (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Stężenia chlorków w wodach powierzchniowych aglomeracji Lublina mieszczą się w przedziale od 5,2 mg/dm^3 do 240 mg/dm^3. Wyższe stężenia chlorków obserwowano w próbkach wód, w których zmierzono wyższe wartości przewodności elektrolitycznej właściwej. Mediana stężenia chloru w wodach powierzchniowych wynosi 23,5 mg/dm^3, co stanowi wartość dwukrotnie niższą w porównaniu do stężeń odnotowanych w wodach aglomeracji Warszawy – mediana 48,3 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz Poznania – mediana 49,7 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005). Spośród wyników uzyskanych dla wszystkich JCWP znajdujących się na omawianym terenie, najwyższą wartością mediany jonów Cl^- wyróżnia się JCWP Dopływ spod Świdnika (36,3 mg/dm^3). Wyraźnie podwyższone stężenia chlorków odnotowano w próbkach wód pobranych z górnego biegu Dopływu z Konopnicy (mediana dla tego cieku 75,7 mg/dm^3). W jego pobliżu zlokalizowanych jest kilka zbiorników retencyjnych, do których następuje spływ powierzchniowy wód opadowych (także z drogi ekspresowej S19), co może przyczyniać się do wzbogacenia cieku w chlorki. W pobliżu wsi Lipniak ciek ten tworzy rozlewiska i zanika. Od tego miejsca stężenia jonów chlorkowych są kilkukrotnie niższe. Najwyższe stężenie chlorków (240 mg/dm^3), jak również maksymalną wartość przewodności elektrolitycznej właściwej, stwierdzono w wodach zbiornika retencyjnego w miejscowości Elizówka (gmina Niemce), w północno-środkowej części badanego obszaru, przy drodze wojewódzkiej nr 835, w niewielkiej odległości od kompleksu handlowo-usługowego. Zbiornik ten pełni funkcję odbiornika wód opadowych i roztopowych spływających z okolicznych terenów i nawierzchni drogowych. Spływ powierzchniowy, zawierający w sezonie zimowym również sól drogową, może być głównym źródłem zanieczyszczenia wód chlorkami.

Co – KOBALT

Gleby: tablica 29, tabela 3

W skorupie ziemskiej kobalt występuje w zróżnicowanych ilościach. Jego rozmieszczenie zarówno w utworach skalnych jak i w glebach jest powiązane z występowaniem związków żelaza i manganu. W utworach osadowych metal ten gromadzi się głównie w skałach ilastych (10–20 mg/kg). Jego zawartości są mniejsze w piaskowcach, wapieniach i dolomitach, 0,1–10 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Średnia zawartość tego pierwiastka w lessach została oszacowana na 11 mg/kg (McLennan, Murray, 1999). Dla większości gleb Polski zawartość kobaltu mieści się w granicach od 10 mg/kg do 15 mg/kg (Boratyński i in., 1981). Według Czarnowskiej i Gworek (1987) tło geochemiczne kobaltu dla gleb Polski wynosi 4,7 mg/kg. Natomiast około dwa razy niższą wartość mediany kobaltu w glebach Polski (2 mg/kg) stwierdzono w badaniach wykonanych w Państwowym Instytucie Geologicznym (Lis, Pasieczna, 1995).

Zawartość kobaltu w glebach charakteryzowanego obszaru mieści się w przedziale od 0,32 mg/kg do 20,54 mg/kg. Wartość mediany kobaltu (4,04 mg/kg) dla całego zbioru analizowanych gleb jest ponad dwukrotnie wyższa niż dla gleb aglomeracji warszawskiej i poznańskiej, dla których wartość ta wyniosła 2 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995; Pasieczna, 2003). W rejonie Lublina podwyższonymi zawartościami kobaltu cechują się gleby z terenów przemysłowych i poprzemysłowych lubelskich dzielnic Tatary i Hajdów-Zadębie. Najwyższe ilości tego metalu stwierdzono w glebach znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie dużych zakładów przemysłowych, a także linii kolejowych. Podwyższone, w stosunku do otaczającego terenu, zawartości kobaltu odnotowano w okolicy zakładów lotniczych WSK PLZ-Świdnik. Specyfika produkcyjna zakładu, specjalizującego się w wytarzaniu konstrukcji lotniczych, w tym śmigłowców wymaga stosowania specjalnych stopów zawierających między innymi kobalt. Z materiałów tych wytwarzane są elementy turbin w silnikach lotniczych i rotorów śmigłowców (Lewicka, 2007). Mediana zawartości kobaltu obliczona dla gleb z terenów przemysłowych wynosi 4,35 mg/kg i jest trochę wyższa niż wartość mediany dla wszystkich próbek gleb pobranych z Lublina i okolic. Niższe zawartości metalu odnotowano w południowej oraz północno-wschodniej części badanego terenu, głównie w obrębie zwartych kompleksów leśnych. Najniższe ilości pierwiastka obserwowano dla gleb piaszczystych (mediana 2,43 mg/kg) oraz leśnych (mediana 2,22 mg/kg). Zawartość kobaltu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 5,11 mg/kg i jest trochę wyższa od wartości tego pierwiastka (2,82–4,06 mg/kg) zmierzonych w latach 1995–2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Aktualnie uzyskane dane dla gleb Lublina i okolic są podwyższone w stosunku do wartości dla gleb Polski stwierdzonych podczas realizacji projektów europejskich FOREGS i GEMAS (Salminen, 2005; Reimann i in., 2014). W obu tych projektach wartości median kobaltu dla próbek gleb z obszaru Polski były podobne i wynosiły: 2,5 mg/kg dla gleb użytkowanych rolniczo (GEMAS, liczba próbek 258) i 2 mg/kg dla gleb z terenów niezanieczyszczonych (FOREGS, liczba próbek 55). Wyższe zawartości kobaltu w glebach aglomeracji lubelskiej są wypadkową przede wszystkim czynnika geogenicznego (podłoże geologiczne terenu i gleby wykształcone na lessach i piaskach pyłowatych lessopodobnych) i w mniejszym stopniu czynnika antropogenicznego (wieloletnie funkcjonowanie zakładów przemysłowych). Maksymalny wynik kobaltu (20,54 mg/kg), odnotowany w próbce gleby pobranej w dzielnicy Hajdów-Zadębie, nie przekracza zawartości dopuszczalnej dla I grupy gruntów – 50 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024).

Osady wodne: tablica 29, tabela 5

Uzyskane wyniki zawartości kobaltu w osadach wodnych znajdują się w przedziale od 0,09 mg/kg do 40,81 mg/kg. Mediana zawartości tego metalu w próbkach osadów wodnych z Lublina i okolic wynosi 3,38 mg/kg i jest trochę wyższa niż wartość mediany kobaltu obliczona dla osadów z rejonu Warszawy – 2 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). W obu przypadkach 97% wyników kobaltu nie przekraczało wartości 10 mg/kg. W granicach terenu badań wyższe zawartości kobaltu występują głównie w osadach rzeki Bystrzycy. Wzbogacenie osadów w ten pierwiastek stwierdzono w dolnym fragmencie Bystrzycy, który przepływa przez przemysłowe dzielnice Lublina i dalej poniżej miasta. Nie zaobserwowano kumulacyjnego wzrostu ilości tego metalu w osadach wraz z biegiem rzeki. Maksymalną zwartość pierwiastka stwierdzono w próbce osadu pobranego z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. W próbce tej odnotowano także najwyższe zawartości innych pierwiastków (Ag, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Ti i Pb). Ponieważ w pobliżu miejsca opróbowania funkcjonuje przedsiębiorstwo zajmujące się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi, podwyższone zawartości metali w osadzie z tej lokalizacji, mogą wynikać z działalności tego zakładu. Zawartość kobaltu w tej próbce osadu jest ponad trzykrotnie wyższa od kolejnego wysokiego wyniku zmierzonego w osadach (12,62 mg/kg). W pozostałych próbkach osadów ilości kobaltu są zbliżone do jego poziomu w glebach aglomeracji lubelskiej. Odnosząc uzyskane wyniki do wartości granicznych przyjętych w klasyfikacji osadów rzek i jezior wg. kryteriów geochemicznych (Bojakowska, Sokołowska, 1998), tylko dwie próbki, zawierające powyżej 10 mg/kg kobaltu, można zaklasyfikować jako „miernie zanieczyszczone".

Wody powierzchniowe: tablica 30, tabela 7

Wody powierzchniowe badanego obszaru charakteryzują się niskimi stężeniami kobaltu. Prawie 70% badanych próbek wód zawiera kobalt w ilościach poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,05 µg/dm^3). Najwyższe stężenie kobaltu – 3,84 µg/dm^3 zmierzono w próbce pobranej ze śródpolnego rowu melioracyjnego, uchodzącego bezpośrednio do rzeki Bystrzycy. Miejsce opróbowania jest zlokalizowane w skrajnie południowo-wschodnim fragmencie omawianego obszaru i znajduje się w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Wszystkie zbadane próbki wód spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których dopuszczalne stężenie kobaltu i jego związków wynosi ≤50 µg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

Cr – CHROM

Gleby: tablica 31, tabela 3

Chrom jest pierwiastkiem powszechnie występującym w środowisku. Największe jego ilości występują w ultrazasadowych skałach magmowych (do 3400 mg/kg). W utworach osadowych chrom gromadzi się głównie w skałach ilastych (od 60 mg/kg do 120 mg/kg). W wapieniach i dolomitach jego ilości są mniejsze, zwykle od 5 mg/kg do 16 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Oznaczone w próbkach gleb z Lublina i okolic zawartości chromu znajdują się w przedziale od 2 mg/kg do 348 mg/kg. Mediana zawartości chromu w glebach tego rejonu wynosi 12 mg/kg i jest wyraźnie wyższa niż wartość środkowa chromu w glebach warstwy powierzchniowej dla miasta Warszawy – 7 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i Poznania – 5 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). Praktycznie cały teren miast Świdnika i Lublina wyróżnia się ilościami chromu powyżej wartości 50. percentyla uzyskanego dla gleb analizowanego rejonu. Obszary przemysłowe i poprzemysłowe dzielnic: Abramowice, Kośminek, Tatary, Kalinowszczyzna oraz miejscowości Wólka wykazują podwyższone zawartości tego pierwiastka. Emisje z dwóch elektrociepłowni (Lublin-Wrotków i Megatem EC-Lublin), wieloletnia działalność kilku garbarni, zakładów przemysłu samochodowego i mechanicznego, odlewni żeliwa Ursus, a także innych przedsiębiorstw i manufaktur jest główną przyczyną występowania dodatnich anomalii chromu w glebach. Największą ilość chromu (348 mg/kg) oznaczono w próbce gleby z terenu przemysłowego, w okolicy zakładów lotniczych WSK PZL-Świdnik. W tym przypadku emisja chromu do środowiska najprawdopodobniej następuje podczas eksploatacji instalacji obróbek pokryciowych w obiekcie, w którym prowadzone są procesy obróbki chemicznej i elektrolitycznej stopów aluminium (https://umwl.bip.lubelskie.pl/upload/pliki/Zmiana_pozwolenia_zintegr._WSK_B3_2020.pdf). Specyfika produkcji konstrukcji lotniczych wymaga materiałów lekkich oraz wytrzymałych takich jak stopy aluminium, gdzie dodatkami uszlachetniającymi w ilościach małoprocentowych mogą być chrom, nikiel, żelazo, tytan czy beryl (Bielawski i in., 2015). Ponadto w budowie współczesnych silników turbinowych występuje problem zabezpieczenia przed korozją stopów niklu, z których wykonywane są pracujące w wysokich temperaturach części robocze. Do galwanizacji takich materiałów stosowane są przede wszystkim żaroodporne pokrycia ze stopów metali zawierających chrom (Szczeciński, 2011). Maksymalny wynik chromu odnotowany w glebach Lublina (348 mg/kg) nie przekracza jego dopuszczalnej zawartości dla IV grupy gruntów (1000 mg/kg) wskazanej w Rozporządzeniu…, 2024. Należy również zauważyć, iż jedynie w przypadku dwóch próbek oznaczona ilość metalu przekracza dopuszczalne zawartości dla I grupy gruntów – 200 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024). Punktowo podwyższoną zawartość chromu (281 mg/kg) stwierdzono na stosunkowo niewielkim obszarze w centrum Lublina, w pobliżu Starego Miasta. Próbka gleby została pobrana w bezpośrednim sąsiedztwie zburzonego fragmentu budynku, będącego w przeszłości siedzibą Instytutu Stomatologii UM w Lublinie. Obecnie w miejscu tym znajduje się częściowo nieutwardzony parking. Ze względu na oddziaływanie różnych czynników mogących determinować zawartość chromu w tym miejscu, trudno jest jednoznacznie wskazać źródła emisji tego metalu do gleby. Sąsiednie tereny wykazują kilkunastokrotnie mniejsze ilości chromu (10–18 mg/kg). Najniższe zawartości chromu w glebach odnotowano w obrębie dużych, zwartych kompleksów leśnych położonych w granicach administracyjnych Lublina, w południowo-zachodniej oraz południowej części miasta. Mediana chromu obliczona dla 128 próbek pobranych z terenów leśnych wynosi 6 mg/kg. Generalnie gleby w południowej części badanego terenu charakteryzują się niższymi wartościami tego metalu. W próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek aktualnie stwierdzona zawartość chromu – 16 mg/kg jest trochę wyższa w porównaniu do wartości (9,2–13,8 mg/kg) zmierzonych w latach 1995–2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary& p=283). W stosunku do innych badań, obejmujących zasięgiem całą Polskę, obecnie uzyskane wyniki (mediana 12 mg/kg) wskazują na występowanie podwyższonych zawartości chromu w glebach charakteryzowanego terenu. Obliczone na podstawie wcześniejszych badań wartości median chromu wynosiły: 3 mg/kg dla gleb Polski pobranych z terenów niezanieczyszczonych (Salminen, 2005), 7 mg/kg dla gleb rolniczych Polski (Reimann i in., 2014) i 4 mg/kg dla ogółu gleb Polski (Lis, Pasieczna, 1995). Natomiast w glebach Europy, metal ten występuje zwykle w większych ilościach, przeciętnie na poziomie 20–22 mg/kg (Salminen, 2005; Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 31, tabela 5

Mediana zawartości chromu uzyskana dla próbek osadów wodnych wynosi 13 mg/kg i jest zbliżona do wartości tego parametru obliczonej dla ogółu gleb rejonu Lublina. W badanych osadach chrom występuje w zakresie od poniżej 1 mg/kg do 79 mg/kg. Zawartości chromu w około 97% próbek osadów pobranych w granicach aglomeracji lubelskiej nie przekraczają 40 mg/kg, podobnie jak dla aglomeracji warszawskiej (Tomassi-Morawiec, 2016) i poznańskiej (Lis, Pasieczna, 2005). W przypadku Poznania, wysokie ilości chromu (powyżej 25 mg/kg) zanotowano w osadach wodnych zlokalizowanych w obrębie silnie zurbanizowanych obszarów. Wartość 25 mg/kg jest przekroczona jedynie w 18 próbkach osadów z rejonu Lublina. Antropogeniczne podwyższenie chromu występuje głównie w osadach rzeki Bystrzycy i Czechówki, na wysokości dzielnic przemysłowych Lublina, począwszy od dzielnicy Kośminek, gdzie od końca XIX wieku lokowane były między innymi zakłady garbarskie, gorzelnie i manufaktury. Maksymalną wartością chromu (79 mg/kg) charakteryzuje się próbka osadu z rzeki Bystrzycy, pobrana już poza samym ośrodkiem miejskim. Miejsce opróbowania znajduje się w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów i w związku z tym nie należy wiązać emisji z oczyszczalni z zanieczyszczeniem osadu w tej lokalizacji. Prawdopodobnym źródłem zanieczyszczenia osadów tym pierwiastkiem jest spływ powierzchniowy z terenu przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi. Ze względu na niedużą odległość tego zakładu od koryta rzeki Bystrzycy (i od miejsca pobrania próbki) istnieje ryzyko przedostawania się zanieczyszczeń do rzeki ze składowanego tam złomu. Poza tym osad z tego miejsca cechuje się najwyższymi zawartości także innych metali Ag, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, Ti i Pb oraz niemal najwyższymi Ba i Se. Podwyższoną zawartością chromu wyróżnia się również próbka osadu pobrana z Bystrzycy, w dzielnicy Tatary. Prawdopodobną przyczyną tego stanu mogą być zanieczyszczenia wprowadzane do rzeki wraz z odciekami z kanalizacji odprowadzającej wody opadowe z tej części miasta. Według klasyfikacji osadów wodnych rzek i jezior, opartej na kryterium geochemicznym (Bojakowska, Sokołowska, 1998), w 143 próbkach zawartość chromu przekracza 6 mg/kg, czyli jest powyżej oszacowanej wartości tła geochemicznego chromu dla osadów Polski. Jednak tylko w dwóch lokalizacjach stwierdzono zawartości tego metalu powyżej 50 mg/kg i na tej podstawie można uznać, że są to osady „miernie zanieczyszczone". Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego, można stwierdzić, że w trzech próbkach osadów odnotowano ilości chromu powyżej wartości TEC (43 mg/kg). Natomiast w żadnej próbce zawartość tego metalu nie przekracza wartości wskaźnika PEC – 110 mg/kg (MacDonald i in., 2000), powyżej której obserwuje się szkodliwe oddziaływanie chromu na organizmy bentosowe.

Wody powierzchniowe: tablica 32, tabela 7

We wszystkich próbkach wód powierzchniowych pobranych na charakteryzowanym obszarze stężenia chromu znajdują się poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,003 mg/dm^3). Wszystkie zbadane wody spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna chromu wynosi ≤0,05 mg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

Cu – MIEDŹ

Gleby: tablica 33, tabela 3

W skałach macierzystych gleb miedź występuje w ilościach 5–100 mg/kg. W glebach pierwiastek ten jest silnie wiązany przez substancję organiczną oraz minerały ilaste, a także wytrąca się w postaci siarczanów, siarczków i węglanów. W skałach węglanowych występuje w ilościach około 6 mg/kg. Tło geochemiczne miedzi dla gleb Polski kształtuje się na poziomie 50 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Gleby obszaru badań charakteryzują się zawartością miedzi od 1 mg/kg do 224 mg/kg. Obliczona wartość mediany dla gleb rejonu Lublina (10 mg/kg) wskazuje, że pierwiastek ten występuje na badanym terenie w wyższych ilościach niż odnotowano we wcześniejszych opracowaniach dla gleb Polski – medianы 4 mg/kg i 5 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995; Salminen, 2005; Reimann i in., 2014). W obrębie badanego obszaru, najwyższymi ilościami miedzi charakteryzują się dwie próbki gleb pobrane w bezpośrednim sąsiedztwie linii kolejowej w dzielnicy Tatary (154 mg/kg i 224 mg/kg). Przemysłowy charakter tego terenu, w połączeniu z bezpośrednim sąsiedztwem rozbudowanej, wielotorowej linii kolejowej, prawdopodobnie przyczynił się do rozproszenia tego metalu w środowisku. Praktycznie cały teren miasta Lublina i Świdnika wyróżnia się glebami wzbogaconymi w miedź (powyżej – 13 mg/kg). Podwyższone zawartości metalu wykazują gleby przemysłowe i poprzemysłowe dzielnic: Abramowice, Wrotków, Kośminek, Bronowice, Tatary, Kalinowszczyzna oraz miejscowości Piaski. Wysoką ilość miedzi (71 mg/kg) odnotowano punktowo w miejscowości Prawiedniki, na południe od Lublina. Zawartość pierwiastka w glebie z tej lokalizacji jest kilkukrotnie wyższa niż w próbkach sąsiednich, w których oznaczono od 4 mg/kg do 11 mg/kg miedzi. Jako prawdopodobną przyczynę można wskazać użycie gruntu niewiadomego pochodzenia do przeprowadzania w latach 2015–2017 prac mających na celu niwelację terenu (https://www.google.pl/maps/place/Prawiednіki). Również w okolicach Świdnika, głównie na terenie i w pobliżu zakładów WSK PZL-Świdnik, zaobserwowano podwyższone ilości miedzi w glebach, z maksymalną zawartością 124 mg/kg. Może to być związane z wykorzystaniem miedzi przez przemysł lotniczy. Pomimo że, produkcja konstrukcji samolotowych opiera się głównie na aluminium, to najbardziej wytrzymałe materiały zawierają zazwyczaj duże ilości miedzi i/lub cynku (Galiński, 2020). Wartości mediany miedzi obliczone dla terenów antropogenicznych i przemysłowych są najwyższe i wynoszą po 14 mg/kg. Z badań przeprowadzonych przez Pasieczną wynika, że miedź kumulowała się w glebach poziomu powierzchniowego (do 0,2 m głębokości). Współczynnik wzbogacenia tych gleb w miedź obliczony w stosunku do regionalnego tła geochemicznego wyniósł 3,3 (Pasieczna, 2003). Kilkukrotnie niższymi zawartościami tego metalu odznaczają się próbki gleb pobrane z lasów znajdujących się na południowy wschód od Zalewu Zemborzyckiego. Mediana miedzi dla gleb leśnych wynosi 4 mg/kg. W odniesieniu do danych z lat 1995–2020 uzyskanych podczas realizacji programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski*, dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w wsi Świdniczek (2,32–8,2 mg/kg), aktualnie zmierzona zawartość miedzi w próbce pobranej w tej miejscowości wynosi 17 mg/kg (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary& p=283, dostęp 17.06.2025). Nie są to jednak duże różnice ze względu na powszechność wykorzystania tego metalu i związanych z tym licznych potencjalnych źródeł jego emisji. Najwyższa stwierdzona na obszarze badań zawartość miedzi w glebach nie przekracza dopuszczalnej zawartości określonej dla IV grupy gruntów – 600 mg/kg. Wszystkie pozostałe wyniki znajdują się poniżej dopuszczalnej zawartości dla I grupy gruntów – 200 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024).

Osady wodne: tablica 33, tabela 5

Zawartości miedzi w osadach wodnych pobranych w obrębie charakteryzowanego terenu znajdują się w przedziale od poniżej 1 mg/kg do 123 mg/kg (mediana 13 mg/kg). Wyniki dla osadów są zbliżone do wartości uzyskanych dla gleb badanego obszaru. Podwyższone ilości miedzi występują głównie w osadach rzeki Bystrzycy. Najwyższe zawartości odnotowano w próbkach osadów wodnych pobranych z odcinków cieków znajdujących się w obrębie byłych przemysłowych dzielnic Lublina. Świadczy to o antropogenicznym źródle emisji tego pierwiastka. Maksymalną zawartością miedzi (123 mg/kg), zarejestrowaną na omawianym terenie, charakteryzuje się próbka pobrana z rzeki Bystrzycy. Miejsce opróbowania znajduje się w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów. Podwyższone zawartości miedzi i innych metali (Ag, Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Ti, Pb, Ba i Se), oznaczone w osadach z tej lokalizacji, mogą być spowodowane działalnością przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi, które znajduje się w bliskiej odległości od koryta rzeki. Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego (MacDonald i in., 2000), stwierdza się, że w 28 próbkach osadów odnotowano ilości miedzi powyżej wartości TEC (32 mg/kg), natomiast w żadnej próbce zawartość tego metalu nie przekracza wartości PEC (150 mk/kg), wskazującej na ryzyko wystąpienia szkodliwego oddziaływania miedzi na organizmy wodne.

Wody powierzchniowe: tablica 34, tabela 7

Wody powierzchniowe Lublina i okolic charakteryzują się ilościami miedzi w granicach od 0,22 µg/dm^3 do 33,87 µg/dm^3 (mediana 0,61 µg/dm^3). Wartości środkowe obliczone dla wszystkich JCWP z tego rejonu są mało zróżnicowane (od 0,43 µg/dm^3 do 0,75 µg/dm^3). Najwyższe stężenie metalu zmierzono w próbce wody pobranej we wsi Lipniak, w gminie Konopnica. Miejsce opróbowania jest zlokalizowane w zagłębieniu terenu, które stanowi ujście podziemnego kanału burzowego. Odprowadza on wody opadowe z wyżej położonych obszarów dzielnicy Konstantynów. W tej części miasta Lublina znajdują się osiedla domów jednorodzinnych oraz ogródki działkowe. Podwyższone ilości miedzi w wodzie z tej lokalizacji mogą wskazywać na stosowanie przez mieszkańców dzielnicy i/lub użytkowników ogródków popularnych fungicydów i bakteriobójczych środków ochrony roślin, zawierających miedź jako składnik aktywny tlenochlorku miedzi i siarczanu miedzi. We wszystkich badanych próbkach stężenia miedzi nie przekraczają norm dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna została ustalona na poziomie ≤50 µg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

F^- – FLUORKI

Wody powierzchniowe: tablica 35, tabela 7

Na stężenie fluorków w wodach powierzchniowych ma wpływ budowa geologiczna obszaru oraz antropopresja (np. przemysł szklarski, cegielnie, stosowanie nawozów fosforowych). Fluor w wodach występuje głównie w formie związanej przez minerały ilaste, fosforany i węglany. Stężenie fluorków w wodach gruntowych jest kontrolowane w znacznym stopniu przez obecność wapnia, w związku z tworzeniem się praktycznie nierozpuszczalnej soli CaF_2. W rzekach różnych rejonów świata stężenie jonów fluoru znajduje się w zakresie 0,050–2,700 mg/dm^3. Natomiast w wodach rzecznych na obszarze Polski jon ten występuje na poziomie 0,22 mg/dm^3 (Kabata-Pendias, Szteke, 2012).

We wszystkich próbkach wód powierzchniowych z Lublina i okolic stężenie fluorków jest poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,1 mg/dm^3). Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi (Rozporządzenie…, 2021), badane wody spełniają normy dla I klasy jakości wód powierzchniowych w odniesieniu do stężenia fluoru (≤1,5 mg/dm^3).

Fe – ŻELAZO

Gleby: tablica 36, tabela 3

Żelazo jest jednym z głównych składników litosfery. W formie związanej jest najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem zaliczanym do tzw. grupy metali ciężkich występujących w skałach czy glebie. Średnia zawartość żelaza w glebach świata wynosi około 3,5%, a w glebach Polski pierwiastek występuje najczęściej w ilościach 0,8%–1,8% (Kabata-Pendias, 2011; Górska, Piech, 2018). Mediana zawartości żelaza w glebach Polski, analizowanych w latach 90. XX wieku, wyniosła 0,51% (Lis, Pasieczna, 1995) i była zbliżona do wartości mediany (0,60%) obliczonej dla danych archiwalnych wyselekcjonowanych tylko dla obszaru pokrywającego się z obecnie realizowanym opracowaniem.

Aktualnie oznaczone zawartości żelaza w glebach Lublina i okolic znajdują się w przedziale od 0,13% do 5,37%, a mediana wynosi 0,90% i jest wyższa od wartości tego parametru uzyskanych dla gleb z innych obszarów miejskich, takich jak Poznań – 0,47% i Warszawa – 0,53% (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Z kolei w glebach z obszaru Europy (De Vos, Tarvainen, 2006) stwierdzono ponad dwukrotnie wyższą wartość środkową żelaza (1,96%) względem gleb Lublina i okolic. Gleby piaszczyste charakteryzowanego terenu są zubożone w żelazo i przeciętnie zawierają 0,57% tego pierwiastka. Jest to wartość porównywana z danymi opublikowanymi dla lekkich gleb piaszczystych Polski, dla których średnia zawartość metalu jest na poziomie 0,65% (Kabata-Pendias, 2011). Gleby gliniaste i antropogeniczne z terenu aglomeracji lubelskiej przeciętnie zawierają podobne ilości żelaza, odpowiednio 0,98% i 0,99%. Najniższe jego zawartości oznaczono w glebach południowej części obszaru badań, które charakteryzują się bardzo kwaśnym i kwaśnym odczynem (pH w zakresie 3,27–5,50). Warunki utleniające i zasadowe sprzyjają wytrącaniu żelaza, podczas gdy w warunkach redukcyjnych i większej kwasowości wzrasta rozpuszczalność jego związków i wymywanie metalu z gleby (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Reimann i in., 2014). Na obecność żelaza w glebach wpływa także działalność antropogeniczna, w tym m.in. emisje z zakładów metalurgicznych i elektrociepłowni (spalanie węgla), procesy korozji konstrukcji metalowych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Mediana żelaza obliczona dla gleb z terenów przemysłowych (1,04%) jest około 20% wyższa niż dla pól uprawnych znajdujących się w obrębie obszaru badań (0,83%) i ponad dwukrotnie wyższa niż dla gleb z terenów leśnych (0,44%). Maksymalną zawartość żelaza stwierdzono w dzielnicy Tatary, gdzie w drugiej połowie XX wieku funkcjonowały Zakłady Mechaniczne Ursus oraz Fabryka Samochodów Ciężarowych. Wspomniana część Lublina jest wciąż obszarem uprzemysłowionym, znajdują się tu m.in.: Elektrociepłownia Megatem EC-Lublin, MPC METAL sp. z o.o. oraz firmy świadczące usługi blacharsko-lakiernicze. Poza kilkoma rejonami w obrębie miast Lublina i Świdnika, dla których obserwuje się wyraźną presję antropogeniczną, mapy geochemiczne Fe, Al, Be, Co, Cr, K, Li, Mg, Ni i V obrazują podobną zmienność przestrzenną pierwiastków, co może wskazywać na ich wspólne źródła pochodzenia. Szczególnie kobalt i nikiel wykazują podobne do żelaza zachowanie geochemiczne (Kabata-Pendias, 2011).

Osady wodne: tablica 36, tabela 5

Zawartość żelaza w badanych osadach wodnych mieści się w przedziale od 0,02% do 4,21%. Mediana żelaza (0,84%) jest zbliżona do wartości środkowej obliczonej dla osadów Polski – 0,80% (Lis, Pasieczna, 1995). Analogicznie jak w przypadku gleb, aktualne wyniki zawartości żelaza w osadach są wyższe w porównaniu do danych archiwalnych uzyskanych dla charakteryzowanego terenu podczas realizacji *Atlasu geochemicznego Polski;* mediana 0,60% (Lis, Pasieczna, 1995). Są one również wyższe niż dla osadów Warszawy i okolic – mediana 0,67% (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz Poznania i okolic – mediana 0,68% (Lis, Pasieczna, 2005). Podobne ilości żelaza w osadach i glebach aglomeracji lubelskiej, sugerują, że budowa geologiczna zlewni, jej zagospodarowanie i użytkowanie oraz warunki klimatyczno-hydrologiczne mają decydujący wpływ na obecność tego metalu w badanych elementach środowiska (Bąk i in., 2014). Na podstawie porównania przeciętnych zawartości pierwiastków, które występują w największych ilościach w osadach wodnych i glebach z terenu badań, można zauważyć, że w osadach jest około trzy razy więcej wapnia niż żelaza, natomiast w glebach zaobserwowano zależność odwrotną (około trzy razy więcej żelaza niż wapnia). W granicach obszaru badań największe zawartości żelaza odnotowano w osadach Dopływu spod Świdnika, będącego głównym ciekiem JCWP RW20000624674. W konsekwencji obliczona dla tej jednostki podziału wód mediana żelaza (1,42%) ma najwyższą wartość spośród wyników uzyskanych dla innych JCWP z tego terenu. Tylko w jednej próbce osadu zawartość żelaza (4,21%) przekracza wartość, powyżej której spodziewane jest negatywne oddziaływanie na organizmy bentosowe (wskaźnik PEC >4%). Próbka ta została pobrana z rowu dopływającego do Bystrzycy (jej północny fragment). Ponad 98% próbek osadów zawiera ilości żelaza, które są niższe niż wartość wskaźnika TEC (≤2%) i na tej podstawie nie przewiduje się szkodliwego oddziaływania żelaza na organizmy bentosowe (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003).

Wody powierzchniowe: tablica 37, tabela 7

Stężenie żelaza w wodach jest zróżnicowane. Podlega ono wpływom kilku czynników, w tym w największym stopniu odczynu i potencjału redoks, ale również obecności substancji organicznej i różnych minerałów, zwłaszcza ilastych.

Stężenie żelaza w wodach rzecznych najczęściej waha się w granicach 0,01–1,4 mg/dm^3 (Kabata-Pendias, Pendias, 1999), natomiast w wodach powierzchniowych Lublina i okolic znajduje się ono w znacznie szerszym przedziale – od poniżej 0,01 mg/dm^3 do 13,70 mg/dm^3. Najniższe stężenia tego metalu stwierdzono w wodach Zalewu Zemborzyckiego, które jednocześnie charakteryzują się wysokim pH, w zakresie od 7,86 do 10,09. Mediana żelaza obliczona dla wszystkich próbek wód z obszaru badań wynosi 0,02 mg/dm^3 i jest zbliżona do wartości środkowych odnotowanych dla poszczególnych JCWP. Wskazuje to na niewielkie zróżnicowanie stężeń żelaza w ciekach znajdujących się na tym terenie. Wyższe stężenia tego metalu oznaczono w wodach z innych rejonów zurbanizowanych: Warszawy i okolic – mediana 0,09 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz Poznania i okolic – mediana 0,04 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005). Wartość mediany żelaza dla wód aglomeracji lubelskiej jest wielokrotnie niższa w porównaniu do wartości tego parametru dla wód Polski – 0,52 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 1995). Jest ona także około dziesięciokrotnie niższa od wartości środkowej żelaza (0,42 mg/dm^3) obliczonej dla danych archiwalnych, wyselekcjonowanych z *Atlasu geochemicznego Polski* dla próbek wód powierzchniowych pobranych na obszarze pokrywającym się z aktualnym opracowaniem. Najwyższe stężenia żelaza odnotowano lokalnie w próbkach wody, w których również stężenia zawiesiny ogólnej były bardzo wysokie. Zostały one pobrane z górnego odcinka Dopływu z Konopnicy oraz z początkowego fragmentu cieku bez nazwy, będącego dopływem Ciemięgi (okolica miejscowości Rudnik). Podwyższone stężenie żelaza w wodach może powodować m.in. zwiększenie ilości zawiesiny w wodzie wskutek wytrącania się związków żelaza o niskiej rozpuszczalności, co powoduje mętnienie i brunatnienie wód (Główny Inspektorat Sanitarny, 2018). W próbkach wód zawierających wysokie stężenia żelaza stwierdzono także wyższe stężenia manganu i OWO. Podobne zależności zaobserwowano dla wód strumieniowych z obszaru wschodniej Polski, podczas realizacji europejskiego projektu *Geochemical atlas of Europe* (De Vos, Tarvainen, 2006).

HCO_3^- – WODOROWĘGLANY

Wody powierzchniowe: tablica 38, tabela 7

Wodorowęglany są powszechnie występującym, a nawet dominującym anionem, szczególnie w przypadku płytkich wód podziemnych i wód powierzchniowych w klimacie umiarkowanym (Macioszczyk, 1987). Dlatego zwykle mają one największy udział w przewodnictwie elektrolitycznym wody. Najczęściej pochodzą z rozpuszczania minerałów węglanowych budujących skały podłoża, ale mogą też tworzyć się na skutek rozpuszczania w wodzie dwutlenku węgla z powietrza. Jony HCO_3^- mogą również pochodzić ze źródeł antropogenicznych. Do wody mogą się one przedostawać się wyniku rozpuszczania nawozów wapniowych, stosowanych w celu odkwaszania gleby lub wraz ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi, które zawierają środki czyszczące w postaci węglanów i wodorowęglanów. Obecność wodorowęglanów w wodach jest powiązana z twardością węglanową wody, ponieważ mogą się one wytrącać w postaci $CaCO_3$, $MgCO_3$ i $CaMg[CO_3]_2$. Jony wodorowęglanowe mają wpływ na alkaliczność wody, nie tylko powodując zwiększenie pH, ale także i stabilizując pH poprzez zwiększenie zdolności roztworu wodnego do buforowania kwasów. Poza tym wzrost alkaliczności wody sprzyja wytrącaniu się niektórych metali, takich jak kadm i ołów, co zmniejsza ich stężenie w wodzie (Salminen, 2005).

Mediana stężenia wodorowęglanów w wodach powierzchniowych Lublina i okolic wynosi 267 mg/dm^3, a uzyskane wyniki mieszczą się w przedziale od 43 mg/dm^3 do 590 mg/dm^3. Są one wyższe niż odnotowano we wcześniejszych badaniach dla wód rejonu Warszawy, dla których mediana miała wartość 210 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016). Na obszarze badań najwyższe stężenia wodorowęglanów stwierdzono dla JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 405 mg/dm^3). Wysokie ilości tego anionu zmierzono również w wodach JCWP Ciemięga (mediana 325 mg/dm^3) i JCWP Czechówka (mediana 320 mg/dm^3). Natomiast niższe stężenia wodorowęglanów zmierzono w próbkach wód pobranych z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego dla do ujścia (mediana 200 mg/dm^3) i JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (mediana 243 mg/dm^3). Występowanie podwyższonych stężeń wodorowęglanów (na poziomie 210–260 mg/dm^3) w wodach Wyżyny Lubelskiej względem innych rejonów Polski zostało również odnotowane w opracowaniu *Geochemical atlas of Europe* (Salminen, 2005). Stosunkowo wysokie ilości HCO_3 w wodach na obszarze opracowania mają najprawdopodobniej związek z występowaniem w podłożu skalnym gez, opok i margli (Jurkowska, Świerczewska-Gładysz, 2022), szczególnie że w tych samych miejscach zaobserwowano także wyższe wartości dla wapnia, strontu, uranu, krzemionki i EC.

Hg – RTĘĆ

Gleby: tablica 39, tabela 3

Ponad połowa rtęci w środowisku pochodzi ze spalania paliw kopalnych (Lis, Pasieczna, 1995 za Szpadt, red., 1994). Ważnymi źródłami emisji rtęci są górnictwo i włókiennictwo. Rtęć jest łatwo sorbowana przez substancję organiczną gleby (Salminen, 2005). Jest też kumulowana w utworach o silniejszych właściwościach sorpcyjnych, np. w glebach gliniastych i torfiastych (Kabata-Pendias, Pendias, 1995).

Oznaczone w glebach Lublina i okolic zawartości rtęci mieszczą się w przedziale od poniżej 0,02 mg/kg do 1,94 mg/kg (mediana 0,03 mg/kg). Wartość środkowa rtęci w glebach obszaru badań jest podobna do mediany uzyskanej dla gleb Europy (Salminen, 2005). Niskie ilości metalu stwierdzono w glebach pól uprawnych i leśnych, znajdujących się głównie na południu i południowym zachodzie charakteryzowanego terenu. W obu przypadkach wartość mediany wynosi 0,03 mg/kg. Najwyższe zawartości rtęci zmierzono w próbkach gleb torfiastych (mediana 0,07 mg/kg) i próbkach gleb pobranych z ogródków działkowych (mediana 0,06 mg/kg). Podwyższone ilości rtęci w glebach torfiastych związane są z jej akumulacją przez materię organiczną. Nie zaobserwowano wyraźnego zróżnicowania zawartości tego metalu w glebach gliniastych, pylastych, piaszczystych i antropogenicznych. Analiza rozkładu przestrzennego zawartości rtęci w glebach uwidacznia wpływ aglomeracji miejskiej (zarówno sposobu użytkowania terenu jak i gęstości zabudowy) na powierzchniową warstwę ziemi. W centrum miasta Lublina oraz w okolicy WSK PZL-Świdnik oznaczono najwyższe ilości metalu. Maksymalną wartość – 1,94 mg/kg zmierzono w próbce gleby antropogenicznej pobranej z nasypów stanowiących wał przeciwpowodziowy, znajdujący się w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Bystrzycy i ogródków działkowych (centrum Lublina). Drugi wysoki wynik (1,75 mg/kg) odnotowano w próbce gleby pobranej z terenu dzielnicy Konstantynów, na południowy zachód od centrum Lublina. Próbka pochodziła z gruntów nasypowych, znajdujących się na terenie wielorodzinnego osiedla mieszkaniowego. Również we wcześniejszych badaniach, podwyższone zawartości rtęci o charakterze antropogenicznym obserwowano w centrum Warszawy i Poznania. Wysokie ilości tego metalu, na poziomie kilku mg/kg, zostały odnotowane także w glebach innych miast: Wrocławia – 6,60 mg/kg, Łodzi – 5,82 mg/kg, Gdańska – 5,50 mg/kg, Legnicy – 5,13 mg/kg oraz Tarnowa – 3,76 mg/kg (Pasieczna, 2003). We wszystkich badanych glebach z rejonu Lublina nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości rtęci dla I grupy gruntów – 5 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024). Zawartość tego pierwiastka oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 0,09 mg/kg, i jest zbliżona do poziomu stwierdzonego w 2015 r. i 2020 r. w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Mediana rtęci dla gleb rolniczych z rejonu Lublina jest zbliżona do wartości środkowych tego metalu w glebach pól uprawnych i łąk z terenu Polski odnotowanych w projekcie GEMAS, które w zależności od użytkowania wynosiły 0,02 mg/kg lub 0,03 mg/kg (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 39, tabela 5

W osadach wodnych rejonu Lublina zawartość rtęci zmienia się w granicach od poniżej 0,02 mg/kg do 2,46 mg/kg (mediana 0,03 mg/kg). Są to ilości zbliżone do wyników uzyskanych dla osadów aglomeracji warszawskiej i poznańskiej; mediany poniżej 0,05 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Najmniejsze zawartości rtęci oznaczono w osadach JCWP Ciemięga i JCWP Czechówka. Wyższe ilości metalu stwierdzono w osadach JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 0,07 mg/kg) i JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego (mediana 0,06 mg/kg). Rozkład przestrzenny zawartości tego pierwiastka w osadach wskazuje na antropogeniczny wpływ miasta Lublina. Próbki osadów, w których zmierzono najwyższe ilości rtęci (w liczbie 12) zostały pobrane z rzeki Bystrzycy, poniżej centrum miasta Lublina. Maksymalne wyniki rtęci (2,46 mg/kg i 2,42 mg/kg) odnotowano w próbkach osadów pobranych w pobliżu wylotów z kanalizacji deszczowej odprowadzającej wody opadowe z terenu dzielnic Tatary oraz Hajdów-Zadębie do Bystrzycy. Biorąc po uwagę historyczne i obecne zagospodarowanie tego terenu, liczne zakłady przemysłowe i produkcyjne, a także bliskość ciągów komunikacyjnych, trudno jest jednoznacznie wskazać źródła emisji rtęci do środowiska w tym miejscu. W trzech lokalizacjach może występować szkodliwe oddziaływanie rtęci na organizmy bentosowe, ponieważ jej zawartości w osadach są wyższe od wskaźnika PEC – 1,1 mg/kg (MacDonald i in., 2000). W oparciu o kryterium geochemiczne, osady z tych miejsc można zaklasyfikować jako „silnie zanieczyszczone" (Bojakowska, Sokołowska, 1998).

K – POTAS

Gleby: tablica 40, tabela 3

Naturalna zawartość potasu w glebach zależy od ich składu mineralogicznego, zwłaszcza od zawartości minerałów ilastych. Ogólnie im większy udział frakcji <0,02 mm w glebie tym większa zawartość potasu (Rutkowska, 2017). Prawie cały potas glebowy (90–98%) występuje w formie mineralnej (Bertsch i in., 1985). Gleby wytworzone z glin są naturalnie zasobne w potas. Gleby wytworzone z utworów piaszczystych tj. piaski luźne, piaski słabo gliniaste, piaski gliniaste lekkie, wapienie oraz utwory organiczne (torfy), należą do ubogich w ten składnik. Obecnie, udział gleb Polski o niskiej i bardzo niskiej zawartości tego składnika wynosi 42% (Rutkowska, 2017).

Zawartość potasu w glebach badanego obszaru jest mało zróżnicowana i mieści się w przedziale od 0,02% do 0,34%. Mediana obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 0,13% i jest ponad dwukrotnie wyższa niż wartość tego parametru stwierdzona w projekcie GEMAS dla gleb Polski użytkowanych rolniczo; pola uprawne – 0,0538% i łąki – 0,0421% (Reimann i in., 2014). Rozkład przestrzenny zawartości potasu w glebach aglomeracji lubelskiej jest bardzo podobny do rozkładu zawartości wanadu (Tablica 78). Najwyższą zawartość potasu, wynoszącą 0,34%, oznaczono w próbce gleby pobranej w Lublinie, w bezpośrednim sąsiedztwie bocznicy linii kolejowej nr 67. Zidentyfikowana anomalia ma charakter punktowy i wyróżnia się w stosunku do terenów przyległych. Analiza danych wskazuje, że w południowej części obszaru badań na ogół występują gleby uboższe w potas. Prawdopodobnie ma to związek z większym udziałem gleb piaszczystych i w konsekwencji z mniejszą intensywnością użytkowania rolniczego tych terenów. Znajdują się tam słabsze gleby, o mniejszej przydatności rolniczej, z dominującymi kompleksami od żytni bardzo dobry do żytni słaby, a lokalnie również żytni bardzo słaby. Gleby te są z reguły lżejsze i mają mniejsze właściwości sorpcyjne i w związku z tym stwarzają gorsze warunki uprawy, którym może towarzyszyć ograniczona intensywność użytkowania i nawożenia. Natomiast gleby znajdujące się na północy i w północno-zachodnim fragmencie obszaru badań stanowią jedne z najlepszych w Polsce. Zostały one zaklasyfikowane do kompleksów przydatności rolniczej pszenny bardzo dobry i pszenny dobry, lokalnie jako pszenny wadliwy (Jadczyszyn, Smreczak, 2017). Najniższe zawartości metalu odnotowano w obrębie dużych, zwartych kompleksów leśnych (mediana 0,06 mg/kg), położonych w południowo-zachodniej i w południowej części Lublina. Zawartość potasu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek (wynosi 0,17% i jest zbliżona do ilości tego pierwiastka zmierzonych w latach 1995–2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283 (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283), znajdującego się w tej samej miejscowości. Uzyskane w ramach monitoringu wyniki miały wartości od 0,09% do 0,20%.

Osady wodne: tablica 40, tabela 5

Zawartość potasu w osadach wodnych z rejonu Lublina kształtuje się na poziomie 0,01%–0,23% i jest bardzo zbliżona do ilości tego pierwiastka w glebach omawianego obszaru. Podobne są także rozkłady przestrzenne zawartości potasu w obu tych elementach środowiska, co wskazuje na istotny wpływ budowy geologicznej na jego występowanie w powierzchniowej warstwie ziemi. Mediana tego metalu wyliczona dla wszystkich analizowanych próbek osadów wynosi 0,07%. Osady JCWP Czechówka zawierają trochę wyższe ilości tego pierwiastka (mediana 0,10%) niż osady pobrane z pozostałych JCWP. W obszarze zlewni Czechówki dominują bardzo dobre gleby, intensywnie wykorzystywane rolniczo, czemu nieodłącznie towarzyszy stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych. Na skutek erozji i wymywania minerałów z gleb uprawnych, może dochodzić do straty potasu, szczególnie w warunkach, gdy nadmiar kationów K^+ nie został związany przez komponenty glebowe lub stałą frakcję gleby (Rutkowska, 2017).

Wody powierzchniowe: tablica 41, tabela 7

Stężenie potasu w wodach powierzchniowych Lublina kształtuje się w zakresie od 0,7 mg/dm^3 do 19,1 mg/dm^3 (mediana 2,7 mg/dm^3). Spośród wszystkich jednolitych części wód powierzchniowych z tego rejonu JCWP Dopływ spod Świdnika charakteryzuje się najwyższą wartością mediany potasu (6,5 mg/dm^3). Maksymalne stężenie tego metalu oznaczono w próbce pobranej ze śródpolnego oczka wodnego, będącego naturalnym zagłębieniem terenu (zlokalizowanego na północ od miasta Lublina). Ze względu na fakt, iż potas jest pierwiastkiem o dużej mobilności i może przenikać do wód gruntowych (Sapek, 2001), prawdopodobną przyczyną podwyższonej ilości potasu w tym miejscu jest intensywne rolnicze użytkowanie gruntów i związanie z nim stosowanie nawozów potasowych.

Li – LIT

Gleby: tablica 42, tabela 3

Lit w skorupie ziemskiej występuje w postaci rozporoszonej, a jego podwyższone ilości spotykane są w kwaśnych skałach wulkanicznych (15–45 mg/kg) oraz skałach ilastych (50–75 mg/kg) (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Głównym źródłem litu w glebie i osadach jest wietrzenie minerałów krzemianowych (Motowicka-Terelak i in., 1997). Utwory węglanowe zawierają na ogół niskie zawartości litu (poniżej 20 mg/kg). W glebach świata średnie zawartości litu mieszczą się w zakresie 1,3–56 mg/kg, przy czym udział frakcji ilastej jest istotnym czynnikiem mającym wpływ na jego koncentrację. Najmniejsze ilości tego pierwiastka znajdują się w glebach piaszczystych i organicznych. Metal ten jest dość mobilny i w klimacie wilgotnym jest łatwo wypłukiwany w głąb profilu glebowego Natomiast w klimacie suchym podsiąka wraz z roztworem glebowym do poziomu powierzchniowego (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Mobilność litu w glebie jest ograniczona ze względu na stabilność i słabą rozpuszczalność jego związków (np. węglanów, fosforanów i fluorków), ale zwiększa się przy niskim pH. W glebach rejonów przemysłowych notuje się nieznaczne wzbogacenie poziomów powierzchniowych w lit (De Vos, Tarvainen, 2006).

Gleby Polski są dość ubogie w lit. W porównaniu do zawartości tego pierwiastka w glebach Europy (mediana 11,7 mg/kg) gleby rolnicze Polski mają około trzykrotnie mniej litu, mediana 3,7 mg/kg (Reimann i in., 2014). Na ogół niższe zawartości obserwowano w glebach z obszarów objętych zasięgiem ostatniego zlodowacenia. Zawartości litu powyżej 60 mg/kg uznaje się za toksyczne dla roślin (De Vos, Tarvainen, 2006). Odnotowane we wcześniejszych cyklach *Monitoringu chemizmu gleb ornych Polski,* zawartości litu w próbkach gleb pobranych w punkcie pomiarowo-kontrolnym w miejscowości Świdniczek znajdowały się w zakresie od 2,3 mg/kg do poniżej 10 mg/kg (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283).

Gleby obszaru badań charakteryzują się niewielkim zróżnicowaniem występowania litu, co sugeruje przede wszystkim jego geogeniczne pochodzenie w środowisku. Jego zawartość w glebach mieści się w przedziale od 0,6 mg/kg do 17,9 mg/kg (mediana 5,7 mg/kg). Gleby gliniaste (mediana 6,5 mg/kg) i gleby antropogeniczne (mediana 6,1 mg/kg) zawierają wyższe ilości litu niż gleby piaszczyste (mediana 3,8 mg/kg). Mediana zawartości litu w glebach pylastych (5,4 mg/kg) jest zbliżona do wartości tego parametru obliczonej dla wszystkich analizowanych gleb. Najniższe zawartości litu zaobserwowano w glebach torfiastych i na terenach leśnych (mediana 3,4 mg/kg). Wyraźnie zubożone w lit są gleby w obrębie lasu Dąbrowa, porastającego obszary w południowej części Lublina, na wschód od Zalewu Zemborzyckiego. Na terenach z zabudową miejską wysoką (6,4 mg/kg) odnotowano nieznacznie wyższe zawartości tego metalu w stosunku do terenów z zabudową miejską niską, przemysłową i wiejską (mediany odpowiednio: 6,1, 5,8 i 5,1 mg/kg). Gleby pól uprawnych na terenie objętym badaniami zawierają trochę niższe ilości litu (mediana 5,3 mg/kg) niż gleby pobrane z terenów nieużytków i ugorów oraz łąk, parków, trawników i ogródków. W północno-zachodniej części badanego obszaru, gdzie przeważają utwory lessowe i lessopodobne z dużym udziałem frakcji drobnych, odnotowano zawartości litu powyżej 50. percentyla (5,7 mg/kg). Generalnie, cześć obszaru badań położona na wschód od rzeki Bystrzycy, gdzie przeważają pyły piaszczyste i piaski pyłowate lessopodobne wytworzone na marglach, opokach i gezach kredy górnej, charakteryzuje się występowaniem gleb uboższych w lit w porównaniu do terenów leżących na zachód od Bystrzycy. Rozkład przestrzenny zmienności litu w glebach Lublina i okolic wykazuje wyraźne podobieństwo z rozkładami przestrzennymi glinu, wanadu i tytanu, co wskazuje na geogeniczne pochodzenie tego metalu. Aktualnie przeprowadzone badania nie dowodzą antropogenicznego wzbogacenia gleb litem. Jednak pierwiastek ten znajduje liczne zastosowania (takie jak: budownictwo, medycyna, metalurgia, przemysł szklarski, ceramiczny, chemiczny i energetyczny), z których potencjalnie może przedostawać się do środowiska. Przykładowo jest on kluczowym składnikiem akumulatorów litowo-jonowych, stosowanych w pojazdach elektrycznych i urządzeniach elektronicznych. Typowa bateria samochodu elektrycznego zawiera około 8 kg węglanu litu (Balaram i in., 2024).

Osady wodne: tablica 42, tabela 5

W osadach wodnych Lublina i okolic stwierdzono występowanie litu w zakresie od 0,5 mg/kg do 16,5 mg/kg (mediana 5,0 mg/kg). Są to ilości podobne jak w glebach z tego rejonu. Najwyższy wynik uzyskano dla próbki osadu pobranej ze strumienia Dopływ z Konopnicy (w jego górnym biegu), w rejonie miejscowości Konopnica. Otaczające tereny stanowią odłogi rolnicze i ugory. Wartości median obliczone dla osadów poszczególnych JCWP są na podobnym poziomie, od 4,0 mg/kg dla JCWP Ciemięga do 5,2 mg/kg dla JCWP Czechówka. Uzyskane wyniki dla litu w osadach rejonu Lublina nie odbiegają od danych opublikowanych dla osadów Polski. Oznaczone metodą XRF zawartości litu w osadach strumieniowych i tarasów zalewowych z obszaru Polski, były niskie, zwykle poniżej 10,0 mg/kg, podczas gdy mediana dla osadów Europy wyniosła 22,5 mg/kg. Zawartości litu w osadach krajów europejskich dobrze korelowały z zawartościami berylu, glinu, żelaza, wanadu i kobaltu, wskazując na geogeniczne źródła litu w tym elemencie środowiska (De Vos, Tarvainen, 2006).

Wody powierzchniowe: tablica 43, tabela 7

Stężenia litu oznaczone w wodach powierzchniowych charakteryzowanego terenu są około trzy rzędy wielkości niższe niż zawartości tego metalu w glebach czy osadach wodnych i mieszczą się w dość wąskim zakresie od 0,4 µg/dm^3 do 7,7 µg/dm^3 (mediana 4,8 µg/dm^3). Wody powierzchniowe rejonu Lublina mają odczyn głównie słabo zasadowy, co może ograniczać rozpuszczalność litu i jego transport w wodach powierzchniowych. Mało zróżnicowane są też wartości median obliczone dla poszczególnych jednolitych części wód powierzchniowych; od 4,3 µg/dm^3 (JCWP Czerniejówka) do 6,2 µg/dm^3 (JCWP Dopływ spod Świdnika). W przypadku próbek wód pobranych z Dopływu spod Świdnika stwierdzono także stosunkowo wysokie stężenia innych substancji (np. Ca, Cl^-, HCO_3^-, K, Ni, SiO_2, SO_4^{2-}, Sr, U, zawiesiny ogólnej, ChZT, OWO). Występowanie w tym rejonie terenów bagiennych oraz torfów może mieć związek ze składem chemicznym wód tego strumienia. Ponadto niedaleko źródlisk Dopływu spod Świdnika znajdują się odwierty eksploatacyjne oraz kopalnia ropy naftowej i gazu ziemnego, których funkcjonowanie przypuszczalnie może oddziaływać na chemizm wód tego cieku. Stężenia litu zmierzone w wodach Lublina i okolic są spójne z wynikami uzyskanymi dla wód strumieniowych Europy, dla których odnotowane ilości tego metalu zawierały się w przedziale od 1 µg/dm^3 do 10 µg/dm^3, a wartość mediany wyniosła 2,10 µg/dm^3 (De Vos, Tarvainen, 2006).

Mg – MAGNEZ

Gleby: tablica 44, tabela 3

Gleby zawierają zazwyczaj około 0,1–1,0% magnezu (Migaszewski, Gałuszka, 2016), natomiast jego zawartości w glebach Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od 0,01% do 0,93%. Mediana zawartości tego pierwiastka (0,15%) w badanych glebach jest niemal dwukrotnie wyższa niż w glebach Polski, Poznania i Warszawy, dla których parametr ten wyniósł odpowiednio 0,06%, 0,06% i 0,07% (Lis, Pasieczna, 1995; Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Najmniej magnezu stwierdzono w lekkich glebach piaszczystych, a najwięcej w ciężkich glebach gliniastych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Podobną zależność można zaobserwować dla badanych gleb, gdzie wartość środkowa zawartości tego pierwiastka w glebach piaszczystych wynosi 0,08%, natomiast dla gleb gliniastych 0,17%. W lessach średnia zawartość magnezu została określona na poziomie 0,68% (McLennan, Murray, 1999). Zróżnicowanie zawartości magnezu w glebach jest zależne od chemizmu skał podłoża. Wysokie wartości tego metalu (a także Ba, Ca i Sr) mogą wskazywać na obecność skał węglanowych (De Vos, Tarvainen,

2006; Reimann i in., 2014). Na terenie Polski, wyższe zawartości magnezu notowano w glebach rozwiniętych na utworach węglanowych (Lis, Pasieczna, 1995). W północno-zachodniej części terenu badań, gdzie występują lessy (Tablica 1) obserwuje się wyższe zawartości magnezu niż w jego południowo-wschodnim fragmencie, który charakteryzuje się innymi wydzieleniami litologicznymi, takimi jak piły piaszczyste i piaski pyłowate lessopodobne. Najniższe zawartości magnezu stwierdzono dla próbek gleb z obszarów leśnych (mediana 0,06%), cechujących się pH poniżej 5,50 (Tablica 7). Niskie zawartości magnezu na terenach kompleksów leśnych odnotowano też w innych badaniach obejmujących terytorium Polski (Lis, Pasieczna, 1995; De Vos, Tarvainen, 2006). Na glebach lekkich i zakwaszonych często stwierdzany jest niedobór tego metalu (Baran i in., 2001). Rozkład zawartości magnezu w badanych glebach może być również uwarunkowany czynnikami antropogenicznymi. Jako antropogeniczne źródła magnezu można wskazać: opady pyłów pochodzących głównie ze spalania węgla (Lis, Pasieczna, 1995) oraz stosowanie nawozów sztucznych i wapnowania (De Vos, Tarvainen, 2006). Najwyższe zawartości tego pierwiastka występują głównie na dwóch obszarach, w okolicy Rur Jezuickich oraz w rejonie pomiędzy Czechowem i Kalinowszczyzną. W przeszłości na tych terenach funkcjonowały liczne cegielnie (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/lubelskie-cegielnie/). Prawdopodobnymi źródłami emisji magnezu do środowiska mogły być zarówno pyły ze spalania węgla jak i uwalnianie tlenku magnezu podczas procesu wypalania cegieł. Po II wojnie światowej cegielnie ulegały stopniowej likwidacji, a kominy były wysadzane, co również mogło przyczynić się do rozproszenia materiałów budowlanych w najbliższych okolicach tych zakładów. Innym źródłem magnezu w glebach mogą być pozostałości po eksploatacji złóż gliny, przy których często lokowane były cegielnie. Poniżej miejscowości Piasków, na północ od Elektrociepłowni Lublin-Wrotków (obecna nazwa PGE Energia Ciepła Oddział Elektrociepłownia w Lublinie) również zaobserwowano niewielki obszar z wyższą niż sąsiednie tereny zawartością magnezu. Możliwą przyczyną tego stanu może być emisja pyłów zawierających MgO związana ze spalaniem węgla (Pasieczna, 2003).

Osady wodne: tablica 44, tabela 5

W osadach wodnych obszaru opracowania zawartość magnezu jest bardzo podobna do ilości tego pierwiastka w glebach. Zmienia się ona w granicach od poniżej 0,01% do 0,93%. Mediana zawartości tego pierwiastka w osadach Lublina (0,18%) jest wyższa w porównaniu do wyników prezentowanych we wcześniejszych opracowaniach geochemicznych dla osadów Warszawy, Poznania i Polski, które charakteryzowały się zbliżonymi wartościami mediany magnezu, wynoszącymi odpowiednio: 0,11%, 0,12% i 0,11% (Lis, Pasieczna, 1995; Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Najbogatsze w ten pierwiastek są osady JCWP Czechówka (mediana 0,33%). Wyróżniają się one około dwukrotnie wyższą wartością mediany magnezu w porównaniu do wszystkich osadów opracowania. Osady JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego i JCWP Ciemięga (mediana 0,23%) również zawierają podwyższone ilości tego pierwiastka w stosunku do pozostałych JCWP. Zróżnicowanie zawartości tego metalu w osadach może być związane z budową geologiczną rejonu. Obszar zlewni rzeki Czechówki, charakteryzuje podłoże zbudowane w znacznym stopniu ze skał lessowych, które są wyjątkowo podatne na procesy denudacyjne. Stąd zawiesina ilasta i pyłowa, będąca głównym składnikiem skał i gleb, może mieć znaczny wpływ na skład wód powierzchniowych oraz osadów wodnych (Turski i in., 1985).

Wody powierzchniowe: tablica 45, tabela 7

Magnez jest jednym z głównych pierwiastków występujących w wodach. Wiele związków magnezu jest bardzo dobrze rozpuszczalnych w wodzie, w związku z tym cechuje się on dużą mobilnością, niezależnie od warunków środowiskowych. W typowych dla strumieni warunkach pH, redoks i przewodnictwa, magnez prawdopodobnie występuje wyłącznie w postaci jonów Mg^{2+}. W wodzie słodkiej jego stężenia zwykle mieszczą się w granicach od poniżej 10 mg/dm^3 do 50 mg/dm^3 (De Vos, Tarvainen, 2006).

Stężenia metalu w badanych wodach powierzchniowych Lublina i okolic są zróżnicowane i przyjmują wartości od 0,8 mg/dm^3 do 31,4 mg/dm^3. Mediana stężenia magnezu w wodach na analizowanym obszarze (7,0 mg/dm^3) jest niższa niż dla wód Warszawy – mediana 9,9 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016) czy Poznania – mediana 17,5 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005) oraz wód Polski – mediana 11,6 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 1995). Analizując wartości 50. percentyla magnezu w poszczególnych jednolitych częściach wód powierzchniowych stwierdza się, że jest ona najwyższa dla JCWP Czechówka (19,1 mg/dm^3), podobnie jak ma to miejsce w przypadku osadów wodnych. Natomiast najniższą wartością mediany (6,1 mg/dm^3) charakteryzuje się JCWP Czerniejówka. Prawdopodobnie różnice te spowodowane są zarówno występowaniem różnych utworów w podłożu geologicznym zlewni rzek Czechówki i Czerniejówki, jak również sposobem użytkowania gleb na obu obszarach. Ponadto adsorpcja na ujemnie naładowanych powierzchniach minerałów ilastych może powodować zmniejszenie w wodzie stężenia jonów Mg^{2+} bardziej niż Ca^{2+} i kationów jednowartościowych, ponieważ Mg^{2+} jest silniej wiązany z tymi powierzchniami (De Vos, Tarvainen, 2006).

