GLEBY DOLNEGO ŚLĄSKA:
geneza, różnorodność i ochrona

SOILS OF LOWER SILESIA:
origins, diversity and protection

SOILS

of Lower Silesia: origins, diversity and protection

Monograph
edited by
Cezary Kabała

Polish Society of Soil Science
Wrocław Branch
Polish Humic Substances Society

Wrocław 2015

GLEBY

Dolnego Śląska:
geneza, różnorodność i ochrona

Praca zbiorowa
pod redakcją
Cezarego Kabały

Polskie Towarzystwo Gleboznawcze
Oddział Wrocławski
Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych

Wrocław 2015

Autorzy (w porządku alfabetycznym)
Contributors (in alphabetic order)

Jakub Bekier
Tomasz Bińczycki
Adam Bogacz
Oskar Bojko
Mateusz Cuske
Irmina Ćwieląg-Piasecka
Magdalena Dębicka
Bernard Gałka
Leszek Gersztyn
Bartłomiej Glina
Elżbieta Jamroz
Paweł Jezierski
Cezary Kabała
Anna Karczewska
Jarosław Kaszubkiewicz
Dorota Kawałko
Jakub Kierczak
Andrzej Kocowicz
Mateusz Krupski
Grzegorz Kusza
Beata Łabaz
Marian Marzec
Agnieszka Medyńska-Juraszek
Elżbieta Musztyfaga
Zbigniew Perlak
Artur Pędziwiatr
Ewa Pora
Agnieszka Przybył
Stanisława Strączyńska
Katarzyna Szopka
Rafał Tyszka
Jarosław Waroszewski
Jerzy Weber
Przemysław Woźniczka

Recenzenci Reviewers

Tadeusz Chodak
Jerzy Drozd
Stanisław Laskowski
Michał Licznar
Stanisława Elżbieta Licznar

© Polskie Towarzystwo Gleboznawcze Oddział Wrocławski
© Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych

Redakcja:
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska
50-357 Wrocław, ul. Grunwaldzka 53

Druk i oprawa:
Ultima-Druk Sp z o.o.
51-123 Wrocław, ul. W. Pola 77a

ISBN 978-83-934096-4-8

Monografia
wydana z okazji
29. kongresu
Polskiego Towarzystwa
Gleboznawczego
we Wrocławiu
oraz
Międzynarodowego Roku
Gleby (IYS2015)

Monograph
published on the ocassion
of 29th congress
of the Polish Society
of Soil Science
in Wrocław
and
International Year of Soil
(IYS2015)

Współorganizatorzy
29. Kongresu PTG
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Polskie Towarzystwo Gleboznawcze
Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych
Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN

Coorganizers
of the 29. congress PSSS
Wrocław University of Environmental and Life Sciences
Polish Society of Soil Science
Polish Humic Substances Society
Committee for Soil Science, and Agricultural Chemistry of Polish Academy of Sciences

Współorganizatorzy
sesji terenowych
Park Narodowy Gór Stołowych
KGHM Polska Miedź SA
Oddział - Zakład Hydrotechniczny
Oddział - Huta Miedzi Legnica
Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej O. Brzeg
Lasy Państwowe
Nadleśnictwo Wołów

Coorganizers
of the field sessions
Stołowe Mts. National Park
KGHM Polska Miedź SA
Branch - Zakład Hydrotechniczny
Branch - Huta Miedzi Legnica
Bureau for Forest Management and Geodesy in Brzeg
National Forest Administration
District Wołów

Konferencja terenowa
"Gleby Pogórza Sudeckiego
i Gór Stołowych"
dofinansowana została przez
Polską Akademię Nauk
- Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej

Field workshop
"Soils of the Sudety Foreland
and the Stołowe Mountains"
was supported financially by
Polish Academy of Sciences -
Committee for Soil Science and Agricultural Chemistry

Spis treści

Zagadnienia regionalne

1. Naturalne i gospodarcze uwarunkowania różnorodności zasobów glebowych Dolnego Śląska 9
2. Przestrzenne zróżnicowanie gleb Dolnego Śląska 25
3. Jakość i potencjał rolniczy gleb 47
4. Gleby i siedliska leśne 61
5. Potencjalna i aktualna erozja wodna na Dolnym Śląsku w badaniach modelowych i eksperymentalnych 69
6. Chemiczne zanieczyszczenie gleb i remediacja gleb zdegradowanych 83
7. Degradacja geotechniczna i rekultywacja terenów przekształconych przez górnictwo 103
8. Charakterystyka i zasoby materii organicznej wybranych gleb Dolnego Śląska 125

Przewodnik sesji terenowych 29. Kongresu PTG

9. Degradacja i ochrona gleb w rejonach oddziaływania przemysłu miedziowego na Dolnym Śląsku 139
10. Wpływ regulacji rzek i melioracji odwadniających na przeobrażenia gleb aluwialnych i siedlisk łęgowych 159
11. Czarne ziemie i czarnoziemy Niziny Śląskiej 173
12. Transformacja gleb lessowych Dolnego Śląska w Holocenie – gleby kurhanów i ich otoczenia w rejonie Henrykowa 187
13. Gleby serpentynitowe w Masywie Ślęży 201
14. Gleby Gór Stołowych 209
15. Gleby organiczne Sudetów – wiek, właściwości i współczesne przeobrażenia 225

Spis literatury 235

Contents

Regional issues

1. Natural and economic background of soil resources diversity in Lower Silesia 9
2. Spatial variablity of soils in Lower Silesia 25
3. Evaluation of the soil quality and agricultural potential 47
4. Soils and forest habitats 61
5. Potential and actual water erosion in Lower Silesia in modeling and experimental studies 69
6. Chemical degradation and remediation of chemically degraded soils 83
7. Degradation and reclamation of lands technically disturbed by mining activities 103
8. Characteristics and reosurces of organic matter in selected soils of Lower Silesia 125

Case studies
Guide to the field sessions of the 29th congress of PSSS

9. Degradation and protection of soils in the areas affected by copper industry in Lower Silesia 139
10. Effect of river regulation and drainage on transformations of alluvial soils and riparian habitats 159
11. Black earths and Chernozems in the Silesian Lowland . 173
12. Holocene transformation of loess soils in Lower Silesia – the soils in kurgans and their sorrundings near Henryków 187
13. Serpentinite soils in the Ślęża massif 201
14. Soils of the Stołowe Mountains 209
15. Distribution, age and transformation of organic soils in the Sudety Mountains 225

References 235

Rozdział 1

Naturalne i gospodarcze uwarunkowania różnorodności zasobów glebowych Dolnego Śląska

Chapter 1

Natural and economic background for soil resources diversity in Lower Silesia

1.1 Lokalizacja, ukształtowanie terenu i budowa geologiczna

Dolny Śląsk, utożsamiany z województwem dolnośląskim, jest częścią historycznej krainy Śląska, położonej w południowo-zachodniej Polsce nad środkową Odrą. Obecnie obejmuje także części województwa lubuskiego i opolskiego oraz niewielkie skrawki województwa wielkopolskiego. Z jednej strony oznacza to włączenie fragmentów Łużyc, czy Ziemi Kłodzkiej, a z drugiej wyłączenie fragmentów historycznego Dolnego Śląska leżących w innych jednostkach administracyjnych, np. miasto Nysa.

Województwo dolnośląskie zróżnicowane jest na dwie części: północno-wschodnią nizinną oraz południowo-zachodnią górską (Fig. 1.1). Obszar południowo-zachodniej Polski wpisuje się w pasowy układ rzeźby terenu, o którym zdecydowała przede wszystkim specyficzna budowa geologiczna. Istotny wpływ na ukształtowanie powierzchni miały ruchy orograficzne, a przede wszystkim działalność lądolodów. Z geologicznego punktu widzenia na obszarze Dolnego Śląska mamy do czynienia z dwoma głównymi jednost-

1.1 Location, landforms and geology

Lower Silesia region, identified as the Lower Silesian Voivodeship, is a part of the historical land known as Silesia, located in southern-western Poland along the middle Oder river. Presently, historical Silesia also covers parts of Lubuskie Voivodeship and Opolskie Voivodeship, as well as a small part of Wielkopolskie Voivodeship. This means that part of Lusatia (Łużyce) as well as Kłodzko land have been included, but from the other hand, parts of historic lands, such as the town Nysa, have been excluded.

Lower Silesia can be divided into two parts: the north-eastern lowlands and the mountains in the south-west (Fig. 1.1). The southwestern part of Poland has a belt system terrain mainly because of its specific geology. Orographic movements have had a significant impact on the landform, but the influence of the ice sheets was predominant. The area of Lower Silesia consists of two main units, which constituted one crystalline massif in the recent geological past.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

kami, które w nieodległej przeszłości geologicznej stanowiły jeden krystaliczny masyw. Został on podzielony przez sudecki uskok brzeżny na dwie części: blok Sudetów oraz blok przedsudecki (Fig. 1.2). Powierzchnia progowo obniżonego bloku przedsudeckiego przykryta jest płaszczem utworów mezozoicznych i kenozoicznych o zmiennej grubości. Utwory te zostały ukształtowane w wyniku kenozoicznych ruchów tektonicznych, gdy skały paleozoiczne sfałdowane w trakcie orogenezy waryscyjskiej zostały pocięte uskokami w trakcie ruchów alpejskich. Geologia Sudetów i bloku przedsudeckiego jest bardzo skomplikowana i charakteryzuje się mozaikową budową, ukształtowaną ewolucją geologiczną trwającą od górnego proterozoiku po czwartorzęd (Cwojdzinski i Kozdrój 2007).

Wyrazem dużego urozmaicenia rzeźby terenu i krajobrazu Dolnego Śląska jest występowanie kilku krain geograficznych, należących do trzech podprowincji fizykogeograficznych: Niziny Sasko-Łużyckie, Niziny Środkowopolskie oraz Sudety z Przedgórzem Sudeckim (Kondracki 2002).

Niziny Sasko-Łużyckie reprezentowane są przez Nizinę Śląsko-Łużycką (Fig. 1.3), charakteryzującą się dominacją piaszczystych, często zwydmionych stożków napływowych Nysy Łużyckiej, Bobru i Kwisy - rzek spływających z Sudetów. Ubogie skały macierzyste i związane z tym niekorzystne warunki glebowe sprawiają, że większość obszaru pokrywają rozległe bory, w których dominuje sosna, modrzew oraz świerk.

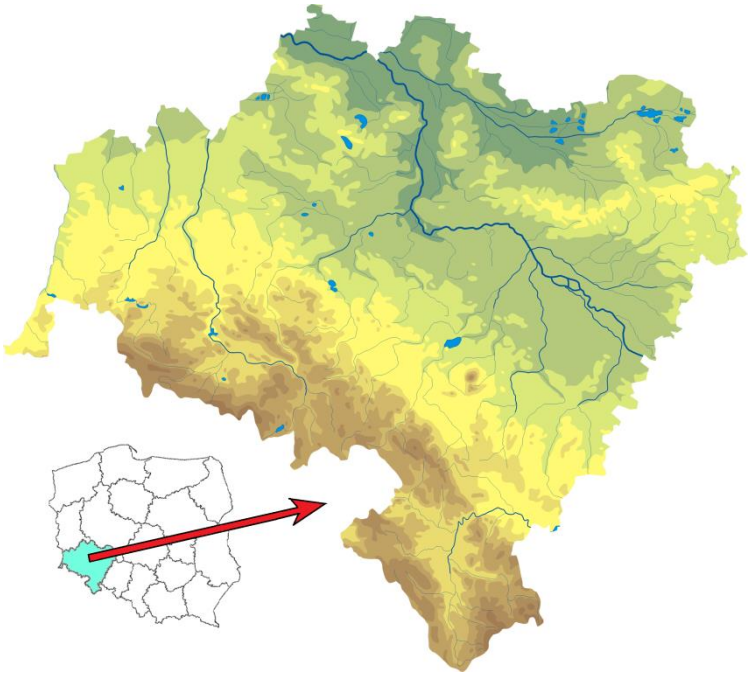
Podprowincja Nizin Środkowopolskich reprezentowana jest na Dolnym Śląsku przez trzy makroregiony: Wał Trzebnicki, Obniżenie Milicko-Głogowskie oraz Nizinę Śląską.

