

WPŁYW EKSPLOATACJI SIARKI NA CECHY GEOCHEMICZNE ŚRODOWISKA POWIERZCHNIOWEGO ZŁÓŻ SIARKI Z POGRANICZA POLSKO-UKRAIŃSKIEGO

IMPACT OF SULPHUR EXPLOITATION ON GEOCHEMICAL FEATURES OF SURFICIAL ENVIRONMENT OF SULPHUR DEPOSITS FROM POLISH-UKRAINIAN BORDERLAND

ANDRZEJ GĄSIEWICZ¹, MAREK JASIONOWSKI¹, ANDRIY POBERZHSKYY²

Abstrakt. Eksploatacja złóż siarki rodzimej prowadzi do znacznej degradacji środowiska naturalnego. Złóża siarki Basznia i Niemirów znajdujące się na północnym obrzeżu zapadliska przedkarpaccyckiego, na pograniczu Polski i Ukrainy, eksploatowane metodą otworową, w latach 90. ubiegłego wieku zostały zamknięte. Tereny poeksploatacyjne charakteryzują się znacznym przekształceniem mechanicznym i chemicznym gleb oraz degradacją przypowierzchniowych warstw gruntu. Badania geochemiczne próbek gleby z obszaru eksploatacji wskazują na silne zakwaszenie gleby (pH zwykle 2–6) oraz podwyższoną koncentrację Ba, Ca, S i Sr na obszarze poeksploatacyjnym względem obszaru otaczającego.

Słowa kluczowe: złoża siarki, zanieczyszczenie środowiska, geochemia, Basznia, Niemirów.

Abstract. Native sulphur exploitation leads to strong degradation of natural environment. Sulphur deposits like Basznia and Nemyriv occurring along the northern margin of the Carpathian Foredeep in the Polish-Ukrainian borderland were exploited using method of underground melting by hot water. The exploitation was stopped in the nineties. The sulphur mine areas are characterized by strong mechanical and chemical soil transformations. Geochemical analyses of soil and subsoil material reveal that the anthropogenic changed soils are distinctly acidic (mostly pH = 2–6) and enriched Ba, Ca, S and Sr compared to adjacent forest and agriculture grounds.

Key words: sulphur deposits, environmental pollution, geochemistry, Basznia, Nemyriv.

WSTĘP

Eksploatacja złóż siarki prowadzi do silnej degradacji środowiska powierzchniowego. Zagospodarowywanie środowiska, a następnie prowadzenie działalności górniczej powoduje znaczne przekształcenia mechaniczne gruntów powierzchniowych występujących na polach górniczych i w ich bezpośrednim otoczeniu. Sprowadza się to do zniszczenia lub zaburzenia pierwotnej struktury i tekstury gruntów, a tym samym do zmiany ich właściwości fizycznych

i chemicznych. Oprócz zmiany przypowierzchniowych stężeń wódnych i cech wód porowych eksploatacja siarki rodzimej prowadzi do różnorodnych zanieczyszczeń warstw powierzchniowych gruntu wydobywanym surowcem. Towarzyszące temu awaryjne lub erupcyjne wypływy wód złożowych oraz ulatniający się siarkowodor wpływają tym samym na jakość wód podziemnych i powierzchniowych. Czynniki te prowadzą do wielu zmian chemicznych w warstwie gruntu

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: andrzej.gasiewicz@pgi.gov.pl, marek.jasionowski@pgi.gov.pl

² Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals NASU, Naukova 3a, 79060 Lviv, Ukraina; e-mail: igggk@mail.lviv.ua

i przyczyniają się do zaburzenia dotychczasowych cykli biogeochemicznych. Prowadzi to do dalszych przemian chemicznych w składzie mineralnym gruntów i dodatkowo wpływa na stan środowiska.

Najbardziej istotnym czynnikiem wpływającym na degradację gleb w rejonie kopalń siarki rodzimej były pyły siarki, przemieszczające się ze składowisk w czasie kruszenia i załadunku, oraz wydobywająca się siarka lub wody zawierające siarkowodor podczas awarii rurociągów, erupcji z otworów i odprężania otworów eksploatacyjnych (Małecki, 1993; Uberman, Gorylewski, 1999). Skażenie gruntu, wód i powietrza atmosferycznego ma niekorzystny wpływ na gleby i roślinność na skutek zakwaszenia i obniżenia produktywności gleb rolniczych i leśnych. Stałe zanieczyszczanie gleb emitowanymi do atmosfery związkami siarki powoduje wzrost kwasowości hydrolitycznej i obniżenie odczynu (pH) gleb. Odczyn gleby wywiera decydujący wpływ na przebieg wielu procesów glebotwórczych, a zwłaszcza na przyswajanie przez rośliny składników pokarmowych. Silne zakwaszenie gleby wynika z osiadania pyłów siarki i zmywania jej i jej związków przez opady atmosferyczne z pól górniczych i składowisk, a następnie utlenianie się siarki, co prowadzi do utworzenia kwasu siarkowego. Spadek pH gleby poniżej 4 powoduje zmiany w strukturach sorpcyjnych, niszczenie koloidów glebowych, uwalnianie toksycznych jonów, hamuje aktywność mikrobiologiczną, a szczególnie sprzyja wymywaniu podstawowych biopierwiastków, jak np. potas, magnez, fosfor i wielu innych (Uberman, Gorylewski,

1999; Cieśla, 2001; Migaszewski, Gałuszka, 2007). Zatem dla przygotowania programów rekultywacyjnych takich obszarów pogórnich istotne staje się rozpoznanie stopnia zanieczyszczenia spowodowanego eksploatacją oraz zmian chemizmu przypowierzchniowej warstwy gruntu. Kluczowego znaczenia w tym kontekście nabiera siarka rodzima, jako najbardziej znaczący czynnik zanieczyszczający glebę na takich obszarach.

Stan powierzchni terenów po eksploatacji złóż siarki jest podobny po obu stronach granicy polsko-ukraińskiej. Bliskie sąsiedztwo obu kopalń, wyraźne powiązanie geograficzne rejonów przygranicznych stworzyło potrzebę łącznego podejścia do rozpoznania trendów zanieczyszczenia środowiska powierzchniowego spowodowanego wpływem górnictwa podziemnego wytopu siarki rodzimej. Liczne raporty dotyczące rejonu kopalni Basznia sygnalizowały wpływ rozmaitych zanieczyszczeń strefy powierzchniowej terenu (np. Klich i in., 2004 z literaturą), ale systematycznych i szerszych prac analitycznych skoncentrowanych na cechach chemicznych gruntu nie prowadzono. Również żadnych takich badań nie wykonano na obszarze pogórnym kopalni Niemirów. Rozpoznanie to stanowiło główny cel przeprowadzonych prac terenowych i analitycznych, a jego wyniki są przedstawione w niniejszym opracowaniu.

Przedstawione wyniki prac mogą również posłużyć ogólnej ocenie tempa zmian geochemicznych, jakie zaszły w ciągu kilkunastu lat po zakończeniu eksploatacji siarki na tych obszarach.

LOKALIZACJA I BUDOWA GEOLOGICZNA OBSZARU BADAŃ

Badaniami objęto powierzchniowy rejon mioceńskiego złoża siarki rodzimej na pograniczu Polski i Ukrainy, rozciągającego się wydłużonym pasem z południowo-wschodniej części Polski (złożo Basznia, w rejonie Lubaczowa, woj. podkarpackie) przez granicę na teren północno-zachodniej Ukrainy (złożo Niemirów) w brzeżnej części zapadliska przedkarpackiego, przy jego kontakcie z Roztoczem. Na tym obszarze na podłożu mezozoicznym (kreda) spoczywa gruby kompleks osadów mioceńskich. Złoża siarki są związane z badeńskim poziomem ewaporatowym i ciągną się wąskim pasem o długości około 40 km od okolic Lubaczowa w Polsce (Pawłowski i in., 1974) po okolice Jaworowa i Szkła na Ukrainie (Gerasimov i in., 2004).

Złoża siarki występują na różnej głębokości. Złożo Basznia zanurza się ku NW, miąższość klastycznej serii nadkła-du jest zmienna, od ok. 230 do 370 m, w złożu Niemirów – 160–280 m. Obszar, na którym prowadzono eksploatację, znajduje się na południowych obrzeżach wsi Basznia Górna i Podlesie, a po stronie ukraińskiej – przy granicy, na zachód od Niemirowa. Obszar eksploatacji na złożu Basznia stanowi znikomy procent powierzchni złoża (ok. 10 ha) i tworzy w przybliżeniu prostokąt o wymiarach 150 na 600 m. Podobnie jest na złożu Niemirów, gdzie eksploatacją objęto jedynie część złoża, choć względem złoża Basznia znacznie większy (fig. 1).



Fig. 1. Uproszczona mapa geologiczna rejonu występowania złóż siarki rodzimej na pograniczu polsko-ukraińskim

Simplified geological map of the native sulphur deposits area at the Polish-Ukrainian borderland

Oba złoża były eksploatowane metodą otworową. Eksploatacja siarki z obu złóż została zaniechana w latach 90. ubiegłego wieku (złóż Basznia w 1993 r.).

Nadkład grubej pokrywy utworów mioceńskich w rejonie obu złóż stanowią osady czwartorzędowe, polodowcowe, związane ze starszymi zlodowaceniami plejstocenu. Osady te osiągają maksymalnie do kilkudziesięciu metrów miąższości. W rejonie złoża Basznia średnia miąższość osadów plejstocenu i holocenu wynosi ok. 18 m (Klich i in., 2004). Pokrywa osadów czwartorzędowych tworzy rozległą równinę morenowo-sandrowo-aluwialną między Rostoczem a zapadliskiem przedkarpackim, z głównymi rzekami Solinką i Papiernią, należącymi do dorzecza Sanu.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARÓW EKSPLOATACJI

Teren, na którym prowadzono eksploatację otworową siarki, jest przekształcony i zdegradowany. Oprócz zmienionej antropogenicznie topografii uderzającą cechą są resztki niezlikwidowanej infrastruktury przemysłowej i brak czynności rekultywacyjnych. Obszary objęte wcześniej eksploatacją górniczą są zróżnicowane topograficznie i w różnym stopniu pokryte roślinnością (fig. 2, 3, 4).

Prace górnicze były poprzedzone przygotowaniem terenu pod eksploatację. W tym celu na dużych obszarach usunięto skupiska roślin krzewiastych i drzew, wykonano miejscowo niwelację terenu, zbudowano liczne polne drogi dojazdowe do instalacji wydobywczych i otworów piezometrycznych oraz rowy odwadniające. Dodatkowy ubytek roślinności i zaburzenia powierzchniowej warstwy terenu były spowodowane samymi pracami wiertniczymi i budową instalacji wydobywczych. W efekcie tego obszary złoża, na których była prowadzona eksploatacja, są w większości pozbawione roślinności lub cechują się stosunkowo niewielkim rozwojem roślin trawiastych. Obszary te są przedzielone enklawami leśnymi, względnie niezaburzonymi przez działalność górniczą. Ponadto pomiędzy otworami eksploatacyjnymi bardziej odległymi od siebie występują kępy nowych, większych roślin, których rozwój był możliwy dzięki mniejszej degradacji tego terenu. Wyraźnie obfitsza i bujniejsza roślinność występuje tam, gdzie jedynie przygotowano otwory do wydobycia, a nie prowadzono eksploatacji, jak to ma miejsce np. na terenie kopalni Basznia. Ta część terenu kopalni jest mniej zdegradowana i jest porośnięta już nową roślinnością trawiasto-krzewiastą i młodymi drzewami. Obszary kopalń, gdzie nie prowadzono intensywnych prac górniczych, są obecnie porośnięte dziką roślinnością, tworzącą nieregularne zagajniki. Charakter roślinności jest zmienny, od sezonowej do stałej i od trawiastej do krzewiastej i drzewiastej.

Po zamknięciu kopalń obszary wcześniejszej eksploatacji zostały miejscowo splantowane i obecnie są miejscami porośnięte nową roślinnością. Oprócz degradacji powierzchniowej na terenach poeksploatacyjnych pozostawiono resztki infrastruktury, składowiska różnego rodzaju

Utwory czwartorzędowe są reprezentowane głównie przez gliny lodowcowe, piaski, pospółki, żwiry i mulki, a utwory holoceniowe – przez gleby piaszczyste, piaski rzeczne i wydymowe, deluwia glin lodowcowych, mulki oraz torfy na obszarach zabagnionych, a osady piaszczysto-żwirowe w dolinach rzecznych (Kubica, 1994).

Przed eksploatacją w rejonie złoża Basznia warstwę powierzchniową tworzyły gleby biellicowe właściwe i pseudobiellicowe, a na niewielkim obszarze brunatne wyługowane i kwaśne. Przeważały grunty orne, a niewielką powierzchnię stanowiły użytki zielone słabe i bardzo słabe, gdzie występowały gleby glejowe i pyły ilaste (Kirejczyk i in., 1998). W rejonie Niemirowa zaś był to obszar leśny bądź nieużytkowany i słabo zakrzewiony.

materiałów odpadowych pozostałych po pracach górniczych. Na terenie byłej kopalni Basznia dokonano inwentaryzacji pozostałości przemysłowej i przygotowano plany ostatecznej likwidacji infrastruktury i rekultywacji terenu (Klich i in., 2004).

Podczas prac terenowych w roku 2006 na terenie kopalni Niemirow trwały prace likwidacyjne infrastruktury kopalnianej. Charakterystyczną cechą pozostałości pokopalnianych są widoczne resztki zabudowy przemysłowej, place składowe dla wytapianej siarki, płytkie rowy odwadniające i drogi, a przede wszystkim pola górnicze z zamkniętymi otworami eksploatacyjnymi i wiertniczymi oraz resztki niezdemontowanej infrastruktury technicznej. Głowice niektórych kolumn rur okładzinowych posadowionych w stropie złoża otworów eksploatacyjnych nie są szczelne. Widocznym tego znakiem na złożu Niemirow były wydobywające się wody złożowe i opary ciepłych wód technologicznych wzbogaconych w siarkowodor (fig. 4A, B).

Według raportu Klicha i in. (2004) wytopiona i zestalona zanieczyszczona siarka została całkowicie usunięta z obszaru kopalni Basznia. Wydaje się jednak, że stwierdzenie to jest wynikiem powierzchownej lustracji terenu kopalni. Bowiem podczas prac terenowych prowadzonych w 2006 r. autorzy stwierdzali liczne niewielkie, o powierzchni kilku metrów kwadratowych, rozpełźnięte hałdy zanieczyszczonej, zwykle przemieszanej z glębą, wytopionej siarki (Gąsiewicz, Jasionowski, 2007). Ponadto podczas wykonywania sond stwierdzano niekiedy pod warstwą gruntu powierzchniowej warstwy siarki przemieszanej z luźną glębą (fig. 2E). Podobnie wyglądała sytuacja w strefie powierzchniowej kopalni siarki Niemirow (fig. 4C, D, E). Obszary po eksploatacji otworowej zostały pozostawione bez istotnych działań rekultywacyjnych i potencjalnie stanowią nadal duże zagrożenie środowiskowe. Najbardziej istotnym zagrożeniem pozostają niezlikwidowane otwory technologiczne oraz niezrekultywowane tereny przemysłowe, na których znajdują się nadal grunty zanieczyszczone siarką, stanowiące źródła zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych (Gąsiewicz, Jasionowski, 2007).

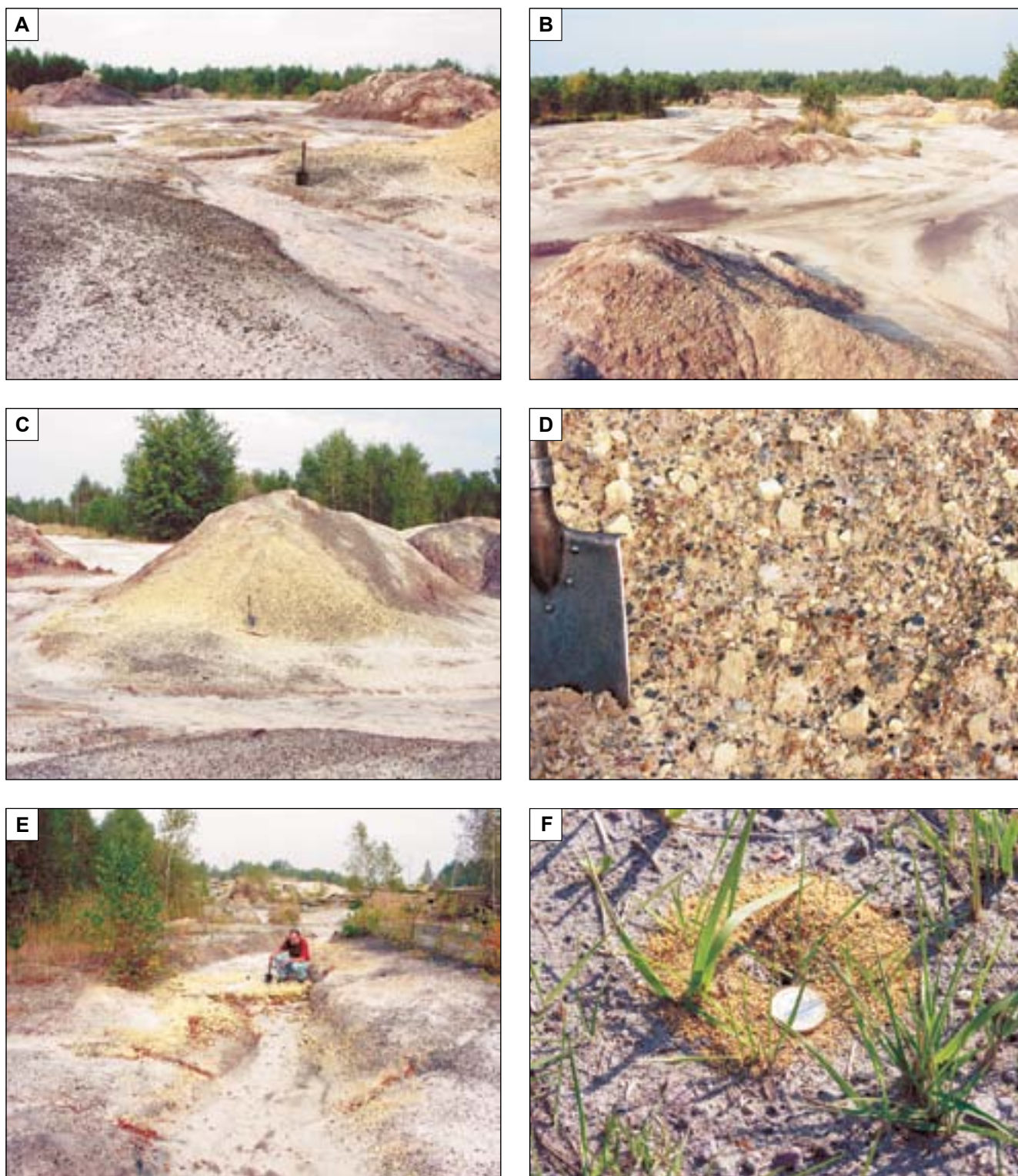


Fig. 2. Teren po otworowej eksploatacji siarki na złożu Basznia

A, B – obszary pozbawione roślinności z widocznymi miejscami lokalizacji otworów eksploatacyjnych oraz hałdami siarki i/lub gleby i piasku, **C, D** – hałda wytopionej siarki zmieszanej z gruntem, **E** – warstwa wytopionej siarki erodowana przez wody opadowe, **F** – okruchy siarki wygrzebane z gleby przez owady

Area of sulphur production with the Frash method in Basznia

A, B – devegetated area with traces of exploitation wells and dumps of smelt sulphur and/or soil and sand, **C, D** – a dump of smelt sulphur fragments mixed with soil and sand, **E** – smelt sulphur bed eroded by rain water, **F** – sulphur fragments removed from soil by insects

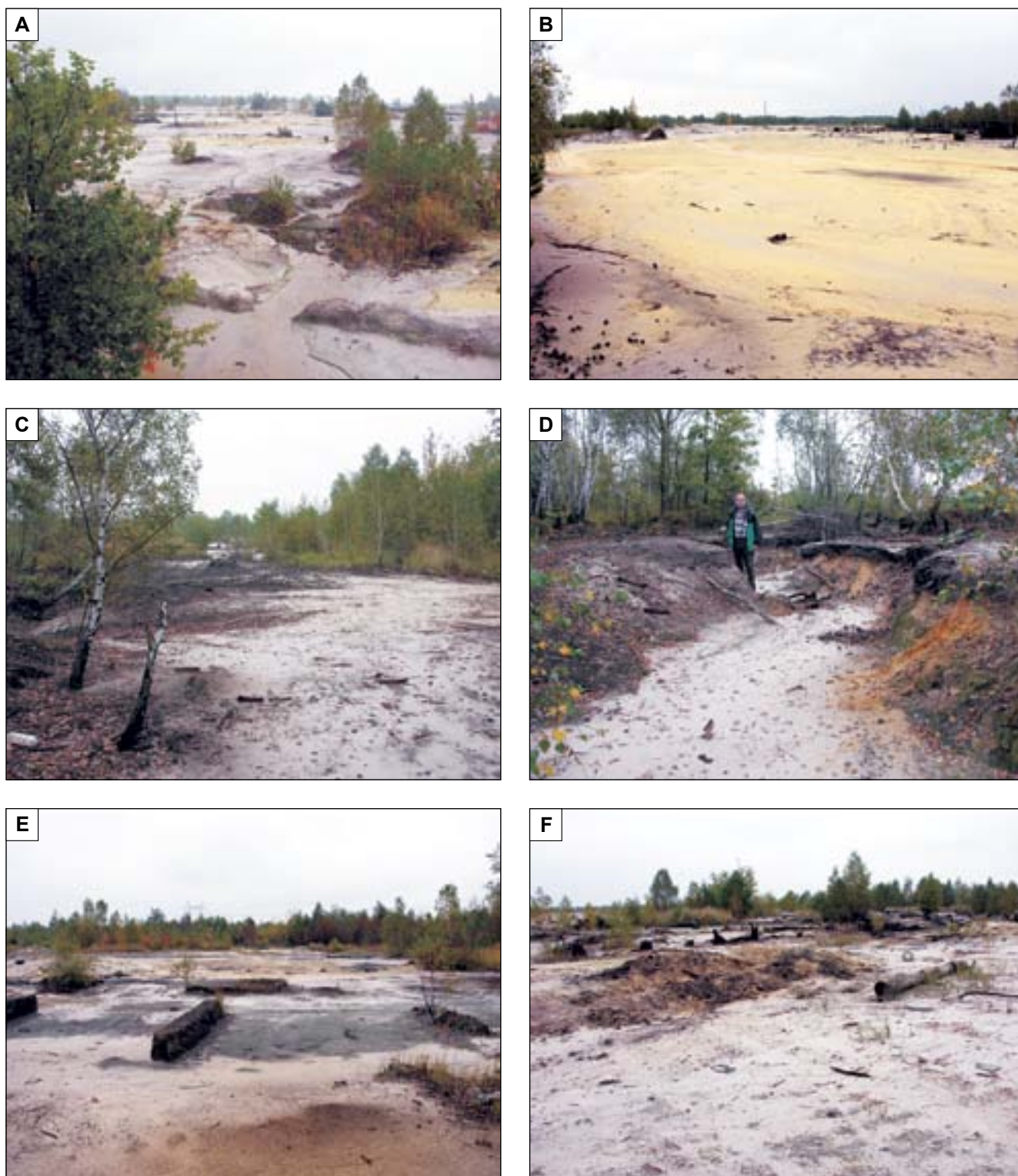


Fig. 3. Teren po otworowej eksploatacji siarki na złożu Niemirów

A, B – piaszczyste obszary pozbawione roślinności z widocznymi miejscami lokalizacji otworów eksploatacyjnych, C – wylesiony teren, gdzie nie eksploatowano siarki, D – rów odwadniający obszar eksploatacji siarki, E, F – resztki instalacji eksploatacyjnych

Area of sulphur production with the Frash method in Nemyriv

A, B – devegetated sandy area with traces of exploitation wells, C – deforested area without sulfur exploitation, D – an erosional channel draining the area of sulphur exploitation, E, F – remains of sulphur exploitation systems



Fig. 4. Teren po otworowej eksploatacji siarki na złożu Niemirów

A, B – wody złożowe wypływające niezabezpieczonym otworem eksploatacyjnym i odpływające z terenu eksploatacji, **C, D, E** – warstwa wytopionej siarki erodowana przez wody opadowe, **F** – ślady siarki pozostawione na świdrce podczas pobierania próbki

Area of sulphur production with the Frash method in Nemyriv

A, B – ground water ascending from the exploitation well and discharging drainage channel, **C, D, E** – smelt sulphur bed eroded by rain water, **F** – remains of sulphur left on the bit after sampling

Cechy litologiczne warstwy powierzchniowej. Na badanych obszarach można wyróżnić dwa typy profili litologicznych warstw przypowierzchniowych: niezaburzone i intensywnie zaburzone. Profile litologiczne niezaburzone występują na obszarach wolnych od działalności górniczej i odznaczają się naturalnym następstwem związanym z rozwojem gleby. W efekcie rozległej i zmiennej lokalnie co do intensywności działalności antropogenicznej profile litologiczne warstw powierzchniowych gruntu odznaczają się silnym przemieszaniem, przemyciem i zaburzeniem pierwotnego następstwa warstw oraz na ogół pozbawieniem pierwotnej warstwy glebowej. Zaburzenia te były spowodowane przekształceniami mechanicznymi w związku z prowadzoną eksploatacją (osiadania terenu, przemieszczenia warstw powierzchniowych itp.). Na skutek takiej działalności w sąsiedztwie eksploatacyjnych otworów wiertniczych często obserwowano grube warstwy (do kilkudziesięciu cm) wytopionej siarki. Na hałdach znajdują się zaś okruchy siarki przemieszane z piaskami podłoża (fig. 2A–D).