Mn – MANGAN

Gleby: tablica 46, tabela 3

Mangan jest pierwiastkiem pospolitym w skorupie ziemskiej, a jego występowanie w glebach zależy od zawartości w skale macierzystej. Proces glebotwórczy, warunki klimatyczne, ukształtowanie terenu i szata roślinna decydują o rozmieszczeniu tego pierwiastka w profilu glebowym. Na ogół gleby organiczne i gliniaste są wzbogacone w mangan w stosunku do gleb piaszczystych. Średnie zawartości tego pierwiastka dla różnych rodzajów i typów gleb wynoszą 100–1300 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Jego zawartości w glebach Lublina i okolic mieszczą się w zakresie od 8 mg/kg do 1142 mg/kg. Wartość mediany manganu dla gleb z tego obszaru wynosi 305 mg/kg i jest prawie dwukrotnie wyższa od przeciętnej zawartości tego pierwiastka w glebach Warszawy – 157 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Jest też wyższa od mediany zawartości manganu w glebach Poznania – 200 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005) i Polski – 217 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). Gleby pylaste charakteryzują się wyraźnie wyższą zawartością manganu (mediana 352 mg/kg) niż gleby piaszczyste (mediana 227 mg/kg) i torfiaste (mediana 148 mg/kg). Najwyższe ilości manganu występują w glebach pól uprawnych (mediana 368 mg/kg). Na terenach z zabudową miejską (niską i wysoką) odnotowano podobne zawartości manganu jak w glebach na terenach przemysłowych (mediana 291 mg/kg). Są one niższe niż w glebach na obszarach z zabudową wiejską (mediana 358 mg/kg). Podwyższone ilości manganu mogą występować w glebach po intensywnym nawożeniu gnojowicą, zwłaszcza gdy stosowano mineralne dodatki do pasz, zawierające podwyższone zawartości tego pierwiastka (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Gleby antropogeniczne charakteryzowanego rejonu nie wykazują wzbogacenia w mangan. Generalnie wyższe zawartości manganu występują poza obszarem najsilniej zurbanizowanym. Stosunkowo niskie zawartości manganu w glebach na obszarach miejskich (np. w dzielnicach położonych w centrum Lublina: Stare Miasto, Kalinowszczyzna, Kośminek, Dziesiąta) prawdopodobnie mają związek z większym udziałem frakcji piaskowej. Najniższą zawartość stwierdzono w glebach w południowej części Lublina, w okolicy Zalewu Zemborzyckiego, na zalesionym obszarze (las Dąbrowa). Na tym terenie odnotowano też najniższą wartość pH w glebach. Występują tu głównie mułki piaszczyste i piaski pyłowate lessopodobne. Maksymalny wynik manganu (1142 mg/kg), odnotowany dla próbki gleby pobranej w pobliżu placu budowy w dzielnicy Sławin (na terenie Dzbenina), ma charakter antropogeniczny.

Osady wodne: tablica 46, tabela 5

W osadach wodnych aglomeracji lubelskiej zawartości manganu są bardzo zróżnicowane i znajdują się w zakresie od 3 mg/kg do 3530 mg/kg, a wartość mediany wynosi 215 mg/kg. Zróżnicowanie zawartości pierwiastka jest mniejsze niż w osadach Warszawy czy Poznania, jednak mediany zawartości manganu w osadach pobranych w każdym rejonie charakteryzują się zbliżonymi wartościami około 200 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). Spośród ośmiu JCWP znajdujących się na badanym terenie, najwyższą medianę zawartości manganu (421 mg/kg) odnotowano w osadach JCWP Dopływ spod Świdnika, natomiast najniższą w osadach JCWP Bystrzyca na odcinku do zb. Zemborzyckiego (133 mg/kg). Wartość środkowa dla 16 próbek osadów pobranych z Zalewu Zemborzyckiego jest niska i wynosi 22 mg/kg. Najwyższe zawartości, powyżej 3000 mg/kg, oznaczono w dwóch próbkach; w szlamie pobranym ze strumienia płynącego obok cmentarza pomiędzy Krężnicą Jarą i Nowinami oraz w mule z rowu we wsi Rudnik, położonym blisko ulicy i torów kolejowych. W drugim przypadku odnotowano też dużą zawartość OWO (18,9%).

Wody powierzchniowe: tablica 47, tabela 7

Ilości manganu w wodach powierzchniowych Lublina i okolic są zróżnicowane i wynoszą od poniżej 0,001 mg/dm^3 do 2,527 mg/dm^3. Mediana stężeń obliczona dla całego zbioru wynosi 0,033 mg/dm^3 i jest około cztery razy niższa niż dla wód Warszawy – mediana 0,123 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i ponad dwukrotnie niższe niż dla wód Poznania – mediana 0,079 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). Prawie dwukrotnie wyższe od przeciętnego stężenia manganu w wodach aglomeracji lubelskiej są mediany dla próbek wód z JCWP Czechówka i JCWP Dopływ spod Świdnika. Wody Zalewu Zemborzyckiego cechują się niskimi stężeniami manganu; od 0,001 mg/dm^3 do 0,034 mg/dm^3 (liczba analizowanych próbek 26). Najwyższe stężenia pierwiastka, powyżej 1 mg/dm^3, odnotowano w próbkach wód pobranych z rowów i sadzawki, znajdujących się w granicach JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Aktualnie uzyskane wyniki dla manganu nie różnią się od poziomu odnotowanego dla wód tego rejonu (mediana 0,052 mg/dm^3) w *Atlasie geochemicznym Polski*. Stwierdzone wówczas maksymalne stężenie manganu wynosiło 0,137 mg/dm^3 – (Lis, Pasieczna, 1995).

Mo – MOLIBDEN

Gleby: tablica 48, tabela 3

Molibden jest pierwiastkiem śladowym i rozproszonym w skorupie ziemskiej. Związany jest przede wszystkim z kwaśnymi skałami magmowymi i utworami ilastymi. Koncentruje się on głównie w paragenezach siarczkowych i tlenkach (Pasieczna, Markowski, 2014). Molibden wykazuje zróżnicowane właściwości geochemiczne (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach łatwo tworzy kompleksowe związki anionowe, które są mobilne w warunkach odczynu obojętnego i zasadowego. W środowiskach kwaśnych jest wiązany przez wodorotlenki glinu, żelaza, manganu oraz substancję organiczną i minerały ilaste, co ogranicza przyswajalność tego mikroelementu przez rośliny i negatywie wpływa na ich rozwój (Pasieczna, Markowski, 2014). Na podstawie obserwacji prowadzonych na przestrzeni kilkudziesięciu lat stwierdzono, że następuje zubożenie w molibden powierzchniowego poziomu gleb uprawnych wskutek zastosowania nawadniania i migracji tego pierwiastka do wód drenarskich (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W powierzchniowej warstwie gleb Europy zawartość molibdenu znajduje się w zakresie od poniżej 0,1 mg/kg do 17,2 mg/kg (De Vos, Tarvainen, 2006). Gleby Polski przeważnie zawierają mniej niż 0,45 mg/kg molibdenu, a regionalnie podwyższone ilości (0,45–0,75 mg/kg) odnotowano w Karpatach i na ich przedpolu.

Na terenie aglomeracji Lublina zawartości molibdenu występują w przedziale od 0,12 mg/kg do 18,41 mg/kg, przy medianie wynoszącej 0,26 mg/kg. Najwyższą wartość molibdenu (18,41 mg/kg) zmierzono w próbce gleby torfiastej, na terenach nieużytków (trzęsawiska) znajdujących się w południowo-zachodniej części obszaru badań. W pozostałych próbkach zawartości molibdenu są niższe i nie przekraczają 4,06 mg/kg. Najwyższą wartość mediany uzyskano dla gleb torfiastych (1,01 mg/kg), natomiast najniższą dla gleb pobranych z terenów leśnych (0,19 mg/kg). Wyższe ilości molibdenu w glebach Lublina obserwuje się w dzielnicy Tatary, szczególnie wokół Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin, w dzielnicach Bronowice i Wrotków, jak również przy Porcie Lotniczym Lublin w Świdniku. Na obszary te od dziesięcioleci oddziałuje presja antropogeniczna, a głównymi źródłami molibdenu są emisje związane ze spalaniem węgla kamiennego w elektrociepłowniach oraz piecach domowych. Molibden podlega bioakumulacji i gromadzi się w węglach, a w procesie spalania ulega rozproszeniu i przenika do gleb i osadów. Jest on stosowany w przemyśle lotniczym, elektronicznym, zbrojeniowym, również do wytwarzania elementów lamp żarowych (Pasieczna, 2012).

Osady wodne: tablica 48, tabela 5

Molibden wykazuje tendencję do kumulowania się w osadach wodnych (Bojakowska i in., 2007). W osadach aglomeracji lubelskiej stwierdzono prawie dwukrotnie wyższą wartość środkową molibdenu (0,41 mg/kg) niż w glebach tego rejonu. Zakres wyników tego pierwiastka w próbkach osadów pobranych z cieków i zbiorników znajdujących się w obrębie terenu badań (od 0,03 mg/kg do 5,40 mg/kg) nie różni się od jego ilości w osadach rzecznych Polski, w których zmierzono od poniżej 0,40 mg/kg do 8,19 mg/kg (https://www.gov.pl/web/gios/monitoring-osadow-dennych). Osady Zalewu Zemborzyckiego zawierają molibden w ilościach (od poniżej 0,05 mg/kg do 0,72 mg/kg) porównywalnych z wartościami opublikowanymi dla osadów Zalewu Zegrzyńskiego – od poniżej 0,1 mg/kg do 1,0 mg/kg (Bojakowska i in., 2007).

Wody powierzchniowe: tablica 49, tabela 7

Formy chemiczne molibdenu w środowisku wodnym oraz jego stężenie zależą od odczynu wody, potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oraz zasolenia, które wpływają na rozpuszczalność tego pierwiastka, a tym samym na jego biodostępność dla roślin. Stężenie molibdenu w wodach powierzchniowych jest na ogół niskie, ponieważ łatwo ulega on sorpcji w środowiskach kwaśnych lub słabo kwaśnych. Natomiast wraz ze wzrostem zasadowości wód obserwowano wzrost ilości molibdenu występującego w formie rozpuszczonej (Kabata-Pendias, Szteke, 2012; Smedley, Kinniburgh, 2017*)*.

Na podstawie analizy próbek wód powierzchniowych z rejonu Lublina stwierdzono, że stężenie molibdenu mieści się w zakresie od 0,10 µg/dm^3 do 26,57 µg/dm^3. Są to wartości zbliżone do wyników uzyskanych podczas realizacji projektu *Atlas geochemiczny Warszawy i okolic* (Tomassi-Morawiec, 2016). Wszystkie zbadane wody spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna molibdenu wynosi ≤40 µg/dm^3 (Rozporządzenia…, 2021). Najwyższe stężenia molibdenu, od 22,77 µg/dm^3 do 26,57 µg/dm^3, odnotowano w trzech próbkach pobranych z rzeki Bystrzycy w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Miejsca opróbowania znajdowały się na terenie gminy Wólka, w miejscowościach Sobianowice i Długie. Podwyższone stężenia pierwiastka w tych lokalizacjach mogą wskazywać na obecność zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego, związanych z intensywnym stosowaniem nawozów mineralnych i spływem powierzchniowym z pól.

Na – SÓD

Gleby: tablica 50, tabela 3

Sód jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków w skorupie ziemskiej. Ze względu na zbliżone promienie jonowe Na^+ i Ca^{2+} oba pierwiastki wykazują wyraźne podobieństwo geochemiczne (Migaszewski, Gałuszka, 2016). Sód jest pierwiastkiem bardzo mobilnym. Podczas wietrzenia skał szybko przechodzi do wód wraz z którymi jest transportowany do mórz i oceanów, gdzie staje się on głównym kationem zasolenia wody morskiej. Całkowita zawartość sodu w glebach Polski jest niska. Wyniki analiz gleb, wykonane metodą XRF, wykazały że jego typowe zawartości nie przekraczały 0,52%. Natomiast zawartości sodu oznaczone metodą ICP-MS po ekstrakcji wodą królewską stanowiły mniej niż 1% jego całkowitej ilości (Reimann i in., 2014). Średnie wartości wyników badań zasolenia gleb Polski nie zmieniały się w kolejnych okresach badań monitoringowych i pozostawały na niskim, nieszkodliwym dla roślin i jakości gleb poziomie. Przykładowo w 2020 r., zawartość sodu zmierzona w 216 próbkach gleb Polski, użytkowanych rolniczo, mieściła się w zakresie 0,001–0,029%, przy czym średnia wyniosła 0,005% (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=wyniki&cz=F).

Zawartości sodu w próbkach gleb pobranych z obszaru aglomeracji lubelskiej mieszczą się w przedziale 0,004–0,172%, przy czym mediana wynosi 0,008%. Gleby w południowej części badanego obszaru zwykle charakteryzują się ilościami poniżej wartości środkowej. Gleby antropogeniczne, torfiaste i przemysłowe mają wyższe mediany zawartości sodu (0,013% i 0,012%), natomiast w przypadku gleb leśnych mediana jest najniższa (0,005%). Generalnie próbki gleb pobrane z obszarów z zabudową wiejską (również z pól uprawnych i terenów bez zabudowy) cechują się niższymi zawartościami sodu niż próbki gleb z terenów z zabudową miejską, co wskazuje na wpływ użytkowania terenu i gęstości zabudowy na obecność tego pierwiastka w glebie. Wyższe zawartości sodu w glebach warstwy powierzchniowej stwierdzono w centrum miasta Lublina, w szczególności w dzielnicach Stare Miasto i Bronowice, które podlegały antropopresji związanej z intensywną urbanizacją i infrastrukturą komunikacyjną. Występuje tam gęsta zabudowa i rozwinięta sieć dróg, a w okresie zimowym do odladzania dróg, chodników i placów wykorzystuje się głównie mieszaninę piasku i chlorku sodu. Spływ powierzchniowy z ulic powoduje przenikanie zanieczyszczeń do gleb i wód gruntowych. W centrach miast, gdzie ruch samochodowy i pieszy jest intensywny, dawki soli są największe, a jej kumulacja w środowisku jest bardziej widoczna. Najwyższe zawartości sodu odnotowano w dwóch lokalizacjach na terenie ogródków działkowych: 0,172% w dzielnicy Rury oraz 0,148% w dzielnicy Bronowice.

Osady wodne: tablica 50, tabela 5

W osadach wodnych aglomeracji lubelskiej zawartości sodu znajdują się w zakresie od 0,003% do 0,077%, przy czym wartość mediany wynosi 0,011%. Najniższą medianę zawartości metalu (0,006%) odnotowano w osadach wodnych JCWP Ciemięga, natomiast najwyższą (0,017%) w osadach JCWP Czechówka. Zwykle osady wzbogacone w sód obserwowano na obszarach, na których także gleby charakteryzowały się wyższymi ilościami tego pierwiastka.

Wody powierzchniowe: tablica 51, tabela 7

Stężenie sodu w wodach badanego obszaru jest zróżnicowane i mieści się w przedziale od 2,4 mg/dm^3 do 148,1 mg/dm^3. Zmienność przestrzenna występowania tego pierwiastka jest zbliżona do zmienności chlorków w wodach powierzchniowych. Mediana stężeń sodu dla całego zbioru próbek wód wynosi 7,8 mg/dm^3. Jest ona dwukrotnie niższa niż wartość mediany odnotowana dla wód powierzchniowych Polski – 16 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 1995), trzykrotnie niższa niż mediana dla wód Poznania – 26,6 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005) oraz niemal czterokrotnie niższa niż dla wód Warszawy – 30,1 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższą wartość mediany (12,5 mg/dm^3) obliczono dla wód JCWP Czechówka, podobnie jak ma to miejsce dla osadów wodnych. Prawdopodobnie, głównym źródłem sodu na tym obszarze jest podłoże geologiczne. Jednak należy także rozważyć czynniki związane z działalnością człowieka, w szczególności z rolnictwem i urbanizacją. Maksymalne stężenie sodu, wynoszące 148,1 mg/dm^3 zarejestrowano w zbiorniku retencyjnym w Elizówce, zlokalizowanym przy drodze nr 835. W zbiorniku tym odnotowano też podwyższone stężenia kilku innych substancji zanieczyszczających, takich jak Al, Ba, Cl^- i NH_4^+. Ich wysokie ilości mogą być wynikiem spływu powierzchniowego zanieczyszczeń drogowych, w tym chlorku sodu stosowanego w zimowym utrzymaniu nawierzchni dróg. Zbiornik pełni funkcję odbiornika wód opadowych i roztopowych, co wskazuje na antropogeniczne źródło zanieczyszczenia.

NH_4^+ – JON AMONOWY

Wody powierzchniowe: tablica 52, tabela 7

Podwyższone stężenie jonu amonowego w wodach powierzchniowych stanowi istotny wskaźnik świeżego zanieczyszczenia wód ściekami pochodzenia bytowego lub przemysłowego. Stężenie jonu amonowego na badanym obszarze zmienia się od 0,05 mg/dm^3 do 2,23 mg/dm^3. Mediana stężeń tego jonu obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 0,11 mg/dm^3 i jest niższa niż mediana dla wód aglomeracji Warszawy – 0,18 mg/dm^3. Maksymalne stężenie jonu amonowego dla Lublina i okolic zaobserwowano w sadzawce w miejscowości Elizówka (gmina Niemce), w pobliżu kompleksu handlowo-usługowego. W takich zamkniętych zbiornikach wodnych lub o ograniczonym przepływie wysokie stężenie jonów amonowych może świadczyć o rozkładzie nagromadzonej materii organicznej w warunkach beztlenowych. Najwyższą medianę stężenia jonu amonowego (0,19 mg/dm^3) obliczono dla próbek wód pobranych z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, natomiast najniższą (poniżej 0,05 mg/dm^3) dla próbek wód z JCWP Dopływ spod Świdnika oraz JCWP Ciemięga. W celu odniesienia uzyskanych wyników do wartości granicznych dla klas jakości wód powierzchniowych zamieszczonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie…, 2021), stężenia jonu amonowego przeliczono na azot amonowy (zastosowano współczynnik 0,7765). Na tej podstawie stwierdzono, że w 48 próbkach wód pobranych z rzek i strumieni oznaczone stężenia azotu amonowego przekraczają wartości graniczne dla klasy I jakości wód powierzchniowych (wynoszące w zależności od typu cieku ≤0,13 mg/dm^3 lub ≤0,14 mg/dm^3). Natomiast tyko w 16 próbkach stężenia azotu amonowego są wyższe niż wartości graniczne dla klasy II jakości wód powierzchniowych (≤0,30 mg/dm^3 / ≤0,35 mg/dm^3).

Ni – NIKIEL

Gleby: tablica 53, tabela 3

Zawartość niklu w glebach jest uwarunkowana zarówno pochodzeniem skały macierzystej, jak i składem granulometrycznym. Zakres średnich zawartości niklu w powierzchniowych poziomach różnych gleb wynosi 4–50 mg/kg, mniejsze stężenia przypadają na lekkie gleby piaszczyste (średnia 15 mg/kg), a większe na gleby gliniaste (średnia 30 mg/kg). Właściwości geochemiczne niklu są podobne do żelaza i kobaltu. Podczas procesów wietrzenia metal ten łatwo ulega uruchomieniu, jednakże zazwyczaj jest szybko wiązany przez wodorotlenki żelaza i manganu (Jasiewicz, Antonkiewicz, 1997; Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Pelczar i in., 2005).

Zwartości niklu w glebach charakteryzowanego obszaru są wyraźnie zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od 1 mg/kg do 649 mg/kg. Mediana obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 10 mg/kg. Zasobniejsze w ten pierwiastek są obszary miejskie Lublina i Świdnika, szczególnie w rejonach przemysłowych i gęsto zabudowanych. Uzyskane wyniki wskazują iż 98% pobranych próbek gleb charakteryzuje się zawartością niklu na poziomie równym lub niższym niż 24 mg/kg. Zbliżone dane uzyskano dla gleb Warszawy, gdzie 97% próbek wykazywało zawartość metalu na poziomie równym lub niższym niż 23 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Rozkład przestrzenny zawartości niklu w glebach analizowanego rejonu jest podobny do występowania żelaza i chromu. Największe ilości niklu (649 mg/kg) odnotowano w próbce gleby pobranej w okolicach zakładów lotniczych WSK PLZ-Świdnik, a także Portu Lotniczego Lublin. Znaczące ilości metalu na terenie zakładów lotniczych mają charakter antropogeniczny i wynikają ze specyfiki produkcji konstrukcji lotniczych, które wymagają materiałów lekkich oraz wytrzymałych, takich jak stopy aluminium, w których dodatkami uszlachetniającymi są chrom, nikiel, żelazo, tytan i beryl (Bielawski i in., 2015). Nikiel znajduje się też w materiałach stosowanych do budowy współczesnych silników turbinowych (Szczeciński, 2011). Ponadto podwyższone ilości niklu w glebach warstwy powierzchniowej zaobserwowano w północno-wschodniej część Lublina w dzielnicach Kośminek i Tatary, gdzie ilość metalu w glebie osiąga 56 mg/kg. Obszar ten od lat 50. XX wieku stanowił tereny przemysłowe, na których zlokalizowane były Fabryka Samochodów Ciężarowych, Zakłady Mechaniczne Ursus i największa w Polsce odlewnia żeliwa. Obecnie na tym terenie funkcjonuje szereg mniejszych zakładów produkcyjnych oraz Elektrociepłownia Megatem EC-Lublin. Również w miejscowości Prawiedniki, na południe od Lublina, odnotowano podwyższone w stosunku do terenów sąsiadujących ilości niklu w glebie. Zawartość metalu w próbce z tej lokalizacji wynosi 35 mg/kg i jest kilkukrotnie wyższa niż wartości zmierzone w próbkach gleb pobranych z okolicznych obszarów (3–14 mg/kg). Prawdopodobną przyczyną anomalnej zawartości niklu w glebie może być wykorzystanie gruntu niewiadomego pochodzenia do niwelacji tego terenu przeprowadzonej w latach 2015–2017. Najniższe zawartości niklu w glebach odnotowano w obrębie dużych, zwartych kompleksów leśnych, położonych w południowo-zachodniej oraz południowej części Lublina. Na ogół gleby znajdujące się w południowym fragmencie badanego terenu charakteryzują się ilościami tego metalu poniżej wartości 50 percentyla (10 mg/kg). Zawartość niklu (16 mg/kg) oznaczona w próbce gleby ze wsi Świdniczek jest zbliżona do wyników (8,3–14,3 mg/kg) uzyskanych podczas *Monitoringu chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283, znajdującego się w tej samej miejscowości (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary& p=283). Mediana zawartości niklu w glebach z rejonu Lublina jest około dwukrotnie wyższa niż wartości tego parametru stwierdzone na podstawie danych uzyskanych w projektach europejskich FOREGS i GEMAS, obejmujących odpowiednio niezanieczyszczone i użytkowane rolniczo gleby na terenie Europy, w tym Polski (Salminen, 2005; Reimann i in., 2014). Tylko w jednej próbce gleby pobranej z terenów przemysłowych w Świdniku odnotowano przekroczenie dopuszczalnej zawartości niklu dla IV grupy gruntów (500 mg/kg). Pozostałe próbki, zawierają nikiel w granicach 1–73 mg/kg i spełniają normy określone dla I grupy gruntów, dla których dopuszczalna zawartość wynosi 150 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024).

Osady wodne: tablica 53, tabela 5

Zawartości niklu w osadach wodnych pobranych w obrębie charakteryzowanego terenu znajdują się w przedziale od poniżej 1 mg/kg do 154 mg/kg. Mediana obliczona dla wszystkich próbek osadów wynosi 11 mg/kg. Około 97% osadów pobranych z Lublina i okolic zawiera mniej niż 30 mg/kg niklu. Są to ilości podobne do tych, które uzyskano dla osadów z rejonu Warszawy (Tomassi-Morawiec, 2016). Obraz kartograficzny przedstawiający zawartości niklu w osadach wodnych Lublina i okolic wskazuje na antropogeniczny wpływ miasta na stan chemiczny osadów, szczególnie rzeki Bystrzycy. Wyższe ilości metalu odnotowano w próbkach osadów pobranych z Bystrzycy na odcinku, który przepływa przez byłe dzielnice przemysłowe Lublina i dalej w stronę ujścia rzeki. Na omawianym terenie najwyższym wynikiem (154 mg/kg) wyróżnia się próbka osadu pobrana z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Miejsce opróbowania znajduje się powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów i w okolicy przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stałą oraz metalami kolorowymi. Anomalnie wysoka zawartość niklu (a także kilku innych pierwiastków Ag, Cd, Cr, Cu, Co, Zn, Ti, Pb, Ba i Se) w osadzie z tej lokalizacji prawdopodobnie jest związana działalnością tego przedsiębiorstwa. Kolejny wysoki wynik zawartości niklu (jak również chromu) w osadzie z Bystrzycy – 61 mg/kg może być spowodowany dopływem odcieków z kanalizacji deszczowej z dzielnicy Tatary. Odnosząc uzyskane dane do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego, można stwierdzić, że w 14 próbkach osadów wodnych odnotowano ilości niklu powyżej wartości TEC (23 mg/kg), a tylko w dwóch lokalizacjach są one powyżej wartości PEC – 49 mg/kg (MacDonald i in., 2000).

Wody powierzchniowe: tablica 54, tabela 7

Wody powierzchniowe z rejonu Lublina charakteryzują się niskimi stężeniami niklu od 0,5 µg/dm^3 do 10,8 µg/dm^3. Mediana obliczona dla całego zbioru próbek wód wynosi 1,4 µg/dm^3.

Dwukrotnie wyższą wartością środkową niklu w wodach wyróżnia się JCWP Dopływ spod Świdnika (2,8 µg/dm^3). Natomiast jego najwyższe stężenia (6,9 µg/dm^3 i 10,8 µg/dm^3) zmierzono w próbkach pobranych ze śródpolnego rowu melioracyjnego, w okolicy wsi Turka. Znajduje się on w zasięgu JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia i stanowi dopływ rzeki Bystrzycy. W żadnej próbce wody powierzchniowej nie stwierdzono przekroczenia środowiskowej normy jakości określonej dla niklu na poziomie 34 µg/dm^3 (Rozporządzenie…, 2021).

NO_2^- – AZOTANY (III)

Wody powierzchniowe: tablica 55, tabela 3

Azotany (III) mogą przenikać do wód powierzchniowych z różnych źródeł, głównie z gleb użytkowanych rolniczo, ścieków oraz z zakładów przemysłowych. Stężenie jonów NO_2^- w badanych wodach Lublina i okolic zmienia się w granicach od poniżej 0,01 mg/dm^3 do 0,74 mg/dm^3, natomiast mediana wynosi 0,11 mg/dm^3 i jest wyższa w porównaniu do wartości mediany obliczonej dla wód Warszawy – 0,07 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016), jak również dla wód Poznania – mediana 0,05 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005). Maksymalne stężenie jonów NO_2^- zanotowano w strumieniu Dopływ z Konopnicy, na terenie dzielnicy Sławin. Wody JCWP Czechówka charakteryzują się najwyższą wartością środkową tych anionów (0,16 mg/dm^3), natomiast wody JCWP Ciemięga najniższą (0,05 mg/dm^3).

NO_3^- – AZOTANY (V)

Wody powierzchniowe: tablica 56, tabela 3

Azotany (V) przedostają się do wód powierzchniowych przede wszystkim w wyniku stosowania nawożenia gleb, spływu ścieków komunalnych, nieszczelnych szamb oraz w wyniku emisji zanieczyszczeń przemysłowych. Podwyższone ilości tych jonów sprzyjają procesowi eutrofizacji, co pogarsza jakość wód i destabilizuje funkcjonowanie ekosystemów wodnych.

Stężenie jonów NO_3^- w badanych wodach Lublina i okolic zmienia się w granicach od 0,07 mg/dm^3 do 34,20 mg/dm^3. Mediana stężeń dla całego zbioru próbek wynosi 5,94 mg/dm^3 i jest wyższa w porównaniu do wód Poznania – mediana 3,21 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005), jak również Warszawy – mediana 2,24 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz wód Europy – mediana 2,82 mg/dm^3 (De Vos, Tarvainen, 2006). Maksymalne stężenie jonów NO_3^- (34,20 mg/dm^3) zanotowano w próbce wody pobranej z rowu bez nazwy w miejscowości Krępiec (wschodnia część obszaru badań). Ponieważ rów ten przepływa przez tereny rolnicze, prawdopodobną przyczyną wysokiego stężenia jonów azotanowych (V) jest spływ powierzchniowy z intensywnie użytkowanych pól uprawnych (stosowanie nawozów azotowych) oraz wypłukiwanie azotanów z gleby podczas opadów. W badanym zbiorze próbek najwyższą medianę azotanów (14,25 mg/dm^3) zaobserwowano dla wód JCWP Czerniejówka, natomiast najniższą (0,72 mg/dm^3) dla wód JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego.

P – FOSFOR

Gleby: tablica 57, tabela 3

Fosfor w glebie pochodzi zazwyczaj ze skał macierzystych (Kholodov, 2003), jednak na jego zawartość ma też wpływ nawożenie (Bednarek i in., 2017). Znaczna jego część jest sorbowana przez materię organiczną gleby, w związku z czym bogatsze w fosfor mogą być gleby torfiaste (Holtan i in., 1985). Odpowiednia ilości tego pierwiastka w glebach jest niezwykle istotna, ponieważ jest on jednym z trzech głównych makroelementów niezbędnych roślinom do życia. Na tle Europy, gleby Polski są mniej zasobne w fosfor niż np. gleby Niemiec (De Vos, Tarvainen, 2006).

Zawartości fosforu w glebach Lublina i okolic mieszczą się w zakresie od 0,005% do 1,290%. Wartość mediany fosforu obliczona dla ogółu gleb tego rejonu wynosi 0,044% i jest trochę wyższa od wartości środkowej tego pierwiastka uzyskanej dla gleb Polski – 0,034% (Lis, Pasieczna, 1995) i gleb Warszawy – 0,036% (Tomassi Morawiec, 2016). Wyniki aktualnych badań wskazują, że zawartości fosforu w glebach z rejonu Lublina są wyższe niż odnotowano w latach 90. XX wieku podczas realizacji projektu *Atlas geochemiczny Polski* – mediana 0,031% (Lis, Pasieczna, 1995). Najwyższe ilości tego pierwiastka występują w najsilniej zurbanizowanych częściach miasta Lublina (w tym w obrębie najstarszych dzielnic) oraz na terenach z zabudową przemysłową, szczególnie w rejonie Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin i na południe od Browarów Lubelskich-Perła. Gleby na tych obszarach charakteryzują się zawartościami fosforu powyżej 0,075%. Może on pochodzić z emisji spalin z funkcjonujących tam zakładów przemysłowych i spalania paliw kopalnych, na co wskazuje współwystępowanie podwyższonych zawartości siarki, sodu i WWA. Substancje te mogą być emitowane przez elektrownie węglowe (Jackson i in., 1996; Kravchenko i in., 2024). Również w okolicach miejscowości Turka, Długie i Wólka (północy-wschód obszaru badań) odnotowano wyższe zawartości fosforu. Na tym terenie jest on prawdopodobnie antropogeniczny. Obszary, na których zawartości fosforu przekraczają wartość mediany dla ogółu gleb (0,044%) występują też w północno-zachodniej części rejonu, w okolicach miejscowości Barak, Jakubowice Konińskie, Dębówka i Choiny. Są to tereny rolnicze i większe ilości fosforu w glebie mogą wynikać ze stosowania nawozów sztucznych i/lub insektycydów fosforoorganicznych. Innym czynnikiem, który może mieć wpływ na podwyższenie zawartości fosforu w glebie, są uwarunkowania geologiczne, w szczególności występujące w podłożu lessy (Blake i in., 2000). Najmniejsze ilości fosforu stwierdzono na terenach leśnych (mediana 0,021%), przede wszystkim w obrębie kompleksu leśnego znajdującego się na południowy wschód od Zalewu Zemborzyckiego (las Dąbrowa) oraz w glebach piaszczystych (mediana 0,037%).

Osady wodne: tablica 57, tabela 5

Zawartości fosforu w osadach wodnych i glebach z rejonu Lublina są dość zbliżone, przy czym w osadach stwierdzono nieco niższe jego ilości niż w glebach. Mediana zawartości fosforu w osadach cieków i zbiorników wodnych, znajdujących się na badanym obszarze, wynosi 0,059% i jest wyższa w porównaniu z wartością środkową tego pierwiastka w osadach wodnych z rejonu Warszawy – 0,036% (Tomassi-Morawiec, 2016). Analizując aktualne wyniki badań i dane z lat 90., dla których mediana fosforu na tym samym obszarze wyniosła 0,052% (Lis, Pasieczna, 1995), można zauważyć tendencję wzrostową zawartości tego pierwiastka w osadach aglomeracji lubelskiej. W większości próbek osadów pobranych z JCWP Dopływ spod Świdnika, odnotowano wysokie zawartości fosforu (oraz OWO), a obliczona mediana pierwiastka ma wartość dwukrotnie wyższą (0,119%) od mediany dla wszystkich próbek osadów. W osadach rzeki Bystrzycy, pobranych na odcinku znajdującym się powyżej miasta Lublina, stwierdzono niższe zawartości fosforu niż w osadach z górnego odcinka rzeki, poniżej miasta. Osady JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego wyróżniają się najniższą wartością mediany fosforu (0,046%) spośród badanych JCWP. Może to wynikać z budowy geologicznej lub sposobu użytkowania okolicznych terenów – w tej okolicy są to przede wszystkim łąki. Zwykle wyższe ilości fosforu obserwowano w próbkach osadów z dużą zawartością materii organicznej, które zostały pobrane z cieków przepływających przez tereny bagienne.

Wody powierzchniowe: tablica 58, tabela 7

Stężenia fosforu w wodach powierzchniowych Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od poniżej 0,05 mg/dm^3 do 0,90 mg/dm^3. Mediana stężenia tego pierwiastka w wodach powierzchniowych rejonu wynosi 0,12 mg/dm^3 i jest wyższa od jego mediany dla wód Warszawy – 0,070 mg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016) i mediany dla wód Poznania – 0,100 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 2005). Jednak wartości środkowe fosforu uzyskane dla wszystkich trzech aglomeracji są mniejsze od mediany fosforu dla całego kraju, która wynosiła 0,160 mg/dm^3 (Lis, Pasieczna, 1995). Próbkę wody, dla której odnotowano maksymalny wynik (0,90 mg/dm^3) pobrano z kanału w miejscowości Konstantynów. Najwyższymi stężeniami fosforu wyróżniają się wody JCWP Czechówka i JCWP Dopływ spod Świdnika (w obu przypadkach mediana wynosi 0,16 mg/dm^3). Większość próbek wód pobranych z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia cechuje się niskimi stężeniami fosforu (poniżej 0,05 mg/dm^3). Z wyjątkiem jednej próbki można je zaliczyć do wód I klasy czystości (Rozporządzenie…, 2021). Z przeprowadzonych badań można wysunąć wniosek, że podwyższone zawartości fosforu w glebach na obszarze silnie zurbanizowanego centrum miasta nie wpływają znacząco na wzrost stężeń fosforu w rzece Bystrzycy. Zbliżone wartości środkowe fosforu w wodach (0,12–0,13 mg/dm^3) odnotowano dla JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego, JCWP Czerniejówka i JCWP Ciemięga. Wody Zalewu Zemborzyckiego charakteryzują się raczej niskimi stężeniami fosforu, mieszczącymi się w przedziale od poniżej 0,05 mg/dm^3 do 0,21 mg/dm^3 (mediana poniżej 0,05 mg/dm^3).

Pb – OŁÓW

Gleby: tablica 59, tabela 3

Ołów w środowisku naturalnym niezwykle rzadko występuje w postaci rodzimej. Wynika to z jego skłonności do wiązania się z siarką i tworzenia galeny (siarczku ołowiu) – najpowszechniejszego minerału tego metalu (Cabała i in., 2021). Ołów stanowi duże zagrożenia dla środowiska i często powoduje negatywne skutki biologiczne. Średnia zawartość tego metalu w skorupie ziemskiej szacowana jest na 10–14 mg/kg. Większe ilości ołowiu znajdują się w utworach ilastych (10–40 mg/kg), a w skałach zasadowych i osadach węglanowych zwykle nie przekraczają 10 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Zawartości ołowiu w glebach badanego obszaru mieszczą się w przedziale od 3,35 mg/kg do 340,79 mg/kg. Obliczona mediana ilości tego pierwiastka (12,97 mg/kg) dla wszystkich próbek gleb jest zbliżona do jego wartości środkowych stwierdzonych dla gleb aglomeracji warszawskiej – 15 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i aglomeracji poznańskiej – 11 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). Również nie różni się ona istotnie od mediany stwierdzonej dla gleb Europy – 15,0 mg/kg (De Vos, Tarvainen, 2006). W obrębie charakteryzowanego obszaru, antropogenicznie podwyższone zwartości ołowiu odnotowano w najstarszych częściach miasta Lublina i w dzielnicach przemysłowych, podobnie jak miało to miejsce w Warszawie i Poznaniu. W obrębie terenu badań występują lokalnie podwyższone zawartości metalu na poziome powyżej 200 mg/kg. Maksymalną zawartość ołowiu zmierzono w próbce gleby pobranej z centralnej części lubelskiej dzielnicy Kośminek, gdzie przez kilkanaście lat funkcjonował zakład naprawy samochodów dostawczych. Poza tym jeden z najwyższych wyników (313,62 mg/kg) odnotowano w próbce gleby pobranej obok lokalnej drogi i w bezpośrednim sąsiedztwie przedsiębiorstwa naprawy pojazdów zlokalizowanego na wschód od miejscowości Wólka. Niskie ilości ołowiu w glebach stwierdzono w południowej oraz zachodniej części analizowanego obszaru. Bardzo niską zawartością metalu charakteryzują się próbki gleb pobrane w obrębie dużych, zwartych kompleksów leśnych, ale także z obszarów użytkowanych rolniczo we wsiach Mętów, Kąty i Głuszczyzna. Zawartość tego metalu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 19,99 mg/kg jest trochę wyższa niż wartości ołowiu zmierzone w latach 1995–2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* dla punktu pomiarowo-kontrolnego nr 283. Wyniki ołowiu uzyskane w pięciu cyklach monitoringu mieściły się w przedziale od 6,69 mg/kg do 16,9 mg/kg (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Najwyższe zawartości ołowiu oznaczone w glebach z rejonu Lublina (powyżej 250 mg/kg), ze względu na fakt ich występowania na terenach przemysłowych lub komunikacyjnych, nie przekraczają dopuszczalnej zawartości ołowiu dla IV grupy gruntów (600 mg/kg). W ponad 99% wszystkich badanych próbek gleb ołów występuje w ilości nie większej niż 200 mg/kg, będącej dopuszczalną zawartością dla I grupy gruntów (Rozporządzenie…, 2024).

Osady wodne: tablica 59, tabela 5

Zawartości ołowiu w osadach wodnych Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od 1,09 mg/kg do 127,53 mg/kg. Mediana obliczona dla wszystkich próbek osadów wynosi 13,31 mg/kg i jest podobna do wartości mediany ołowiu dla ogółu gleb z tego rejonu (12,97 mg/kg). Jest też zbliżona do wartości środkowej tego metalu uzyskanej dla osadów z rejonu Warszawy – 15 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i Poznania – 13 mg/kg (Lis, Pasieczna, 2005). Podwyższone zawartości ołowiu, podobnie jak w przypadku niklu, miedzi, cynku i chromu występują głównie w osadach wodnych Bystrzycy, na odcinku rzeki, który znajduje się w obrębie byłych przemysłowych dzielnic Lublina i dalej w kierunku ujścia rzeki. Rozkład przestrzenny ołowiu w osadach wskazuje na antropogeniczny wpływ miasta na ich stan chemiczny. Maksymalną zawartością ołowiu – 127,53 mg/kg charakteryzuje się próbka osadu pobrana z rzeki Bystrzycy w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Miejsce opróbowania znajduje się na północny wschód od Lublina, powyżej zrzutu ścieków z oczyszczalni Hajdów i w związku z tym nie należy wiązać emisji z oczyszczalni jako przyczyny zanieczyszczenia osadu tym metalem. Źródła podwyższonych ilości ołowiu w tej lokalizacji, należy upatrywać w działalności przedsiębiorstwa zajmującego się skupem i obrotem stalą oraz metalami kolorowymi. Znajduje się ono w odległości około 40 metrów od koryta rzeki Bystrzycy i miejsca opróbowania osadu. Próbka osadu z tej lokalizacji wyróżnia się także najwyższymi zawartościami Ag, Cd, Cr, Cu, Co, Ni, Zn i Ti. Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego, stwierdza się, że w 79 próbkach osadów ołów występuje w ilościach powyżej wartości TEC (36 mg/kg), a w 12 próbkach powyżej wartości PEC (130 mg/kg). W przypadku 12 próbek istnieje ryzyko wystąpienia szkodliwego oddziaływania ołowiu na organizmy wodne (MacDonald i in., 2000).

Wody powierzchniowe: tablica 60, tabela 7

Wody powierzchniowe z rejonu Lublina i okolic wyróżniają się niskimi stężeniami ołowiu. Dla 84 próbek wód uzyskane wyniki znajdują się poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,05 µg/dm^3). W pozostałych próbkach wód powierzchniowych stężenia metalu mieszczą się w granicach od 0,05 µg/dm^3 do 0,73 µg/dm^3. Maksymalny wynik odnotowano dla próbki wody pobranej z rowu, który stanowi ujście podziemnego kanału burzowego odprowadzającego wody opadowe z lubelskiej dzielnicy Konstantynów, obejmującej tereny ogródków działkowych oraz osiedla domów jednorodzinnych, a także drogi i inne powierzchnie utwardzone, z których spłukiwane są zanieczyszczenia. Miejsce opróbowania znajduje się w obrębie JCWP Czechówka (gmina Konopnica, okolice kolonii Lipniak). Wszystkie analizowane próbki wód zawierają poniżej 14 µg/dm^3 ołowiu i spełniają środowiskowe normy jakości przyjęte dla jednolitych części wód powiedzeniowych (Rozporządzenie…, 2021).

S – SIARKA

Gleby: tablica 61, tabela 3

Siarka należy do pierwiastków charakteryzujących się dużą mobilnością w środowisku utleniającym, a w warunkach redukcyjnych wytrąca się w postaci siarczków metali. W glebach jej zawartość jest zróżnicowana i zależy od chemizmu skał macierzystych, nawożenia, jak również opadów atmosferycznych. W glebach mineralnych zawartość siarki jest raczej niska, od 0,005% do 0,008%, natomiast w glebach organicznych i torfiastych może być kilkukrotnie wyższa około 0,35–0,45% (Siuta, Rejman-Czajkowska, 1980). Na obszarze Polski, w glebach powierzchniowych na terenach niezabudowanych siarka występuje na ogół w ilościach od 0,005% do 0,016%. Jedynie w glebach torfiastych w dolinach rzecznych obserwowano jej podwyższone zawartości (do 0,035%). W glebach miejskich zawartość siarki nie odbiega istotnie od regionalnego tła geochemicznego – mediana 0,012% (Lis, Pasieczna, 1995). Wzbogacenie gleb w siarkę zazwyczaj wynika z procesów naturalnych i jest związane z lokalizacją miast w dolinach rzecznych, na glebach rozwiniętych z namułów i torfów. Niemniej jednak, w niektórych miejscach zaobserwowano antropogeniczne wzbogacenie w siarkę powierzchniowych poziomów glebowych (Pasieczna, 2003).

Na terenie Lublina i okolic zawartości siarki w glebach mieszczą się w zakresie 0,004–0,726%, a wartość mediany wynosi 0,016% i jest identyczna z wartością środkową obliczoną dla gleb z rejonu Warszawy. Maksymalną zawartość siarki (0,726%) stwierdzono w próbce gleby torfiastej, pobranej z trzęsawiska znajdującego się w dzielnicy Wrotków. Na omawianym terenie najmniejszą zawartością siarki charakteryzują się gleby leśne (mediana 0,011%), natomiast największą gleby torfiaste (mediana 0,159%). Uzyskany rozkład przestrzenny siarki w glebach aglomeracji lubelskiej wskazuje na istotny udział czynników antropogenicznych w kształtowaniu jej zawartości w powierzchniowej warstwie ziemi. Tereny w obrębie miasta Lublina charakteryzują się ilościami tego pierwiastka powyżej 50. percentyla obliczonego dla ogółu gleb (0,016%). Porównując wartości median siarki uzyskane dla próbek gleb z terenów: bez zabudowy, z zabudową wiejską, miejską niską, miejską wysoką i z obszarów przemysłowych można zauważyć tendencję rosnącą. Mediana siarki obliczona dla gleb z terenów przemysłowych (0,023%) ma wartość około 50% wyższą od mediany siarki dla gleb z terenów bez zabudowy (0,014%). Wyniki uzyskane dla gleb łąk i pól uprawnych z rejonu Lublina są porównywalne z danymi dla gleb rolniczych z obszaru Polski, odnotowanymi w projekcie GEMAS (Reimann i in., 2014); mediana dla pól uprawnych – 0,0139% a mediana dla łąk – 0,0225%.

Osady wodne: tablica 61, tabela 5

Zawartość siarki w osadach wodnych Lublina i okolic znajduje się w przedziale od 0,006% do 1,135% (mediana 0,100%). Obliczona wartość środkowa siarki w osadach charakteryzowanego obszaru jest porównywalna z wartością tego parametru uzyskaną dla osadów aglomeracji Poznania –0,096% (Lis, Pasieczna, 2005), natomiast jest ona wyższa niż w przypadku mediany dla osadów z rejonu Warszawy – 0,066% (Tomassi-Morawiec, 2016). Osady z JCWP Dopływ spod Świdnika wyróżniają się najwyższą wartością mediany tego pierwiastka (0,301%). Jest ona około sześć razy wyższa niż mediana siarki dla osadów JCWP Czechówka (0,051%). Na podstawie uzyskanych rozkładów przestrzennych zmienności siarki w osadach wodnych i glebach można zauważyć, że wyższe ilości pierwiastka w osadach występują na ogół na tych terenach, na których również gleby obfitują w siarkę.

Sb – ANTYMON

Gleby: tablica 62, tabela 3

Antymon jest pierwiastkiem sulfofilnym. Jego występowanie w glebach może być skorelowane z siarką oraz niektórymi metalami tworzącymi siarczki. Również arsen może go częściowo zastępować w strukturach minerałów. W skałach ilastych spotykane są wyższe ilości antymonu do 2 mg/kg (Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007).

Zawartości antymonu w glebach Lublina i okolic mieszczą się w zakresie od 0,06 mg/kg do 10,70 mg/kg. Obliczona dla wszystkich próbek gleb wartość mediany wynosi 0,25 mg/kg. Jest ona zbliżona do wartości środkowej uzyskanej dla gleb Polski (0,32 mg/kg), ale niższa od mediany zawartości tego pierwiastka w glebach powierzchniowych Europy – 0,60 mg/kg (Salminen, 2005). W obrębie terenu badań najwyższe mediany antymonu odnotowano w glebach na terenach przemysłowych (0,49 mg/kg) oraz w glebach torfiastych (0,48 mg/kg). Wyższe wartości w glebach torfiastych spowodowane są wiązaniem tego pierwiastka przez materię organiczną (Kabata-Pendias, Pendias, 1999) oraz z jego sulfofilnym charakterem. Nie zaobserwowano zróżnicowania zawartości pierwiastka w glebach gliniastych, piaszczystych i pylastych (mediany odpowiednio: 0,23 mg/kg; 0,23 mg/kg i 0,22 mg/kg). Ilości tego metalu są trochę podwyższone w glebach antropogenicznych (mediana 0,41 mg/kg) i ogródkach (mediana 0,37 mg/kg) oraz trawnikach (mediana 0,32 mg/kg), co może wynikać ze spływu powierzchniowego pyłów i zanieczyszczeń z dachów, ulic i chodników. Natomiast gleby leśne (mediana 0,20 mg/kg) i gleb z terenów bez zabudowy (mediana 0,21 mg/kg) cechują się niskimi zawartościami tego pierwiastka. Obszary o podwyższonych zawartościach antymonu koncentrują się głównie w najsilniej zurbanizowanej części Lublina – w rejonie Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin, Elektrociepłowni Lublin-Wrotków. Źródłem antymonu są prawdopodobnie procesy spalania paliw kopalnych, szczególnie węgla, który może zawierać do 30 mg/kg tego pierwiastka, podczas gdy w popiołach jego zawartość sięga 100 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Niedzielski i in., 2000; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007). Maksymalny wynik antymonu odnotowano dla próbki gleby antropogenicznej pobranej na terenie przemysłowym, w okolicy wsi Wólka. Rozkład przestrzenny zawartości antymonu w glebach jest podobny do występowania ołowiu.

Osady wodne: tablica 62, tabela 5

Zawartość antymonu w osadach wodnych aglomeracji lubelskiej mieści się w zakresie od poniżej 0,05 mg/kg do 5,63 mg/kg, a mediana 0,34 mg/kg. Jest ona niższa od mediany zawartości antymonu w osadach strumieniowych Europy, wynoszącej 0,62 mg/kg (Salminen, 2005). Najwyższe mediany odnotowano dla osadów JCWP Bystrzyca na odcinku od Zbiornika Zemborzyckiego do ujścia (0,75 mg/kg), a także JCWP Czechówka (0,41 mg/kg) i JCWP Dopływ spod Świdnika (0,40 mg/kg). Najniższe wartości środkowe stwierdzono dla osadów JCWP Ciemięga (0,12 mg/kg) i JCWP Bystrzyca do Zbiornika Zemborzyckiego (0,18 mg/kg). Odcinki rzek, dla których zaobserwowano większe ilości tego metalu w osadach wodnych, znajdują się na obszarach, na których również gleby są zasobniejsze w ten pierwiastek – głównie w centrum miasta Lublina i w rejonach przemysłowych. Przestrzenną zależność rozmieszczenia antymonu w osadach wodnych i glebach z tego rejonu można zaobserwować na przykładzie rzeki Bystrzycy. Osady Bystrzycy powyżej Zbiornika Zemborzyckiego cechują się najniższymi zawartościami antymonu, natomiast poniżej tego zbiornika, gdzie zlokalizowane są głównie tereny zurbanizowane, ilości tego metalu są wyraźnie wyższe. Świadczy to o akumulacji antymonu w osadach wodnych w wyniku depozycji zanieczyszczeń przemysłowych z powietrza oraz spływu powierzchniowego z terenów zurbanizowanych.

Wody powierzchniowe: tablica 63, tabela 7

Stężenia antymonu w wodach powierzchniowych aglomeracji lubelskiej są niskie i kształtują się w granicach od poniżej 0,05 µg/dm^3 do do 2,45 µg/dm^3. Mediana wynosi 0,12 µg/dm^3, co jest wartością prawie dwukrotnie wyższą od mediany antymonu dla wód powierzchniowych Europy – 0,07 µg/dm^3 (Salminen, 2005), lecz prawie trzykrotnie niższą od wartości mediany dla wód aglomeracji warszawskiej – 0,34 µg/dm^3 (Tomassi-Morawiec, 2016). Spośród badanych jednolitych części wód powierzchniowych z tego rejonu, najniższe stężenia antymonu wykazują wody JCWP Ciemięga (mediana 0,09 µg/dm^3). Wzrost ilości tego pierwiastka w wodach przepływających przez tereny zurbanizowane, jest szczególnie widoczny dla JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Zaobserwowana zmienność stężeń antymonu w wodach Bystrzycy powyżej i poniżej Lublina, wskazuje na istotny wpływ miasta i działalności przemysłowej na występowanie tego metalu w wodach powierzchniowych. Zróżnicowanie ilości antymonu w obrębie jednego cieku występuje także w przypadku Dopływu z Konopnicy. Powyżej wsi Lipniak stężenia antymonu w tym cieku są około dwukrotnie mniejsze niż poniżej tej miejscowości (i dalej w kierunku Czechówki). Spowodowane jest to doprowadzaniem poprzez kolektory burzowe wód opadowych zmywających zanieczyszczenia z terenów zurbanizowanych, w tym powierzchni utwardzonych, do Dopływu z Konopnicy. Rzeka Czechówka wykazuje przeważnie niskie stężenia tego pierwiastka, aż do momentu gdy nie połączy się z Dopływem z Konopnicy. Wody JCWP Czechówka wyróżniają się najwyższą medianą antymonu spośród wszystkich JCWP znajdujących się w obrębie obszaru badań. Wartość graniczna antymonu (≤2 µg/dm^3), określona dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych (Rozporządzenie…, 2021), została przekroczona w jednej próbce, pobranej ze zbiornika retencyjno-infiltracyjnego, do którego odprowadzane są wody opadowe z drogi ekspresowej S19.

Se – SELEN

Gleby: tablica 64, tabela 3

Selen jest pierwiastkiem rozproszonym w skorupie ziemskiej, a jego zawartość w skałach rzadko przekracza 0,5 mg/kg. W glebach na ogół występuje w ilościach 0,2–0,6 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

W prawie 90% wszystkich próbek gleb z rejonu Lublina stwierdzono zawartości selenu poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (2 mg/kg). Uzyskane wyniki są zgodne z danymi dla gleb rolniczych z obszaru Polski odnotowanymi w badaniach europejskich, dla których mediana wyniosła 0,3 mg/kg (Pasieczna, Markowski, 2014). W granicach terenu badań, próbkę gleby z maksymalną zawartością tego metaloidu (10 mg/kg) pobrano z trzęsawiska, w dolinie rzeki Bystrzycy, na południowy zachód od Zbiornika Zemborzyckiego. W tej samej próbce odnotowano również najwyższe ilości OWO (34,7%), molibdenu (15,41 mg/kg), siarki (0,726%) oraz wysoką zawartość uranu (6,16 mg/kg). Gleby torfiaste wyróżniają się najwyższą wartością mediany selenu (3 mg/kg) i maksymalną jego zawartością stwierdzoną na obszarze badań. Podwyższone ilości metalu na obszarach bagiennych mogą być spowodowane wiązaniem tego pierwiastka przez materię organiczną (Kabata-Pendias, Szteke, 2012). W torfach selen może być stabilizowany w wyniku tworzenia się selenków i siarczków selenu (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Osady wodne: tablica 64, tabela 5

Zawartości selenu w osadach wodnych na opisywanym obszarze znajdują się w zakresie od poniżej 2 mg/kg do 8 mg/kg (mediana poniżej granicy oznaczalności metody – 2 mg/kg). Tylko osady z JCWP Dopływ spod Świdnika wyróżniają się wartością mediany na poziomie 4 mg/kg. Osady o podwyższonej, jak dla tego rejonu, zawartości pierwiastka występują w miejscach bogatych w materię organiczną. Próbka osadu, w której zmierzono najwyższą zawartość tego metaloidu (8 mg/kg) została pobrana z Ciemięgi (inna nazwa tego cieku to Krężniczanka), w miejscowości Krężnica Jara. W osadzie pobranym z tej lokalizacji odnotowano również maksymalne ilości manganu (3530 mg/kg) i strontu (445 mg/kg) oraz wysokie zawartości OWO (18,9%), baru (131 mg/kg), żelaza (1,88%), niklu (29 mg/kg), fosforu (0,356 %), siarki (0,628%), wanadu (20 mg/kg), molibdenu (3,76 mg/kg) i uranu (1,16 mg/kg).

Wody powierzchniowe: tablica 65, tabela 7

Podobnie jak w przypadku gleb i osadów, również w wodach powierzchniowych aglomeracji Lublina selen występuje w niskich ilościach (od poniżej 2 µg/dm^3 do 9 µg/dm^3). Dla około 95% próbek wód uzyskane wyniki nie przekraczają granicy oznaczalności metody analitycznej – 2 µg/dm^3. Nie zaobserwowano zróżnicowania ilości selenu w wodach poszczególnych JCWP. Równie niskie stężenia selenu w wodach strumieniowych z obszaru Polski zostały odnotowane podczas realizacji międzynarodowego projektu FOREGS (Salminen, 2005).

SiO_2 – KRZEMIONKA

Wody powierzchniowe: tablica 66, tabela 7

Wietrzenie minerałów jest głównym źródłem krzemu w wodach śródlądowych. Wody powierzchniowe z obszaru Polski mają zróżnicowane stężenia krzemionki. Najwyższe wartości, powyżej 14 mg/dm^3, odnotowano w wodach południo-wschodniej Polski (m.in. Wyżyny Lubelskiej).

Prawdopodobną przyczyną wysokich stężeń krzemionki w wodach jest intensywne wypłukiwanie piaszczystej gleby i podłoża geologicznego, przy czym gleby polskie zawierają jedne z najwyższych w Europie ilości krzemionki, przeważnie powyżej 72%, (De Vos, Tarvainen, 2006).

Stężenia krzemionki w wodach powierzchniowych charakteryzowanego obszaru znajdują się w przedziale od 0,5 mg/dm³ do 38,0 mg/dm³, a mediana wynosi 24,7 mg/dm³. Podobne wyniki dla krzemionki w wodach rejonu Lublina zostały odnotowane podczas realizacji projektu *Atlas geochemiczny Polski*. Mediana obliczona na podstawie danych archiwalnych, wyselekcjonowanych dla obszaru Lublina i okolic, wynosiła 22,2 mg/dm³. Przeciętne stężenie krzemionki w wodach powierzchniowych Lublina, stwierdzone zarówno w latach 90. jak i obecnie, jest około dwukrotnie wyższe niż dla wód z obszaru całej Polski – mediana 12,5 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 1995) i aglomeracji warszawskiej – 9,6 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Przypuszczalnym źródłem podwyższonych stężeń krzemionki na badanym terenie, mogą być skały podłoża (gezy i odwapnione opoki) zawierające znaczne ilości krzemionki bezpostaciowej, której rozpuszczalność w naturalnych warunkach przewyższa dwudziestokrotnie rozpuszczalność kwarcu (Macioszczyk, 1987). Najwyższe stężenia krzemionki (mediana 33,5 mg/dm³) oraz kilku innych substancji chemicznych (tj. wapń, wodorowęglany, chlorki, nikiel, jony siarczanowe (VI), zawiesina ogólna) stwierdzono w wodach JCWP Dopływ spod Świdnika. Podwyższone ilości tego parametru mogą wynikać zarówno z czynników naturalnych jak i antropogenicznych. Strumień ten przepływa przez Płaskowyż Świdnicki, na którym występują, na ogół względnie płytko podścielone, górnokredowe opoki i margle oraz paleogeńskie gezy z wkładkami opok i wapieni (Chodorowski i in., 2024). Również bliska lokalizacja lotniska w Świdniku, WSK PZL-Świdnik oraz kopalni ropy naftowej i gazu ziemnego może mieć wpływ na stan chemiczny wody w tym strumieniu. Najniższą wartość mediany stężeń krzemionki (10,8 mg/dm³) odnotowano dla próbek wód pobranych z różnych cieków i małych zbiorników leżących w obrębie JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia.

Sn – CYNA

Gleby: tablica 67, tabela 3

Cyna należy do pierwiastków mało mobilnych w środowisku. Wyższe jej ilości spotykane są w skałach ilastych (6–10 mg/kg), natomiast niższe (około 0,5 mg/kg) w skałach piaszczystych i węglanowych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Reimann i in., 2003). Uwalniana ze struktur minerałów w trakcie procesów wietrzenia jest sorbowana przez minerały ilaste, tlenki żelaza i glinu oraz materię organiczną, co powoduje jej wtórną kumulację w osadach i węglach, w których jej zawartość może dochodzić do 2,3 mg/kg (Llorens i in., 2001). Do istotnych źródeł zanieczyszczenia powierzchni ziemi cyną należy spalanie węgla i odpadów, zrzuty ścieków przemysłowych, produkcja blach cynowanych i stopów lutowniczych (Sn–Pb), tworzyw sztucznych, barwników, pestycydów i preparatów ochrony drewna (Paulo, Strzelska-Smakowska, 1994; Pasieczna, 2012).

Zwartości cyny w glebach obszaru badań mieszczą się w przedziale od poniżej 0,5 mg/kg do 17,7 mg/kg, a mediana obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 0,6 mg/kg. Nie stwierdzono zróżnicowania zawartości cyny w glebach piaszczystych, pylastych i gliniastych (wszystkie mediany na poziomie 0,6 mg/kg). Generalnie, gleby południowej i północno-wschodniej części terenu charakteryzują się najniższymi zawartościami tego metalu. Natomiast wzbogacone w ten pierwiastek są gleby w centrum miasta Lublina, szczególnie w rejonach przemysłowych i gęsto zabudowanych. Również gleby pobrane z ogródków charakteryzują się wyższymi zawartościami cyny (mediana 1,2 mg/kg). Rozkład przestrzenny zawartości cyny w glebach badanego terenu jest podobny do rozkładów zawartości srebra, cynku i arsenu. Największe ilości tego metalu w glebie (17,7 mg/kg) stwierdzono w okolicach zakładów przemysłowych i linii kolejowej nr 68, w południowo-zachodniej części Lublina, w dzielnicy Wrotków. Antropogenicznie podwyższone zawartości cyny w glebach warstwy powierzchniowej zaobserwowano w centrum i w północno-wschodnim fragmencie miasta, w dzielnicach Kośminek, Bronowice i Tatary. Obszary te od połowy XIX wieku stanowią tereny przemysłowe, na których zlokalizowane są liczne manufaktury, zakłady produkcyjne i przetwórcze. Wysoką zawartością cyny wyróżniają się również okolice WSK PZL-Świdnik, gdzie odnotowano maksymalną wartość 6,7 mg/kg. Mediana obliczona dla gleb z terenów przemysłowych wynosi 1,1 mg/kg i jest trochę wyższa od wartości środkowej obliczonej dla gleb z terenów z zabudową miejską wysoką (0,9 mg/kg), miejską niską (0,7 mg/kg) i wiejską (0,6 mg/kg). Mediany uzyskane dla gleb z terenów bez zabudowy i pól uprawnych są na tym samym poziomie (0,5 mg/kg). Niskimi zawartościami cyny charakteryzują się również gleby w obrębie dużych, zwartych kompleksów leśnych położonych w granicach administracyjnych Lublina, w południowo-zachodniej oraz południowej części miasta (mediana poniżej 0,5 mg/kg). Aktualnie odnotowane wartości środkowe zawartości cyny w próbkach pobranych z pól (0,5 mg/kg) i łąk (0,7 mg/kg) z rejonu Lublina są trochę wyższe od zawartości tego metalu w glebach rolniczych Polski, stwierdzonych w ramach realizacji międzynarodowego projektu GEMAS, dla których mediany tego pierwiastka wynosiły 0,36 mg/kg dla pól uprawnych i 0,42 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 67, tabela 5

Zawartości cyny w osadach wodnych pobranych w obrębie charakteryzowanego terenu znajdują się w przedziale od poniżej 0,5 mg/kg do 10,9 mg/kg (mediana 0,9 mg/kg) i pozostają na podobnym poziomie jak w glebach Lublina i okolic. Rozkład przestrzenny zawartości cyny w osadach wodnych wskazuje na występowanie podwyższonych ilości tego metalu w osadach rzeki Bystrzycy i Czechówki, na odcinkach znajdujących się w obrębie obszarów silnie zurbanizowanych i uprzemysłowionych. Najwyższe wartości median cyny odnotowano dla próbek osadów z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (2,7 mg/kg) oraz JCWP Czechówka (1,2 mg/kg). Maksymalną zawartość cyny oznaczono w próbce osadu z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Prawdopodobnym źródłem emisji cyny (jak również chromu i niklu) są odcieki z kanalizacji deszczowej z dzielnicy Tatary.

Wody powierzchniowe: tablica 68, tabela 7

Wody powierzchniowe z rejonu Lublina i okolic charakteryzują się bardzo niskimi stężeniami cyny. Tylko 17 próbek wód zawiera powyżej 0,5 µg/dm³ cyny. Dwie próbki wód, w których oznaczono najwyższe stężenia tego metalu (po 3,9 µg/dm³) pobrano z rzeki Bystrzycy, na granicy dzielnic Tatary i Kalinowszczyzna. Sześć innych próbek wód, w których zmierzono wyższe ilości cyny, od 2,7 µg/dm³ do 3,8 µg/dm³, pobrano albo z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, albo z JCWP Czechówka (jedna próbka). Wyższe ilości metalu oznaczone w wodach powierzchniowych Lublina spowodowane są antropopresją.