The crystalline massif was divided into two parts by the Sudetic Marginal Fault: the Sudety and the Fore-Sudetic Blocks (Fig. 1.2). The surface of the Fore-Sudetic Block lowered in the threshold mode is covered with a mantle of Mesozoic and Cenozoic structures of variable thickness. These structures were shaped by the Cenozoic tectonic movements when folded (during Variscan orogeny) Palaeozoic rocks were cut during the Alpine movements. The geology of the Sudety Mts and Fore-Sudetic Block is characterized by a mosaic structure, formed by geological evolution lasting from the upper Proterozoic till the Quaternary (Cwojdziński and Kozdrój 2007).

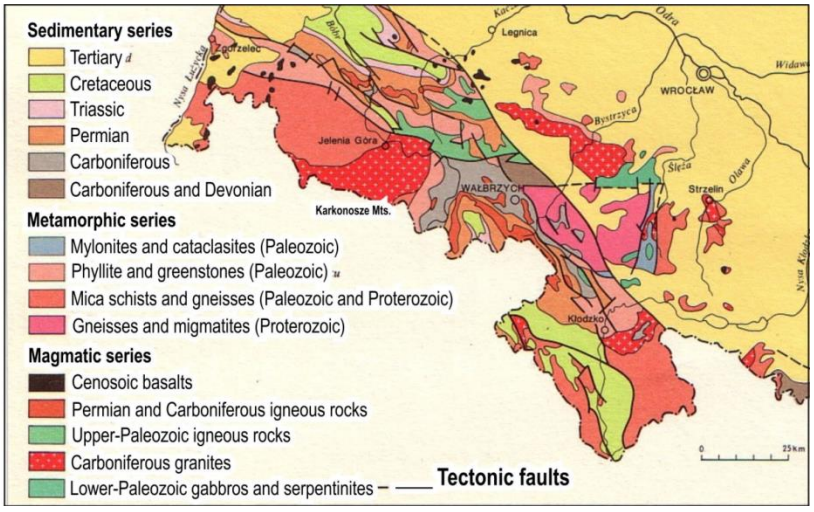
An illustration of the large landscapes variety in Lower Silesia is the presence of several geographical regions, belonging to three physicographic sections: Saxo-Lusatian Lowlands, Middle-Polish Lowlands, Sudety Mts with Sudety Foreland (Kondracki 2002). The Saxon-Lusatian Lowlands are represented by the Silesian-Lusatian Lowland (Fig. 1.3), which is characterized by the dominance of the sandy, alluvial cones of Nysa Łużycka, Bóbr and Kwisa rivers that flow from the Sudety Mts. Poor bedrocks and associated weak soil conditions are the reason that most of the area is covered with vast forests dominated by pine and larch.

The Middle-Polish Lowlands section is represented in Lower Silesia by three macro regions: Wał Trzebnicki Hills, the Milicko-Glogowskie Depression and the Silesian Lowland.

Trzebnicki Shaft separates the Silesian Lowland from the north. It is a range of latitudinally situated range of moraine hills, formed in the Warta glaciation.



Rysunek 1.1. Lokalizacja województwa dolnośląskiego na terenie Polski oraz zróżnicowanie hipsometryczne
Figure 1.1. Localisation of the Lower Silesian Voivodeship on the territory of Poland and its hypsometric diversity



Rysunek 1.2. Uproszczona mapa geologiczna (bez czwartorzędu)
Figure 1.2. Simplified geological map of south-western Poland (without Quaternary)

Wał Trzebnicki ogranicza od północy Nizinę Śląską. Stanowi on pas równoleżnikowo przebiegających wzniesień morenowych, ukształtowanych w okresie Warty. Na zaburzonych glacitektonicznie (pod wpływem przesuwającego się lądolodu) utworach mioceńskich (iły i piaski z węglem brunatnym) zalegają utwory morenowe i sandrowe. Na powierzchni wzgórz występują też pokrywy lessowe. Rzeźbę terenu charakteryzują dość wysokie wzgórza o wygładzonych zboczach, których wysokości bezwzględne dochodzą do 284 m n.p.m., a deniwelacje przekraczają 150 m. Poszczególne wzniesienia dzieli dobrze rozwinięta sieć dolin. Obszar ten stanowi odrębną krainę geobotaniczną, cechującą się znacznym zalesieniem (na zachodzie buczyny, na wschodzie siedliska borowe). Na krajobraz składają się lasy, pola uprawne oraz sady (na stokach w okolicach Trzebnicy). W średniowieczu Wzgórza Trzebnickie były znane z uprawy winorośli.

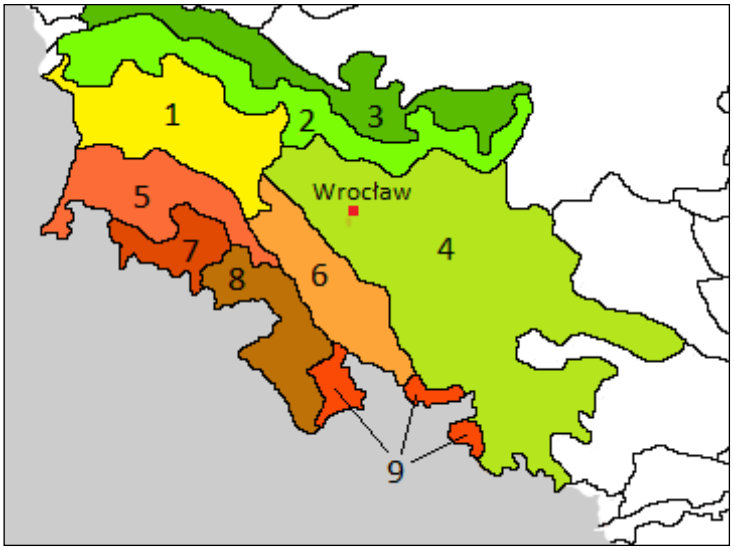
Obniżenie Milicko-Głogowskie stanowi równoleżnikowy pas obniżeń o charakterze pradolinnym, położonych w północno-zachodniej części Nizin Środkowopolskich. Płaskie, miejscami zabagnione tereny wykorzystywane są przez doliny rzeczne Odry (w środkowej części) i Baryczy (na wschodzie). Wschodnią część regionu określano dawniej jako Pradolinę Baryczy, która wypełniona jest częściowo zabagnionymi utworami akumulacji wodnej.

Nizina Śląska jest najdalej na południe wysuniętym fragmentem Nizin Środkowopolskich. Stanowi ona rozległą równinę o mało urozmaiconej rzeźbie. Rozciąga się od południowego wschodu na północny zachód, wzdłuż pradoliny Odry, wypełnionej plejstoceńskimi i holoceńskimi osadami aluwialnymi, głównie piaskami i żwirami.

Over the glaciotectonically disturbed structures of Miocene (silts and sands with lignite) the forms of moraine and outwash are spread. On the surface of the hills there are also loess covers. The relief is characterized by fairly high hills with smoothed slopes, the heights of which reach 284 m and the height differences exceed 150 m. The individual hills are isolated with a well-developed network of valleys. This area is a separated geobotanical unit, characterized by large afforestation (in the west beech forest, coniferous forest habitats in the east). The landscape consists of forests, farmlands and orchards (on the slopes in the vicinity of Trzebnica).

The Milicz-Glogow Basin is a latitudinal belt of depressions with a glacial valley character, located in the north-western part of the Middle-Polish Lowlands. Flat, marshy sites are used by the valleys of the Odra (in the middle part) and Barycz rivers (in the east). The eastern part of the region is partially covered by organic materials as a result of alluvial accumulation.

The Silesian Lowland is the southernmost part of the Middle-Polish Lowlands. There is a vast plain with little diversity of relief. It spreads from the southeast to the northwest, along the glacial valleys of the Oder, which is filled with alluvial sediments of Pleistocene and Holocene, mostly sand and gravel. From the south-west the Silesian Lowland borders with the Sudety Foreland and the Sudety Mountains. The landscape of the lowland is glacial with the remains of eskers, kames and moraine hills on the surface. In the south-western part of the lowlands are loess covers, which give the slightly undulating plateau of the Głubczycki Plateau.



Rysunek 1.3. Podprowincje i makroregiony fizycznogeograficzne Polski południowo-zachodniej według Kondrackiego (2002). Niziny Sasko-Łużyckie: Nizina Śląsko-Łużycka (1). Niziny Środkowopolskie: Wał Trzebnicki (2), Obniżenie Milicko-Głogowskie (3), Nizina Śląska (4). Sudety z Przedgórzem Sudeckim: Pogórze Zachodniosudeckie (5), Przedgórze Sudeckie (6), Sudety Zachodnie (7), Sudety Środkowe (8), Sudety Wschodnie (9).
Figure 1.3. Physiographic units of south-western Poland according to Kondracki (2002). Saxo-Lusatian Lowlands: Silesian-Lusatian Lowland (1). Middle-Polish Lowlands: Trzebnicki Shaft (2), Milicko-Głogowskie Depresion (3), Silesian Lowland (4). Sudety Mountains with Sudetes Foreland: Western Sudetes Foothills (5), Sudetes Foreland (6), Western Sudetes (7), Central Sudetes (8), Eastern Sudetes (9).

Od południowego zachodu graniczy ona z Przedgórzem Sudeckim oraz Sudetami. Krajobraz Niziny jest staroglacjalny, na jej powierzchni zachowały się pozostałości ozów, kemów i wzgórz morenowych. W południowo-zachodniej części Niziny występują pokrywy lessowe, stanowiące lekko pofalowaną wierzchowinę Płaskowyżu Głubczyckiego.

Przedgórze Sudeckie wraz z Sudetami stanowi odrębną podprowincję fizycznogeograficzną. Teren ten stanowił jedną całość z resztą Sudetów aż do oligocenu, kiedy pękł on wzdłuż sudeckiego uskoku brzeżnego, a Przedgórze Sudeckie nie uległo

The Sudety Foreland with the Sudety Mountains consitute a separate physiographic section. This area had been in a one piece with the rest of the Sudety until the Oligocene, when it was broken along the Sudetic Marginal Fault and then the foreland was not raised and remained a plain region. The Sudetic Marginal Fault is one of the major tectonic structures in south-western Poland. It creates a visible morphotectonic escarpment, which is 200 km long from the direction of southeast to the northwest and clearly separates the lowland part of the mountains. The edge height ranges from 50 to 300 m decreasing towards

ruchom wypiętrzającym i pozostało regionem równinnym. Sudecki uskok brzeżnym jest jedną z ważniejszych struktur tektonicznych w południowo-zachodniej Polsce. W morfologii tworzy on wyraźną skarpę morfotektoniczną, która ciągnie się na długości 200 km od południowego wschodu na północny zachód, wyraźnie oddzielając część górską od nizinnej. Wysokość krawędzi waha się od 50 do 300 m, obniżając się w kierunku północno-zachodnim.

Obszar Przedgórza Sudeckiego, leżący na wysokości od 200 do 350 m n.p.m., urozmaicają znacznie wyższe twardzielcowe wzniesienia. W morfologii terenu najwyraźniej zaznacza się granitowo-gabrowy Masyw Ślęży (718 m n.p.m.), granitowe Wzgórza Strzegomskie (350 m n.p.m.) i Wzgórza Strzelińskie (392 m n.p.m.). Stanowią one fragmenty krystalicznego podłoża, zbudowanego ze skał magmowych (granitoidy, gabro) i metamorficznych (gnejsy, łupki krystaliczne, kwarcyty, serpentynity), poprzecinanych wystąpieniami bazaltów. Jest ono przykryte osadami morza mioceńskiego oraz czwartorzędowymi piaskami i glinami morenowymi. Znaczne obszary tego regionu pokrywają utwory pyłowe pochodzenia fluwioglacjalnego, a także lessowe.

Pogórze Zachodniosudeckie stanowi zrębowy blok w północno-zachodniej części Sudetów, położony na terytorium Niemiec, Polski i Czech. Jest on pod względem krajobrazowym wyżyną osiągającą wysokość 200–500 m n.p.m., zbudowaną z różnych skał krystalicznych i osadowych, głównie granitów, gnejsów, zieleńców, amfibolitów, łupków krystalicznych i innych skał wieku paleozoicznego. W kilku miejscach starsze skały przebite są przez trzeciorzędowe bazalty,

the north-west. The Sudety Foreland, lying at an altitude of 200 to 350 m above sea level is diversified with considerably higher hills built up of hard rocks. The morphology of the terrain is clearly marked by the granite-gabbro Ślęża Massif (718 m), granite Strzegomskie (350 m) and Strzelińskie (392 m) Hills. These are fragments of the crystalline basement, which is built of igneous rocks (granitoids, gabbro) and metamorphic rocks (gneiss, crystalline schists, quartzites, serpentinites) interspersed with basalts and covered with Miocene sea sediments and Quaternary sands and moraine clays. Large areas of the region are covered with the deposits of fluvioglacial silt and loess.