Cechy strefy glebowej. Obszary działalności górniczej charakteryzują się mniejszymi (lokalnie) lub zwykle większymi zmianami pierwotnej struktury, tekstury i litologii warstwy powierzchniowej (gleba) i przypowierzchniowej (podglebie). Ogólnie można wyznaczyć obszary intensywnych zmian, które towarzyszyły prowadzonej eksploatacji i związanego z tym ciągłego przekształcania terenu, i obszary przygotowane do eksploatacji, gdzie tylko rozmieszczono otwory do wydobywania, jak to ma miejsce na złożu Basznia. Na obszarach niedawno zajętych górniczo gleby nie uległy jeszcze wykształceniu, w związku z czym na powierzchni odsłaniają się różne, przeważnie piaszczyste odmiany podłoża, a całość jest silnie przemyta i przemieszana w sposób nienaturalny. Tylko miejscami, na obszarach przygotowanych do eksploatacji występuje zmiennej grubości i przeważnie cienka i ciemniejsza warstewka słabej gleby (początkowy etap jej powstawania).

Materiał litologiczny podglebia wykazuje również cechy znacznego przemieszania i jest mniej przemyty, przez co jest bardziej zawodniony i miejscami wyraźnie mniej zróżnicowany litologicznie niż strefa glebowa.

BADANIA GEOCHEMICZNE

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Prace terenowe prowadzono wzdłuż rozciągłości złoża siarki rodzimej na dwóch obszarach – obejmujących część złoża Basznia i część zachodniego złoża Niemirów (fig. 1). Próbkę z obszarów eksploatacji siarki rodzimej i obszarów do nich przylegających pobierano w sezonach wiosenno-jesiennych w latach 2005–2006. Prace terenowe przeprowadziła grupa pracowników Zakładu Geologii Gospodarczej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Celem prowadzonych prac była charakterystyka geochemiczna warstw powierzchniowych gruntu. Powierzchnia terenu jest zróżnicowana, jest to falista pokrywa z tarasami rzecznyymi, obniżeniami, zastoiskami (bagnami) i wyniesieniami (przeważnie są to piaski wydmy). Dla celów porównawczych opróbowania geochemiczne prowadzono równoległe dla obszarów pogórnich i obszarów nie objętych działalnością kopalnianą.

Próbki z obszarów pozaeksploatacyjnych pochodziły z upraw rolnych, obszarów leśnych, łąk i okolic bagien, i zgodnie ze swoim przeznaczeniem lub naturalnym rozwojem zachowały swoją typową strukturę. Próbkę z obszarów objętych eksploatacją odznaczały się przemieszaną litologią, były to przeważnie utwory piaszczyste lub mułkowate, niekiedy z wyraźną domieszką okruchów skonsolidowanej po wytopie siarki i okruchów humusowych.

Lokalizację miejsc pobierania próbek określono na podstawie map topograficznych i pomiarów GPS wzdłuż wytyczonych marszrut przebiegających poprzecznie i podłużnie do rozciągłości rejonów eksploatacyjnych. Próbkę warstwy gleby pobierano z głębokości 10–25 cm (średnio 20 cm), a próbkę podglebia z głębokości 40–60 cm (średnio 50 cm). Próbkę o masie ok. 1000 g, pobierane za pomocą ręcznej

sondy o średnicy 80 mm, umieszczano w płóciennych woreczkach odpowiednio numerowanych. W dzienniku prac terenowych na bieżąco prowadzono opis terenu oraz profile warstwy gleby i podglebia.

Przedmiotem głównej uwagi prac laboratoryjnych była szeroka grupa pierwiastków chemicznie mobilnych, będącej skutkiem wpływów antropogenicznych lub zmian biochemicznych zachodzących w podłożu, a będących pokłosiem zmian spowodowanych działalnością górniczą. Zmiany te zwykle uwidaczniają się anomaliami lub wyraźnie podwyższonymi koncentracjami pierwiastków w rozkładzie powierzchniowym względem sąsiedniego, relatywnie nienaruszonego obszaru stanowiącego tło geochemiczne dla analizy porównawczej. W celu stwierdzenia więc zanieczyszczeń środowiska naturalnego i oceny stopnia skażenia gruntu dla obszaru kopalni Basznia prześledzono również rozkład poziomy składników chemicznych głównych i śladowych na obszarze ją otaczającym.

Próbki gleby i podglebia po przewiezieniu do laboratorium dosuszano w temperaturze pokojowej w specjalnym pomieszczeniu Centralnego Laboratorium Chemicznego PIG w Warszawie. Następnie próbki przesiewano przez nylonowe sita o oczkach 1 mm, kwartowano do wielkości ok. 100 g i zmagazynowano w polietylenowych pojemnikach.

Przed pomiarami chemicznymi próbki ługowano wodą królewską na gorąco, otrzymując roztwór analityczny. Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach i podglebiu wykonano następującymi metodami: ICP-OES oraz ICP-MS (TI). Koncentracja rtęci była analizowana dwiema metodami: próbki gleby analizowano absorpcyjną spektrometrią atomową w połączeniu z generacją zimnych par (CV-AAS), a próbki podglebia – analizatorem AMA 254

(Hg). Zawartość TOC była mierzona metodą kulometryczną, a pH metodą elektrochemiczną.

Wyniki analiz próbek pochodzących z różnych typów gruntu przedstawiono w tabelach 1 i 2, przy czym pod pojęciem „antropogen” jest rozumiany grunt, który uległ przekształceniu na skutek działalności górniczej. Rozkład poziomy koncentracji badanych składników i parametrów chemicznych (pH) zobrazowano na schematycznych mapach geochemicznych (fig. 5–26). W celach statystycznych dla danych zamieszczonych tabeli 3 przyjęto połowę wartości progu wykrywalności niektórych pierwiastków.

Graficzne przedstawienie wyników analiz chemicznych, osobno dla strefy glebowej i podglebia, w postaci jednoskładnikowych map geochemicznych zawartości poszczególnych składników wykonano przy użyciu oprogramowania ArcGIS. Oznacza to, że izolacje koncentracji poszczególnych składników chemicznych są przybliżone i są efektem założeń programu interpolującego pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. Granice badanych obszarów naniesiono zgodnie z ich zasięgiem wyznaczonym w dokumentacjach geologicznych, a miejsca poboru próbek naniesiono według pomiarów GPS. Założono równocześnie, że na obszarach otaczających pola eksploatacyjne wpływ antropogeniczny na warstwę powierzchniową ziemi był znikomy lub żaden i tym samym obszary te stanowią poziom odniesienia dla porównań z obszarami działalności górniczej. Pewne różnicowania widoczne w odniesieniu do koncentracji większości składników poza polem eksploatacyjnym Basznie i pojawiające się na skraju pola Niemirów są najprawdopodobniej wynikiem odmienności litologicznej gleb i podglebia.

Z powodu bardzo małej, poniżej poziomu wykrywalności, koncentracji Ag i Cd (<1 mg/kg) oraz Be (<5 mg/kg) w warstwie gleby i w podglebiu zrezygnowano z ich graficznego przedstawienia.

WYNIKI BADAŃ

Rozkład koncentracji analizowanych składników jest zmienny, zwykle są to lokalne i niewielkie anomalie podwyższonych lub mocno obniżonych zawartości. Miejscami anomalie te są większe. Podobne różnicowanie, nieregularne w rozkładzie poziomym, występuje poza polem eksploatacji kopalni Basznie, jednak przy ogólnie wyższych koncentracjach. Porównywalnie też obserwuje się ogólnie niższe koncentracje i słabsze różnicowanie rozkładu badanych składników oraz wyższy odczyn gleb w gruntach kopalni Niemirów niż na terenie Basznie. Na obszarze pogórnym Niemirów koncentracje większości składników są relatywnie mniejsze i niskie, a różnicowanie ich rozkładu jest wyraźnie słabsze.

Schematy rozkładu większości składników w strefie gleby i podglebia zwykle się nie pokrywają, mają odmienne wzory rozprzestrzenienia. Wyraźnie zmienne koncentracje w strefie glebowej względem podglebia (podwyższone lub obniżone) zaznaczają się w odniesieniu do takich składników jak: Ba, Ca, Cr, Cu, Hg, Pb, Tl i V (fig. 7, 8, 10, 11, 13, 18,

22, 23). Składniki te odznaczają się też niewielkim różnicowaniem w rozkładzie poziomym zarówno na polach eksploatacji, jak i poza nimi. Szczególnie odnosi się to do obszaru kopalni Basznie. Pole dawnej eksploatacji otworowej siarki tej kopalni odróżnia się od obszarów je otaczających, w obu strefach glebowej i podglebia, ogólnie obniżoną, niekiedy bardzo niską zawartością Al, Co, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Ti i Zn (fig. 5, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 24). W odniesieniu do obszaru kopalni Niemirów nie prowadzono opróbowania terenów sąsiadujących, niemniej na polu eksploatacyjnym tego złoża wzrost koncentracji wielu składników następuje zwykle na obrzeżach złoża, zgodnie z jego wydłużeniem. Wydłużony zgodnie z obszarem pola eksploatacyjnego centralny pas, zwłaszcza środkowa część tego złoża, jest zwykle wyraźnie zubożony w większość składników.

Na obszarze kopalni Basznie większa zmienność koncentracji badanych składników występuje w strefie gleby niż podglebia, a odwrotna sytuacja widoczna jest w gruntach kopalni Niemirów. Generalnie też w strefie gleby silniej zaznacza się zależność zawartości niektórych elementów od obszaru pól eksploatacyjnych. Rozkład poziomy niektórych składników w strefie gleby (Ba, Ca, Al, V, Ti, Tl i Zn) i podglebia (Cr, Hg, Mg, Mn, Ti i V) wydaje się być niezależny od przebiegu pól eksploatacyjnych. Niekiedy zaś, jak w odniesieniu do rozkładu koncentracji Ba, Cu, Hg, P, S, Sr i Ti w strefie gleby i Co, Cr, Ni, Pb, S, Ti, V i Zn w strefie podglebia, zaznacza się różnicowanie pomiędzy częścią NW a SE pól eksploatacyjnych kopalni Basznie. Podobny obraz, różniący część północną od południowej, jest widoczny w odniesieniu do rozkładu koncentracji Cu i S w glebie oraz Al, As, Co, Cu, S, Sr, Ti i Zn w podglebiu na obszarze kopalni Niemirów.

Wyraźnie podwyższone koncentracje S, Sr i Ca zaznaczają się na obszarze dawnego pola eksploatacyjnego względem obszaru otaczającego. Dotyczy to kopalni Basznie i, jak się wydaje na podstawie rozkładu tych składników na dawnym obszarze górniczym, brak takiej zależności, może poza wyjątkiem koncentracji siarki, w odniesieniu do obszaru kopalni Niemirów. Większa zawartość tych składników występuje zarówno w strefie gleby, jak i podglebia. Rozkład tych składników jest nierównomierny, widoczne są lokalnie obszary zwiększonych i zmniejszonych koncentracji. Poza tymi polami zawartość tych elementów jest zwykle znacznie mniejsza i bardziej wyrównana.

Zawartość substancji organicznej (TOC) w warstwie gleby jest ogólnie niska i bardzo wyrównana na obu obszarach pogórnym, zwykle nie przekracza 1% wag. (fig. 25). Warstwa podglebia natomiast jest względnie silnie zubożona w węgiel organiczny, który ponadto nie wykazuje istotnego różnicowania poziomego; zdecydowana większość próbek zawiera poniżej 0,5% wag. TOC, wskazując na słabo rozwiniętą lub brak gleby. Wyraźnie podwyższona i wysoka zawartość TOC występuje, co oczywiste, w próbkach gleby typu bagiennego.

Strefy gleby i podglebia na obszarach eksploatacji obu kopalń odznaczają się dużym zakwaszeniem, wartości pH zmieniają się nieregularnie od ponad 2 do 6, sporadycznie

przekraczając 7 na obszarze kopalni Niemirów (fig. 26). Na obszarze eksploatacji siarki kopalni Basznia odczyn gleby i podglebia wynosi przeważnie 4–5 i jest wyraźnie niższy względem otoczenia. O ile obszar eksploatacji kopalni Basznia cechuje się dość wyrównanymi i wyraźnie niższymi wartościami pH w strefie podglebia względem otoczenia (środowisko bardziej kwaśne), to w kopalni Niemirów w utworach podglebia rozkład wartości pH jest wyraźnie nieregularny i zmienny, o odczynie od bardzo kwaśnego do obojętnego.

Wielkość zmian geochemicznych w gruntach kopalni względem obszaru otaczającego można ocenić przez konwencjonalne porównanie gruntów przekształconych (antropogen) z glebami najmniej przekształconymi, np. z glebą leśną (tab. 3). Z porównania średnich koncentracji badanych składników i parametrów gruntu wynika, że na poziomie gleby (głęb. 20 cm) warstwa antropogeniczna o średnim pH 4,7 jest wzbogacona w Ba, Ca, Cu, S, Sr i Ti, a poziom gleby leśnej jest wzbogacony w Al, Mn, Ni i TOC (średnie pH 5,8). Natomiast podglebie (głęb. 50 cm) utworów antropogenicznych przy pH wynoszącym 4,6 jest wzbogacone w Ba, Cu,

Pb, S, Sr i Ti, a podglebie leśne – w Al, Mn i Ti przy pH wyraźnie wyższym (średnio 6,2). Z tego zestawienia gruntów zmienionych i niezmienionych widać, że stałymi elementami zanieczyszczającymi różne poziomy gruntu są Ba, S, Sr i Ti, a gleba ma niższe średnie pH niż podglebie. Jeśli natomiast porównać utwory antropogenicznej gleby i podglebia, widać, że przy takim samym średnim pH warstwa gleby jest wzbogacona w Ba, Ca, S, Sr i TOC względem podglebia, które jest relatywnie wzbogacone w Mn, Ni, Ti, Tl, V i Zn.

Podwyższone koncentracje większości badanych składników (Al, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, Tl i Zn oraz TOC), zwykle występujące w podglebiu, należy wiązać ze specyfiką składu mineralogicznego różnych gruntów, jak i złożonych zmian biogeochemicznych i diagenetycznych zachodzących w warstwie przypowierzchniowej. Natomiast wzbogacenie w Ba, Ca, S i Sr występuje zarówno w glebie, jak i podglebiu. Wzbogacenie w te pierwiastki jest ponadto trudno powiązać z wykształceniem litologicznym najbardziej powierzchniowych osadów holocenijskich. Występowanie zaś zwiększonych koncentracji tych składników na obszarze kopalni wskazuje na oczywisty związek z eksploatacją siarki.

PODSUMOWANIE

Eksploatacja siarki ze złoża Basznia miała ograniczony przestrzennie wpływ na zanieczyszczenie warstw przypowierzchniowych gruntu, ograniczający się prawie wyłącznie do bezpośredniego obszaru eksploatacji.

Ogólnie niższe koncentracje i mniejsze zróżnicowanie rozkładu badanych składników chemicznych oraz wyższy odczyn gleb występują w gruntach kopalni Niemirów niż na terenie Baszni. Generalnie na obszarze pogórnym Niemirów koncentracje większości składników są relatywnie niższe i niskie, a zróżnicowanie ich rozkładu jest wyraźnie słabsze.

Obszary pogórnice cechują się podwyższoną zawartością baru, siarki, strontu i wapnia, przy czym związek ten szczególnie dobrze zaznacza się na obszarze górniczym kopalni Basznia. Jest on natomiast znacznie słabiej wyrażony, i tylko w odniesieniu do siarki, w dawnej strefie górniczej kopalni Niemirów. Rozkład innych pierwiastków nie jest tak jednoznaczny, a w większości przypadków nie widać wyraźnego związku między eksploatacją a koncentracją poszczególnych pierwiastków.

W trakcie eksploatacji siarki notowano często pH gruntów poniżej 2 (Kirejczyk i in., 1998; Uberman, Gorylewski, 1999). Po kilkunastu latach od zaprzestania eksploatacji

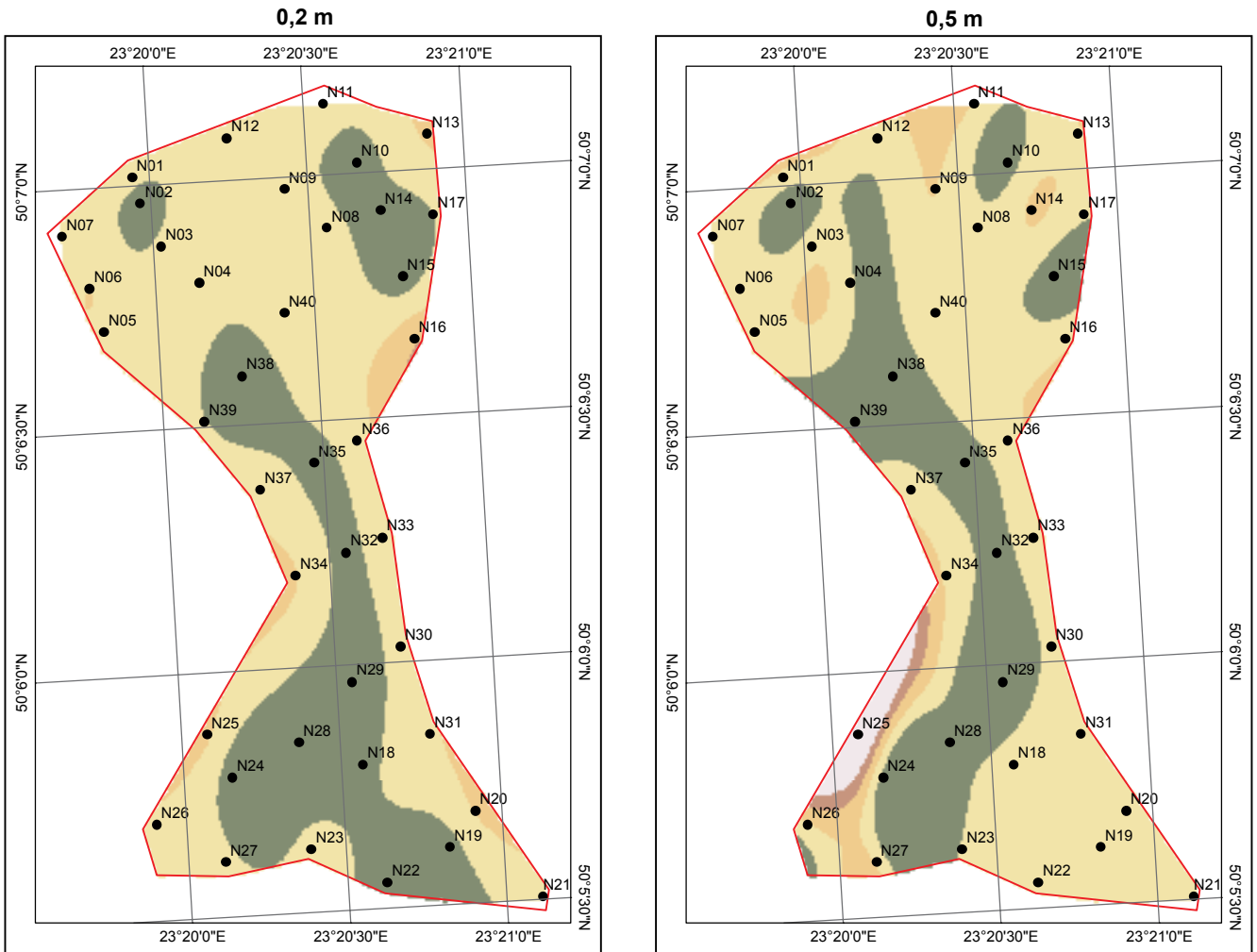
siarki i częściowej likwidacji infrastruktury dawnych kopalni gleby na obszarach pól eksploatacyjnych kopalni Basznia i Niemirów charakteryzują się ciągle dużym, choć zróżnicowanym miejscowo, zakwaszeniem gleby i podglebia (pH od ponad 2 do 6). Ten stan rzeczy jest zapewne wynikiem nieskutecznego usunięcia siarki rodzimej z warstw powierzchniowych gruntu, co potwierdzają obserwacje terenowe.

Wyraźnie podwyższone koncentracje baru, wapnia i strontu odnoszą się wyłącznie do kopalni siarki w Baszni. Biorąc pod uwagę skład litologiczny utworów holocenijskich na tym obszarze, zawartość tych składników większa niż w utworach otaczających pole eksploatacyjne sugeruje związek z eksploatacją siarki rodzimej. Można to prawdopodobnie wiązać z zanieczyszczeniem środowiska powierzchniowego silnie zmineralizowanymi wodami pochodzenia złożowego (np. Turek, 1978).

Prace badawcze sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Autorzy składają podziękowania Danyło Kyrylukowi i Kazymyrowi Preslickiemu (Przeds. Sirka, Jaworów) za pomoc podczas pracy w Niemirowie oraz Andrzejowi Budzykowi za pomoc techniczną w trakcie prac terenowych.