SO_4^{2-} – SIARCZANY (VI)

Wody powierzchniowe: tablica 69, tabela 3

Siarczany obecne w wodach powierzchniowych pochodzą zarówno z procesów naturalnych, takich jak wymywanie z gleb i skał, jak również z działalności człowieka. Istotnym źródłem zanieczyszczenia są dopływy ścieków komunalnych i przemysłowych, spływy powierzchniowe nawozów z pól oraz opad pyłów emitowanych przez elektrociepłownie i inne zakłady przemysłowe. Wody Polski cechują się znacznie wyższymi stężeniami siarczanów w porównaniu z innymi rejonami Europy (Lis, Pasieczna, 1995). Stężenie siarczanów (VI) w wodach powierzchniowych badanego obszaru mieści się w przedziale od poniżej 0,5 mg/dm³ do 76,9 mg/dm³, a mediana wynosi 27,7 mg/dm³. Jest to wartość prawie dwukrotnie wyższa niż mediana tych anionów odnotowana dla wód powierzchniowych Europy – 16 mg/dm³ (De Vos, Tarvainen, 2006). Wody z rejonu Lublina charakteryzują się około dwukrotnie niższą wartością środkową siarczanów (VI) w porównaniu do wód Polski – mediana 56 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 1995) i wód aglomeracji Warszawy – mediana 47,5 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz ponad czterokrotnie niższą niż wody powierzchniowe Poznania – mediana 116 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 2005). Próbka wody zawierająca maksymalne stężenie siarczanów (76,9 mg/dm³) została pobrana z JCWP Dopływ spod Świdnika (na terenie wsi Wólka). Spośród wszystkich JCWP omawianego rejonu najwyższą medianą – 66,5 mg/dm³ wyróżnia się JCWP Dopływ spod Świdnika.

Sr – STRONT

Gleby: tablica 70, tabela 3

Zawartość strontu w glebach jest w największym stopniu zależna od składu skał macierzystych oraz warunków klimatycznych (Kabata-Pendias, Szteke, 2012). Geochemiczne właściwości strontu są zbliżone do wapnia, co skutkuje ich współwystępowaniem w skałach osadowych oraz możliwością wzajemnego podstawiania się w minerałach (Kabata-Pendias, Pendias, 1999; Salminen, 2005). Wapienne skały osadowe zawierają średnio od 460 mg/kg do 600 mg/kg strontu (Kabata-Pendias, Szteke, 2012). Zawartość strontu w glebach Polski na ogół nie przekracza 10 mg/kg, chociaż dla regionu Wyżyny Lubelskiej, gdzie podłoże tworzą skały węglanowe, stwierdzono wartości powyżej 30 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). Może on być również wprowadzany do środowiska w wyniku wapnowania gleb (Salminen, 2005). Rozmieszczenie przestrzenne strontu w glebach Polski jest podobne do występowania wapnia (Lis, Pasieczna, 1995).

W glebach Lublina i okolic zawartość strontu waha się w przedziale od 1 mg/kg do 545 mg/kg mediana (18 mg/kg). Są to ilości podobne do wyników uzyskanych dla tego rejonu w badaniach przeprowadzonych w latach 90. XX wieku (Lis, Pasieczna, 1995). W porównaniu do gleb aglomeracji warszawskiej, dla których odnotowana wartość mediany stronu wyniosła 11 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016), wartość środkowa dla gleb Lublina jest około 60% wyższa. Ubogie w ten pierwiastek są gleby leśne (mediana 4 mg/kg). Tereny bez zabudowy (mediana 9 mg/kg), pola uprawne (mediana 10 mg/kg) i tereny z zabudową wiejską (mediana 14 mg/kg) również zawierają małe ilości strontu. Wzbogacone w stront są gleby torfiaste (mediana 103 mg/kg) i gleby antropogeniczne oraz gleby terenów przemysłowych (w obu przypadkach mediana wynosi 55 mg/kg). Wyższe zawartości odnotowano głównie w centrum miasta Lublina (w dzielnicach Tatary i Bronowice), w okolicach zakładu Perła-Browary Lubelskie, na południe od Oczyszczalni Ścieków Hajdów i w Świdniku. Wskazuje to na silny wpływ czynników antropogenicznych na występowanie strontu w glebach. Przede wszystkim są to czynniki związane z urbanizacją, budownictwem i obecnością zakładów przemysłowych. Powszechnym źródłem tego metalu w środowiskach powierzchniowych ziemi jest spalanie węgla (Pasieczna, 2003).

Osady wodne: tablica 70, tabela 5

Na tle osadów Polski – mediana 20 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995) osady wodne rejonu Lublina wyróżniają się wyższymi zawartościami strontu (mediana 89 mg/kg). Najwyższe ilości tego pierwiastka stwierdzono w osadach JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 203 mg/kg), JCWP Czerniejówka (mediana 143 mg/kg) i JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego (mediana 131 mg/kg). W tych samych JCWP odnotowano również podwyższone zawartości wapnia. Pozostałe jednolite części wód powierzchniowych charakteryzują się wyraźnie niższymi zawartościami strontu w osadach wodnych (dla każdej z nich mediana jest poniżej wartości środkowej obliczonej dla całego zbioru próbek wód). Generalnie w osadach z cieków i zbiorników na zachód od Lublina odnotowano niższe ilości strontu, podobnie jak dla gleb. Porównując mapy zawartości strontu w osadach strumieniowych krajów europejskich można zaobserwować, że osady wodne zarówno z terenu Polski jak i rejonu Lublina charakteryzują się niskimi ilościami tego metalu na tle Europy. Mediana odnotowana dla osadów strumieniowych Europy wynosiła 124 mg/kg (Salminen, 2005).

Wody powierzchniowe: tablica 24, tabela 7

Stront w wodach Lublina występuje w zróżnicowanych ilościach od 0,032 mg/dm³ do 1,618 mg/dm³. Mediana stężeń strontu obliczona dla wód powierzchniowych Lublina i okolic wynosi 0,664 mg/dm³ i jest około trzykrotnie wyższa zarówno od mediany dla wód Polski – 0,243 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 1995) jak i od mediany dla wód Warszawy – 0,202 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Jako główne źródło tego pierwiastka w wodach analizowanego obszaru można wskazać skały macierzyste zawierające kalcyt (Salminen, 2005). Najwyższą wartość środkową odnotowano dla wód JCWP Dopływ spod Świdnika (1,248 mg/dm³). Podwyższone wartości obserwuje się również w wodach JCWP Czerniejówka (mediana 0,860 mg/dm³) oraz JCWP Bystrzyca od Zbiornika Zemborzyckiego (JCWP (mediana 0,633 mg/dm³). Rozkład przestrzenny występowania strontu w wodach pokrywa się z rozkładem tego pierwiastka w osadach. Podobnie jak w przypadku osadów, cieki znajdujące się na zachód od Lublina (Łazęga, Czechówka i Dopływ z Konopnicy) cechują się niższymi stężeniami strontu. Względnie niskie ilości tego pierwiastka w wodach powierzchniowych zachodniej części obszaru badań mogą być spowodowane występowaniem w utworach podłoża trudno rozpuszczalnych węglanów strontu.

Ti – TYTAN

Gleby: tablica 72, tabela 3

Tytan w skorupie ziemskiej jest związany głównie z zasadowymi skałami wulkanicznymi oraz w mniejszym stopniu ze skałami osadowymi (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach Polski zawartości tytanu znajdują się w przedziale od 1000 mg/kg do 6000 mg/kg, przy czym najniższe jego ilości stwierdzono w glebach piaszczystych, od 200 mg/kg do 2400 mg/kg (Kabata-Pendias, Pendias, 1999).

Gleby rejonu Lublina i okolic zawierają od 19 mg/kg do 530 mg/kg tytanu. Mediana zawartości tego pierwiastka w glebach obszaru badań (111 mg/kg) jest ponad dwukrotnie wyższa od mediany tytanu w glebach Warszawy – 46 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) i około półtorakrotnie wyższa od mediany dla gleb Poznania – 84 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). Podwyższone ilości tytanu zaobserwowano w północno-zachodniej, centralnej i wschodniej części terenu badań. Rozkład przestrzenny występowania tytanu w glebach jest podobny do rozkładów zwartości potasu i wanadu, co przemawia za jego geogenicznym pochodzeniem. Gleby glinaste (mediana 133 mg/kg) i gleby antropogeniczne (mediana 130 mg/kg) charakteryzują się wyraźnie wyższą zawartością tytanu niż gleby torfiaste (mediana 50 mg/kg) i piaszczyste (63 mg/kg). Maksymalna zawartość analizowanego pierwiastka (530 mg/kg) została oznaczona w próbce pobranej z trawnika przy drodze asfaltowej w rejonie Piasków (na północny zachód od Elektrociepłowni Lublin-Wrotków) i prawdopodobnie jest związana z emisją z elektrociepłowni. Należy zauważyć, że w próbkach gleb pobranych z trawników poziom zawartości tego metalu jest zbliżony (mediana 137 mg/kg) do jego ilości stwierdzonych w próbkach gleb z terenów z zabudową miejską wysoką (mediana 143 mg/kg) i z zabudową miejską niską (mediana 127 mg/kg). Podwyższone zawartości tytanu na tych terenach mogą być związane z jego antropogenicznym pochodzeniem. Ważnym źródłem emisji tego metalu do gleby jest wypłukiwanie przez opady atmosferyczne farb pokrywających elewacje budynków, w których tlenek tytanu (IV) jest składnikiem zwiększającym odporność farb na działanie promieniowania UV, warunki atmosferyczne, ścieranie i zabrudzenie. Gleby terenów przemysłowych cechują się trochę niższymi zawartościami tego pierwiastka (mediana 119 mg/kg). Szerokie zastosowanie tytanu, głównie w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym, budowlanym, papierniczym, farmaceutycznym, medycznym, kosmetycznym może wpływać na jego występowanie w powierzchniowej warstwie ziemi (Dudek i in., 2016; Gruszka, 2023). W przeszłości tytan mógł być także dostarczany do gleb razem z osadami ściekowym stosowanymi w celach nawozowych (Gruszka, 2023). Niższe ilości pierwiastka odnotowano w południowej i północno-wschodniej części terenu badań, gdzie występują słabsze gleby o mniejszej przydatności rolniczej. Gleby leśne wyróżniają się jedną z najniższych wartości median tytanu – 59 mg/kg. Aktualne wyniki zawartości tytanu w glebach pól uprawnych (mediana 100 mg/kg) i łąk (mediana 95 mg/kg) z rejonu Lublina są około dwukrotnie wyższe od ilości tego metalu w glebach rolniczych z obszaru Polski, odnotowanych w projekcie GEMAS. Uzyskane w badaniach europejskich wartości środkowe wynosiły odpowiednio 45 mg/kg dla pól uprawnych i 44 mg/kg dla gleb z terenów pokrytych łąkami (Reimann i in., 2014).

Osady wodne: tablica 72, tabela 5

Zawartości tytanu w osadach wodnych (12–426 mg/kg) rejonu Lublina i okolic nie różnią się od jego ilości stwierdzonych w glebach. Mediana tytanu obliczona dla próbek osadów pobranych na obszarze badań wynosi 87 mg/kg i jest wyższa od mediany zawartości tego pierwiastka w osadach aglomeracji warszawskiej – 58 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016) oraz nieznacznie niższa od mediany tytanu w osadach aglomeracji poznańskiej – 105 mg/kg (Lis, Pasieczna, 1995). Maksymalna zawartość tytanu (423 mg/kg) została zmierzona w próbce osadu pobranej z rzeki Czechówka przed ujściem do Bystrzycy, poniżej Starego Miasta w Lublinie, w rejonie ogródków działkowych. Najwyższą wartość środkową tytanu (131 mg/kg) stwierdzono dla osadów z JCWP Czechówka. Wyższe ilości metalu w ciekach znajdujących się w północno-zachodnim fragmencie terenu badań mają związek z podłożem geologicznym. Podwyższone wartości tytanu (mediana 112 mg/kg), zaobserwowane w osadach wodnych z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, mogą być spowodowane presją urbanizacyjną tym terenie. Najmniejsze zawartości tytanu stwierdzono w osadach wodnych z JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego i JCWP Dopływ spod Świdnika. Wartości median dla obu JCWP były podobne i wynosiły odpowiednio 56 mg/kg i 59 mg/kg. W zlewniach tych cieków występują tereny podmokłe i gleby torfiaste, wyróżniające się najniższymi zawartościami tytanu.

Wody powierzchniowe: tablica 73, tabela 7

Stężenie tytanu w wodach powierzchniowych jest niskie i najczęściej nie przekracza 10 µg/dm³ (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W Wielkiej Brytanii w rzekach odprowadzających wody z terenów wiejskich, rolniczych, miejskich i przemysłowych stwierdzono obecność tytanu na poziomie od 0,55–6,48 µg/dm³ (średnio 2,1 µg/dm³), przy czym najwyższe średnie wartości odnotowano tuż poniżej oczyszczalni ścieków. Źródłami migracji tego pierwiastka do wód powierzchniowych mogły być zrzuty oczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych (Gruszka, 2023; Solymos i in., 2024).

W ramach przeprowadzonych badań odnotowano niskie stężenia tytanu w wodach powierzchniowych rejonu Lublina. Wszystkie próbki wód (za wyjątkiem dwóch) wykazują stężenia pierwiastka poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,002 µg/dm³). Niskie ilości tytanu w wodach wynikają z silnej adsorpcji jego związków na osadach wodnych. W związku z tym nie jest on transportowany z nurtem cieku tylko kumuluje się w osadach (Gruszka, 2023). Nie stwierdzono przekroczenia granicznej wartości określonej dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych dla wskaźników z grupy specyficznych substancji zanieczyszczających, wynoszącej dla tytanu ≤0,05 mg/dm³ (Rozporządzenie…, 2021).

Tl – TAL

Gleby: tablica 74, tabela 3

Tal wykazuje zarówno właściwości chalkofilne jak i litofilne, i jest wiązany głównie przez wodorotlenki żelaza i manganu, minerały ilaste oraz substancję organiczną (Salminen, 2005; Kabata-Pendias, Mukherjee, 2007; Kabata-Pendias, Szteke, 2012). Częstym źródłem talu są pyły emitowane przez cementownie oraz pyły z węgli (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). Przyjmuje się, że graniczną wartością wskazującą na możliwość zanieczyszczenia gleb talem jest 1 mg/kg (Kabata-Pendias, Szteke, 2012).

Rozkład przestrzenny występowania talu w glebach aglomeracji Lublina wskazuje na niskie i mało zróżnicowane ilości tego pierwiastka. Zakres oznaczonych wartości talu wynosi od poniżej 0,05 mg/kg do 0,34 mg/kg. Mediana tego metalu obliczona dla ogółu badanych glebach (0,10 mg/kg) jest ponad sześciokrotnie niższa od wartości środkowej uzyskanej dla gleb Europy – 0,66 mg/kg (Salminen, 2005). Na obszarze badań nieznacznie wyższe zawartości talu odnotowano w glebach pobranych z parków (mediana 0,11 mg/kg). Niskie ilości pierwiastka zmierzono w glebach piaszczystych, torfiastych oraz w lasach (mediana 0,08 mg/kg). Podwyższone zawartości talu stwierdzono w rejonie Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin SA, co może sugerować wpływ źródeł antropogenicznych (tj. spalanie węgli). Ilości talu powyżej 75. percentyla (0,11 mg/kg) odnotowano na dość dużym obszarze znajdującym się w zachodniej części rejonu, przeważnie poza granicami administracyjnymi Lublina. Najprawdopodobniej jest to związane z obecnością minerałów ilastych w lessach i ich naturalną zdolnością do akumulacji talu.

Osady wodne: tablica 74, tabela 5

W badanych próbkach osadów zawartości talu mieszczą się w zakresie od poniżej 0,05 mg/kg do 0,24 mg/kg. Mediana zawartości talu w osadach wodnych z Lublina i okolic wynosi 0,07 mg/kg i jest ponad pięciokrotnie niższa niż wartość środkowa uzyskana dla osadów strumieniowych Europy – 0,39 mg/kg (Salminen, 2005). W 31% próbek osadów stwierdzono zawartości pierwiastka poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,05 mg/kg). Najwyższe mediany zawartości talu uzyskano dla osadów JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia i JCWP Czechówka (0,08 mg/kg).

Wody powierzchniowe: tablica 75, tabela 7

W wodach powierzchniowych aglomeracji Lublina stężenie talu jest bardzo niskie. Z wyjątkiem jednej próbki, wszystkie wyniki są poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej (0,05 µg/dm³). Porównywalnie niskie ilości talu w wodach powierzchniowych obserwowano także w innych badaniach. Mediana stężenia tego pierwiastka w wodach strumieniowych Europy wyniosła – 0,005 µg/dm³ (Salminen, 2005). W wodach powierzchniowych Warszawy zmierzone ilości talu nie przekraczały wartości 0,24 µg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Nie zaobserwowano zróżnicowania talu w jednolitych częściach wód powierzchniowych charakteryzowanego rejonu. W żadnym przypadku nie odnotowano przekroczenia wartości granicznej dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, wynoszącej dla talu 2 µg/dm³ (Rozporządzenie…, 2021).

U – URAN

Gleby: tablica 76, tabela 3

W warstwie powierzchniowej Polski zawartość uranu na ogół nie przekracza 2 mg/kg (maksymalna odnotowana wartość wynosiła 13,3 mg/kg). W rejonie Lublina odnotowywano od 1 mg/kg do 3 mg/kg uranu, a jego obecność związana jest z pokrywą lessową, w podłożu której znajdują się skały węglanowe (Strzelecki i in., 1993). Podobny poziom zawartości uranu w glebach Polski został stwierdzony w projekcie europejskim FOREGS (De Vos, Tarvainen, 2006).

Gleby pobrane z rejonu Lublina i okolic charakteryzują się zawartością uranu w przedziale od 0,13 mg/kg do 8,73 mg/kg (mediana 0,66 mg/kg). Około 98% badanych gleb cechuje się zawartością tego pierwiastka poniżej 1,21 mg/kg. Gleby piaszczyste zawierają niskie ilości uranu (mediana 0,46 mg/kg). Wzbogacone w uran są gleby torfiaste, dla których mediana wynosi 1,45 mg/kg. Gleby te występują głównie w dolinie Bystrzycy oraz w okolicach Zalewu Zemborzyckiego w postaci niewielkich płatów. Maksymalna zawartość uranu w glebie (8,73 mg/kg) została odnotowana w próbce gleby torfiastej, pobranej w obrębie kompleksu leśnego w okolicy Nowin, w dorzeczu Ciemięgi i Bystrzycy. Jednak na podstawie analizy uzyskanych danych, można zauważyć, że gleby leśne wyróżniają się najniższą wartością mediany uranu (0,46 mg/kg). Biorąc pod uwagę strukturę zagospodarowania terenu, zauważono że podwyższone zawartości uranu występują tylko na niektórych obszarach zmienionych antropogenicznie, np. w dzielnicach Tatary, Wrotków i Abramowice. Jako źródło wzbogacenia powierzchni ziemi w uran, można wskazać przede wszystkim działalność przemysłu energetycznego (spalanie węgla w elektrociepłowniach). Ponadto w Abramowicach, w początkowym okresie funkcjonowania Elektrociepłowni Lublin-Wrotków, zlokalizowane było składowisko odpadów paleniskowych (https://lublin.naszemiasto.pl/zrodlo-ciepla-od-wielu-lat/ar/c3-2957538). Wyniki badań węgla kamiennego dowodzą, że uran występuje w nich w ilościach 0,1–8,5 mg/kg (Bojakowska i in., 2008). Jest on także obecny w popiołach lotnych, powstających w wyniku spalania węgla. W popiołach bez odsiarczania spalin zmierzono od 7,8 mg/kg do 13,2 mg/kg uranu, a w popiołach po odsiarczaniu spalin od 5,7 mg/kg do 10,9 mg/kg (Ratajczak i in., 1999). Pomimo obecności podwyższonych ilości tego pierwiastka w glebach pobranych w okolicach elektrociepłowni, wartości środkowe uranu w glebach z terenów przemysłowych, terenów zabudowy wiejskiej i miejskiej są zbliżone i nie różnią się od mediany uzyskanej dla wszystkich próbek gleb. Brak wyraźnego zróżnicowania zawartości uranu w glebach na terenach wiejskich, miejskich i przemysłowych, może mieć związek z występowaniem rozproszonych źródeł emisji uranu na tych obszarach tj. spalanie węgla w kotłach przydomowych oraz wykorzystanie w zimie popiołów lotnych m.in. do posypywania chodników i dróg dojazdowych do posesji (co powszechnie było praktykowane w przeszłości). Ponadto nie zaobserwowano wyraźnego zróżnicowania ilości uranu w glebach ze względu za ich użytkowanie. Wyniki uzyskane dla próbek pobranych z pól uprawnych (mediana 0,71 mg/kg) i łąk (mediana 0,66 mg/kg) rejonu Lublina są trochę wyższe od zawartości uranu w glebach Polski, stwierdzonych w ramach realizacji międzynarodowego projektu GEMAS, w którym mediany tego pierwiastka wynosiły odpowiednio 0,42 mg/kg dla gleb pól uprawnych i 0,51 mg/kg dla łąk (Reimann i in., 2014). Stosowanie nawozów fosforowych w uprawie roślin jest istotnym źródłem antropogenicznym uranu zarówno w glebach jak i osadach wodnych (De Vos, Tarvainen, 2006). Ponadto, wykorzystywanie w przeszłości popiołów do nawożeniem gleb, poprawy migracji wody w glebie lub zmiany pH z kwaśnego na zasadowy również mogło się przyczynić do zwiększenia ilości uranu w glebie (Piotrowski, Uliasz-Bocheńczyk, 2008).

Osady wodne: tablica 76, tabela 5

Zawartości uranu w osadach wodnych Lublina i okolic są mało zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od 0,12 mg/kg do 3,95 mg/kg, przy czym mediana wynosi 0,56 mg/kg. Najwyższą wartość mediany uranu (0,79 mg/kg) stwierdzono dla osadów z JCWP Dopływ spod Świdnika, natomiast najniższą dla JCWP Ciemięga (0,47 mg/kg). Maksymalny wynik dla uranu odnotowano w próbce osadu wodnego pobranej z rowu bez nazwy w zasięgu JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Wartość mediany zawartości pierwiastka w osadach z tej JCWP wynosi 0,62 mg/kg i jest około 50% wyższa od wartości środkowej dla osadów z JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (0,44 mg/kg). Wyższe zawartości uranu, odnotowane w osadach rzeki Bystrzycy w jej dolnym fragmencie, gdzie są zlokalizowane Elektrociepłownia Lublin-Wrotków oraz Elektrociepłownia Megatem EC-Lublin, mogą być związane ze spływem powierzchniowym do wód z terenów charakteryzujących się podwyższonymi ilościami tego pierwiastka i gromadzeniem się uranu w osadzie na dnie rzeki.

Wody powierzchniowe: tablica 77, tabela 7

Zachowanie geochemiczne uranu w wodach jest nietypowe jak dla metalu, ponieważ jego związki są na ogół bardziej rozpuszczalne w warunkach utleniających i alkalicznych, bogatych w węglany niż w warunkach redukujących z odczynem kwaśnym. Jony uranu mają tendencję do tworzenia silnych asocjacji z materią organiczną (bogatą w kwasy huminowe i fulwowe), tlenkami żelaza oraz z rozpuszczonymi fosforanami, przy czym te ostatnie powodują współstrącanie z Ca i Pb oraz tlenkami Fe. Badania zawartości pierwiastków w glebach, osadach wodnych i wodach strumieniowych na terenie Europy wykazały, że wyższym zawartościom uranu w osadach towarzyszyły na ogół niższe jego stężenia w wodach powierzchniowych (De Vos, Tarvainen, 2006).

Stężenie uranu w wodach powierzchniowych Lublina i okolic jest zróżnicowane i mieści się w granicach od poniżej 0,05 µg/dm³ do 4,11 µg/dm³. Mediana stężenia uranu dla wszystkich analizowanych próbek wód wynosi 0,83 µg/dm³ i jest wyższa od wartości środkowej uzyskanej dla wód z rejonu Warszawy – 0,53 µg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Na obszarze badań najwyższe stężenia uranu w wodach odnotowano dla JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 3,63 µg/dm³). Jest to prawdopodobnie związane z występowaniem w tym rejonie gleb torfiastych, naturalnie wzbogaconych w uran. Stosunkowo wysokie wyniki uranu dla tej JCWP mogą wynikać także z budowy geologicznej podłoża. Występujące na tym terenie mułki (pyły) piaszczyste i piaski pyłowate lessopodobne oraz niewielkie wychodnie margli, bogate w minerały ilaste, wykazują właściwości sorpcyjne i mogą się przyczyniać do zatrzymywania pierwiastków w glebach. Wymywanie uranu z gleb i uwalnianie do środowiska wodnego może wzbogacać wody powierzchniowe w ten pierwiastek (Jęczalik, 1959; Strzelecki i in., 1993; Tomassi-Morawiec, 2016). Wody JCWP Ciemięga również wyróżniają się dwukrotnie większą wartością środkową uranu (1,52 µg/dm³) w porównaniu do wartości tego parametru stwierdzonego całej populacji analizowanych próbek wód.

V – WANAD

Gleby: tablica 78, tabela 3

W glebach świata ilości wanadu wahają się od 10 mg/kg do 500 mg/kg (Kabata-Pendias, Szteke, 2012). Wyniki badań, które obejmowały swoim zasięgiem kraje europejskie, pokazały, że gleby Polski należą do mało zasobnych w wanadach. Jego zawartość w glebach niezanieczyszczonych na ogół nie przekraczała 16 mg/kg (De Vos, Tarvainen, 2006).

Zawartości tego pierwiastka w glebach pobranych z obszaru badań znajdują się w przedziale 2–36 mg/kg (mediana 14 mg/kg). Zmierzone zawartości wanadu są nieznacznie wyższe w stosunku do gleb rejonu Warszawy i Poznania, dla których odnotowano mediany na poziomie 8 mg/kg (Lis, Pasieczna., 2005; Tomassi-Morawiec i in., 2016). Na charakteryzowanym obszarze najwyższymi zawartościami wanadu cechują się gleby gliniaste (mediana 16 mg/kg) i gleby antropogeniczne (mediana 15 mg/kg), natomiast najniższymi gleby torfiaste (mediana 11 mg/kg) i piaszczyste (mediana 9 mg/kg). Na obecność wanadu w glebach może wpływać działalność człowieka, w tym przemysł energetyczny, elektrotechniczny, maszynowy, motoryzacyjny, a także transport kolejowy (Staisz i in., 2000; Kordowiak, Holko, 2009; Jurek, 2014; Bojakowska, Lech, 2015). Punktowo podwyższone zawartości analizowanego pierwiastka (powyżej 30 mg/kg) obserwuje się na terenach przemysłowych Lublina w okolicach m.in. elektrociepłowni i przedsiębiorstwa Hüttenes-Albertus Polska Sp. z o.o. (produkującego materiały chemiczne dla przemysłu odlewniczego). W przeszłości w tym rejonie funkcjonował przemysł metalurgiczny i motoryzacyjny. W próbkach gleb pobranych na obszarze nieużytków i ugorów, w rejonie torów kolejowych na południe od Elektrociepłowni Megatem EC-Lublin SA stwierdzono 30 mg/kg i 33 mg/kg wanadu. Natomiast najwyższy wynik jego zawartość (36 mg/kg) oznaczono w próbce gleby pobranej z ogródków działkowych w dzielnicy Rury. Lokalnie podwyższone ilości wanadu w glebach występują także w okolicach miejscowości: Pietrzakowizna, Szerokie, Dębówka, Barak oraz Rudnik. Uwzględniając strukturę użytkowania gleb Lublina i okolic zaobserwowano, że gleby łąk, trawników oraz ugorów i nieużytków charakteryzują się największą zawartością wanadu (mediana 16 mg/kg). Najmniejszą jego ilość stwierdzono w glebach z terenów leśnych (mediana 8 mg/kg), które zajmują południową i północno-wschodnią część obszaru arkusza. Zawartość wanadu oznaczona w próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek wynosi 18 mg/kg i jest podobna do wyników (10,2–34,8 mg/kg) uzyskanych w latach 1995–2020 w ramach programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Ilości wanadu w próbkach gleb pobranych z pól uprawnych charakteryzowanego terenu (4–23 mg/kg) są na zbliżonym poziomie, jaki odnotowano w innych badaniach obejmujących gleby orne rejonu Lublina (17,71–22,40 mg/kg; Tołoczko, 2020).

Osady wodne: tablica 78, tabela 5

Zawartość wanadu w osadach wodnych z rejonu Lublina i okolic znajduje się w granicach od poniżej 1 mg/kg do 28 mg/kg (mediana 11 mg/kg). W zdecydowanej większości analizowanych próbek (ponad 95%) wanad nie przekracza 20 mg/kg. Najwyższe zawartości tego pierwiastka stwierdzono w osadach wodnych JCWP Czechówka i JCWP Dopływ spod Świdnika. Mediany wanadu dla obu JCWP były na tym samym poziomie i wynosiły 13 mg/kg. Maksymalna zawartość wanadu (28 mg/kg) została zmierzona w próbce osadu pobranej ze strumienia Dopływ z Konopnicy (w jego górnym biegu) w rejonie Konopnicy. Otaczające tereny stanowią odłogi rolnicze i ugory. Podwyższone zawartości wanadu stwierdzono również w osadach cieku Czechówka (w okolicy Muzeum Wsi Lubelskiej przy ujściu Dopływu z Konopnicy), który jest lewobrzeżnym dopływem Bystrzycy. Źródłem wanadu w osadach wodnych mogą być zanieczyszczenia antropogeniczne oraz budowa geologiczna zlewni (Gierszewski, 2018). W rejonie ujścia Dopływu z Konopnicy do Czechówki koryto cieku zostało uregulowane i przystosowane do odprowadzania wód deszczowych (https://lublin.eu/mieszkancy/srodowisko/woda-w-miescie/rzeki-w-miescie/). Ponadto dolina Czechówki przez dziesięciolecia była odbiornikiem ścieków z tego rejonu miasta (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/rzeka-czechowka-w-lublinie/).

Wody powierzchniowe: tablica 79, tabela 7

Stężenia wanadu w wodach powierzchniowych Lublina i okolic mieszczą się w przedziale od poniżej 1 µg/dm³ do 5 µg/dm³. Wartość środkowa wynosi poniżej 1 µg/dm³ i jest na podobnym poziomie jak dla wód Warszawy (Tomassi-Morawiec, 2016). W większości zbadanych próbek wód (70%) nie wykryto wanadu w ilościach przekraczających granicę oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (1 µg/dm³). Podwyższone stężenia tego pierwiastka odnotowano punktowo w wodach JCWP Czechówka i JCWP Dopływ spod Świdnika. Maksymalne stężenie wanadu oznaczono w próbce pobranej ze stawu w rejonie Turka, w północno-wschodniej części obszaru badań, na terenach podmokłych w dolinie Bystrzycy. Wszystkie przebadane próbki spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna wanadu wynosi ≤50 µg/dm³ (Rozporządzenie…, 2021).

ZAWIESINA OGÓLNA

Wody powierzchniowe: tablica 80, tabela 7

Stężenie zawiesiny ogólnej jest jednym z podstawowych wskaźników jakości wód powierzchniowych. Zawiesina transportuje zanieczyszczenia i może zawierać większe ich ilości niż osady wodne (Barbusiński i in., 2012). W skład zawiesiny wchodzą zarówno substancje pochodzenia mineralnego jak i organicznego. Zawiesina stanowi nieodłączny składnik prawidłowo funkcjonującego ekosystemu rzecznego i w znacznym stopniu kształtuje warunki fizyczno-chemiczne panujące w przemieszczających się masach wody. Jej obecność w wodzie oddziałuje również bezpośrednio na ekosystemy wodne z punktu widzenia biologicznego. Wraz z zawiesiną transportowane są na znaczne odległości substancje niezbędne do prawidłowego funkcjonowania całych łańcuchów pokarmowych. Stężenia zawiesiny w wodzie wahają się w bardzo szerokich granicach. W rzekach nizinnych oraz żyznych (zeutrofizowanych) jeziorach, stawach i zbiornikach zaporowych obserwuje się stężenia zawiesiny znacznie przekraczające wartość 20 mg/dm³. Najwyższe ilości zawiesiny w wodach występują w okresach wezbrań powodziowych i często znacznie przekraczają wartość 1000 mg/dm³ (Nocoń, 2017).

Stężenia zawiesiny w wodach powierzchniowych charakteryzowanego obszaru są zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od poniżej 5 mg/dm³ do 156 mg/dm³. Około 14% wszystkich analizowanych próbek wód zawiera mniej niż 5 mg/dm³ zawiesiny. Mediana obliczona dla całego zbioru próbek wynosi 18 mg/dm³ i jest niemal trzykrotnie niższa niż wartość środkowa uzyskana dla wód powierzchniowych aglomeracji warszawskiej – 47 mg/dm³ (Tomassi-Morawiec, 2016). Maksymalny wynik dla zawiesiny odnotowano dla próbki pobranej z kanału, w okolicy miejscowości Lipniak, w gminie Konopnica. Znajduje się on w obrębie JCWP Czechówka i przepływa przez tereny użytkowane rolniczo (łąki, pastwiska, ugory i odłogi). W rejonie Lipniaka ciek ten przyjmuje wody dopływające m.in. z rowów opaskowych. W odległości kilkuset metrów od ujścia, koryto cieku jest uregulowane i przystosowane do odprowadzania wód deszczowych (https://lublin.eu/mieszkancy/srodowisko/woda-w-miescie/rzeki-w-miescie/). Największymi ilościami zawiesiny wyróżniają się wody JCWP Dopływ spod Świdnika (mediana 42 mg/dm³). Jest to prawdopodobnie związane z występowaniem w tym rejonie gleb torfiastych. Podwyższone stężenia zawiesiny (83–67 mg/dm³) zaobserwowano również w próbkach wód powierzchniowych pobranych z rowów i sadzawki znajdujących się na terenach ugorów pomiędzy Rudnikiem a Trzęśniowem. Natomiast w próbkach wody pobranych z Zalewu Zemborzyckiego odnotowano stosunkowo niskie stężenia zawiesiny, od poniżej 5 mg/dm³ do 24 mg/dm³ (mediana 16 mg/dm³).

Zn – CYNK

Gleby: tablica 81, tabela 3

W glebach Polski cynk występuje średnio na poziomie 40 mg/kg. Największe jego ilości obserwowano w glebach brunatnych i madach, a najmniejsze w glebach bielicowych i płowych (Kabata-Pendias, Pendias, 1999). W glebach ornych rejonu Lublina stwierdzono od 21,2 mg/kg do 33,5 mg/kg cynku (Tołoczko, 2020).

Gleby Lublina i okolic charakteryzują się zawartością cynku w granicach od 4 mg/kg do 1435 mg/kg. Mediana wynosi 35 mg/kg i jest na tym samym poziomie, co wartość środkowa otrzymana dla gleb Polski (Lis, Pasieczna, 1995). Natomiast jest ona niższa od wartości mediany odnotowanej dla gleb Warszawy – 44 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższe ilości cynku występują w centralnej części obszaru badań, na terenach zurbanizowanych miasta Lublina w dzielnicach Kośminek, Bronowice, Stare Miasto, a także na terenach przemysłowych w rejonie Wrotkowa i Tatar. Gleby antropogeniczne zawierają od 17 mg/kg do 1435 mg/kg cynku. Maksymalną zawartość tego metalu stwierdzono w glebach ogródków działkowych położonych nad rzeką Czerniejówką, w jej górnym biegu powyżej Abramowic. Wysokie wartości median dla gleb z terenów ogródków (78 mg/kg), gleb antropogenicznych (76 mg/kg) i gleb z terenów przemysłowych (71 mg/kg) świadczą o istotnym wpływie antropopresji na obecność cynku w glebach miejskich. Źródłami cynku w środowisku mogą być m.in. procesy spalania węgla, powłoki cynkowe nakładane na blachy stalowe i odlewy żeliwne w celu zabezpieczania ich przed korozją, a także ogólna emisja z terenów zurbanizowanych i przemysłowych. Ponadto produkcja i stosowanie preparatów ochrony roślin zawierających ten pierwiastek mogą przyczyniać się do zwiększenia ilości cynku w glebach, m.in. w na terenach ogródków działkowych (Pasieczna, 2003; Kaszubkiewicz i in., 2011; Tomassi-Morawiec, 2016). Najniższe zawartości cynku zaobserwowano w południowej i północno-wschodniej części obszaru badań, gdzie występują lasy, pola uprawne i łąki. Gleby kompleksów leśnych wyróżniają się najniższą wartością mediany cynku (16 mg/kg). W próbce gleby pobranej we wsi Świdniczek oznaczono 93 mg/kg tego metalu. Są to ilości około dwa razy wyższe niż przeciętnie stwierdzone w ramach realizowanego od 1995 r. programu *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski* (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). W glebach pobranych z pól uprawnych (mediana 28 mg/kg) i łąk (mediana 38 mg/kg) rejonu Lublina odnotowano nieznacznie wyższe ilości cynku niż w glebach ornych i łąkach Polski badanych w ramach projektu GEMAS, dla których mediany tego pierwiastka wynosiły odpowiednio 24 mg/kg i 25 mg/kg (Reimann i in., 2014). W około 1,4% wszystkich badanych próbek gleb zawartość cynku przekracza poziom 500 mg/kg. Tak wysokie ilości tego metalu zmierzono w glebach pobranych z trawników, ugorów i ogródków. W żadnej próbce gleby użytkowanej rolniczo nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnej zawartość cynku dla I grupy gruntów – 300 mg/kg (Rozporządzenie…, 2024).

Osady wodne: tablica 81, tabela 5

Zawartość cynku w osadach wodnych rejonu Lublina i okolic jest zróżnicowana i mieści się w przedziale od 1 mg/kg do 510 mg/kg. Mediana wynosi 66 mg/kg i jest podobna do wartości środkowej uzyskanej dla osadów aglomeracji warszawskiej – 68 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Maksymalny wynik odnotowano dla próbki osadu z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, pobranej powyżej Oczyszczalni Ścieków Hajdów. Dla tej JCWP stwierdzono również najwyższą medianę zawartości cynku (139 mg/kg). Osady wodne JCWP Czechówka także wyróżniają się wysokimi ilościami tego metalu (mediana 74 mg/kg), szczególnie w okolicach poniżej Muzeum Wsi Lubelskiej oraz na wysokości zakładów Polfa Lublin SA. W próbkach osadów, które zostały pobrane z rowu w pobliżu drogi szybkiego ruchu i osadnika znajdującego się na terenach nieużytków i ugorów oznaczono jedne z najwyższych zawartości tego pierwiastka (410 mg/kg i 397 mg/kg). Ze względu na dość powszechne zastosowanie cynku w różnych dziedzinach przemysłu istnieje wiele źródeł jego emisji do środowiska (m.in. ścieranie opon samochodowych, zrzuty ścieków, spływy powierzchniowe wód deszczowych). Bystrzyca, w rejonie stwierdzonych podwyższonych zawartości cynku przepływa przez tereny przemysłowe i zurbanizowane. Natomiast zlewnia rzeki Czechówki była odbiornikiem ścieków z tego rejonu miasta (https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/rzeka-czechowka-w-lublinie/). Najmniejsze ilości cynku stwierdzono w osadach wodnych JCWP Ciemięga, dla której wartość mediany wynosi 27 mg/kg.

Wody powierzchniowe: tablica 82, tabela 7

Stężenie cynku w wodach powierzchniowych Lublina i okolic mieści się w przedziale od poniżej 0,003 mg/dm³ do 0,096 mg/dm³. Mediana cynku dla wszystkich próbek wód wynosi 0,008 mg/dm³ i jest wyższa od wartości środkowych obliczonych dla wód Warszawy (poniżej 0,003 mg/dm³) i Poznania – 0,006 mg/dm³ (Lis, Pasieczna, 2005; Tomassi-Morawiec, 2016). W 30% analizowanych próbek wód metal ten występuje w ilościach nieprzekraczających granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (0,003 mg/dm³). Podwyższone stężenia cynku w wodach odnotowano dla JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (mediana 0,025 mg/dm³) oraz dla JCWP Czechówka (mediana 0,011 mg/dm³). Maksymalne stężenie cynku zmierzono w próbce wody z Dopływu z Konopnicy, pobranej w rejonie Lipniaka, w okolicy zakładów farmaceutycznych Polfa Lublin SA. Podwyższone zawartości cynku obserwowano także w próbkach wód z rejonu ujścia Dopływu z Konopnicy do rzeki Czechówki. Stosunkowo wysokie stężenia tego metalu stwierdzono w rzece Bystrzycy, na terenach dzielnicy przemysłowej Tatary, w rejonie oczyszczalni ścieków Hajdów (w miejscowości Trzęśniów) oraz w okolicy miejscowości Turka. Mogą być one związane z zanieczyszczeniami antropogenicznymi m.in.: zrzutami ścieków komunalnych i przemysłowych oraz spływami powierzchniowymi występującymi w tych zlewniach (Lis, Pasieczna, 2005). Wszystkie przebadane próbki wód powierzchniowych na terenie Lublina i okolic spełniają normy dla I i II klasy jakości wód powierzchniowych, dla których wartość graniczna cynku ≤1 mg/dm³ (Rozporządzenie…, 2021).

ZWIĄZKI ORGANICZNE W GLEBACH I OSADACH WODNYCH

WWA – WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) są szeroko rozpowszechnione w środowisku przyrodniczym, w którym zawsze występują w formie wieloskładnikowych mieszanin (Teixeira i in., 2024). Dotychczas rozpoznano ponad sto związków chemicznych zaliczanych do grupy WWA (Premnath i in., 2021). Ich charakterystyczną cechą jest obecność dwóch lub więcej pierścieni aromatycznych, ułożonych w różnych konfiguracjach. Węglowodory o tej samej liczbie pierścieni tworzą izomery strukturalne mające różne właściwości chemiczne, biologiczne i środowiskowe. WWA zaliczane są do trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO) ze względu na ich wysoką odporność na degradację chemiczną, biologiczną i fotolityczną (UNEC, 1998). Cząsteczki WWA mają właściwości hydrofobowe, z czego wynika ich słaba rozpuszczalność w wodzie oraz tendencja do adsorbowania się na powierzchni ciał stałych (takich jak cząstki pyłu atmosferycznego, gleby, osady, rośliny). Związki o niższych masach cząsteczkowych, posiadające do czterech pierścieni benzenowych, są bardziej lotne od tych z większą liczbą pierścieni aromatycznych i łatwiej ulegają degradacji w środowisku. Mniej lotne związki mają większą skłonność do wiązania się z cząstkami unoszącymi się w powietrzu i mogą być przenoszone na większe odległości. Związki cztero- i więcej pierścieniowe praktycznie nie są lotne. Charakteryzują się one długim okresem półtrwania, co sprzyja ich akumulacji w glebach i osadach wodnych (Bojakowska, Sokołowska, 2003; Bojakowska i in., 2018). Rodzaj źródła emisji, lotność tych substancji oraz odporność na utlenianie i redukcję są głównymi czynnikami decydującymi o składzie mieszanin WWA w różnych komponentach środowiska. Podlegają one biodegradacji przez mikroorganizmy obecne zarówno w glebie, osadzie jak i wodzie, przy czym w środowisku wodnym są one metabolizowane znacznie wolniej. Proces degradacji zależy od typu związku i od warunków środowiskowych (pH, temperatury, ilości tlenu, potencjału redoks danego środowiska) (Premnath i in., 2021). Na obszarach miejskich i uprzemysłowionych WWA są powszechnie występującymi zanieczyszczeniami, co ma bezpośrednie konsekwencje dla kondycji ekosystemów i zdrowia ludzi (Oliveira i in., 2019; Montano i in., 2025). Ze względu na udowodnione właściwości kancerogenne, mutagenne i toksyczne oraz negatywny wpływ na organizmy żywe, Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (USEPA) umieściła 16 związków wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na liście priorytetowych zanieczyszczeń, które powinny być monitorowane w różnych elementach środowiska (USEPA, 2005). Na obecność WWA w środowisku mają wpływ zarówno czynniki naturalne (np. pożary lasów, erupcje wulkaniczne, diageneza materiału osadowego, rozkład materii organicznej przez mikroorganizmy) jaki i antropogeniczne. Do głównych antropogenicznych źródeł emisji tych związków należy spalanie paliw kopalnych, drewna i biomasy, działalność przemysłu ciężkiego związana z przetwarzaniem węgla i ropy naftowej (koksownie i rafinerie), huty żelaza, aluminium i miedzi, transport drogowy (spaliny, ścieranie opon i nawierzchni asfaltowej), niekontrolowane spalanie różnego rodzaju odpadów oraz awaryjne wycieki ropy naftowej i paliw ciekłych, następujące w wyniku awarii instalacji przemysłowych czy wydobywczych. Skład ilościowy i jakościowy mieszanin WWA zależy od rodzaju spalanego paliwa lub materiału organicznego oraz warunków w jakich zachodzi proces spalania. Poważnym problemem są spaliny i pyły pochodzące ze źródeł niskiej emisji, związanej z niepełnym spalaniem w relatywnie niskiej temperaturze, co sprzyja również zwiększonemu powstawaniu WWA (Bojakowska, 2003). Związki WWA emitowane do atmosfery łatwo rozprzestrzeniają się w środowisku, przy czym aż 90% całkowitej ich ilości deponowane jest w glebach, w których mogą ulegać wymywaniu, sorpcji, utlenianiu, fotodegradacji oraz degradacji biologicznej. Poza tym są one wykorzystywane jako półprodukty w wielu procesach technologicznych, a mianowicie w przemyśle farmaceutycznym, w produkcji plastyfikatorów, tworzyw termoutwardzalnych, materiałów fotograficznych, pigmentów oraz środków suszących i smarnych (Jameson, 2019). Najwyższe zawartości WWA obserwowane są w glebach znajdujących się w pobliżu ulic ze wzmożonym ruchem samochodowym oraz na obszarach przemysłowych (Trapido, 1999). Badania WWA w profilu glebowym na terenie kompleksów leśnych wskazują, że substancje te, z powodu powinowactwa do materii organicznej, w większości akumulują się w poziomach organicznych gleb, a ich zawartość zmniejsza się wraz ze wzrostem głębokości profilu. Natomiast nie wykazano zależności pomiędzy akumulacją WWA a odczynem i uziarnieniem gleby (Chaber, Gworek, 2020). Zmiany ilości WWA w glebach rolnych z obszaru Polski, obserwowane na przestrzeni 25 lat mają tendencję spadkową (Maliszewska-Kordybach i in., 2008, 2009). Zmniejszanie się zawartości WWA w glebach jest również notowane dla województwa lubelskiego (https://www.gios.gov.pl/chemizm_ gleb/index.php?mod=pomiary&p=283). Świadczą o tym dane uzyskane w ramach monitoringu jakości gleb ornych, realizowanego w latach 1995–2020. Dla punktu w miejscowości Świdniczek, sumy zawartości 13 związków WWA odnotowane w sześciu cyklach badań gleb, znajdowały się w zakresie od poniżej 25,0 µg/kg do 517,3 µg/kg. Zgodnie z wynikami ostatniego cyklu monitoringu, zawartości każdego z oznaczanych WWA w glebie pobranej w tej lokalizacji były poniżej 25 µg/kg. Na podstawie badań zawartości 16 związków z grupy WWA w glebach miasta Lublina, przeprowadzonych przez Barana i Oleszczuk (2001), stwierdzono, że gleby tego rejonu były zanieczyszczone przez WWA w mniejszym stopniu niż gleby w innych miastach Polski i świata. Jako główne źródło zanieczyszczenia na terenie aglomeracji lubelskiej autorzy artykułu wskazali transport. Dominującymi związkami były dwu-, trzy- i czteropierścieniowe węglowodory (naftalen, fenantren, fluoranten, fluoren i piren). Wyższe zawartości tych substancji (Σ16WWA w zakresie 3039,8–3791,5 µg/kg) odnotowano w glebach znajdujących się w pobliżu ulic o dużym natężeniu ruchu pojazdów samochodowych przy jednoczesnym ograniczeniu przepływie powietrza atmosferycznego (gęsta zabudowa i zadrzewienie). Natomiast niższe zawartości (Σ16WWA w zakresie 1381,0–1613,3 µg/kg) stwierdzono na terenach otwartych, gdzie zanieczyszczenia mogą być rozprzestrzeniane na większe odległości (Chaber, Gworek, 2020). Istotny wpływ transportu na obecność WWA w glebach z terenów zurbanizowanych potwierdzają też inne badania (Bojakowska i in., 2018).

Gleby: tablice 83–99, tabela 4

W 237 próbkach gleb, pobranych w 2023 roku podczas realizacji *Atlasu geochemicznego Lublina i okolic w skali 1:50 000*, oznaczono zawartości 17 związków organicznych z grupy WWA (tabela 2). Zawartości pojedynczych WWA charakteryzują się znaczną zmiennością, od poniżej 1 µg/kg do 10 000 µg/kg. Biorąc pod uwagę wartości median pojedynczych związków, obliczone dla całej populacji analizowanych próbek, stwierdzono że w największych ilościach występuje fluoranten (mediana 54 µg/kg). Dla pozostałych związków mediany wynoszą: piren – 45 µg/kg, benzo(a)piren – 37 µg/kg, benzo(b)fluoranten – 36 µg/kg, fenantren – 31 µg/kg, benzo(e)piren – 30 µg/kg, benzo(a)antracen – 28 µg/kg, chryzen – 28 µg/kg, indeno(1,2,3-c,d)piren – 28 µg/kg, benzo(g,h,i)perylen – 26 µg/kg i benzo(k)fluoranten – 15 µg/kg, perylen – 6 µg/kg, dibenzo(a,h) antracen – 6 µg/kg, antracen – 3 µg/kg, fluoren – 3 µg/kg, acenaften – 1 µg/kg i acenaftylen – 1 µg/kg. Podobną zmiennością pojedynczych WWA zaobserwowano w glebach Warszawy (Tomassi-Morawiec, 2016). Rozkłady przestrzenne pojedynczych związków z grupy WWA w glebach Lublina i okolic, zobrazowane na mapach geochemicznych (tablice 83–99), są podobne i na tej podstawie można spodziewać się wpływu tych samych potencjalnych czynników antropogenicznych na ich obecność w środowisku. Charakterystyczne jest występowanie podwyższonych zawartości poszczególnych związków WWA w obrębie czterech obszarów: pomiędzy Bronowicami i Kośminkiem (centrum miasta Lublina), na granicy Głuska i Wólki Abramowickiej, między Sławinem i Sławinkiem oraz w okolicy Franciszkowa (w obrębie Świdnika). Mediana zawartości Σ17WWA dla całego zbioru próbek gleb wynosi 383 µg/kg i jest ponad dwukrotnie niższa niż dla gleb Warszawy, dla której parametr ten miał wartość 818 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Nie zaobserwowano wpływu litologii na obecność WWA w glebach aglomeracji lubelskiej. Mediany Σ17WWA w glebach gliniastych, piaszczystych i pylastych wynoszą odpowiednio 252 µg/kg, 369 µg/kg i 214 µg/kg. Najwyższe zawartości Σ17WWA odnotowano w glebach z zabudową przemysłową (mediana 1644 µg/kg) i glebach antropogenicznych (mediana 1310 µg/kg). W glebach z terenów miejskich, zarówno z zabudową wysoką (mediana Σ17WWA 1282 µg/kg) jak i niską (mediana Σ17WWA 799 µg/kg), odnotowano wyraźnie podwyższone zawartości WWA w porównaniu do gleb z terenów wiejskich (mediana Σ17WWA 345 µg/kg). Najniższe ilości WWA stwierdzono w glebach leśnych (mediana Σ17WWA 137 µg/kg) i glebach z terenów bez zabudowy (mediana Σ17WWA 161 µg/kg) oraz glebach pól uprawnych (mediana Σ17WWA 178 µg/kg). W próbkach gleb z terenów leśnych żaden ze związków nie przekracza 200 µg/kg. W celu oceny stopnia zanieczyszczenia gleb z warstwy 0,00–0,25 m związkami z grupy WWA, uzyskane wyniki odniesiono do wartości dopuszczalnych zamieszczonych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi* (Rozporządzenie…, 2024). Maksymalną punktową zawartość Σ17WWA (64 823 µg/kg) zmierzono w próbce gleby gliniastej, pobranej na ugorach i nieużytkach. Miejsce oprobowania znajduje się na terenie z zabudową wiejską, w pobliżu drogi wojewódzkiej nr 835 oraz przedsiębiorstwa zajmującego się wypożyczaniem lawet i przyczep (dzielnica Abramowice). W dwóch próbkach gleb pobranych w 2023 roku z parków aglomeracji lubelskiej stwierdzono kilkukrotnie wyższe zawartości Σ17WWA (4673 µg/kg i 6458 µg/kg) niż wartość zmierzona ponad 20 lat temu w glebie z Parku Saskiego, położonego w centrum Lublina. Wówczas zawartość Σ13WWA wynosiła 888,8 µg/kg (Baran, Oleszczuk, 2001). Prawdopodobną przyczyną wzrostu ilości WWA jest intensywniejszy ruch samochodowy w ostatnich latach w porównaniu do okresu, w którym wykonano wcześniejsze badania. W całym zbiorze analizowanych próbek gleb, zawartości pojedynczych WWA powyżej wartości 1000 µg/kg lub 500 µg/kg (w przypadku benzo(a)pirenu i dibenzo(a,h)antracenu) odnotowano w kilkunastu lokalizacjach. W dziewięciu próbkach gleb zmierzono zawartości benzo(a)antracenu powyżej 1000 µg/kg, a w 25 próbkach gleb wykryto zawartości benzo(a)pirenu powyżej 500 µg/kg. Tylko jedna z tych próbek została pobrana z pól użytkowanych rolniczo, a oznaczona w niej zawartość benzo(a)pirenu wynosi 1113 µg/kg i przekracza ponad dwukrotnie wartość dopuszczalną przyjętą dla II grupy gruntów (Rozporządzenie…, 2024). Wyższe zawartości pojedynczych związków WWA stwierdzono w próbkach gleb antropogenicznych pobranych z trawników, nieużytków i ugorów znajdujących się na terenach miejskich.

Osady wodne: tablice 83–99, tabela 6

We współczesnych osadach wód powierzchniowych depozycja pyłów ze spalania paliw kopalnych i biomasy jest głównym źródłem emisji WWA (Bojakowska, Sokołowska, 2003). Zawartości WWA w osadach są znacznie wyższe niż w wodzie, co wynika z ich niskiej rozpuszczalności i dużego powinowactwa do materii organicznej. W niezanieczyszczonych osadach rzecznych z terenu Polski, średnia zawartość Σ17WWA nie przekraczała 1000 µg/kg, natomiast w osadach jezior, które są znacznie bogatsze w substancję organiczną, średnia zawartość tej grupy związków wynosiła 4800 µg/kg (Bojakowska, 2003).

Ilości pojedynczych WWA w osadach wodnych z terenu opracowania zmieniają się w granicach od poniżej 1 µg/kg do 1321 µg/kg. Udział procentowy zawartości poszczególnych WWA w osadach jest podobny jak w glebach, natomiast mediana zawartości Σ17WWA w osadach Lublina (1118 µg/kg) jest trzykrotnie wyższa od wartości środkowej obliczonej dla gleb. Jest ona również ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu do wartości uzyskanej we wcześniejszych badaniach osadów aglomeracji warszawskiej – 476 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). W obrębie obszaru badań najwyższą medianę zawartości Σ17WWA odnotowano dla osadów pobranych z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia (2209 µg/kg). Jest ona ponad dwukrotnie wyższa niż wartość środkowa zawartości Σ17WWA obliczona dla wszystkich próbek osadów (1118 µg/kg). Również w obrębie tej JCWP zlokalizowane jest miejsce, w którym stwierdzono maksymalną zawartość Σ17WWA – 10 223 µg/kg. Natomiast osady pobrane z górnego odcinka tej rzeki, JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego charakteryzują się znacząco niższymi ilościami WWA (mediana Σ17WWA wynosi 38 µg/kg). Najprawdopodobniej na zróżnicowanie zawartości WWA w osadach rzeki Bystrzycy, należącej do dwóch różnych JCWP, mają wpływ takie czynniki jak: umiejscowienie zakładów przemysłowych i usługowych, natężenie ruchu drogowego, gęstość zabudowy mieszkaniowej i związane z nimi ilości emitowanych zanieczyszczeń. Podobne wnioski można wysunąć na podstawie wyników dla osadów JCWP Czechówka i JCWP Czerniejówka. Osady pierwszej z nich zawierają około dwukrotnie więcej WWA (mediana Σ17 WWA 1744 µg/kg) niż osady JCWP Czerniejówka (mediana Σ17WWA 750 µg/kg). Na obszarze objętym opracowaniem, rzeka Czerniejówka przepływa głównie przez tereny z zabudową mieszkaniową jednorodzinną. Natomiast wokół Czechówki, na przeważającym jej odcinku, usytuowane są tereny z zabudową mieszkaniową wielorodzinną i zamieszkania zbiorowego, przy czym znajduje się tam również duża strefa z populacją powyżej 100 tys. mieszkańców (dzielnica Śródmieście).

Dlatego opad atmosferyczny i spływ powierzchniowy z obszarów silniej uprzemysłowionych i zurbanizowanych może być istotnym źródłem WWA w osadach Czechówki. W sześciu próbkach osadów z Zalewu Zemborzyckiego stwierdzono obecność niewielkich ilości analizowanych węglowodorów (mediana Σ17WWA 16 µg/kg). Na podstawie porównania wyników WWA w osadach z cieków i zbiorników leżących w granicach obszaru badań z wartościami wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego TEC i PEC (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003) można stwierdzić, że negatywne oddziaływanie tych zanieczyszczeń na organizmy bentosowe spodziewane jest tylko w przypadku trzech próbek, w których odnotowano przekroczenie wartości PEC. W jednej próbce stwierdzono zawartość acenaftenu powyżej 89 µg/kg a w dwóch próbkach zawartość dibenzo(a,h)antracenu jest powyżej 135 µg/kg. Ponadto dla około 30% próbek wyniki WWA wskazują na przekroczenie wartości progowych wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego TEC i w związku z tym przewiduje się negatywne oddziaływanie tych zanieczyszczeń na organizmy bentosowe.

PCO – PESTYCYDY CHLOROORGANICZNE

Pestycydy chloroorganiczne (PCO) są to syntetycznie produkowane chlorowane węglowodory, które w latach 1940–1960 były powszechnie wykorzystywane w rolnictwie jako środki owadobójcze. Ze względu na ich bardzo małą podatność na degradację w środowisku, toksyczność oraz zdolność do akumulacji w łańcuchu pokarmowym człowieka i innych organizmów żywych (Rajan i in., 2023), od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, zarówno w Polsce jak również w wielu innych krajach, obowiązuje zakaz używania pestycydów chloroorganicznych. Zostały one zaliczone postanowieniem Konwencji Sztokholmskiej do grupy tzw. trwałych zanieczyszczeń organicznych. Pomimo ich negatywnego oddziaływania na organizmy zwierzęce, w niektórych krajach rozwijających się, są one nadal produkowane i stosowane w celu ochrony roślin. Część pestycydów rozsiewanych na polach uprawnych i plantacjach w krajach tropikalnych, zwłaszcza na gleby o bardzo niskiej zawartości materii organicznej i poddanych silnej radiacji słońca, przedostaje się do atmosfery i jest transportowana wraz z masami powietrza na duże odległości w kierunku biegunów i w następstwie tego wraz z opadami atmosferycznymi trafia do gleb strefy umiarkowanej (Ramamoorthy, Ramamoorthy, 1997). Z grupy pestycydów chloroorganicznych największy problem stanowią pozostałości insektycydów, takich jak p,p'-DDT i jego produkty rozkładu (p,p'-DDE i p,p'-DDD), izomery heksachlorocykloheksanu (α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH), heksachlorobenzen, heptachlor, aldryna i dieldryna. Należą one do najbardziej trwałych w glebach i osadach wodnych, a ich okres półtrwania w tych elementach środowiska wynosi od kilku do kilkunastu lat (Mackay i in., 1997). W Polsce problem stanowiły także pestycydy przeterminowane i nieprzydatne do użycia, które w latach 60. i 70. XX wieku umieszczano w składowiskach zwanych mogilnikami. Powstało wówczas około 300 takich obiektów, rozmieszczonych na obszarze całego kraju. W 1999 r. rozpoczęto proces likwidacji mogilników i unieszkodliwiania tysięcy ton pestycydów. Mogilniki stanowiły istotne punktowe źródła zanieczyszczenia osadów i wód podziemnych, co zostało potwierdzone analizami chemicznymi wód z rejonu tych obiektów i stwierdzonymi w nich przekroczeniami dopuszczalnych stężeń pestycydów (Wołkowicz, 2010). Wykrywane aktualnie związki chloroorganiczne w wodach powierzchniowych i podziemnych oraz osadach wodnych należy uznać jako historyczne zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rozproszonych. Ze względu na to, że degradacja tych związków w warunkach beztlenowych zachodzi bardzo wolno, będą one obserwowane w osadach wodnych jeszcze przez długie lata. Mogą się one dostawać do środowiska wodnego poprzez depozycje atmosferyczne, ścieki komunalne, spływy z pól uprawnych i sadów (Bojakowska, Gliwicz, 2005). Ze względu na szkodliwość pestycydów chloroorganicznych, jak również ich długi okres półowicznego rozkładu, znajdują się one na liście substancji monitorowanych w ramach *Państwowego Monitoringu Środowiska* (PMŚ). Badania pozostałości tych związków w glebach pobranych w 2015 r. na użytkach rolnych w Polsce nie wykazały przekroczenia dopuszczalnych zawartości α-HCH, β-HCH, γ-HCH, aldryny, dieldryny i endryny. Natomiast zostały odnotowane przekroczenia dopuszczalnych zawartości DDT i jego metabolitów (DDT/DDD/DDE) w 6% monitorowanych próbek gleb. Zakres zawartości tych związków powyżej dopuszczalnej zawartości (120 µg/kg) wahał się w granicach 130–480 µg/kg (https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=wyniki&cz=I). Przeprowadzone w 2005 r. badania zawartości pestycydów w glebach ornych (monitoring PMŚ) wykazały, że polskie kryteria dla gleb rolniczych niezanieczyszczonych spełniało tylko 50% próbek w przypadku sumy DDT oraz 6,5% próbek w przypadku γ-HCH (w 2002 r. dopuszczalna zawartość dla γ-HCH wynosiła 0,5 µg/kg a dla Σ3DDT – 25 µg/kg). Obliczone mediany zawartości wyniosły 24,39 µg/kg dla Σ3DDT i 2,85 µg/kg dla Σ3HCH, przy czym w grupie HCH najwyższy udział miał izomer γ-HCH. Średnie zawartości Σ3DDT i γ-HCH w glebach pobranych w 214 lokalizacjach, znajdujących się na terenach różnych województw, były bardzo zróżnicowane i wykazywały odwrotną zależność ich występowania, tzn. powiaty, dla których odnotowano najwyższe średnie ilości Σ3DDT charakteryzowały się najniższymi średnimi wartościami γ-HCH (Maliszewska-Kordybach i in., 2014).

DIELDRYNA

Gleby: tablica 100, tabela 4

Ilości dieldryny w glebach aglomeracji Lublina nie są zróżnicowane i kształtują się w zakresie od poniżej 0,1 µg/kg do 8,4 µg/kg (mediana poniżej 0,1 µg/kg). Dieldryna została wykryta jedynie w glebach z 15 lokalizacji. Próbka o najwyższej zawartości dieldryny została pobrana na południe od Oczyszczalni Ścieków Hajdów w pobliżu zakładu wulkanizacji. Tylko w tym przypadku została przekroczona zawartość dopuszczalna dla II grupy gruntów – 5 µg/kg (Rozporządzenie…, 2024). Obszary, na których zaobserwowano nieznacznie wyższe zawartości dieldryny występują także w rejonie miejscowości Trześniów i Wólka, gdzie znajdują się tereny przemysłowe. Ilości tego pestycydu w glebach Lublina są niższe niż w glebach Warszawy, dla których maksymalna zawartość wyniosła 41,0 µg/kg, a 3% wyników przekroczyło wartość 3,3 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Przeprowadzone badania wskazują, że na charakteryzowanym obszarze nie występują aktualnie źródła emisji tego związku do środowiska.