The Western Sudety Foothills are an edge-structured block in the north-western part of the Sudety Mountains located in Germany, Poland and the Czech Republic. This is a highland region reaching the height of 200–500 m above sea level, which is formed by different crystalline and sedimentary rocks – mainly granites, gneisses, lawns, amphibolites, crystalline schists and other rocks of Paleozoic age. The older rocks are pierced in a few places by Tertiary basalts, which stand out as the hardest fragments.

Within the Western Sudety Foothill region the Żytawsko-Zgorzeleckie Depression, Izerskie Foothills, Kaczawskie and Wałbrzyskie Foothills are distinguished within the borders of Poland. In the tectonic basin of the Żytawsko-Zgorzeleckie Depression, Miocene lacustrine deposits occur in the form of clays with thick layers of lignite, which are exploited in the Turoszowski basin.

które wyróżniają się jako tzw. twardziele. W obrębie Pogórza Zachodniosudeckiego na terenie Polski wyróżnia się Obniżenie Żytawsko-Zgorzeleckie, Pogórze Izerskie, Pogórze Kaczawskie i Pogórze Wałbrzyskie. W zapadlisku tektonicznym Obniżenia Żytawsko-Zgorzeleckiego występują mioceńskie osady jeziorne, w postaci iłów z grubymi pokładami węgla brunatnego, eksploatowanymi w zagłębiu turoszowskim.

Największym zróżnicowaniem orograficznym charakteryzują się Sudety Zachodnie, rozciągające się od doliny Łaby na zachodzie do Bramy Lubawskiej na wschodzie. Obejmują one Góry Izerskie, Góry Kaczawskie, Kotlinę Jeleniogórską, Karkonosze i Rudawy Janowickie. Centralną część tego makroregionu zajmują Karkonosze, będące granitowym batolitem wieku karbońskiego otoczonym serią skał metamorficznych. Najwyższym szczytem Sudetów jest zbudowana z hornfelsów Śnieżka (1602 m n.p.m.), która wyraźnie góruje nad powierzchnią zrównania plejstoceńskiego przebiegającą wzdłuż Głównego Grzbietu Karkonoszy. Część Równi pod Śnieżką zajmują torfowiska i płytkie gleby porośnięte łąkami subalpejskimi i kosodrzewiną. Ochłodzenie w plejstocenie spowodowało powstanie w Karkonoszach lokalnego zlodowacenia górskiego, czego pozostałością są podcinające Równię pod Śnieżką kotły polodowcowe: Śnieżne Kotły (Mały i Duży), Czarny Kocioł Jagniątkowski, Kocioł Wielkiego Stawu, Kocioł Małego Stawu, Kocioł Łomniczki. Karkonosze graniczą od zachodu z Górami Izerskimi, których najwyższym wzniesieniem jest Wysoka Kopa (1126 m n.p.m.). Ich północna część zbudowana jest ze skał metamorficznych otaczających łukiem młodsze granity karbońskie.

The Western Sudety Mts, stretching from the Elbe valley in the west to the Lubawska Gate in the east, provide the biggest orographic diversity. The Western Sudety include the Izerskie Mts, Kaczawskie Mts, Jeleniogórska Basin, the Karkonosze Mts and the Rudawy Janowickie Mts. The central part of this macro region includes the Karkonosze Mts which are the granite batholith of the Carbon age, surrounded by a series of metamorphic rocks. The highest peak, built of hornfels, is called Śnieżka (1602 a.s.l.) and it dominates the surface of the levelling of the Pleistocene, stretching along the Karkonosze Mountains' major ridge. A part of the levelling of Śnieżka is occupied by moors and shallow soils covered with subalpine meadows and mountain pine. The Pleistocene cooling gave way to the Karkonosze Mountains' local cooling, the remnants of which are post-glacial cirques: the Śnieżne Cirque (the Small and Big ones), the Black Jagniątków Cirque, the Big Pond Cirque, the Small Pond Cirque, and the Łomniczka Cirque. In the west the Karkonosze Mts. border to the Izerskie Mts., whose highest peak is Wysoka Kopa (1126 a.s.l.).

The northern part of these mountains is built of metamorphic rocks that surround in a bow-shape younger Carboniferous granites appearing in the southern part. The Kaczawskie Mts – located north of the Karkonosze Mts, past the Jeleniogórska Basin and Rudawy Janowickie Mts – are the lowest mountain range of the Polish Sudety. They are composed of ridges as high as 500–700 m a.s.l. that constitute vast massifs of a varied ridge line and relatively gentle slopes.

Góry Kaczawskie - położone na północ od Karkonoszy, za Kotliną Jeleniogórską i Rudawami Janowickimi - są najniższym pasmem górskim polskich Sudetów. Składają się z grzbietów o wysokości 500 - 700 m n.p.m. tworzących rozległe masywy o urozmaiconej linii grzbietowej i stosunkowo łagodnych zboczach. Zbudowane są z paleozoicznych skał metamorficznych: zieleńców, fyllitów, różnych odmian łupków krystalicznych i marmurów. Na podłożu metamorficznym zalegają skały osadowe (zlepieńce, piaskowce, mułowce i wapienie) poprzecinane karbońskimi i permskimi skałami wulkanicznymi. Występują tu ryolity a także mioceńskie bazalty tworzą Góry Kaczawskie określane jako „kraina wygasłych wulkanów". Pasmo Rudaw Janowickich, położone na wschód od Gór Kaczawskich, jest do nich podobne orograficznie, lecz pozbawione form wulkanicznych. Zachodnia część Rudaw Janowickich jest zbudowana z granitu karkonoskiego. Część środkową tworzą skały metamorficzne wchodzące w skład wschodniej osłony granitu karkonoskiego (gnejsy, łupki krystaliczne, amfibolity, zieleńce, marmury), natomiast południowo-wschodnie grzbiety Rudaw zbudowane są ze skał osadowych (brekcji, zlepieńców i piaskowców).

Sudety Środkowe są najniższą częścią Sudetów i stanowią obszar gór średnich o budowie zrębowej, których typowym elementem jest kontrast między stromymi stokami i łagodnymi grzbietami. Najwyższym ich szczytem jest Wielka Destna (1115 m n.p.m.) położona w czeskiej części Gór

The Kaczawskie mountains are built of Paleozoic metamorphic rocks: lawns, phyllites, different varieties of crystalline schists and marbles. The metamorphic bedding is covered with sedimentary rocks (conglomerates, sandstones, mudstones and limestones), interspesed with the Carboniferous and Permian volcanic rocks. Rhyolites and Miocene basalts form the Kaczawskie Mts referred to as "the Land of Extinct Volcanoes". The Rudawy Janowickie range, located east of the Kaczawskie Mts, is similar orographically, yet lacking in volcanic forms. The western part of the Rudawy Janowickie Mts. is composed of the granite. Their central part is composed of metamorphic rocks being a part of the eastern shield (gneiss, crystalline schists, amphibolites, lawns, marble), while the south-eastern ridges of the Rudawy Janowickie Mts are composed of sedimentary rocks (breccia, conglomerates and sandstones).

The Central Sudety Mts are the lowest part of the Sudety Mountains and a horst structured area, with a typical contrast between steep slopes and gentle ridges. Their highest peak is Velká Deštná (1115 m a.s.l.) located in the Czech part of the Orlickie Mountains and Wielka Sowa (1015 m a.s.l.) in the Sowie Mountains. This macroregion is composed of the Precambrian and metamorphic units of the Sowie Mountains (in the north-east) and the Orlickie and Bystrzyckie Mountains (in the south-west). A basin occurring between them was filled with layers of Devonian, Carboniferous and Permian sediments and covered with a several hundred meters

Orlickich oraz Wielka Sowa (1015 m n.p.m.) w Górach Sowich. Makroregion ten zbudowany jest z prekambryjskich skał metamorficznych. Występująca między nimi niecka została wypełniona osadami dewońskimi, karbońskimi i permskimi, a następnie kredowymi. Część północno-zachodnia Sudetów Środkowych została wypiętrzona tworząc Góry Stołowe. Permskie intruzje magmowe wytworzyły natomiast odporne na wietrzenie porfiry budujące Góry Wałbrzyskie i Kamienne. We wschodniej części występują Góry Bardzkie, gdzie uskoki utworzyły w trzeciorzędzie zapadlisko – rów Nysy Kłodzkiej, dające początek Kotlinie Kłodzkiej, która stanowi wschodnie obrzeże Sudetów Środkowych.

Sudety Wschodnie znajdują się prawie w całości na terytorium Czech. Na obszarze Polski obejmują one Góry Złote, Góry Bialskie, Masyw Śnieżnika (Śnieżnik 1425 m n.p.m.) oraz Góry Opawskie. Struktury wschodniosudeckie zbudowane są ze staro paleozoicznych skał metamorficznych, karbońskich skał magmowych, skał osadowych (od karbonu do czwartorzędu) oraz trzeciorzędowych bazaltów.

thick plate of sandstones deposited during the Cretaceous marine transgression. The north-western part of the Central Sudety was raised forming the Stołowe Mountains. Whereas Permian igneous intrusions formed the weathering-resistant porphyry which built the Wałbrzyskie and Kamienne Mountains. The Bardzkie Mountains are in the eastern part, where faults formed during the Tertiary depression – the Nysa Kłodzka ditch, giving rise to the Kłodzka Valley, which is the eastern border of the Central Sudety.

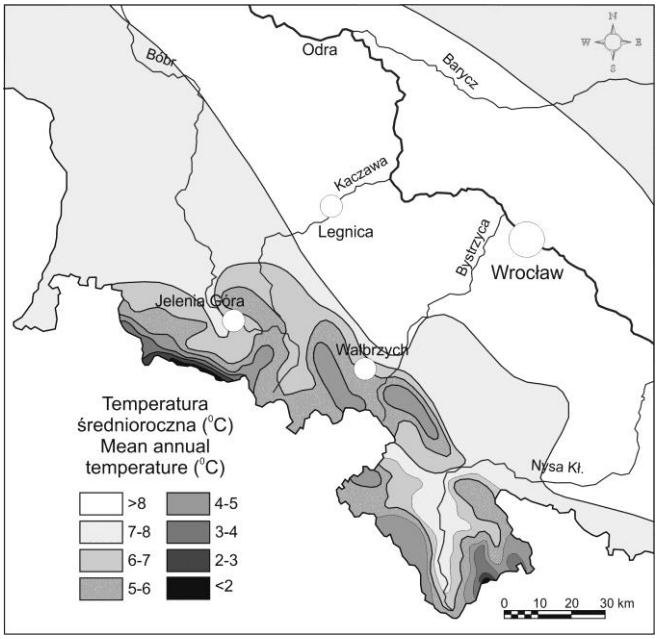
The Eastern Sudety Mountains, except for a small area on the northwest, fall almost entirely within the Czech Republic. In Poland they cover the Złote Mountains, Bialskie Mountains, Śnieżnik Massif with the highest peak of the Eastern Sudety (Śnieżnik 1425 m a.s.l.) and the Opawskie Mountains. The structures of the Eastern Sudety are built of ancient Paleozoic metamorphic rocks, of Carboniferous igneous rocks, sedimentary rocks (from the Carboniferous to Quaternary) and of Tertiary basalts.