Niemirów



Basznia

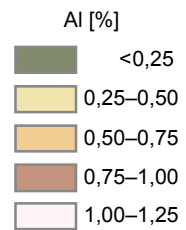
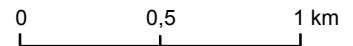
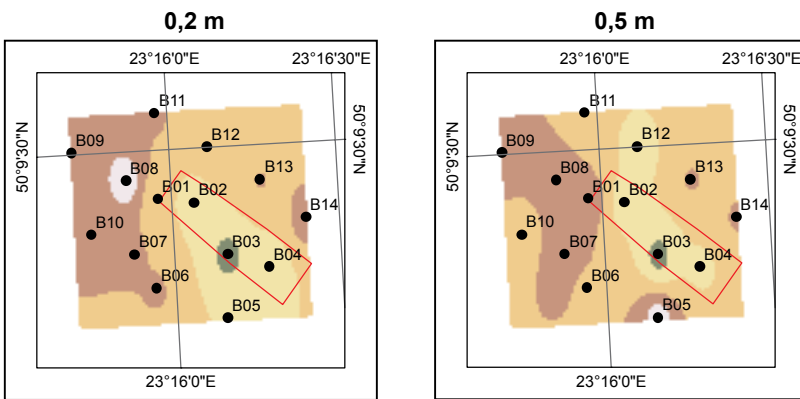
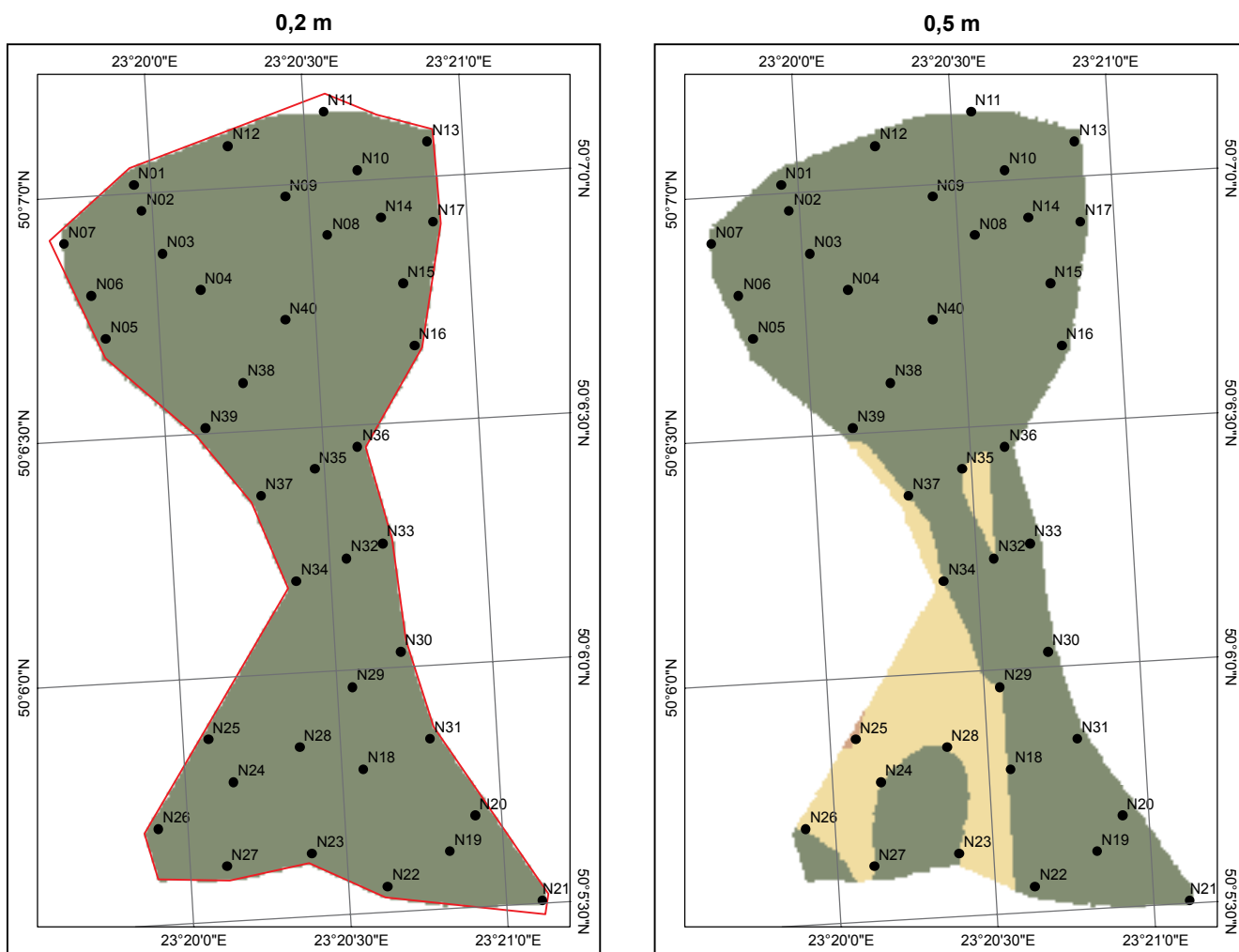


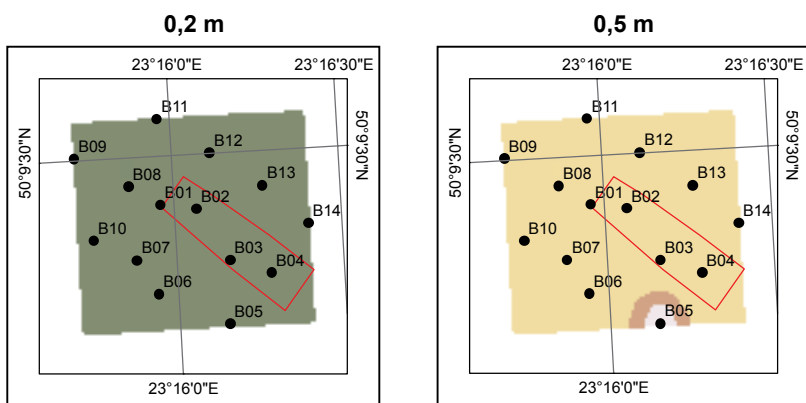
Fig. 5. Rozkład koncentracji Al na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Al in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia



As [mg/kg]

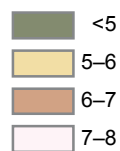
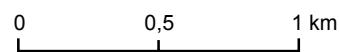
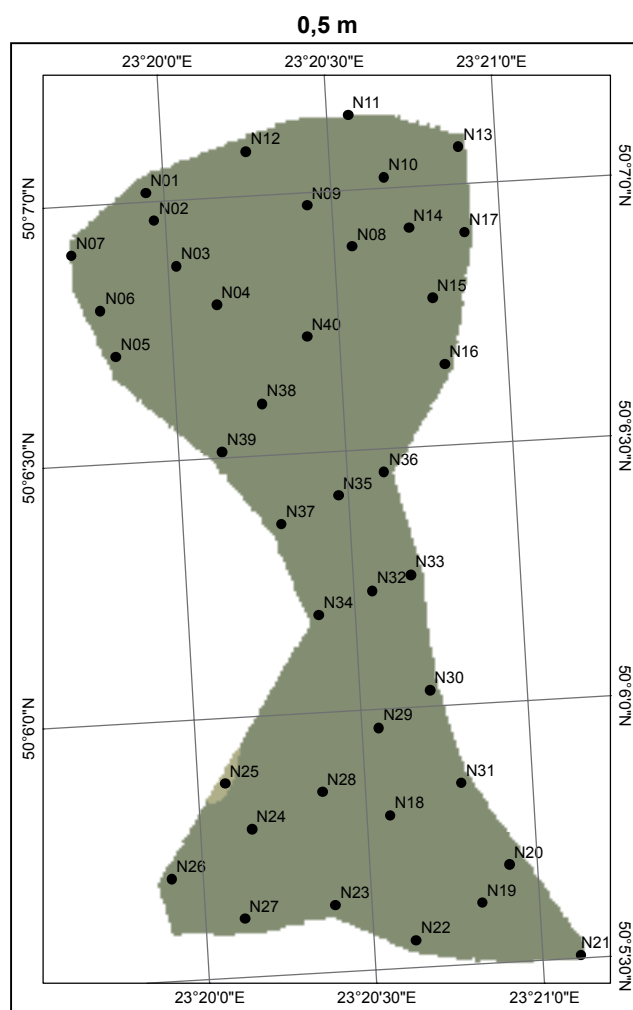
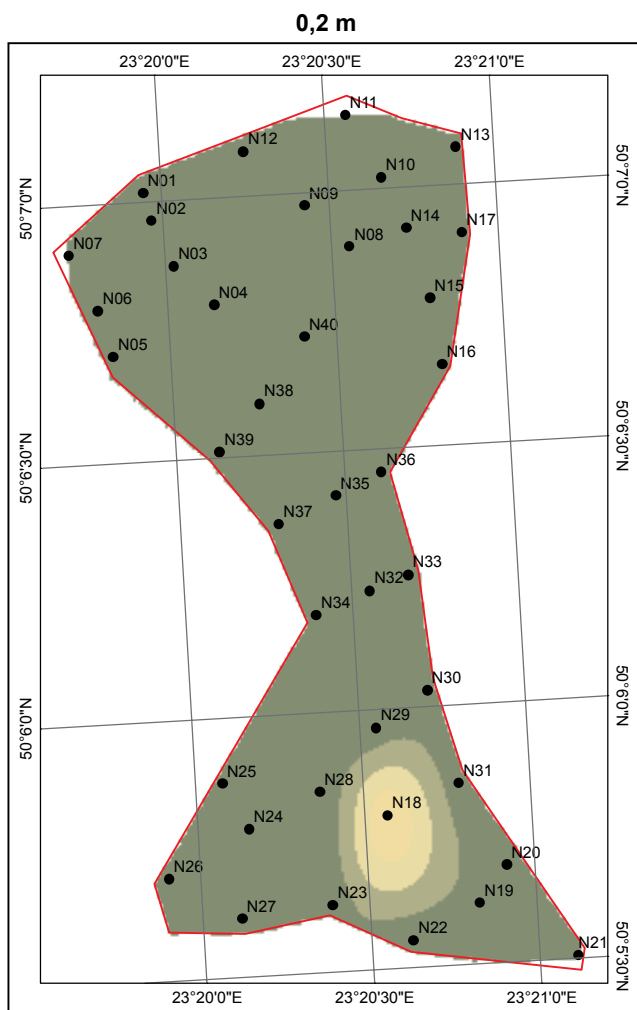


Fig. 6. Rozkład koncentracji As na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of As in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

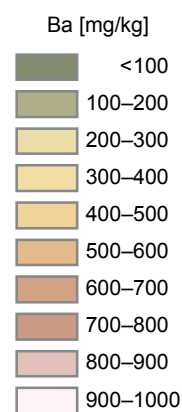
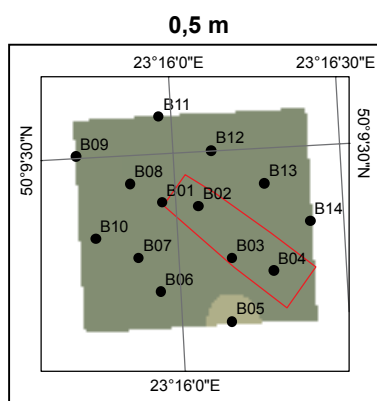
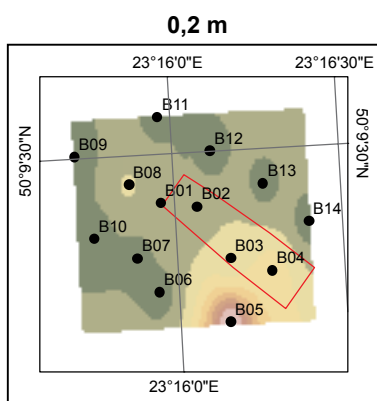
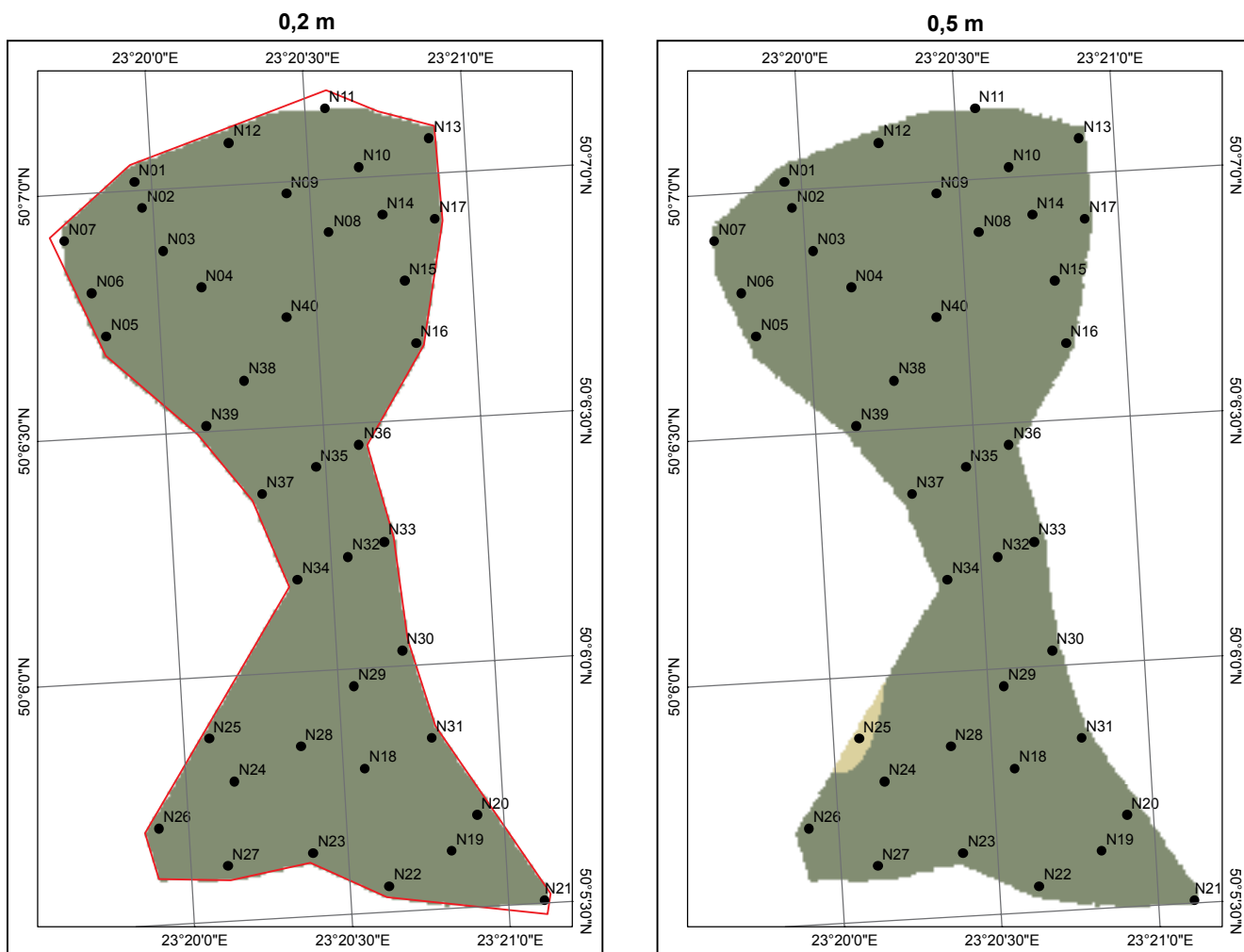


Fig. 7. Rozkład koncentracji Ba na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Ba in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

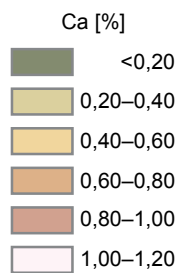
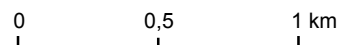
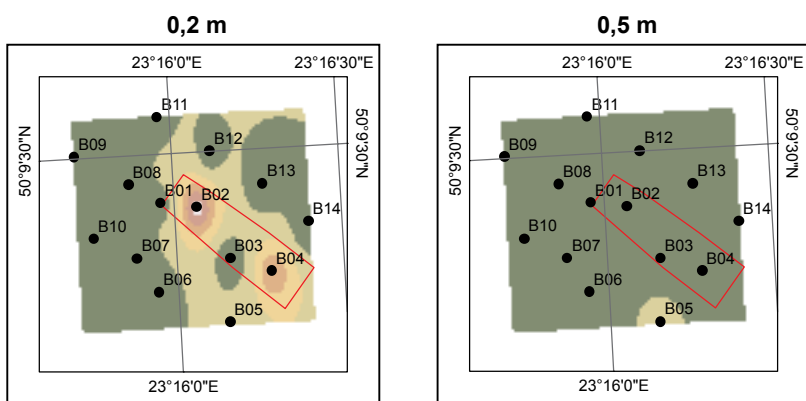
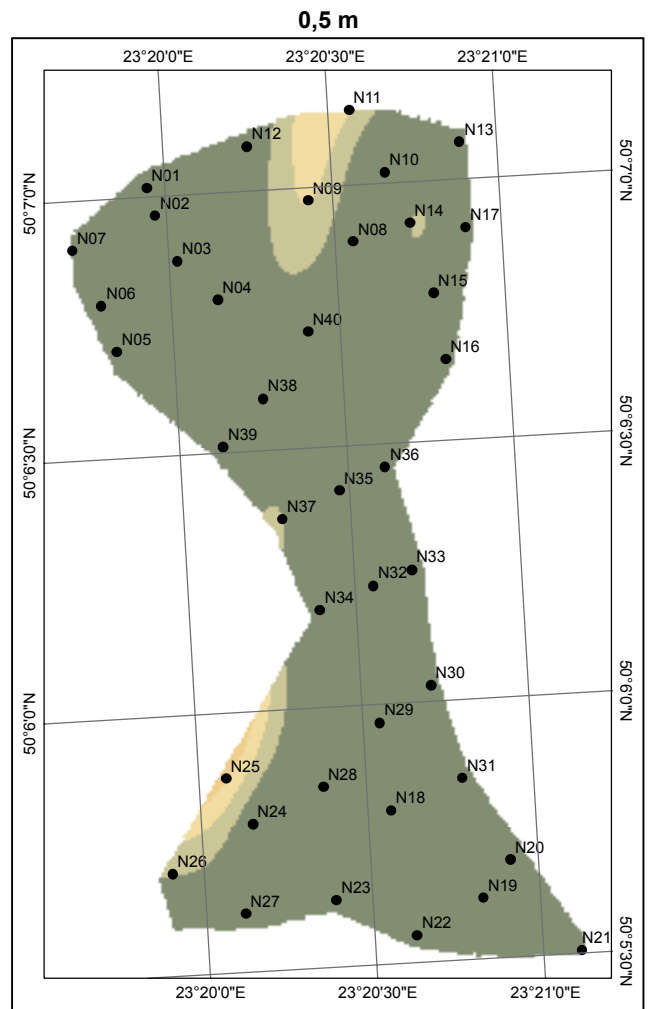
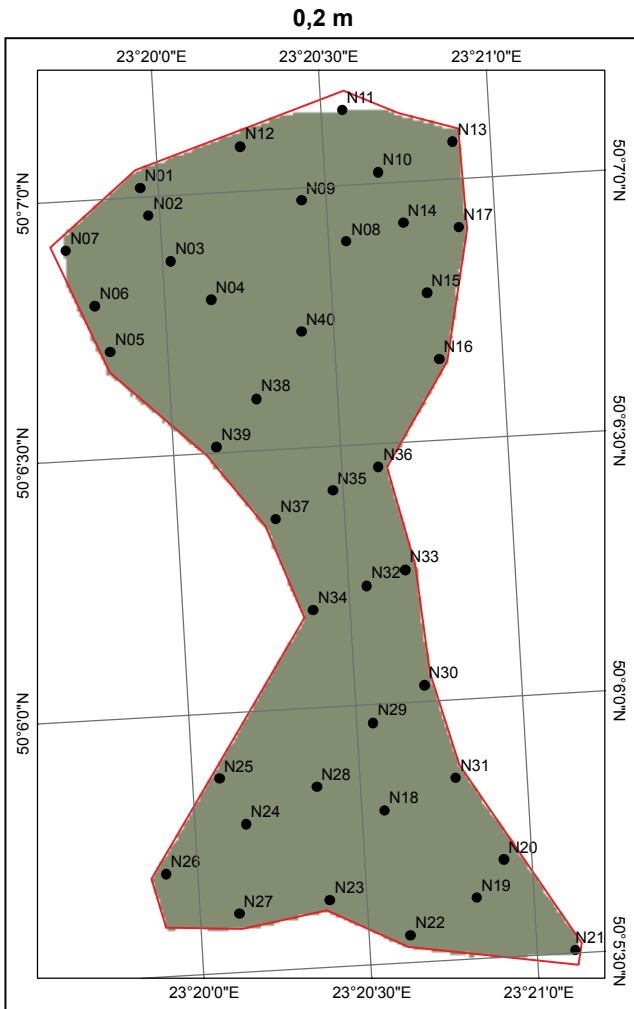


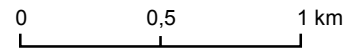
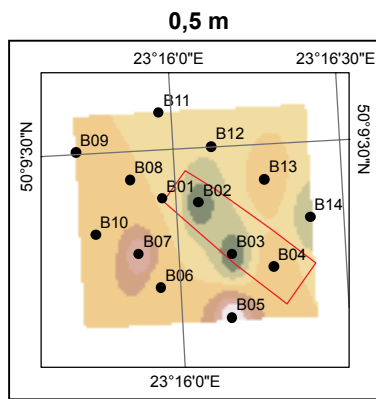
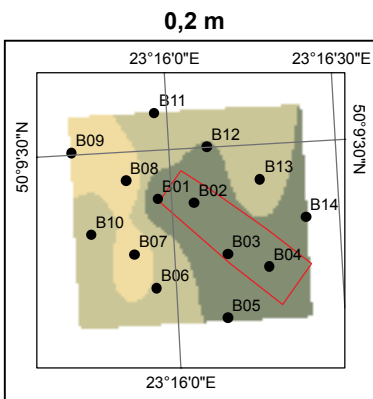
Fig. 8. Rozkład koncentracji Ca na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Ca in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia



Co [mg/kg]