Osady wodne: tablica 100, tabela 6

W osadach analizowanego obszaru dieldryna występuje w niskich ilościach, od poniżej 0,1 µg/kg do 1,4 µg/kg. Związek ten wykryto jedynie w dziewięciu próbkach osadów, z czego pięć pobrano z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. W żadnej próbce nie odnotowano przekroczenia wartości wskaźnika TEC – 1,9 µg/kg (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003). Porównywalne poziomy zawartości dieldryny uzyskano dla osadów aglomeracji warszawskiej, mediana poniżej 0,1 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016).

HEKSACHLOROBENZEN

Gleby: tablica 101, tabela 4

W glebach z obszaru badań oznaczone zawartości heksachlorobenzenu mieszczą się w przedziale od poniżej 0,1 µg/kg do 10,8 µg/kg (mediana poniżej 0,1 µg/kg). W około 96% wszystkich próbek gleb ilości heksachlorobenzenu nie przekraczają 1,0 µg/kg. Obszar z podwyższoną zawartością oraz maksymalny wynik dla tego związku odnotowano w obrębie dzielnicy Tatary. Najwyższą punktową zawartość heksachlorobenzenu zmierzono w próbce pobranej z trawnika znajdującego się na terenach z zabudową miejską wysoką. Ponadto cztery inne próbki pobrane z trawników wyróżniają się wysokimi, jak na ten rejon, ilościami heksachlorobenzenu (powyżej 1,0 µg/kg). Najwyższą wartość mediany tego związku uzyskano dla ogródków (0,4 µg/kg). Jest ona dwukrotnie wyższa niż wartość środkowa obliczona dla gleb antropogenicznych, gleb z terenów z zabudową miejską wysoką i gleb z terenów przemysłowych (0,2 µg/kg). Prawdopodobnie wyższe ilości heksachlorobenzenu w glebach pobranych z ogródków wynikają z intensywniejszego stosowania tego pestycydu w przeszłości. Natomiast niskie jego ilości w glebach pobranych z terenów rolniczych Lublina i okolic wskazują na skuteczne usuwanie tego związku w wyniku jego adsorpcji przez rośliny uprawne (Schroll i in., 1994). Związek ten miał wiele zastosowań nie tylko w rolnictwie, ale i w przemyśle. Jeszcze w latach 70. XX wieku głównym zastosowaniem rolniczym heksachlorobenzenu było zaprawianie nasion roślin uprawnych, takich jak pszenica, jęczmień, owies i żyto, w celu zapobiegania rozwojowi grzybów. W przemyśle był on bezpośrednio wykorzystywany w produkcji materiałów pirotechnicznych, pocisków smugowych oraz jako topnik w produkcji aluminium. Poza tym był on również stosowany jako środek peptyzujący w produkcji kauczuku nitrozowego i styrenowego, podstawowego tworzywa do wytwarzania opon (IARC, 2001).

Osady wodne: tablica 101, tabela 6

Zawartości heksachlorobenzenu powyżej granicy oznaczalności (0,1 µg/kg) uzyskano dla około 57% wszystkich badanych osadów. Najwyższy wynik (5,5 µg/kg) odnotowano dla osadu wodnego z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Otaczające tereny stanowią odłogi rolnicze i ugory. Osady wodne, w których stwierdzono ilości tego pestycydu powyżej 0,1 µg/kg znajdują się przeważnie w bliskiej odległości od trawników, ogródków oraz nieużytków i ugorów. Na tych obszarach przeważa brak zabudowy lub zabudowa wiejska. Jako potencjale źródła zanieczyszczenia osadów heksachlorobenzenem można wskazać działalność rolniczą (stosowanie w przeszłości pestycydów chloroorganicznych) oraz ścieki komunalne. Heksachlorobenzen to trwały pestycyd, a jego biodegradacja w glebie trwa stosunkowo długo (okres połowicznego rozkładu mierzony jest w dziesiątkach lat). W związku z tym, można się spodziewać, że będzie on obecny w osadach jeszcze długo po zaprzestaniu jego stosowania (IARC, 2001).

p,p'-DDT, p,p'-DDE i p,p'-DDD

Gleby: tablica 102, tabela 4

Określenie DDT i jego metabolity odnosi się do następujących związków: DDT[1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorofenylo)etan], DDD[1,1-dichloro-2,2-bis(chlorofenylo)etylen] i DDE[1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorofenylo)etan]. Sumaryczne zawartości p,p'-DDT, p,p'-DDD i p,p'-DDE (ΣDDT/DDE/DDD) w glebach Lublina i okolic znajdują się w zakresie od 0,1 µg/kg do 391 µg/kg, a obliczona wartość mediany dla tej grupy związków chemicznych wynosi 5,3 µg/kg. Jest ona około dwa razy niższa niż dla gleb aglomeracji warszawskiej – 10,2 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Wyższe sumaryczne zawartości DDT i jego metabolitów stwierdzono w glebach pobranych w centralnej, najsilniej zurbanizowanej części Lublina (tereny Starego Miasta, Bronowic, Kośminka i Piasków) oraz na pograniczu Wólki Abramowickiej i Głuska leżących nad rzeką Czerniejówką, jak również w okolicy Dębówki i Baraku, w północno-zachodniej części obszaru. Na analizowanym terenie najwyższe sumaryczne zawartości DDT i jego metabolitów stwierdzono w próbkach gleb z ogródków (mediana 22 µg/kg) i terenów przemysłowych (mediana 13 µg/kg), natomiast najniższe ilości tych pestycydów odnotowano w próbkach pobranych w lasach (mediana 1,5 µg/kg) i na łąkach (mediana 2,5 µg/kg). Tylko w trzech próbkach gleb sumaryczne zawartości DDT i jego metabolitów przekraczają wartość 250 µg/kg – przyjętej jako dopuszczalna zawartość tych pestycydów dla IV grupy gruntów (Rozporządzenie…, 2024). W żadnej próbce gleb użytkowanych rolniczo nie stwierdzono przekroczenia zawartości (ΣDDT/DDE/DDD) dopuszczalnej dla II grupy gruntów – 120 µg/kg (Rozporządzenie…, 2024). W około 60% badanych próbek dominującą formą jest p,p'-DDE. Natomiast tylko w około 10% analizowanych gleb przeważającą formą jest p,p'-DDT. Zaobserwowana zmiana stosunków zawartości pomiędzy p,p'-DDT i p,p'-DDD oraz p,p'-DDT i p,p'-DDE w glebie i wzrost zawartości p,p'-DDD i p,p'-DDE wynika z rozkładu p,p'-DDT przez mikroorganizmy, przy czym w różnych glebach metabolizm DDT przez organizmy może zachodzić z różną szybkością. Niskie zawartości p,p'-DDT w badanych próbkach gleb wskazują, że aktualnie nie ma źródła emisji tego związku do gleby.

Zawartości p,p'-DDT w glebach znajdują się w przedziale od poniżej 0,5 µg/kg do 200 µg/kg. Wartość mediany p,p'-DDT dla gleb Lublina i okolic (1,8 µg/kg) jest niższa niż dla gleb aglomeracji warszawskiej – 3,0 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższą medianę zawartości p,p'-DDT obliczono dla próbek pobranych z ogródków (7,8 µg/kg). Wysokie ilości tego związku odnotowuje się też dla gleb z terenów przemysłowych (mediana 4,1 µg/kg). Natomiast najmniejsze ilości pestycydu odnotowano w glebach z terenów leśnych (poniżej 0,5 µg/kg). Gleby antropogeniczne charakteryzują się podwyższonymi zawartościami p,p'-DDT (mediana 2,7 µg/kg) w porównaniu do gleb piaszczystych, gliniastych i pylastych (mediany odpowiednio: 1,3 µg/kg, 1,4 µg/kg i 1,5 µg/kg). Zawartości p,p'-DDE mieszczą się w zakresie od 0,1 µg/kg do 130 µg/kg (mediana wynosi 2,7 µg/kg). Największe ilości p,p'-DDE oznaczono w glebach pobranych z ogródków (mediana 11 µg/kg) i terenów przemysłowych (mediana 6,3 µg/kg). Najmniejsze wartości mediany tego związku obliczono dla łąk i lasów (1,0 µg/kg). W glebach z terenów z zabudową wiejską zauważa się większe ilości p,p'-DDE (mediana 3,9 µg/kg) niż w glebach z terenów z zabudową miejską wysoką (mediana 2,7 µg/kg). Na analizowanym obszarze zawartości p,p'-DDD w glebach kształtują się w zakresie od poniżej 0,1 µg/kg do 81 µg/kg (mediana 0,8 µg/kg). Wartość mediany p,p'-DDD w glebach Lublina i okolic jest ponad dwa razy niższa w porównaniu do gleb aglomeracji warszawskiej – 1,7 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Podobnie do DDT i DDE, największe ilości p,p'-DDD odnotowano w próbkach gleb z ogródków (mediana 2,8 µg/kg) i terenów przemysłowych (mediana 2,2 µg/kg). Najniższe wartości mediany obliczono dla próbek gleb pobranych w lasach (0,3 µg/kg) i na terenach bez zabudowy (0,6 µg/kg).

Osady wodne: tablica 102, tabela 6

Zawartości sumy p,p'-DDT, p,p'-DDD i p,p'-DDE w osadach wodnych aglomeracji Lublina znajdują się w zakresie od 0,1 µg/kg do 40 µg/kg, a obliczona wartość mediany wynosi 5,1 µg/kg. Jest ona około dwukrotnie wyższa od mediany uzyskanej dla osadów z rejonu Warszawy – 2,7 µg/kg; (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższą wartość środkową ΣDDT/DDE/DDD obliczono dla osadów JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego (mediana 6,2 µg/kg), natomiast najniższą dla osadów JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (mediana 0,3 µg/kg). Maksymalną zawartość ΣDDT/DDE/DDD oznaczono w próbce pobranej z rzeki Czerniejówki. Na uzyskaną sumaryczną zawartość DDT i jego metabolitów składały się wyniki dla p,p'-DDE w ilości 22 µg/kg, p,p'-DDD w ilości 16 µg/kg i p,p'-DDT – 2,0 µg/kg. W 24 próbkach osadów odnotowano przekroczenie wartości TEC, wynoszącej dla ΣDDT/DDE/DDD 5,3 µg/kg. W żadnej próbce nie stwierdzono przekroczenia wartości PEC – 572 µg/kg (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003).

W badanych osadach p,p'-DDT występuje w ilościach od poniżej 0,5 µg/kg do 3,8 µg/kg (mediana poniżej 0,5 µg/kg). Nieznacznie wyższą wartość środkową p,p'-DDT odnotowano dla osadów JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego (1,3 µg/kg), a dla pozostałych JCWP mediany mają wartości poniżej 0,5 µg/kg. Nie odnotowano dla p,p'-DDT przekroczeń wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego TEC i PEC. Oznaczone zawartości p,p'-DDE są trochę wyższe niż p,p'-DDT i mieszczą się w zakresie od 0,1 µg/kg do 22 µg/kg. Wartość mediany p,p'-DDE (3,1 µg/kg) jest prawie trzykrotnie wyższa niż dla osadów Warszawy – 1,1 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Najmniejsze ilości p,p'-DDE odnotowano dla osadów JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (mediana 0,3 µg/kg), a największe dla osadów JCWP Czechówka (mediana 3,8 µg/kg). Odnosząc uzyskane wyniki do wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego, stwierdza się, że w 24 próbkach osadów odnotowano ilości p,p'-DDE powyżej wartości wskaźnika TEC (3,2 µg/kg). Dla żadnej lokalizacji nie odnotowano przekroczenia wartości wskaźnika PEC – 31 µg/kg (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003). Zawartości p,p'-DDD (od poniżej 0,1 do 16 µg/kg) kształtują się na podobnym poziomie jak p,p'-DDE. Wartość mediany p,p'-DDD dla wszystkich osadów – 1,1 µg/kg jest porównywalna do mediany dla osadów Warszawy – 0,8 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). W podziale na poszczególne JCWP najwyższą wartość środkową odnotowano dla osadów JCWP Czechówka (1,8 µg/kg), a najniższą dla JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (0,1 µg/kg). W 31 próbkach osadów wodnych stwierdzono przekroczenie wartości wskaźnika TEC, wynoszącej 4,9 µg/kg dla p,p'-DDD. Nie odnotowano przekroczenia wartości wskaźnika PEC (28 µg/kg), powyżej której spodziewane jest szkodliwe oddziaływanie na organizmy wodne (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003).

HEKSACHLOROCYKLOHEKSAN

Gleby: tablica 103, tabela 4

W obrębie obszaru badań niewielkie ilości izomerów heksachlorocykloheksanu oznaczono tylko w siedmiu próbkach gleb. Dla 97% wszystkich próbek gleb wyniki analizowanych izomerów HCH (α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH) są poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (0,5 µg/kg). Prawdopodobnie nie był on wcześniej powszechnie stosowany na badanym obszarze. Jego punktowo odnotowana obecność w glebach może być spowodowana używaniem w przeszłości preparatów owadobójczych w niektórych gospodarstwach domowych. Maksymalną wartość ΣHCH (5,8 µg/kg) stwierdzono w próbce pobranej w okolicy budynku należącego do dawnego zakładu Ursus SA w dzielnicy przemysłowej Tatary. W próbce tej obecne były dwa izomery α-HCH (2,5 µg/kg) i β-HCH (3,3 µg/kg). Tylko w przypadku β-HCH została przekroczona trzykrotnie zawartość dopuszczalna dla I grupy gruntów – 1 µg/kg (Rozporządzenie…, 2024). Otrzymane wyniki są porównywalne z danymi dla gleb Warszawy (Tomassi-Morawiec, 2016).

Osady wodne: tablica 103, tabela 6

Obecność pojedynczych izomerów HCH wykryto jedynie w trzech próbkach osadów. Dwie z nich pochodziły z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, a jedna z JCWP Czerniejówka. Najwyższy pojedynczy wynik (1,9 µg/kg) został zmierzony dla izomeru γ-HCH w osadzie pobranym w okolicy oczyszczalni Hajdów. W żadnej próbce nie odnotowano przekroczenia wartości wskaźnika TEC, wynoszącej dla γ-HCH 3 µg/kg (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003). Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że osady z rejonu Lublina nie są zanieczyszczone związkami HCH, podobnie jak gleby. Uzyskane dane są na tym samym poziomie jak odnotowano dla osadów aglomeracji warszawskiej (Tomassi-Morawiec, 2016).

PCB – POLICHLOROWANE BIFENYLE

Polichlorowane bifenyle (PCB) są grupą związków organicznych zaliczanych do tzw. trwałych zanieczyszczeń organicznych. Obejmują one ponad 200 kongenerów, z których około 130 wykrywanych jest w próbkach środowiskowych, przy czym żaden z nich nie występuje w przyrodzie jako naturalny związek (Pycia, Jaworska, 2017; Ficek, Czupioł, 2013). Ze względu na ich właściwości tj. trwałość, niepalność, lipofilność i bardzo słabą rozpuszczalność w wodzie, były one wykorzystywane do produkcji m.in. tworzyw sztucznych, plastyfikatorów, farb, lakierów, smarów, transformatorów oraz chłodziw układów elektrycznych. Po wykryciu ich negatywnego wpływu na zdrowie ludzi (rakotwórczość i immunodepresyjność) zaprzestano ich produkcji i stosowania, jednak nadal mogą się one znajdować w niektórych istniejących do dziś urządzeniach i produktach (Bojakowska, Gliwicz, 2005; Migaszewski, Gałuszka, 2016). Do środowiska PCB mogą być uwalniane w wyniku pożarów i wycieków na przykład z transformatorów i kondensatorów oraz składowisk odpadów. Nieodpowiednie przechowywanie zużytych olejów przemysłowych lub ich niewłaściwe procesy utylizacji mogą również przyczynić się do kumulowania tych związków w ekosystemach. Mogą się one rozprzestrzeniać w środowisku wraz z opadami atmosferycznymi i wodami spływającymi z terenów zanieczyszczonych albo ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi (Pycia, Jaworska, 2017).

Gleby: tablica 104, tabela 4

W próbkach gleb pobranych z obszaru badań oznaczono zawartości siedmiu kongenerów PCB: 28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180. Zmierzone zawartości pojedynczych polichlorowanych bifenyli znajdują się w zakresie od poniżej 0,1 µg/kg do 28 µg/kg. Najwyższą wartość stwierdzono dla PCB28 w próbce gleby antropogenicznej pochodzącej z ogródka znajdującego się na terenie miejskim w okolicy miejscowości Trześniów. Tylko w tym punkcie ilość oznaczonego kongenera PCB28 jest wyższa od zawartości dopuszczalnej dla I, II i III grupy gruntów – 20 µg/kg (Rozporządzenie…, 2024). Biorąc pod uwagę wartości median pojedynczych związków z grupy PCB, można zauważyć, że w ponad połowie zbadanych gleb nie wykryto tych ksenobiotyków w ilościach przekraczających granicę oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (0,1 µg/kg). Podobną sytuację zaobserwowano w glebach z regionu Warszawy (Tomassi-Morawiec, 2016). W glebach z obszaru Lublina i okolic suma zawartości siedmiu kongenerów PCB mieści się w zakresie od poniżej 0,1 µg/kg do 46 µg/kg, a mediana sumy analizowanych PCB dla całego zbioru próbek wynosi 0,2 µg/kg. Najwyższą punktową zawartość ΣPCB (46 µg/kg) oznaczono w glebie z obszaru z zabudową miejską (rejon Trześniów). W próbkach pochodzących z terenów z zabudową przemysłową, zlokalizowanych w północno-wschodniej części miasta Lublina (dzielnice Bronowice i Tatary), odnotowano zawartości ΣPCB powyżej 98. percentyla (6,5 µg/kg). Mediany ΣPCB w glebach pylastych, gliniastych i piaszczystych są na zbliżonym, niskim poziomie (0,1 µg/kg lub poniżej 0,1 µg/kg), natomiast dla gleb antropogenicznych wartość środkowa jest wyraźnie wyższa (0,8 µg/kg). Najwyższymi zawartościami polichlorowanych bifenyli charakteryzują się gleby pobrane z ogródków (mediana ΣPCB 1,3 µg/kg), a najniższymi próbki z pól uprawnych (mediana ΣPCB poniżej 0,1 µg/kg). Biorąc pod uwagę zabudowę obszaru Lublina i okolic, stwierdza się, że gleby z terenów miejskich z zabudową wysoką (mediana ΣPCB 0,9 µg/kg) i z przemysłową (mediana ΣPCB 0,8 µg/kg) wyróżniają się kilkukrotnie wyższymi zawartościami PCB w porównaniu do gleb z terenów wiejskich (mediana ΣPCB poniżej 0,1 µg/kg) oraz miejskich z zabudową niską (mediana ΣPCB 0,2 µg/kg). Zależności zaobserwowane na charakteryzowanym obszarze są spójne z innymi wynikami badań. Znaczącym źródłem polichlorowanych bifenyli w glebach jest opad aerozoli stałych, przy czym proces ten jest bardziej nasilony na obszarach miejskich niż wiejskich. Niewielkie ilości tych związków mogą również pochodzić ze ścieków oraz z wymywania składowanych w ziemi nieczystości i odpadów przemysłowych (Starek, 2001).

Osady wodne: tablica 104, tabela 6

W osadach wodnych z terenu opracowania zawartości pojedynczych PCB występują w zakresie 0,1–15 µg/kg. Natomiast wartości środkowe pojedynczych związków mieszą się w przedziale od poniżej 0,1 µg/kg do 0,4 µg/kg. Są one zbliżone do wartości uzyskanych dla osadów wodnych aglomeracji warszawskiej, mediany od poniżej 0,1 µg/kg do 1 µg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Mediana ΣPCB dla całej populacji badanych próbek osadów wynosi 2,1 µg/kg. Najwyższą wartość mediany ΣPCB (4,6 µg/kg) odnotowano dla osadów pochodzących z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia. Również w obrębie tej JCWP, odnotowano maksymalną sumaryczną zawartość PCB (50 µg/kg). W okolicy miejsca opróbowania znajdują się ogródki działkowe oraz trzcinowiska. Najniższą medianą ΣPCB charakteryzują się osady pobrane z obszaru JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego (0,4 µg/kg). Niewielkie ilości analizowanych polichlorowanych bifenyli (na poziomie od poniżej 0,1 µg/kg do 0,2 µg/kg) zmierzono także w sześciu próbkach osadów wodnych pobranych z Zalewu Zemborzyckiego. Na podstawie porównania wyników PCB, otrzymanych dla osadów z cieków i zbiorników leżących w granicach obszaru badań, z wartością wskaźnika ryzyka ekotoksykologicznego TEC (MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003), można stwierdzić, że w żadnej z analizowanych próbek nie została przekroczona wartość progowa wyznaczona dla ΣPCB (60 µg/kg). W związku z tym nie przewiduje się szkodliwego oddziaływania badanych związków na organizmy bentosowe. Uzyskane niskie wyniki zawartości PCB wskazują, że na badanym obszarze nie występuje obecnie źródło emisji tych związków do środowiska.

SUMA OLEJÓW MINERALNYCH

Oleje mineralne są mieszaninami węglowodorów alifatycznych (n-alkanów i izoalkanów), alicyklicznych i aromatycznych. Powstają one w procesie destylacji ropy naftowej. Oleje mineralne znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle, między innymi jako smary, płyny hydrauliczne, dielektryki, nośniki ciepła, chłodziwa, ciecze szlifierskie, środki do hartowania stali, preparaty antykorozyjne, ciecze stosowane w przemyśle tekstylnym, składniki farb drukarskich oraz środki zmiękczające. Wysokorafinowane odmiany olejów są składnikami kosmetyków i preparatów farmaceutycznych, a także są wykorzystywane w przetwórstwie żywności (Starek, 2013). Do środowiska substancje te w przeważającej mierze dostają się w wyniku działalności człowieka.

Gleby: tablica 105, tabela 4

W próbkach gleb pobranych z obszaru Lublina i okolic zawartość sumy olejów mineralnych znajduje się w zakresie od poniżej 10,0 mg/kg do 950 mg/kg. Mediana wynosi 12,6 mg/kg i jest niższa w odniesieniu do wartości środkowej otrzymanej dla gleb Warszawy – 18 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Zawartości sumy olejów mineralnych powyżej 148 mg/kg (czyli wyższe niż wartość 95. percentyla) występują przede wszystkim w glebach antropogenicznych na terenach zurbanizowanych Lublina (dzielnice: Sławin, Szerokie, Konstantynów), w okolicy Biskupia oraz w miejscowościach Długie i Głuszczyzna. Maksymalną punktową zawartość tych substancji (950 mg/kg) wykryto w glebie z trawnika przy ul. Wojciechowskiej w Lublinie (na wschód od zakładu Polfa Lublin SA). Uwzględniając sposób zagospodarowania terenu, najwyższe ilości sumy olejów mineralnych stwierdzono w glebach z terenów przemysłowych (mediana 50,9 mg/kg). W glebach z terenów miejskich, zarówno z zabudową wysoką (mediana 30,1 mg/kg) jak i niską (mediana 15,0 mg/kg), także odnotowano podwyższone zawartości oznaczanych substancji w porównaniu do gleb z terenów wiejskich i terenów bez zabudowy (mediany poniżej 10,0 mg/kg). Biorąc pod uwagę sposób użytkowania terenu, stwierdzono że wyższymi zawartościami sumy olejów mineralnych charakteryzują się gleby pobrane z ogródków i trawników (mediany odpowiednio: 34,8 mg/kg i 28,0 mg/kg). Natomiast gleby leśne, gleby ugorów i pól uprawnych zawierają mniejsze ilości tych substancji (mediany odpowiednio: 18,1 mg/kg, 12,9 mg/kg i poniżej 10,0 mg/kg).

Osady wodne: tablica 105, tabela 6

W osadach wodnych z terenu opracowania zawartość sumy olejów mineralnych jest zróżnicowana i występuje w przedziale od poniżej 10,0 mg/kg do 2000 mg/kg. Mediana wynosi 149 mg/kg i jest około pięciokrotnie wyższa w porównaniu do wartości środkowej uzyskanej dla osadów wodnych aglomeracji warszawskiej – 33 mg/kg (Tomassi-Morawiec, 2016). Najwyższą medianę zawartości sumy olejów mineralnych (284 mg/kg) odnotowano dla osadów pochodzących z JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia, w tym znaczne ilości analizowanych substancji (na poziomie 660–1700 mg/kg) zmierzono w próbkach pobranych z rzeki Bystrzycy. Również osady wodne pobrane z obszaru JCWP Czechówka wyróżniają się stosunkowo wysoką zawartością sumy olejów mineralnych (mediana 190 mg/kg). Dodatkowo w obrębie tej JCWP, w osadzie z rowu bez nazwy, znajdującego się w pobliżu alei Solidarności (północno-zachodnia część Lublina), oznaczono maksymalną zwartość olejów mineralnych (2000 mg/kg). Najniższą medianę analizowanych substancji (poniżej 10,0 mg/kg) uzyskano dla osadów pobranych z JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego. W sześciu próbkach osadów wodnych z Zalewu Zemborzyckiego nie wykryto analizowanych substancji w ilościach przekraczających granicę oznaczalności zastosowanej metody analitycznej (10,0 mg/kg). Oleje mineralne mogą przedostawać się do

środowiska między innymi w wyniku ich wycieku z urządzeń i maszyn (eksploatowanych zarówno indywidualnie, jak i na potrzeby przemysłu). Również nieprawidłowe postępowanie z odpadami, w tym np. z odpadami powstającymi w wyniku awarii instalacji i urządzeń, wymiany olejów w pojazdach lub podczas eksploatacji maszyn, może skutkować uwalnianiem tych substancji do środowiska. Oleje mogą migrować wówczas bezpośrednio do gleby i wód podziemnych lub rozprzestrzeniać się wraz z wodami opadowymi spływającymi z terenów zanieczyszczonych.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wnoszą istotny wkład w rozpoznanie aktualnego stanu chemicznego powierzchniowych środowisk Ziemi na obszarze aglomeracji lubelskiej. Na podstawie uzyskanych informacji geochemicznych można stwierdzić, że występowanie i zmienność pierwiastków w badanych elementach środowiska są wypadkową zarówno czynników naturalnych (tj. budowa geologiczna, rzeźba terenu, klimat, warunki hydrologiczne) jak i antropogenicznych. W wielu miejscach związek chemizmu skały macierzystej i geochemii gleb nie zaznacza się w sposób wyraźny ze względu na postępującą urbanizację i sposób użytkowania gruntów.

Historyczny rozwój Lublina, podobnie jak wielu innych miast, opierał się na wykorzystaniu ogromnych ilości różnorodnych materiałów budowlanych, surowców kopalnych, surowców metalicznych, paliw płynnych. W wyniku działań ludzi, a także występowania różnych kataklizmów (pożarów, powodzi, wojen) następowało rozproszenie tych materiałów w środowisku. W niektórych sytuacjach przyczyniały się one do zanieczyszczenia utworów powierzchniowych i wód. Procesy te miały miejsce w różnych okresach i na różnych etapach rozwoju miast i często niemożliwe jest określenie ich zasięgu i wpływu na chemizm ekosystemów. W związku z tym większość badań, mających na celu ocenę stanu chemicznego powierzchniowych środowisk Ziemi, skupia się na identyfikacji źródeł zanieczyszczeń generowanych współcześnie lub w czasach niezbyt odległych, sięgających około 200 lat wstecz. W obrębie charakteryzowanego terenu jako najważniejsze źródła emisji zanieczyszczeń można wymienić: funkcjonowanie przemysłu (branże: spożywcza, motoryzacyjna, metalurgiczna, farmaceutyczna, energetyczna i lotnicza), postępującą urbanizację i związany z nią rozwój transportu, usług, budownictwa, rozbudowę infrastruktury drogowej i kolejowej oraz rolnictwo.

Pośród wszystkich czynników naturalnych (przyrodniczych) determinujących zawartość i rozkład przestrzenny pierwiastków w glebach najważniejszą rolę odgrywa budowa geologiczna, a szczególnie skład chemiczny skał odsłaniających się na powierzchni lub znajdujących się na niewielkiej głębokości. Zarówno budowa geologiczna jak i rzeźba terenu oraz związane z nimi procesy erozji i depozycji materiału skalnego istotnie wpływają na uziarnienie gleb. W obrębie obszaru badań stwierdzono większy udział frakcji piaskowej (0,063< d ≤2,0 mm) przede wszystkim w dolinach rzecznych Bystrzycy i Czerniejówki. Ponadto można zaobserwować trend wskazujący na rosnący udział zawartości frakcji piaskowej w glebach na obszarach miejskich. Natomiast w glebach wykształconych na lessach (Płaskowyż Nałęczowski) oraz mułkach (pyłach) piaszczystych i piaskach pyłowatych lessopodobnych (Płaskowyż Świdnicki ale także i Równina Bełżycka), na ogół położonych na wzniesieniach i stokach, udział frakcji drobnych (0,02< d ≤0,063 mm i d ≤0,02 mm) jest wyraźnie większy.

Zależność chemizmu gleb od litologii podłoża uwidacznia się przede wszystkim dla takich pierwiastków jak Al, Fe, Co, K, Li, Mg, P, Ti i V. Ich zawartości są wyższe w glebach zlokalizowanych w północnym i północno-zachodnim fragmencie obszaru badań, gdzie występują lessy (Płaskowyż Nałęczowski). Ponadto można zauważyć, że gleby z tego rejonu są również wzbogacone w inne pierwiastki takie jak As, Be, Cr, Cu, Ni i Na. Jednak ich rozkłady przestrzenne są mniej wyraziste ze względu na zanieczyszczenia antropogeniczne. Wzbogaceniu gleb w pierwiastki sprzyja duży udział frakcji pyłowej w lessach i mniejsza ich mobilność w warunkach hipergenicznych. Konsekwencją powszechnie występujących w podłożu tego rejonu skał zawierających węglan wapnia (wapienie, margle, gezy i opoki) jest ponad dwukrotne wzbogacenie gleb w wapń, stront i magnez w stosunku do przeciętnych zawartości tych pierwiastków stwierdzonych w glebach Polski. Ważną właściwością gleb zawierających w swym składzie znaczne ilości węglanów jest ich większa odporność na skutki wywołane kwaśnymi opadami, tworzącymi się w wyniku reakcji wody (np. deszczu) z tlenkami siarki, azotu i węgla, generowanymi podczas spalania węgli i innych paliw. W obrębie terenu badań mniej zasobne w Ca, Sr i Mg są gleby wytworzone z mułków piaszczystych i piasków pyłowatych lessopodobnych leżących na utworach węglanowych kredy górnej. Występują one w południowo-wschodniej, południowo-zachodniej i północno-wschodniej części obszaru badań. Rozkłady przestrzenne zawartości tych pierwiastków wykazują odwrotną zależność w stosunku do zawartości manganu w glebach. Na zróżnicowanie występowania manganu w glebach prawdopodobnie znaczący wpływ (oprócz czynników naturalnych) mają zabiegi agrotechniczne stosowane w rolnictwie.

Występujące w zabagnionych dolinach rzek Bystrzycy i Czerniejówki oraz Dopływu spod Świdnika gleby torfiaste wyróżniają się naturalnie podwyższonymi ilościami wielu pierwiastków m.in. Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sr, U oraz węgla organicznego. Jest to związane z wysoką zdolnością wiązania tych pierwiastków przez znajdujące się w glebach kwasy huminowe i fulwowe. W przeciwieństwie do gleb torfiastych wzbogaconych w różne pierwiastki, gleby leśne są zubożone we wszystkie badane metale i niemetale. Obliczone mediany zawartości pierwiastków w glebach pobranych w lasach są najniższe (z wyjątkiem manganu) pośród gleb o różnych sposobach użytkowania. Gleby kompleksów leśnych charakteryzują się też najbardziej kwaśnym odczynem (mediana pH 4,18).

Na charakteryzowanym terenie działalność człowieka przejawia się zarówno poprzez kształtowanie krajobrazu, jak i poprzez wprowadzenie do środowiska przyrodniczego wielu substancji chemicznych, które mogą się kumulować w różnych jego komponentach i negatywnie oddziaływać na kondycję ekosystemów oraz zdrowie ludzi i zwierząt. Gleby pobrane w obrębie terenu badań wykazują zróżnicowanie wartości pH od 3,2 do 8,51 (mediana 7,11). Na obszarach miejskich Lublina i Świdnika, szczególnie tam gdzie znajduje się gęsta zabudowa, obserwuje się alkalizację gleb. Proces ten należy wiązać z opadami alkalicznych pyłów emitowanych przez zakłady przemysłowe, głównie elektrociepłownie oraz ze znacznym udziałem gleb antropogenicznych, zanieczyszczonych materiałami budowlanymi z wysoką zawartości wapnia (tj. beton, gruz, cegły). Rozkłady przestrzenne zawartości analizowanych substancji chemicznych wskazują, że gleby miejskie cechują się wyższymi zawartościami Ag, Ba, Be, OWO, Ca, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sn, Sr, Tl, U, Zn oraz WWA, PCB i PCO w stosunku do otaczających je terenów wiejskich. Pierwiastki te kumulują się przede wszystkim w glebach antropogenicznych pobranych z terenów przemysłowych i terenów z zabudową miejską wysoką. Wyższe ilości związków chemicznych należących do grupy trwałych zanieczyszczeń organicznych (WWA, PCO i PCB) stwierdzono przede wszystkim w glebach znajdujących się w centrum Lublina. Ponadto gleby z ogródków (z uwzględnieniem rodzinnych ogrodów działkowych) także cechują się wzbogaceniem w niektóre pierwiastki i związki chemiczne (np. Ag, Be, P, Sn, Zn oraz WWA, DDT/DDE/DDD i oleje mineralne).

Obraz geochemiczny uzyskany dla gleb z obszaru miasta Świdnika charakteryzuje się przede wszystkim występowaniem wyższych zawartości chromu i niklu oraz w mniejszym stopniu baru, kadmu i miedzi. Prawdopodobnie jest to związane z funkcjonującą od 1951 r. Wytwórnią Sprzętu Komunikacyjnego PZL-Świdnik. Pomimo, ponad 70-letniej działalności WSK PZL-Świdnik wartości median chromu i niklu obliczone dla gleb Świdnika są tylko około 5% wyższe niż wartości środkowe uzyskane dla całego zbioru próbek gleb. Zaobserwowana tendencja wzrostowa ilości tych zanieczyszczeń w powierzchniowej warstwie ziemi jest skutkiem antropopresji. Anomalne zawartości tych metali w glebach (powyżej 150 mg/kg chromu i powyżej 100 mg/kg niklu) odnotowano jedynie punktowo. Mogą być one spowodowane nie tylko działalnością przemysłową, ale także niewłaściwym składowaniem złomu, urządzeń elektronicznych, baterii elektrycznych oraz użytkowaniem konstrukcji metalowych, z których w wyniku korozji uwalniane są do środowiska metale.

Odnotowane w glebach i osadach wodnych ilości substancji powodujących ryzyko (m.in. potencjalnie toksycznych pierwiastków lub trwałych zanieczyszczeń organicznych) na ogół nie przekraczają wartości wskazujących na ich potencjalnie szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt lub organizmów wodnych. Ocena wpływu na zdrowie ludzi i stan środowiska zanieczyszczeń zawartych w glebach została oparta na porównaniu uzyskanych wyników z dopuszczalnymi zawartościami substancji powodujących ryzyko określonymi w polskich aktach prawnych dotyczących sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Rozporządzenie…, 2024). Przekroczenia dopuszczalnych zawartości dla III i/lub IV grupy gruntów stwierdzono tylko dla baru, kadmu, niklu i cynku. W żadnej próbce gleby nie odnotowano przekroczenia dopuszczalnych zawartości arsenu i rtęci (nawet dla I grupy gruntów). W przypadku TZO przekroczenia dopuszczalnych zawartości dla I, II i III grupy gruntów stwierdzono dla ośmiu związków z grupy WWA. Węglowodorami, dla których najczęściej obserwowano podwyższone ilości były: piren, fluoranten, benzo(a)piren i benzo(a)antracen. W jednej próbce gleby ilości benzo(a)pirenu były wyższe od dopuszczalnej zawartości dla IV grupy gruntów. W trzech próbkach gleb uzyskane wyniki dla sumy DDT i jego metabolitów były wyższe od zawartości dopuszczalnej dla IV grupy gruntów. Pośród siedmiu oznaczanych polichlorowanych bifenyli jedynie kongener PCB28 (w próbce z ogródka) wyróżniał się ilością powyżej zawartości dopuszczalnej dla III grupy gruntów. Wszystkie stwierdzone przekroczenia mają charakter punktowy.

Ocenę stanu chemicznego osadów wodnych z rejonu Lublina i okolic przeprowadzono poprzez porównanie wyników badań z wartościami wskaźników ryzyka ekotoksykologicznego PEC (*ang. Probable Effect Concentration*; MacDonald i in., 2000; Contaminated Sediment Standing Team, 2003), powyżej których obserwuje się szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń na organizmy bentosowe. Na tej podstawie stwierdzono, że przekroczenia wartości PEC występują jedynie dla srebra, arsenu, kadmu, żelaza, rtęci, manganu, niklu i cynku. Mediany wymienionych pierwiastków są wyższe dla osadów JCWP Dopływ spod Świdnika i JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia w stosunku do wartości środkowych obliczonych dla osadów pobranych w obrębie pozostałych jednolitych części wód powierzchniowych. Podwyższone zawartości niektórych pierwiastków w osadach JCWP Bystrzyca od zb. Zemborzyckiego do ujścia w porównaniu do osadów JCWP Bystrzyca do zb. Zemborzyckiego wskazują na występowanie presji związanej z urbanizacją i działalnością przemysłową, wpływającej na stan chemiczny osadów rzeki Bystrzycy na odcinku poniżej miasta Lublina. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że osady wodne z rejonu Lublina nie są silnie zanieczyszczone związkami organicznymi. Tylko w trzech próbkach osadów odnotowano przekroczenia wartości PEC dla acenaftenu lub dibenzo(a,h)antracenu i w związku z tym spodziewane jest negatywne oddziaływanie tych zanieczyszczeń na organizmy wodne.

Badane wody powierzchniowe charakteryzują się zmiennością regionalną zarówno pod względem stężeń pierwiastków chemicznych, jak i ich odczynu i stopnia mineralizacji. Około 96% wszystkich próbek wód wykazuje odczyn słabo zasadowy (pH 7–9). Zmierzona przewodność elektrolityczna właściwa nie przekraczała 1 mS/cm, z wyjątkiem jednej próbki, pobranej z rowu w miejscowości Sobianowice, w której wartość EC wynosi 1,092 mS/cm. Wyniki uzyskane dla pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych analizowanych w wodach powierzchniowych nie przekraczają wartości granicznych wskaźników jakości wód z grupy specyficznych syntetycznych i niesyntetycznych substancji zanieczyszczających oraz środowiskowych norm jakości dla wskaźników stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie…, 2021), oprócz antymonu. W jednej próbce wody zmierzone stężenie tego metalu wynosi 2,45 μg/dm^3, jest więc nieznacznie wyższe niż wartość graniczna (≤2 μg/dm^3) określona w Rozporządzeniu…, 2021. Pośród wszystkich jednolitych części wód powierzchniowych z tego rejonu, wyższymi wartościami przeciętnymi dla większości badanych pierwiastków i innych parametrów fizyczno-chemicznych wyróżnia się JCWP Dopływ spod Świdnika.

Badania geochemiczne realizowane przez PIG-PIB na terenach miejsko-przemysłowych dostarczają informacji o stanie chemicznym gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych. Podczas interpretacji wyników uwzględniane są różne czynniki, które mogą decydować o zmienności pierwiastków i związków chemicznych w badanych elementach środowiska. Podejmowana jest także próba oceny wpływu sposobu użytkowania i rodzaju zabudowy terenu na zanieczyszczenie gleb. W związku z tym, dane geochemiczne uzyskane w ramach opracowania mogą być pomocne na etapie analizy rozwiązań służących wprowadzeniu nowego systemu monitoringu oraz oceny stanu zdrowia gleb w Polsce zgodnie z wymaganiami *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie monitorowania i odporności gleby (prawo o monitorowaniu gleby)*. Ponadto zgromadzone informacje mogą być wykorzystane m.in. do wyznaczenia geochemicznych bazowych zawartości odniesienia (tła geochemicznego pierwiastków) dla badanego rejonu oraz do identyfikacji ryzyka środowiskowego związanego z zanieczyszczeniem gleb, osadów wodnych i wód powierzchniowych.

LITERATURA

ALLOWAY B.J., AYRES D.C., 1999 – Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska. PWN, Warszawa.

ANAND R., BHAGAT M., 2019 – Silver nanoparticles (AgNPs): as nanopesticides and nanofertilizers. MOJ Biol. Med. 4, 1: 19–20.

AUGUSTYN Ł., KANIUCZAK J., STANEK-TARKOWSKA J., 2012 – Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne wód powierzchniowych Wisłoki przeznaczonych do spożycia. Inżynieria Ekologiczna, 28: 7–19.

AUGUŚCIK J., WASILEWSKA-BŁASZCZYK M., WÓJTOWICZ J., PASZEK M., 2016 – Zmienność zawartości pierwiastków krytycznych (Be, Co, Ga, Ge) w węglu Kamiennym LZW. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 466: 7–16.

BALARAM V., SANTOSH M., SATYANARAYANAN M., SRINIVAS N., GUPTA H., 2024 – Lithium: a review of applications, occurrence, exploration, extraction, recycling, analysis, and environmental impact. Geosci. Front. 15, 101868.

BALICKI L., WALICKA A., 2022a – Karta rejestracyjna terenu zagrożonego ruchami masowymi ziemi, nr ewid. 06-09-142-020479, SOPO Centrum Geozagrożeń, Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Kraków.

BALICKI L., WALICKA A., 2022b – Karta rejestracyjna terenu zagrożonego ruchami masowymi ziemi, nr ewid. 06-09-142-020481, Centrum Geozagrożeń, Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Kraków.

BARAN S., OLESZCZUK P., 2001 – Oznaczanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebach i odpadach organicznych metodą HPLC-UV. Acta Agrophysica, 56: 21–29.

BARAN S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., JAWORSKA B., BARANOWSKA E., 2001 – Wpływ odłogowania gleb lekkich na kształtowanie się zawartości magnezu. Acta Agrophysica, 56: 31–36.

BARBUSIŃSKI K., NOCOŃ W., NOCOŃ K., KERNERT J., 2012 – Rola zawiesin w transporcie metali ciężkich w wodach powierzchniowych na przykładzie Kłodnicy. Ochr. Środ., 34, 2: 33–38.

BĄK E., MILIANOWICZ A., 2021a – Raport z monitoringu odkrywkowej eksploatacji kopalin w powiecie lubelskim i mieście Lublin (woj. lubelskie), stan na wrzesień 2021 rok. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

BĄK E., MILIANOWICZ A., 2021b – Raport z monitoringu odkrywkowej eksploatacji kopalin w powiecie świdnickim (woj. lubelskie), stan na wrzesień 2021 rok. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

BĄK Ł., GÓRSKI J., SZELĄG B., 2014 – Koncentracja metali ciężkich w wodzie i osadach dennych małego zbiornika wodnego w Kaniowie. Proceedings of ECOpole, 8, 1: 119– 125.

BEDNAREK R., DZIADOWIEC H., POKOJSKA U., PRUSINKIEWICZ Z., 2004 – Badania ekologiczno-gleboznawcze. PWN, Warszawa.

BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S., 2017 – The effect of NPK fertilisation on mineral phosphorus fraction content in soil. Acta Agroph. 24, 2: 191–203.

BERTSCH P. M., THOMAS G.W., MUNSON R.D., 1985 – Potassium status of temperate region soils. W: Potassium in agriculture. Munson R. D. (red.), 131–162, American Society of Agronomy, Madison.

BHATT A., PRIYADARSHINI S., MOHANAKRISHNAN A. A., ABRI A., SATTLER M., TECHAPAPHAWIT S., 2019 – Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review. Case Studies in Construction Materials, 11, e00263.

BIELAWSKI R., RZĄDKOWSKI W., AUGUSTYN S., PYRZANOWSKI P., 2015 – Nowoczesne materiały stosowane w konstrukcjach lotniczych – wybrane problemy oraz kierunki rozwoju. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Advances in Mechanical and Materials Engineering, 32, 291, 3: 203–216.

BLAKE L., MERCIK S., KOERSCHENS M., MOSKAL S., POULTON P. R., GOULDING K.W.T., WEIGEL A., POWLSON D.S., 2000 – Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 56, 3: 263–275.

BOJAKOWSKA I., 2003 – Charakterystyka wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i ich występowanie w środowisku, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 405: 5–27.

BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., 2005 – Chloroorganiczne pestycydy i polichlorowane bifenyle w osadach rzek Polski. Przegląd Geologiczny, 53, 8: 649–655.

BOJAKOWSKA I., LECH D., 2015 – Pierwiastki śladowe w węglu kamiennym Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 465: 32–44.

BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1996 – Heavy metals in the Bystrzyca river flood plain. Geolog. Quart., 40, 3: 467–480.

BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 1998 – Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. Przegląd Geologiczny, 46, 1: 49–54.

BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., 2003 – Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w glebach zmienionych antropogenicznie Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 405: 29–60.

BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G., GLIWICZ T., CZERNIAWSKI R., 2007 – Zawartość metali ciężkich w osadach dennych Zalewu Zegrzyńskiego. Przegląd Geologiczny, 55, 8: 682–688.

BOJAKOWSKA I., LECH D., WOŁKOWICZ S., 2008 – Uran i tor w węglach kamiennych i brunatnych ze złóż polskich. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24, 2/2: 54–65.

BOJAKOWSKA I., TOMASSI-MORAWIEC H., MARKOWSKI W., 2018 – PAHs and DDTs in soil and sediment of inland water bodies of Warsaw city and its surroundings. Journal of Geochemical Exploration, 187: 57–71.

BOLAN S., WIJESEKARA H., TANVEER M., BOSCHI V., PADHYE L.,P., WIJESOORIYA M., WANG L., JASEMIZAD T., WANG C., ZHANG T., RINKLEBE J., WANG H., SHIUNG LAM S., SIDDIQUE K.H.M., KIRKHAM M.B., BOLAN N., 2023 – Beryllium contamination and its risk management in terrestrial and aquatic environmental settings. Environmental Pollution, 320, 121077.

BORATYŃSKI K., CZUBA R., GORALSKI J., 1981 – Chemia rolnicza. PWRiL. Warszawa.

BUSZMAN A., KWAPULIŃSKI J., KLIMCZAK W., WŁODYGA E., 1979 – On some problems pollution with surface water with berillium. Environmental Protection Engineering, 5, 4: 323–339.

BUTRYM J., HARASIMIUK M., HENKIEL A., 1980 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Lublin. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

CABAŁA J., JANECZEK J., KOWALCZYK A., 2021 – Ołów w środowisku. Narracje o Zagładzie, (nr specjalny) 147–224, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.

CHABER P., GWOREK B., 2020 – Surface horizons of forest soils for the diagnosis of soil environment contamination and toxicity caused by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). PLoS ONE 15(4): e0231359.

CHODOROWSKI J., BARTMIŃSKI P., PLAK A., DĘBICKI R., 2024 – Pokrywa glebowa miasta Lublina (wschodnia Polska). Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio B: Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 79: 69–85.

CONTAMINATED SEDIMENT STANDING TEAM, 2003 – Consensus-based sediment quality guidelines recommendations for use and application interim guidance.

CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1987 – Metale ciężkie w niektórych glebach środkowej i północnej Polski. Roczn. Glebozn. 38, 3: 41–57.

CZECH T., JAWOREK A., MARCHEWICZ A., KRUPA A., SOBCZYK A.T., 2017 – Zawartość metali ciężkich w popiołach lotnych. XXIV Międzynarodowa Konferencja Popioły z Energetyki. Materiały Konferencyjne. https://unia-ups.pl/materialy-konferencyjne-2017/ (dostęp 25.07.2025 r.).

CZUCHRYTA A., 2003 – Przemysł młynarski w województwie lubelskim w latach 1918–1939. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio F, Historia 58: 149–160.

CZUPRYM P., SZOSTOK A., ILANNIDIS K., 2021 – Prognoza oddziaływania na środowisko Strategii Rozwoju Gminy Lublin na lata 2021–2030. Zakład Analiz Środowiskowych Ekoprecyzja, Lublin.

DAR H., 1996 – Effects of cadmium and sewage-sludge on soil microbial biomass and enzyme activities. Bioresour. Technol. 56: 141–145, United Kingdom.

DE VOS W., TARVAINEN T. , 2006 – Geochemical atlas of Europe. Part 2. Part 2–Interpretation of geochemical maps, additional tables, figures, maps and related publications. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland.

DOBROWOLSKI R., MICHALCZYK Z., PAWLIK-SKOWROŃSKA B., PĘCZUŁA W., SZCZEPANIAK Z., 2016 – Zalew Zemborzycki – diagnoza aktualnego stanu oraz propozycje strategii działań mających na celu poprawę jakości wody i ograniczenie zakwitów sinic. Urząd Miasta Lublin: 1–126.

DOJLIDO J.R., 1987 – Chemia wody. Arkady, Warszawa.

DUDEK Ł., HRYNIEWICZ T., ROKOSZ K., 2016 – Zastosowanie tytanu i wybranych stopów tytanu w lotnictwie. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe. 17, 8: 62–66.

DUSZA-DOBEK A., KWECKO P., MIECZNIK J., SZYBORSKA-KASZYCKA J., WOJCIECHOWSKA K., 2011 – Objaśnienia do Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, arkusz Bełżyce. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

FICEK A., CZUPIOŁ J., 2013 – PCB – szkodliwe ksenobiotyki w środowisku. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania, 18, 5: 28–31.

GALIŃSKI C., 2020 – Wybrane zagadnienia konstrukcji lotniczych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

GIERSZEWSKI P., 2018 – Hydromorfologiczne uwarunkowania funkcjonowania geoekosystemu Zbiornika Włocławskiego. Prace Geograficzne Nr 268.

GŁÓWNY INSPEKTORAT SANITARNY, 2018 – Żelazo w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Znaczenie i zagrożenia dla bezpieczeństwa zdrowotnego. Postępowanie w przypadku podwyższonych wartości stężeń. Główny Inspektorat Sanitarny, Warszawa.

GÓRSKA A., PIECH R., 2018 – Właściwości i znaczenie żelaza oraz metody jego oznaczania. Analit, 6: 2–9.

GREINERT A., 2011 – Kobalt w środowisku przyrodniczym i antropogenicznym. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.

GRUSZKA J., 2023 – Badania nanocząstek srebra i tlenku tytanu (IV) w próbkach środowiskowych i biologicznych z zastosowaniem techniki single particle ICP MS. Rozprawa doktorska, Białystok.

HARASIMIUK M., HENKIEL A., 1982 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Lublin. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

HELIASZ Z., OSTAFICZUK S., BOJAKOWSKA I., KWECKO P., MIECZNIK J., WOJCIECHOWSKA K., 2011 – Objaśnienia do Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, arkusz Lublin. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

HENKIEL A., DANEL W., 2008 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Bełżyce. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

HENKIEL A., DANEL W., 2015 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Bełżyce. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, Warszawa.

HOLTAN H., KAMP-NIELSEN L., STUANES A., O., 1985 – Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. In: Phosphorus in Freshwater Ecosystems. Developments in Hydrobiology, Persson G., Jansson M. (red.), 48, Springer, Dordrecht.

JACKSON L. L., GEISER L., BLETT T., GRIES C., HADDOW D., 1996 – Biogeochemistry of lichens and mosses in and near Mt. Zirkel Wilderness, Routt National Forest, Colorado: Influences of coal-fired power plant emissions. U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 96–295.

JADCZYSZYN J., SMRECZAK B., 2017 – Mapa glebowo-rolnicza w skali 1:25 000 i jej wykorzystanie na potrzeby współczesnego rolnictwa. Studia i raporty IUNG-PIB, 51, 5: 9–27, IUNG-PIB, Puławy.

JAKUBOWSKI M., 2008 – Beryl i jego związki nieorganiczne – w przeliczeniu na Be. Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 2, 56: 5–34. CIOP-PIB, Warszawa.

JAMESON C.W., 2019 – Polycyclic aromatic hydrocarbons and associated occupational exposures. W: Baan R.A., Stewart B.W., Straif K. (eds) Tumour site concordance and mechanisms of carcinogenesis. IARC Scientific Publications, 165, Lyon.

IARC, 2001 – Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Some Thyrotropic Agents. Volume 79. WHO, IARC, Lyon.

JASIEWICZ C., ANTONKIEWICZ J., 1997 – Zawartość niklu w glebach województwa krakowskiego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 448a: 167–172.

JĘCZALIK A., 1959 – Rola substancji organicznej w geochemicznym cyklu uranowym. Przegląd Geologiczny, 7 (5) 216–221.

JUREK J., 2014 – Złoża węgla kamiennego w Polsce jako potencjalne źródło pierwiastków krytycznych. Górnictwo Odkrywkowe, 55, 2–3: 74–79.

JURKOWSKA A., ŚWIERCZEWSKA-GŁADYSZ E., 2022 – Opoka – a mysterious carbonate-siliceous rock: an overview of general concepts. Geology, Geophysics and Environment, 48, 3: 257–278.

KABATA-PENDIAS A., 2011 – Trace elements in soils and plants. Fourth edition. Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton.

KABATA-PENDIAS A., MUKHERJEE A.B., 2007 – Trace elements from soil to human. Springer Berlin Heidelberg, Berlin.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999 – Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wydawnicto Naukowe PWN, Warszawa.

KABATA-PENDIAS A., SZTEKE B., 2012 – Pierwiastki śladowe w geo- i biosferze. IUNG-PIB, Puławy.

KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH CZ., 1995 – Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, IUNG, Warszawa.

KASZUBKIEWICZ J., DĘBOWSKI M., DĘBOWSKI M., JEZIERSKI P., KAWAŁKO T., TASZ W., 2011 – Stan gleb użytkowanych rolniczo na obszarze Sudetów i Przedgórza Sudeckiego. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław.