1.2 Klimat

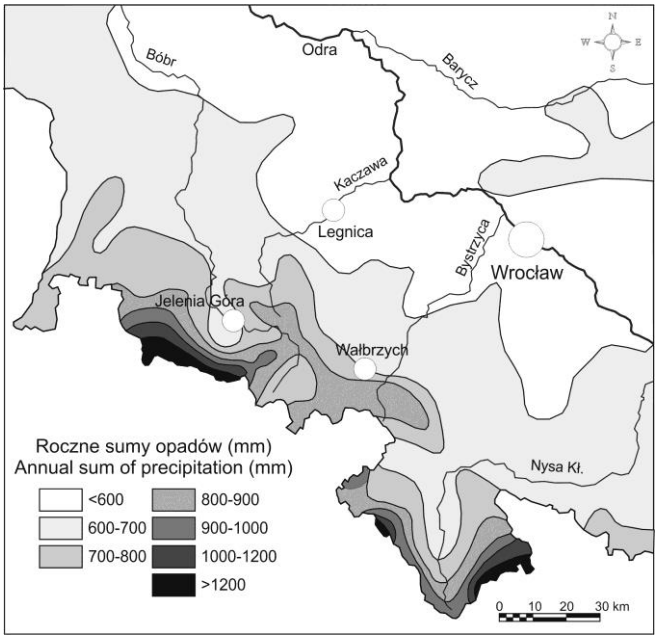
Klimat Dolnego Śląska zaliczany jest do kategorii klimatów umiarkowanych o cechach przejściowych między klimatem morskim i kontynentalnym. Współwystępowanie morskich i kontynentalnych cech, jak również sporadyczny napływ mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego, warunkują dość znaczną zmienność typów pogody w ciągu roku. Najsilniejszy wpływ na zróżnicowanie warunków klimatycznych wywiera ukształtowanie terenu, a zwłaszcza znacząca

1.2 Climate

The climate of Lower Silesia belongs to the category of temperate climate with transitional characteristics between maritime and continental climate. The coexistence of marine and continental features, as well as the occasional inflow of arctic and tropical air masses influences quite considerably the variability in weather types during the year. The strongest impact on the diversity of climatic conditions is exerted by land topography, the large range of altitudes above



Rysunek 1.4. Średnie roczne temperatury powietrza na Dolnym Śląsku.
Figure 1.4. Mean annual air temperatures on Lower Silesia.



Rysunek 1.5. Średnie roczne wysokości opadów na Dolnym Śląsku.
Figure 1.5. Mean annual precipitation on Lower Silesia.

rozpiętość wysokości nad poziomem morza (70-1603 m n.p.m.) i urozmaicona rzeźba terenu. Najwyższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza (Fig. 1.4), występują na Nizinie Śląsko-Łużyckiej i Nizinie Śląskiej (Legnica 8,8°C, Wrocław 8,7°C). Są to tereny zaliczane do najcieplejszych w Polsce, a okres wegetacyjny jest najdłuższy w kraju i trwa 230 dni w roku. Ze wzrostem wysokości nad poziomem morza, średnia roczna temperatura obniża się, osiągając na Śnieżce 0,6°C.

Średnie sumy roczne opadów atmosferycznych są także uwarunkowane rzeźbą terenu oraz wysokością nad poziom morza (Fig. 1.5). Pionowy gradient opadów rocznych wynosi około 66 mm/100 m. Przebieg roczny opadów wyraża kontynentalne cechy klimatu, określone wyraźnym maksimum letnim i minimum zimowym. Najmniejsze miesięczne opady występują zazwyczaj w lutym, największe w lipcu. W Górach Izerskich zaznacza się wtórne maksimum grudniowe. Średnie roczne sumy opadów na wzniesieniach położonych na północny wschód i południowy zachód od osi doliny rzeki Odry, zwiększają się ze wzrostem wysokości nad poziomem morza. Największe notowane są na zboczach Gór Izerskich i Karkonoszy (Jakuszyce 1371 mm). Wysokie opady występują też w Górach Orlickich (Zieleniec 1221 mm) i w Masywie Śnieżnika.

1.3 Walory przyrodnicze

Dolny Śląsk charakteryzują bardzo cenne walory przyrodnicze, głównie za sprawą dużej różnorodności krajobrazu i innych elementów przyrody ożywionej i nieożywionej.

sea level (70 – 1603 m a.s.l.) and the varied relief. The highest values for mean annual air temperature (Fig. 1.4) are observed on the Silesian - Lusatian Lowlands and the Silesian Lowland (Legnica 8.8°C, Wroclaw 8.7°C). These areas are considered the warmest in Poland with the longest growing season lasting 230 days per year. Due to increasing altitude above sea level, the mean annual temperature decreases to 0.6°C on Mt. Śnieżka.

Mean annual precipitation also depends on the relief and altitude above sea level (Fig. 1.5). The vertical gradient of annual rainfall is about 66 mm/100 m. The distribution of the annual precipitation indicates continental climate features with clearly defined summer maxima and winter minima. The lowest monthly precipitation is usually in February, while the highest occurs in July. In the Izerskie Mountains there is a secondary maximum in December. The average annual precipitations on the hills located to the northeast and southwest from the axis of the Odra river valley increases with increasing altitude above sea level. The largest of levels are recorded on the slopes of the Izerskie Mountains and the Karkonosze (Jakuszyce 1371 mm). High precipitation is also in the Orlickie Mountains (Zieleniec 1221 mm) and Śnieżnik Massif.

1.3 Natural resources

Lower Silesia is very rich in natural value, mainly due to the large variety of landscape and other components of living and inanimate nature.

Występują tu cechy charakterystyczne dla środowiska nizinnego, górskiego, dolin rzecznych jak i zróżnicowane ekosystemy jeziorne, leśne, bagienne i łąkowe.

W Sudetach dominują krajobrazy gór starych, ale można też znaleźć pasma odmłodzone w orogenezie alpejskiej i wyrzeźbione w epoce lodowcowej. Procesy te doprowadziły do powstania kotłów lodowcowych, „stawów" i ostańców, które są jedną z największych atrakcji Karkonoszy. Śnieżka jest atrakcyjna dla przyrodników ze względu na występowanie pionowych stref roślinno-klimatycznych i geomorfologię. Na Równi pod Śnieżką funkcjonuje ekosystem o cechach tundry z bardzo ciekawą szatą roślinną. Wyjątkowe są krajobrazy Gór Stołowych, tworzone przez ostańce o charakterze stoliw. Zobaczyć tu też można labirynty skalne i skałki o niespotykanych nigdzie indziej formach. Góry Izerskie, przecięte przełomem rzeki Izery, charakteryzują się płaskimi wierzchowinami, z których można podziwiać wspaniałe krajobrazy. W Górach Kaczawskich znaleźć można wygasłe wulkany, a w krajobrazie Sudetów wschodnich wyróżnia się monumentalny Masyw Śnieżnika z wykształconym piętrem subalpejskim i dziką przyrodą.

Góra Ślęża, twardziel wznoszący się ponad 500 m nad poziom Przedgórza Sudeckiego, jest formacją ofiolitową, będącą odwróconym fragmentem dna oceanicznej skorupy ziemskiej. Ze względu na specyficzne warunki klimatyczne, rodzaj skał podłoża, jak i warunki geomorfologiczne, porastają go nietypowe zespoły roślinne.

Zróżnicowanie i uatrakcyjnienie krajobrazu Dolnego Śląska jest także wynikiem zlodowacenia Warty,

There are typical elements of the lowland, mountain, river valleys environment as well as diverse ecosystems like lakeside, forest, marsh and meadow. The Sudety Mountains are dominated by old mountain landscape but you can also find the belts rejuvenated in the Alpine orogeny and carved in glacial period. These processes have led to the creation of cirques, mountain lakes and the monadnocks, which are one of the biggest attractions of the Karkonosze Mountains. Śnieżka is attractive for natural scientists due to the presence of mountain life zones and very interesting flora. On Równia pod Śnieżką a mountain ecosystem similar to tundra has developed. The Góry Stołowe have inique landscapes, consisting of mesas formed on monadnocks. Here you can also see rock labyrinths and rocks of extraordinary forms. The Izerskie Mountains which are bissected by the Izera River breakthrough are characterized by a flat plateau, from which you can admire the magnificent landescapes. In the Kaczawskie Mountains you can find extinct volcanoes, and in the eastern Sudety Mts the monumental Śnieżnik Massif with the subalpine zone and wildlife. Mount Ślęża - a monadnock rising over 500 m above the Foreland level is an ophiolite formation which is an inverted fragment of the bottom of the earth's oceanic crust. Due to the specific climatic conditions, type of bedrock and geomorphological conditions, it is covered with unique plant communities. The diversity and attractiveness of the landscape of Lower Silesia is also a result of the Warta glaciation, which at its southern border left a belt of hills known as Wał Trzebnicki of an altitude up to 272 m above sea level and a height to 150 m.

które na swojej południowej granicy pozostawiło pas wzgórz w postaci Wału Trzebnickiego o wysokości do 272 m n.p.m. i deniwelacjach dochodzących do 150 m.

Dużą wartość przyrodniczą ma dolina Odry wraz z dolinami jej dopływów. Występują tu często bogate ekosystemy leśne, łąkowe, wodne i bagienne będące siedliskami ptaków i innych zwierząt. Przykładem takich zespołów są Grądy Odrzańskie, gdzie w lasach dębowo-grabowych i na licznych łąkach żyją rzadkie gatunki ptaków. Podobne walory ma zespół jeziorny Stawów Przemkowskich. Jednym z najbardziej znanych w Europie ekosystemów tego typu jest Dolina Baryczy, gdzie już w średniowieczu Cystersi, jako jedni z pierwszych na naszym kontynencie, założyli system stawów hodowlanych. Istnieje on do dzisiaj i funkcjonuje jako unikatowy, naturalny wodno-lądowy system ekologiczny znany jako Stawy Milickie. Zajmuje on powierzchnię 7,5 tysiąca ha i składa się z około 300 stawów, które są cenną ostoją ptactwa. Inne rzeki, jak Bóbr i Kwisa, tworzą malownicze przełomy. Przełom Nysy Kłodzkiej przez Góry Bardzkie jest starszy niż to pasmo. Na terenie Dolnego Śląska występują liczne zbiorowiska leśne. Do najważniejszych zalicza się Bory Dolnośląskie, bogate w zwierzynę i roślinność, a przy tym stosunkowo mało zmienione przez człowieka.

Dolny Śląsk obfituje również w miejscowe atrakcje przyrodnicze. Należą do nich wodospady Karkonoskie: najwyższy Wodospad Łomnicy (300 m), bardzo atrakcyjny Kamieńczyk i Wodospad Szklarki, a także nieustępujący im Wodospad Wilczki w Masywie Śnieżnika.

The Odra valley with the dells of its tributaries is of outstanding natural beauty. There are a lot of diversified forest, grassland, aquatic and mursh ecosystems, which form habitats for birds and other animals. Examples of such assemblies are Grądy Odrzańskie, where in oak-hornbeam forests and on meadows numerous rare bird species live. The Przemkowskie Stawy lake complex is of similar worth. One of the most famous ecosystems of this type in Europe is the Barycz Valley, where Cistercian monks in the Middle Ages were among the first in the Europe to set up a system of fish farming ponds. It exists today and is a unique, natural aquatic and terrestrial ecological system of ponds known as the Stawy Milickie. It covers an area of 7.5 thousand hectares and consists of about 300 ponds, which are valuable bird habitats.

Other rivers, such as the Bóbr and Kwisa, form picturesque breaks. The Nysa Kłodzka by Bardzkie Mountains breakthrough is older than this range. In the area of Lower Silesia there are numerous forest communities. One of the most important is Bory Dolnośląskie, rich in animals and plants, and at the same relatively little changed by man.

Lower Silesia also is rich in local natural attractions. These include the waterfalls of the Karkonosze Mountains: the highest being Łomnica (300 m), very attractive Kamieńczyk and Szklarka as well as the beautiful waterfall of Wilczki in the Śnieżnik Massif. On the area of Lower Silesia many caves formed, e.g. Radochowska Cave and the Wojcieszowskie Caves. However, the most impressive is the Bear Cave in Kletno.

Na obszarze Dolnego Śląska powstało też wiele jaskiń jak Jaskinia Radochowska oraz Jaskinie Wojcieszowskie. Jednak największe wrażenie robi Jaskinia Niedźwiedzia w Kletnie.

Obszar sudecki znany jest z uzdrowisk i wód mineralnych. Do najbardziej znanych uzdrowisk należą: Cieplice, Czerniawa, Długopole, Duszniki, Jedlina, Kudowa Zdrój, Lądek, Polanica, Świeradów.

Znaczna część Dolnego Śląska objęta jest różnymi formami ochrony przyrody. W systemie tym szczególną rolę pełnią Parki Narodowe. Karkonoski Park Narodowy i Park Narodowy Gór Stołowych zajmują powierzchnie prawie 12 tysięcy ha. Na Dolnym Śląsku występuje ponadto 66 rezerwatów o powierzchni 10,5 tysiąca ha, 12 parków krajobrazowych o powierzchni prawie 200 tysięcy ha, 25 obszarów chronionego krajobrazu o powierzchni 136 tysięcy ha.