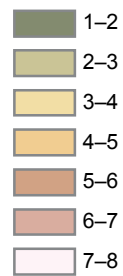
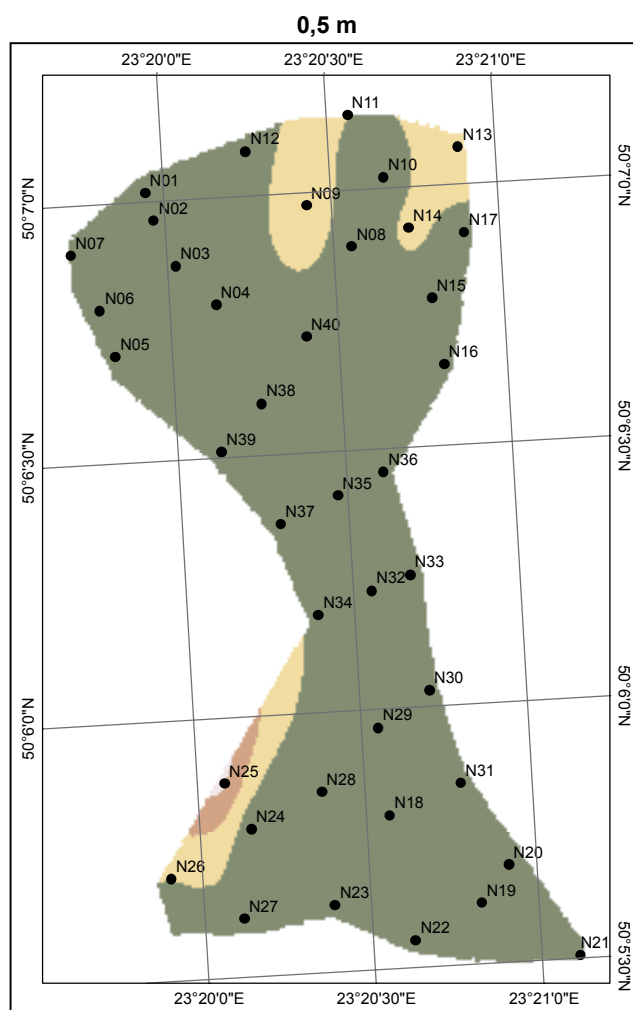
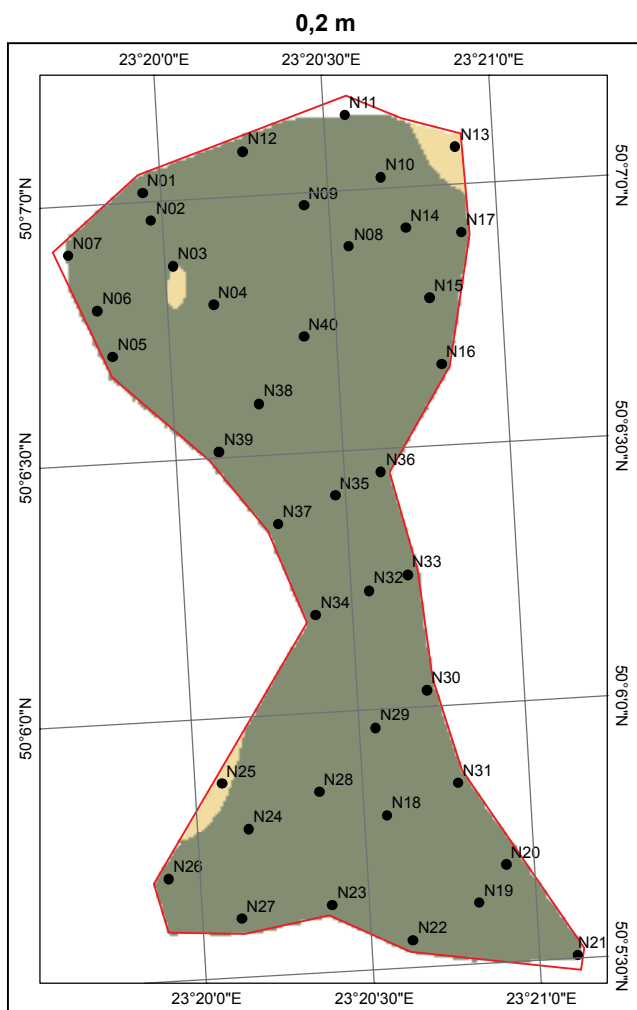


Fig. 9. Rozkład koncentracji Co na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Co in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

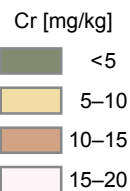
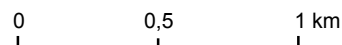
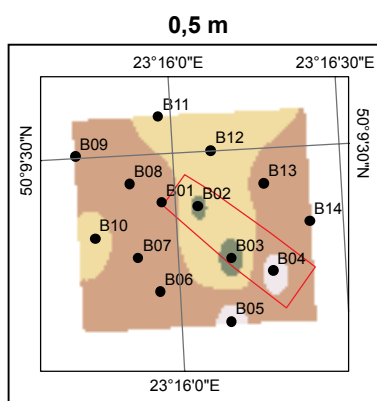
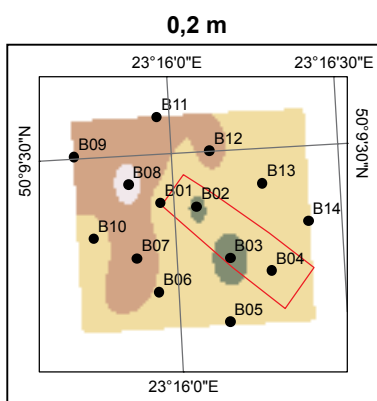
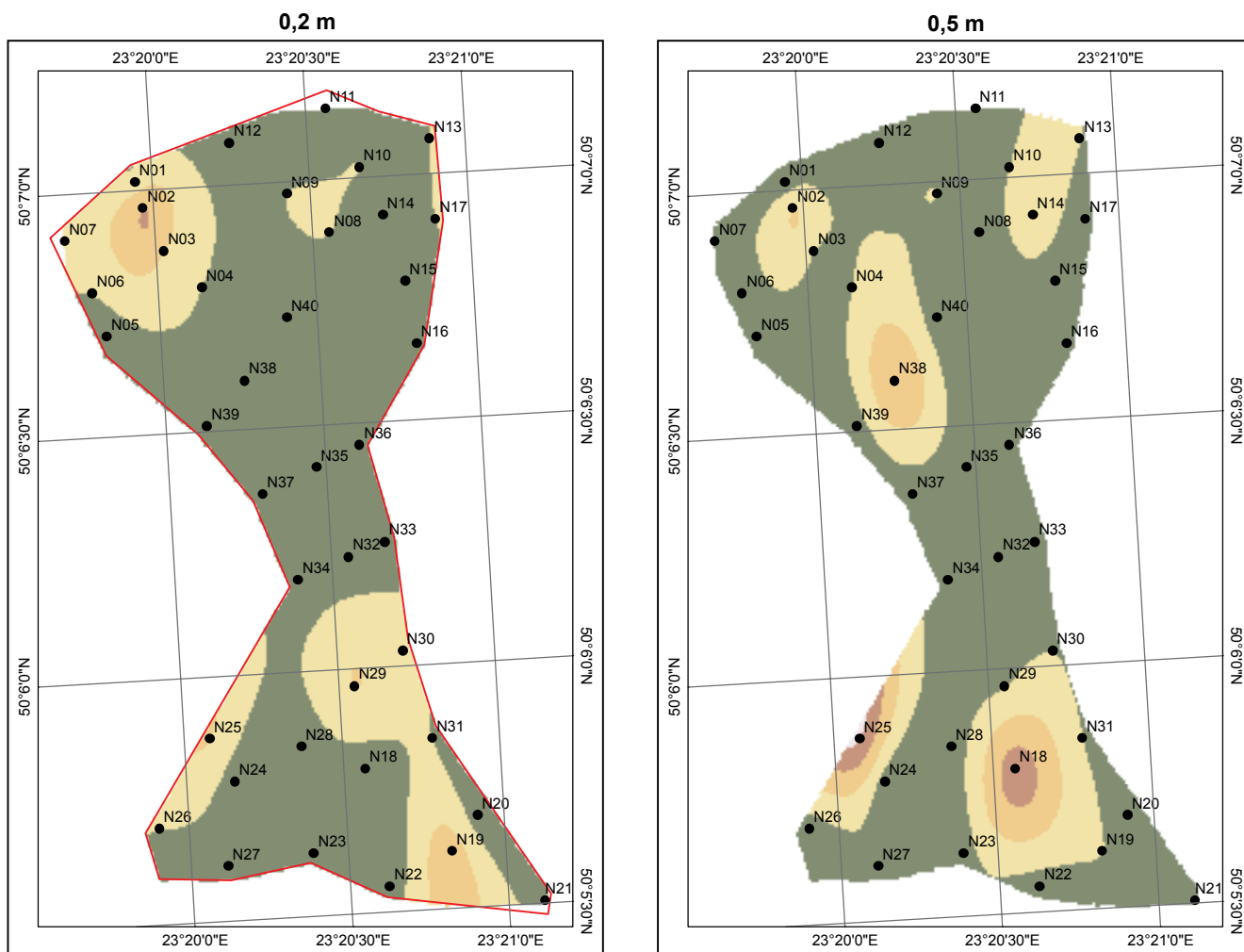


Fig. 10. Rozkład koncentracji Cr na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Cr in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

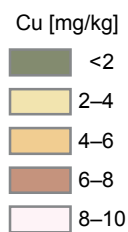
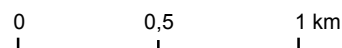
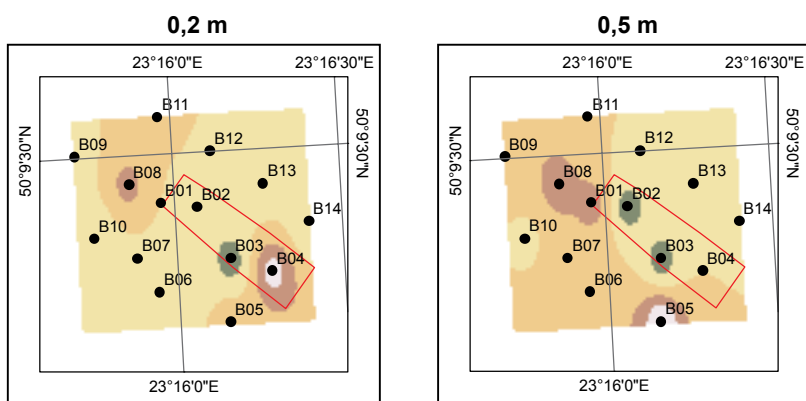
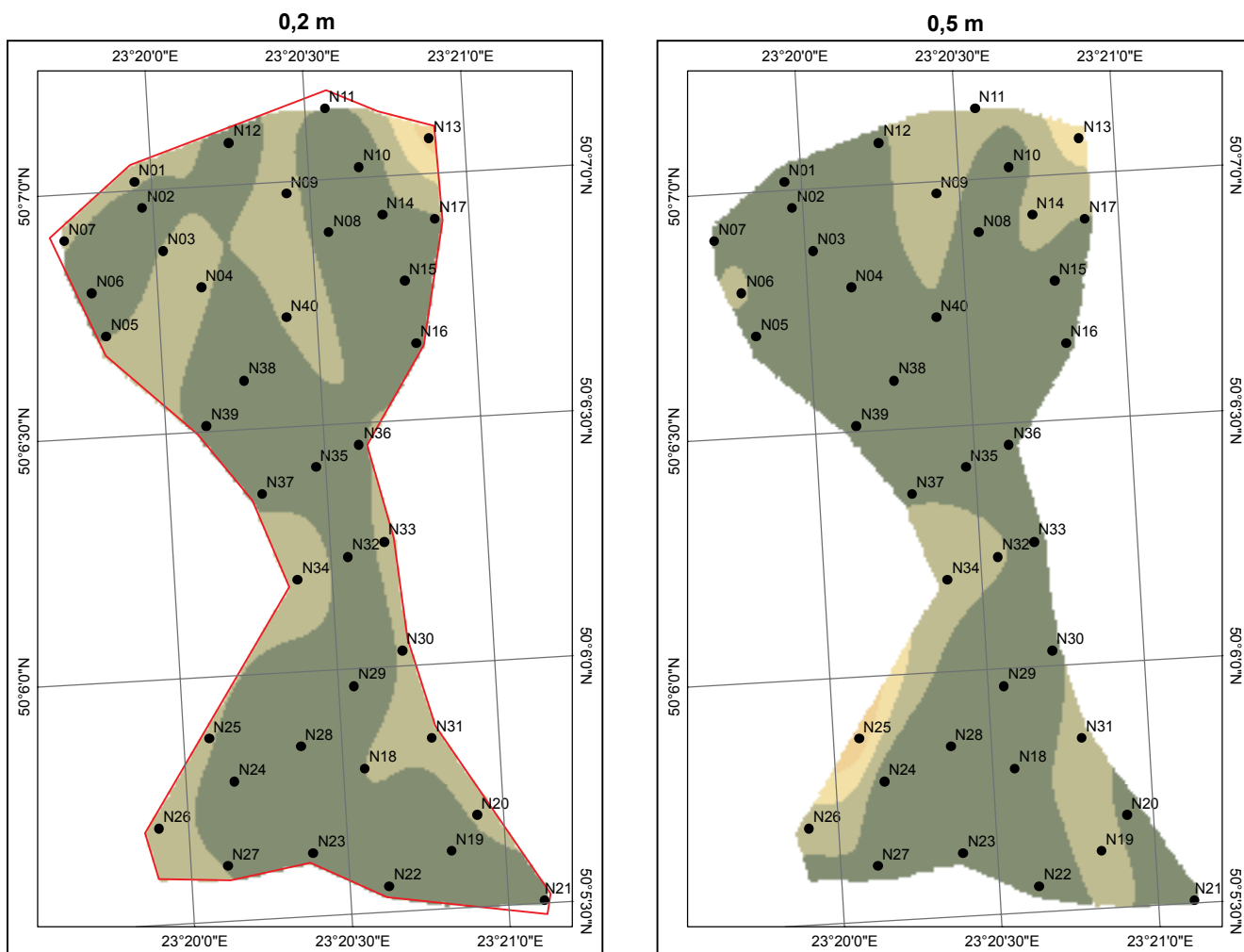


Fig. 11. Rozkład koncentracji Cu na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Cu in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

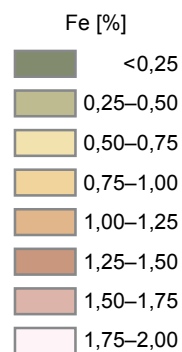
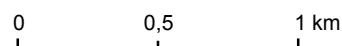
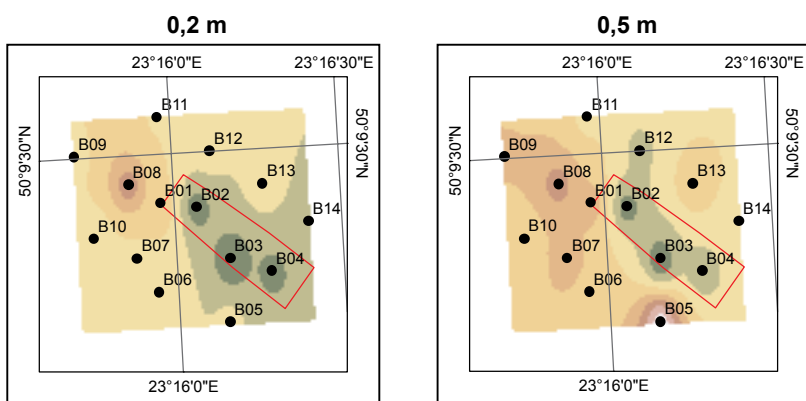


Fig. 12. Rozkład koncentracji Fe na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Fe in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

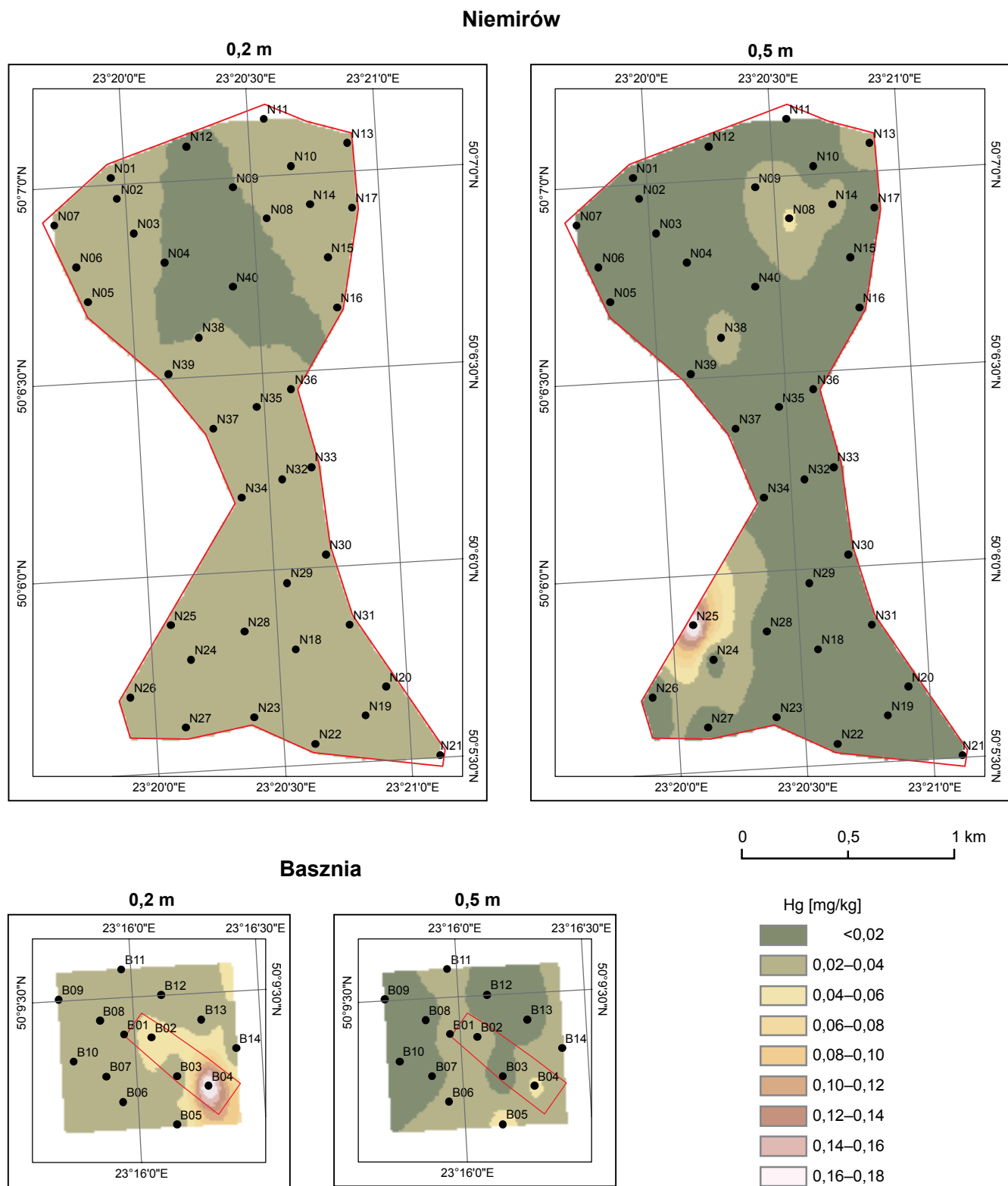
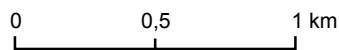
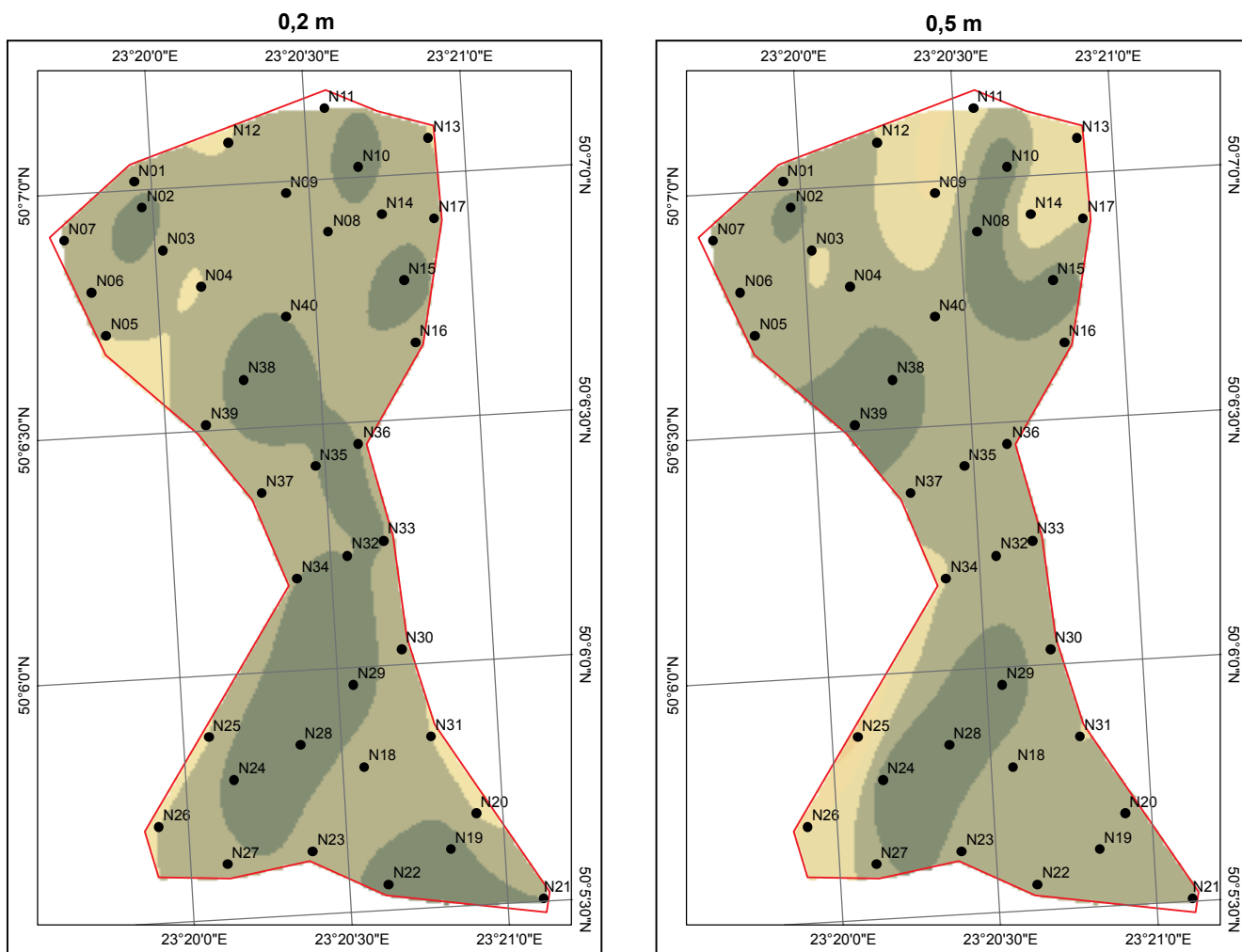


Fig. 13. Rozkład koncentracji Hg na obszarach eksploatacji siarki Niemirów i Basznia