KHOLODOV V.N., 2003 – Geochemistry of phosphorus and origin of phosphorites: Communication 2. Sources of phosphorus in continents and genesis of marine phosphorites. Lithology and Mineral Resources, 38: 477–495.
KLECZKOWSKI A.S., RÓŻKOWSKI A. (red.), BOCHEŃSKA T., DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., KRAJEWSKI S., MACIOSZCZYK A., MACIOSZCZYK T., MAŁECKA D., ROGOŻ M., RÓŻKOWSKI A., SZCZEPAŃSKI A., WITCZAK S., 1997 – Słownik hydrogeologiczny. TRIO, Warszawa.
KŁOSOWSKI W. (OPRAC.), 2013 – Załącznik nr 3 do Uchwały nr 693/XXVIII/2013 Rady Miasta Lublin z dnia 28 lutego 2013 r. Prognoza oddziaływania na środowisko Strategii Rozwoju Lublina na lata 2013–2020.
KOCIUBA D., 2010 – Lublin w okresie transformacji: przemian funkcjonalno-przestrzenne. W: Duże i średnie miasta polskie w okresie transformacji. XXII Konwersatorium Wiedzy o Mieście: 83–96. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
KOCIUBA D., 2019 – Rola wód powierzchniowych w rozwoju Lublina, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio B, 74:1–26.
KORDOWIAK A.M., HOLKO P., 2009 – Pochodne wanadu jako związki o istotnym znaczeniu biologicznym. Cz. I Działanie przeciwcukrzycowe. Postępy Biologii Komórki, 36, 3: 361–376.
KRAWCZYK M., KUCHARSKA M., 2023 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Łęczna (750). Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
KRAVCHENKO E., SUSHKOVA S., RAZA M.H., MINKINA T., DUDNIKOVA T., BARBASHEV A., MAKSIMOV A., WONG M.H., 2024 – Ecological and human health impact assessments based on long-term monitoring of soil PAHs near a coal-fired power plant. Environmental Geochemistry and Health, 46, 288.
KRÓL K., KWECKO P., MIECZNIK J., HRYBOWICZ G., 2011 – Objaśnienia do Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, arkusz Bychawa. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
KUCHARSKA M., KRAWCZYK M., 2023 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Łęczna (750). Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
LESICKA R., GLEŃ G., MILANOWSKA-PITURA M., 2019 – Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubelskim. Raport wojewódzki za rok 2018. Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Lublinie, Lublin.
LESICKA R., GLEŃ G., MILANOWSKA-PITURA M., FILIPIUK M., 2020 – Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubelskim. Raport wojewódzki za rok 2019. Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Lublinie, Lublin.
LESICKA R., MILANOWSKA-PITURA M., BLIŹNIUK M., KPEĆ R., 2023 – Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubelskim. Raport wojewódzki za rok 2022. Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Lublinie, Lublin.
LESICKA R., SOLIS M., MILANOWSKA-PITURA M., BORÓWKA P., KOPEĆ R., 2025 – Roczna ocena jakości powietrza w województwie lubelskim. Raport wojewódzki za rok 2024. Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Lublinie, Lublin.
LEWICKA E., 2007 – Kobalt – wyjątkowy metal wielu zastosowań. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 23, 2: 5–15.
LIS J., 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
LIS J., PASIECZNA A., 1995 – Atlas geochemiczny Polski w skali 1:2 500 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
LIS J., PASIECZNA A., 2001 – Tło geochemiczne i anomalie w środowiskach powierzchniowych ziemi w Polsce. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Górnictwo, 248, 1512: 123–128.
LIS J., PASIECZNA A., 2005 – Atlas geochemiczny Poznania i okolic 1:100 000, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
ŁOŹNA K., BIERNAT J., 2008 – Występowanie arsenu w środowisku i w żywności. Roczn. PZH, 59, 1: 19–31.
LLORENS J.F., FERNANDEZ-TURIEL J.L., QUEROL X., 2001 – The fate of trace elements in a large coal-fired power plant. Environmental Geology, 40: 409–416.
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.
MACIOŁEK H., ZIELIŃSKA A., DOMARECKI T., 2013 – Oddziaływanie geobiologiczno-chemiczne kadmu i ołowiu na środowisko przyrodnicze. Journal of Ecology and Health, 17, 2: 63–71.
MACIOSZCZYK A., 1987 – Hydrogeochemia. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
MACIOSZCZYK, A., DOBRZYŃSKI, D., 2002 – Hydrogeochemia – strefa aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
MACKAY D., WAN-YING S., KUO-CHING M.A., 1997 – Illustrated hadbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals. Volume V – pesticide chemicals. Lewis Publishers.
MADEJ M., 1999 – Beryl i jego związki – występowanie, zastosowanie i ocena narażenia, Bezpieczeństwo Pracy Nauka i Praktyka, 5: 26–28.
MAKLES Z., GALWAS-ZAKRZEWSKA M., 2004 – Ozon bezpieczeństwo ludzi i środowiska. Bezpieczeństwo Pracy, 6: 25–28.
MALISZEWSKA-KORDYBACH B, SMRECZAK B, KLIMKOWICZ-PAWLAS A, TERELAK H., 2008 – Monitoring of the total content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in arable soils in Poland. Chemosphere, 73: 1284–1291.
MALISZEWSKA-KORDYBACH .B, SMRECZEK B., KLIMKOWICZ-PAWLAS A., 2009 – Concentrations, sources, and spatial distribution of individual polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in agricultural soils in the Eastern part of the EU: Poland as a case study. Sci. Total Environ., 407: 3746–3753.
MALISZEWSKA-KORDYBACH B., SMRECZAK B., KLIMKOWICZ-PAWLAS A., 2014 – Evaluation of the status of contamination of arable soils in Poland with DDT and HCH residues, National and Regional Scales. Pol. J. Environ. Stud., 23: 139–148.
MARKS L., GRABOWSKI J., STĘPIEŃ U. (red.), 2022 – Mapa geologiczna Polski w skali 1:500 000. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
MARSZAŁEK S., ALBRYCHT A., BUŁA S., 1988 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Bychawa. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
MARSZAŁEK S., ALBRYCHT A., BUŁA S., 1989 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Niedrzwica. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
MARSZAŁEK S., ALBRYCHT A., BUŁA S., 1991 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Niedrzwica. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
MARSZAŁEK S., ALBRYCHT A., BUŁA S., 1996 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Bychawa. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
MATSCHULLAT J., 2000 – Arsenic in the geosphere – a review. Science of the Total Environment, 249: 297–312.
McLENNAN S.M., MURRAY R.W., 1999 – Geochemistry of sediments. W: Encyclopedia of Geochemistry, Marshall C.P., Fairbridge R.W. (red.): 282–292. Kluwer Academic Publishers, Dortrecht.
MIGASZEWSKI Z., GAŁUSZKA A., 2016 – Geochemia środowiska. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
MIKOŁAJKÓW J., SADURSKI A. (red.), 2017 – Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce. Informator PSH, Warszawa.
MISZTAL M., SMAL H., LIGĘZA S., 1996 – Zawartość wybranych makro- i mikropierwiastków w osadach dennych rzeki Bystrzycy. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 437: 291–298.
MONTANO L., BALDINI G.M., PISCOPO M., LIGUORI G., LOMBARDI R., RICCIARDI M., ESPOSITO G., PINTO G., FONTANAROSA C., SPINELLI M., PALMIERI I., SOFIA D., BROGNA C., CARATI C., ESPOSITO M., GALLO P., AMORESANO A., MOTTA O., 2025 – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Environment: Occupational Exposure, Health Risks and Fertility Implications. Toxics. 13, 151: 1–30.
MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H., PIETRUCH C., 1997 – Zawartość litu w glebach niektórych regionów Polski. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 448: 211–216.
MROCZEK P., 2014 – Wpływ budowy geologicznej i ukształtowania terenu na historyczne i współczesne inwestycje inżynierskie i budowlane w Lublinie. Przegląd Geologiczny, 62, 10/2: 645–653.
NARKIEWICZ M., DADLEZ R., 2008 – Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. Przegląd Geologiczny, 56, 5: 391–397.
NIEDZIELSKI P., SIEPAK M., SIEPAK J., 2000 – Występowanie i zawartości arsenu, antymonu i selenu w wodach i innych elementach środowiska. Rocznik Ochrona Środowiska, 2: 317–341.
NOCOŃ W., 2017 – Zawiesina w wodach płynących aglomeracji górnośląskiej – problemy i wyzwania. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania, 17, 2: 39–43.
OLIVEIRA M., SLEZAKOVA K., DELERUE-MATOS C., PEREIRA MC., MORAIS S., 2019 – Children environmental exposure to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and biomonitoring in school environments: a review on indoor and outdoor exposure levels, major sources and health impacts. Environ. Int., 124: 180–204.
OCENA, 2021–2024 – Ocena stanu wód powierzchniowych wykonana została na podstawie danych monitoringowych z lat 2019–2024 https://wody.gios.gov.pl/pjwp/publication/568 (dostęp 09.10.2025).
PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
PASIECZNA A., 2003 – Atlas zanieczyszczeń gleb miejskich w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
PASIECZNA A., 2012 – Molibden i cyna w glebach Polski. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 450: 75–82.
PASIECZNA A., MARKOWSKI W., 2014 – GEMAS. Badania geochemiczne gleb pól uprawnych i trwałych użytków zielonych w Polsce – raport krajowy. https://mapgeochem.pgi.gov.pl/atlas-polski/gemas-raport-krajowy-2/gemas-raport-krajowy/gemas-raport-krajowy-mapy-2/ (dostęp 20.11.2024).
PASIECZNA A., STRZEMIŃSKA K., KONON A., BALA K., SZCZYPCZYK A., 2021 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska w skali 1:25 000. Arkusz Świerklaniec, Arkusz Bytom, Arkusz Piekary Śląskie, PIG-PIB, Warszawa.
PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 1994 – Cyna w ostatniej dekadzie XX wieku. Przegląd Geologiczny, 45, 9: 844–855.
PELCZAR J., LOSKA K., CEBULA J., WYŻGOLIK B., 2005 – Występowanie niklu w glebach ornych wybranych gmin Górnego Śląska. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Górnictwo, 267, 1690: 221–228.
PIETRUSIAK J., 2020 – Program ochrony powietrza dla strefy Aglomeracja Lubelska ze względu na przekroczenia poziomu dopuszczalnego pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz docelowego benzo(a)pirenu. ATMOTERM S.A, Lublin.
PIOTROWSKI Z., ULIASZ-BOCHEŃCZYK A., 2008 – Możliwości gospodarczego wykorzystania odpadów z kotłów fluidalnych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24, 2/1: 73–85.
PLAK A., 2007 – Czynniki kształtujące zawartość i formy arsenu w glebach aglomeracji lubelskiej. Acta Agrophysica, 149: Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin.
PLAK A., 2018 – Funkcje miasta a zawartość i rozmieszczenie metali ciężkich, metaloidów i pierwiastków ziem rzadkich w glebach miejskich. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
PREMNATH N., MOHANRASU K., GURU RAJ RAO R., DINESH G.H., SIVA PRAKASH G., ANANTHI V., KUMAR PONNUCHAMY, GOVARTHANAN MUTHUSAMY, ARUN A., 2021 – A crucial review on polycyclic aromatic Hydrocarbons – Environmental occurrence and strategies for microbial degradation. Chemosphere, 280, 130608.
PROGRAM, 2024 – Program ochrony środowiska dla powiatu świdnickiego na lata 2025–2028 z perspektywą do roku 2030. Zakład Analiz Środowiskowych Eko-precyzja. Ustroń.
PYCIA K., JAWORSKA G., 2017 – Polichlorowane bifenyle (PCB) jako zagrożenie dla żywności. Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski, 5–6: 34– 37.
RAJAN S., PARWEEN M., RAJU N.J., 2023 – Pesticides in the hydrogeoenvironment: a review of contaminant prevalence, source and mobilisation in India. Environmental geochemistry and health. 45, 8: 5481–5513.
RAMAMOORTHY S., RAMAMOORTHY S., 1997 – Chlorinated organic compounds in the environment: regulatory and monitoring assessment. CRC press.
RATAJCZAK T., GAWEŁ A., GÓRNIAK K., MUSZYŃSKI M., SZYDŁAK T., WYSZOMIRSKI P., 1999 – Charakterystyka popiołów lotnych ze spalania niektórych węgli kamiennych i brunatnych. Polskie Towarzystwo Mineralogiczne – Prace Specjalne, 13.
REIMANN C., SIEWERS U., TARVAINEN T., BITUKOVA L., ERIKSSON J., GILUCIS A., GREGORAUSKIENE V., LUKASHEV V.K., MARTINIAN N.N., PASIECZNA A., 2003 – Agricultural soils in Northern Europe: A Geochemical Atlas. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
REIMANN C., BIRKE M., DEMETRIADES A., FILZMOSER P., O'CONNOR P. (red.), 2014 – Chemistry of Europe's agricultural soils – Part A: Methodology and interpretation of the GEMAS data set. Geologisches Jahrbuch, B 102, Hannover.
RICHLING A., SOLON J., MACIAS A., BALON J., BORZYSZKOWSKI J., KISTOWSKI M. (red.), 2021 – Regionalna geografia fizyczna Polski. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI MORSKIEJ I ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ Z DNIA 29 sierpnia 2019 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi (Dz.U z 2019 r. poz. 1747).
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 r. poz. 1475).
ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY Z DNIA 4 listopada 2022 r. w sprawie Planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (Dz.U. z 2023 r. poz. 300).
ROZPORZĄDZENIE MINISTRA KLIMATU I ŚRODOWISKA Z DNIA 31 października 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. z 2016 r. poz. 1657).
RUTKOWSKA A., 2017 – Środowiskowe skutki niezrównoważonego nawożenia azotem i potasem. Studia i Raporty IUNG-PIB, 53 7: 25–37. IUNG-PIB, Puławy.
RZĘTAŁA M., 2008 – Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego, 2643. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
SALMINEN R., (red.) 2005 – Geochemical atlas of Europe. Part 1. Background information, methodology and maps. Geological Survey of Finland, Espoo.
SALMINEN R., GREGORAUSKIENE V., 2000 – Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. Applied Geochemistry, 15: 647–653.
SAPEK B., 2001 – Zagadnienia potasu w świetle oddziaływania rolnictwa na środowisko. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 476: 281–292.
SAPOTA A., SKRZYPIŃSKA-GABRYSIAK M., 2006 – Bar i jego związki rozpuszczalne. Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 1, 47: 39–64.
SCHROLL R., BIERLING B., CAO G., DÖRFLER U., LAHANIATI M., LANGENBACH T., SCHEUNERT I., WINKLER R., 1994 – Uptake pathways of organic chemicals from soil by agricultural plants. Chemosphere, 28, 2: 297–303.
SIUTA J., REJMAN-CZAJKOWSKA M., 1980 – Siarka w biosferze. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
SMAKULSKI J., STĘPNIAK A., SPRINGER N., 2020 – Program ochrony środowiska dla miasta Lublin na lata 2020–2023 z perspektywą do roku 2027. Ekolog Sp. z o.o., Poznań.
SMAKULSKI J., STĘPNIAK A., SPRINGER N., 2021 – Program ochrony środowiska dla miasta Lublin na lata 2021–2024 z perspektywą do roku 2028. Ekolog Sp. z o.o., Poznań.
SMEDLEY P.L., KINNIBURGH D.G., 2017 – Molybdenum in natural waters: A review of occurrence, distributions and controls. Applied Geochemistry, 84: 387–432.
SOLYMOS K., BABCSÁNYI ., ARIYA B. GYULAVÁRI T., ÁGOSTON Á., KUKOVECZ Á., KÓNYA Z., PAP Z., 2024 – Environmental significance of the interaction between titanium dioxides and soil solutions. Environmental Sciences Europe, 36, 85.
STAISZ J., PASOŃ-KONIECZYŃSKA A., KONIECZYŃSKI J., 2000 – Wstępna ocena emisji pierwiastków śladowych w wyniku spalania węgla kamiennego. Archiwum Ochrony Środowiska, 26, 1: 7–20.
STAREK A., 2001 – Polichlorowane bifenyle – Toksykologia – Ryzyko zdrowotne. Roczn. PZH, 52, 3: 187–201.
STAREK A., 2013 – Oleje mineralne wysokorafinowane z wyłączeniem cieczy obróbkowych – frakcja wdychalna. Dokumentacja dopuszczalnych wielkości narażenia zawodowego. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 2, 76: 95–120.
STEFANIAK M., STANEK K., STANEK A., MEDERSKA-MAZUR A., KRÓL J., KORCZAK D., 2022 – Monitoring osadów dennych rzek i jezior w roku 2022. Raport: Stan zanieczyszczenia osadów dennych rzek i jezior w 2022 roku, Eurofins OBiKŚ Sp. z o.o., Katowice.
STOJANOVIĆ BJELIĆ L., NEŠKOVIĆ MARKIĆ D., ILIĆ P., FAROOQI Z.U.R., 2022 – Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils in industrial areas: concentration and risks to human health. Polish Journal of Environmental Studies, 31, 1: 595–608.
STRUGAŁA A., MAKOWSKA D., BYTNAR K., ROZWADOWSKA T., 2014 – Analiza zawartości wybranych pierwiastków krytycznych w odpadach z procesu wzbogacania węgla kamiennego. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, 17, 4: 77–88.
STRUPIENIUK A., FARJAN T., 2001 – Jakość podstawowych elementów środowiska. Gleby. W: Raport o stanie środowiska województwa lubelskiego w 2000 roku, 143–150. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin.
STRZELECKI R., WOŁOWICZ S., SZEWCZYK J., LEWANDOWSKI P., 1993 – Mapy radiologiczne Polski 1:750 000. Część II: Mapa zawartości uranu w Polsce. Mapa zawartości toru w Polsce. Mapa zawartości potasu w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
STUDIUM CZ. I, 2019 – Uchwała nr 283/VIII/2019 Rady Miejsta Lublin z dnia 1 lipca 2019 r. w sprawie uchwalenia Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Lublin. Część I – Uwarunkowania.
SWĘD M., 2017 – Bar, miedź, cynk i ołów w glebach strefy hipergenicznej Radzimowic w Górach Kaczawskich. Przegląd Geologiczny, 65, 8: 487–495.
SZCZECIŃSKI S. (red.), 2011 – Zagadnienia napędów lotniczych. Prace instytutu lotnictwa, 213/2011. Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa, Warszawa.
SZCZEPANIK T., 1973 – Przemysł spożywczy Lublina i jego związki z bazą surowcową regionu. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Lublin – Polonia. Sectio B. XXVIII, 11: 287–314.
SZCZYKOWSKA J., SIEMENIUK A., 2020 – Ćwiczenia laboratoryjne z technologii wody. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2023 – Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.XII.2023 r. PIG-PIB, Warszawa.
TEIXEIRA J., DELERUE-MATOS C., MORAIS S., OLIVEIRA M., 2024 – Environmental contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons and contribution from biomonitoring studies to the surveillance of global health. Environ. Sci. Pollut. Res. Int., 31, 42: 54339–54362.
TKACZYK P., BEDNAREK W., 2011 – Ocena odczynu gleb Lubelszczyzny. Acta Agrophysica, 18, 1: 173–186.
TOŁOCZKO W., 2020 – Gleby orne makro- i mezoregionów fizycznogeograficznych Polski. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
TOMASSI-MORAWIEC H. (red.), 2016 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100 000. Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
TRANSEKO SP.J., 2018 – Plan mobilności lubelskiego obszaru funkcjonalnego na lata 2017–2025. Stan środowiska naturalnego. Biuro Projektowo-Konsultingowe TRANSEKO sp.j., Lublin.
TRAPIDO M., 1999 – Polycyclic aromatic hydrocarbons in Estonian soil: contamination and profiles. Environmental Pollution. 105: 67–74.
TURSKI R., MISZTAL M., SMAL H., 1985 – Wpływ gospodarki w zlewni Bystrzycy na skład chemiczny jej osadów dennych. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia. Sectio B, XL, 11: 209–218.
UCHWAŁA, 2021 – Uchwała nr 758/XXIII/2020 Rady Miasta Lublin z dnia 19 listopada 2020 r. w sprawie zmiany obszaru i granic aglomeracji Lublin (Dz. Urz. Woj. Lubelskiego z dnia 2 grudnia 2020 r., poz. 5945).
UNEC, 1998 – United Nations Economic Commission for Europe: Protocol on persistent organic pollutants under the 1979 Convention on long range transport air pollution. Switzerland, Geneva.
USEPA, 2005 – Guidelines for carcinogen risk assessment, EPA/630/P03/001F. United States Environmental Protection Agency, Washington D.C.
WALENCZAK K., 2011 – Charakterystyka gleb centralnej i wschodniej części Wrocławia. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław.
WASHBOURNE C.-L., RENFORTH P., MANNING D.A.C., 2012 – Investigating carbonate formation in urban soils as a method for capture and storage of atmospheric carbon, Science of the Total Environment, 431: 166–175.
WOŁKOWICZ W., 2010 – Ocena wpływu migracji pestycydów chloroorganicznych z wybranych mogilników, zlokalizowanych w różnych warunkach geologicznych, na zanieczyszczenie osadów i wód podziemnych, Przegląd Geologiczny, 58, 11: 1087–1097.
ZIELAZIŃSKA M., WYSZKOWSKA J., 2005 – Kadm w środowisku glebowym. Postępy Nauk Rolniczych, 6: 75–84.
ŻELAZOWSKA R., PASTERNAK K., 2007 – Metale szlachetne: srebro (Ag), złoto (Au), platyna (Pt) w biologii i medycynie. Bromat. Chem. Toksykol. – XL, 2: 205–209.

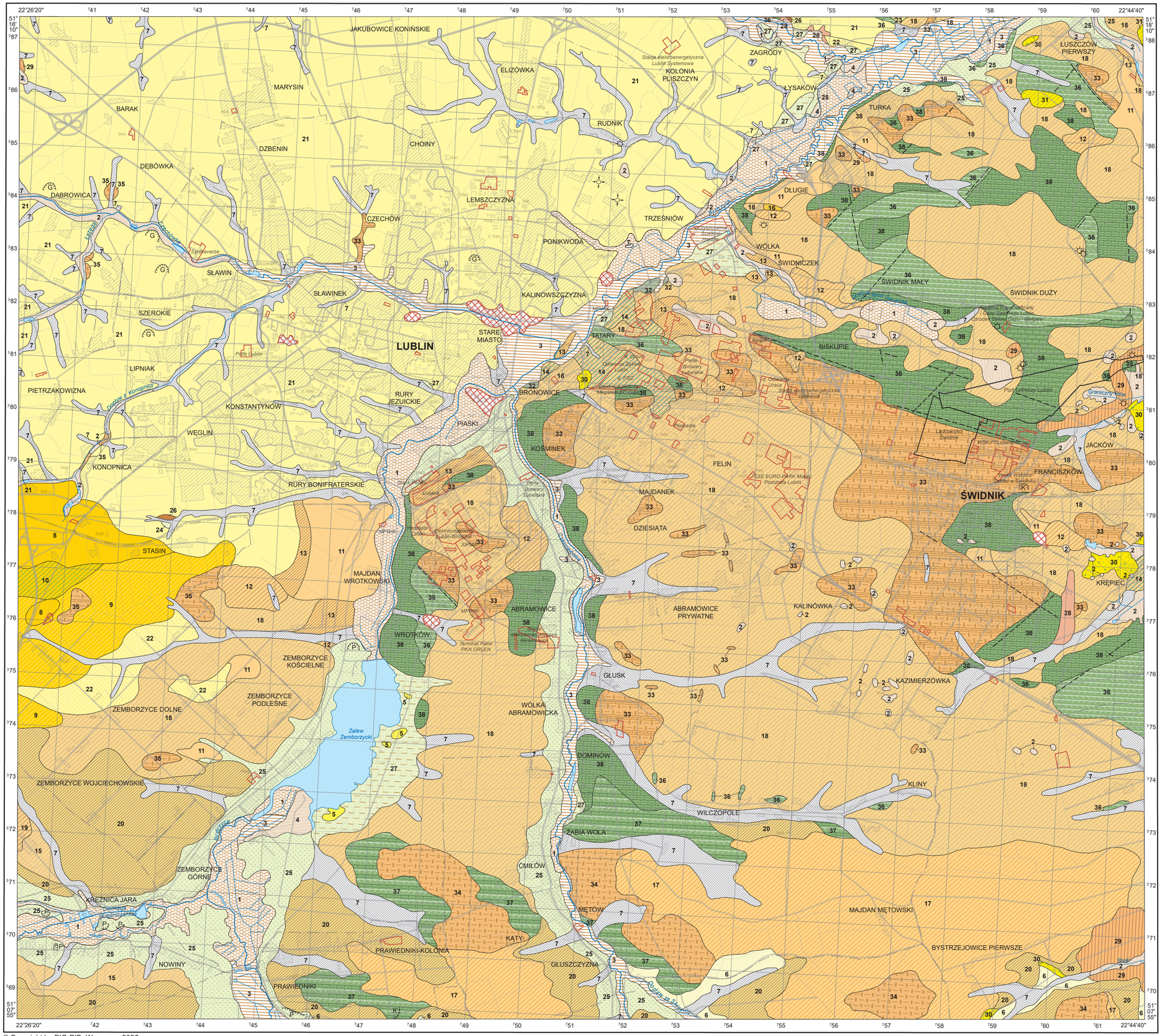
STRONY INTERNETOWE

https://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/jcwpd/jcwpd89.pdf (dostęp 15.09.2025)
https://bazadata.pgi.gov.pl/data/hydro/jcwpd/jcwpd90.pdf (dostęp 15.09.2025)
https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/teryt/kategoria/138 (dostęp 29.10.2025)
https://geolog.pgi.gov.pl/ (dostęp 10.03.2025)
https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Geochemia (dostęp 10.03.2025)
https://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web (dostęp 17.01.2024)
https://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/ (dostęp 29.10.2025)
https://gospodarczy.lublin.eu/branze/specjalizacje-gospodarcze-lublina/przemysl-motor-i-maszynowy/ (dostęp 13.02.2025)
https://land.copernicus.eu/en (dostęp 10.10.2024)
https://lublin.eu/gfx/lublin/userfiles/_public/pliki_do_pobrania/broszury_informacyjne/przemysl_spozywczy_w_lublinie_pl.pdf (dostęp 13.02.2025)
https://lublin.eu/mieszkancy/srodowisko/woda-w-miescie/rzeki-w-miescie/ (dostęp 30.07.2025)
https://lublin.naszemiasto.pl/zrodlo-ciepla-od-wielu-lat/ar/c3-2957538 (dostęp 29.07.2025)
https://mapgeochem.pgi.gov.pl/ (dostęp 29.07.2025)
https://parki.lubelskie.pl/obszary-chronionego-krajobrazu (dostęp 15.09.2025)
https://polfa.pl/pl/o-nas/ (dostęp 29.01.2025)
https://sse.lublin.eu/ (dostęp 20.05.2025)
https://synthaverse.com/pl/o-firmie/ (dostęp 29.01.2025)
https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/elektrownia-w-lublinie/ (dostęp 11.08.2025)
https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/lubelskie-cegielnie/ (dostęp 30.07.2025)
https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/rzeka-czechowka-w-lublinie/ (dostęp 12.08.2025
https://teatrnn.pl/leksykon/artykuly/zalew-zemborzycki/ (dostęp 10.03.2025)
https://umwl.bip.lubelskie.pl/upload/pliki/Zmiana_pozwolenia_zintegr._WSK_B3_2020.pdf (dostęp 24.07.2025)
https://veoliaterm.pl/strefa-klienta/veolia-wschod/ (dostęp 29.10.2025)
https://www.domzalski.pl/historia/lubelski-ursus/ (dostęp 11.08.2025)
https://www.farmer.pl/technika-rolnicza/maszyny-rolnicze/co-zostalo-z-wielkiej-odlewni-ursusa-w-lublinie,140960 (dostęp 29.10.2025)
https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=wyniki&cz=F (dostęp 20.05.2025)
https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/index.php?mod=pomiary&p=283 (dostęp 29.10.2025)
https://www.google.pl/maps/place/Prawiedniki (dostęp 22.05.2025)
https://www.gov.pl/web/gios/monitoring-osadow-dennych (dostęp 19.11.2025)
https://www.gov.pl/web/wody-polskie-lublin/historia-zalewu (dostęp 08.04.2024)
https://www.mpwik.lublin.pl/o-spolce/infrastruktura/obiekty/ (dostęp 03.09.2025)
https://www.mpwik.lublin.pl/wp-content/uploads/2023/02/Deklaracja-Srodowiskowa-2021.pdf (dostęp 03.09.2025)
https://www.pgi.gov.pl/psh/zadania-psh/8913-zadania-psh-jcwpd.html (dostęp 29.10.2025)
https://www.powiatswidnik.pl/gmina-swidnik (dostęp 06.11.2025)
https://www.pzlswidnik.pl/pl/o-nas/nasza-firma/historia (dostęp 29.10.2025)
https://www.sipma.pl/o-firmie/grupa-sipma/ (dostęp 28.10.2025)

Tablica
Plate **1**

Mapa geologiczna

Geological map



CZWARTORZĘD QUATERNARY

HOLOCEN HOLOCENE

1 Torfy
Peat

2 Namuły
Mud

3 Piaski i gliny facji powodziowej dolin rzecznych (mady)
Fluvial sand and mud (flood facies)

4 Piaski rzeczne tarasów zalewowych
Fluvial sand (flood terrace)

PLEJSTOCEN + HOLOCEN PLEISTOCENE + HOLOCENE

5 Piaski eoliczne w wydmach
Aeolian sand in dunes

6 Piaski i piaski pylowate rzeczne i rzeczno-deluwialne
Fluvial-deluvial silty sand

7 Piaski, pyły, mułki, mułki piaszczyste i piaski pylowate, deluwialne
Deluvial sand, silt, sandy silt and silty sand

8 Mułki, piaski i gliny zwietrzelinowe:
Weathering silt, sand and clay:

9 na gezach, piaskowcach oraz iłach, mułkach i piaskach
on gaize, sandstone, clay, silt and sand

10 na marglach, opokach, wapieniach i gezach z glaukonitem
on marl, calcareous gaize, limestone and gaize with glauconite

PLEJSTOCEN PLEISTOCENE

11 Mułki (pyły) piaszczyste i piaski pylowate lessopodobne:
Sandy silt and silty loess-like sand:

12 na glinach lodowcowych
on till

13 na piaskach ze żwirami wodnolodowcowych
on glaciofluvial sand with gravel

14 na mułkach i iłach jeziornych
on lacustrine silt and clay

15 na piaskach wodnolodowcowych zlodowacenia Sanu 2
on Sanian 2 glaciofluvial sand

16 na piaskach i mułkach oligocenu
on Oligocene sand and silt

17 na gezach paleocenu
on Palaeocene gaize

18 na marglach, opokach i gezach kredy górnej oraz gezach paleocenu
on Upper Cretaceous marl and calcareous gaize, and Palaeocene gaize

19 na gezach kredy górnej i paleocenu dolnego
on Upper Cretaceous and Palaeocene gaize

20 na opokach kredy górnej
on Upper Cretaceous calcareous gaize

21 Lessy
Loess

22 Lessy piaszczyste:
Sandy loess:

23 na marglach, opokach i gezach kredy górnej oraz gezach paleocenu
on Upper Cretaceous marl and calcareous gaize, and Palaeocene gaize

24 Piaski pylowate rzeczno-peryglacjalne
Fluvial silty sand

25 Piaski i mułki (pyły) rzeczne i rzeczno-peryglacjalne tarasów nadzalewowych
Fluvial sand and silt (suprainanundation terrace)

ZLODOWACENIE WISŁY VISTULIAN

26 Gleby kopalne
Paleosoil

INTERGLACJAŁ EEMSKI EEMIAN INTERGLACIAL

27 Piaski ze żwirami kredowymi rzeczno-peryglacjalne
Fluvial sand with gravel of Cretaceous rocks

28 Piaski ze żwirami lodowcowe
Glacial sand and gravel

29 Gliny lodowcowe
Till

30 Piaski ze żwirami wodnolodowcowe:
Glaciofluvial sand with gravel:

31 na marglach, opokach i gezach kredy górnej oraz gezach paleocenu
on Upper Cretaceous calcareous gaize and Palaeocene gaize

ZLODOWACENIE ODRY ODRANIAN

INTERGLACJAŁ MAZOWIECKI MAZOVIAN INTERGLACIAL

32 Mułki i iły jeziorne
Lacustrine silt and clay

PALEOGEN PALEOGENE

PALEOCEN PALEOCENE

33 Gezy z przewarstwieniami i soczewkami wapieni
Gaize with limestone intercalations and lens

34 Gezy z przewarstwieniami wapieni i gezy margliste
Gaize with limestone intercalations and marly gaize

35 Gezy, piaskowce oraz iły, mułki i piaski
Gaize, sandstone, clay, silt and sand

KREDA CRETACEOUS

KREDA GÓRNA UPPER CRETACEOUS

36 Opoki
Calcareous gaize

37 Opoki i margle
Calcareous gaize and marl

38 Margle
Marl

Uskoki przypuszczalne
Probable faults

Glinianki
Clay pits

Kamieniołomy
Quarries

Piaskownie
Sand pits

Obszary przemysłowe
Industrial areas

Lotniska
Airports

Hałdy i nasypy
Dumps and embankments

Odwierty eksploatacyjne
Production boreholes

Odwierty zatłaczające
Injection boreholes

Mapa geologiczna opracowana na podstawie:
Geological map prepared on the basis of the:

Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000:
Detailed geological map of Poland 1:50,000:
ark. Bełżyce (A. Henkiel, W. Danel, 2008)
ark. Niedrzwica (S. Marszałek, A. Albrycht, S. Buła, 1989)
ark. Bychawa (S. Marszałek, A. Albrycht, S. Buła, 1988)
ark. Lublin (J. Butrym, M. Harasimiuk, A. Henkiel, 1980)
Mapy geologicznej Polski 1:500 000 (L. Marks, J. Grabowski, U. Stępień, 2022)
Geological map of Poland 1:500,000

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Tablica
Plate **2**

Miejsca opróbowania gleb i zabudowa terenu

Soil sampling locations and land development

- Punkty opróbowania
  Sampling points
- Punkty opróbowania (związki organiczne)
  Sampling points (organic compounds)
- Tereny bez zabudowy
  Non-built-up areas
- Tereny z zabudową wiejską
  Village areas
- Tereny z zabudową miejską niską
  Low-block urban areas
- Tereny z zabudową miejską wysoką
  Tower-block urban areas
- Tereny z zabudową przemysłową
  Industrial areas

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych

Explanation of selected topographic signs

- Lasy
  Forests
- Obszary przemysłowe
  Industrial areas
- Lotniska
  Airports
- Hałdy i nasypy
  Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków
  Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne
  Production boreholes
- Odwierty zatłaczające
  Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

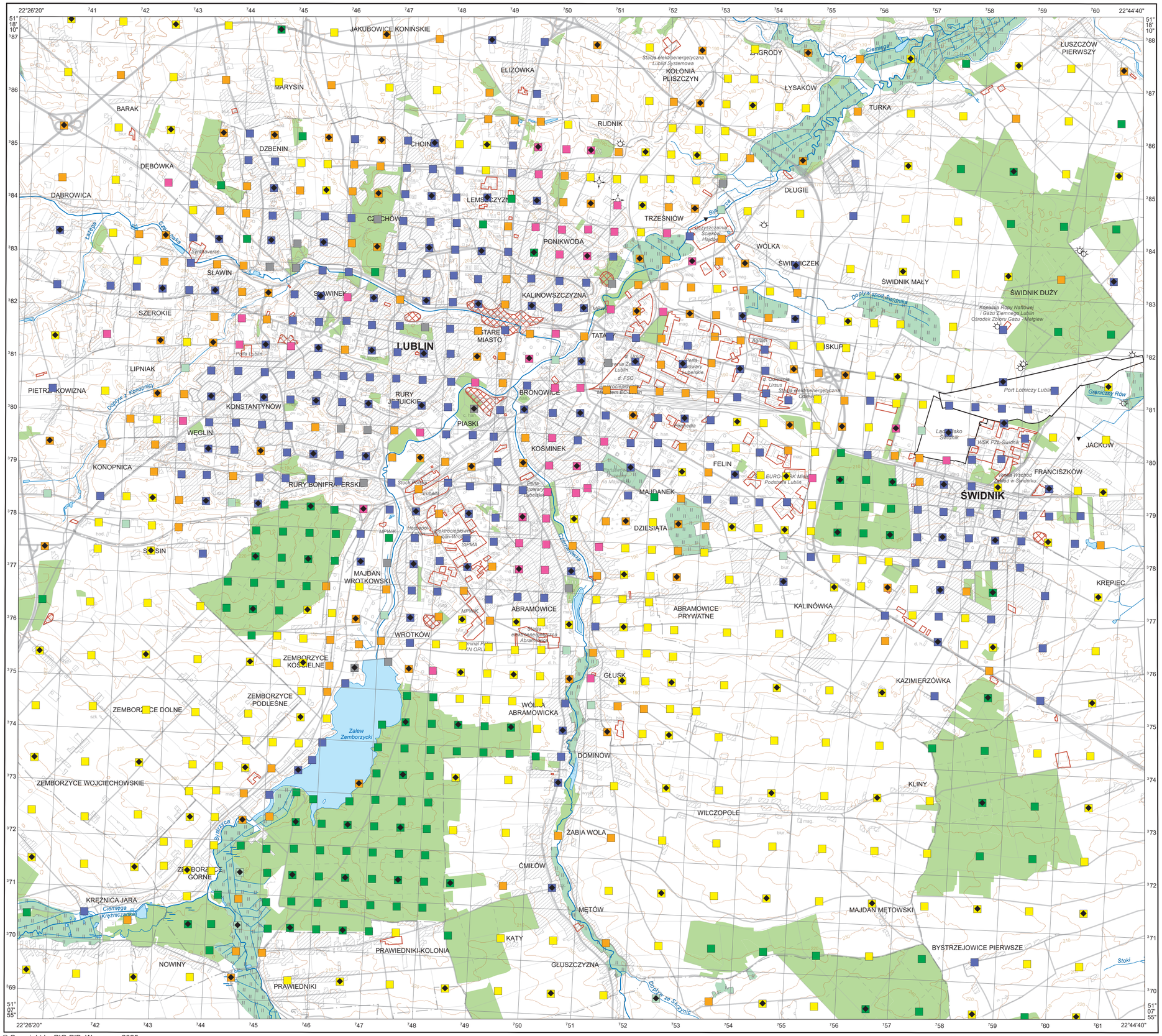
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

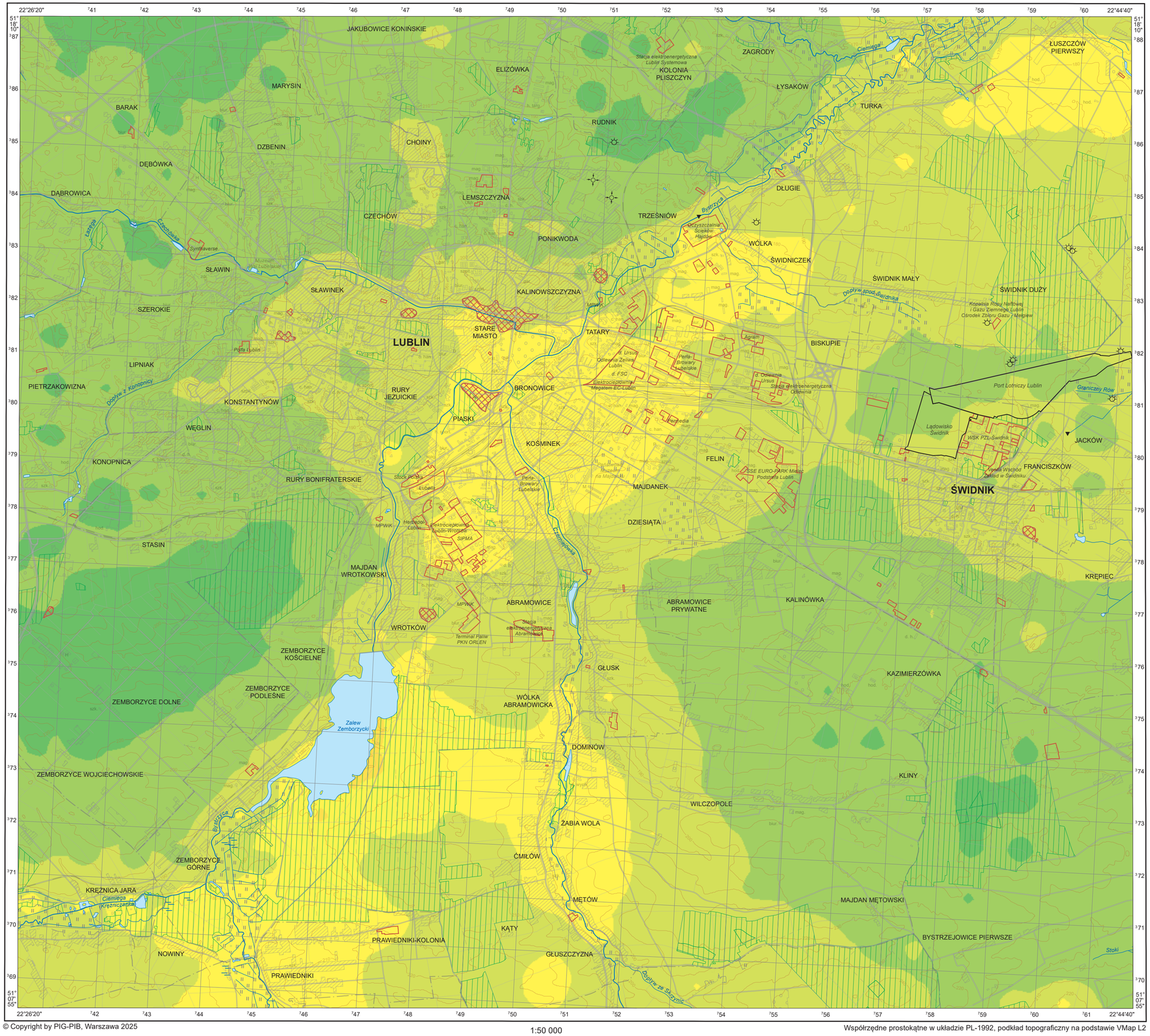
Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Miejsca opróbowania gleb i użytkowanie terenu

Soil sampling locations and land use


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DZIEBNIN
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
CHOINY
RUDNIK
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
PONIKWODA
TRZEŚNIÓW
ŁAGRODY
KOLONIA PLISZCZYN
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
DŁUGIE
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
SZEROKIE
KALINOWSZCZYZNA
STARE MIASTO
LUBLIN
TATARY
LIPNIAK
PIETRZKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
BRONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
RURY BONIFRATERSKI
FELIN
MAŁDANEK
DZIESIĄTA
ŚWIDNIK
FRANCISZKÓW
JAKÓW
SOSIN
MAJDAN WRÓTKOWSKI
WRÓTKÓW
ABRAMOWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
KRĘPIEC
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
WÓLKA ABRAMOWICKA
Zalew Zemborzycki
DOMINÓW
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
KLINY
WILCZOPOLE
ŻABIA WOLA
ĆMIŁÓW
ZEMBORZYCE GÓRNE
KRĘŻNICA JARA
METÓW
MAJDAN METOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Ciemięga
Bystrzyca
Czerniejówka
Dopływ ze Skrzynic
Stoki
Graniczny Rów
Dopływ spod Świdnika
Dopływ z Konopnicy
Krężniczanka
Zalew Zemborzycki
Stacja elektroenergetyczna Lublin Systemowa
Oczyszczalnia Ścieków Hajdów
Symtaverse
Agram
Port Lotniczy Lublin
Lotnisko Świdnik
WSK PZL-Świdnik
Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Lublin Ośrodek Zbioru Gazu - Mełgiew
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków
SIPMA
Stacja elektroenergetyczna Abramowice
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków
Stacja elektroenergetyczna Ostrów
Fabryka Lubelskie
Fabryka Lubelskie
Fabryka Lubelskie

Frakcja 0,063 < d ≤ 2,0 mm w glebach
Fraction 0.063 < d ≤ 2.0 mm in soil



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	32,42	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	22,65	Geometric mean
Mediana	27,04	Median

Percentyl Percentile	%
100	96,48 max.
90	68,27
75	49,58
50	27,04
25	10,84
0	min. 2,00

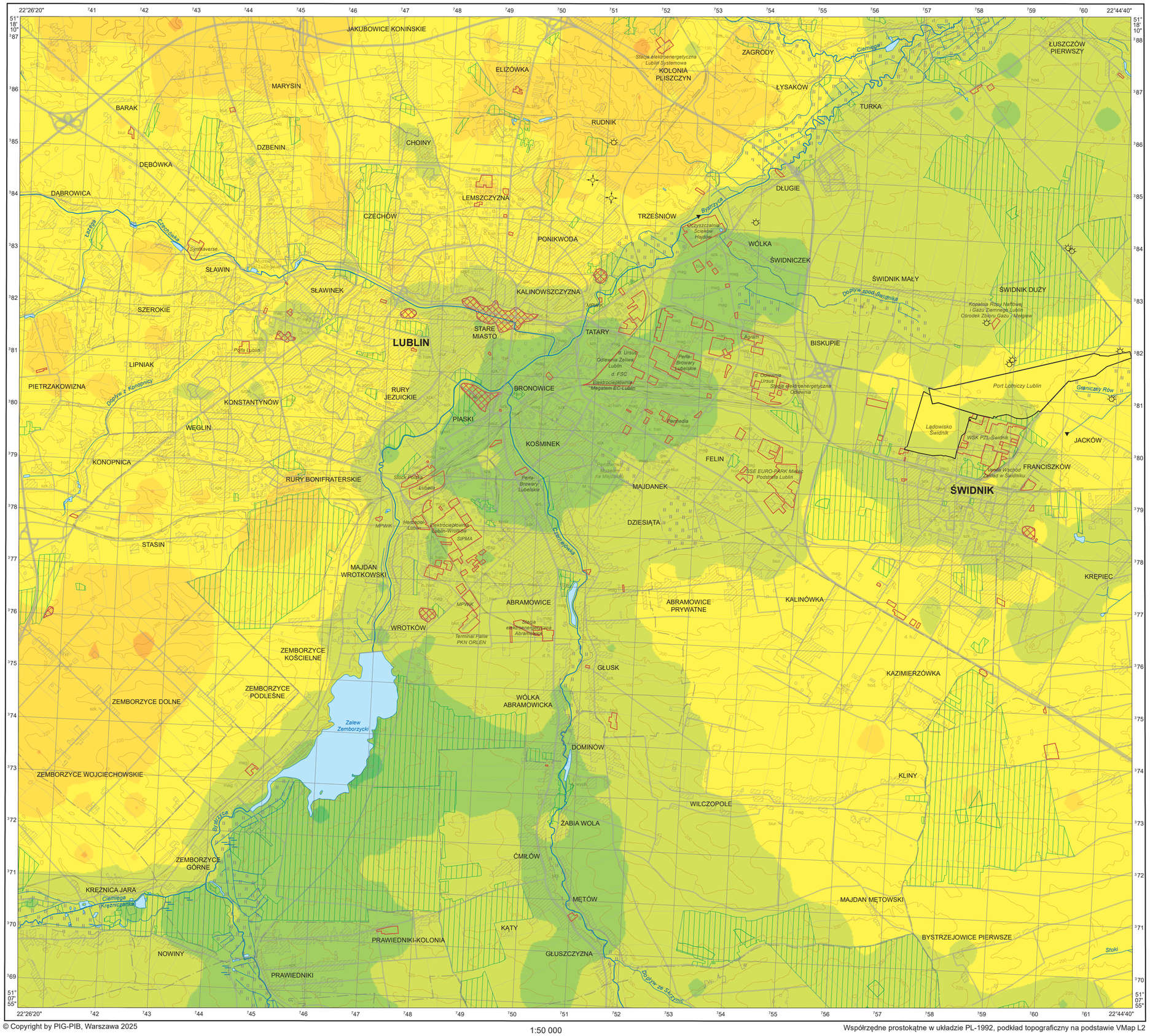
n = 909

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Frakcja 0,02 < d ≤ 0,063 mm w glebach

Fraction 0.02 < d ≤ 0.063 mm in soil



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	37,55	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	33,13	Geometric mean
Mediana	40,58	Median

Percentyl Percentile	%
100	67,98 max.
90	54,81
75	49,50
50	40,58
25	26,42
10	15,30
0	min. 1,09

n = 909

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Frakcja d ≤ 0,02 mm w glebach
Fraction d ≤ 0.02 mm in soil

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	30,03	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	27,38	Geometric mean
Mediana	30,71	Median

Percentyl Percentile	%
100	71,75 max.
90	43,26
75	39,07
50	30,71
25	21,90
10	14,58
0	min. 2,29

n = 909

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Odczyn gleb i wód powierzchniowych
Acidity of soil and surface water

pH

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	6,49	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	6,35	Geometric mean
Mediana	7,11	Median

8,51 max.
7,20
6,50
5,50
4,50
min. 3,27

n = 909

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	8,02	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	8,01	Geometric mean
Mediana	7,97	Median

Percentyl Percentile	
98 – 100	9,15 – 10,76 max.
95 – 98	8,98 – 9,15
90 – 95	8,71 – 8,98
75 – 90	8,15 – 8,71
50 – 75	7,97 – 8,15
25 – 50	7,75 – 7,97
10 – 25	7,51 – 7,75
0 – 10	min. 6,92 – 7,51

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Tablica
Plate **8**

Przewodność elektrolityczna właściwa wód powierzchniowych

Electrolytic conductivity of surface water

EC

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

	mS/cm	
Średnia arytmetyczna	0,573	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,545	Geometric mean
Mediana	0,567	Median

Percentyl Percentile	mS/cm
98 – 100	0,883 – 1,092 max.
95 – 98	0,849 – 0,883
90 – 95	0,784 – 0,849
75 – 90	0,689 – 0,784
50 – 75	0,567 – 0,689
25 – 50	0,440 – 0,567
10 – 25	0,386 – 0,440
0 – 10	min. 0,138 – 0,386

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy — Forests
- Obszary przemysłowe — Industrial areas
- Lotniska — Airports
- Hałdy i nasypy — Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków — Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne — Production boreholes
- Odwierty zatłaczające — Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Srebro w glebach i osadach wodnych
Silver in soil and aquatic sediment

Ag

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	1,48 max.
98	0,32
95	0,19
90	0,12
75	0,06
0	min. <0,05

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,16	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,07	Geometric mean
Mediana	0,06	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	0,89 – 5,22 max.
95 – 98	0,60 – 0,89
90 – 95	0,37 – 0,60
75 – 90	0,11 – 0,37
50 – 75	0,06 – 0,11
0 – 50	min.<0,05 – 0,06

n = 169

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Srebro w wodach powierzchniowych
Silver in surface water

Ag

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

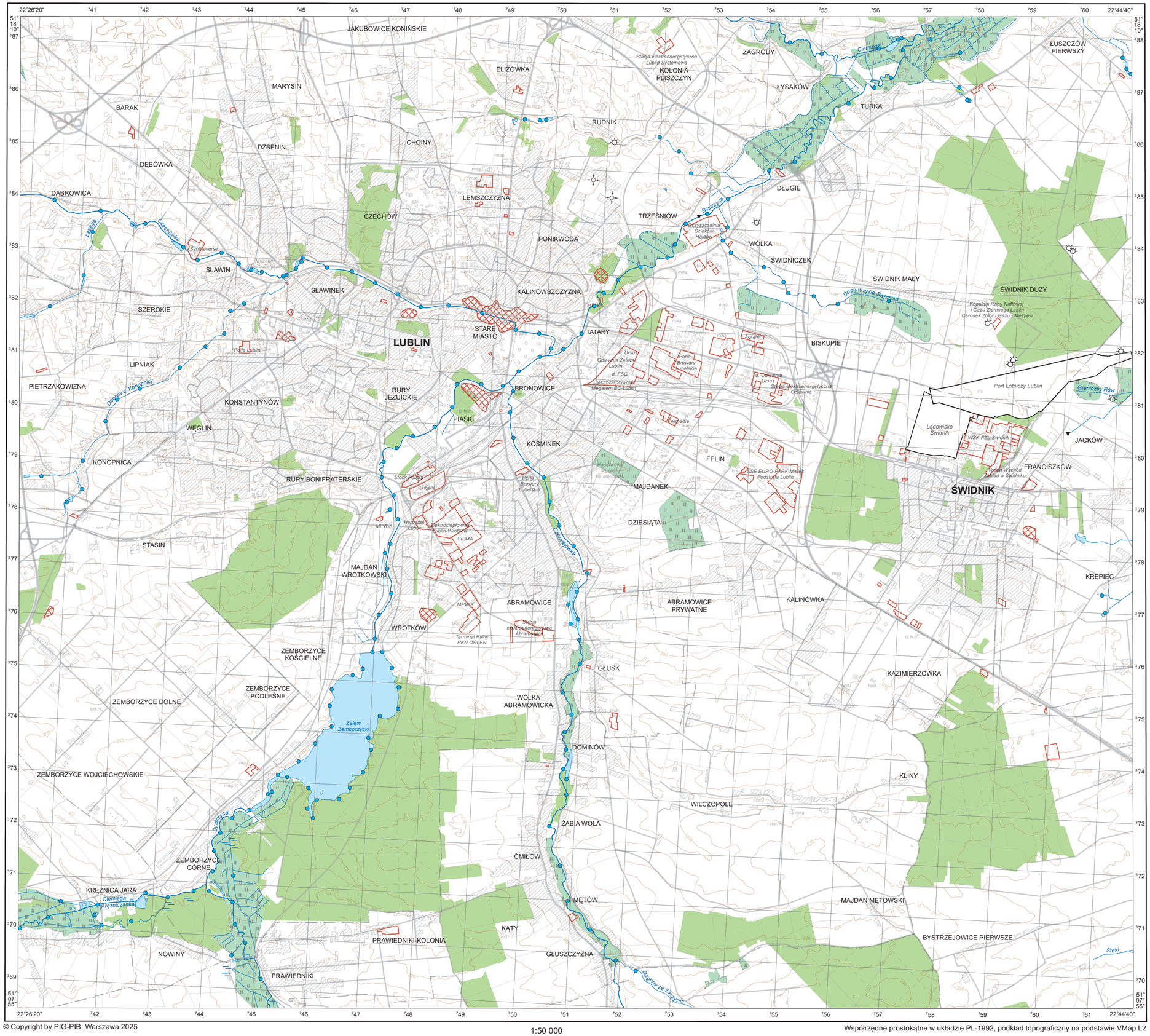
ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile		µg/dm^3
0 – 100	●	<0,05

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Glin w glebach i osadach wodnych
Aluminium in soil and aquatic sediment

Al

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,67	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,63	Geometric mean
Mediana	0,68	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%	
100		1,66 max.
95		0,97
90		0,90
75		0,80
50		0,68
25		0,54
10		0,38
0		min. 0,08

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,50	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,42	Geometric mean
Mediana	0,49	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	0,99 – 1,65 max.
95 – 98	0,89 – 0,99
90 – 95	0,80 – 0,89
75 – 90	0,62 – 0,80
50 – 75	0,49 – 0,62
25 – 50	0,36 – 0,49
10 – 25	0,15 – 0,36
0 – 10	min. 0,04 – 0,15

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Glin w wodach powierzchniowych
Aluminium in surface water

Al

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	5,7	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2,3	Geometric mean
Mediana	2,2	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	80,9 – 133,5 max.
95 – 98	13,2 – 80,9
90 – 95	5,6 – 13,2
75 – 90	3,5 – 5,6
50 – 75	2,2 – 3,5
25 – 50	1,2 – 2,2
10 – 25	0,8 – 1,2
0 – 10	min.<0,5 – 0,8

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Arsen w glebach i osadach wodnych
Arsenic in soil and aquatic sediment

As

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	<3	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	<3	Geometric mean
Mediana	3	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	18 max.
98	5
90	4
50	3
0	min. <3

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	n.o	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o	Geometric mean
Mediana	<3	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	12 – 47 max.
95 – 98	7 – 12
90 – 95	5 – 7
75 – 90	3 – 5
0 – 75	min. <3 – 3

n = 169

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Tablica
Plate **14**

Arsen w wodach powierzchniowych
Arsenic in surface water

As

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<2	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	5 – 11 max.
95 – 98	3 – 5
0 – 95	min.<2 – 3

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Bor w wodach powierzchniowych
Boron in surface water

B

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,03	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,03	Geometric mean
Mediana	0,03	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
98 – 100	●	0,06 – 0,09 max.
95 – 98	●	0,05 – 0,06
90 – 95	●	0,04 – 0,05
50 – 90	●	0,03 – 0,04
25 – 50	●	0,02 – 0,03
0 – 25	•	min.<0,01 – 0,02

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- ▼ Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Bar w glebach i osadach wodnych
Barium in soil and aquatic sediment

Ba

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	58	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	49	Geometric mean
Mediana	49	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	1327 max.
98	177
95	106
90	75
75	57
50	49
25	41
10	27
0	min. 8

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	47	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	38	Geometric mean
Mediana	40	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	157 – 309 max.
95 – 98	86 – 157
90 – 95	75 – 86
75 – 90	58 – 75
50 – 75	40 – 58
25 – 50	28 – 40
10 – 25	14 – 28
0 – 10	min. 6 – 14

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Bar w wodach powierzchniowych
Barium in surface water

Ba

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,041	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,032	Geometric mean
Mediana	0,035	Median
Granica oznaczalności	0,001	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,121 – 0,161 max.
95 – 98	0,103 – 0,121
90 – 95	0,075 – 0,103
75 – 90	0,054 – 0,075
50 – 75	0,035 – 0,054
25 – 50	0,022 – 0,035
10 – 25	0,010 – 0,022
0 – 10	min. 0,002 – 0,010

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

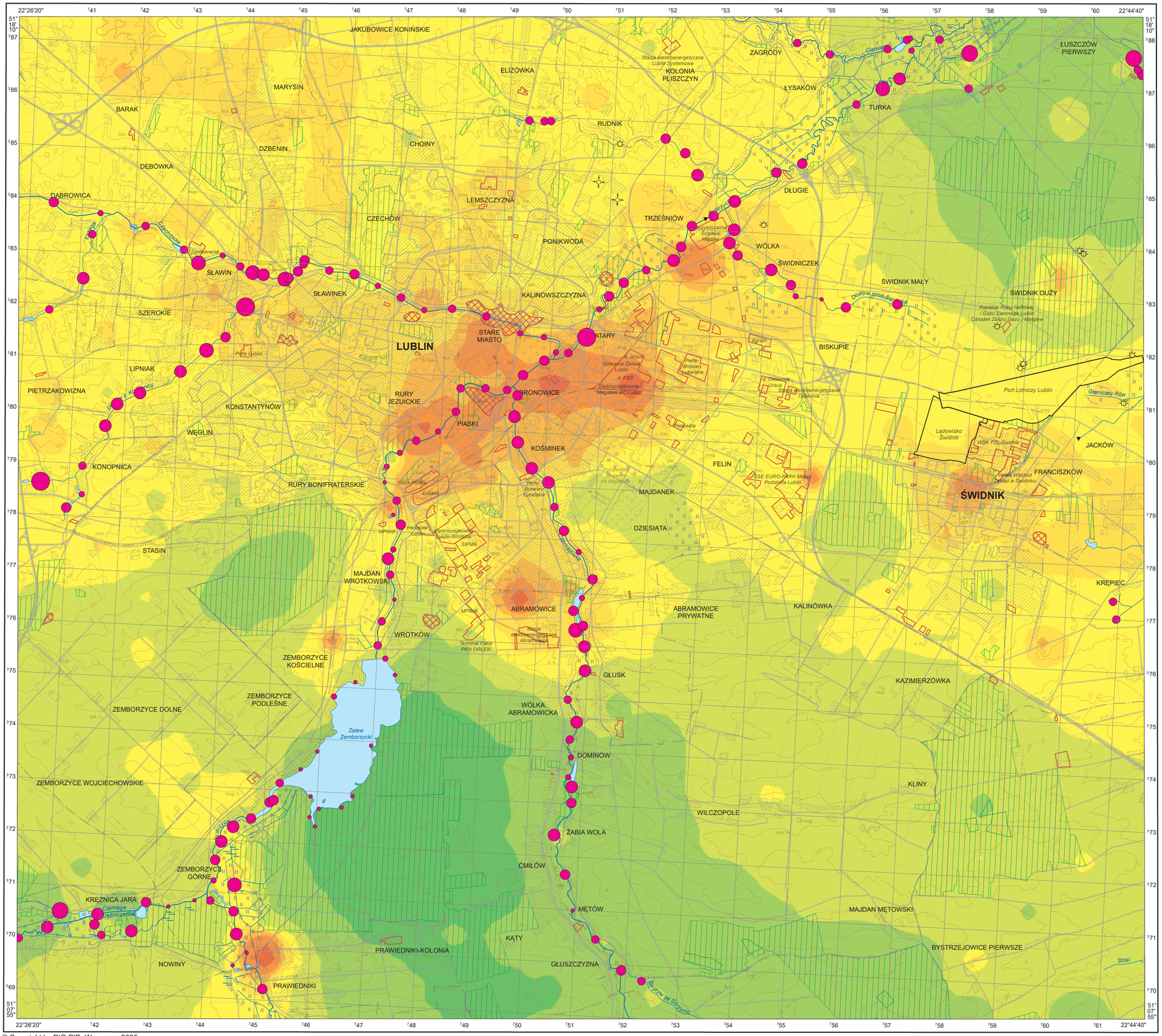
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Beryl w glebach i osadach wodnych
Beryllium in soil and aquatic sediment

Be



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,46	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,39	Geometric mean
Mediana	0,43	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	4,71 max.
98	1,09
95	0,74
90	0,62
75	0,52
50	0,43
25	0,34
10	0,20
0	min. <0,05

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,36	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,30	Geometric mean
Mediana	0,36	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	0,76 – 1,03 max.
95 – 98	0,64 – 0,76
90 – 95	0,59 – 0,64
75 – 90	0,46 – 0,59
50 – 75	0,36 – 0,46
25 – 50	0,26 – 0,36
10 – 25	0,13 – 0,26
0 – 10	min. <0,05 – 0,13

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Beryl w wodach powierzchniowych
Beryllium in surface water

Be

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

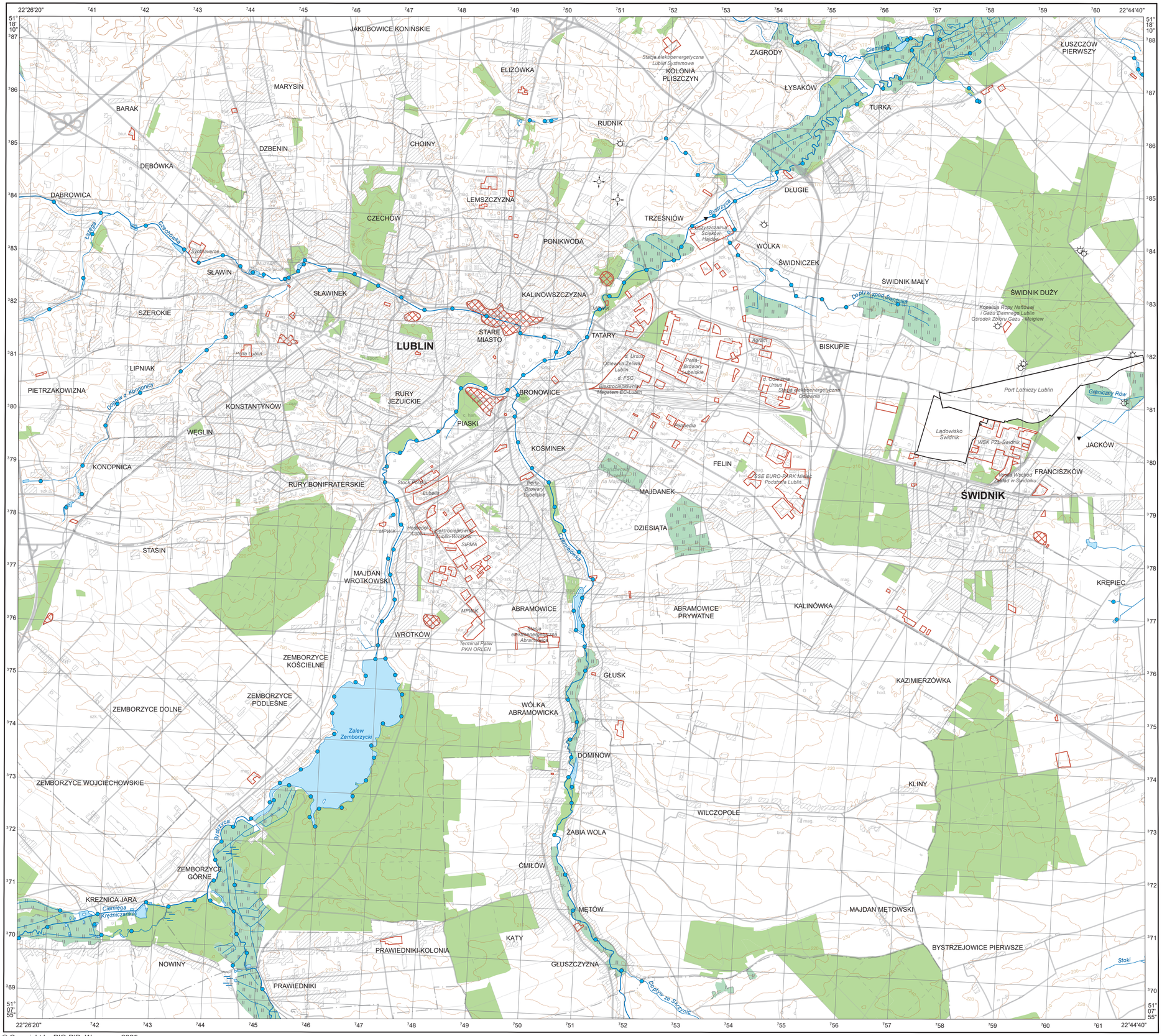
ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
0 – 100	<0,05

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Bromki w wodach powierzchniowych
Bromides in surface water

Br^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
0 – 100	●	<0,1

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Ogólny węgiel organiczny w glebach i osadach wodnych

Total organic carbon in soil and aquatic sediment

OWO
TOC

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	1,94	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,49	Geometric mean
Mediana	1,36	Median
Granica oznaczalności	0,02	Determination limit

Percentyl Percentile	%
100	34,66 max.
98	7,55
95	4,74
90	3,43
75	2,04
50	1,36
25	1,00
10	0,78
0	min. 0,13

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	3,86	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2,51	Geometric mean
Mediana	3,05	Median
Granica oznaczalności	0,02	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	12,36 – 25,32 max.
95 – 98	10,57 – 12,36
90 – 95	8,06 – 10,57
75 – 90	5,31 – 8,06
50 – 75	3,05 – 5,31
25 – 50	1,35 – 3,05
10 – 25	0,55 – 1,35
0 – 10	min.0,11 – 0,55

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Ogólny węgiel organiczny w wodach powierzchniowych
Total organic carbon in surface water

OWO
TOC

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	2,5	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,6	Geometric mean
Mediana	1,5	Median
Granica oznaczalności	1,0	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	15,0 – 34,0 max.
95 – 98	9,5 – 15,0
90 – 95	3,8 – 9,5
75 – 90	2,0 – 3,8
50 – 75	1,5 – 2,0
25 – 50	1,1 – 1,5
0 – 25	min.<1,0 – 1,1

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Wapń w glebach i osadach wodnych

Calcium in soil and aquatic sediment

Ca

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	0,97	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,39	Geometric mean
Mediana	0,35	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
100	12,89 max.
98	4,78
95	3,40
90	2,47
75	1,38
50	0,35
25	0,14
10	0,05
0	min. <0,01

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	3,07	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2,19	Geometric mean
Mediana	2,65	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	8,11 – 9,74 max.
95 – 98	7,05 – 8,11
90 – 95	6,26 – 7,05
75 – 90	4,31 – 6,26
50 – 75	2,65 – 4,31
25 – 50	1,43 – 2,65
10 – 25	0,76 – 1,43
0 – 10	min. 0,03 – 0,76

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy — Forests
- Obszary przemysłowe — Industrial areas
- Lotniska — Airports
- Hałdy i nasypy — Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków — Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne — Production boreholes
- Odwierty zatłaczające — Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Wapń w wodach powierzchniowych
Calcium in surface water

Ca

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	91,9	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	84,4	Geometric mean
Mediana	98,7	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	163,6 – 195,2 max.
95 – 98	152,0 – 163,6
90 – 95	130,0 – 152,0
75 – 90	108,0 – 130,0
50 – 75	98,7 – 108,0
25 – 50	63,4 – 98,7
10 – 25	52,8 – 63,4
0 – 10	min.12,7 – 52,8

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

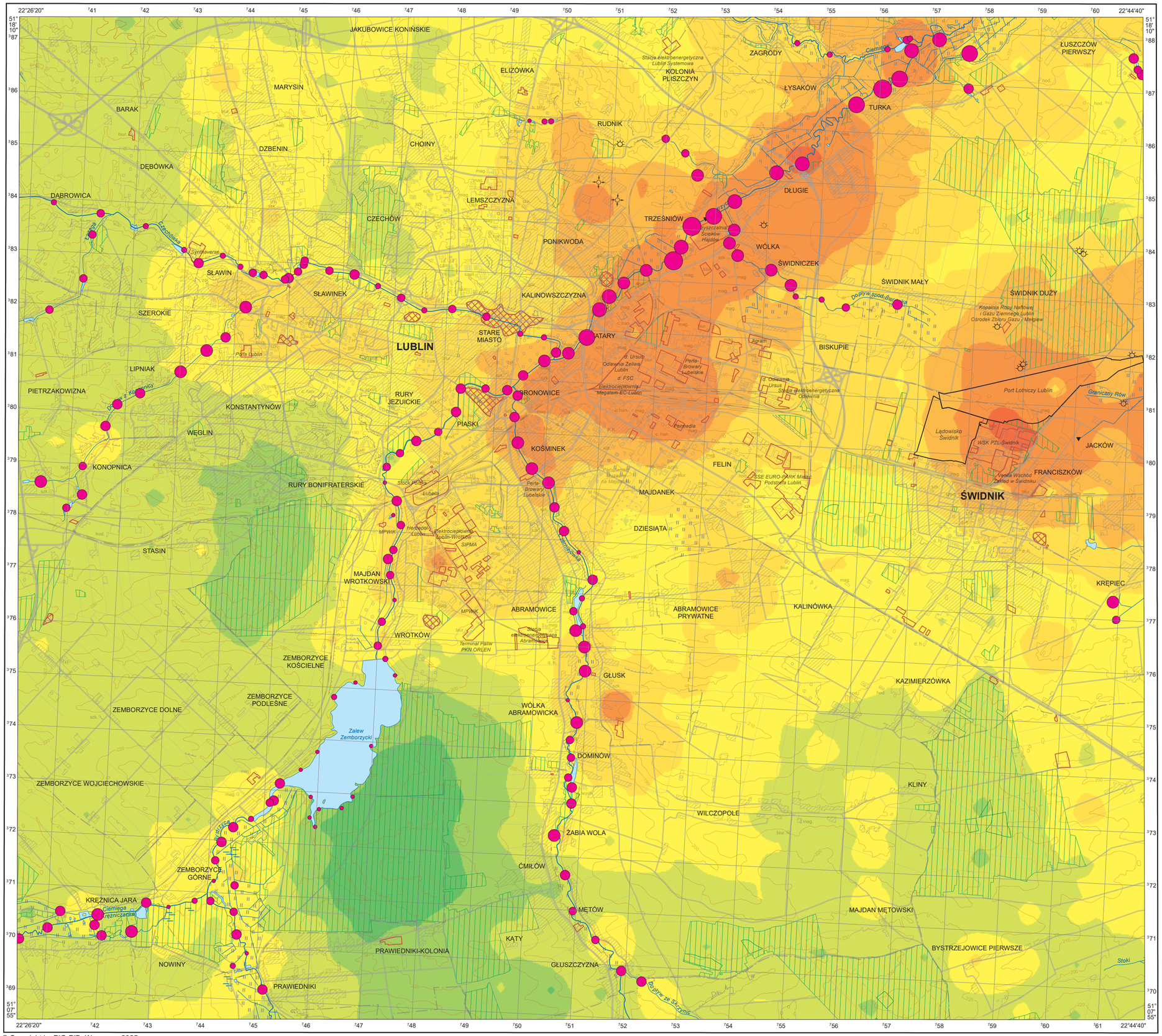
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Kadm w glebach i osadach wodnych
Cadmium in soil and aquatic sediment

Cd



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,38	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,20	Geometric mean
Mediana	0,19	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	15,57 max.
98	2,93
95	0,93
90	0,62
75	0,30
50	0,19
25	0,13
10	0,08
0	min. <0,05

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	1,43	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,34	Geometric mean
Mediana	0,32	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	14,38 – 85,79 max.
95 – 98	4,71 – 14,38
90 – 95	1,62 – 4,71
75 – 90	0,53 – 1,62
50 – 75	0,32 – 0,53
25 – 50	0,17 – 0,32
10 – 25	0,11 – 0,17
0 – 10	min.<0,05 – 0,11

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Kadm w wodach powierzchniowych
Cadmium in surface water

Cd

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	0,07 – 0,22 max.
95 – 98	0,05 – 0,07
0 – 95	min.<0,05 – 0,05

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Chemiczne zapotrzebowanie tlenu w wodach powierzchniowych

Chemical oxygen demand in surface water

ChZT
COD

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	5,5	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	3,7	Geometric mean
Mediana	3,4	Median
Granica oznaczalności	2,0	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	31,5 – 77,0 max.
95 – 98	19,2 – 31,5
90 – 95	7,5 – 19,2
75 – 90	4,6 – 7,5
50 – 75	3,4 – 4,6
25 – 50	2,5 – 3,4
10 – 25	2,0 – 2,5
0 – 10	min.<2,0 – 2,0

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Chlorki w wodach powierzchniowych
Chlorides in surface water