1.4 Struktura użytkowania

Województwo Dolnośląskie zajmuje powierzchnię 19 946,74 km2. Dominującą rolę w strukturze wykorzystania powierzchni stanowią użytki rolne, zajmujące blisko 60% powierzchni województwa. W ich obrębie ponad 73% to grunty orne, około 20% to łąki i pastwiska. Grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione zajmują ponad 31% ogólnej powierzchni województwa, natomiast grunty zabudowane i zurbanizowane to prawie 7% (GUS 2014). Niepokoi postępujące zajmowanie wysokiej jakości gleb na cele gospodarcze. Przykładem jest tworzenie olbrzymich centrów handlowych, logistycznych oraz fabryk na bardzo żyznych czarnych ziemiach wrocławskich.

The Sudety area is known for its spas and mineral waters. The most famous health resorts and places to obtain valued mineral water are: Cieplice, Czerniawa, Długopole, Duszniki, Jedlina, Kudowa, Lądek, Polanica, and Świeradów.

Due to the valuable natural environment, significant parts of the Lower Silesian area are subject to different forms of environmental protection. In this system, the Karkonosze Mountains National Parks and the National Park of Góry Stołowe which covers an area of almost 12,000 hectares, play an important role. In Lower Silesia there are also 66 nature reserves with an area of 10.5 thousand hectares, 12 parks with an area of nearly 200,000 hectares, and 25 areas of protected landscape covering an area of 136,000 hectares.

1.4 Structure of land use

The Lower Silesian Voivodeship covers an area of 19 946.74 km^2. The dominant role in the structure of the land use is played by arable land, occupying nearly 60% of the region. Of this land, over 73% is arable land, and about 20% meadows and pastures. Forests, wooded land and shrub cover over 31% of the total area of the province, while the built and urbanized areas occupy almost 7% (GUS 2014). The ongoing usage of high-quality soils for economic purposes seems to be highly concerning. A good illustration of this could be the development of huge shopping, logistics and factory complexes on very fertile arable soils (black earth) on south-west outskirts of Wrocław.

1.5 Rozwój przemysłu

Tradycje przemysłowe na Dolnym Śląsku sięgają wielu stuleci i związane są z pozyskiwaniem surowców mineralnych. W wielu rejonach Sudetów i na ich przedpolu już w średniowieczu poszukiwano bądź wydobywano rudy żelaza, miedzi, arsenu, ołowiu, a także złoto oraz srebro. Pozostałością są liczne hałdy oraz znajdujące się gdzieniegdzie wyloty sztolni i szybów. Obecnie na terenie województwa dolnośląskiego zarejestrowano 336,9 tys. podmiotów gospodarki narodowej w tym 370 dużych. Funkcjonuje tu 8 parków maszynowych i szereg Specjalnych Stref Ekonomicznych. Przemysł Dolnego Śląska skupia się wyraźnie wokół trzech obszarów: Sudeckiego Okręgu Przemysłowego (SOP), Wrocławskiego Okręgu Przemysłowego (WrOP) oraz Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM).

Sudecki Okręg Przemysłowy (SOP) bazuje na bogactwie występujących w regionie surowców mineralnych: węglu kamiennym i brunatnym, rudach cynku i miedzi, surowcach skalnych (granit, bazalt, melafir, porfir, marmur, wapień, kwarc). Kamieniołomy granitu w Strzegomiu i Strzelinie należą do największych w Europie. Złoża węgla kamiennego w zagłębiu dolnośląskim (Wałbrzych, Nowa Ruda) nie są obecnie eksploatowane ze względów ekonomicznych, natomiast w dalszym ciągu wydobywany jest węgiel brunatny w zagłębiu turoszowskim. Produkcja przemysłowa koncentruje się głównie w Wałbrzychu, Bogatyni, Zgorzelcu, Dzierżoniowie, Świdnicy, Bielawie, Jeleniej Górze oraz Nowej Rudzie.

1.5 Industrial development

Industrial traditions in Lower Silesia date back many centuries and are associated with the output of mineral resources. In the Middle Ages in many parts of the Sudety and their foreground, ores such as iron, copper, arsenic, lead, gold and silver were prospected and mined. The remains of these activities can be found in the form of numerous slag heaps and the outlets of tunnels and shafts located in several places. Currently, in the Lower Silesia province 337 thousand economic entities are registered, including 370 large ones. Among these, there are eight machine parks and a lot of Special Economic Zones. The industry of Lower Silesia is focused particularly on three areas: the Sudety Industrial District (SOP), Wroclaw Industrial District (WrOP) and Legnicko - Głogowski Copper District (LGOM).

The region of the Sudety Industrial District (SOP) is rich in many mineral resources such as: coal and lignite, zinc and copper ores, and rock raw materials (granite, basalt, melaphyre, porphyry, marble, limestone, quartz). Granite quarries in Strzegom and Strzelin are among the largest in Europe. Coal deposits in the Lower Silesia field (Walbrzych, Nowa Ruda) are not currently being exploited for economic reasons, while lignite is still mined in the Bogatynia field. Industrial production is focused mainly on Walbrzych, Bogatynia, Zgorzelec, Dzierzoniow Swidnica, Bielawa, Jelenia Góra, and Nowa Ruda.

Wroclaw Industrial District includes in its territory the city of Wroclaw and the Wroclaw county.

Wrocławski Okręg Przemysłowy obejmuje swoją powierzchnią miasto Wrocław wraz z powiatem wrocławskim. Większość jego obszarów to tereny rolnicze, a zakłady przemysłowe koncentrują się w samym Wrocławiu oraz w Oleśnicy, Oławie, Jelczu i Brzegu. Charakterystyczną cechą tego okręgu jest wielobranżowość przemysłu (maszynowo-metalowy, środków transportu, spożywczy, elektrotechniczny, metalowy, odzieżowy oraz chemiczny). Największe i najważniejsze zakłady przemysłowe to: Zakłady Produkcji Samochodów w Jelczu, polskie przedsiębiorstwo Bombardier Transportation Polska we Wrocławiu (produkujące i serwisujące tabor kolejowy oraz wyposażenie kolejowe), producent wyrobów chemicznych PCC Rokita w Brzegu, zakład przetwórstwa stopów metali nieżelaznych Hutmen we Wrocławiu, a także Fadroma (wytwórca maszyn dla przemysłu wydobywczego i budowlanego). Struktura wrocławskiego przemysłu zmieniła się w ostatnich latach z ciężkiego na elektroniczny (LG Philips LCD, LG Electronics, Toshiba) oraz usługi informatyczne, finansowe i telekomunikacyjne.

Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy (LGOM), powstał dzięki odkryciu w latach 50. bogatych złóż miedzi. Rudy miedzi wydobywane są w: ZG Lubin, ZG Rudna oraz ZG Polkowice-Sieroszowice. Istotną rolę odgrywa także przemysł hutniczy, który obejmuje huty: Legnica, Głogów I, Głogów II, a także Cedynia w Orsku.

Most of its area serves agricultural purposes, whereas industry is concentrated in Wroclaw city and towns such as Olesnica, Oława, Jelcz and Brzeg. A characteristic feature of this district is the multi-brand character of industry (machine-metal, transport, food, electrical, metal, textile and chemical). The biggest and most important industrial plants are: a Car Factory in Jelcz, Bombardier Transportation Poland in Wroclaw (producing and servicing rolling stock and railway equipment), a manufacturer of chemicals PCC Rokita Brzeg, Hutmen metallurgical plant of non-ferrous alloys, as well as Fadroma (a manufacturer of machinery for mining and construction). Wroclaw's industry profile has changed in recent years from heavy industry to electronics (LG Philips LCD, LG Electronics, Toshiba) and IT services, and financial and telecommunications services.

Legnica-Głogów Copper District (LGOM), where the most important branch of industry is copper mining and metallurgy, was created through the discovery of rich copper deposits in the 1950s. Copper ores are mined in the mines of the Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi Polish Copper: ZG Lubin, ZG Rudna and ZG Polkowice-Sieroszowice. The smelting also plays an important role and includes the individual KGHM copper smelters: Legnica, Głogów I, Głogów II as well as Cedynia in Orsk.

Rozdział 2

Przestrzenne zróżnicowanie gleb Dolnego Śląska

Chapter 2

Spatial variablity of soils in Lower Silesia region

Pierwsze, bardzo schematyczne przedstawienia pokrywy glebowej Dolnego Śląska (w ujęciu już nie geologicznym, ale pedologicznym) znalazły się na mapie gleb Europy załączonej do podręcznika Ramanna (1911) oraz na mapie typów gleb Niemiec według Stremmego (1930). Po II wojnie światowej, pokrywa glebowa Polski południowo-zachodniej była kilkakrotnie przedstawiana na mapach gleb Polski w różnych skalach, począwszy od mapy w skali 1:1.000.000 pod redakcją J. Tomaszewskiego (1950), poprzez mapę w skali 1:300.000 pod redakcją A. Musierowicza (1958) po mapę 1:1.000.000 opracowaną w 1974 roku pod redakcją B. Dobrzańskiego, uwzględniającą nowsze materiały zgromadzone podczas powszechnej klasyfikacji bonitacyjnej gleb. Każda z tych map bazowała na oryginalnych legendach, które w różnym stopniu nawiązywały do obowiązujących wówczas systematyk gleb Polski. Dość często na mapach wyróżniano zespoły typów (na przykład gleby bielicowe i brunatne), co odzwierciedlało silne mozaikowate zmieszanie tych typów, jak też wątpliwości co do typologii niektórych jednostek. Mapy glebowe publikowane w późniejszym okresie w coraz większym stopniu dopasowane były do

The first, very schematic visualizations of the soil cover in Lower Silesia (as an pedologic not a geologic approach) were probably in the soil map of Europe attached to the textbook of Ramann (1911) and in the map of soil types of Germany edited by Stremme (1930). After World War II, the soil cover of south-western Poland was presented several times in soil maps of Poland at various scales, including the map at a scale of 1:1,000,000 edited by J. Tomaszewski (1950), at a scale 1:300,000 edited by A. Musierowicz (1958), and the 1:1,000,000 map edited in 1974 by B. Dobrzański, which used recent data from the general soil evaluation for agricultural purposes. Each of the maps has based on unique legends, which referred to the classification of Polish soils in force at the time of map publication. Not individual soil types, but type associations were quite often delineated on the maps (e.g. the podzolic soils and brown earths), and this reflected the mosaic occurrence of these types, and, in some cases, the doubts about the classification of some typological units. The soil maps published later have increasingly engaged in the classification of Polish soils (Białousz 1994; Białousz and Różycki 2015, Borkowski 1997a), or closely referred

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

obowiązujących systematyk gleb Polski (Białousz 1994; Białousz i Różycki 2015, Borkowski 1997a, 1997b) lub nawiązywały do klasyfikacji międzynarodowych (Dobrzański i in. 1984, Soil Atlas of Europe, 2005), lecz stale bazowały na mapach źródłowych z lat pięćdziesiątych – sześćdziesiątych XX wieku. Fakt ten do dziś poważnie obciąża „nowe" mapy glebowe, gdyż wyróżnianie niektórych jednostek typologicznych opartych na nowoczesnych kryteriach ilościowych jest trudne lub wręcz niemożliwe na podstawie kilku wyróżnianych dawniej taksonów, nawet jeśli dostępna jest informacja o skale macierzystej, uziarnieniu i uwilgotnieniu tych gleb. Klasycznym przykładem jest problem tzw. ogłowionych (czyli powierzchniowo zerodowanych) gleb płowych, które morfologicznie są bardzo podobne do gleb brunatnych i tak były rozpoznawane w powojennych opracowaniach glebowo-kartograficznych. Ich kameralne rozdzielanie na rzeczywiste gleby brunatne oraz „domyślne" gleby płowe wyłącznie na podstawie różnicy uziarnienia w profilu może prowadzić do błędów, choć w większości współcześnie prowadzonych prac terenowych potwierdzane są cechy iluwiacji iłu w poziomach B tych gleb na obszarach morenowych (m.in. Kobierski 2013, Koćmit i in. 2001, Marcinek i Komisarek 2004) oraz lessowych (Kabała i in. 2013).