Distribution of Hg in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

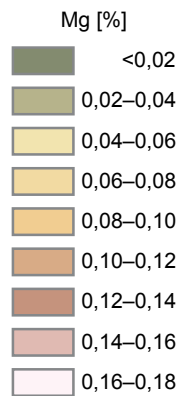
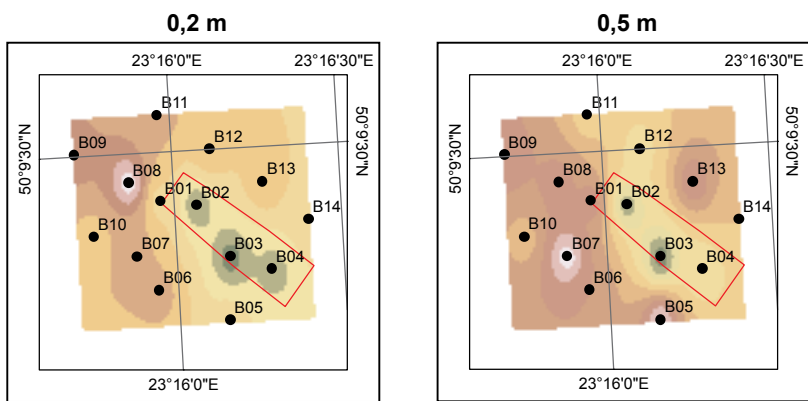
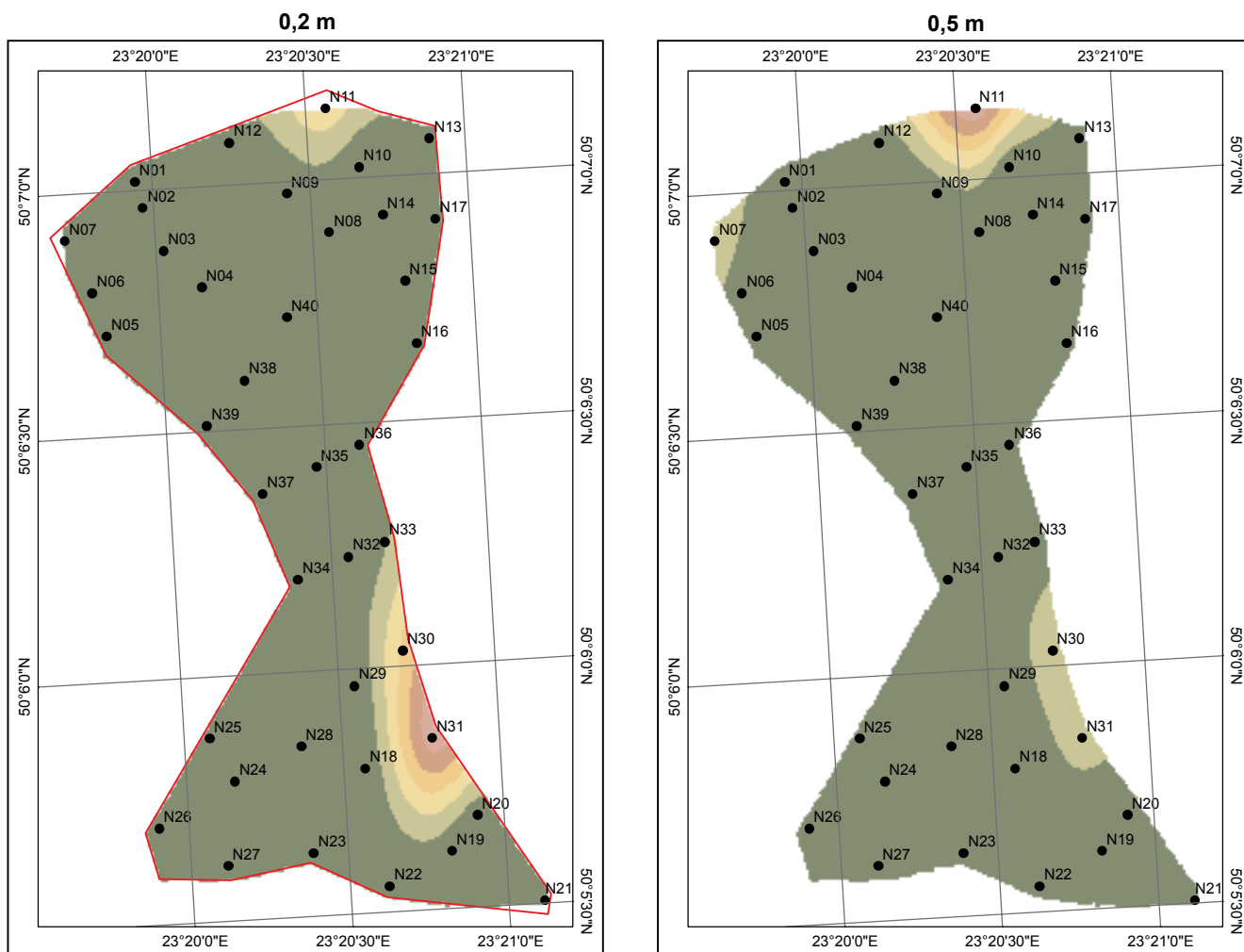


Fig. 14. Rozkład koncentracji Mg na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Mg in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

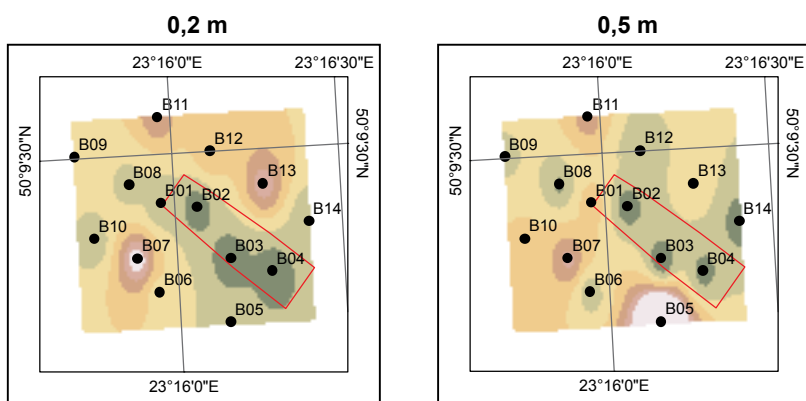
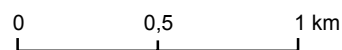
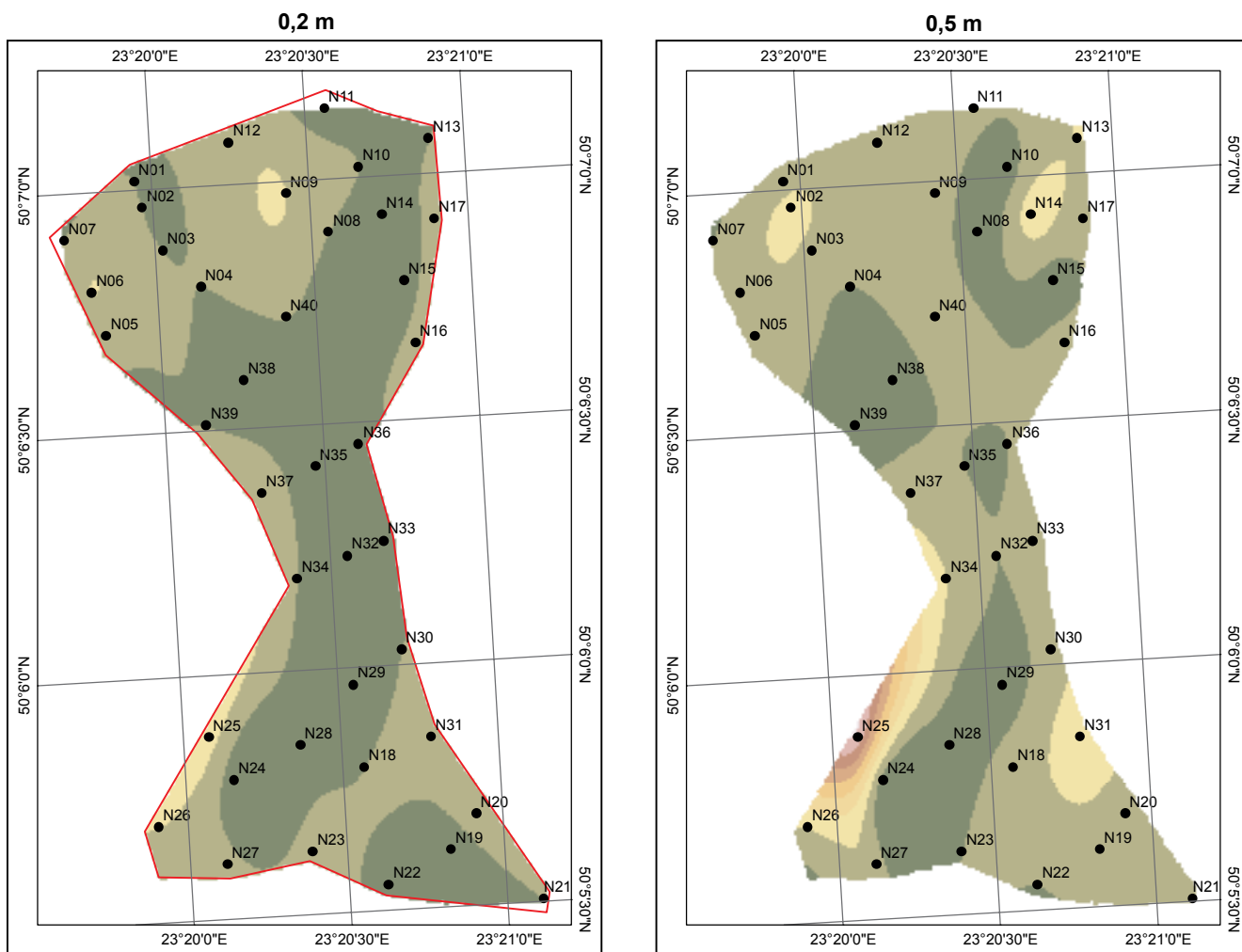


Fig. 15. Rozkład koncentracji Mn na obszarach eksploatacji siarki Niemirów i Basznia

Distribution of Mn in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

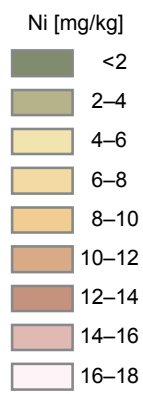
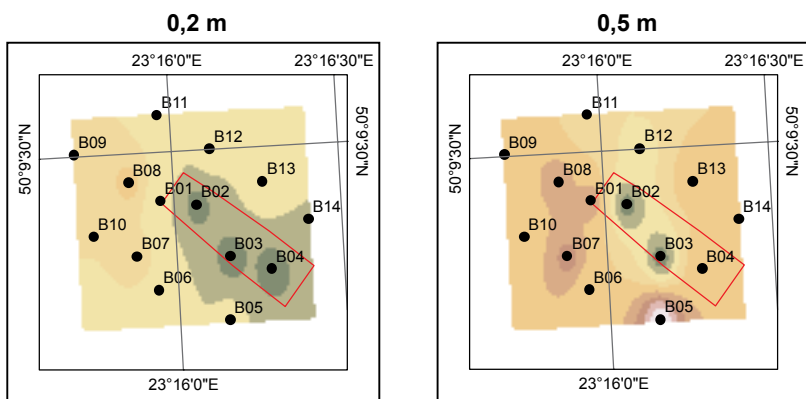
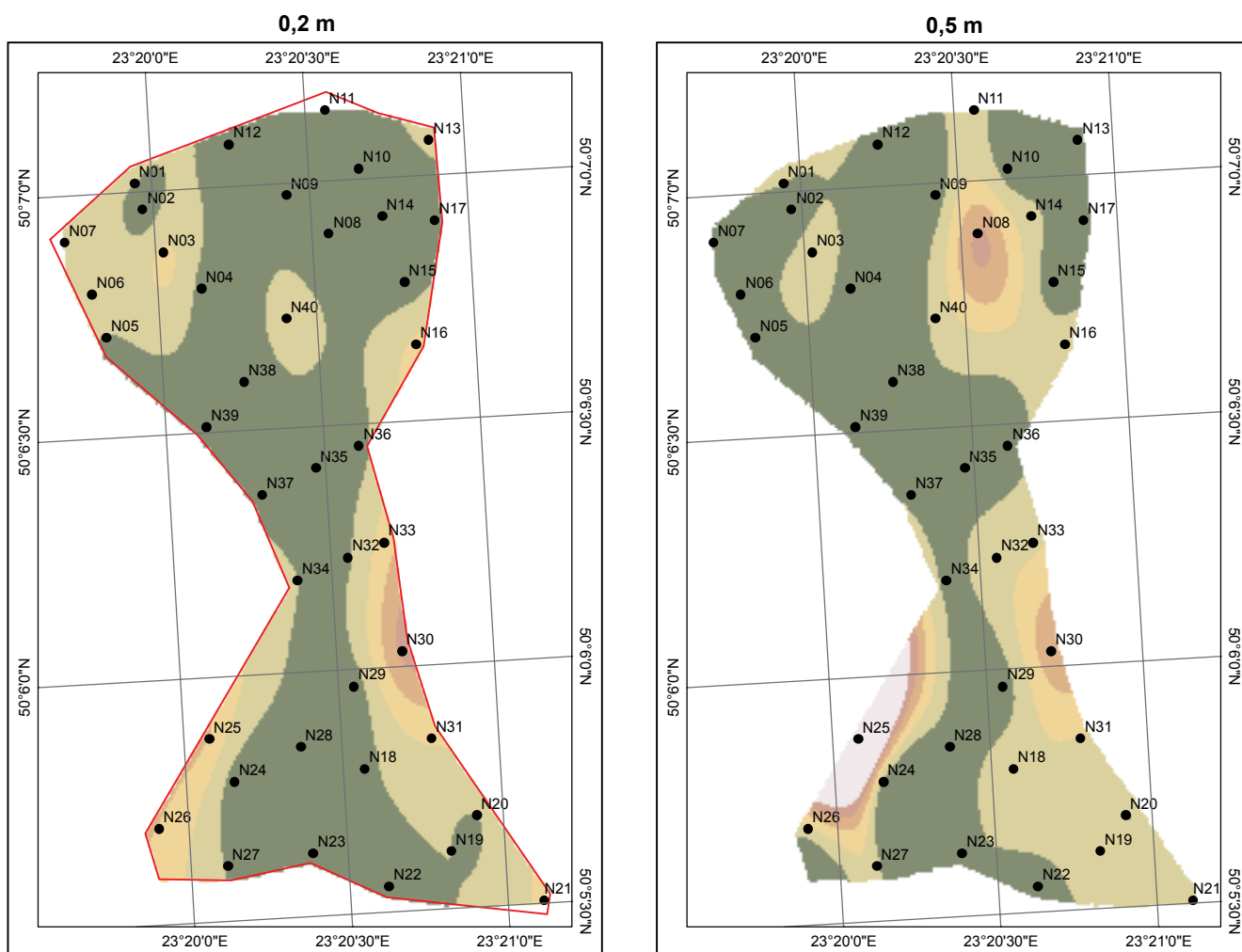


Fig. 16. Rozkład koncentracji Ni na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Ni in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

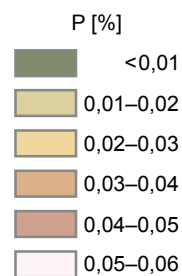
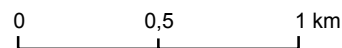
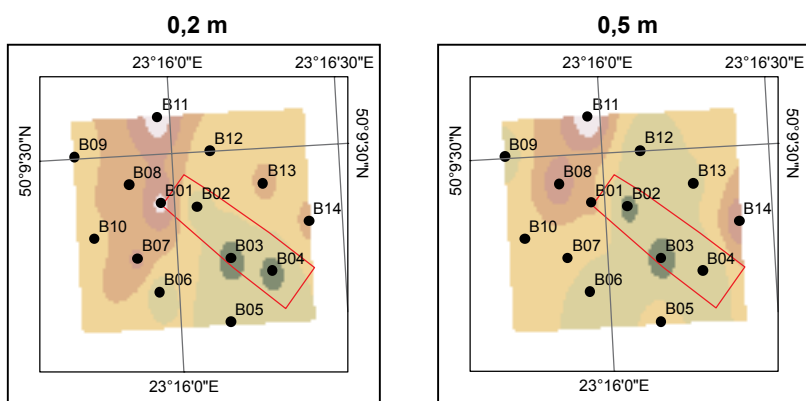
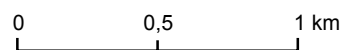
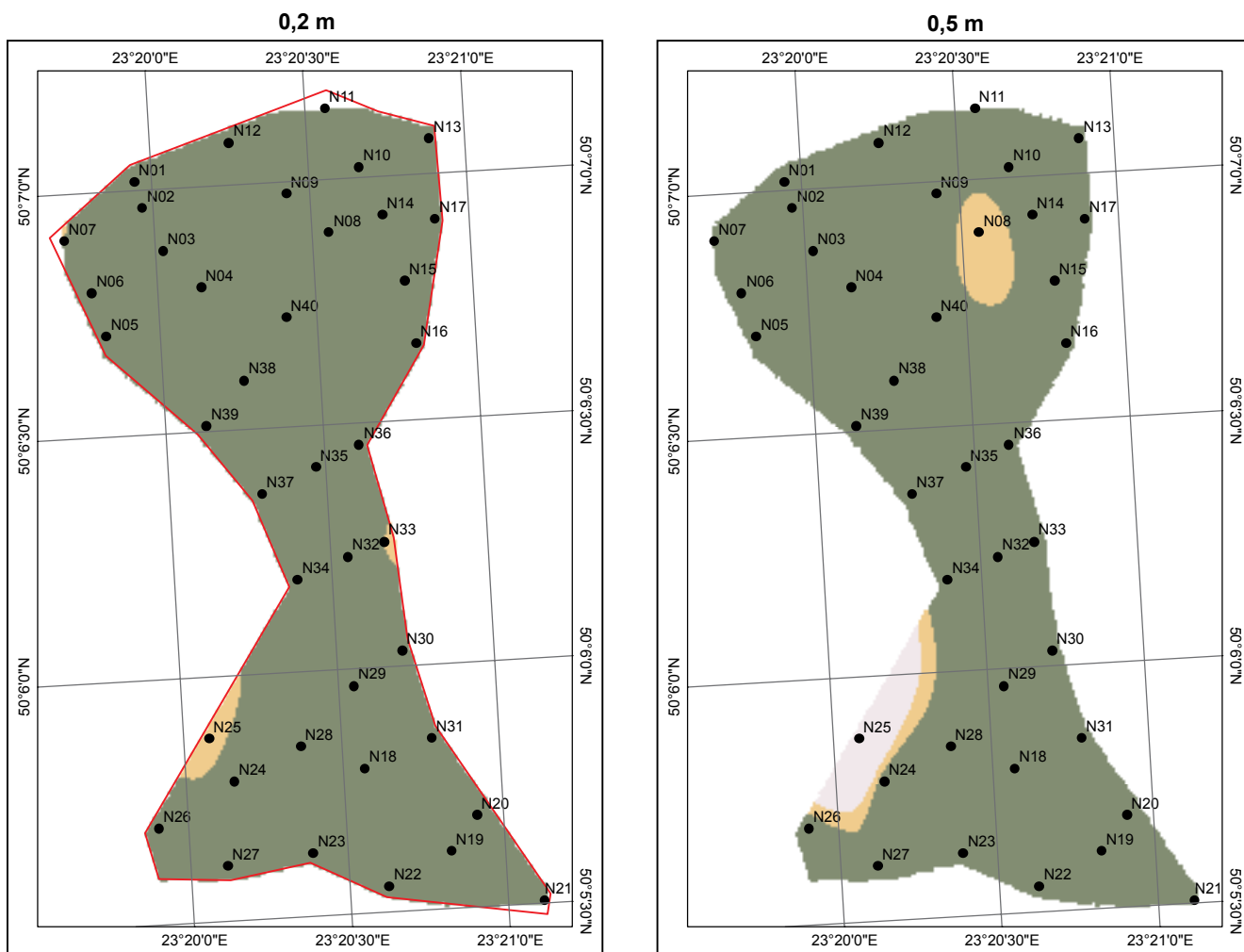


Fig. 17. Rozkład koncentracji P na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of P in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

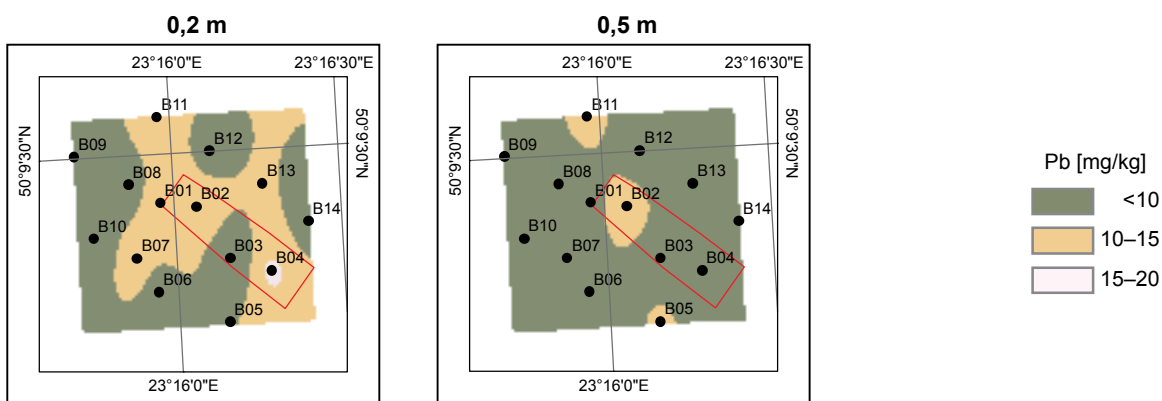
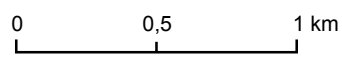
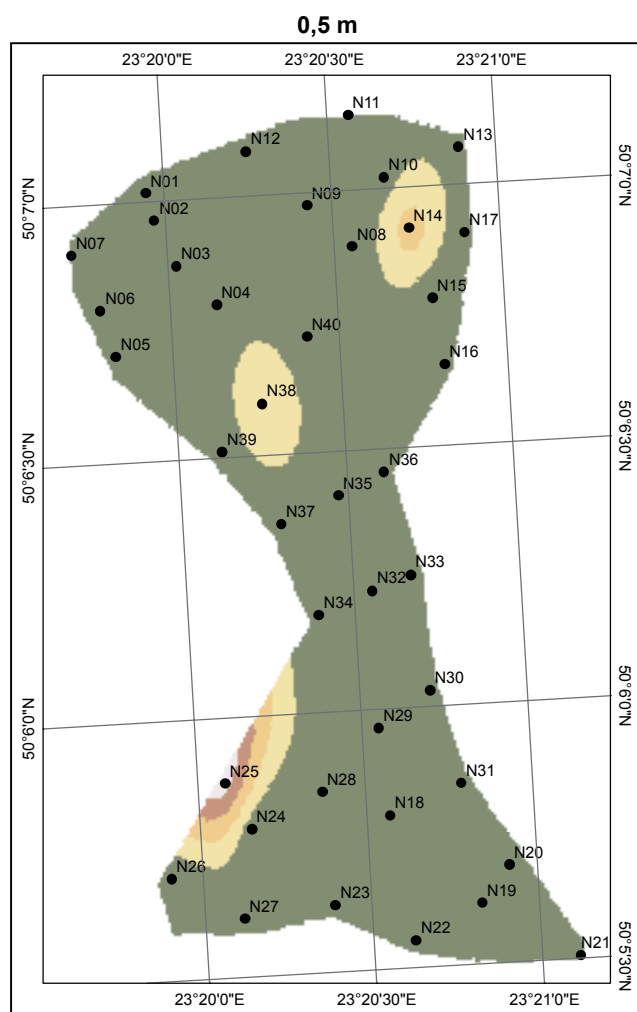
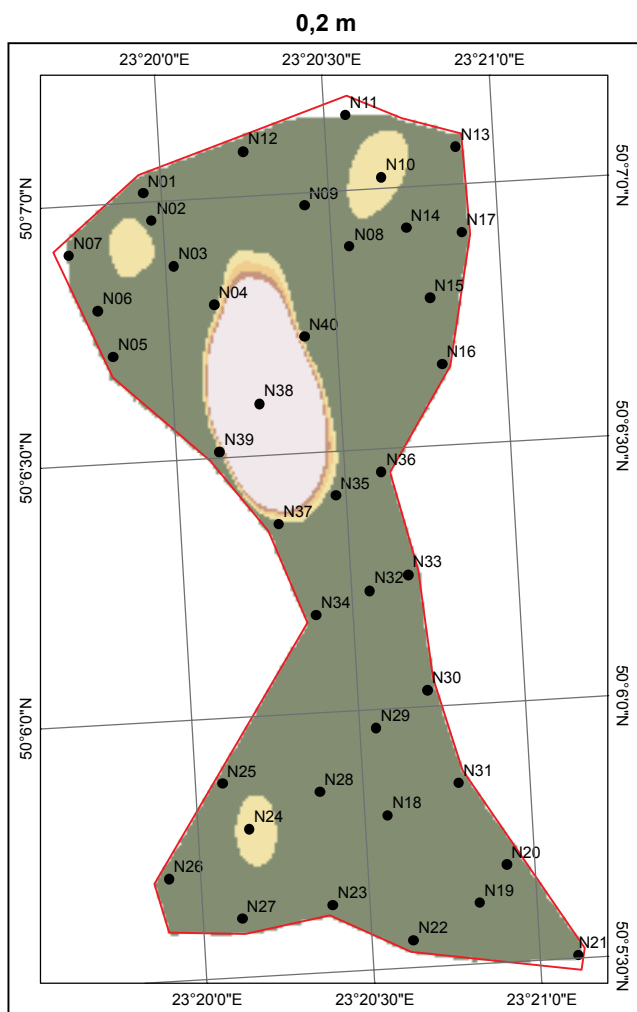