Cl^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	28,6	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	25,4	Geometric mean
Mediana	23,5	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
98 – 100	●	78,0 – 240,0 max.
95 – 98	●	58,3 – 78,0
90 – 95	●	39,2 – 58,3
75 – 90	●	31,5 – 39,2
50 – 75	●	23,5 – 31,5
25 – 50	●	20,8 – 23,5
10 – 25	●	16,2 – 20,8
0 – 10	•	min.5,2 – 16,2

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

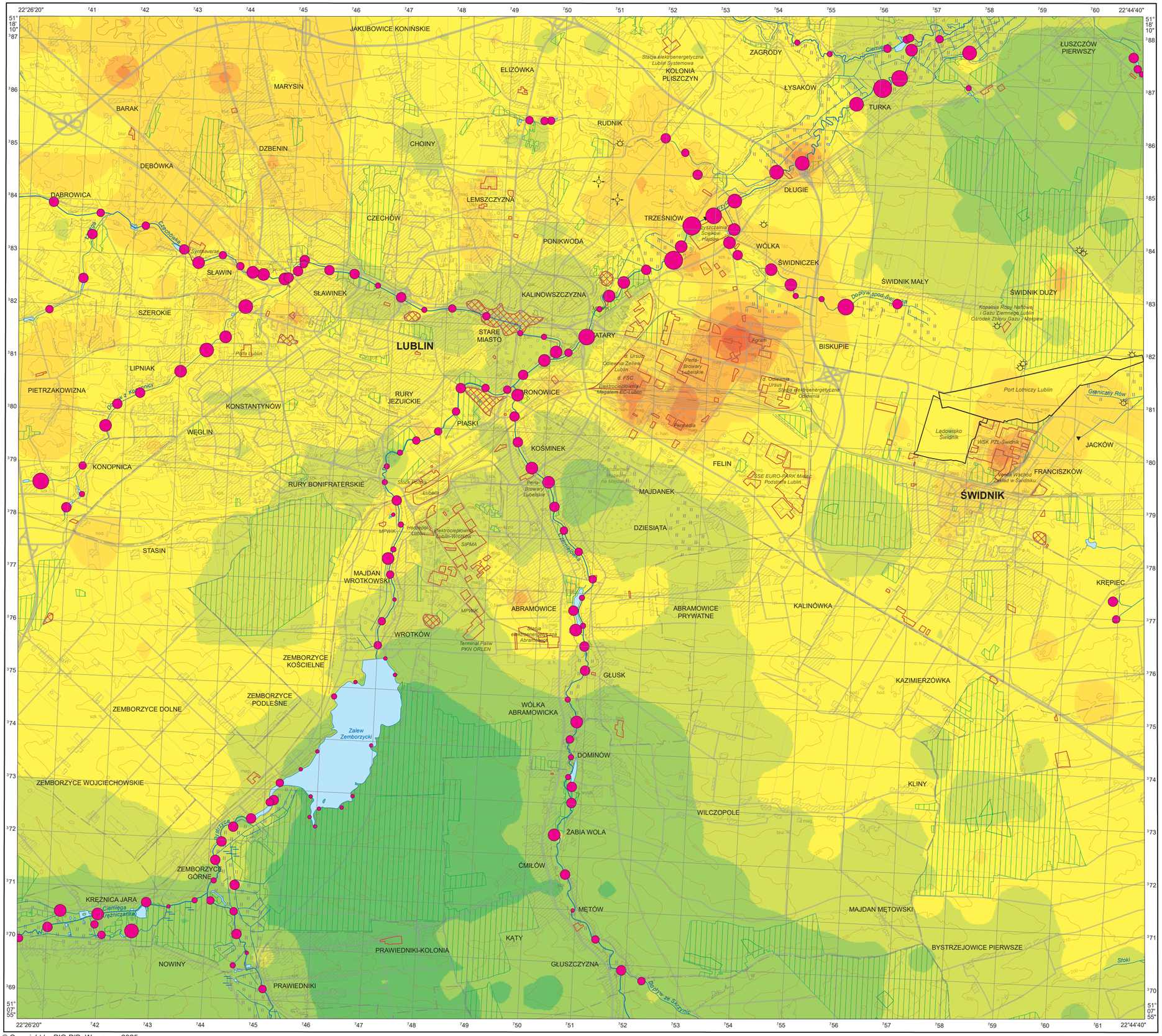
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Kobalt w glebach i osadach wodnych
Cobalt in soil and aquatic sediment

Co



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	3,91	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	3,62	Geometric mean
Mediana	4,04	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg	
100		20,54 max.
98		6,74
95		5,59
90		5,05
75		4,55
50		4,04
25		3,35
10		2,14
0		min. 0,32

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	3,81	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2,97	Geometric mean
Mediana	3,38	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	9,63 – 40,81 max.
95 – 98	7,28 – 9,63
90 – 95	5,88 – 7,28
75 – 90	4,68 – 5,88
50 – 75	3,38 – 4,68
25 – 50	2,41 – 3,38
10 – 25	1,30 – 2,41
0 – 10	min. 0,09 – 1,30

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Kobalt w wodach powierzchniowych
Cobalt in surface water

Co

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	0,78 – 3,84 max.
95 – 98	0,37 – 0,78
90 – 95	0,17 – 0,37
75 – 90	0,08 – 0,17
0 – 75	min.<0,05 – 0,08

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Chrom w glebach i osadach wodnych
Chromium in soil and aquatic sediment

Cr

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	11	Geometric mean
Mediana	12	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	348 max.
98	25
95	19
90	17
75	14
50	12
25	9
10	6
0	min. 2

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	14	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	11	Geometric mean
Mediana	13	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	42 – 79 max.
95 – 98	29 – 42
90 – 95	26 – 29
75 – 90	18 – 26
50 – 75	13 – 18
25 – 50	9 – 13
10 – 25	4 – 9
0 – 10	min.<1 – 4

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Chrom w wodach powierzchniowych
Chromium in surface water

Cr

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

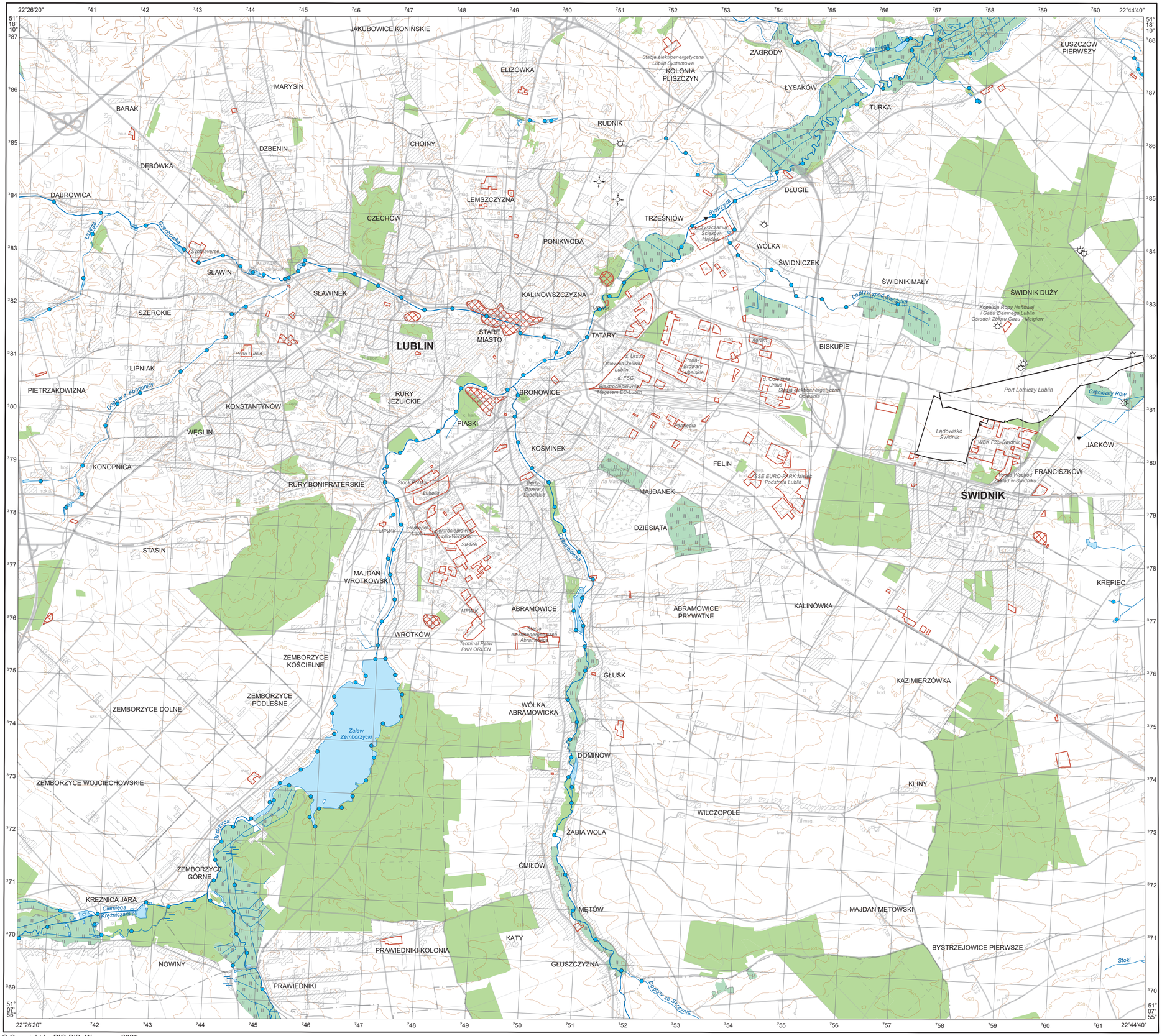
ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,003	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
0 – 100	●	<0,003

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

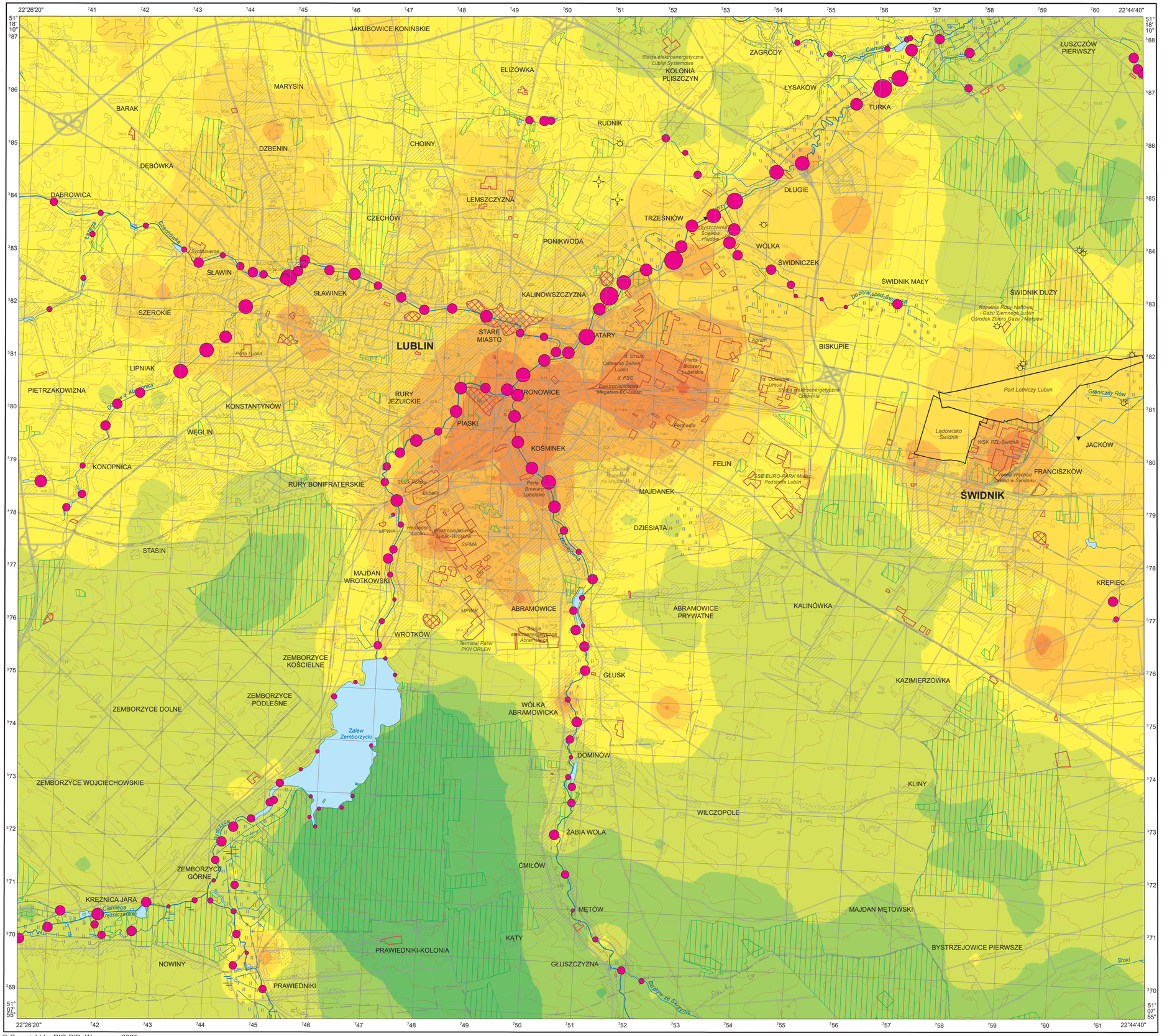
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Miedź w glebach i osadach wodnych
Copper in soil and aquatic sediment

Cu


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DZBENIN
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
CHOINY
RUDNIK
KOLONIA PLISZCZYN
ZAGRODY
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
DŁUGIE
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
TRZEŚNIÓW
PONIKWODA
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
KALINOWSZCZYZNA
SZEROKIE
STARE MIASTO
LUBLIN
TATARY
BISKUPIE
LIPNIAK
PIETRZAKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
RONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
FELIN
RURY BONIFRATERSKIE
MAJDANEK
ŚWIDNIK
JACKÓW
FRANCISZKÓW
DZIESIĄTA
STASIN
MAJDAN WROTKOWSKI
KRĘPIEC
ABRAMOWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
WROTKÓW
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
WÓLKA ABRAMOWICKA
Zalew Zemborzycki
DOMINÓW
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
KLINY
WILCZOPOLE
ŻABIA WOLA
ZEMBORZYCE GÓRNE
ĆMIŁÓW
KRĘŻNICA JARA
MĘTÓW
MAJDAN MĘTOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Stoki
Bystrzyca
Czerniejowska
Czechowska
Symfonia
Muzeum
Kapela
Pasieka
Lubelska
Kościuszki
Ciemięga
Krężniczanka
Stacja elektroenergetyczna Lublin Systemowa
Oczyszczalnia Ścieków Hajdów
Dopływ spod Świdnika
Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Lublin Ośrodek Zbioru Gazu - Mełgiew
Port Lotniczy Lublin
Graniczny Rów
Lądowisko Świdnik
WSK PZL-Świdnik
Wytwórnia Wkładów Zaworowych w Świdniku
SSE EURO-PARK Mielec Podstrefa Lublin
Stacja elektroenergetyczna Czerwonka
Elektrociepłownia Megaterm EC-Lublin
Perfa-Browary Lubelskie
Perfa Lublin
Perfa-Browary Lubelskie
Perfa-Browary Lubelskie
Perfa-Browary Lubelskie

Miedź w wodach powierzchniowych
Copper in surface water

Cu

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm³

Średnia arytmetyczna	1,08	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,67	Geometric mean
Mediana	0,61	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	
98 – 100	4,99 – 33,87 max.
95 – 98	2,34 – 4,99
90 – 95	1,16 – 2,34
75 – 90	0,82 – 1,16
50 – 75	0,61 – 0,82
25 – 50	0,45 – 0,61
10 – 25	0,37 – 0,45
0 – 10	min. 0,22 – 0,37

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fluorki w wodach powierzchniowych
Fluorides in surface water

F^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

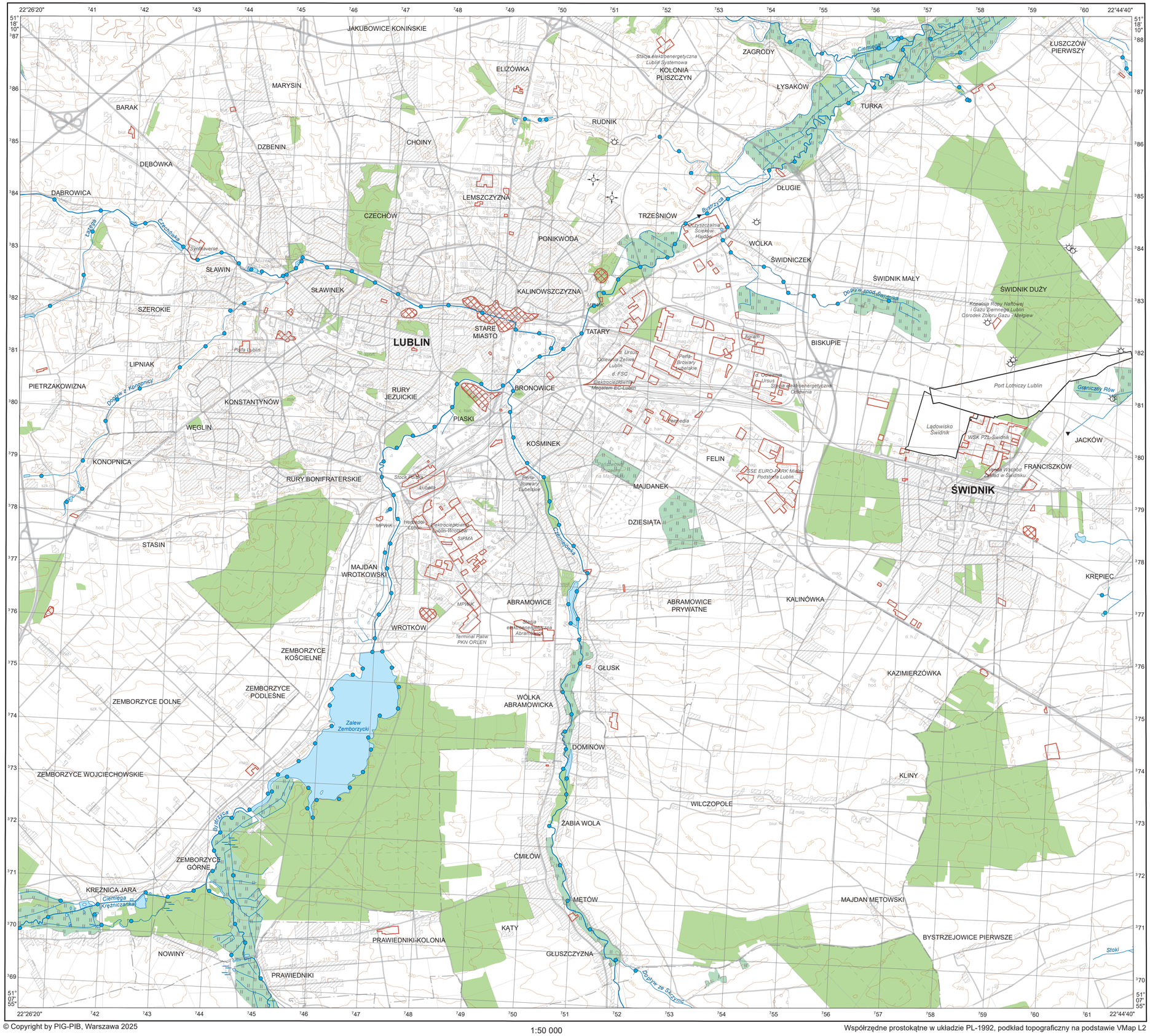
ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,10	Median
Granica oznaczalności	0,10	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
0 – 100	●	<0,10

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Żelazo w glebach i osadach wodnych
Iron in soil and aquatic sediment

Fe

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,89	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,82	Geometric mean
Mediana	0,90	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
100	5,37 max.
98	1,76
95	1,37
90	1,22
75	1,06
50	0,90
25	0,71
10	0,43
0	min. 0,13

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,89	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,73	Geometric mean
Mediana	0,84	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	1,97 – 4,21 max.
95 – 98	1,62 – 1,97
90 – 95	1,42 – 1,62
75 – 90	1,11 – 1,42
50 – 75	0,84 – 1,11
25 – 50	0,59 – 0,84
10 – 25	0,30 – 0,59
0 – 10	min. 0,02 – 0,30

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Żelazo w wodach powierzchniowych
Iron in surface water

Fe

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,02	Geometric mean
Mediana	0,02	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,45 – 13,70 max.
95 – 98	0,19 –0,45
90 – 95	0,08 – 0,19
75 – 90	0,03 – 0,08
50 – 75	0,02 – 0,03
25 – 50	0,01 – 0,02
0 – 25	min.<0,01 – 0,01

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy
  Forests
- Obszary przemysłowe
  Industrial areas
- Lotniska
  Airports
- Hałdy i nasypy
  Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków
  Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne
  Production boreholes
- Odwierty zatłaczające
  Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Wodorowęglany w wodach powierzchniowych
Hydrocarbonates in surface water

HCO_3^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm³

Średnia arytmetyczna	255	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	238	Geometric mean
Mediana	267	Median
Granica oznaczalności	24	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm³
98 – 100	411 – 590 max.
95 – 98	397 – 411
90 – 95	360 – 397
75 – 90	317 – 360
50 – 75	267 – 317
25 – 50	181 – 267
10 – 25	149 – 181
0 – 10	min. 43 – 149

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Rtęć w glebach i osadach wodnych
Mercury in soil and aquatic sediment

Hg

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,05	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,03	Geometric mean
Mediana	0,03	Median
Granica oznaczalności	0,02	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	1,94 max.
98	0,19
95	0,11
90	0,08
75	0,05
50	0,03
25	0,02
0	min. <0,02

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,10	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,03	Geometric mean
Mediana	0,03	Median
Granica oznaczalności	0,02	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	0,63 – 2,46 max.
95 – 98	0,23 – 0,63
90 – 95	0,15 – 0,23
75 – 90	0,06 – 0,15
50 – 75	0,03 – 0,06
0 – 50	min.<0,02 – 0,03

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Potas w glebach i osadach wodnych

Potassium in soil and aquatic sediment

K

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,12	Geometric mean
Mediana	0,13	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
100	0,34 max.
95	0,19
90	0,18
75	0,16
50	0,13
25	0,10
10	0,06
0	min. 0,02

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,08	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,07	Geometric mean
Mediana	0,08	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	0,17 – 0,23 max.
95 – 98	0,15 – 0,17
90 – 95	0,12 – 0,15
75 – 90	0,10 – 0,12
50 – 75	0,08 – 0,10
25 – 50	0,06 – 0,08
10 – 25	0,03 – 0,06
0 – 10	min. 0,01 – 0,03

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Potas w wodach powierzchniowych
Potassium in surface water

K

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	3,3	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2,9	Geometric mean
Mediana	2,7	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	7,5 – 19,1 max.
95 – 98	6,8 – 7,5
90 – 95	5,6 – 6,8
75 – 90	3,3 – 5,6
50 – 75	2,7 – 3,3
25 – 50	2,5 – 2,7
10 – 25	1,9 – 2,5
0 – 10	min.<0,5 – 1,9

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Lit w glebach i osadach wodnych
Lithium in soil and aquatic sediment

Li

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	5,6	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	5,3	Geometric mean
Mediana	5,7	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	17,9 max.
98	8,8
95	8,1
90	7,5
75	6,7
50	5,7
25	4,5
10	3,2
0	min. 0,6

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	5,0	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	4,3	Geometric mean
Mediana	5,0	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	9,9 – 16,5 max.
95 – 98	8,8 – 9,9
90 – 95	8,1 – 8,8
75 – 90	6,4 – 8,1
50 – 75	5,0 – 6,4
25 – 50	3,6 – 5,0
10 – 25	1,7 – 3,6
0 – 10	min. 0,5 – 1,7

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Lit w wodach powierzchniowych
Lithium in surface water

Li

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	4,7	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	4,5	Geometric mean
Mediana	4,8	Median
Granica oznaczalności	0,3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	7,0 – 7,7 max.
95 – 98	6,3 – 7,0
90 – 95	5,9 – 6,3
75 – 90	5,2 – 5,9
50 – 75	4,8 – 5,2
25 – 50	4,4 – 4,8
10 – 25	3,9 – 4,4
0 – 10	min. 0,4 – 3,9

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Magnez w glebach i osadach wodnych

Magnesium in soil and aquatic sediment

Mg

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,17	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,14	Geometric mean
Mediana	0,15	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%	
100		0,93 max.
98		0,48
95		0,38
90		0,30
75		0,21
50		0,15
25		0,11
10		0,06
0		min. 0,01

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,22	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,17	Geometric mean
Mediana	0,18	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	0,78 – 0,93 max.
95 – 98	0,44 – 0,78
90 – 95	0,39 – 0,44
75 – 90	0,31 – 0,39
50 – 75	0,18 – 0,31
25 – 50	0,12 – 0,18
10 – 25	0,06 – 0,12
0 – 10	min. <0,01 – 0,06

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Magnez w wodach powierzchniowych
Magnesium in surface water

Mg

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	9,7	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	8,2	Geometric mean
Mediana	7,0	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile		µg/dm^3
98 – 100	●	21,9 – 31,4 max.
95 – 98	●	20,8 – 21,9
90 – 95	●	19,9 – 20,8
75 – 90	●	11,2 – 19,9
50 – 75	●	7,0 – 11,2
25 – 50	●	6,6 – 7,0
10 – 25	●	5,9 – 6,6
0 – 10	●	min. 0,8 – 5,9

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- ▼ Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Mangan w glebach i osadach wodnych
Manganese in soil and aquatic sediment

Mn

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	317	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	292	Geometric mean
Mediana	305	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg	
100	1142	max.
98	566	
95	513	
90	464	
75	384	
50	305	
25	246	
10	189	
0	min. 8	

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	286	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	184	Geometric mean
Mediana	215	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg	
98 – 100	925 – 3530	max.
95 – 98	644 – 925	
90 – 95	515 – 644	
75 – 90	332 – 515	
50 – 75	215 – 332	
25 – 50	118 – 215	
10 – 25	58 – 118	
0 – 10	min. 3 – 58	

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Mangan w wodach powierzchniowych
Manganese in surface water

Mn

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,091	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,029	Geometric mean
Mediana	0,033	Median
Granica oznaczalności	0,001	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	1,350 – 2,527 max.
95 – 98	0,222 – 1,350
90 – 95	0,148 – 0,222
75 – 90	0,057 – 0,148
50 – 75	0,033 – 0,057
25 – 50	0,021 – 0,033
10 – 25	0,003 – 0,021
0 – 10	min.<0,001 – 0,003

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Molibden w glebach i osadach wodnych
Molybdenum in soil and aquatic sediment

Mo

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,38	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,29	Geometric mean
Mediana	0,26	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	18,41 max.
98	1,57
95	0,93
90	0,55
75	0,33
50	0,26
25	0,21
10	0,18
0	min. 0,12

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,69	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,42	Geometric mean
Mediana	0,41	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	4,11 – 5,40 max.
95 – 98	2,05 – 4,11
90 – 95	1,71 – 2,05
75 – 90	0,84 – 1,71
50 – 75	0,41 – 0,84
25 – 50	0,21 – 0,41
10 – 25	0,12 – 0,21
0 – 10	min. <0,05 – 0,12

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy — Forests
- Obszary przemysłowe — Industrial areas
- Lotniska — Airports
- Hałdy i nasypy — Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków — Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne — Production boreholes
- Odwierty zatłaczające — Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Molibden w wodach powierzchniowych
Molybdenum in surface water

Mo

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	1,82	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,16	Geometric mean
Mediana	1,03	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	14,11 – 26,57 max.
95 – 98	4,08 – 14,11
90 – 95	2,16 – 4,08
75 – 90	1,55 – 2,16
50 – 75	1,03 – 1,55
25 – 50	0,85 – 1,03
10 – 25	0,60 – 0,85
0 – 10	min. 0,10 – 0,60

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

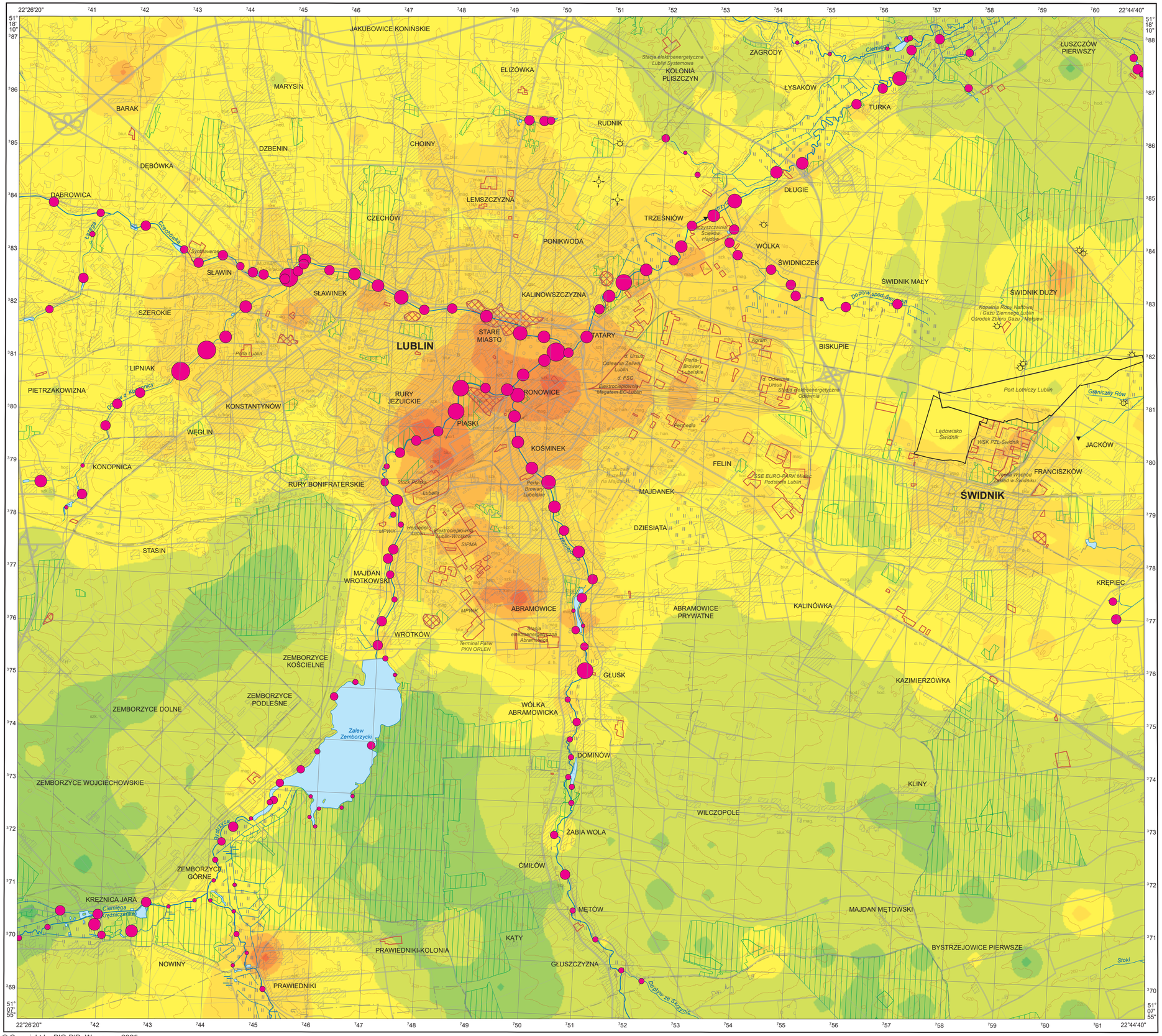
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Sód w glebach i osadach wodnych
Sodium in soil and aquatic sediment

Na



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,011	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,009	Geometric mean
Mediana	0,008	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl / Percentile	%
100	0,172 max.
98	0,037
95	0,025
90	0,018
75	0,011
50	0,008
25	0,006
10	0,005
0	min. 0,004

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,015	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,012	Geometric mean
Mediana	0,011	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl / Percentile	%
98 – 100	0,052 – 0,077 max.
95 – 98	0,034 – 0,052
90 – 95	0,030 – 0,034
75 – 90	0,020 – 0,030
50 – 75	0,011 – 0,020
25 – 50	0,008 – 0,011
10 – 25	0,006 – 0,008
0 – 10	min. 0,003 – 0,006

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Sód w wodach powierzchniowych
Sodium in surface water

Na

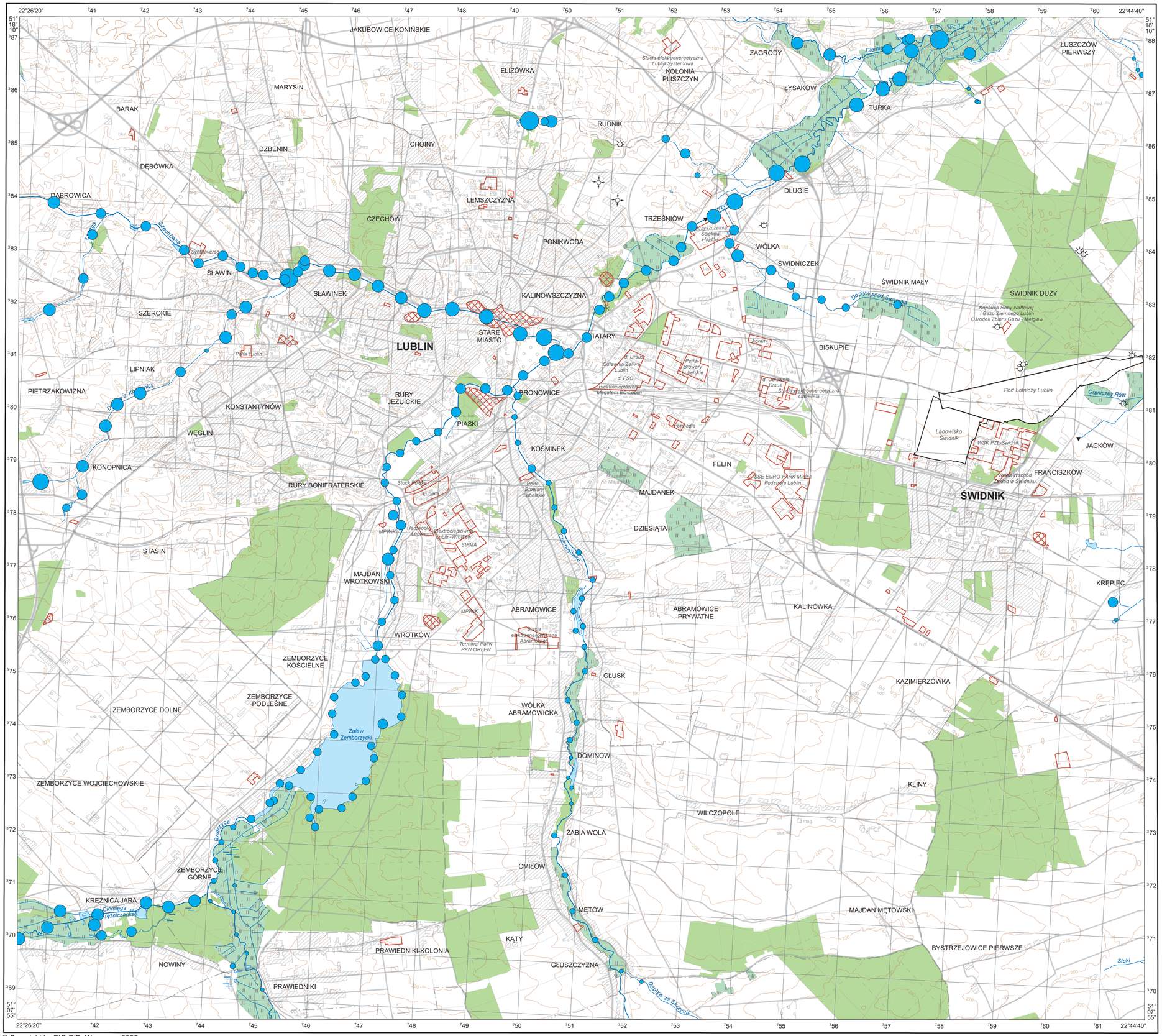
Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	10,2	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	8,6	Geometric mean
Mediana	7,8	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	27,1 – 148,1 max.
95 – 98	20,1 – 27,1
90 – 95	14,3 – 20,1
75 – 90	11,0 – 14,3
50 – 75	7,8 – 11,0
25 – 50	6,5 – 7,8
10 – 25	4,9 – 6,5
0 – 10	min. 2,4 – 4,9

n = 182



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Jon amonowy w wodach powierzchniowych
Ammonium ion in surface water

NH_4^+

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,20	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,11	Geometric mean
Mediana	0,11	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,76 – 2,23 max.
95 – 98	0,60 – 0,76
90 – 95	0,45 – 0,60
75 – 90	0,26 – 0,45
50 – 75	0,11 – 0,26
25 – 50	0,06 – 0,11
0 – 25	min.<0,05 – 0,06

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Nikiel w glebach i osadach wodnych
Nickel in soil and aquatic sediment

Ni

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	11	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	9	Geometric mean
Mediana	10	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	649 max.
98	24
95	16
90	14
75	12
50	10
25	7
10	4
0	min. 1

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	9	Geometric mean
Mediana	11	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	30 – 154 max.
95 – 98	25 – 30
90 – 95	21 – 25
75 – 90	15 – 21
50 – 75	11 – 15
25 – 50	7 – 11
10 – 25	4 – 7
0 – 10	min. <1 – 4

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Nikiel w wodach powierzchniowych
Nickel in surface water

Ni

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	1,6	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,3	Geometric mean
Mediana	1,4	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	4,9 – 10,8 max.
95 – 98	3,0 – 4,9
90 – 95	2,6 – 3,0
75 – 90	2,0 – 2,6
50 – 75	1,4 – 2,0
25 – 50	0,9 – 1,4
10 – 25	0,7 – 0,9
0 – 10	min.<0,5 – 0,7

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Azotany (III) w wodach powierzchniowych
Nitrites in surface water

NO_2^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,14	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,08	Geometric mean
Mediana	0,11	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,67 – 0,74 max.
95 – 98	0,41 – 0,67
90 – 95	0,26 – 0,41
75 – 90	0,18 – 0,26
50 – 75	0,11 – 0,18
0 – 50	min.<0,01 – 0,11

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Azotany (V) w wodach powierzchniowych
Nitrates in surface water

NO_3^-

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm³

Średnia arytmetyczna	7,32	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	3,23	Geometric mean
Mediana	5,94	Median
Granica oznaczalności	0,01	Determination limit

Percentyl / Percentile	mg/dm³
98 – 100	22,80 – 34,20 max.
95 – 98	16,20 – 22,80
90 – 95	15,40 – 16,20
75 – 90	12,40 – 15,40
50 – 75	5,94 – 12,40
25 – 50	1,20 – 5,94
10 – 25	0,16 – 1,20
0 – 10	min. 0,07 – 0,16

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fosfor w glebach i osadach wodnych
Phosphorus in soil and aquatic sediment

P

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	0,052	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,043	Geometric mean
Mediana	0,044	Median
Granica oznaczalności	0,002	Determination limit

Percentyl Percentile	%
100	1,290 max.
98	0,135
95	0,096
90	0,075
75	0,056
50	0,044
25	0,034
10	0,023
0	min. 0,005

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

%

Średnia arytmetyczna	0,074	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,056	Geometric mean
Mediana	0,059	Median
Granica oznaczalności	0,002	Determination limit

Percentyl Percentile	%
98 – 100	0,198 – 0,688 max.
95 – 98	0,154 – 0,198
90 – 95	0,119 – 0,154
75 – 90	0,093 – 0,119
50 – 75	0,059 – 0,093
25 – 50	0,041 – 0,059
10 – 25	0,025 – 0,041
0 – 10	min. <0,002 – 0,025

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fosfor w wodach powierzchniowych
Phosphorus in surface water

P

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,09	Geometric mean
Mediana	0,12	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,37 – 0,90 max.
95 – 98	0,34 – 0,37
90 – 95	0,28 – 0,34
75 – 90	0,17 – 0,28
50 – 75	0,12 – 0,17
0 – 50	min.<0,05 – 0,12

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Ołów w glebach i osadach wodnych
Lead in soil and aquatic sediment

Pb

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	19,91	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	15,11	Geometric mean
Mediana	12,97	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	340,79 max.
98	95,94
95	53,25
90	32,56
75	17,24
50	12,97
25	10,84
10	9,03
0	min. 3,35

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	16,65	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	12,38	Geometric mean
Mediana	13,31	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	52,65 – 127,53 max.
95 – 98	36,04 – 52,65
90 – 95	32,25 – 36,04
75 – 90	18,78 – 32,25
50 – 75	13,31 – 18,78
25 – 50	8,15 – 13,31
10 – 25	3,89 – 8,15
0 – 10	min. 1,09 – 3,89

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Ołów w wodach powierzchniowych
Lead in surface water

Pb

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,07	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	<0,05	Geometric mean
Mediana	0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile		µg/dm^3
98 – 100	●	0,34 – 0,73 max.
95 – 98	●	0,19 – 0,34
90 – 95	●	0,11 – 0,19
75 – 90	●	0,07 – 0,11
50 – 75	●	0,05 – 0,07
0 – 50	●	min. <0,05 – 0,05

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Siarka w glebach i osadach wodnych
Sulphur in soil and aquatic sediment

S

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,023	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,018	Geometric mean
Mediana	0,016	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl Percentile	%	
100		0,726 max.
98		0,085
95		0,057
90		0,041
75		0,023
50		0,016
25		0,012
10		0,010
0		min. <0,003

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

	%	
Średnia arytmetyczna	0,159	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,092	Geometric mean
Mediana	0,100	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl Percentile	%	
98 – 100		0,716 – 1,135 max.
95 – 98		0,499 – 0,716
90 – 95		0,357 – 0,499
75 – 90		0,199 – 0,357
50 – 75		0,100 – 0,199
25 – 50		0,039 – 0,100
10 – 25		0,021 – 0,039
0 – 10		min. 0,006 – 0,021

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

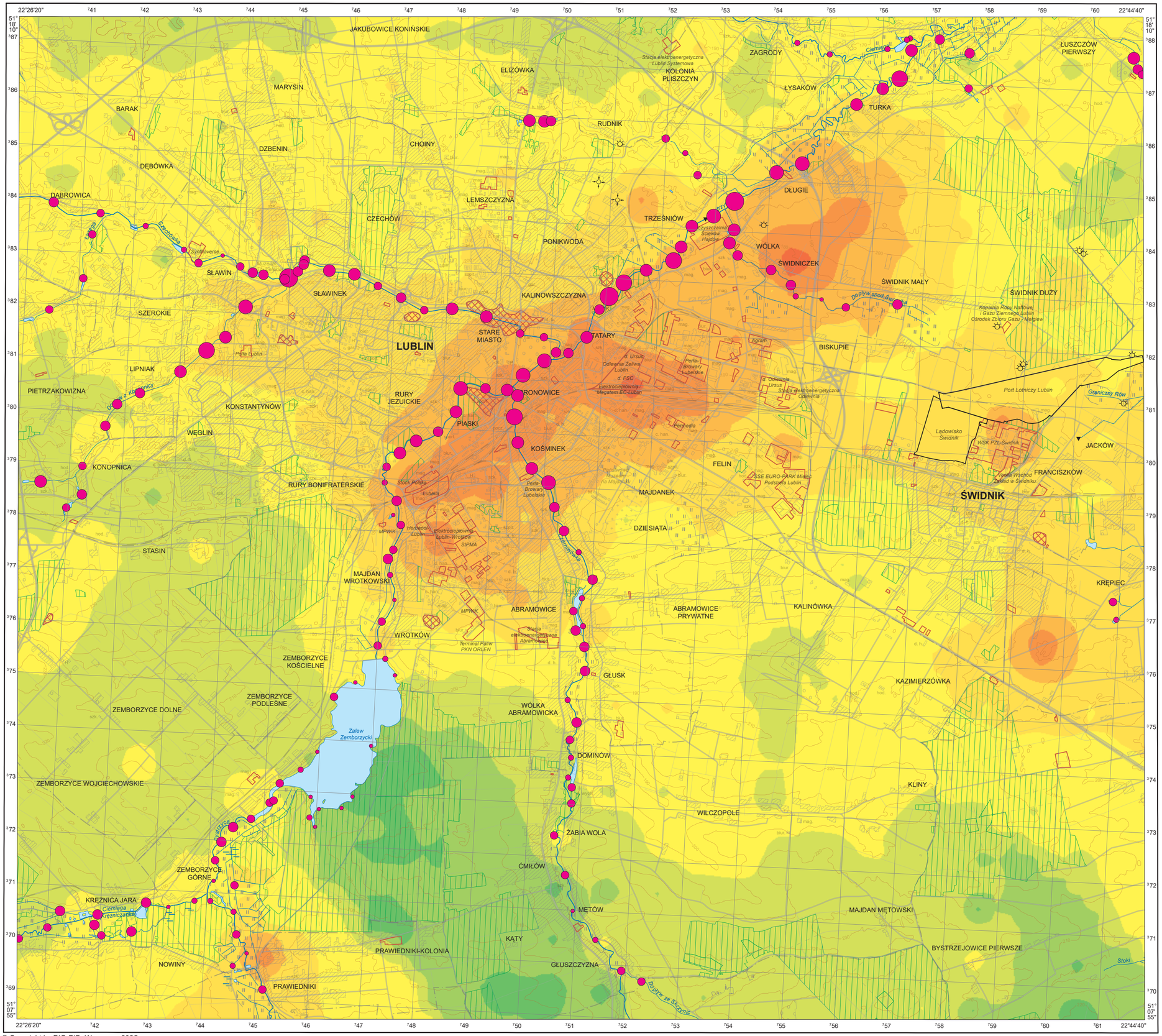
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Antymon w glebach i osadach wodnych
Antimony in soil and aquatic sediment

Sb



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,43	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,30	Geometric mean
Mediana	0,25	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	10,70 max.
98	2,41
95	1,15
90	0,64
75	0,37
50	0,25
25	0,20
10	0,17
0	min. 0,06

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,63	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,34	Geometric mean
Mediana	0,34	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	2,57 – 5,63 max.
95 – 98	2,27 – 2,57
90 – 95	1,69 – 2,27
75 – 90	0,66 – 1,69
50 – 75	0,34 – 0,66
25 – 50	0,16 – 0,34
10 – 25	0,10 – 0,16
0 – 10	min. <0,05 – 0,10

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Antymon w wodach powierzchniowych
Antimony in surface water

Sb

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,18	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,14	Geometric mean
Mediana	0,12	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	0,81 – 2,45 max.
95 – 98	0,39 – 0,81
90 – 95	0,26 – 0,39
75 – 90	0,16 – 0,26
50 – 75	0,12 – 0,16
25 – 50	0,11 – 0,12
10 – 25	0,08 – 0,11
0 – 10	min. <0,05 – 0,08

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Selen w glebach i osadach wodnych
Selenium in soil and aquatic sediment

Se

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<2	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl / Percentile	mg/kg
100	10 max.
0	min. <2

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<2	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl / Percentile	mg/kg
98 – 100	6 – 8 max.
95 – 98	5 – 6
90 – 95	4 – 5
75 – 90	3 – 4
0 – 75	min. <2 – 3

n = 169

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Selen w wodach powierzchniowych
Selenium in surface water

Se

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

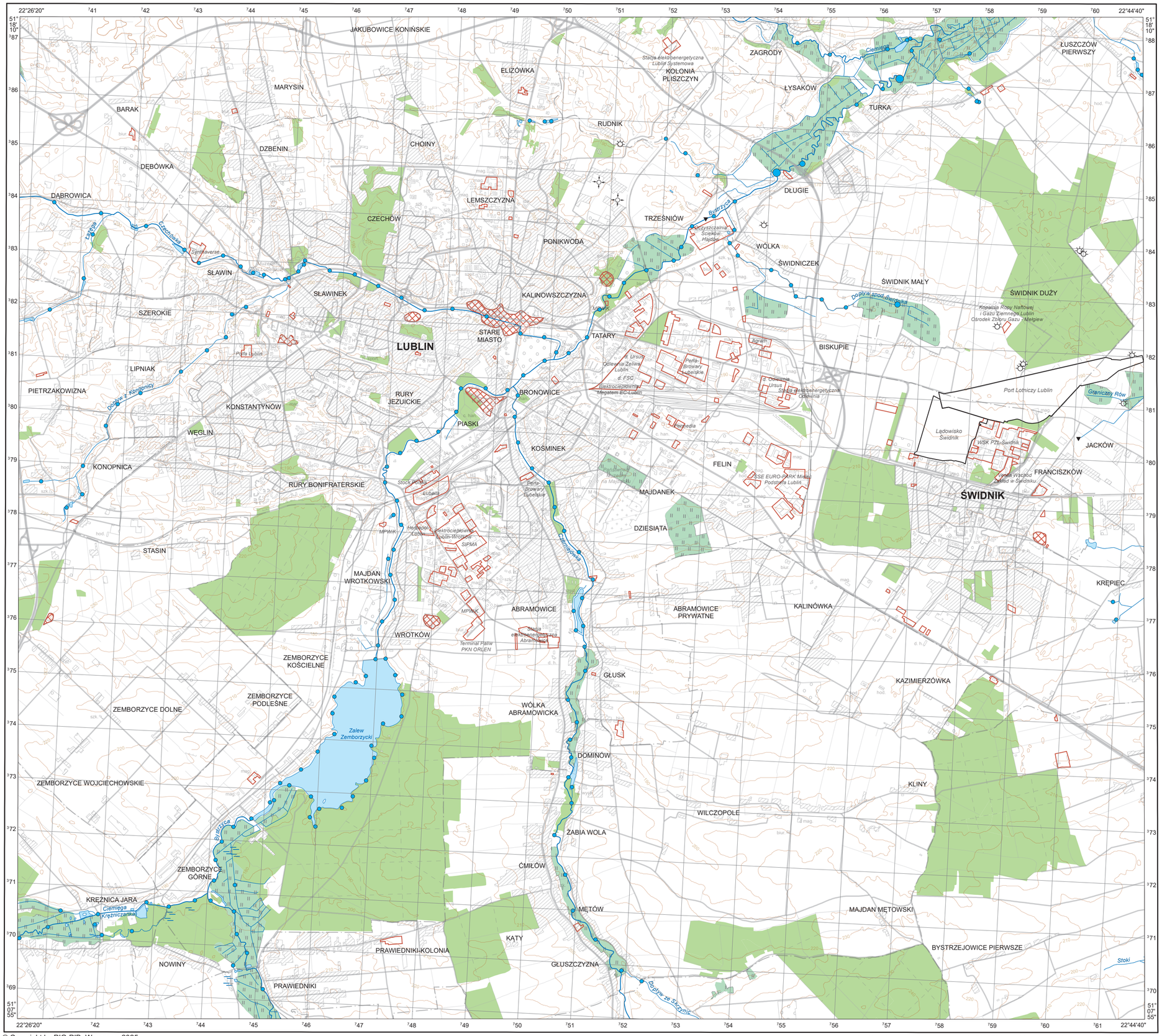
ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<2	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3	
98 – 100	●	3 – 9 max.
95 – 98	●	2 – 3
0 – 95	•	min. <2 – 2

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

Krzemionka w wodach powierzchniowych

Silica in surface water

SiO_2

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	20,9	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	16,3	Geometric mean
Mediana	24,7	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
98 – 100	●	33,8 – 38,0 max.
95 – 98	●	33,3 – 33,8
90 – 95	●	30,2 – 33,3
75 – 90	●	29,0 – 30,2
50 – 75	●	24,7 – 29,0
25 – 50	●	10,5 – 24,7
10 – 25	●	3,9 – 10,5
0 – 10	•	min. 0,5 – 3,9

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

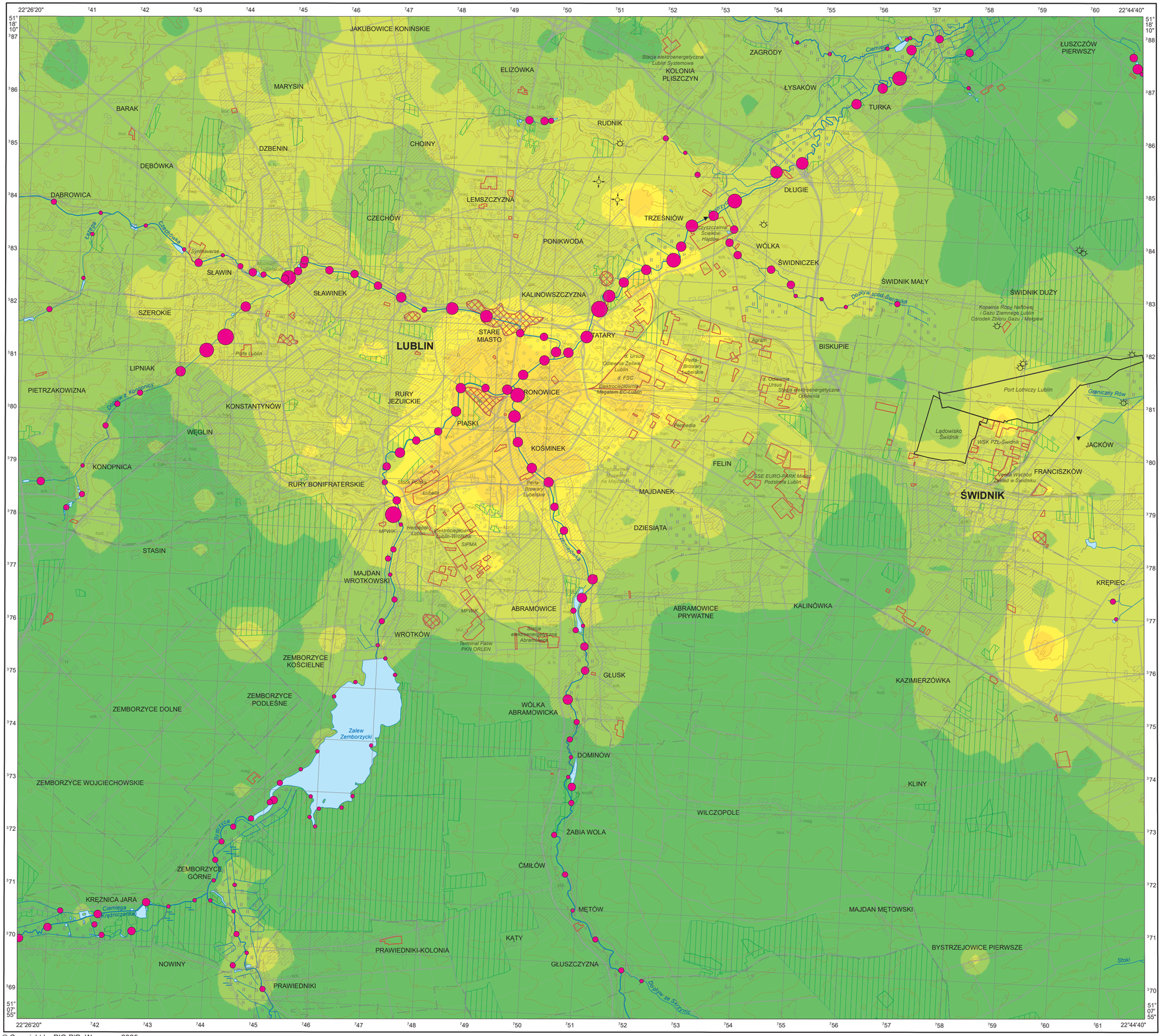
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Cyna w glebach i osadach wodnych
Tin in soil and aquatic sediment

Sn



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	1,0	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,7	Geometric mean
Mediana	0,6	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	17,7 max.
95	2,9
90	1,9
75	0,9
50	0,6
0	min. <0,5

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	1,8	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,0	Geometric mean
Mediana	0,9	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	8,2 – 10,9 max.
95 – 98	5,6 – 8,2
90 – 95	4,6 – 5,6
75 – 90	2,5 – 4,6
50 – 75	0,9 – 2,5
25 – 50	0,5 – 0,9
0 – 25	min. <0,5 – 0,5

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Cyna w wodach powierzchniowych
Tin in surface water

Sn

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

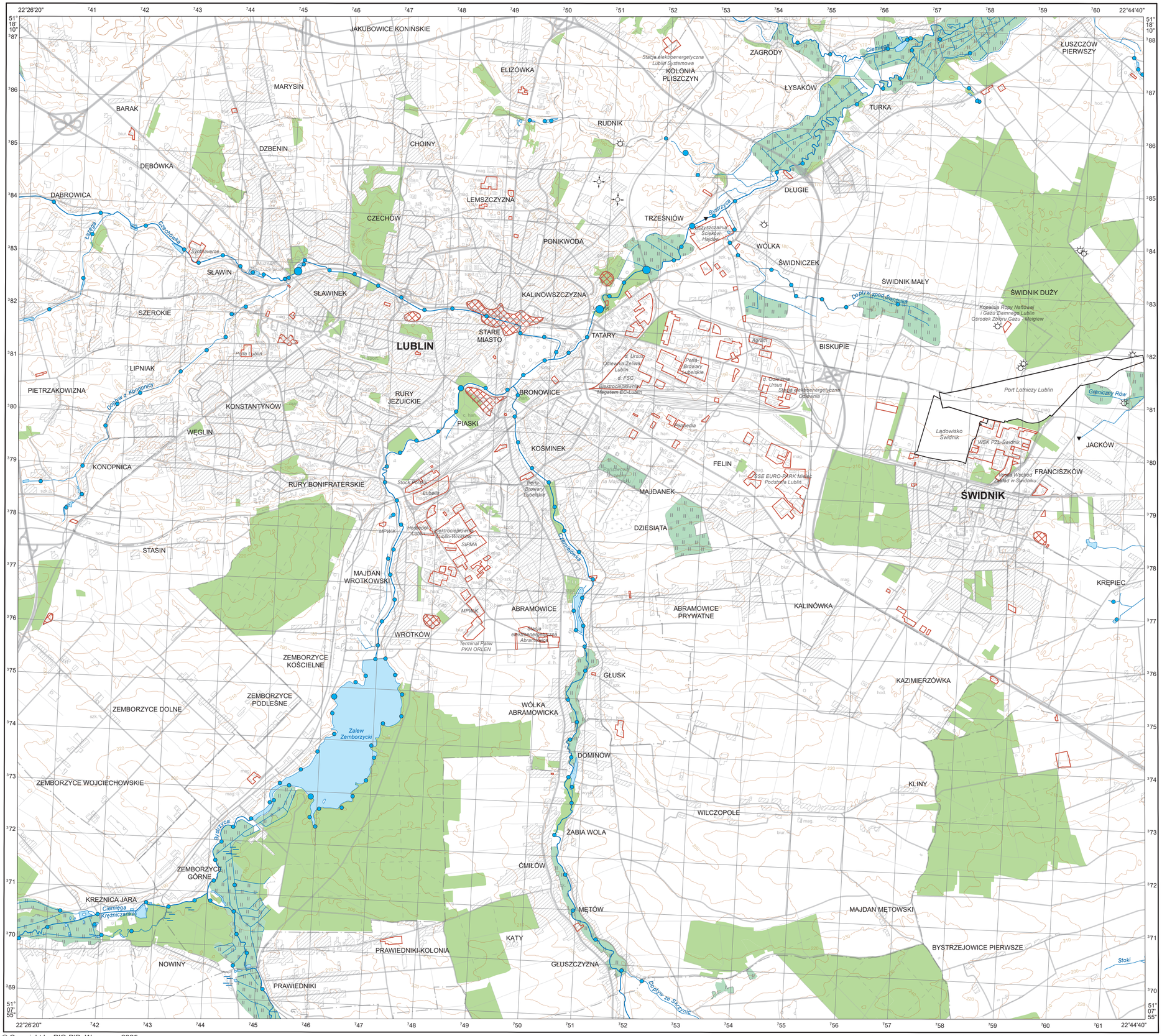
ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,5	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
98 – 100	3,7 – 3,9 max.
95 – 98	0,7 – 3,7
0 – 95	min. <0,5 – 0,7

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Siarczany (VI) w wodach powierzchniowych
Sulphates in surface water

SO_4^{2-}

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm³

Średnia arytmetyczna	29,6	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	24,8	Geometric mean
Mediana	27,7	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm³
98 – 100	67,0 – 76,9 max.
95 – 98	63,4 – 67,0
90 – 95	49,7 – 63,4
75 – 90	32,3 – 49,7
50 – 75	27,7 – 32,3
25 – 50	22,8 – 27,7
10 – 25	16,7 – 22,8
0 – 10	min. <0,5 – 16,7

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

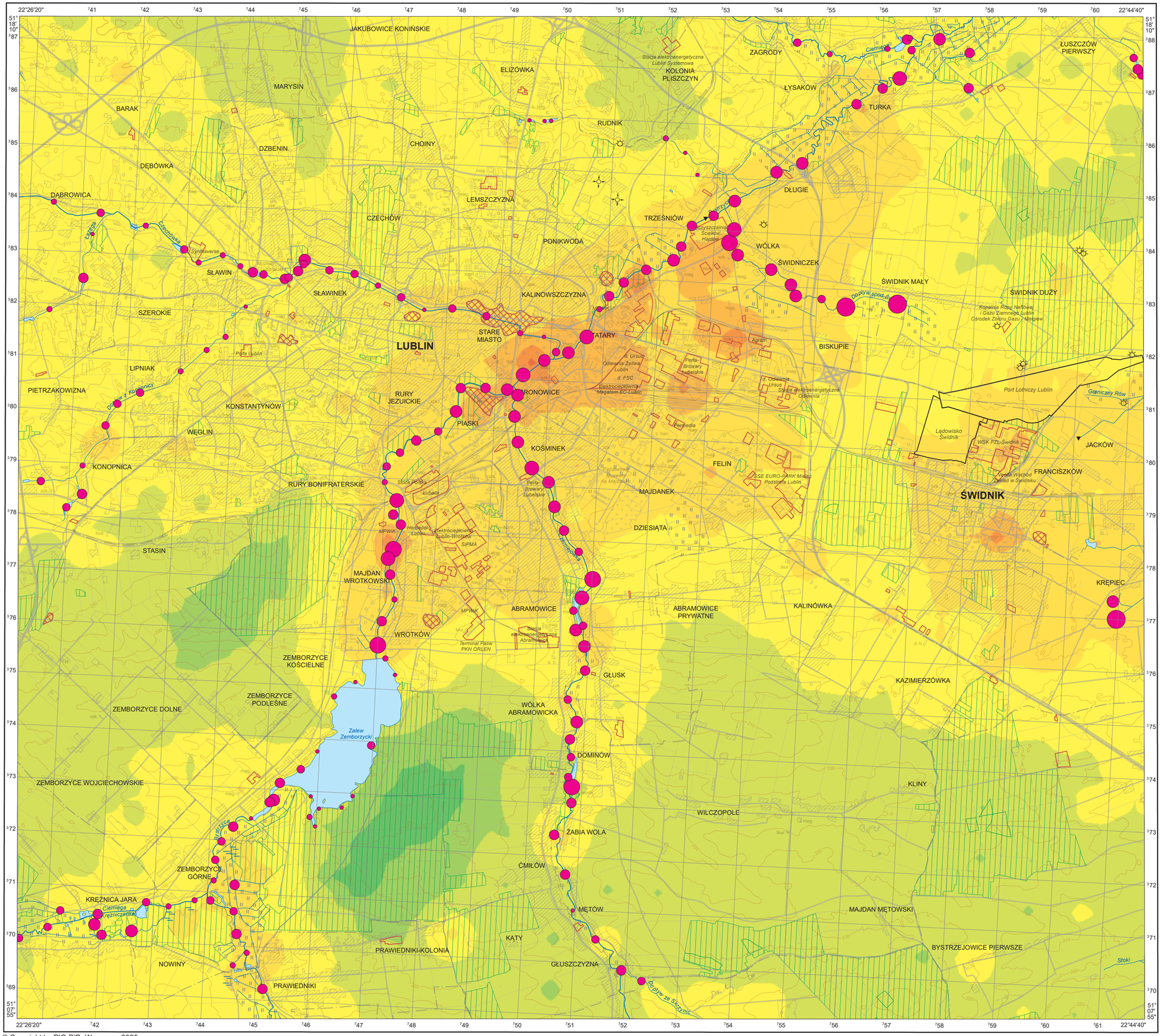
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Stront w glebach i osadach wodnych
Strontium in soil and aquatic sediment