W odróżnieniu od wydawnictw kartograficznych, opracowania tekstowe obejmujące gleby całego Dolnego Śląska ograniczają się w praktyce do dwóch rozdziałów monograficznych opracowanych przez Bogdę i in. (2005) oraz Drozda (2005). Natomiast bardzo liczne są publikacje omawiające pokrywę glebową mniejszych

to international classifications (Dobrzański et al. 1984, Soil Atlas of Europe, 2005), but these have still been based on the source maps produced in the 1950s/1960s. This fact is still is serious drawback for the 'new' soil maps, as the distinguishing of classification units (types or reference groups) based on modern quantitative criteria is difficult or even impossible using only the few originally distinguished taxa, even if the information about the parent rock, soil texture and moisture regime is available. One of the greatest problems concerns the so-called "truncated lessive soils" (eroded at the surface), which are morphologically very similar to the brown earths, and which were classified as a brown earths in most soil maps and reports prepared until the 1970s. Any automated distinguishing of these soils into "real" brown earths (Cambisols) and "expected" lessives (Luvisols), based on texture differentiation alone, may lead to serious errors, even if most of the recent field works have confirmed the illuviation features in the B horizons of these soils in moraine (e.g. Kobierski 2013, Koćmit et al. 2001, Marcinek and Komisarek 2004) and loess landscapes (Kabała et al. 2013).

In contrast to the numerous soil maps, the written reports that cover all the Lower Silesia area are very few; in fact there are only two chapters in the monographs edited by Bogda et al. (2005) and Drozd (2005). However, there are very numerous reports and papers, which describe the local soil cover, in particular in the national parks (Adamczyk et al. 1985, Borkowski et al. 2005, Kabała et al. 2002, 2011a, 2013), nature reserves (e.g. Kowaliński et al. 1972), other

obszarów, w tym parków narodowych (Adamczyk i in. 1985, Borkowski i in. 2005, Kabała i in. 2002, 2011a, 2013), rezerwatów przyrody (m.in. Kowaliński i in. 1972), wybranych obszarów górskich (m.in. Kuźnicki i in. 1973, Smejkal i in. 2009, Tomaszewski i in. 1963) oraz dolinnych (Kabała i in. 2003, 2011b; Kawałko i Kaszubkiewicz 2008; Laskowski 1986).

Aktualnie najczęściej wykorzystywaną mapą gleb województwa dolnośląskiego jest numeryczna mapa opracowana przez IUNG (Stuczyński i in. 2004), dostępna w formie numerycznej bazy danych a także on-line w serwisie Geoportal Dolnego Śląska (w skali bazowej 1:25000). Mapa numeryczna bazuje na oryginalnych analogowych mapach glebowo-rolniczych, zatem mimo niewątpliwych zalet, jakimi są duża szczegółowość i przydatność do modelowania oraz wnioskowania środowiskowego (Witek 1973), obarczona jest poważnymi mankamentami, jak nieuznawanie niektórych nazw typów (na przykład nadal stosowana jest nazwa gleby pseudobielicowe zamiast gleby płowe) oraz nierozdzielanie gleb bielicowych i pseudobielicowych. Ponadto, ze względu na przedmiot opracowania, mapa glebowo-rolnicza w minimalnym stopniu obejmuje gleby pod lasami, zatem nie może być podstawą do charakterystyki wszystkich gleb regionu. Jednocześnie, Lasy Państwowe dysponują opracowaniami glebowo-siedliskowymi w skali 1:10.000 dla wszystkich terenów pozostających w zarządzie RDLP Wrocław. Dane dotyczące typologii gleb od niemal 10 lat dostępne są w formie elektronicznej w standardzie Leśnej Mapy Numerycznej.

mountainous areas (e.g. Kuźnicki et al. 1973, Smejkal et al. 2009, Tomaszewski et al. 1963), and valley bottoms (Kabała et al. 2003, 2011b; Kawałko and Kaszubkiewicz 2008; Laskowski 1986).

Currently, the most extensively used soil map of Lower Silesia is a map digitalized by IUNG (Stuczyńsk et al. 2004), which is available as a digital database, including online access on the regional Geoportal platform (at a basic scale 1:25,000). The digital map was produced based on original paper agricultural soil maps; thus, despite the obvious advantages, which are the detailed scale and usefulness for environmental modelling (Witek 1973), the map is fraught with serious drawbacks, such as the lack of separation between “gleby bielicowe” and “pseudobielicowe” (Podzols and Luvisols), and the ignoring of some type names (e.g. the term “gleby pseudobielicowe” is still used instead of the modern term “gleby płowe” to describe Luvisols). Moreover, because of the aim of its development, the agricultural soil map does not in general cover the soil under the forests; thus, it does not characterize all soils in the region. Fortunately, the national forest operator (Lasy Państwowe) has developed soil-habitat reports and maps at the scale 1:10,000 for all forest districts managed by the regional directorate RDLP Wrocław. A soil classification database has been available in digital form for 10 years (following the standard of the Digital Forest Map - Leśna Mapa Numeryczna).

Tabela 2.1. Uziarnienie powierzchniowej warstwy gleb Dolnego Śląska
Table 2.1. Topsoil texture in the south-west Poland

Grupa granulometryczna Texture class	%	Grupy zbiorczo Summary	%
piasek luźny (sand - coarser)	5.4	piaski (sands)	31.6
piasek słabogliniasty (sand – finer)	12.9		
piasek gliniasty (loamy sand)	13.3		
glina piaszczysta i lekka (sandy loam)	13.5	gliny (loams)	31.7
glina zwykła (loam)	16.8		
glina pyłowo-ilasta (silty-clay loam)	1.2		
glina ilasta (clay loam)	0.2		
iły (clays)	0.1	iły (clays)	0.1
pył gliniasty (silt loam – less clayey)	15.5	pyły (silts)	34.5
pył ilasty (silt loam – more clayey)	<0.1		
pył zwykły (silt)	18.9		
utwory szkieletowe (extremely skeletal)	<0.1	silnie szkieletowe (extremely skeletal)	<0.1
utwory organiczne (organic materials)	2.0	organiczne (organic)	2.0

Podjęto zatem próbę opracowania nowej mapy gleb Dolnego Śląska, bazującej na mapie glebowo-rolniczej, leśnych mapach glebowo-siedliskowych oraz własnych opracowaniach kartograficznych z różnych części regionu. Mapa obejmuje typologię i uziarnienie gleb (jako osobne warstwy numeryczne). Grupy granulometryczne wyznaczono zgodnie z obowiązującą klasyfikacją PTG (Klasyfikacja 2009), bazując na zamieszczonych w klasyfikacji tablicach korelacji między „starymi" i „nowymi" grupami, zweryfikowanych w oparciu o liczne własne porównania z terenu Dolnego Śląska.

Legenda do mapy typów gleb jest uproszczona w stosunku do obowiązującej Systematyki gleb Polski (=SgP, 2011). Większość gleb leśnych regionu została w ostatnich latach reklasyfikowana do standardów Klasyfikacji gleb leśnych Polski (2000), co umo-

Recently, an attempt was made to prepare a new soil map of south-western Poland, based on an agricultural soil map, soil-habitat forest maps and our maps and studies from various parts of the region. This map includes the soil typology and soil texture (as separate digital layers). Texture classes are in line with the recent classification of the Polish Soil Science Society (Klasyfikacja 2009), which is consistent with USDA classification. The translation of the "old" into "new" texture classes was done based on the correlation tables given in the Klasyfikacja (2009); however, it was verified using numerous local cases.

The most difficult stage of our work was the correlation of different map legends, which used different soil classifications, sometimes very old and very simplified.

żliwia względnie łatwą translację typów i podtypów do kryteriów SgP (2011). Niestety w przypadku mapy glebowo-rolniczej jednoznaczna korelacja wydzielonych jednostek z typami gleb wyróżnianymi przez SgP5 jest trudna lub wręcz niemożliwa ze względu na uproszczenia w klasyfikacji niektórych gleb użytków rolnych. Dotyczy to w szczególności mad, gleb brunatnych, płowych i wertisoli, ale także gleb organicznych.

Ze względu na niewystarczające materiały źródłowe nie zdecydowano się na odrębne przedstawienie gleb brunatnych eutroficznych i dystroficznych a także gleb płowych i płowych zaciekowych. Ponadto, ze względu na niewielkie powierzchnie zajmowane na Dolnym Śląsku oraz przeglądowy charakter mapy, wyróżniono następujące „zespoły" gleb: gleby inicjalne (skaliste i rumoszowe) i rankery, rędziny (właściwe i brunatne) i pararędziny, gleby organiczne (wszystkie typy), gleby antropogeniczne (wszystkie typy).

2.1 Uziarnienie gleb Dolnego Śląska

W skali regionu, gleby wytworzone z piasków, glin i pyłów zajmują niemal takie same areały (Tab. 2.1), co świadczy o ogromnym zróżnicowaniu utworów macierzystych. Duży udział piasków luźnych i słabogliniastych (około 18% powierzchni) pokrywa się z obszarami występowania równin sandrowych, lokalnie pól wydmowych, w północno-zachodniej części regionu, a także z dużym rozpowszechnieniem piasków pokrywowych (podścielonych glinami morenowymi) na północnym wschodzie.

As a result, the legend to a new map of soil types is largely simplified as compared to the current Polish soils Classification (=SgP, 2011). Most of the forest soils were recently reclassified based on the modern Forest soil classification for Poland (Klasyfikacja gleb leśnych Polski 2000), which is very close to international standards, and which has simplified the translation of soil types and subtypes into the units distinguished in SgP (2011). Unfortunately, a similar fast translation was impossible in the case of the agricultural soil map. Numerous modern soil types (as listed by SgP) cannot be distinguished based on the agricultural soil map because of the overgeneralization of some units in these old maps. In particular, this is so in the case of alluvial soils, brown earths, soils lessives, vertisols, and organic soil.

2.1 Texture of soils

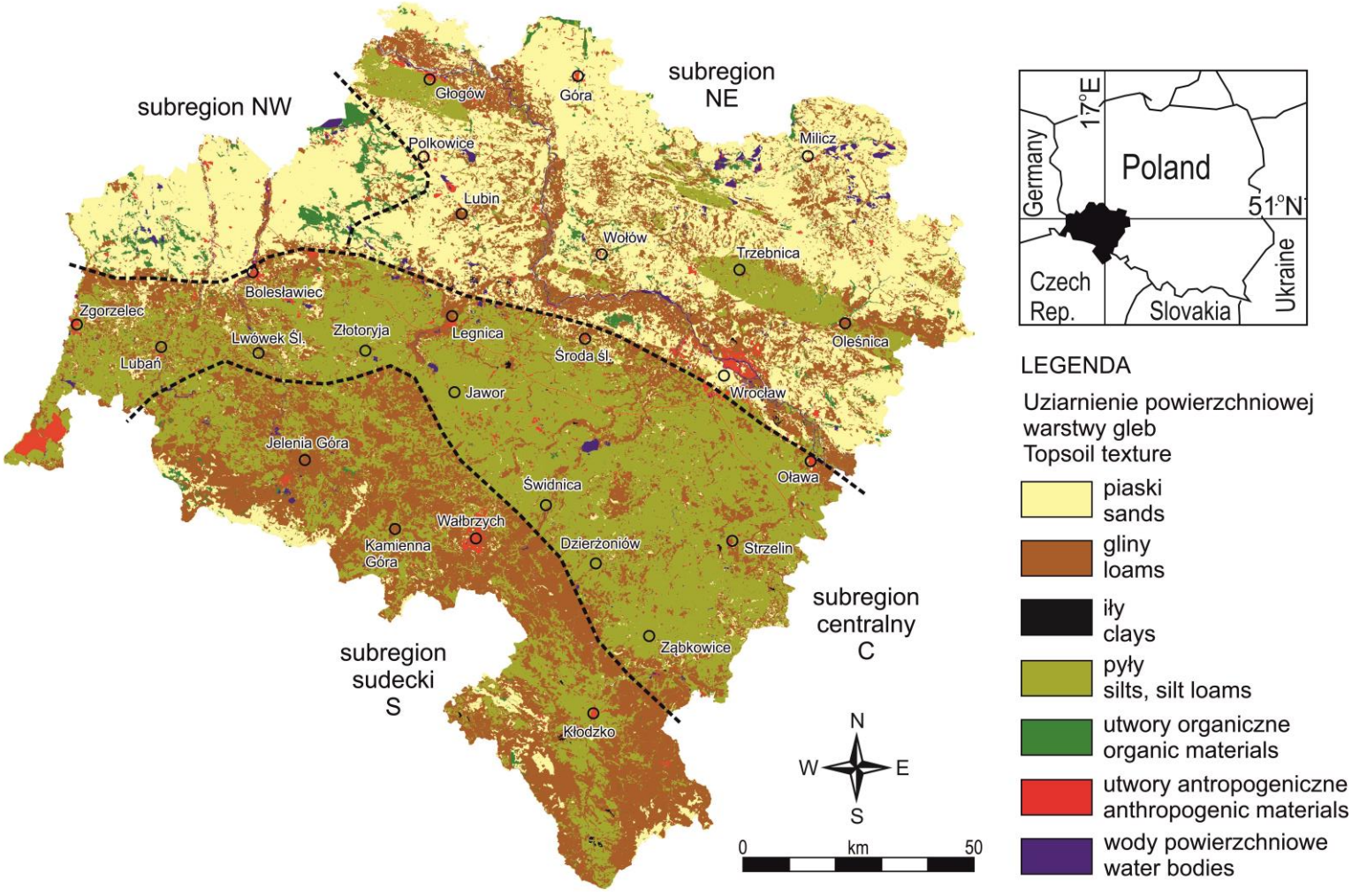
On a regional scale, the soils developed from sands, loams and silt loams (classified separately) have nearly the same contribution (Tab. 2.1), which argues for a huge differentiation of soil parent materials. A large contribution of sands (in the Polish classification sub-divided into more coarse and more finely textured), nearly 18% of the total area, refers to the glaciofluvial (sandur) plains and dune fields occurring mainly in the northwestern part of the region, as well as to the widespread occurrence of shallow cover-sands (underlain by till) in the north-west. In turn, loamy sands have mainly a glacial origin in the north, or are developed by weathering and short-range transport in the mountains.