Fig. 18. Rozkład koncentracji Pb na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Pb in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

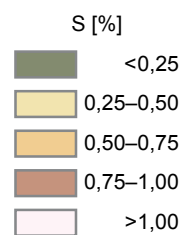
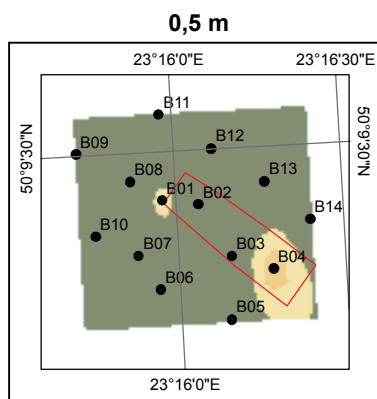
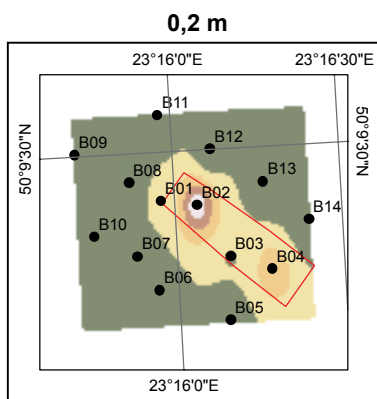
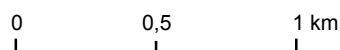
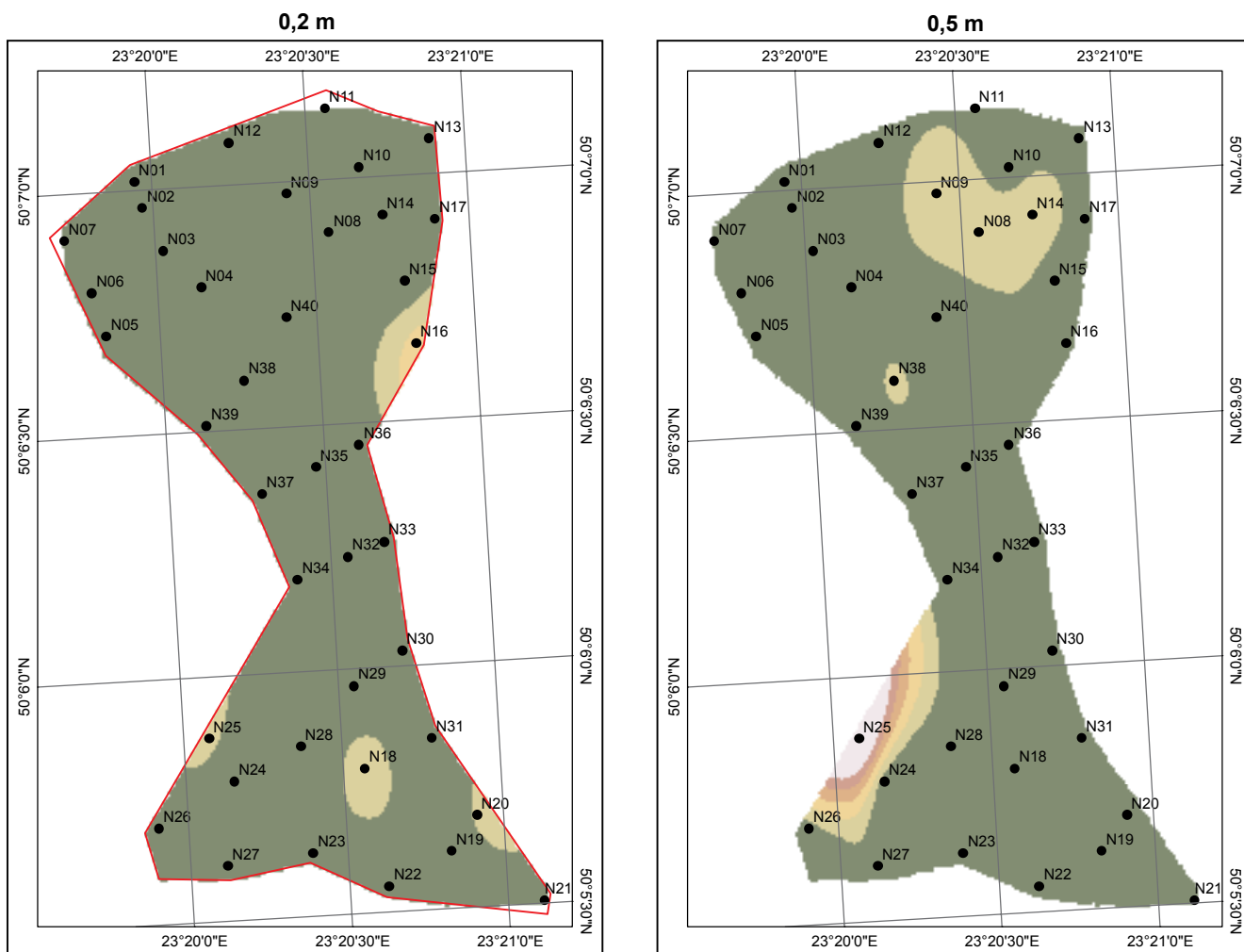


Fig. 19. Rozkład koncentracji S na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of S in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

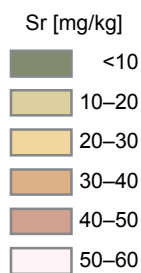
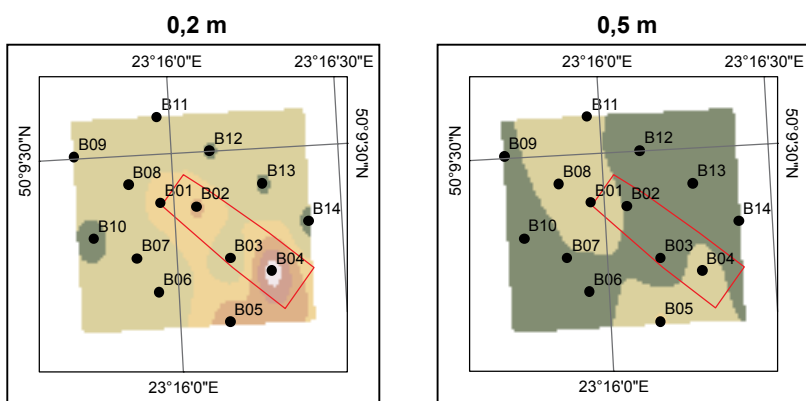
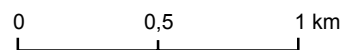
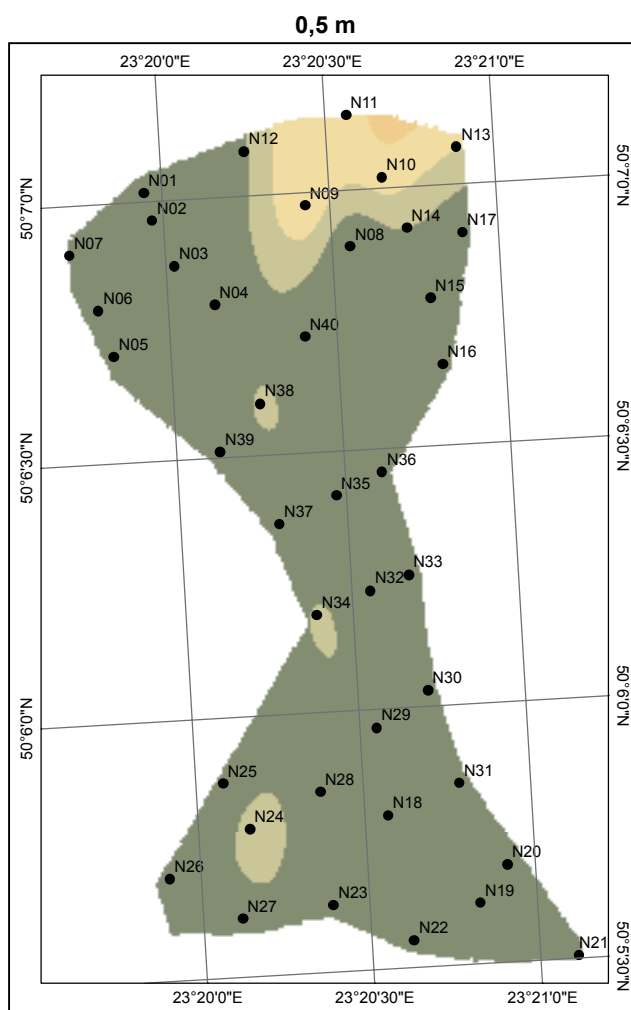
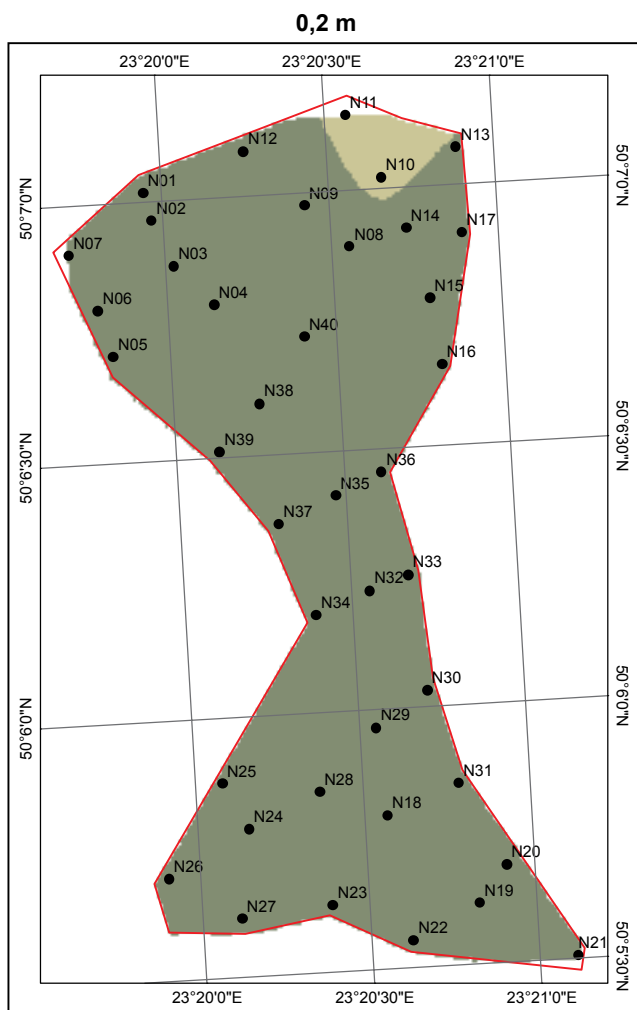


Fig. 20. Rozkład koncentracji Sr na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Sr in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

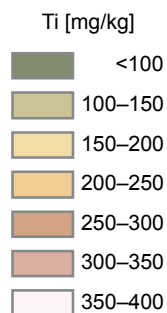
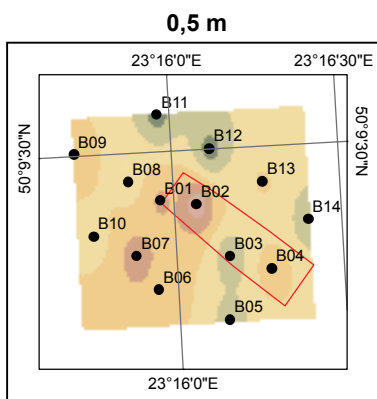
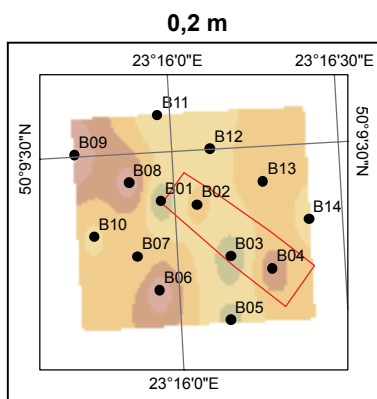
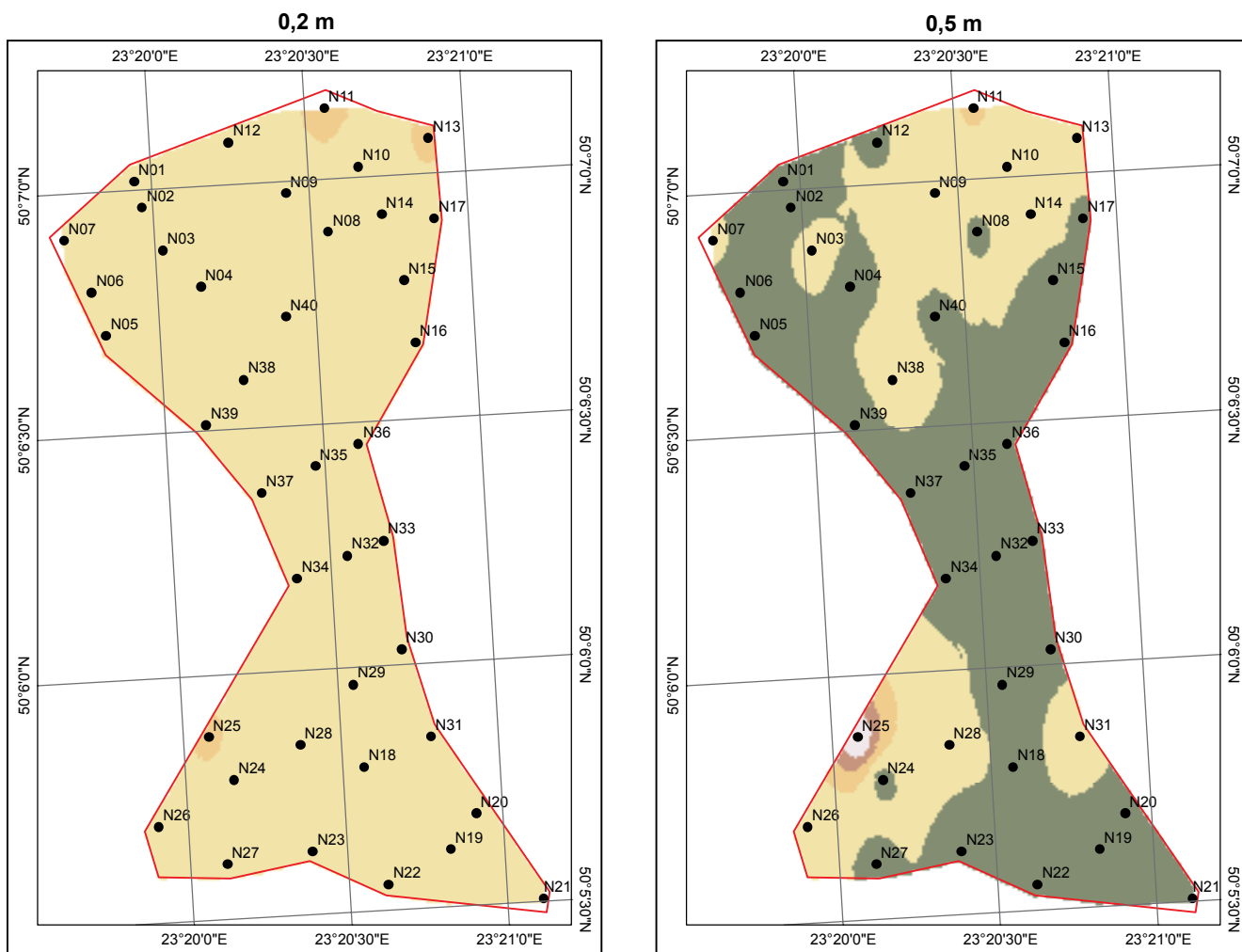


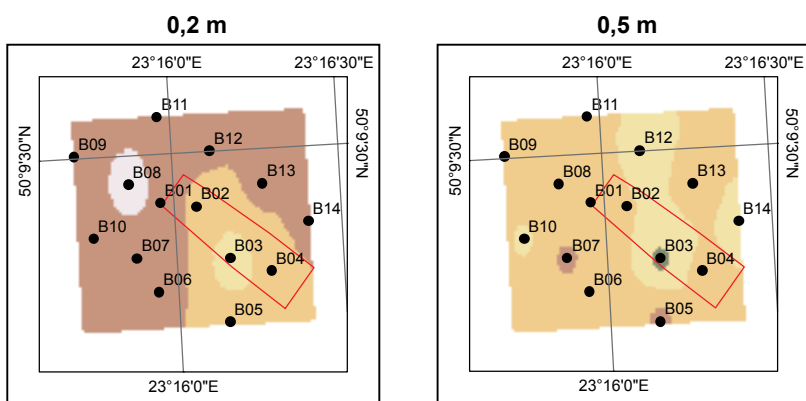
Fig. 21. Rozkład koncentracji Ti na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Ti in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia



0 0,5 1 km

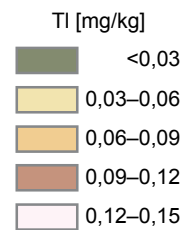


Fig. 22. Rozkład koncentracji TI na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of TI in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

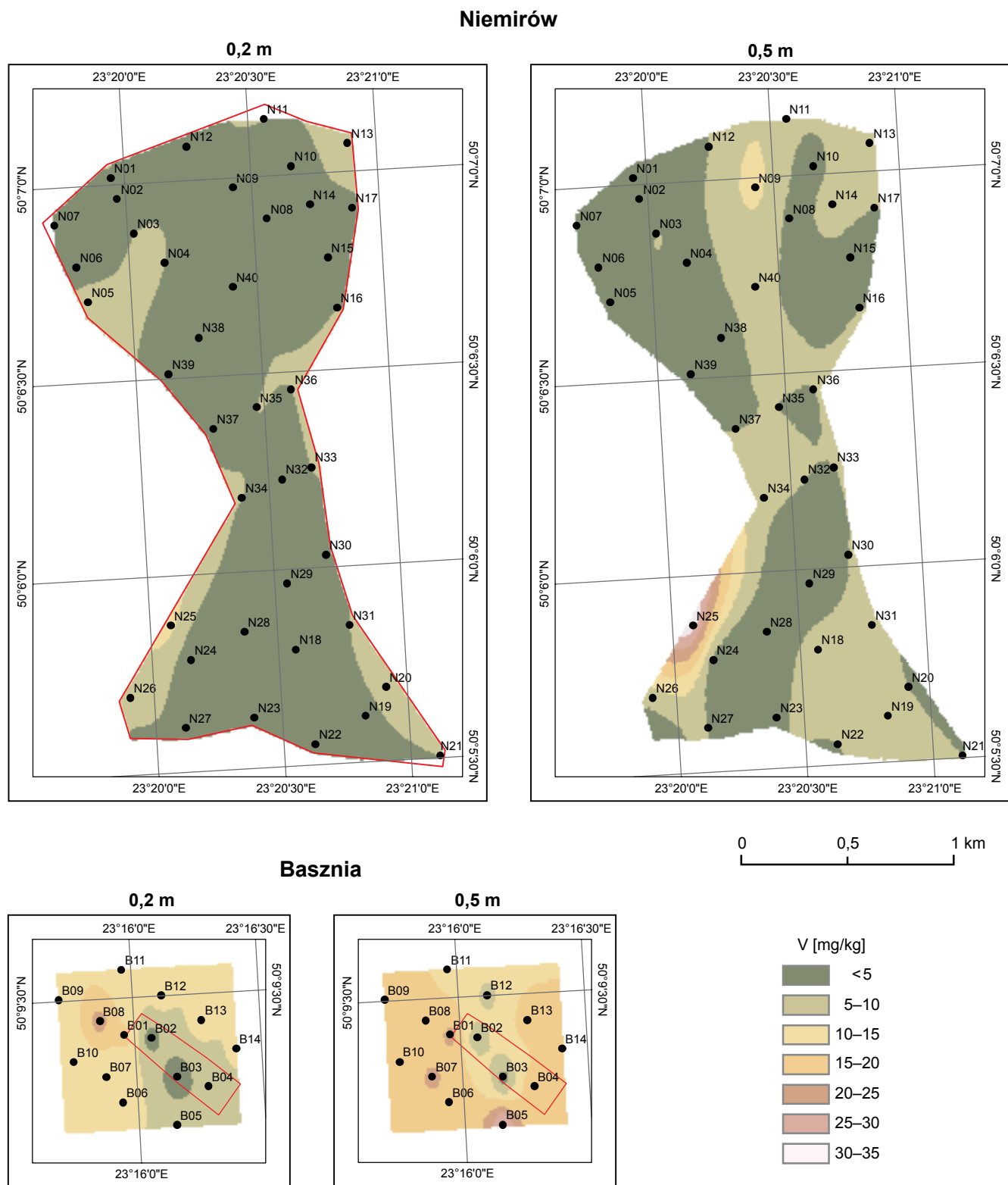
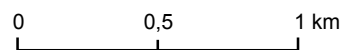
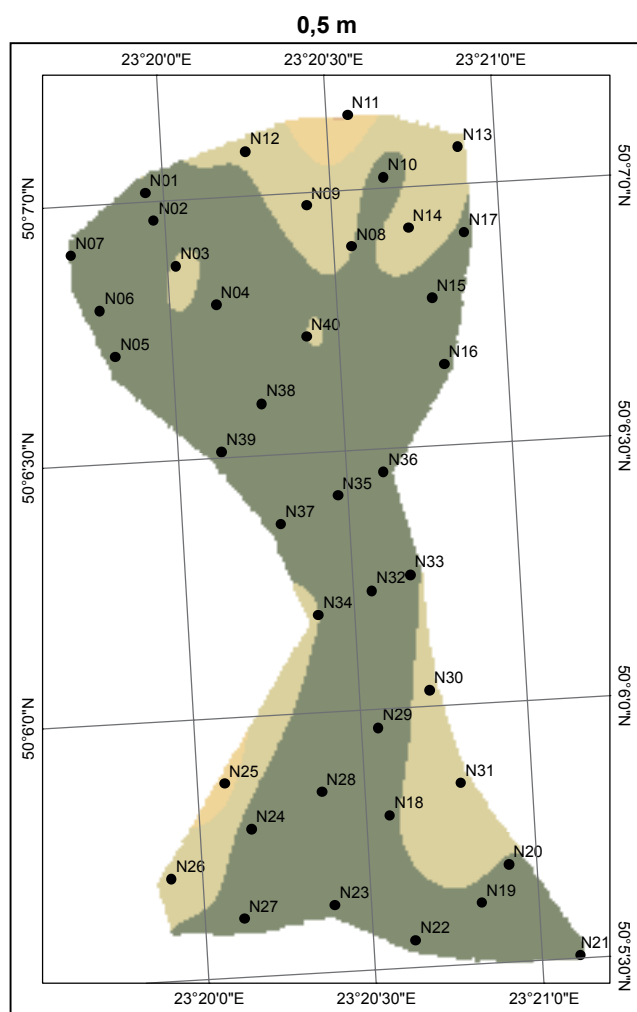
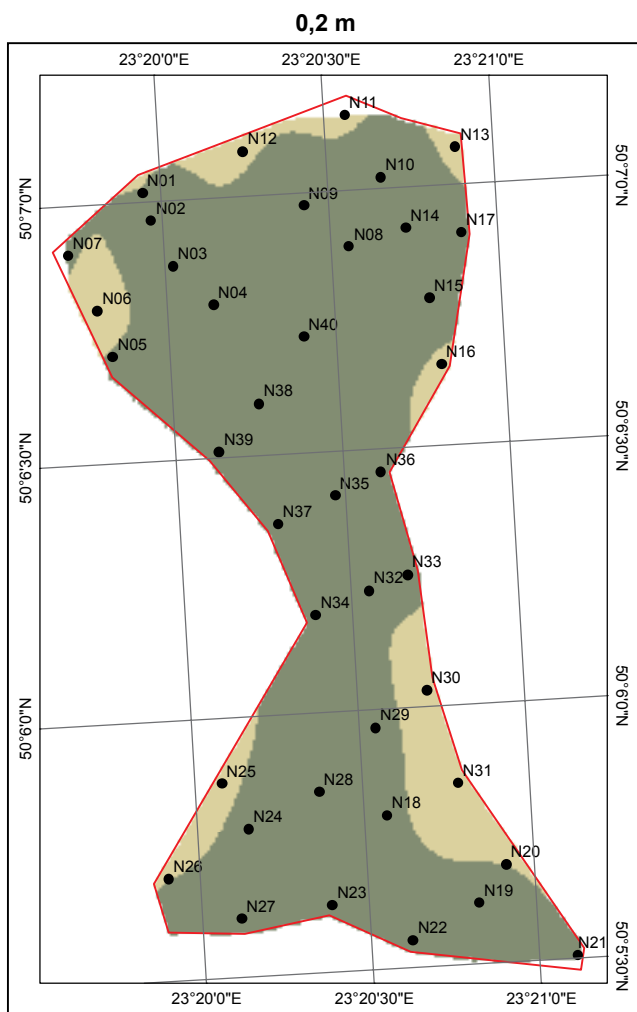