Sr



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	37	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	19	Geometric mean
Mediana	18	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	545 max.
98	207
95	141
90	95
75	41
50	18
25	9
10	5
0	min. 1

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	109	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	77	Geometric mean
Mediana	89	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	305 – 445 max.
95 – 98	232 – 305
90 – 95	206 – 232
75 – 90	164 – 206
50 – 75	89 – 164
25 – 50	48 – 89
10 – 25	25 – 48
0 – 10	min. 2 – 25

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Stront wodach powierzchniowych
Strontium in surface water

Sr

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,652	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,575	Geometric mean
Mediana	0,664	Median
Granica oznaczalności	0,002	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	1,251 – 1,618 max.
95 – 98	1,187 – 1,251
90 – 95	0,948 – 1,187
75 – 90	0,782 – 0,948
50 – 75	0,664 – 0,782
25 – 50	0,525 – 0,664
10 – 25	0,376 – 0,525
0 – 10	min. 0,032 – 0,376

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Tytan w glebach i osadach wodnych
Titanium in soil and aquatic sediment

Ti

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	113	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	102	Geometric mean
Mediana	111	Median
Granica oznaczalności	5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	530 max.
98	210
95	186
90	167
75	142
50	111
25	77
10	50
0	min. 19

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	97	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	82	Geometric mean
Mediana	87	Median
Granica oznaczalności	5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	267 – 426 max.
95 – 98	174 – 267
90 – 95	153 – 174
75 – 90	125 – 153
50 – 75	87 – 125
25 – 50	62 – 87
10 – 25	33 – 62
0 – 10	min. 12 – 33

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Tytan w wodach powierzchniowych
Titanium in surface water

Ti

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

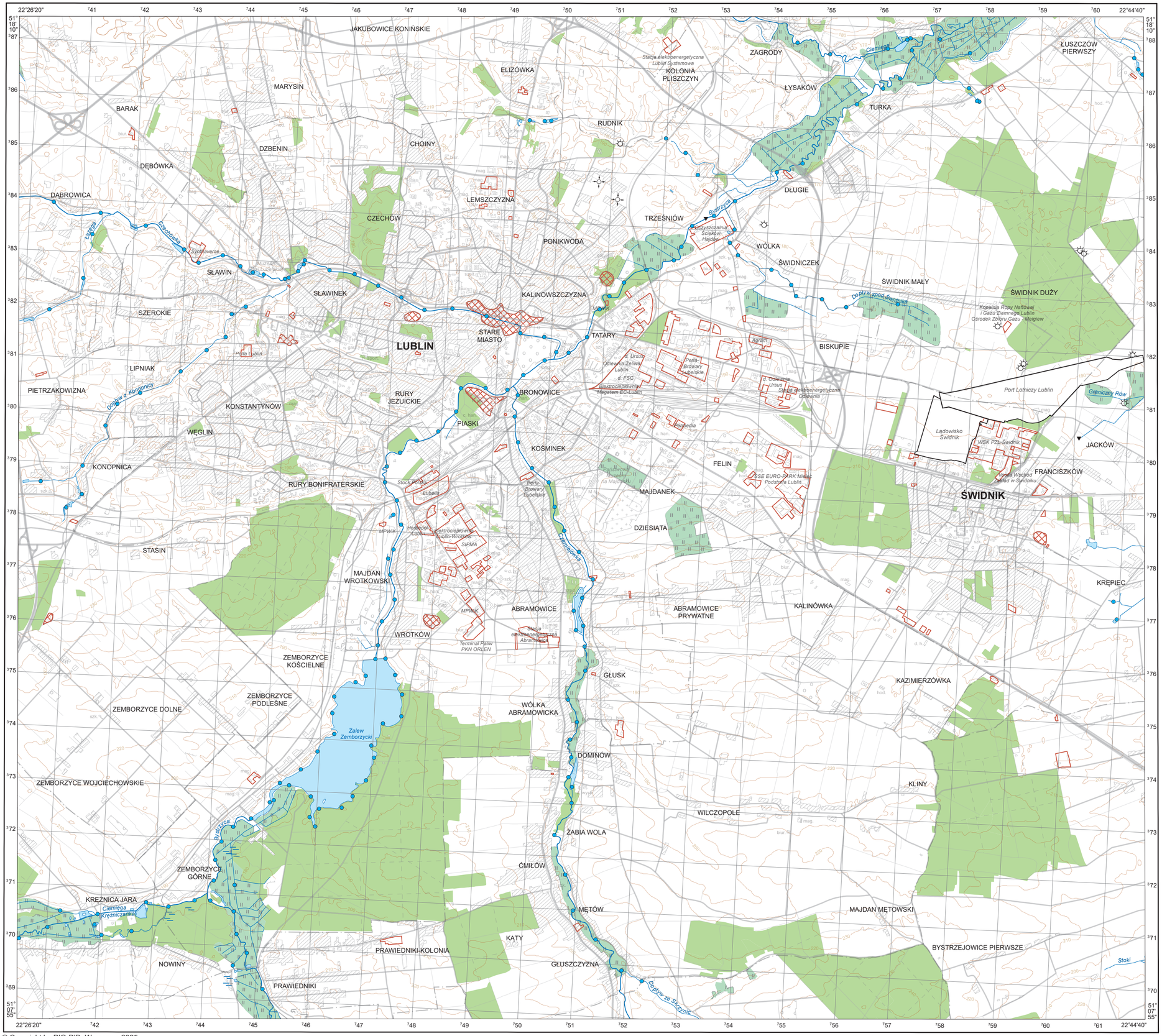
ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,002	Median
Granica oznaczalności	0,002	Determination limit

Percentyl Percentile		mg/dm^3
0 – 100	●	<0,002 – 0,003

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

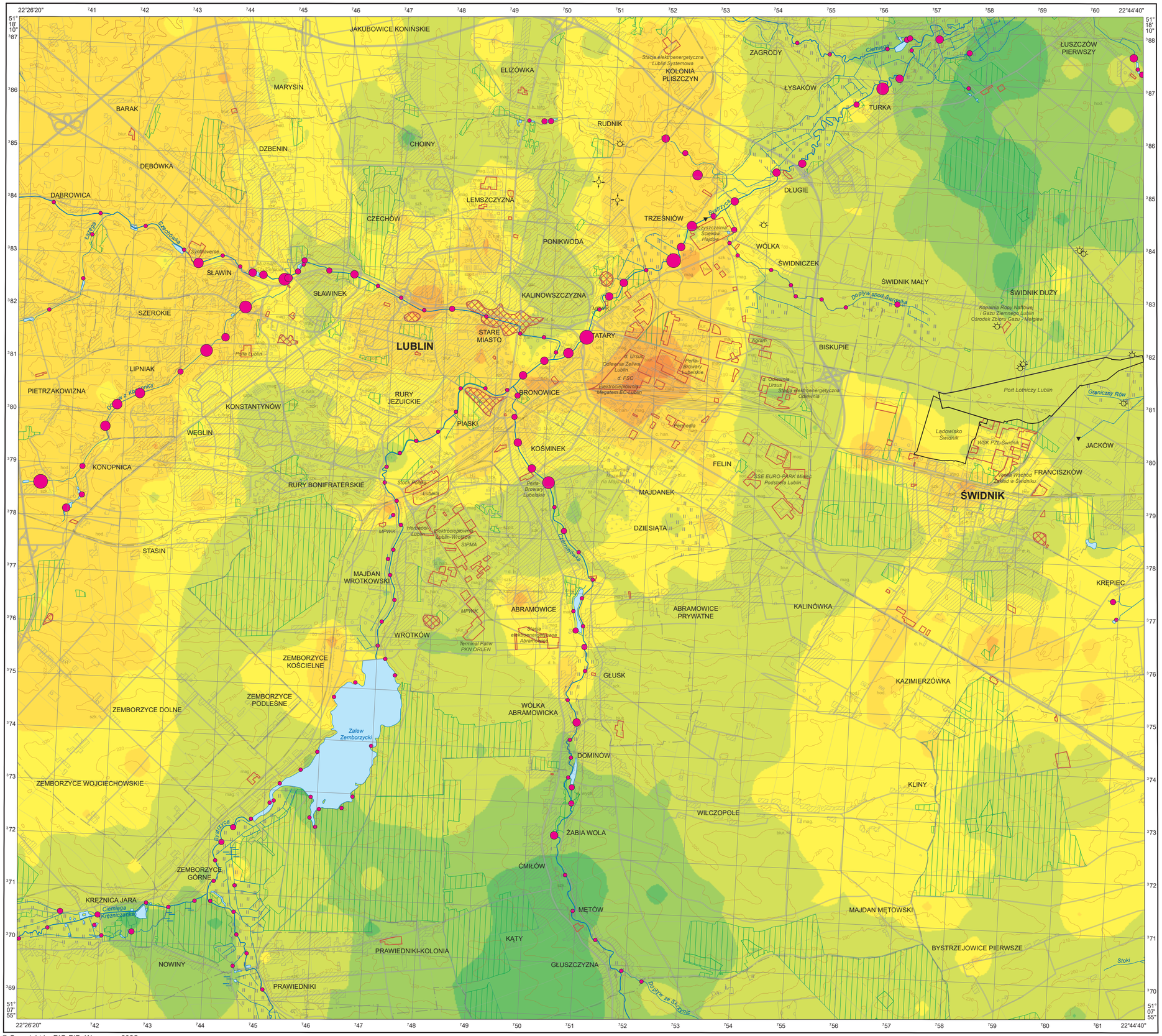
Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Tal w glebach i osadach wodnych
Thallium in soil and aquatic sediment

Tl



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,10	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,09	Geometric mean
Mediana	0,10	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg	
100		0,34 max.
95		0,15
90		0,13
75		0,11
50		0,10
25		0,08
10		0,07
0		min. <0,05

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	0,07	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,06	Geometric mean
Mediana	0,07	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	0,17 – 0,24 max.
95 – 98	0,14 – 0,17
90 – 95	0,12 – 0,14
75 – 90	0,09 – 0,12
50 – 75	0,07 – 0,09
0 – 50	min. <0,05 – 0,07

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Tal w wodach powierzchniowych
Thallium in surface water

Tl

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

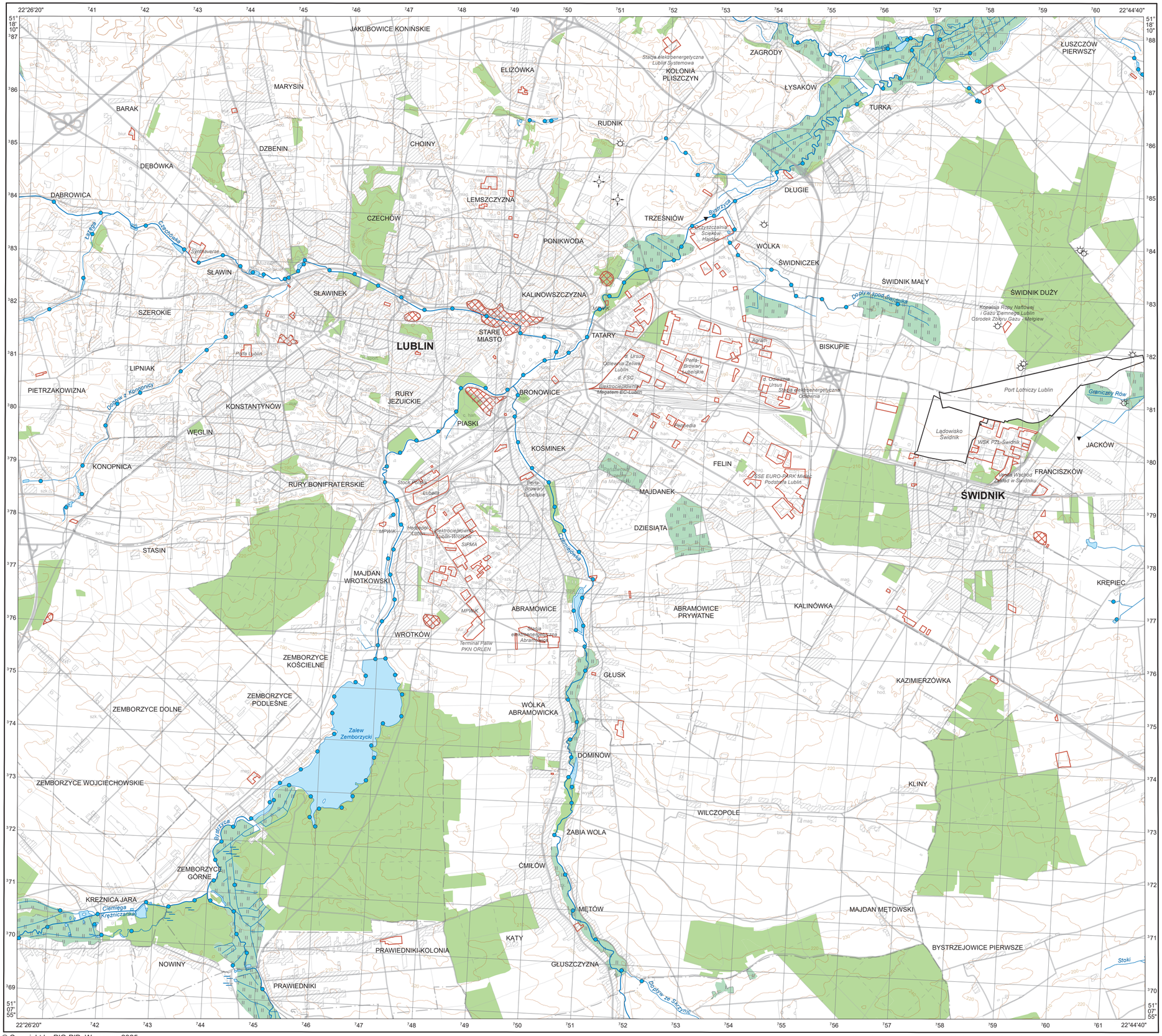
ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,05	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3
0 – 100	<0,05 – 0,06

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

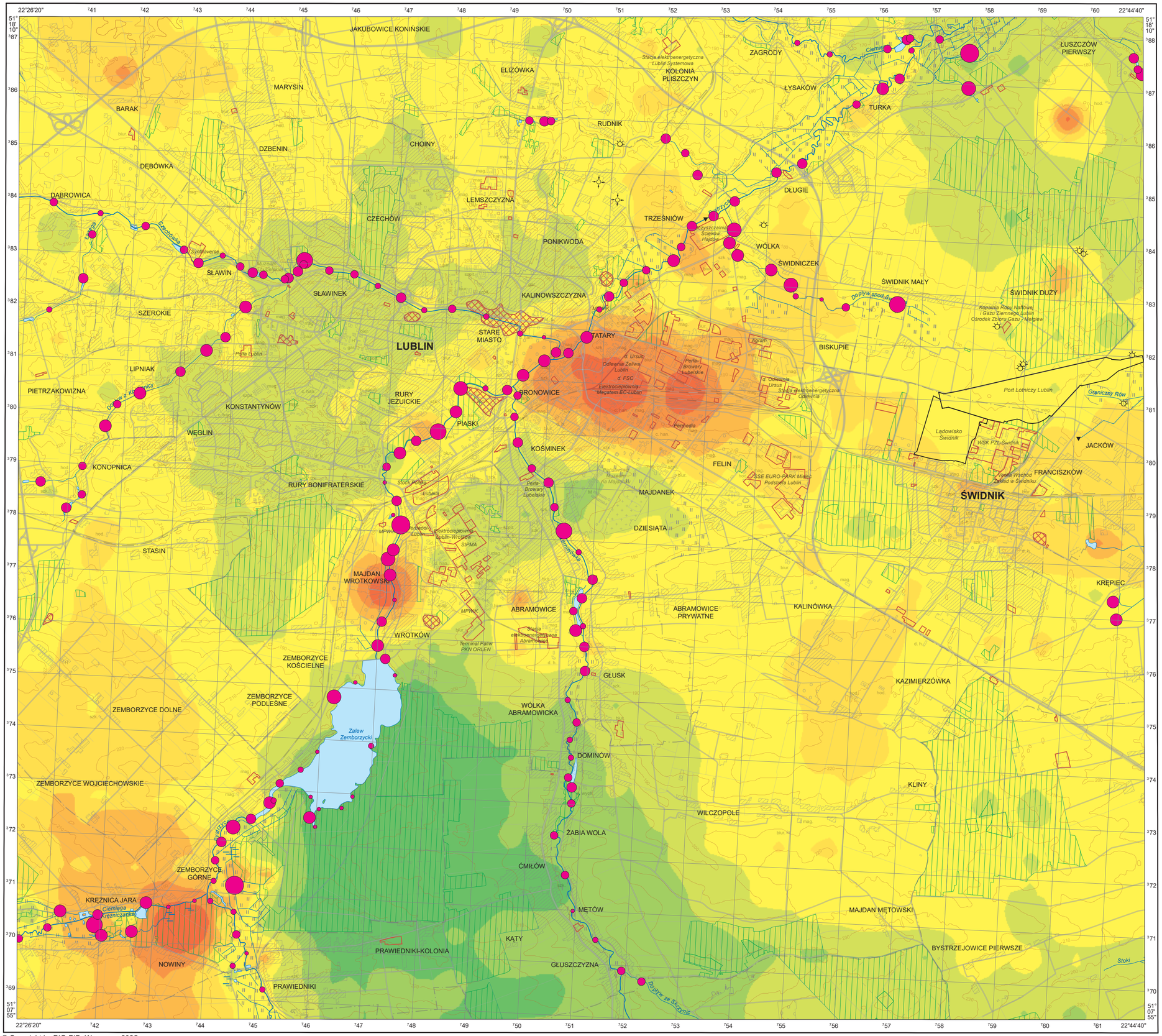
Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Uran w glebach i osadach wodnych
Uranium in soil and aquatic sediment

U


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DZBENIN
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
CHOINY
RUDNIK
KOLONIA PLISZCZYN
ZAGRODY
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
TRZEŚNIÓW
PONIKWODA
DŁUGIE
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
KALINOWSZCZYZNA
SZEROKIE
STARE MIASTO
TATARY
LUBLIN
BISKUPIE
LIPNIAK
PIETRZAKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
GRONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
RURY BONIFRATERSKIE
FELIN
MAJDANEK
ŚWIDNIK
JACKÓW
FRANCISZKÓW
DZIESIĄTA
STASIN
MAJDAN WROTKOWSKI
ABRAMOWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
KRĘPIEC
WROTKÓW
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
WÓLKA ABRAMOWICKA
Zalew Zemborzycki
DOMINÓW
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
KLINY
WILCZOPOLE
ZABIA WOLA
ĆMIŁÓW
ZEMBORZYCE GÓRNE
KRĘZNICA JARA
MĘTÓW
MAJDAN MĘTOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Bystrzyca
Czerniejówka
Ciemięga
Stoki
Dopływ z Kośminka
Dopływ z Ponikwody
Dopływ z pod Świdnika
Dopływ z Sławinka
Dopływ ze Stręzynic
Grzędzinka
Grzędzinka Krężnicka
Grzędzinka Krężnicka Zasilanie
Grzędzinka Zasilanie
Grzędzinka Zasilanie 2
Grzędzinka Zasilanie 3
Grzędzinka Zasilanie 4
Grzędzinka Zasilanie 5
Grzędzinka Zasilanie 6
Grzędzinka Zasilanie 7
Grzędzinka Zasilanie 8
Grzędzinka Zasilanie 9
Grzędzinka Zasilanie 10
Grzędzinka Zasilanie 11
Grzędzinka Zasilanie 12
Grzędzinka Zasilanie 13
Grzędzinka Zasilanie 14
Grzędzinka Zasilanie 15
Grzędzinka Zasilanie 16
Grzędzinka Zasilanie 17
Grzędzinka Zasilanie 18
Grzędzinka Zasilanie 19
Grzędzinka Zasilanie 20
Grzędzinka Zasilanie 21
Grzędzinka Zasilanie 22
Grzędzinka Zasilanie 23
Grzędzinka Zasilanie 24
Grzędzinka Zasilanie 25
Grzędzinka Zasilanie 26
Grzędzinka Zasilanie 27
Grzędzinka Zasilanie 28
Grzędzinka Zasilanie 29
Grzędzinka Zasilanie 30
Grzędzinka Zasilanie 31
Grzędzinka Zasilanie 32
Grzędzinka Zasilanie 33
Grzędzinka Zasilanie 34
Grzędzinka Zasilanie 35
Grzędzinka Zasilanie 36
Grzędzinka Zasilanie 37
Grzędzinka Zasilanie 38
Grzędzinka Zasilanie 39
Grzędzinka Zasilanie 40
Grzędzinka Zasilanie 41
Grzędzinka Zasilanie 42
Grzędzinka Zasilanie 43
Grzędzinka Zasilanie 44
Grzędzinka Zasilanie 45
Grzędzinka Zasilanie 46
Grzędzinka Zasilanie 47
Grzędzinka Zasilanie 48
Grzędzinka Zasilanie 49
Grzędzinka Zasilanie 50
Grzędzinka Zasilanie 51
Grzędzinka Zasilanie 52
Grzędzinka Zasilanie 53
Grzędzinka Zasilanie 54
Grzędzinka Zasilanie 55
Grzędzinka Zasilanie 56
Grzędzinka Zasilanie 57
Grzędzinka Zasilanie 58
Grzędzinka Zasilanie 59
Grzędzinka Zasilanie 60
Grzędzinka Zasilanie 61
Grzędzinka Zasilanie 62
Grzędzinka Zasilanie 63
Grzędzinka Zasilanie 64
Grzędzinka Zasilanie 65
Grzędzinka Zasilanie 66
Grzędzinka Zasilanie 67
Grzędzinka Zasilanie 68
Grzędzinka Zasilanie 69
Grzędzinka Zasilanie 70
Grzędzinka Zasilanie 71
Grzędzinka Zasilanie 72
Grzędzinka Zasilanie 73
Grzędzinka Zasilanie 74
Grzędzinka Zasilanie 75
Grzędzinka Zasilanie 76
Grzędzinka Zasilanie 77
Grzędzinka Zasilanie 78
Grzędzinka Zasilanie 79
Grzędzinka Zasilanie 80
Grzędzinka Zasilanie 81
Grzędzinka Zasilanie 82
Grzędzinka Zasilanie 83
Grzędzinka Zasilanie 84
Grzędzinka Zasilanie 85
Grzędzinka Zasilanie 86
Grzędzinka Zasilanie 87
Grzędzinka Zasilanie 88
Grzędzinka Zasilanie 89
Grzędzinka Zasilanie 90
Grzędzinka Zasilanie 91
Grzędzinka Zasilanie 92
Grzędzinka Zasilanie 93
Grzędzinka Zasilanie 94
Grzędzinka Zasilanie 95
Grzędzinka Zasilanie 96
Grzędzinka Zasilanie 97
Grzędzinka Zasilanie 98
Grzędzinka Zasilanie 99
Grzędzinka Zasilanie 100
Grzędzinka Zasilanie 101
Grzędzinka Zasilanie 102
Grzędzinka Zasilanie 103
Grzędzinka Zasilanie 104
Grzędzinka Zasilanie 105
Grzędzinka Zasilanie 106
Grzędzinka Zasilanie 107
Grzędzinka Zasilanie 108
Grzędzinka Zasilanie 109
Grzędzinka Zasilanie 110
Grzędzinka Zasilanie 111
Grzędzinka Zasilanie 112
Grzędzinka Zasilanie 113
Grzędzinka Zasilanie 114
Grzędzinka Zasilanie 115
Grzędzinka Zasilanie 116
Grzędzinka Zasilanie 117
Grzędzinka Zasilanie 118
Grzędzinka Zasilanie 119
Grzędzinka Zasilanie 120
Grzędzinka Zasilanie 121
Grzędzinka Zasilanie 122
Grzędzinka Zasilanie 123
Grzędzinka Zasilanie 124
Grzędzinka Zasilanie 125
Grzędzinka Zasilanie 126
Grzędzinka Zasilanie 127
Grzędzinka Zasilanie 128
Grzędzinka Zasilanie 129
Grzędzinka Zasilanie 130
Grzędzinka Zasilanie 131
Grzędzinka Zasilanie 132
Grzędzinka Zasilanie 133
Grzędzinka Zasilanie 134
Grzędzinka Zasilanie 135
Grzędzinka Zasilanie 136
Grzędzinka Zasilanie 137
Grzędzinka Zasilanie 138
Grzędzinka Zasilanie 139
Grzędzinka Zasilanie 140
Grzędzinka Zasilanie 141
Grzędzinka Zasilanie 142
Grzędzinka Zasilanie 143
Grzędzinka Zasilanie 144
Grzędzinka Zasilanie 145
Grzędzinka Zasilanie 146
Grzędzinka Zasilanie 147
Grzędzinka Zasilanie 148
Grzędzinka Zasilanie 149
Grzędzinka Zasilanie 150
Grzędzinka Zasilanie 151
Grzędzinka Zasilanie 152
Grzędzinka Zasilanie 153
Grzędzinka Zasilanie 154
Grzędzinka Zasilanie 155
Grzędzinka Zasilanie 156
Grzędzinka Zasilanie 157
Grzędzinka Zasilanie 158
Grzędzinka Zasilanie 159
Grzędzinka Zasilanie 160
Grzędzinka Zasilanie 161
Grzędzinka Zasilanie 162
Grzędzinka Zasilanie 163
Grzędzinka Zasilanie 164
Grzędzinka Zasilanie 165
Grzędzinka Zasilanie 166
Grzędzinka Zasilanie 167
Grzędzinka Zasilanie 168
Grzędzinka Zasilanie 169
Grzędzinka Zasilanie 170
Grzędzinka Zasilanie 171
Grzędzinka Zasilanie 172
Grzędzinka Zasilanie 173
Grzędzinka Zasilanie 174
Grzędzinka Zasilanie 175
Grzędzinka Zasilanie 176
Grzędzinka Zasilanie 177
Grzędzinka Zasilanie 178
Grzędzinka Zasilanie 179
Grzędzinka Zasilanie 180
Grzędzinka Zasilanie 181
Grzędzinka Zasilanie 182
Grzędzinka Zasilanie 183
Grzędzinka Zasilanie 184
Grzędzinka Zasilanie 185
Grzędzinka Zasilanie 186
Grzędzinka Zasilanie 187
Grzędzinka Zasilanie 188
Grzędzinka Zasilanie 189
Grzędzinka Zasilanie 190
Grzędzinka Zasilanie 191
Grzędzinka Zasilanie 192
Grzędzinka Zasilanie 193
Grzędzinka Zasilanie 194
Grzędzinka Zasilanie 195
Grzędzinka Zasilanie 196
Grzędzinka Zasilanie 197
Grzędzinka Zasilanie 198
Grzędzinka Zasilanie 199
Grzędzinka Zasilanie 200
Grzędzinka Zasilanie 201
Grzędzinka Zasilanie 202
Grzędzinka Zasilanie 203
Grzędzinka Zasilanie 204
Grzędzinka Zasilanie 205
Grzędzinka Zasilanie 206
Grzędzinka Zasilanie 207
Grzędzinka Zasilanie 208
Grzędzinka Zasilanie 209
Grzędzinka Zasilanie 210
Grzędzinka Zasilanie 211
Grzędzinka Zasilanie 212
Grzędzinka Zasilanie 213
Grzędzinka Zasilanie 214
Grzędzinka Zasilanie 215
Grzędzinka Zasilanie 216
Grzędzinka Zasilanie 217
Grzędzinka Zasilanie 218
Grzędzinka Zasilanie 219
Grzędzinka Zasilanie 220
Grzędzinka Zasilanie 221
Grzędzinka Zasilanie 222
Grzędzinka Zasilanie 223
Grzędzinka Zasilanie 224
Grzędzinka Zasilanie 225
Grzędzinka Zasilanie 226
Grzędzinka Zasilanie 227
Grzędzinka Zasilanie 228
Grzędzinka Zasilanie 229
Grzędzinka Zasilanie 230
Grzędzinka Zasilanie 231
Grzędzinka Zasilanie 232
Grzędzinka Zasilanie 233
Grzędzinka Zasilanie 234
Grzędzinka Zasilanie 235
Grzędzinka Zasilanie 236
Grzędzinka Zasilanie 237
Grzędzinka Zasilanie 238
Grzędzinka Zasilanie 239
Grzędzinka Zasilanie 240
Grzędzinka Zasilanie 241
Grzędzinka Zasilanie 242
Grzędzinka Zasilanie 243
Grzędzinka Zasilanie 244
Grzędzinka Zasilanie 245
Grzędzinka Zasilanie 246
Grzędzinka Zasilanie 247
Grzędzinka Zasilanie 248
Grzędzinka Zasilanie 249
Grzędzinka Zasilanie 250
Grzędzinka Zasilanie 251
Grzędzinka Zasilanie 252
Grzędzinka Zasilanie 253
Grzędzinka Zasilanie 254
Grzędzinka Zasilanie 255
Grzędzinka Zasilanie 256
Grzędzinka Zasilanie 257
Grzędzinka Zasilanie 258
Grzędzinka Zasilanie 259
Grzędzinka Zasilanie 260
Grzędzinka Zasilanie 261
Grzędzinka Zasilanie 262
Grzędzinka Zasilanie 263
Grzędzinka Zasilanie 264
Grzędzinka Zasilanie 265
Grzędzinka Zasilanie 266
Grzędzinka Zasilanie 267
Grzędzinka Zasilanie 268
Grzędzinka Zasilanie 269
Grzędzinka Zasilanie 270
Grzędzinka Zasilanie 271
Grzędzinka Zasilanie 272
Grzędzinka Zasilanie 273
Grzędzinka Zasilanie 274
Grzędzinka Zasilanie 275
Grzędzinka Zasilanie 276
Grzędzinka Zasilanie 277
Grzędzinka Zasilanie 278
Grzędzinka Zasilanie 279
Grzędzinka Zasilanie 280
Grzędzinka Zasilanie 281
Grzędzinka Zasilanie 282
Grzędzinka Zasilanie 283
Grzędzinka Zasilanie 284
Grzędzinka Zasilanie 285
Grzędzinka Zasilanie 286
Grzędzinka Zasilanie 287
Grzędzinka Zasilanie 288
Grzędzinka Zasilanie 289
Grzędzinka Zasilanie 290
Grzędzinka Zasilanie 291
Grzędzinka Zasilanie 292
Grzędzinka Zasilanie 293
Grzędzinka Zasilanie 294
Grzędzinka Zasilanie 295
Grzędzinka Zasilanie 296
Grzędzinka Zasilanie 297
Grzędzinka Zasilanie 298
Grzędzinka Zasilanie 299
Grzędzinka Zasilanie 300
Grzędzinka Zasilanie 301
Grzędzinka Zasilanie 302
Grzędzinka Zasilanie 303
Grzędzinka Zasilanie 304
Grzędzinka Zasilanie 305
Grzędzinka Zasilanie 306
Grzędzinka Zasilanie 307
Grzędzinka Zasilanie 308
Grzędzinka Zasilanie 309
Grzędzinka Zasilanie 310
Grzędzinka Zasilanie 311
Grzędzinka Zasilanie 312
Grzędzinka Zasilanie 313
Grzędzinka Zasilanie 314
Grzędzinka Zasilanie 315
Grzędzinka Zasilanie 316
Grzędzinka Zasilanie 317
Grzędzinka Zasilanie 318
Grzędzinka Zasilanie 319
Grzędzinka Zasilanie 320
Grzędzinka Zasilanie 321
Grzędzinka Zasilanie 322
Grzędzinka Zasilanie 323
Grzędzinka Zasilanie 324
Grzędzinka Zasilanie 325
Grzędzinka Zasilanie 326
Grzędzinka Zasilanie 327
Grzędzinka Zasilanie 328
Grzędzinka Zasilanie 329
Grzędzinka Zasilanie 330
Grzędzinka Zasilanie 331
Grzędzinka Zasilanie 332
Grzędzinka Zasilanie 333
Grzędzinka Zasilanie 334
Grzędzinka Zasilanie 335
Grzędzinka Zasilanie 336
Grzędzinka Zasilanie 337
Grzędzinka Zasilanie 338
Grzędzinka Zasilanie 339
Grzędzinka Zasilanie 340
Grzędzinka Zasilanie 341
Grzędzinka Zasilanie 342
Grzędzinka Zasilanie 343
Grzędzinka Zasilanie 344
Grzędzinka Zasilanie 345
Grzędzinka Zasilanie 346
Grzędzinka Zasilanie 347
Grzędzinka Zasilanie 348
Grzędzinka Zasilanie 349
Grzędzinka Zasilanie 350
Grzędzinka Zasilanie 351
Grzędzinka Zasilanie 352
Grzędzinka Zasilanie 353
Grzędzinka Zasilanie 354
Grzędzinka Zasilanie 355
Grzędzinka Zasilanie 356
Grzędzinka Zasilanie 357
Grzędzinka Zasilanie 358
Grzędzinka Zasilanie 359
Grzędzinka Zasilanie 360
Grzędzinka Zasilanie 361
Grzędzinka Zasilanie 362
Grzędzinka Zasilanie 363
Grzędzinka Zasilanie 364
Grzędzinka Zasilanie 365
Grzędzinka Zasilanie 366
Grzędzinka Zasilanie 367
Grzędzinka Zasilanie 368
Grzędzinka Zasilanie 369
Grzędzinka Zasilanie 370
Grzędzinka Zasilanie 371
Grzędzinka Zasilanie 372
Grzędzinka Zasilanie 373
Grzędzinka Zasilanie 374
Grzędzinka Zasilanie 375
Grzędzinka Zasilanie 376
Grzędzinka Zasilanie 377
Grzędzinka Zasilanie 378
Grzędzinka Zasilanie 379
Grzędzinka Zasilanie 380
Grzędzinka Zasilanie 381
Grzędzinka Zasilanie 382
Grzędzinka Zasilanie 383
Grzędzinka Zasilanie 384
Grzędzinka Zasilanie 385
Grzędzinka Zasilanie 386
Grzędzinka Zasilanie 387
Grzędzinka Zasilanie 388
Grzędzinka Zasilanie 389
Grzędzinka Zasilanie 390
Grzędzinka Zasilanie 391
Grzędzinka Zasilanie 392
Grzędzinka Zasilanie 393
Grzędzinka Zasilanie 394
Grzędzinka Zasilanie 395
Grzędzinka Zasilanie 396
Grzędzinka Zasilanie 397
Grzędzinka Zasilanie 398
Grzędzinka Zasilanie 399
Grzędzinka Zasilanie 400
Grzędzinka Zasilanie 401
Grzędzinka Zasilanie 402
Grzędzinka Zasilanie 403
Grzędzinka Zasilanie 404
Grzędzinka Zasilanie 405
Grzędzinka Zasilanie 406
Grzędzinka Zasilanie 407
Grzędzinka Zasilanie 408
Grzędzinka Zasilanie 409
Grzędzinka Zasilanie 410
Grzędzinka Zasilanie 411
Grzędzinka Zasilanie 412
Grzędzinka Zasilanie 413
Grzędzinka Zasilanie 414
Grzędzinka Zasilanie 415
Grzędzinka Zasilanie 416
Grzędzinka Zasilanie 417
Grzędzinka Zasilanie 418
Grzędzinka Zasilanie 419
Grzędzinka Zasilanie 420
Grzędzinka Zasilanie 421
Grzędzinka Zasilanie 422
Grzędzinka Zasilanie 423
Grzędzinka Zasilanie 424
Grzędzinka Zasilanie 425
Grzędzinka Zasilanie 426
Grzędzinka Zasilanie 427
Grzędzinka Zasilanie 428
Grzędzinka Zasilanie 429
Grzędzinka Zasilanie 430
Grzędzinka Zasilanie 431
Grzędzinka Zasilanie 432
Grzędzinka Zasilanie 433
Grzędzinka Zasilanie 434
Grzędzinka Zasilanie 435
Grzędzinka Zasilanie 436
Grzędzinka Zasilanie 437
Grzędzinka Zasilanie 438
Grzędzinka Zasilanie 439
Grzędzinka Zasilanie 440
Grzędzinka Zasilanie 441
Grzędzinka Zasilanie 442
Grzędzinka Zasilanie 443
Grzędzinka Zasilanie 444
Grzędzinka Zasilanie 445
Grzędzinka Zasilanie 446
Grzędzinka Zasilanie 447
Grzędzinka Zasilanie 448
Grzędzinka Zasilanie 449
Grzędzinka Zasilanie 450
Grzędzinka Zasilanie 451
Grzędzinka Zasilanie 452
Grzędzinka Zasilanie 453
Grzędzinka Zasilanie 454
Grzędzinka Zasilanie 455
Grzędzinka Zasilanie 456
Grzędzinka Zasilanie 457
Grzędzinka Zasilanie 458
Grzędzinka Zasilanie 459
Grzędzinka Zasilanie 460
Grzędzinka Zasilanie 461
Grzędzinka Zasilanie 462
Grzędzinka Zasilanie 463
Grzędzinka Zasilanie 464
Grzędzinka Zasilanie 465
Grzędzinka Zasilanie 466
Grzędzinka Zasilanie 467
Grzędzinka Zasilanie 468
Grzędzinka Zasilanie 469
Grzędzinka Zasilanie 470
Grzędzinka Zasilanie 471
Grzędzinka Zasilanie 472
Grzędzinka Zasilanie 473
Grzędzinka Zasilanie 474
Grzędzinka Zasilanie 475
Grzędzinka Zasilanie 476
Grzędzinka Zasilanie 477
Grzędzinka Zasilanie 478
Grzędzinka Zasilanie 479
Grzędzinka Zasilanie 480
Grzędzinka Zasilanie 481
Grzędzinka Zasilanie 482
Grzędzinka Zasilanie 483
Grzędzinka Zasilanie 484
Grzędzinka Zasilanie 485
Grzędzinka Zasilanie 486
Grzędzinka Zasilanie 487
Grzędzinka Zasilanie 488
Grzędzinka Zasilanie 489
Grzędzinka Zasilanie 490
Grzędzinka Zasilanie 491
Grzędzinka Zasilanie 492
Grzędzinka Zasilanie 493
Grzędzinka Zasilanie 494
Grzędzinka Zasilanie 495
Grzędzinka Zasilanie 496
Grzędzinka Zasilanie 497
Grzędzinka Zasilanie 498
Grzędzinka Zasilanie 499
Grzędzinka Zasilanie 500
Grzędzinka Zasilanie 501
Grzędzinka Zasilanie 502
Grzędzinka Zasilanie 503
Grzędzinka Zasilanie 504
Grzędzinka Zasilanie 505
Grzędzinka Zasilanie 506
Grzędzinka Zasilanie 507
Grzędzinka Zasilanie 508
Grzędzinka Zasilanie 509
Grzędzinka Zasilanie 510
Grzędzinka Zasilanie 511
Grzędzinka Zasilanie 512
Grzędzinka Zasilanie 513
Grzędzinka Zasilanie 514
Grzędzinka Zasilanie 515
Grzędzinka Zasilanie 516
Grzędzinka Zasilanie 517
Grzędzinka Zasilanie 518
Grzędzinka Zasilanie 519
Grzędzinka Zasilanie 520
Grzędzinka Zasilanie 521
Grzędzinka Zasilanie 522
Grzędzinka Zasilanie 523
Grzędzinka Zasilanie 524
Grzędzinka Zasilanie 525
Grzędzinka Zasilanie 526
Grzędzinka Zasilanie 527
Grzędzinka Zasilanie 528
Grzędzinka Zasilanie 529
Grzędzinka Zasilanie 530
Grzędzinka Zasilanie 531
Grzędzinka Zasilanie 532
Grzędzinka Zasilanie 533
Grzędzinka Zasilanie 534
Grzędzinka Zasilanie 535
Grzędzinka Zasilanie 536
Grzędzinka Zasilanie 537
Grzędzinka Zasilanie 538
Grzędzinka Zasilanie 539
Grzędzinka Zasilanie 540
Grzędzinka Zasilanie 541
Grzędzinka Zasilanie 542
Grzędzinka Zasilanie 543
Grzędzinka Zasilanie 544
Grzędzinka Zasilanie 545
Grzędzinka Zasilanie 546
Grzędzinka Zasilanie 547
Grzędzinka Zasilanie 548
Grzędzinka Zasilanie 549
Grzędzinka Zasilanie 550
Grzędzinka Zasilanie 551
Grzędzinka Zasilanie 552
Grzędzinka Zasilanie 553
Grzędzinka Zasilanie 554
Grzędzinka Zasilanie 555
Grzędzinka Zasilanie 556
Grzędzinka Zasilanie 557
Grzędzinka Zasilanie 558
Grzędzinka Zasilanie 559
Grzędzinka Zasilanie 560
Grzędzinka Zasilanie 561
Grzędzinka Zasilanie 562
Grzędzinka Zasilanie 563
Grzędzinka Zasilanie 564
Grzędzinka Zasilanie 565
Grzędzinka Zasilanie 566
Grzędzinka Zasilanie 567
Grzędzinka Zasilanie 568
Grzędzinka Zasilanie 569
Grzędzinka Zasilanie 570
Grzędzinka Zasilanie 571
Grzędzinka Zasilanie 572
Grzędzinka Zasilanie 573
Grzędzinka Zasilanie 574
Grzędzinka Zasilanie 575
Grzędzinka Zasilanie 576
Grzędzinka Zasilanie 577
Grzędzinka Zasilanie 578
Grzędzinka Zasilanie 579
Grzędzinka Zasilanie 580
Grzędzinka Zasilanie 581
Grzędzinka Zasilanie 582
Grzędzinka Zasilanie 583
Grzędzinka Zasilanie 584
Grzędzinka Zasilanie 585
Grzędzinka Zasilanie 586
Grzędzinka Zasilanie 587
Grzędzinka Zasilanie 588
Grzędzinka Zasilanie 589
Grzędzinka Zasilanie 590
Grzędzinka Zasilanie 591
Grzędzinka Zasilanie 592
Grzędzinka Zasilanie 593
Grzędzinka Zasilanie 594
Grzędzinka Zasilanie 595
Grzędzinka Zasilanie 596
Grzędzinka Zasilanie 597
Grzędzinka Zasilanie 598
Grzędzinka Zasilanie 599
Grzędzinka Zasilanie 600
Grzędzinka Zasilanie 601
Grzędzinka Zasilanie 602
Grzędzinka Zasilanie 603
Grzędzinka Zasilanie 604
Grzędzinka Zasilanie 605
Grzędzinka Zasilanie 606
Grzędzinka Zasilanie 607
Grzędzinka Zasilanie 608
Grzędzinka Zasilanie 609
Grzędzinka Zasilanie 610
Grzędzinka Zasilanie 611
Grzędzinka Zasilanie 612
Grzędzinka Zasilanie 613
Grzędzinka Zasilanie 614
Grzędzinka Zasilanie 615
Grzędzinka Zasilanie 616
Grzędzinka Zasilanie 617
Grzędzinka Zasilanie 618
Grzędzinka Zasilanie 619
Grzędzinka Zasilanie 620
Grzędzinka Zasilanie 621
Grzędzinka Zasilanie 622
Grzędzinka Zasilanie 623
Grzędzinka Zasilanie 624
Grzędzinka Zasilanie 625
Grzędzinka Zasilanie 626
Grzędzinka Zasilanie 627
Grzędzinka Zasilanie 628
Grzędzinka Zasilanie 629
Grzędzinka Zasilanie 630
Grzędzinka Zasilanie 631
Grzędzinka Zasilanie 632
Grzędzinka Zasilanie 633
Grzędzinka Zasilanie 634
Grzędzinka Zasilanie 635
Grzędzinka Zasilanie 636
Grzędzinka Zasilanie 637
Grzędzinka Zasilanie 638
Grzędzinka Zasilanie 639
Grzędzinka Zasilanie 640
Grzędzinka Zasilanie 641
Grzędzinka Zasilanie 642
Grzędzinka Zasilanie 643
Grzędzinka Zasilanie 644
Grzędzinka Zasilanie 645
Grzędzinka Zasilanie 646
Grzędzinka Zasilanie 647
Grzędzinka Zasilanie 648
Grzędzinka Zasilanie 649
Grzędzinka Zasilanie 650
Grzędzinka Zasilanie 651
Grzędzinka Zasilanie 652
Grzędzinka Zasilanie 653
Grzędzinka Zasilanie 654
Grzędzinka Zasilanie 655
Grzędzinka Zasilanie 656
Grzędzinka Zasilanie 657
Grzędzinka Zasilanie 658
Grzędzinka Zasilanie 659
Grzędzinka Zasilanie 660
Grzędzinka Zasilanie 661
Grzędzinka Zasilanie 662
Grzędzinka Zasilanie 663
Grzędzinka Zasilanie 664
Grzędzinka Zasilanie 665
Grzędzinka Zasilanie 666
Grzędzinka Zasilanie 667
Grzędzinka Zasilanie 668
Grzędzinka Zasilanie 669
Grzędzinka Zasilanie 670
Grzędzinka Zasilanie 671
Grzędzinka Zasilanie 672
Grzędzinka Zasilanie 673
Grzędzinka Zasilanie 674
Grzędzinka Zasilanie 675
Grzędzinka Zasilanie 676
Grzędzinka Zasilanie 677
Grzędzinka Zasilanie 678
Grzędzinka Zasilanie 679
Grzędzinka Zasilanie 680
Grzędzinka Zasilanie 681
Grzędzinka Zasilanie 682
Grzędzinka Zasilanie 683
Grzędzinka Zasilanie 684
Grzędzinka Zasilanie 685
Grzędzinka Zasilanie 686
Grzędzinka Zasilanie 687
Grzędzinka Zasilanie 688
Grzędzinka Zasilanie 689
Grzędzinka Zasilanie 690
Grzędzinka Zasilanie 691
Grzędzinka Zasilanie 692
Grzędzinka Zasilanie 693
Grzędzinka Zasilanie 694
Grzędzinka Zasilanie 695
Grzędzinka Zasilanie 696
Grzędzinka Zasilanie 697
Grzędzinka Zasilanie 698
Grzędzinka Zasilanie 699
Grzędzinka Zasilanie 700
Grzędzinka Zasilanie 701
Grzędzinka Zasilanie 702
Grzędzinka Zasilanie 703
Grzędzinka Zasilanie 704
Grzędzinka Zasilanie 705
Grzędzinka Zasilanie 706
Grzędzinka Zasilanie 707
Grzędzinka Zasilanie 708
Grzędzinka Zasilanie 709
Grzędzinka Zasilanie 710
Grzędzinka Zasilanie 711
Grzędzinka Zasilanie 712
Grzędzinka Zasilanie 713
Grzędzinka Zasilanie 714
Grzędzinka Zasilanie 715
Grzędzinka Zasilanie 716
Grzędzinka Zasilanie 717
Grzędzinka Zasilanie 718
Grzędzinka Zasilanie 719
Grzędzinka Zasilanie 720
Grzędzinka Zasilanie 721
Grzędzinka Zasilanie 722
Grzędzinka Zasilanie 723
Grzędzinka Zasilanie 724
Grzędzinka Zasilanie 725
Grzędzinka Zasilanie 726
Grzędzinka Zasilanie 727
Grzędzinka Zasilanie 728
Grzędzinka Zasilanie 729
Grzędzinka Zasilanie 730
Grzędzinka Zasilanie 731
Grzędzinka Zasilanie 732
Grzędzinka Zasilanie 733
Grzędzinka Zasilanie 734
Grzędzinka Zasilanie 735
Grzędzinka Zasilanie 736
Grzędzinka Zasilanie 737
Grzędzinka Zasilanie 738
Grzędzinka Zasilanie 739
Grzędzinka Zasilanie 740
Grzędzinka Zasilanie 741
Grzędzinka Zasilanie 742
Grzędzinka Zasilanie 743
Grzędzinka Zasilanie 744
Grzędzinka Zasilanie 745
Grzędzinka Zasilanie 746
Grzędzinka Zasilanie 747
Grzędzinka Zasilanie 748
Grzędzinka Zasilanie 749
Grzędzinka Zasilanie 750
Grzędzinka Zasilanie 751
Grzędzinka Zasilanie 752
Grzędzinka Zasilanie 753
Grzędzinka Zasilanie 754
Grzędzinka Zasilanie 755
Grzędzinka Zasilanie 756
Grzędzinka Zasilanie 757
Grzędzinka Zasilanie 758
Grzędzinka Zasilanie 759
Grzędzinka Zasilanie 760
Grzędzinka Zasilanie 761
Grzędzinka Zasilanie 762
Grzędzinka Zasilanie 763
Grzędzinka Zasilanie 764
Grzędzinka Zasilanie 765
Grzędzinka Zasilanie 766
Grzędzinka Zasilanie 767
Grzędzinka Zasilanie 768
Grzędzinka Zasilanie 769
Grzędzinka Zasilanie 770
Grzędzinka Zasilanie 771
Grzędzinka Zasilanie 772
Grzędzinka Zasilanie 773
Grzędzinka Zasilanie 774
Grzędzinka Zasilanie 775
Grzędzinka Zasilanie 776
Grzędzinka Zasilanie 777
Grzędzinka Zasilanie 778
Grzędzinka Zasilanie 779
Grzędzinka Zasilanie 780
Grzędzinka Zasilanie 781
Grzędzinka Zasilanie 782
Grzędzinka Zasilanie 783
Grzędzinka Zasilanie 784
Grzędzinka Zasilanie 785
Grzędzinka Zasilanie 786
Grzędzinka Zasilanie 787
Grzędzinka Zasilanie 788
Grzędzinka Zasilanie 789
Grzędzinka Zasilanie 790
Grzędzinka Zasilanie 791
Grzędzinka Zasilanie 792
Grzędzinka Zasilanie 793
Grzędzinka Zasilanie 794
Grzędzinka Zasilanie 795
Grzędzinka Zasilanie 796
Grzędzinka Zasilanie 797
Grzędzinka Zasilanie 798
Grzędzinka Zasilanie 799
Grzędzinka Zasilanie 800
Grzędzinka Zasilanie 801
Grzędzinka Zasilanie 802
Grzędzinka Zasilanie 803
Grzędzinka Zasilanie 804
Grzędzinka Zasilanie 805
Grzędzinka Zasilanie 806
Grzędzinka Zasilanie 807
Grzędzinka Zasilanie 808
Grzędzinka Zasilanie 809
Grzędzinka Zasilanie 810
Grzędzinka Zasilanie 811
Grzędzinka Zasilanie 812
Grzędzinka Zasilanie 813
Grzędzinka Zasilanie 814
Grzędzinka Zasilanie 815
Grzędzinka Zasilanie 816
Grzędzinka Zasilanie 817
Grzędzinka Zasilanie 818
Grzędzinka Zasilanie 819
Grzędzinka Zasilanie 820
Grzędzinka Zasilanie 821
Grzędzinka Zasilanie 822
Grzędzinka Zasilanie 823
Grzędzinka Zasilanie 824
Grzędzinka Zasilanie 825
Grzędzinka Zasilanie 826
Grzędzinka Zasilanie 827
Grzędzinka Zasilanie 828
Grzędzinka Zasilanie 829
Grzędzinka Zasilanie 830
Grzędzinka Zasilanie 831
Grzędzinka Zasilanie 832
Grzędzinka Zasilanie 833
Grzędzinka Zasilanie 834
Grzędzinka Zasilanie 835
Grzędzinka Zasilanie 836
Grzędzinka Zasilanie 837
Grzędzinka Zasilanie 838
Grzędzinka Zasilanie 839
Grzędzinka Zasilanie 840
Grzędzinka Zasilanie 841
Grzędzinka Zasilanie 842
Grzędzinka Zasilanie 843
Grzędzinka Zasilanie 844
Grzędzinka Zasilanie 845
Grzędzinka Zasilanie 846
Grzędzinka Zasilanie 847
Grzędzinka Zasilanie 848
Grzędzinka Zasilanie 849
Grzędzinka Zasilanie 850
Grzędzinka Zasilanie 851
Grzędzinka Zasilanie 852
Grzędzinka Zasilanie 853
Grzędzinka Zasilanie 854
Grzędzinka Zasilanie 855
Grzędzinka Zasilanie 856
Grzędzinka Zasilanie 857
Grzędzinka Zasilanie 858
Grzędzinka Zasilanie 859
Grzędzinka Zasilanie 860
Grzędzinka Zasilanie 861
Grzędzinka Zasilanie 862
Grzędzinka Zasilanie 863
Grzędzinka Zasilanie 864
Grzędzinka Zasilanie 865
Grzędzinka Zasilanie 866
Grzędzinka Zasilanie 867
Grzędzinka Zasilanie 868
Grzędzinka Zasilanie 869
Grzędzinka Zasilanie 870
Grzędzinka Zasilanie 871
Grzędzinka Zasilanie 872
Grzędzinka Zasilanie 873
Grzędzinka Zasilanie 874
Grzędzinka Zasilanie 875
Grzędzinka Zasilanie 876
Grzędzinka Zasilanie 877
Grzędzinka Zasilanie 878
Grzędzinka Zasilanie 879
Grzędzinka Zasilanie 880
Grzędzinka Zasilanie 881
Grzędzinka Zasilanie 882
Grzędzinka Zasilanie 883
Grzędzinka Zasilanie 884
Grzędzinka Zasilanie 885
Grzędzinka Zasilanie 886
Grzędzinka Zasilanie 887
Grzędzinka Zasilanie 888
Grzędzinka Zasilanie 889
Grzędzinka Zasilanie 890
Grzędzinka Zasilanie 891
Grzędzinka Zasilanie 892
Grzędzinka Zasilanie 893
Grzędzinka Zasilanie 894
Grzędzinka Zasilanie 895
Grzędzinka Zasilanie 896
Grzędzinka Zasilanie 897
Grzędzinka Zasilanie 898
Grzędzinka Zasilanie 899
Grzędzinka Zasilanie 900
Grzędzinka Zasilanie 901
Grzędzinka Zasilanie 902
Grzędzinka Zasilanie 903
Grzędzinka Zasilanie 904
Grzędzinka Zasilanie 905
Grzędzinka Zasilanie 906
Grzędzinka Zasilanie 907
Grzędzinka Zasilanie 908
Grzędzinka Zasilanie 909
Grzędzinka Zasilanie 910
Grzędzinka Zasilanie 911
Grzędzinka Zasilanie 912
Grzędzinka Zasilanie 913
Grzędzinka Zasilanie 914
Grzędzinka Zasilanie 915
Grzędzinka Zasilanie 916
Grzędzinka Zasilanie 917
Grzędzinka Zasilanie 918
Grzędzinka Zasilanie 919
Grzędzinka Zasilanie 920
Grzędzinka Zasilanie 921
Grzędzinka Zasilanie 922
Grzędzinka Zasilanie 923
Grzędzinka Zasilanie 924
Grzędzinka Zasilanie 925
Grzędzinka Zasilanie 926
Grzędzinka Zasilanie 927
Grzędzinka Zasilanie 928
Grzędzinka Zasilanie 929
Grzędzinka Zasilanie 930
Grzędzinka Zasilanie 931
Grzędzinka

Uran w wodach powierzchniowych
Uranium in surface water

U

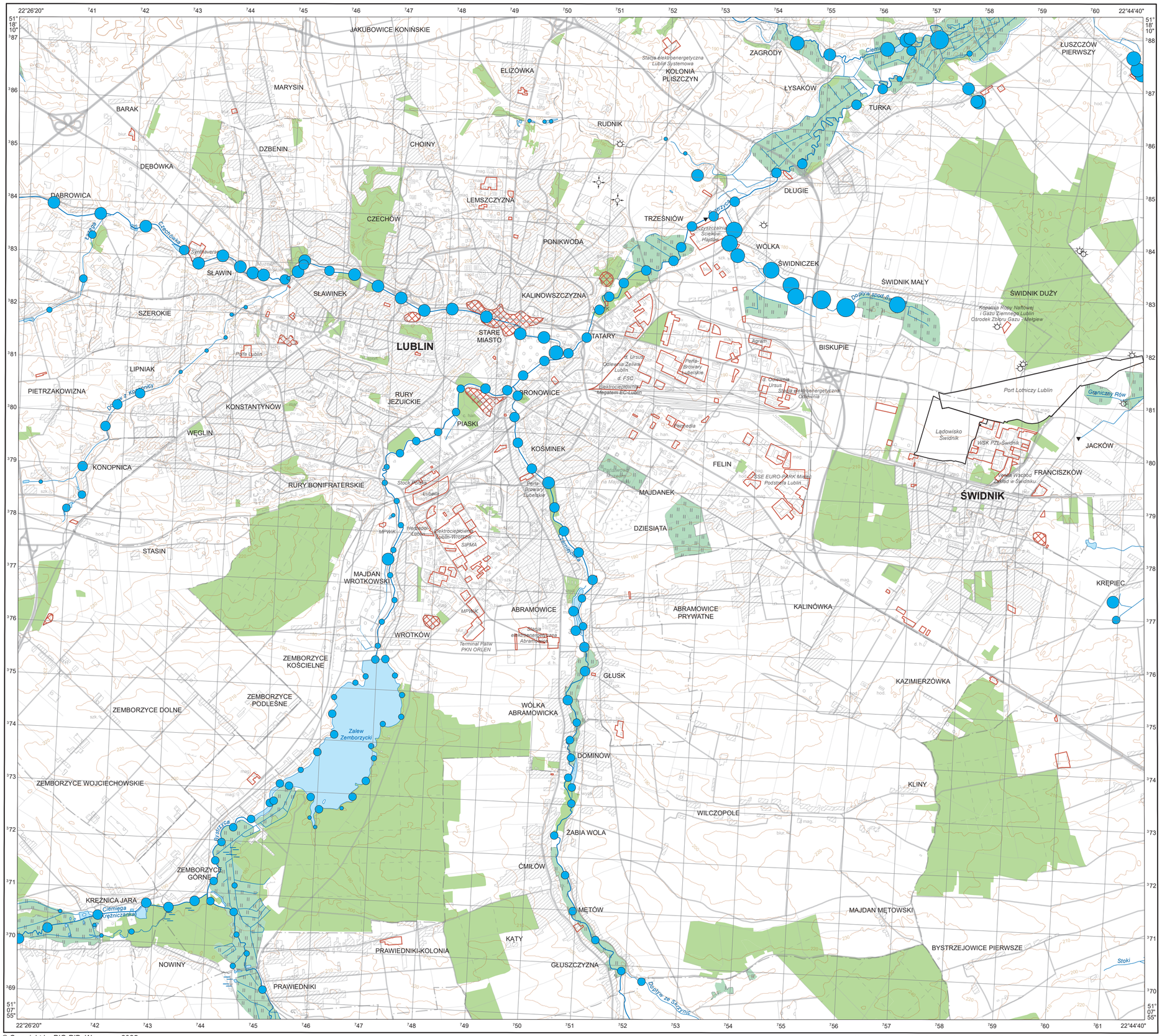
Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm³

Średnia arytmetyczna	1,00	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,79	Geometric mean
Mediana	0,83	Median
Granica oznaczalności	0,05	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm³
98 – 100	3,73 – 4,11 max.
95 – 98	2,88 – 3,73
90 – 95	1,46 – 2,88
75 – 90	1,09 – 1,46
50 – 75	0,83 – 1,09
25 – 50	0,65 – 0,83
10 – 25	0,53 – 0,65
0 – 10	min. <0,05 – 0,53

n = 182



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Wanad w glebach i osadach wodnych
Vanadium in soil and aquatic sediment

V

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	14	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	13	Geometric mean
Mediana	14	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	36 max.
95	21
90	19
75	17
50	14
25	12
10	7
0	min. 2

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	11	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	9	Geometric mean
Mediana	11	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
98 – 100	22 – 28 max.
95 – 98	19 – 22
90 – 95	17 – 19
75 – 90	14 – 17
50 – 75	11 – 14
25 – 50	7 – 11
10 – 25	4 – 7
0 – 10	min. <1 – 4

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy – Forests
- Obszary przemysłowe – Industrial areas
- Lotniska – Airports
- Hałdy i nasypy – Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków – Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne – Production boreholes
- Odwierty zatłaczające – Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Wanad w wodach powierzchniowych
Vanadium in surface water

V

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppb = µg/dm^3

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<1	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/dm^3	
98 – 100	●	3 – 5 max.
95 – 98	●	2 – 3
75 – 95	●	1 – 2
0 – 75	•	min. <1 – 1

n = 182

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Zawiesina ogólna w wodach powierzchniowych
Total suspended solids in surface water