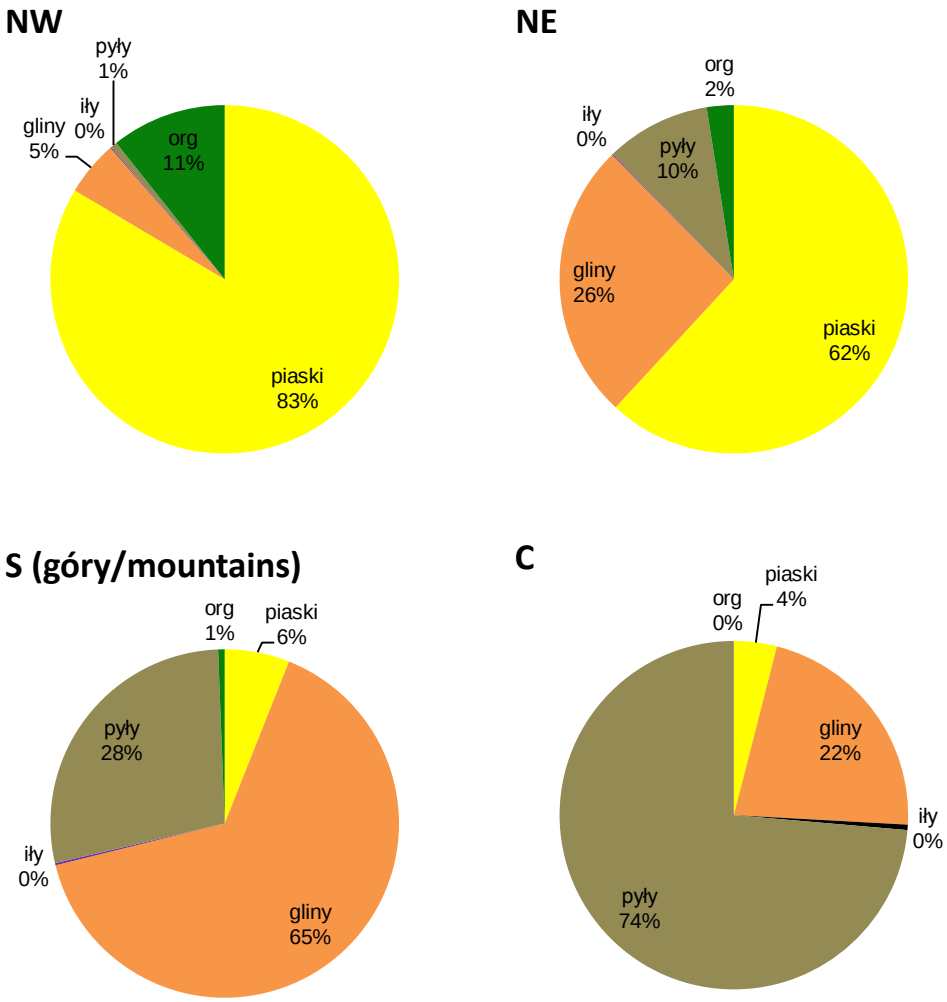
Z kolei piaski gliniaste, zajmujące ok. 13% powierzchni, mają na ogół genezę lodowcową, a w Sudetach także wietrzeniową i koluwialną. Wśród gleb o uziarnieniu gliniastym dominują gliny piaszczyste (ok. 13%), szczególnie częste w Sudetach. Gliny zwykłe, pokrywające około 17% regionu, regularnie występują w niższych partiach Sudetów, w dolinie Odry i dolinach jej lewobrzeżnych dopływów, a także towarzyszą lessom. Rzeczywista skala występowania gleb o uziarnieniu pyłu gliniastego (ok. 15,5%) i pyłu ilastego (ok. 19%) ujawniona została dopiero po wprowadzeniu nowej klasyfikacji uziarnienia, to jest po rezygnacji z pojęcia części spławialnych. Genezę tych utworów należy jednoznacznie wiązać z procesami eolicznymi, nawet jeśli tworzą stosunkowo cienkie pokrywy lub są pozbawione węglanów albo mają strukturę przeobrażoną przez procesy postsedymentacyjne (Badura i in. 2013). Utwory o pyłowym uziarnieniu zajmują nie tylko znaczną część Niziny Śląskiej i Przedgórza Sudeckiego, ale i Sudetów. Gleby o uziarnieniu ilastym zajmują około 0,1% powierzchni regionu, na nielicznych wychodniach iłów neogeńskiego podłoża lub na zastoiskach iłów plejstoceńskich. Mimo znacznej rozległości obszarów górskich, gleby ekstremalnie szkieletowe zajmują marginalne 0,02% areału.

Biorąc pod uwagę dominujące uziarnienie gleb, wyróżniono cztery subregiony (Rys. 2.1).

Their contribution reaches ca. 13% of the total area. Similar areas are covered with sandy loams, mostly in the Sudety Mountains. Other loams (loam, clay loam, sandy clay loam) are widespread on ca. 17% of the total area, particularly in the mountain foothills, in the valleys of the Odra and its left-side tributaries, as well as in a mosaic with loess sediments. The apparent area of soils with a silt-related texture in the southwestern Poland has been discussed for a long time due to terminological inconsistency of the previous classification (Borkowski 1960, Kabała and Marzec 2010). The new classification (Klasyfikacja 2009) has introduced two classes, loamy silt (up to 12% of clay) and clayey silt (above 12% of clay), which replace the silt loam class of the USDA classification. The contribution of loamy silt and clayey silt approximates to 1.5% and 19% of the total area, respectively. The origin of these two classes is, in most cases related to eolian accumulation, even if the sediments are in thin layers and are free of carbonates, and have a secondary structure transformed by post-sedimentation phenomena (Badura et al. 2013). These silty sediments are widespread in the central part of the Silesian Lowland, prevail in the Sudety Foreland, but are also relatively common in the Sudety Mountains (at the lower altitudes).

Rysunek 2.1. Przestrzenne zróżnicowanie uziarnienie powierzchniowej warstwy gleb Dolnego Śląska
Figure 2.1. Spatial variability of topsoil texture in the Lower Silesia.


subregion NW
subregion NE
subregion centralny C
subregion sudecki S
Głogów
Góra
Polkowice
Milicz
Lubin
Wołów
Trzebnica
Bolesławiec
Zgorzelec
Lwówek Śl.
Złotoryja
Legnica
Środa śl.
Oleśnica
Lubań
Jawor
Wrocław
Jelenia Góra
Oława
Świdnica
Wałbrzych
Kamienna Góra
Dzierżoniów
Strzelin
Ząbkowice
Kłodzko
N
W
E
S
0
km
50
17°E
Germany
Poland
51°N
Czech Rep.
Slovakia
Ukraine
LEGENDA
Uziarnienie powierzchniowej warstwy gleb
Topsoil texture
piaski
sands
gliny
loams
iły
clays
pyły
silts, silt loams
utwory organiczne
organic materials
utwory antropogeniczne
anthropogenic materials
wody powierzchniowe
water bodies



Rysunek 2.2. Uziarnienia powierzchniowej warstwy gleb w czterech subregionach Dolnego Śląska..
Figure 2.2. Topsoil texture across four sub-regions of the Lower Silesia.

NW – subregion północno-zachodni (north-west subregion), NE – subregion północno-wschodni (north-east subregion), C – subregion środkowy – podgórze (central subregion – foreland), S – subregion południowy – sudecki (south sub-region – Sudety Mts.); piaski – sands, gliny – loams, iły – clays, pyły – silts, org – utwory organiczne – organic materials.

Subregion południowy (S - górski) obejmuje Sudety i odgraniczony jest wyraźną linią sudenckiego uskoku brzeżnego. Dominują tu gleby o uziarnieniu gliniastym (65% pow. subregionu), będące zwietrzelinami lub koluwiami tych zwietrzelin, oraz pyłowym (28%), szczególnie w obniżeniach śródgórskich. W subregionie centralnym (C), obejmującym Przedgórze Sudeckie oraz Nizinę Śląską na południe od doliny Odry, dominuje pyłowe uziarnienie warstw powierzchniowych (74%). Subregion ten jest częścią „pasa lessowego" ciągnącego się od południowej Rosji, przez Ukrainę, Wyżynę Lubelska, Małopolskę, Płaskowyż Głubczycki, Przedgórze Sudeckie aż po Saksonię. W subregionie północno-zachodnim (NW), obejmującym część Niziny Sasko-Łużyckiej (Bory Dolnośląskie i Wysoczyzna Lubińska) bezwzględnie dominują gleby piaskowe (około 84% pow. subregionu, w tym 51% piasków luźnych) na rozległych polach sandrowych powstałych na przedpolu lądolodu Warty. Subregion północno-wschodni (NE) odznacza się największym, pasowo-mozaikowym zróżnicowaniem uziarnienia, z przewagą piasków w warstwach powierzchniowych (ok. 62%). Wyróżnia się pas gleb o pyłowo-gliniastym uziarnieniu wzdłuż linii maksymalnego zasięgu zlodowacenia Warty (Równina Oleśnicka, Wzgórza Trzebnickie i Wzgórza Dalkowskie), na przedpolach którego występują płaty gleb piaszczystych wytworzonych z piasków sandrowych oraz piasków pokrywowych na podłożu glin zwałowych. Szczególnie duże płaty gleb piaszczystych występują także w Kotlinach Milickiej i Żmigrodzkiej na plejstoceńskich terasach nadzalewowych.

Clay-textured soils cover up to 0.1% of the total area, based on the local Neogene clay outcrops or on the Pleistocene glacio-limnic sediments. Although a relatively large part of the region has a mountainous nature, extremely skeletal soils are relatively uncommon and cover no more than 0.02% of the total area.

Based on the dominant soil texture, four sub-regions have been distinguished in south-western Poland (Fig. 2.1). The south sub-region (S) includes the Sudety Mountains and has a clearly defined northern border running along the main tectonic fault. Loamy-textured soils, mainly regoliths and colluvial deposits, predominate in this sub-region (65% of the sub-region area), and are accompanied by silt soils (28%), which occupy the foothills and intermountain depressions (basins). The central sub-region (C) that includes the Sudety Foreland and the Silesian Lowland south of the Odra valley is highly dominated by the silt-textured soils (74%). This sub-region belongs to the "loess belt" that stretches from south Russia, through Ukraine, the Lublin Upland, Małopolska Region, Głubczyce Plateau, Sudety Foreland, and to Saxony in the west. The north-western sub-region (NW), which includes a large part of the Saxon-Lusatian Lowland, is dominated by sandy soils (ca. 84% of the sub-region area, including 51% of pure sand) in the large sandur plains formed in the forefield of the Wartha ice sheet. The textural diversity is relatively largest in the northeastern sub-region (NE), where there is a dominant sand cover, ca. 62% of the area; however, this is in the topsoil only, as the subsoil is much more variable.