Fig. 23. Rozkład koncentracji V na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of V in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

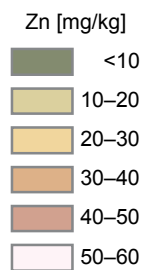
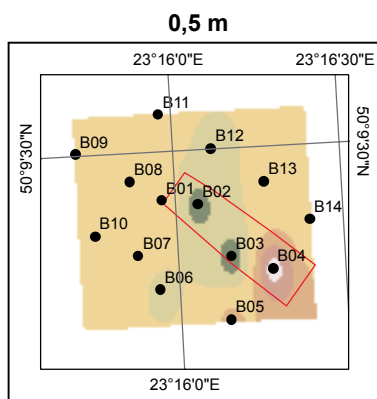
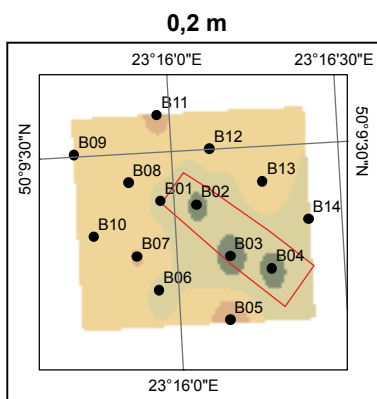


Fig. 24. Rozkład koncentracji Zn na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of Zn in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

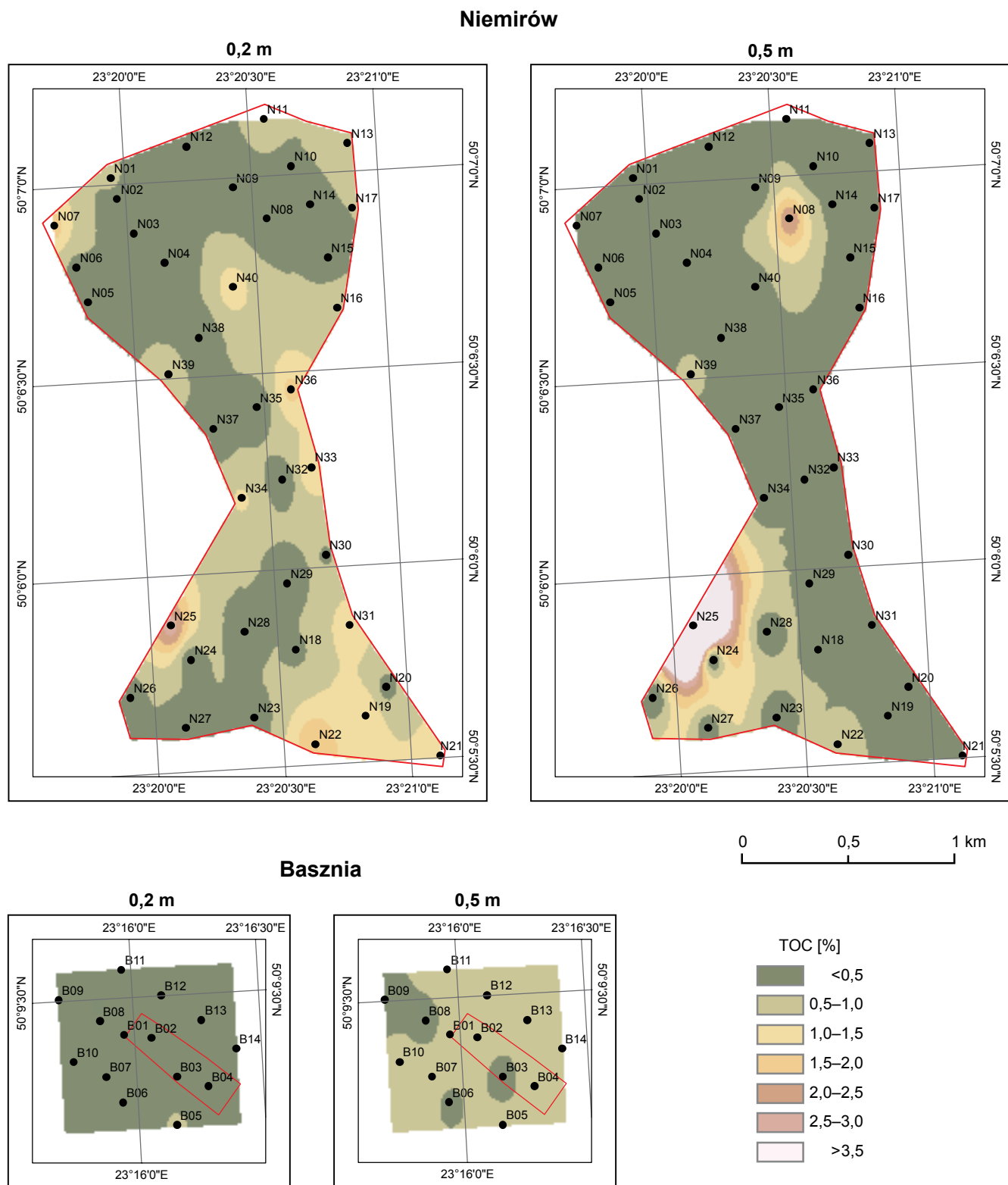
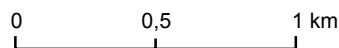
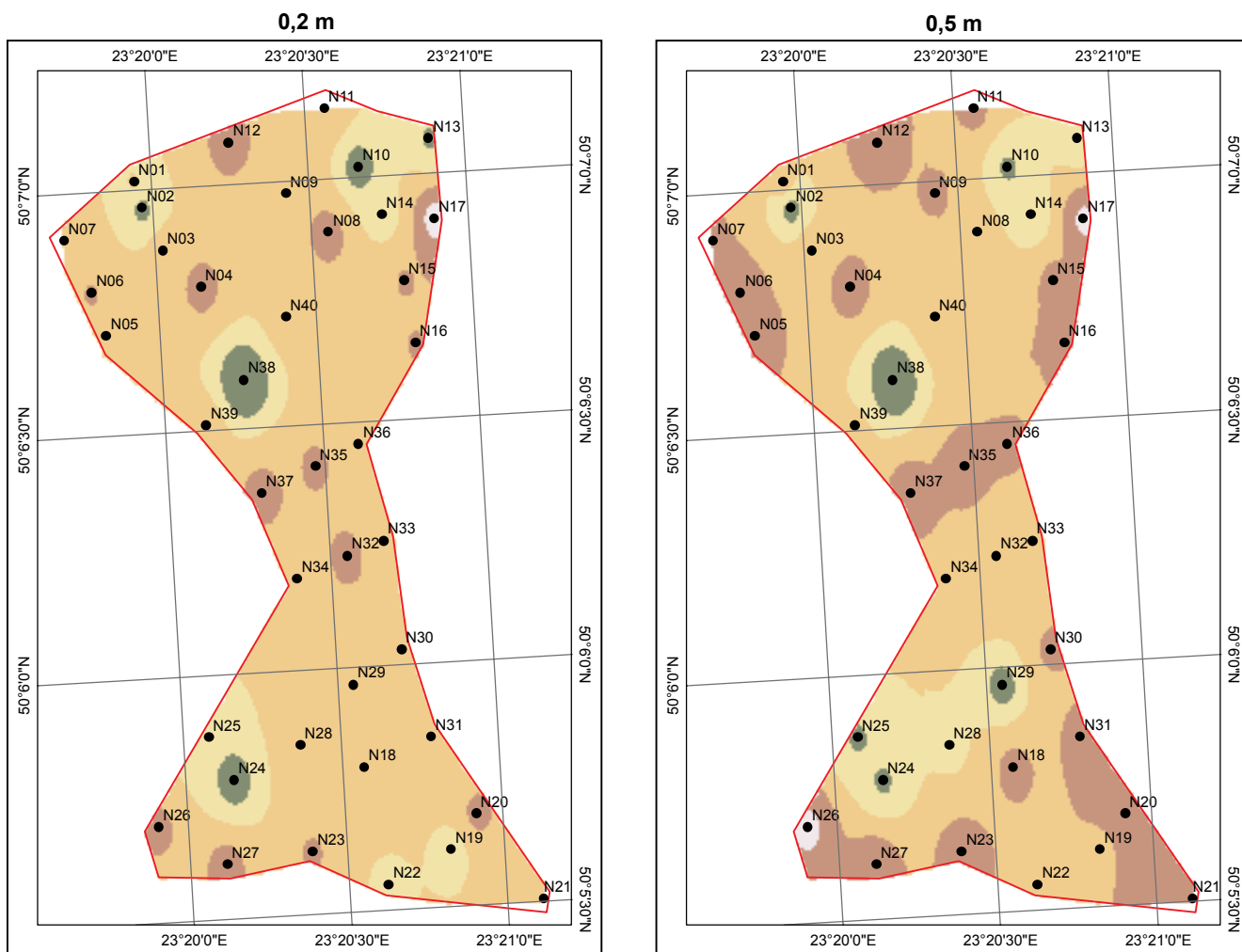


Fig. 25. Rozkład zawartości TOC na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of TOC in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Niemirów



Basznia

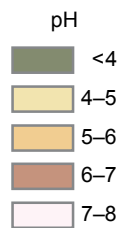
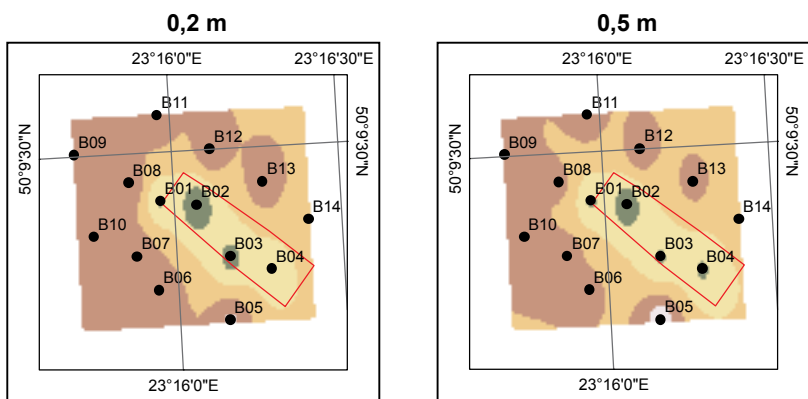


Fig. 26. Rozkład pH na obszarach eksploatacji siarki kopalni Niemirów i Basznia

Distribution of pH in exploitation areas of Nemyriv and Basznia sulphur mines

Tabela 1

Wyniki analiz chemicznych próbek gleby z głębokości 20 cm
Results of chemical analyses of soil at depth of 20 cm

Typ gruntu Ground type	Skł./ El. Nr	Ag	Al	As	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	Ti	Tl	V	Zn	TOC	pH	
		[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	
Antropogen Anthropogenic ground	N 1	<1	0,32	<5	13	<0,5	0,01	<1	<1	3	3	0,29	<0,02	0,03	9	2	0,010	<5	0,035	2	50	0,04	4	9	0,59	5,07	
Antropogen Anthropogenic ground	N 2	<1	0,13	<5	19	<0,5	0,01	<1	<1	3	6	0,25	<0,02	<0,01	3	2	<0,005	<5	0,168	3	48	0,04	1	4	0,25	3,70	
Antropogen Anthropogenic ground	N 3	<1	0,31	<5	22	<0,5	0,01	<1	<1	5	4	0,28	<0,02	0,03	17	2	0,022	<5	0,010	3	71	0,04	5	9	0,33	5,50	
Antropogen Anthropogenic ground	N 4	<1	0,37	<5	20	<0,5	<0,01	<1	<1	4	2	0,28	<0,02	0,04	15	2	0,007	<5	0,006	3	90	0,04	5	7	0,10	6,41	
Lesny Forest ground	N 5	<1	0,45	<5	16	<0,5	<0,01	<1	<1	4	1	0,25	<0,02	0,04	11	3	0,009	<5	0,015	2	63	0,03	6	9	0,13	5,93	
Lesny Forest ground	N 6	<1	0,50	<5	22	<0,5	0,01	<1	<1	4	2	0,22	<0,02	0,03	12	4	0,019	<5	0,011	3	60	0,03	4	14	0,41	6,05	
Lesny Forest ground	N 7	<1	0,30	<5	19	<0,5	<0,01	<1	<1	3	3	0,26	0,03	0,03	66	2	0,018	10	0,012	2	44	0,05	4	9	1,66	5,30	
Lesny Forest ground	N 8	<1	0,31	<5	21	<0,5	<0,01	<1	<1	3	2	0,19	<0,02	0,03	13	2	<0,005	<5	<0,005	3	64	0,03	3	7	0,13	6,45	
Lesny Forest ground	N 9	<1	0,28	<5	24	<0,5	0,01	<1	<1	4	2	0,28	<0,02	0,03	11	4	0,006	<5	0,022	5	72	0,04	4	5	0,41	5,80	
Antropogen Anthropogenic ground	N 10	<1	0,17	<5	32	<0,5	0,14	<1	<1	2	2	0,04	<0,02	0,01	4	2	0,005	<5	0,328	7	122	0,03	2	3	0,48	3,35	
Lesny Forest ground	N 11	<1	0,34	<5	26	<0,5	0,02	<1	<1	4	1	0,24	<0,02	0,03	264	1	0,008	5	0,009	4	122	0,08	5	12	0,62	5,92	
Lesny Forest ground	N 12	<1	0,35	<5	18	<0,5	0,02	<1	<1	3	<1	0,21	<0,02	0,04	32	3	0,008	<5	0,010	3	67	0,03	4	11	0,35	6,35	
Lesny Forest ground	N 13	<1	0,54	<5	26	<0,5	0,02	<1	<1	7	2	0,82	0,04	0,04	60	2	0,011	<5	0,095	4	102	0,07	8	12	0,91	3,91	
Antropogen Anthropogenic ground	N 14	<1	0,22	<5	23	<0,5	0,02	<1	<1	3	1	0,18	<0,02	0,03	10	1	0,008	<5	0,068	8	76	0,04	4	6	0,27	4,46	
Lesny Forest ground	N 15	<1	0,14	<5	22	<0,5	<0,01	<1	<1	2	<1	0,08	<0,02	0,01	3	<1	<0,005	<5	0,008	2	54	<0,03	3	4	0,18	6,05	
Lesny Forest ground	N 16	<1	0,72	<5	17	<0,5	0,05	<1	<1	4	<1	0,21	0,02	0,03	12	3	0,023	<5	0,024	25	66	0,04	5	12	0,96	6,03	
Lesny Forest ground	N 17	<1	0,25	<5	21	<0,5	0,16	<1	<1	3	2	0,22	<0,02	0,03	24	3	0,006	<5	0,006	5	68	0,03	4	7	0,50	7,45	
Antropogen Anthropogenic ground	N 18	<1	0,21	<5	375	<0,5	0,03	<1	<1	3	1	0,25	0,02	0,03	11	2	0,008	<5	0,049	13	71	0,03	4	8	0,43	5,61	
Antropogen Anthropogenic ground	N 19	<1	0,17	<5	68	<0,5	0,01	<1	<1	4	5	0,09	0,03	0,01	5	<1	0,010	9	0,032	3	52	0,03	4	6	1,48	4,54	
Lesny Forest ground	N 20	<1	0,51	<5	33	<0,5	0,03	<1	<1	4	1	0,28	<0,02	0,04	16	3	0,010	<5	0,010	11	72	0,03	6	10	0,38	6,20	
Lesny Forest ground	N 21	<1	0,41	<5	30	<0,5	0,01	<1	<1	3	1	0,17	<0,02	0,02	10	2	0,023	5	0,017	6	56	0,03	5	9	1,19	5,23	
Bagieny Bog ground	N 22	<1	0,17	<5	10	<0,5	<0,01	<1	<1	2	<1	0,03	<0,02	<0,01	3	<1	0,007	<5	0,012	2	38	0,03	2	5	2,01	4,74	
Piaszczysty Sandy ground	N 23	<1	0,31	<5	14	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,17	<0,02	0,03	9	3	0,006	<5	<0,005	2	36	<0,03	4	8	0,26	6,08	
Antropogen Anthropogenic ground	N 24	<1	0,12	<5	18	<0,5	<0,01	<1	<1	1	<1	0,02	<0,02	<0,01	3	<1	<0,005	<5	0,324	2	70	<0,03	1	6	0,19	3,40	
Bagieny Bog ground	N 25	<1	0,53	<5	48	<0,5	0,03	<1	<1	6	4	0,29	0,03	0,04	14	5	0,029	13	0,089	12	57	0,07	11	13	2,72	4,12	
Lesny Forest ground	N 26	<1	0,47	<5	15	<0,5	0,04	<1	<1	4	2	0,31	<0,02	0,04	70	4	0,029	<5	<0,005	4	62	0,04	6	10	0,33	6,15	
Piaszczysty Sand ground	N 27	<1	0,32	<5	18	<0,5	0,01	<1	<1	3	1	0,24	<0,02	0,03	12	3	0,009	<5	<0,005	2	48	0,03	4	7	0,14	6,37	
Antropogen Anthropogenic ground	N 28	<1	0,09	<5	22	<0,5	<0,01	<1	<1	<1	<1	0,02	<0,02	<0,01	5	<1	<0,005	<5	0,018	3	69	0,03	1	5	0,22	5,80	
Antropogen Anthropogenic ground	N 29	<1	0,10	<5	40	<0,5	<0,01	<1	<1	3	4	0,18	<0,02	<0,01	9	1	<0,005	<5	0,100	4	58	0,03	2	5	0,21	5,33	
Lesny Forest ground	N 30	<1	0,34	<5	22	<0,5	0,01	<1	<1	3	3	0,26	<0,02	0,03	320	2	0,042	6	0,008	2	54	0,05	4	17	0,48	5,83	
Lesny Forest ground	N 31	<1	0,45	<5	40	<0,5	0,02	<1	<1	3	2	0,29	0,02	0,04	541	3	0,021	7	0,011	3	56	0,06	5	17	1,31	5,67	
Antropogen Anthropogenic ground	N 32	<1	0,19	<5	25	<0,5	<0,01	<1	<1	2	1	0,21	<0,02	0,02	14	1	0,009	<5	0,020	3	64	0,03	4	9	0,15	6,30	
Lesny Forest ground	N 33	<1	0,39	<5	18	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,27	<0,02	0,02	93	1	0,025	10	0,010	2	48	0,04	5	7	1,46	5,25	
Lesny Forest ground	N 34	<1	0,51	<5	19	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,34	0,03	0,02	28	2	0,010	5	0,009	2	61	0,04	5	7	1,06	5,49	
Antropogen Anthropogenic ground	N 35	<1	0,20	<5	24	<0,5	<0,01	<1	<1	2	1	0,20	<0,02	0,02	12	1	0,006	<5	0,016	3	67	0,03	5	5	0,10	6,18	
Lesny Forest ground	N 36	<1	0,38	<5	16	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,24	<0,02	0,02	11	1	0,007	5	0,009	2	57	0,04	5	7	1,62	5,24	
Lesny Forest ground	N 37	<1	0,39	<5	22	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,22	<0,02	0,03	19	3	0,008	<5	0,005	3	55	0,03	4	7	0,17	6,35	
Antropogen Anthropogenic ground	N 38	<1	0,10	<5	17	<0,5	<0,01	<1	<1	1	<1	0,01	<0,02	<0,01	<1	<1	<0,005	<5	11,952	2	37	<0,03	1	3	0,14	2,27	
Antropogen Anthropogenic ground	N 39	<1	0,26	<5	17	<0,5	0,01	<1	<1	2	1	0,20	<0,02	0,03	34	2	0,007	<5	0,029	2	36	0,03	3	6	0,73	5,60	
Lesny Forest ground	N 40	<1	0,41	<5	20	<0,5	<0,01	<1	<1	3	1	0,27	0,02	0,02	107	2	0,013	6	0,009	2	53	0,03	4	9	1,28	5,44	
Antropogen Anthropogenic ground	B 1	<1	0,52	<5	105	<0,5	0,14	<1	<1	9	4	0,94	0,03	0,07	103	4	0,053	13	0,376	25	107	0,12	16	18	0,72	3,94	
Antropogen Anthropogenic ground	B 2	<1	0,29	<5	129	<0,5	1,07	<1	<1	4	2	0,11	0,06	0,02	19	1	0,014	15	1,191	32	208	0,08	3	7	0,66	2,96	
Antropogen Anthropogenic ground	B 3	<1	0,14	<5	236	<0,5	0,05	<1	<1	2	<1	0,04	<0,02	<0,01	8	<1	<0,005	<5	0,241	11	110	0,03	<1	4	0,29	3,70	
Antropogen Anthropogenic ground	B 4	<1	0,30	<5	353	<0,5	0,75	<1	<1	7	9	0,19	0,19	0,03	22	1	0,007	16	0,688	55	279	0,06	5	7	0,77	4,30	
Uprawny Tillable ground	B 5	<1	0,50	<5	938	<0,5	0,20	<1	<1	2	8	0,57	0,03	0,07	161	5	0,015	10	0,045	37	137	0,07	8	41	0,58	7,14	
Piaszczysty Sandy ground	B 6	<1	0,78	<5	69	<0,5	0,08	<1	<1	3	10	0,70	<0,02	0,11	259	5	0,014	8	0,014	11	339	0,10	13	18	0,40	6,98	
Uprawny Tillable ground	B 7	<1	0,79	<5	52	<0,5	0,13	<1	<1	4	11	0,69	0,02	0,11	678	7	0,042	12	0,017	10	202	0,12	13	31	0,84	6,87	
Lakowy Meadow ground	B 8	<1	1,22	<5	218	<0,5	0,15	<1	<1	4	18	1,39	<0,02	0,17	153	9	0,037	8	0,014	18	334	0,14	22	27	0,24	6,82	
Lakowy Meadow ground	B 9	<1	0,76	<5	48	<0,5	0,07	<1	<1	4	10	3	0,70	<0,02	0,13	288	7	0,021	6	0,006	10	354	0,09	12	20	0,28	6,92
Piaszczysty Sandy ground	B 10	<1	0,79	<5	45	<0,5	0,06	<1	<1	2	9	0,53	<0,02	0,09	127	6	0,027	8	0,012	8	190	0,10	10	20	0,61	6,72	
Lakowy Meadow ground	B 11	<1	0,78	<5	76	<0,5	0,14	<1	<1	3	11	0,74	0,03	0,11	477	5	0,056	12	0,017	14	155	0,12	13	33	0,93	6,68	
Uprawny Tillable ground	B 12	<1	0,65	<5	53	<0,5	0,10	<1	<1	2	11	0,57	<0,02	0,10	396	5	0,025	8	0,012	9	196	0,0					