Zawiesina ogólna
TSS

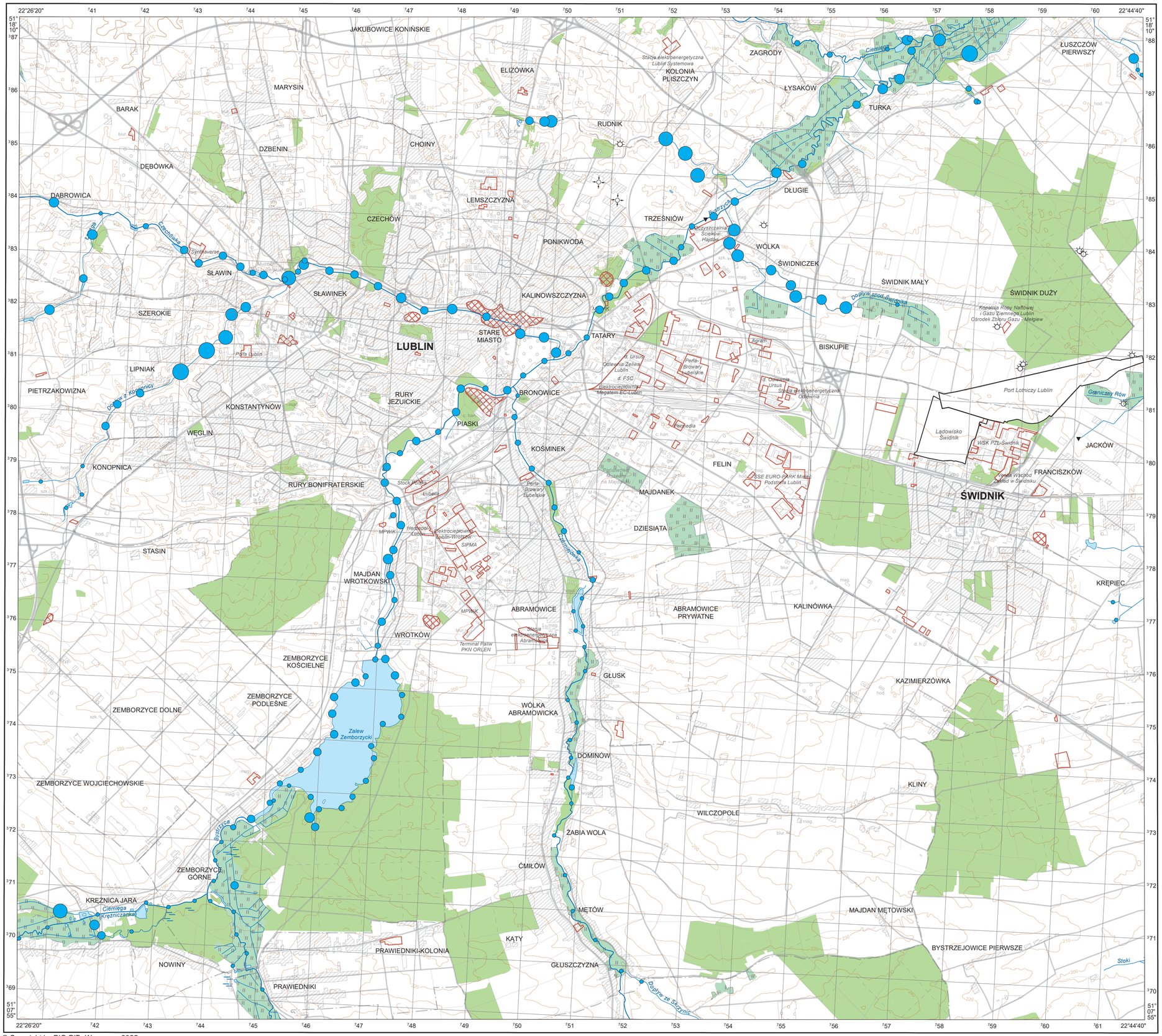
Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	21	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	15	Geometric mean
Mediana	18	Median
Granica oznaczalności	5	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	91 – 156 max.
95 – 98	53 – 91
90 – 95	41 – 53
75 – 90	23 – 41
50 – 75	18 – 23
25 – 50	11 – 18
0 – 25	min. <5 – 11

n = 182



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

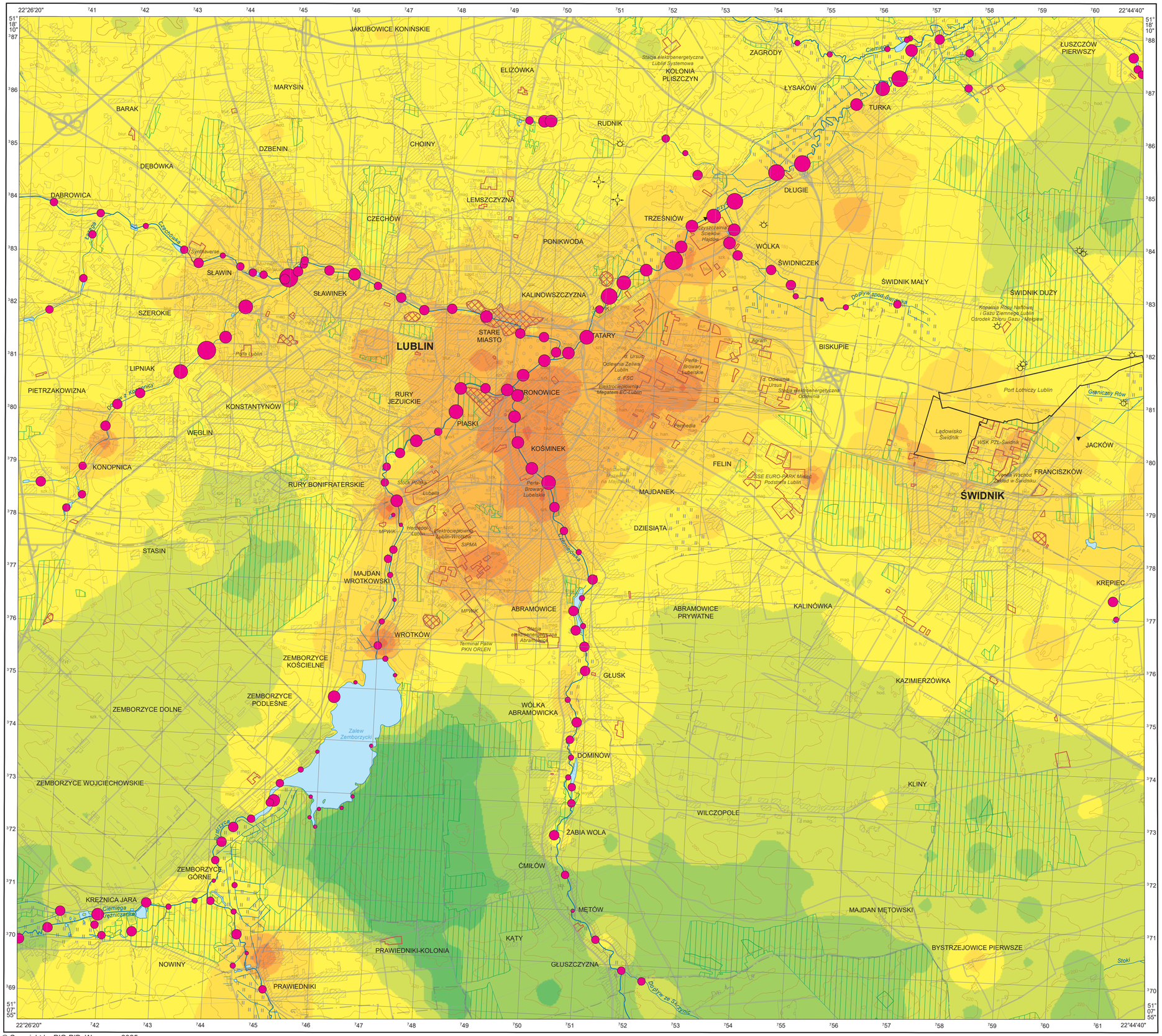
Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Cynk w glebach i osadach wodnych
Zinc in soil and aquatic sediment

Zn



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	66	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	41	Geometric mean
Mediana	35	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl / Percentile	mg/kg
100	1435 max.
98	369
95	204
90	121
75	61
50	35
25	25
10	17
0	min. 4

n = 909

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	95	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	58	Geometric mean
Mediana	67	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl / Percentile	mg/kg
98 – 100	370 – 510 max.
95 – 98	288 – 370
90 – 95	231 – 288
75 – 90	120 – 231
50 – 75	67 – 120
25 – 50	32 – 67
10 – 25	13 – 32
0 – 10	min. 1 – 13

n = 169

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Cynk w wodach powierzchniowych
Zinc in surface water

Zn

Wody powierzchniowe – parametry statystyczne
Surface water – statistical parameters

ppm = mg/dm^3

Średnia arytmetyczna	0,014	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,007	Geometric mean
Mediana	0,008	Median
Granica oznaczalności	0,003	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/dm^3
98 – 100	0,047 – 0,096 max.
95 – 98	0,036 – 0,047
90 – 95	0,030 – 0,036
75 – 90	0,025 – 0,030
50 – 75	0,008 – 0,025
0 – 50	min. <0,003 – 0,008

n = 182

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Acenaften w glebach i osadach wodnych
Acenaphthene in soil and aquatic sediment

Acenaften
Acenaphthene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	9	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	2	Geometric mean
Mediana	1	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	216 max.
98	85
95	59
90	18
75	4
50	1
0	min. <1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	10	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	4	Geometric mean
Mediana	4	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	45 – 100 max.
90 – 95	30 – 45
75 – 90	9 – 30
50 – 75	4 – 9
25 – 50	2 – 4
0 – 25	min. <1 – 2

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Acenaftylen w glebach i osadach wodnych
Acenaphthylene in soil and aquatic sediment

Acenaftylen
Acenaphthylene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	4	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1	Geometric mean
Mediana	1	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	103 max.
98	29
95	18
90	11
75	3
50	1
0	min. <1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	7	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	3	Geometric mean
Mediana	3	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	29 – 33 max.
90 – 95	24 – 29
75 – 90	6 – 24
50 – 75	3 – 6
25 – 50	2 – 3
0 – 25	min. <1 – 2

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Antracen w glebach i osadach wodnych
Anthracene in soil and aquatic sediment

Antracen
Anthracene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	33	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	5	Geometric mean
Mediana	3	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	976 max.
95	166
90	75
75	16
50	3
25	1
0	min. <1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	28	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	10	Geometric mean
Mediana	13	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	126 – 157 max.
90 – 95	92 – 126
75 – 90	30 – 92
50 – 75	13 – 30
25 – 50	6 – 13
0 – 25	min. <1 – 6

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Benzo(a)antracen w glebach i osadach wodnych
Benzo(a)anthracene in soil and aquatic sediment

Benzo(a)antracen
Benzo(a)anthracene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	169	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	35	Geometric mean
Mediana	28	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	5400 max.
98	1675
95	818
90	407
75	102
50	28
25	9
0	min. 2

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	130	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	50	Geometric mean
Mediana	78	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	511 – 614 max.
90 – 95	390 – 511
75 – 90	141 – 390
50 – 75	78 – 141
25 – 50	35 – 78
0 – 25	min. <2 – 35

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

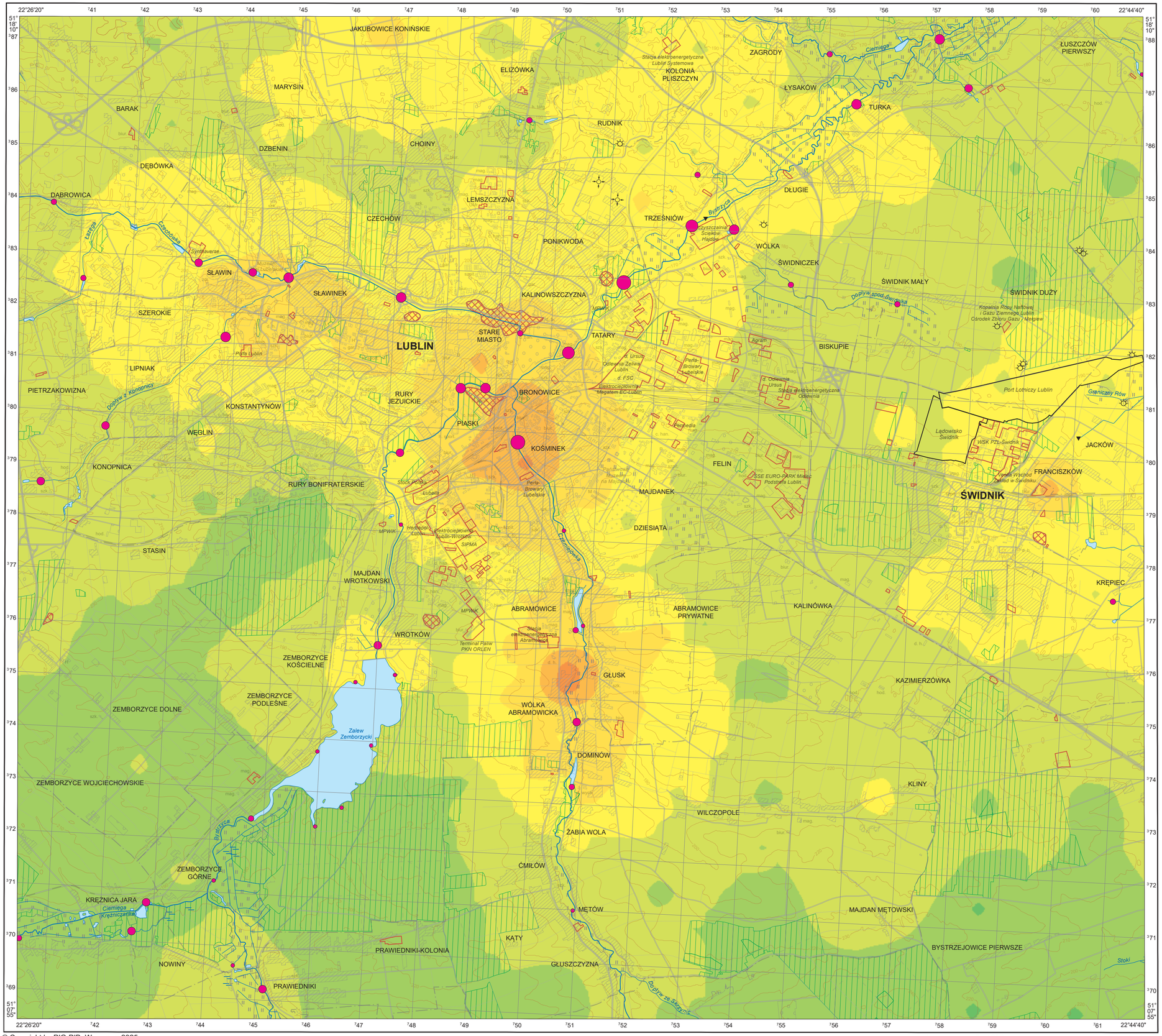
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Benzo(a)piren w glebach i osadach wodnych
Benzo(a)pyrene in soil and aquatic sediment

Benzo(a)piren
Benzo(a)pyrene



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	223	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	47	Geometric mean
Mediana	37	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg	
100		6900 max.
98		2200
95		1237
90		521
75		144
50		37
25		12
0		min. <3

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	168	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	62	Geometric mean
Mediana	99	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	677 – 856 max.
90 – 95	493 – 677
75 – 90	195 – 493
50 – 75	99 – 195
25 – 50	42 – 99
0 – 25	min. <3 – 42

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Benzo(b)fluoranten w glebach i osadach wodnych
Benzo(b)fluoranthene in soil and aquatic sediment

Benzo(b)fluoranten
Benzo(b)fluoranthene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	180	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	50	Geometric mean
Mediana	36	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg	
100		5900 max.
98		1588
95		815
90		437
75		120
50		36
25		16
0		min. <3

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	183	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	69	Geometric mean
Mediana	106	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	654 – 966 max.
90 – 95	595 – 654
75 – 90	236 – 595
50 – 75	106 – 236
25 – 50	47 – 106
0 – 25	min. <3 – 47

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

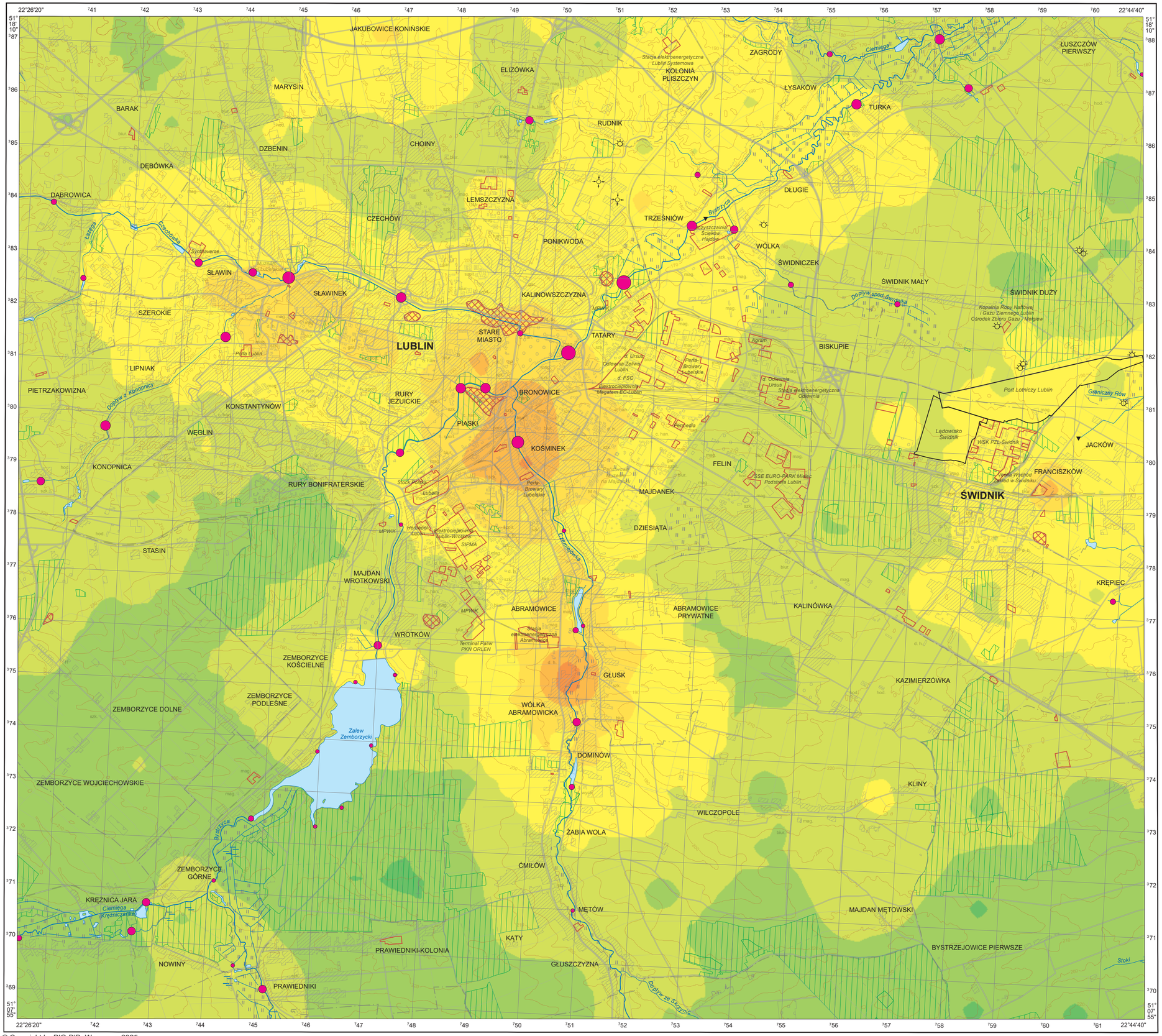
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Benzo(e)piren w glebach i osadach wodnych
Benzo(e)pyrene in soil and aquatic sediment

Benzo(e)piren
Benzo(e)pyrene



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	138	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	38	Geometric mean
Mediana	30	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg	
100		4000 max.
98		1274
95		714
90		342
75		100
50		30
25		12
0		min. <3

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	157	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	60	Geometric mean
Mediana	86	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	624 – 823 max.
90 – 95	489 – 624
75 – 90	199 – 489
50 – 75	86 – 199
25 – 50	48 – 86
0 – 25	min. <3 – 48

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

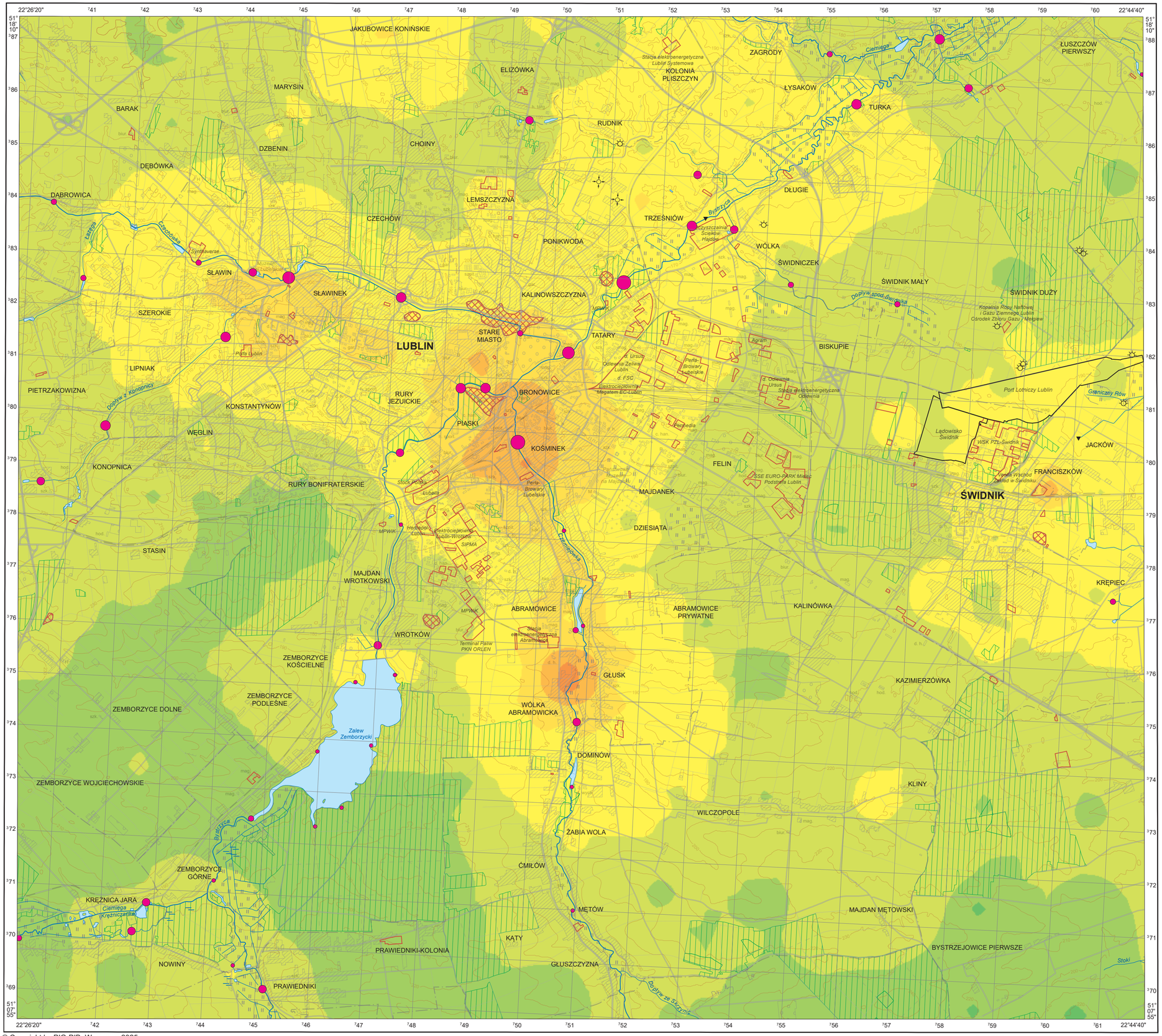
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

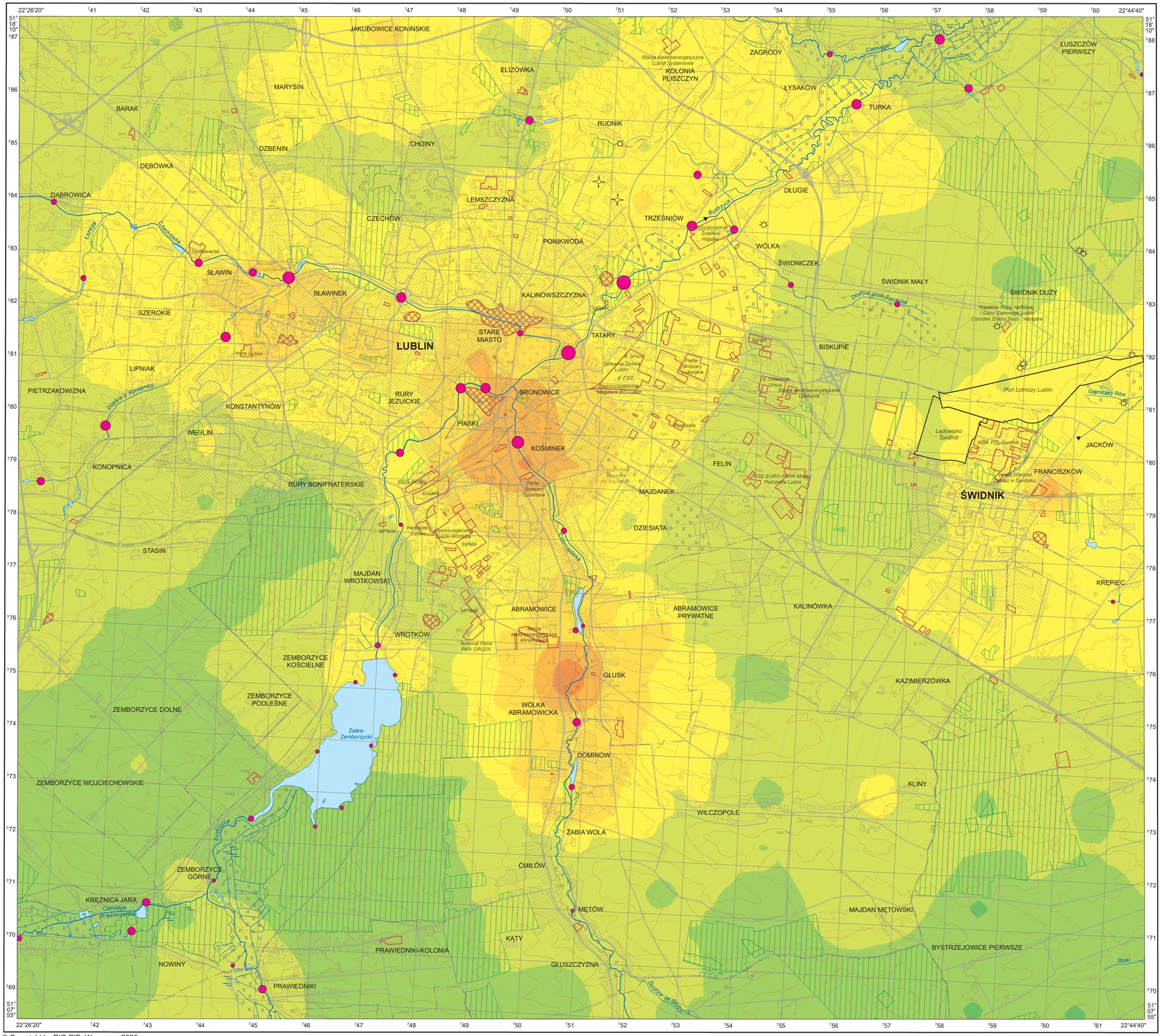
Benzo(g,h,i)perylen w glebach i osadach wodnych
Benzo(g,h,i)perylene in soil and aquatic sediment

Benzo(g,h,i)perylen
Benzo(g,h,i)perylene


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DZBENIN
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
CHOINY
RUDNIK
KOLONIA PLISZCZYN
ZAGRODY
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
DŁUGIE
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
TRZEŚNIÓW
PONIKWODA
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
KALINOWSZCZYZNA
SZEROKIE
STARE MIASTO
TATARY
LUBLIN
BISKUPIE
LIPNIAK
PIETRZAKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
BRONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
FELIN
RURY BONIFRATERSKIE
MAJDANEK
ŚWIDNIK
FRANCISZKÓW
JACKÓW
STASIN
DZIESIĄTA
MAJDAN WROTKOWSKI
KRĘPIEC
ABRAMOWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
WROTKÓW
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
WÓLKA ABRAMOWICKA
DOMINÓW
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
KLINY
WILCZOPOLE
ŻABIA WOLA
ĆMIŁÓW
ZEMBORZYCE GÓRNE
KRĘŻNICA JARA
MĘTÓW
MAJDAN MĘTOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Ciemięga
Bystrzyca
Czechówka
Symtaverse
Dopływ z Konopnicy
Zalew Zemborzycki
Ciemięga (Krężniczanka)
Bystrzyca
Dopływ spod Świdnika
Grabina
Grabina
Stoki
Bystrzyca
Stacja elektroenergetyczna Lublin Systemowa
Stacja elektroenergetyczna Abramowice
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków
Elektrociepłownia Lublin II
Elektrociepłownia Megatem EC Lublin
Oczyszczalnia Ścieków Hajdów
Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Lublin Ośrodek Zbioru Gazu - Mełgiew
Port Lotniczy Lublin
Lądowisko Świdnik
WSK PZL-Świdnik
Vestas Wschód Zakład w Świdniku
SSE EURO-PARK Mielec Podstrefa Lublin
Perła Lublin
Perła-Browary Lubelskie
Agram
d. Ursus Odlewnia Żeliwa Lublin
d. FSC
d. Odlewnia Ursus
Stacja elektroenergetyczna Odlewnia
Perła-Browary Lubelskie
Stacja Paliw
Lubelski
Hetmański
MPWiK
MPWiK
SIPMA
Terminal Paliw PKN ORLEN
Magazyn Gazu
Magazyn Gazu
Magazyn Gazu

Benzo(k)fluoranten w glebach i osadach wodnych
Benzo(k)fluoranthene in soil and aquatic sediment

Benzo(k)fluoranten
Benzo(k)fluoranthene



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	83	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	20	Geometric mean
Mediana	15	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	2800 max.
98	774
95	412
90	196
75	51
50	15
25	6
0	min. <3

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	92	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	34	Geometric mean
Mediana	49	Median
Granica oznaczalności	3	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	411 – 486 max.
90 – 95	303 – 411
75 – 90	106 – 303
50 – 75	49 – 106
25 – 50	23 – 49
0 – 25	min. <3 – 23

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Chryzen w glebach i osadach wodnych
Chrysene in soil and aquatic sediment

Chryzen
Chrysene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	151	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	38	Geometric mean
Mediana	28	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	4700 max.
98	1550
95	774
90	358
75	91
50	28
25	11
0	min. 2

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	145	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	55	Geometric mean
Mediana	82	Median
Granica oznaczalności	2	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	617 – 731 max.
90 – 95	466 – 617
75 – 90	148 – 466
50 – 75	82 – 148
25 – 50	40 – 82
0 – 25	min. <2 – 40

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

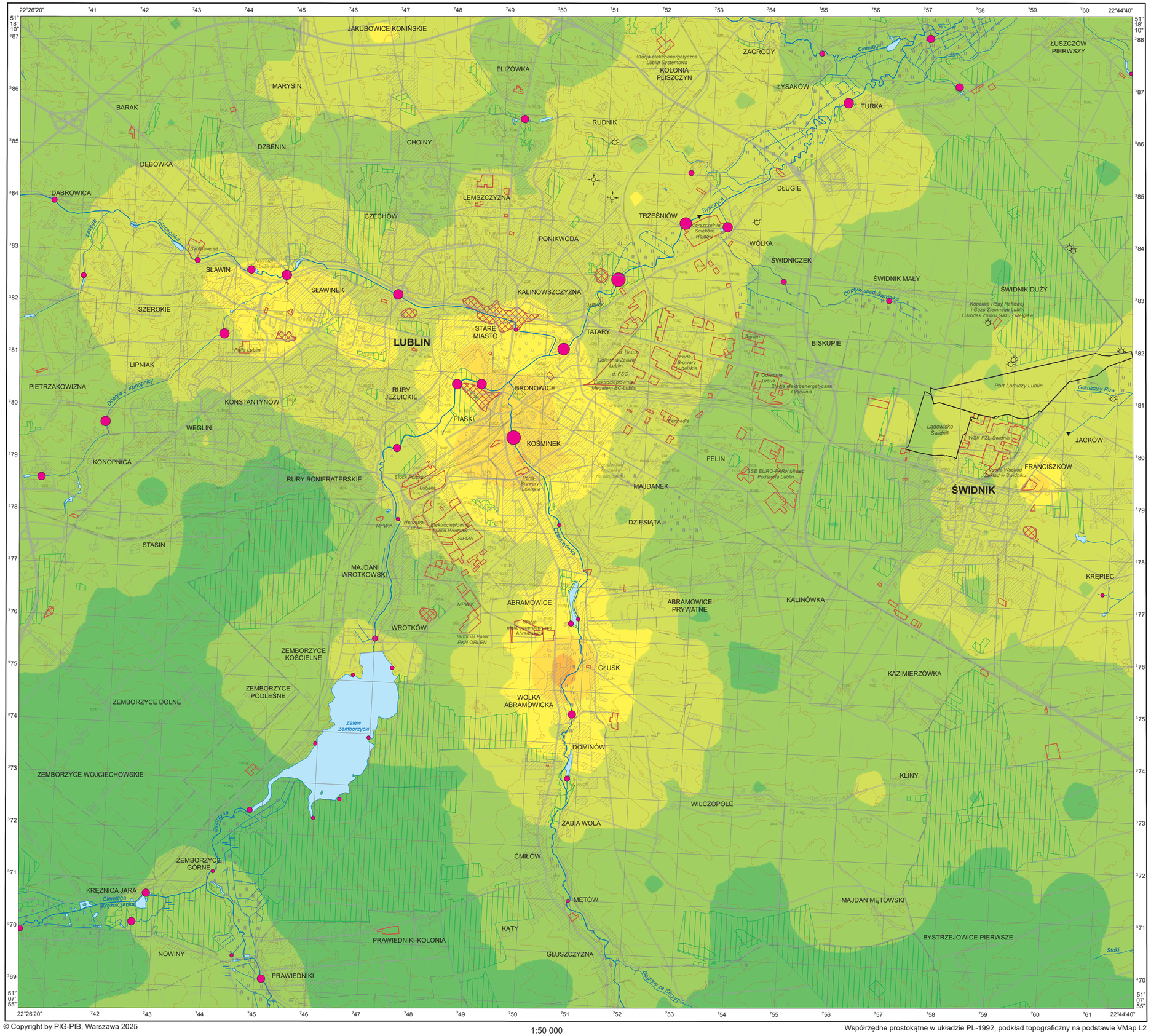
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Dibenzo(a,h)antracen w glebach i osadach wodnych
Dibenz(a,h)anthracene in soil and aquatic sediment

Dibenzo(a,h)antracen
Dibenz(a,h)anthracene



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	33	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	9	Geometric mean
Mediana	6	Median
Granica oznaczalności	5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	1014 max.
98	312
95	159
90	81
75	22
50	6
0	min. <5

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	34	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	16	Geometric mean
Mediana	19	Median
Granica oznaczalności	5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	120 – 190 max.
90 – 95	108 – 120
75 – 90	43 – 108
50 – 75	19 – 43
25 – 50	8 – 19
0 – 25	min. <5 – 8

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fenantren w glebach i osadach wodnych
Phenanthrene in soil and aquatic sediment

Fenantren
Phenanthrene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

Średnia arytmetyczna	148	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	44	Geometric mean
Mediana	31	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg	
100		4200 max.
98		1739
95		653
90		342
75		89
50		31
25		17
0		min. 3

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	133	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	65	Geometric mean
Mediana	86	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	486 – 609 max.
90 – 95	372 – 486
75 – 90	178 – 372
50 – 75	86 – 178
25 – 50	47 – 86
10 – 25	6 – 47
0 – 10	min. 2 – 6

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fluoranten w glebach i osadach wodnych
Fluoranthene in soil and aquatic sediment

Fluoranten
Fluoranthene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	307	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	72	Geometric mean
Mediana	54	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl / Percentile	µg/kg
100	10 000 max.
98	3100
95	1476
90	727
75	185
50	54
25	20
10	13
0	min. 5

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	275	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	107	Geometric mean
Mediana	158	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl / Percentile	µg/kg
95 – 100	1178 – 1321 max.
90 – 95	895 – 1178
75 – 90	282 – 895
50 – 75	158 – 282
25 – 50	67 – 158
10 – 25	6 – 67
0 – 10	min. 1 – 6

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Fluoren w glebach i osadach wodnych
Fluorene in soil and aquatic sediment

Fluoren
Fluorene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	13	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	4	Geometric mean
Mediana	3	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	310 max.
98	113
95	68
90	25
75	8
50	3
25	2
0	min. <1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	17	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	8	Geometric mean
Mediana	12	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	55 – 72 max.
90 – 95	49 – 55
75 – 90	21 – 49
50 – 75	12 – 21
25 – 50	4 – 12
0 – 25	min. <1 – 4

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

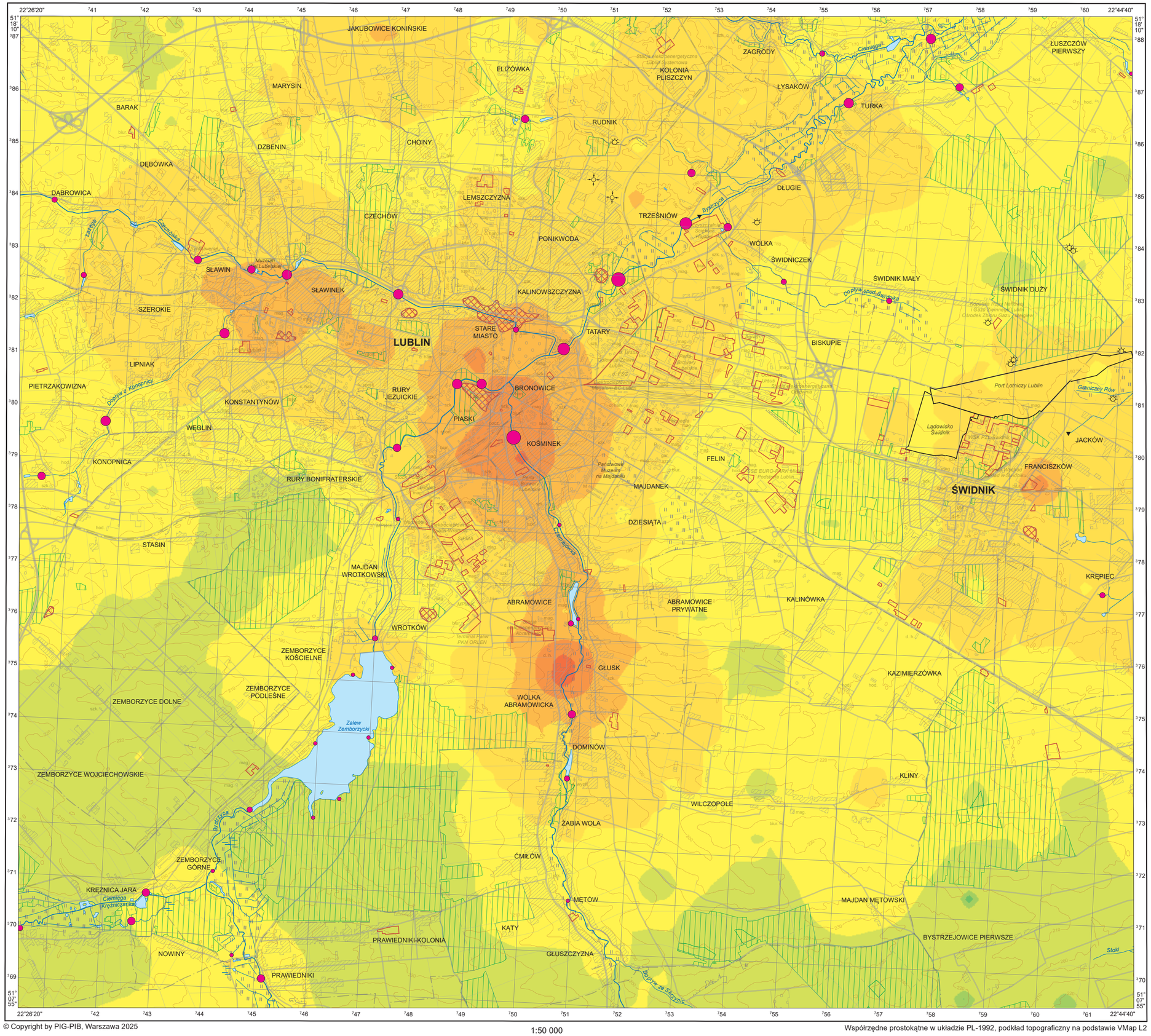
1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

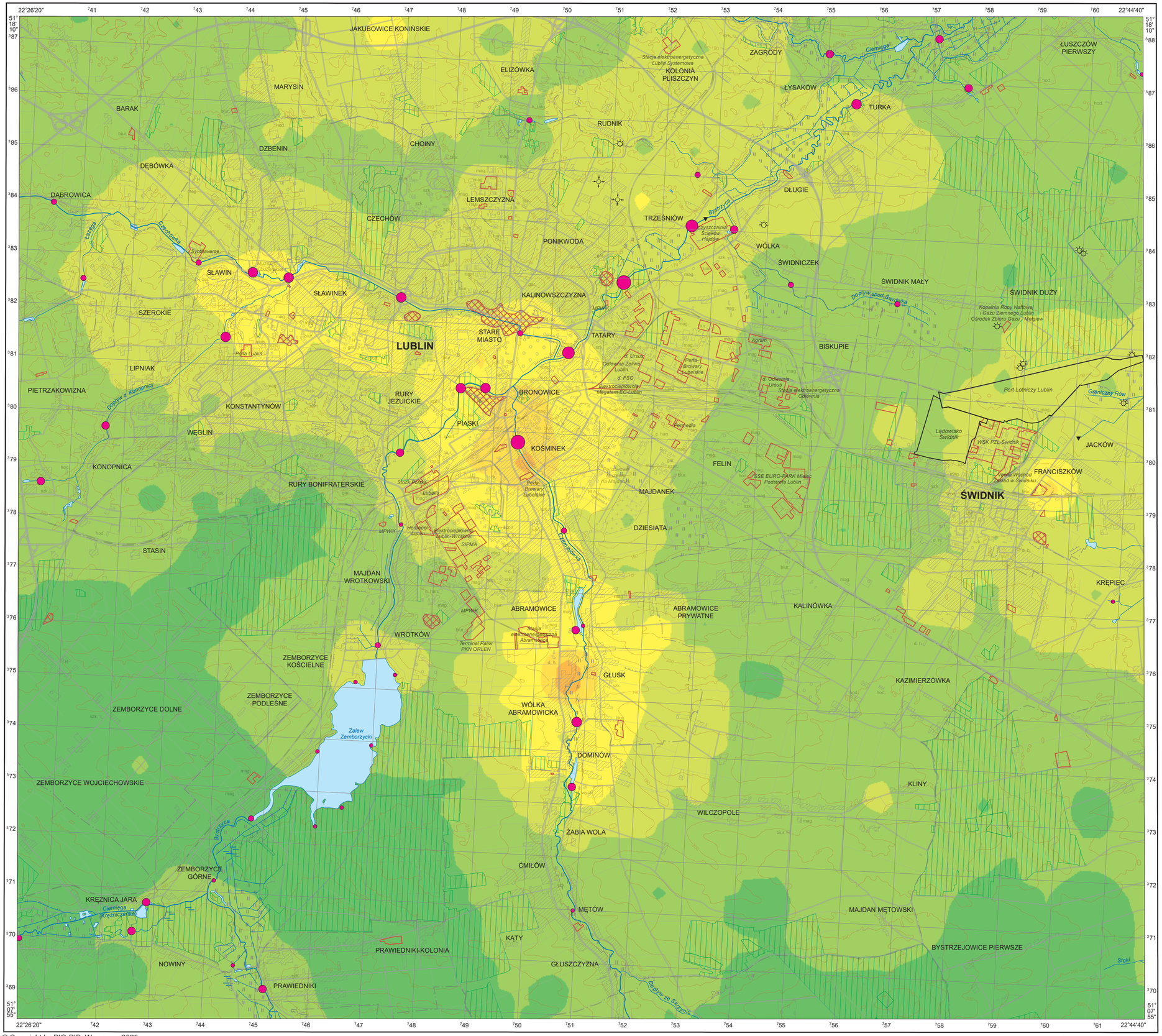
Indeno(1,2,3-cd)piren w glebach i osadach wodnych
Indeno(1,2,3-cd)pyrene in soil and aquatic sediment

Indeno(1,2,3-cd)piren
Indeno(1,2,3-cd)pyrene


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
DZBENIN
CHOINY
RUDNIK
KOLONIA PLISZCZYN
ZAGRODY
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
DŁUGIE
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
TRZEŚNIÓW
PONIKWODA
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
KALINOWSZCZYZNA
SZEROKIE
STARE MIASTO
TATARY
LUBLIN
BISKUPIE
LIPNIAK
PIETRZAKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
BRONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
RURY BONIFRATERSKIE
FELIN
MAJDANEK
ŚWIDNIK
JACKÓW
FRANCISZKÓW
STASIN
DZIESIĄTA
MAJDAN WROTKOWSKI
ABRAMOWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
KRĘPIEC
WROTKÓW
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
WÓLKA ABRAMOWICKA
Zalew Zemborzycki
DOMINÓW
KLINY
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
WILCZOPOLE
ŻABIA WOLA
ĆMIŁÓW
ZEMBORZYCE GÓRNE
KRĘŻNICA JARA
MĘTÓW
MAJDAN MĘTOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Bystrzyca
Czarnogóra
Czarnieńka
Dopływ z Konopnicy
Dopływ spod Świdnika
Graniczny Rów
Port Lotniczy Lublin
Lądowisko Świdnik
Ciemięga Krężnicka
Dopływ ze Stecznic
Stoki
Muzeum Wsi Lubelskiej
Państwowe Muzeum na Majdanku
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków
Terminal Paliw PKN ORLEN
Stacja Elektroenergetyczna Lublin Systemowa
Elektrociepłownia Lublin EC Lublin
Kopalnia Piasku Kalinowa
Ośrodek Zabiegowy Gazu Ziemnego Lublin
Ośrodek Zabiegowy Gazu Ziemnego Motycz
MSK PZBSwidnik
Browary Lubelskie
Cukrownia Lublin
Fabryka Obrabiarek Lublin
Huta Szkła Gospodarczego
Lubelskie Zakłady Zbożowe
Lubelskie Zakłady Przemysłu Ziemniaczanego
Lubelskie Zakłady Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Tytoniowego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Terenowego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Mięsnego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Cukierniczego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Spożywczego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Rolnego
Lubelskie Zakłady Przemysłu Mleczarskiego
Lubelskie Zakłady Przemysłu

Perylen w glebach i osadach wodnych
Perylene in soil and aquatic sediment

Perylen
Perylene


JAKUBOWICE KONIŃSKIE
ELIZÓWKA
MARYSIN
BARAK
DZBENIN
DĘBÓWKA
DĄBROWICA
CHOINY
RUDNIK
KOLONIA PLISZCZYN
ZAGRODY
ŁYSAKÓW
TURKA
ŁUSZCZÓW PIERWSZY
DŁUGIE
LEMSZCZYZNA
CZECHÓW
TRZEŚNIÓW
PONIKWODA
WÓLKA
ŚWIDNICZEK
ŚWIDNIK MAŁY
ŚWIDNIK DUŻY
SŁAWIN
SŁAWINEK
KALINOWSZCZYZNA
SZEROKIE
STARE MIASTO
TATARY
LUBLIN
BISKUPIE
LIPNIAK
PIETRZAKOWIZNA
RURY JEZUICKIE
BRONOWICE
KONSTANTYNÓW
PIASKI
WĘGLIN
KOŚMINEK
KONOPNICA
FELIN
RURY BONIFRATERSKIE
MAJDANEK
ŚWIDNIK
JACKÓW
FRANCISZKÓW
STASIN
DZIESIĄTA
MAJDAN WROTKOWSKI
KRĘPIEC
ABRAMÓWICE
ABRAMOWICE PRYWATNE
KALINÓWKA
WROTKÓW
ZEMBORZYCE KOŚCIELNE
GŁUSK
KAZIMIERZÓWKA
ZEMBORZYCE PODLEŚNE
ZEMBORZYCE DOLNE
WÓLKA ABRAMOWICKA
DOMINÓW
ZEMBORZYCE WOJCIECHOWSKIE
KLINY
WILCZOPOLE
ŻABIA WOLA
ZEMBORZYCE GÓRNE
ĆMIŁÓW
KRĘŻNICA JARA
MĘTÓW
MAJDAN MĘTOWSKI
KĄTY
PRAWIEDNIKI-KOLONIA
BYSTRZEJOWICE PIERWSZE
NOWINY
GŁUSZCZYZNA
PRAWIEDNIKI
Ciemięga
Bystrzyca
Czerniejówka
Dopływ z Konopnicy
Dopływ spod Świdnika
Granowski Rów
Stoki
Zalew Zemborzycki
Stacja elektroenergetyczna Lublin Systemowa
Elektrociepłownia Lublin-Wrotków
Stacja elektroenergetyczna Abramów
Terminal Paliw PKN ORLEN
Oczyszczalnia Ścieków Hajdów
Elektrociepłownia Megatem EC Lublin
Stacja elektroenergetyczna Odlewnia
Odlewnia Żeliwa Lublin
Odlewnia Ursus
Perfedia
Perfa-Browary Lubelskie
Agram
Port Lotniczy Lublin
Lądowisko Świdnik
WSK PZL-Świdnik
SSE EURO-PARK Mielec Podstrefa Lublin
Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego Lublin Ośrodek Zbioru Gazu Mełgiew
Herbapol Lublin
Stock Polska
Lubella
SIPMA
MPWiK
Muzeum Lubelskie
Muzeum Wsi Lubelskiej
Muzeum Majdanek
Zakład w Świdniku
Fabryka Wschód
Fabryka Zachód
Fabryka Północ
Fabryka Południe
Fabryka Południe-Wschód
Fabryka Południe-Zachód
Fabryka Północ-Wschód
Fabryka Północ-Zachód
Fabryka Centrum
Fabryka Centrum-Wschód
Fabryka Centrum-Zachód
Fabryka Centrum-Południe
Fabryka Centrum-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Wschód
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Zachód
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Wschód
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Zachód
Fabryka Centrum-Południe-Wschód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Południe-Zachód-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe-Południe
Fabryka Centrum-Północ-Wschód-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ-Północ
Fabryka Centrum-Północ-Zachód-Północ

Piren w glebach i osadach wodnych
Pyrene in soil and aquatic sediment

Piren
Pyrene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	283	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	63	Geometric mean
Mediana	45	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg	
100		9100 max.
98		2900
95		1527
90		667
75		172
50		45
25		17
10		11
0		min. 4

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	243	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	87	Geometric mean
Mediana	136	Median
Granica oznaczalności	1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	1037 – 1199 max.
90 – 95	755 – 1037
75 – 90	247 – 755
50 – 75	136 – 247
25 – 50	60 – 136
10 – 25	5 – 60
0 – 10	min. <1 – 5

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Dieldryna w glebach i osadach wodnych
Dieldrin in soil and aquatic sediment

Dieldryna
Dieldrin

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	8,4 max.
98	0,4
95	0,1
0	min. <0,1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	0,5 – 1,4 max.
90 – 95	0,4 – 0,5
0 – 90	min.<0,1 – 0,4

n = 49

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Heksachlorobenzen w glebach i osadach wodnych
Hexachlorobenzene in soil and aquatic sediment

Heksachlorobenzen
Hexachlorobenzene

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	10,8 max.
98	1,9
95	0,8
90	0,4
75	0,2
0	min. <0,1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	0,4	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,1	Geometric mean
Mediana	0,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	1,4 – 5,5 max.
90 – 95	0,8 – 1,4
75 – 90	0,3 – 0,8
50 – 75	0,1 – 0,3
0 – 50	min. <0,1 – 0,1

n = 49

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

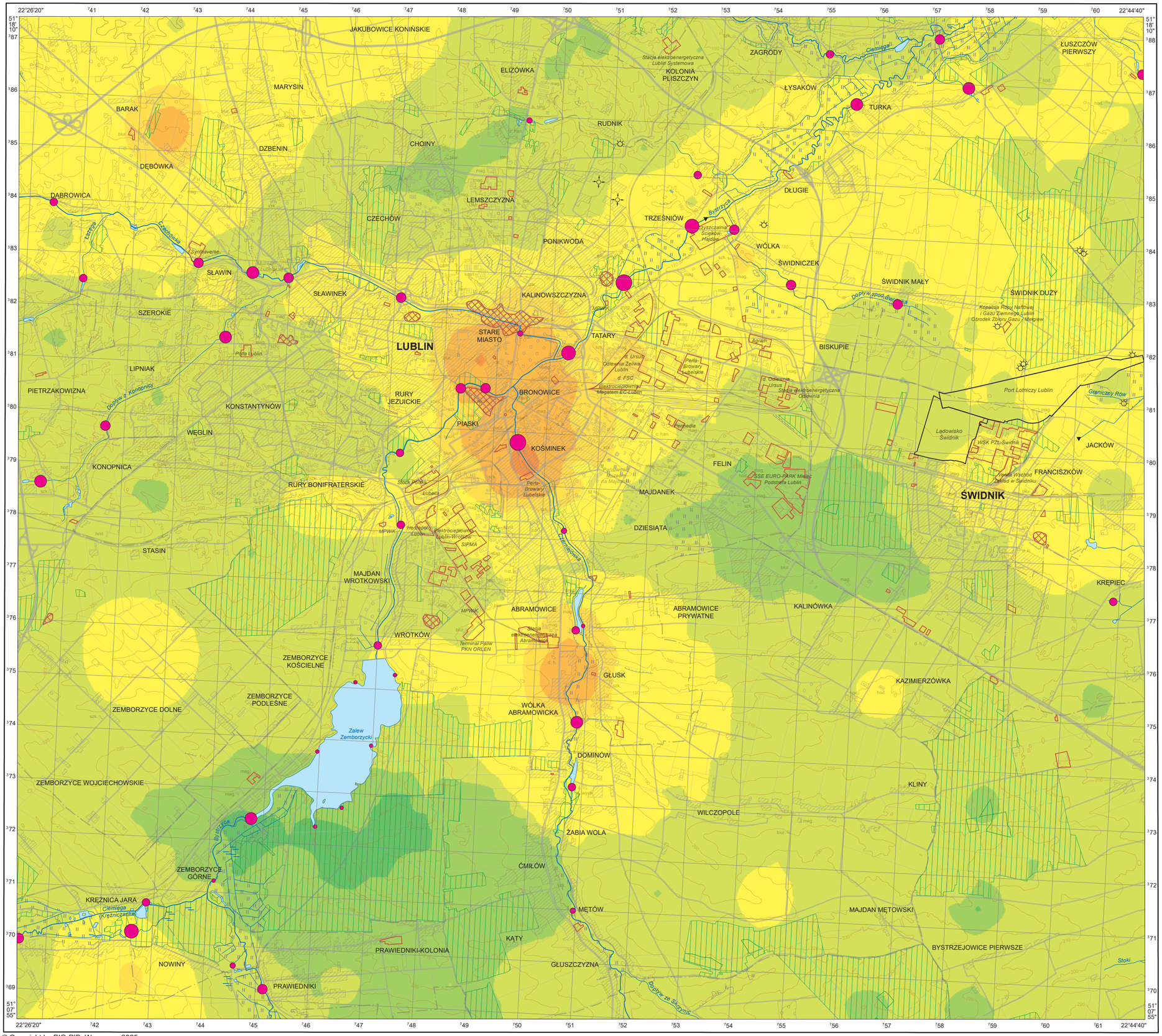
Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

p,p'-DDT i jego metabolity (suma) w glebach i osadach wodnych

p,p'-DDT and its metabolites (sum) in soil and aquatic sediment

DDT, DDE i DDD (suma)

DDT, DDE and DDD (sum)



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	18,6	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	6,2	Geometric mean
Mediana	5,3	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl / Percentile	µg/kg
100	391 max.
98	147
95	68
90	46
75	15
50	5,3
25	2,1
0	0,1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	6,5	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	3,2	Geometric mean
Mediana	5,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl / Percentile	µg/kg
95 – 100	20 – 40 max.
90 – 95	16 – 20
75 – 90	7,7 – 16
50 – 75	5,1 – 7,7
25 – 50	1,8 – 5,1
10 – 25	0,3 – 1,8
0 – 10	min. 0,1 – 0,3

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

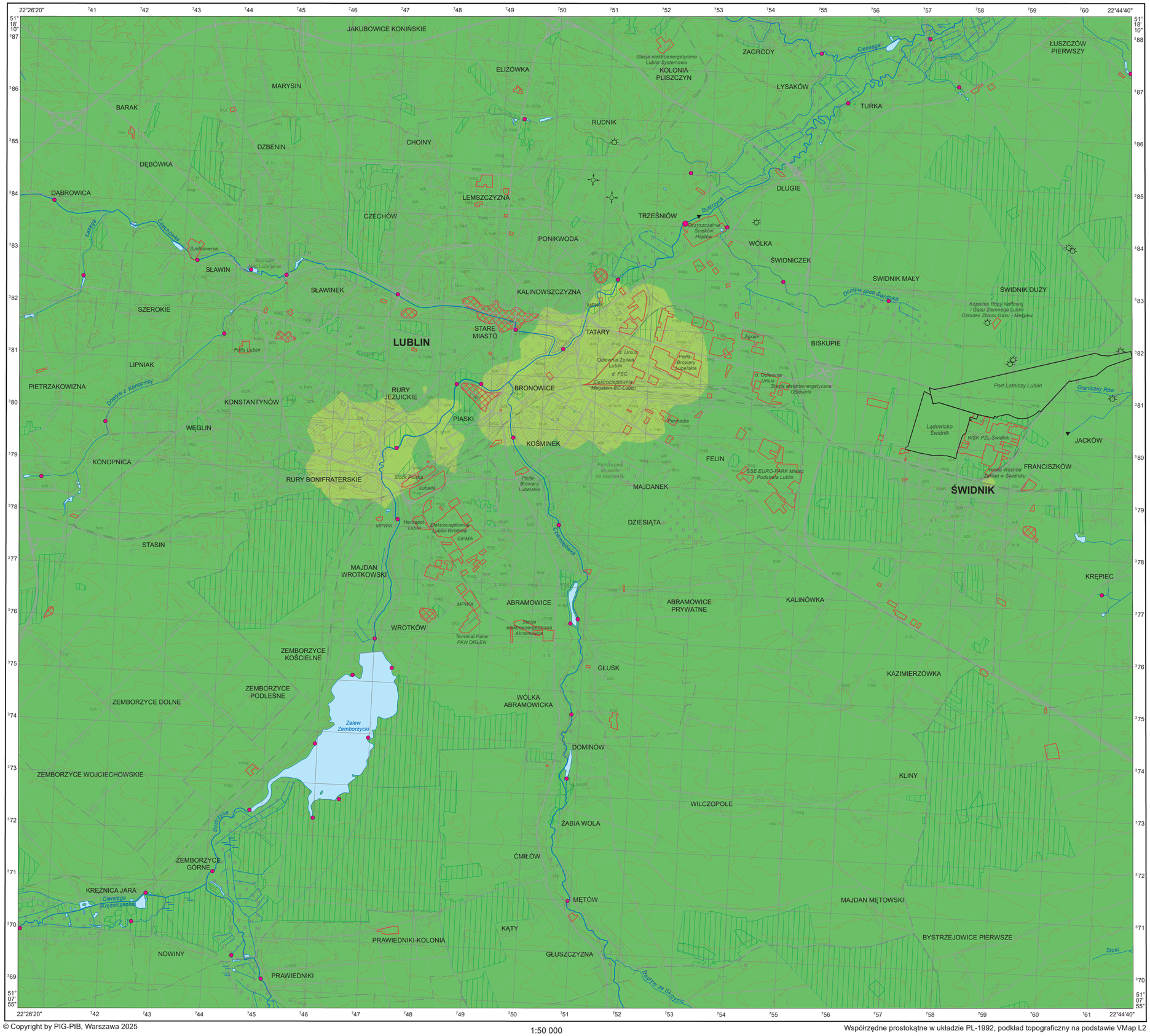
- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Heksachlorocykloheksan (suma) w glebach i osadach wodnych

Hexachlorocyclohexane (sum) in soil and aquatic sediment

HCH (suma)

HCH (sum)



© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,5	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	5,8 max.
98	0,6
0	min. <0,5

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	n.o.	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	n.o.	Geometric mean
Mediana	<0,5	Median
Granica oznaczalności	0,5	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	0,5 – 1,9 max.
0 – 95	min. <0,5 – 0,5

n = 49

„n.o." nie obliczono, gdy odsetek wyników poniżej granicy oznaczalności przekraczał 50%
not calculated when the percentage of the results below determination limit exceeded 50%

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

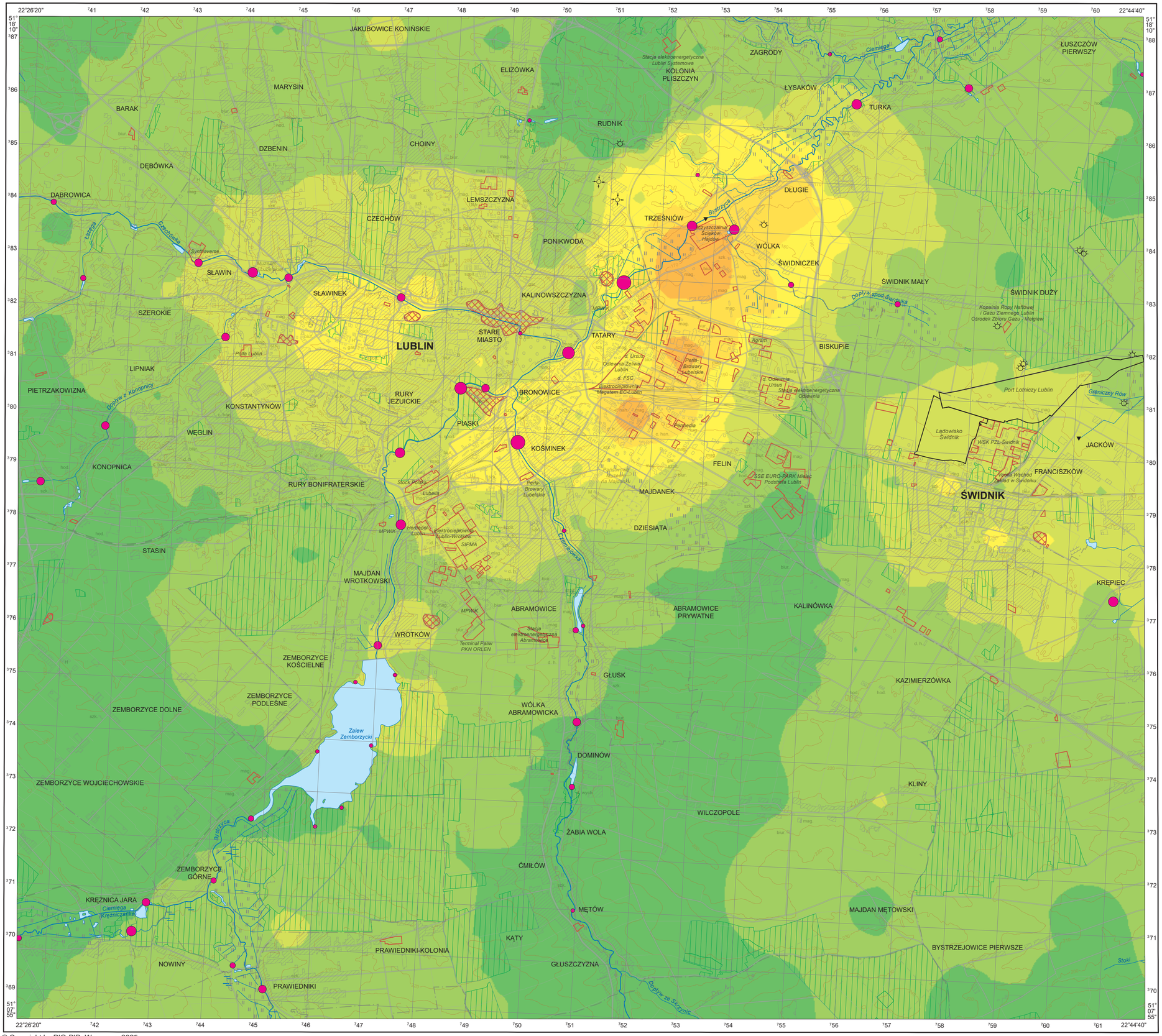
- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

Polichlorowane bifenyle (suma) w glebach i osadach wodnych

Polychlorinated biphenyls (sum) in soil and aquatic sediment

PCB (suma)

PCB (sum)



Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	1,0	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	0,2	Geometric mean
Mediana	0,2	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
100	46 max.
98	6,5
95	4,1
90	2,2
75	0,7
50	0,2
0	min. <0,1

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppb = µg/kg

Średnia arytmetyczna	3,8	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	1,1	Geometric mean
Mediana	2,1	Median
Granica oznaczalności	0,1	Determination limit

Percentyl Percentile	µg/kg
95 – 100	11 – 50 max.
90 – 95	7,4 – 11
75 – 90	4,3 – 7,4
50 – 75	2,1 – 4,3
25 – 50	0,3 – 2,1
0 – 25	min. <0,1 – 0,3

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Suma olejów mineralnych w glebach i osadach wodnych
Sum of mineral oils in soil and aquatic sediment

Suma olejów mineralnych
Sum of mineral oils

Gleby – parametry statystyczne
Soil – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	38,7	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	15,8	Geometric mean
Mediana	12,6	Median
Granica oznaczalności	10,0	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
100	950 max.
98	346
95	148
90	86,0
75	36,2
50	12,6
0	min. <10,0

n = 237

Osady wodne – parametry statystyczne
Aquatic sediment – statistical parameters

ppm = mg/kg = g/t

Średnia arytmetyczna	318	Arithmetic mean
Średnia geometryczna	93,0	Geometric mean
Mediana	149	Median
Granica oznaczalności	10,0	Determination limit

Percentyl Percentile	mg/kg
95 – 100	1400 – 2000 max.
90 – 95	820 – 1400
75 – 90	347 – 820
50 – 75	149 – 347
25 – 50	25,5 – 149
0 – 25	min.<10,0 – 25,5

n = 49

Objaśnienia wybranych znaków topograficznych
Explanation of selected topographic signs

- Lasy / Forests
- Obszary przemysłowe / Industrial areas
- Lotniska / Airports
- Hałdy i nasypy / Dumps and embankments
- Miejsca zrzutu ścieków / Sewage discharge points
- Odwierty eksploatacyjne / Production boreholes
- Odwierty zatłaczające / Injection boreholes

© Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2025

1:50 000

0 1 2 3 4 5 km

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

ISBN 978-83-68623-85-7