Tabela 2

Wyniki analiz chemicznych próbek podglebia z głębokości 50 cm
Results of chemical analyses of soil at depth of 50 cm

Typ gruntu Ground type	Skł./ El. Nr	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]	Mg [%]	Mn [mg/kg]	Ni [mg/kg]	P [%]	Pb [mg/kg]	S [%]	Sr [mg/kg]	Ti [mg/kg]	Tl [mg/kg]	V [mg/kg]	Zn [mg/kg]	TOC [%]	pH
Antropogen Anthropogenic ground	N1	<1	0,37	<5	16	<5	<0,01	<1	1	3	1	0,19	0,010	0,03	13	3	0,010	<5	0,028	2	66	25	4	8	0,14	5,38
Antropogen Anthropogenic ground	N2	<1	0,11	<5	19	<5	<0,01	<1	2	3	4	0,09	0,011	<0,01	9	5	<0,005	<5	0,149	4	62	26	3	3	<0,10	3,58
Antropogen Anthropogenic ground	N3	<1	0,40	<5	21	<5	<0,01	<1	4	4	2	0,22	0,010	0,04	22	3	0,015	<5	0,012	2	66	35	5	11	0,17	5,72
Antropogen Anthropogenic ground	N4	<1	0,28	<5	16	<5	<0,01	<1	3	2	2	0,16	0,003	0,03	9	2	0,005	<5	0,005	2	57	27	3	7	0,10	6,54
Leśny Forest ground	N5	<1	0,33	<5	14	<5	<0,01	<1	3	1	3	0,18	0,005	0,03	11	3	0,006	<5	0,009	2	60	21	4	7	<0,10	6,46
Leśny Forest ground	N6	<1	0,38	<5	20	<5	0,02	<1	4	4	1	0,26	0,004	0,04	23	3	0,009	<5	<0,005	5	99	23	5	9	<0,10	6,79
Leśny Forest ground	N7	<1	0,33	<5	17	<5	<0,01	<1	3	3	<1	0,23	0,013	0,03	190	2	0,008	<5	0,007	2	71	32	4	9	0,35	6,16
Leśny Forest ground	N8	<1	0,33	<5	25	<5	0,09	<1	3	1	0,14	0,044	0,01	4	1	0,042	14	0,053	15	42	27	4	10	2,46	5,35	
Leśny Forest ground	N9	<1	0,50	<5	23	<5	0,06	<1	3	7	2	0,35	0,021	0,06	28	3	0,005	<5	0,027	17	187	48	11	13	0,17	6,22
Antropogen Anthropogenic ground	N10	<1	0,17	<5	29	<5	0,03	<1	2	2	2	0,05	0,016	0,01	12	<1	<0,005	<5	0,115	5	173	30	6	6	0,10	3,82
Leśny Forest ground	N11	<1	0,46	<5	41	<5	0,02	<1	3	5	1	0,47	0,015	0,05	561	3	0,014	<5	0,10	5	187	65	8	30	0,22	6,27
Leśny Forest ground	N12	<1	0,36	<5	20	<5	0,02	<1	3	3	<1	0,22	0,006	0,04	41	3	0,008	<5	0,009	3	93	28	5	11	0,18	6,72
Leśny Forest ground	N13	<1	0,49	<5	27	<5	0,02	<1	8	2	0,62	0,027	0,06	40	4	0,008	<5	0,066	4	149	48	9	11	0,26	4,34	
Antropogen Anthropogenic ground	N14	<1	0,53	<5	27	<5	0,06	<1	2	6	3	0,38	0,024	0,06	36	5	0,013	6	0,595	18	97	53	8	16	0,41	4,00
Leśny Forest ground	N15	<1	0,11	<5	20	<5	<0,01	<1	1	1	<1	0,05	0,004	<0,01	7	<1	<0,005	<5	0,007	3	68	17	2	3	0,10	6,25
Leśny Forest ground	N16	<1	0,44	<5	18	<5	0,02	<1	3	3	<1	0,20	0,015	0,03	14	3	0,016	<5	0,012	8	63	23	5	9	0,29	6,36
Leśny Forest ground	N17	<1	0,27	<5	24	<5	0,07	<1	1	3	1	0,23	0,007	0,04	21	3	0,009	<5	0,037	5	55	25	5	9	0,18	7,27
Antropogen Anthropogenic ground	N18	<1	0,37	<5	93	<5	0,02	<1	4	4	7	0,20	0,015	0,03	18	3	0,017	<5	0,021	5	70	29	7	9	0,27	6,28
Antropogen Anthropogenic ground	N19	<1	0,38	<5	27	<5	0,02	<1	4	2	0,30	0,009	0,03	16	3	0,015	5	0,017	2	60	28	8	8	0,38	5,79	
Leśny Forest ground	N20	<1	0,37	<5	19	<5	0,02	<1	3	1	2	0,22	0,009	0,03	15	3	0,010	<5	0,006	8	58	22	5	9	0,16	6,86
Leśny Forest ground	N21	<1	0,44	<5	22	<5	<0,01	<1	4	4	1	0,22	0,012	0,03	18	3	0,019	<5	0,010	3	59	25	5	9	0,36	6,22
Bagieny Bog ground	N22	<1	0,44	<5	16	<5	<0,01	<1	3	3	<1	0,12	0,011	0,03	19	2	0,006	<5	0,016	2	84	30	5	6	0,88	5,82
Piaszczysty Sandy ground	N23	<1	0,29	<5	16	<5	<0,01	<1	2	1	<1	0,15	0,002	0,03	11	2	<0,005	<5	<0,005	2	43	18	4	6	0,11	6,58
Antropogen Anthropogenic ground	N24	<1	0,13	<5	23	<5	<0,01	<1	1	1	<1	0,03	0,010	<0,01	10	<1	<0,005	<5	0,080	3	117	22	3	4	0,10	3,85
Bagieny Bog ground	N25	<1	1,67	6	109	2,3	0,27	1	4	15	8	0,91	0,177	0,128	63	15	0,128	42	1,068	77	50	149	31	24	14,80	3,90
Leśny Forest ground	N26	<1	0,46	<5	25	<5	0,04	<1	2	5	1	0,34	0,006	0,06	48	4	0,016	<5	0,007	5	93	33	7	13	0,10	7,22
Leśny Forest ground	N27	<1	0,47	<5	17	<5	0,01	<1	3	3	<1	0,16	0,012	0,03	18	3	0,013	<5	0,009	3	74	22	5	7	0,22	6,73
Antropogen Anthropogenic ground	N28	<1	0,11	<5	14	<5	<0,01	<1	1	1	1	0,03	0,012	<0,01	8	<1	<0,005	<5	0,028	2	70	30	2	3	0,12	4,75
Antropogen Anthropogenic ground	N29	<1	0,09	<5	24	<5	0,01	<1	3	2	0,04	0,012	<0,01	<0,01	6	<1	<0,005	<5	0,080	3	91	25	5	5	0,25	3,55
Leśny Forest ground	N30	<1	0,32	<5	19	<5	0,01	<1	3	2	2	0,23	0,008	0,03	174	3	0,037	<5	0,005	2	65	29	5	13	0,14	6,18
Leśny Forest ground	N31	<1	0,45	<5	30	<5	<0,01	<1	4	2	0,28	0,015	0,04	135	5	0,019	<5	0,007	3	91	39	6	19	0,26	6,19	
Antropogen Anthropogenic ground	N32	<1	0,19	<5	16	<5	<0,01	<1	1	4	2	0,26	0,011	0,03	18	2	0,016	<5	0,013	2	77	27	5	5	0,32	5,22
Leśny Forest ground	N33	<1	0,42	<5	19	<5	<0,01	<1	3	1	2	0,23	0,015	0,03	37	3	0,018	<5	0,007	2	52	23	5	9	<0,10	5,77
Leśny Forest ground	N34	<1	0,46	<5	22	<5	<0,01	<1	4	1	0,34	0,015	0,04	29	4	0,008	<5	0,010	2	102	24	6	10	0,18	5,95	
Leśny Forest ground	N35	<1	0,18	<5	21	<5	<0,01	<1	2	1	0,20	0,002	0,03	18	2	<0,005	<5	0,009	3	85	22	5	8	0,39	6,56	
Leśny Forest ground	N36	<1	0,40	<5	18	<5	<0,01	<1	3	1	0,20	0,014	0,03	18	2	0,006	<5	0,007	2	84	24	5	7	0,19	6,12	
Leśny Forest ground	N37	<1	0,35	<5	19	<5	<0,01	<1	2	3	1	0,23	0,007	0,03	19	3	0,008	<5	0,006	2	69	22	5	7	0,27	6,68
Antropogen Anthropogenic ground	N38	<1	0,11	<5	20	<5	0,17	<1	2	6	0,10	0,028	<0,01	9	1	<0,005	6	0,501	11	104	49	4	5	0,41	2,40	
Antropogen Anthropogenic ground	N39	<1	0,11	<5	11	<5	<0,01	<1	1	1	<1	0,04	0,010	<0,01	7	<1	<0,005	<5	0,013	3	61	12	2	2	0,60	5,11
Leśny Forest ground	N40	<1	0,46	<5	18	<5	<0,01	<1	3	1	0,24	0,011	0,03	15	3	0,012	<5	0,011	2	64	28	6	10	0,33	5,57	
Antropogen Anthropogenic ground	B1	<1	0,95	<5	62	<5	0,14	<1	4	14	7	1,12	0,029	0,15	349	11	0,031	9	0,305	15	257	90	21	27	0,10	3,88
Antropogen Anthropogenic ground	B2	<1	0,30	<5	70	<5	0,04	<1	4	1	1	0,12	0,023	0,03	31	1	0,007	15	0,240	10	330	60	7	5	<0,10	3,27
Antropogen Anthropogenic ground	B3	<1	0,14	<5	38	<5	0,02	<1	2	<1	0,05	0,008	0,008	0,03	9	<1	<0,005	<5	0,081	4	112	23	4	4	<0,10	3,90
Antropogen Anthropogenic ground	B4	<1	0,44	<5	81	<5	0,09	<1	5	17	4	0,36	0,043	0,06	59	10	0,010	7	0,644	12	229	63	17	54	0,10	3,92
Uprawy Tillable ground	B5	<1	1,13	8	173	<5	0,35	<1	8	18	10	1,86	0,051	0,18	1422	18	0,025	11	0,021	21	130	99	29	32	0,63	7,58
Piaszczysty Sandy ground	B6	<1	0,68	<5	32	<5	0,05	<1	4	11	5	0,93	0,031	0,14	135	8	0,010	9	0,008	7	235	68	18	17	<0,10	6,23
Uprawy Tillable ground	B7	<1	0,98	<5	50	<5	0,10	<1	7	14	6	1,12	0,011	0,19	527	13	0,024	9	0,007	10	280	96	21	28	0,10	6,61
Łąkowy Meadow ground	B8	<1	0,90	<5	55	<5	0,12	<1	4	14	7	1,38	0,013	0,15	83	11	0,049	6	0,008	12	177	88	19	29	<0,10	6,27
Piaszczysty Sandy ground	B9	<1	0,51	<5	34	<5	0,09	<1	4	13	6	1,02	0,014	0,16	176	10	0,015	7	<0,005	10	218	80	19	24	<0,10	6,35
Łąkowy Meadow ground	B10	<1	0,59	<5	32	<5	0,04	<1	4	8	3	0,83	0,015	0,11	324	8	0,026	6	0,007	5	180	56	15	23	<0,10	6,28
Łąkowy Meadow ground	B11	<1	0,62	<5	63	<5	0,12	<1	4	8	5	0,70	0,030	0,09	453	6	0,059	12	0,014	11	86	74	13	29	0,46	6,49
Uprawy Tillable ground	B12	<1	0,37	<5	25	<5	0,05	<1	3	5	2	0,43	0,008	0,07	129	5	0,011	<5	<0,005	8	84	40	9	18	<0,10	6,71
Uprawy Tillable ground	B13	<1	0,77	<5	38	<5	0,08	<1	5	11	4	0,93	0,013	0,16	257	10	0,019	7	0,006	4	203	68	17	21	0,10	6,36
Leśny Forest ground	B14	<1	0,77	<5	26	<5	0,03	<1	2	10	3	0,68	0,027	0,10	50	8	0,048	6	0,014	4	122	55				

Tabela 3

Główne parametry statystyczne składu geochemicznego utworów antropogenicznych i gleb leśnych na obszarze eksploatacji siarki w Basznie i Niemirowie
Main statistical parameters of elemental composition of anthropogenic and forest grounds in Basznia and Nemyriv sulphur exploitation areas

Składniki Elements	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	Mg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	Ti	Tl	V	Zn	TOC	pH
Parametry stat. Stat. paramet.	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	
Gleb. 20 cm Depth 20 cm																				
<i>Anthropogen Anthrop. ground</i>																				
<i>Średnia Average</i>	0,22	82,00	0,12	3,18	2,53	0,19	0,02	0,02	15,97	1,39	0,01	4,76	0,82	9,68	88,68	0,04	3,71	6,68	0,43	4,65
<i>Odch. stand. Stand. dev.</i>	0,11	113,68	0,29	2,08	2,31	0,21	0,04	0,02	22,54	0,89	0,01	4,68	2,71	13,72	60,48	0,02	3,37	3,32	0,34	1,22
<i>Zakres Range</i>	0,43	362	1,07	8,5	8,5	0,93	0,18	0,065	102,5	3,5	0,05	13,5	11,95	53	243	0,11	15,5	15	1,38	4,14
<i>Minimum Minimum</i>	0,09	13	0,005	0,5	0,5	0,01	0,01	0,005	0,5	0,5	0,0025	2,5	0,006	2	36	0,02	0,5	3	0,1	2,27
<i>Maksimum Maximum</i>	0,52	375	1,07	9	9	0,94	0,19	0,07	103	4	0,053	16	11,95	55	279	0,12	16	18	1,48	6,41
<i>Licznik Number</i>	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
<i>Poz. ufn. Conf. index (95%)</i>	0,05	54,79	0,14	1,00	1,11	0,10	0,02	0,01	10,87	0,43	0,01	2,25	1,31	6,61	29,15	0,01	1,63	1,60	0,16	0,59
<i>Gleba leśna Forest soil</i>																				
<i>Średnia Average</i>	0,42	23,64	0,02	3,73	1,48	0,27	0,02	0,03	79,09	2,48	0,02	4,41	0,01	4,68	70,23	0,04	5,00	9,95	0,74	5,81
<i>Odch. stand. Stand. dev.</i>	0,16	8,86	0,03	1,52	0,75	0,14	0,01	0,01	131,72	1,05	0,01	2,51	0,02	5,07	31,62	0,02	1,75	3,75	0,50	0,66
<i>Zakres Range</i>	0,73	38	0,155	7	2,5	0,74	0,03	0,06	538	3,5	0,04	7,5	0,09	23	145	0,10	8	13	1,53	3,54
<i>Minimum Minimum</i>	0,14	15	0,005	2	0,5	0,08	0,01	0,01	3	0,5	0,003	2,5	0,00	2	44	0,02	3	4	0,13	3,91
<i>Maksimum Maximum</i>	0,87	53	0,16	9	3	0,82	0,04	0,07	541	4	0,042	10	0,095	25	189	0,11	11	17	1,66	7,45
<i>Licznik Number</i>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
<i>Poz. ufn. Conf. index (95%)</i>	0,07	3,93	0,01	0,67	0,33	0,06	0,00	0,01	58,40	0,47	0,00	1,11	0,01	2,25	14,02	0,01	0,77	1,66	0,22	0,29
Gleb. 50 cm Depth 50 cm																				
<i>Anthropogen Anthrop. ground</i>																				
<i>Średnia Average</i>	0,28	33,05	0,03	4,08	2,50	0,21	0,02	0,03	34,68	2,84	0,01	4,24	0,15	5,68	114,95	35,58	5,89	10,00	0,22	4,61
<i>Odch. stand. Stand. dev.</i>	0,21	24,46	0,05	4,26	2,13	0,25	0,01	0,03	77,20	3,06	0,01	3,27	0,21	4,96	77,13	19,01	5,07	12,10	0,16	1,20
<i>Zakres Range</i>	0,86	82	0,17	16,5	6,5	1,09	0,04	0,15	343	10,5	0,03	12,5	0,64	16	273	78	19	52	0,55	4,16
<i>Minimum Minimum</i>	0,09	11	0,005	0,5	0,5	0,03	0,002	0,005	6	0,5	0,003	2,5	0,005	2	57	12	2	2	0,05	2,4
<i>Maksimum Maximum</i>	0,95	93	0,17	17	7	1,12	0,04	0,15	349	11	0,03	15	0,64	18	330	90	21	54	0,6	6,56
<i>Licznik Number</i>	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
<i>Poz. ufn. Conf. index (95%)</i>	0,10	11,79	0,02	2,05	1,03	0,12	0,00	0,02	37,21	1,48	0,00	1,57	0,10	2,39	37,18	9,16	2,44	5,83	0,08	0,58
<i>Gleba leśna Forest soil</i>																				
<i>Średnia Average</i>	0,40	22,09	0,02	4,00	1,16	0,28	0,01	0,04	68,09	3,16	0,01	3,18	0,01	4,73	87,86	30,95	6,00	11,23	0,30	6,20
<i>Odch. stand. Stand. dev.</i>	0,12	5,66	0,02	2,00	0,64	0,15	0,01	0,02	121,74	1,44	0,01	2,53	0,02	4,08	40,64	12,42	2,74	5,61	0,49	0,66
<i>Zakres Range</i>	0,66	27	0,09	9	2,5	0,63	0,04	0,10	557	7,5	0,05	11,5	0,06	15	145	48	13	27	2,41	2,93
<i>Minimum Minimum</i>	0,11	14	0,005	1	0,5	0,05	0,004	0,005	4	0,5	0,003	2,5	0,003	2	42	17	2	3	0,05	4,34
<i>Maksimum Maximum</i>	0,77	41	0,09	10	3	0,68	0,04	0,1	561	8	0,05	14	0,07	17	187	65	15	30	2,46	7,27
<i>Licznik Number</i>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
<i>Poz. ufn. Conf. index (95%)</i>	0,05	2,51	0,01	0,89	0,29	0,06	0,00	0,01	53,97	0,64	0,01	1,12	0,01	1,81	18,02	5,50	1,22	2,49	0,22	0,29

LITERATURA

- CIEŚLA D., 2001 — Działania proekologiczne w likwidacji skutków degradacji środowiska przez górnictwo siarki. Praca licencjacka. Akademia Świętokrzyska, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Kielce.
- GĄSIEWICZ A., JASIONOWSKI M., 2007 — Złoże siarki rodzimej Basznia – wpływ eksploatacji na cechy geochemiczne środowiska powierzchniowego. *W: Budowa geologiczna regionu lubelskiego i problemy ochrony litosfery* (red. M. Harasimiuk, T. Brzezińska-Wójcik, R. Dobrowolski, P. Mroczek, J. Warowna): 95–102. UMCS, Lublin.
- GERASIMOV L.S., CHALYY S.V., PLOTNIKOV A.A., GERSIMOVA I.I., POLKUNOVA G.V., KOSTYK I.O., EVTUSHENKO T.L., 2004 — Derzhavna Geologichna Karta Ukrainy, Mashtab 1: 200 000. Volyno-Podil'ska Seria M-34-XVIII (Rava Rus'ka), M-35-XIII (Chervonohrad), M-35-XIX (L'viv). Poyasnyvalna zapiska. Derzhavna Geologichna Sluzhba. Kyiv.
- KIREJCZYK J., BURCHARD T., TABOR M., PANTULA Z., PRUSZYŃSKA H., 1998 — Ekspertyza dla Kopalni Siarki „Basznia”. Arch. Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Przemysłu Siarkowego Siarkopol, Tarnobrzeg.
- KLICH J., GOŁDA T., HAJDO S., LANDZIANOWSKI A., POLAK K., RYCHTER D., WOJNICKA-PUT B., 2004 — Ocena stanu zaawansowania prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych na terenach zdegradowanych wydobywaniem i przetwórstwem rudy siarkowej w rejonach: tarnobrzeskim, staszowskim i lubaczowskim prowadzonych przez PRTG „Jeziórko”, Kopalnię Siarki „Machów”, KiZPS „Siarkopol”, Kopalnię Siarki „Grzybów”, „Sulphur” sp. z o.o. w likwidacji. Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH, Kraków.
- KUBICA B., 1994 — Objąsnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Lubaczów. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [dok. elektroniczny].
- MAŁECKI Z., 1993 — Oddziaływanie przemysłu siarkowego na środowisko przyrodnicze i kierunki ograniczenia tego zagrożenia. *Prz. Geol.*, **41**, 1: 89–93.
- MIGASZEWSKI Z.M., GAŁUSZKA A., 2007 — Podstawy geochemii środowiska. Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa.
- PAWŁOWSKI S., PAWŁOWSKA K., KUBICA B., 1974 — Dokumentacja geologiczna złoza siarki rodzimej Basznia. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- TUREK S., 1978 — Ciśnienie i własności fizyczne i chemiczne wód mioceńskich poziomu wodonośnego w rejonie Tarnobrzega przed eksploatacją złoza siarki. *Biul. Inst. Geol.*, **309**: 189–209.
- UBERMAN R., GORYLEWSKI E., 1999 — Problemy likwidacji wyrobiska kopalni siarki „Machów” oraz zagospodarowania terenów pogórnich. *Mat. Konf. Doświadczenia z likwidacji zakładów górniczych*. SITG, Katowice.

SUMMARY

Sulphur deposits like Basznia and Nemyriv occurring along the northern margin of the Carpathian Foredeep in the Polish-Ukrainian borderland were exploited using method of underground melting by hot water. The exploitation was stopped in the nineties but left variously degraded both the mechanically and chemically surface grounds.

During 2005–2006 field seasons in the Basznia and Nemyriv areas we have carried out extensive ground investigations. As a result we can state that native sulphur exploitation in Basznia sulphur deposit has limited impact on surface soil degradation and was limited to active mining area. Moreover, generally lower major and trace element concentrations and their lower differentiation as well as higher pH values occur in the Niemirów mining area.

The mining areas still contain relatively higher concentrations of sulphur, barium, strontium and calcium. These higher concentrations are especially well recorded in the Basznia sulphur area of exploitation. In the Nemyriv area

the elemental enrichment is less expressed and regards especially to sulphur pollution. In the later area the distribution of other elements is not less related to the exploitation area compared to the Basznia mine grounds.

Several years after stopping of exploitation the mining grounds still have very low pH values, changing between 2 and 6. It certainly results from insufficient remove of native sulphur still present in various form and extent in the mining grounds. It has been commonly stated during field works.

Significantly elevated concentrations of other components, such as Ba, Ca, Sr are only typical of the sulphur mine in Basznia. Taking into account the lithology of the Holocene deposits in this area, the contents of these elements greater than in the deposits surrounding the exploitation field suggests a connection to the native sulfur exploitation and can be probably the result of the pollution of the surface with strongly mineralized waters originated from the sulphur deposit (eg. Turek, 1978).