2.2 Typologia gleb Dolnego Śląska

Mimo, iż starsze źródłowe mapy glebowe nie rozróżniały jednoznacznie gleb płowych od bielicowych, albo łącznie wykazywały gleby płowe i brunatne, od dawna jest oczywiste, że na Dolnym Śląsku dominują różne warianty gleb płowych, co wynika zarówno z czynników geologicznych, morfologicznych, jak i klimatycznych. Rozliczne badania potwierdziły, że do gleb płowych należy zaliczać zarówno wiele gleb zidentyfikowanych jako gleby brunatne w falistym krajobrazie morenowym i lessowym (Licznar 1985), oraz na Przedgórzu Sudeckim i w samych Sudetach, jak też wiele gleb o dwuczłonowym uziarnieniu (piaski naglinowe). Najnowsze szacunki wskazują, że gleby płowe zajmują około 35% województwa dolnośląskiego (Tabela 2.2). Drugą pozycję zajmują gleby brunatne pokrywające około 18% (łącznie brunatne właściwe / eutroficzne i kwaśne / dystroficzne), czyli o połowę mniej niż na podstawie map glebowo-rolniczych szacował Stuczyński i in. (2004). Na kolejnych pozycjach znajdują się gleby rdzawe (12,2%), mady rzeczne (12,9%), czarne ziemie (8%), a także gleby bielicowe i bielice (ok. 4,3%). Po raz pierwszy uwzględniono również udział gleb antropogenicznych (na terenach zurbanizowanych oraz górniczych i przemysłowych), oszacowany na ponad 5% powierzchni regionu.

Moreover, the wide belt of silt-loamy textured soils intersects the sub-region along the borderline of the Wartha ice-sheet (e.g. in the Oleśnica Plain, Trzebnica Hills and Dalków Hills micro-regions). Larger bodies of deep sandy soils often occur in the fore-fields close to the moraine belt (sandurs) and in the valleys (non-flooded upper terraces) of large rivers, which drained the ice-sheet foreland in the Pleistocene (the Kotlina Milicka and Kotlina Żmigrodzka micro-regions). Also very common in this sub-region are the shallow sandy soils ("cover sands") underlain by till.

2.2 Dominant soil types

Although the older source maps did not distinguish between the soil lessives (mainly Luvisols) and common Podzols, or jointly delineated the brown earths and podzolized soils, it is accepted that various variants of "sols lessives" (gleby płowe) dominate in the Lower Silesia region, and this is related to both geology (kind of surface sediments), topography, and climate. Numerous research studies have confirmed that many soils previously identified as brown earths are *in fact* Luvisols, both in the undulating landscape of glacial moraine and loess hills (Licznar 1985), in the Sudety Foreland and partly also in the Sudety Mountains.

Rysunek 2.3. Przestrzenne zróżnicowanie głównych typów gleb Dolnego Śląska
Figure 2.3. Main soil types in the Lower Silesia region.

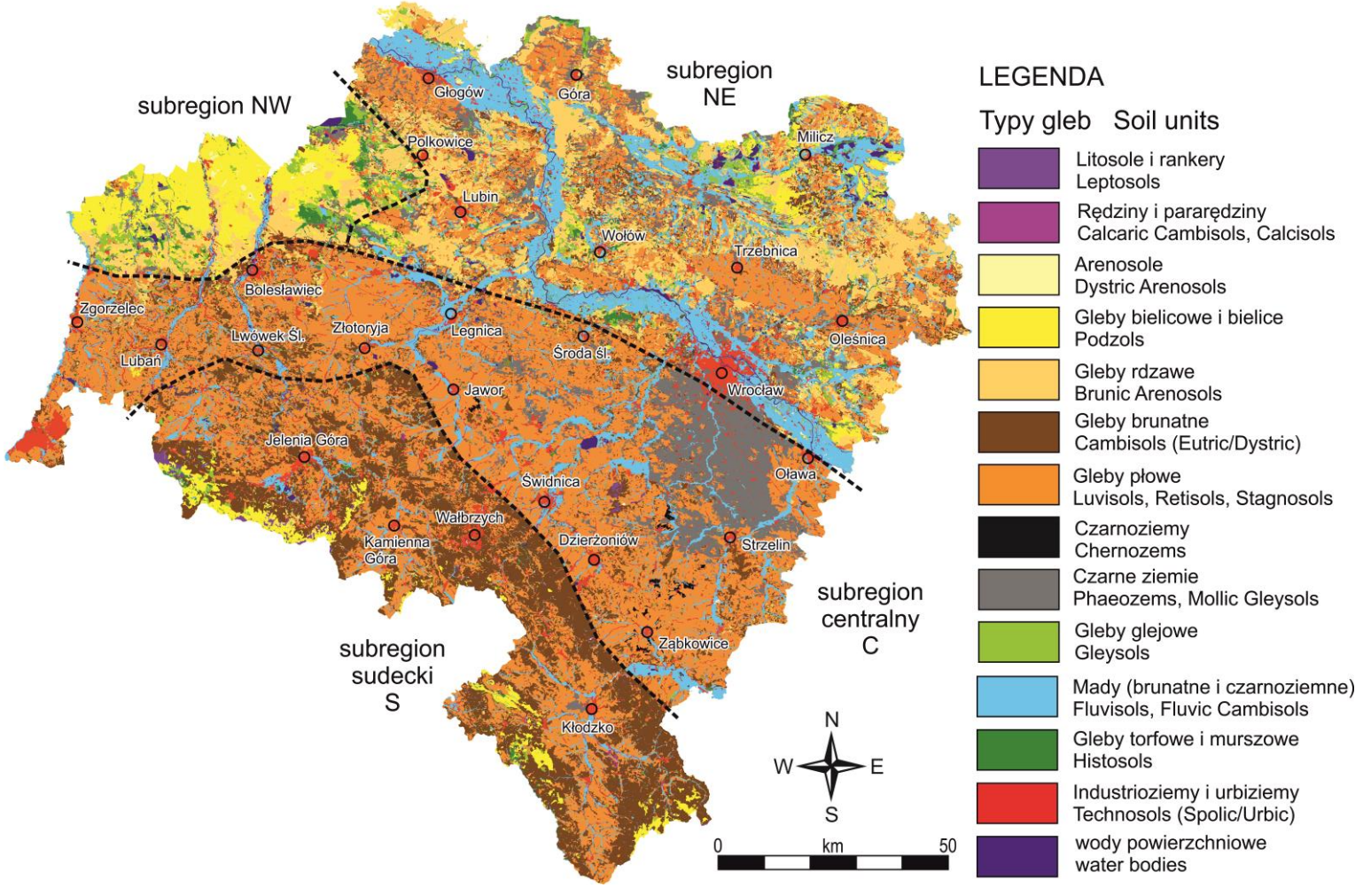
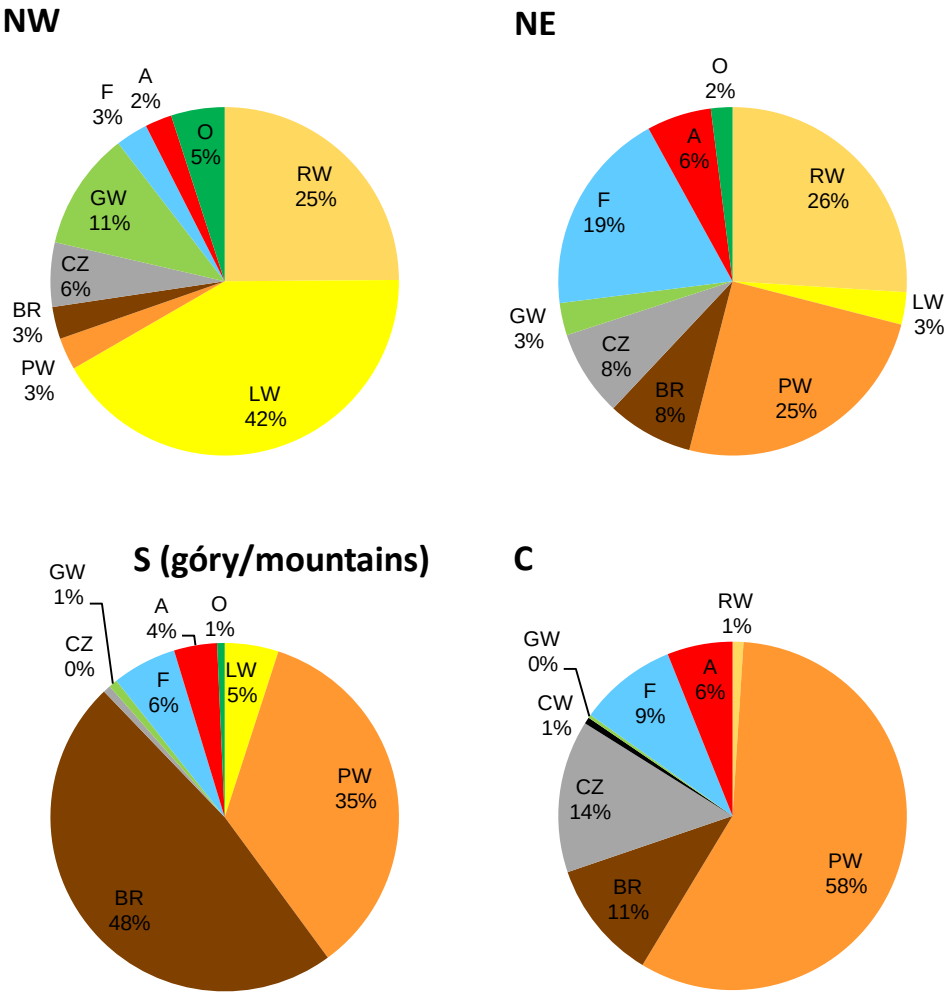

subregion NW
subregion NE
subregion centralny C
subregion sudecki S
Głogów
Góra
Polkowice
Milicz
Lubin
Wołów
Trzebnica
Bolesławiec
Zgorzelec
Lwówek Śl.
Złotoryja
Legnica
Środa Śl.
Oleśnica
Lubań
Jawor
Wrocław
Jelenia Góra
Oława
Świdnica
Wałbrzych
Kamienna Góra
Dzierżoniów
Strzelin
Ząbkowice
Kłodzko
N
W
E
S
0
km
50
LEGENDA
Typy gleb Soil units
Litosole i rankery
Leptosols
Rędziny i pararędziny
Calcaric Cambisols, Calcisols
Arenosole
Dystric Arenosols
Gleby bielicowe i bielice
Podzols
Gleby rdzawe
Brunic Arenosols
Gleby brunatne
Cambisols (Eutric/Dystric)
Gleby płowe
Luvisols, Retisols, Stagnosols
Czarnoziemy
Chernozems
Czarne ziemie
Phaeozems, Mollic Gleysols
Gleby glejowe
Gleysols
Mady (brunatne i czarnoziemne)
Fluvisols, Fluvic Cambisols
Gleby torfowe i murszowe
Histosols
Industrioziemy i urbiziemy
Technosols (Spolic/Urbic)
wody powierzchniowe
water bodies

Tabela 2.2. Zestawienie typów gleb województwa dolnośląskiego
Table 2.2. Main soil types in the Lower Silesia (general outline)

Typ gleb (zespoły typów) Soil types (incl. associations of types)	Udział procentowy Percentage
Gleby inicjalne i rankery - Leptosols	0.25
Rędziny i pararędziny - Calcaric Cambisols, Calcisols	<0.05
Arenosole - Dystric Arenosols	0.4
Gleby rdzawe - Brunic Arenosols	12.2
Gleby bielicowe i bielice - Podzols	4.3
Gleby brunatne (eutroficzne i dystroficzne) - Cambisols	18.1
Gleby płowe (w tym płowe zaciekowe) – (Luvisols, Retisols; Alisols, Stagnosols, Planosols)	35.4
Czarnoziemy - Chernozems	0.1
Czarne ziemie - Gleyic/Stagnic Phaeozems, Mollic Gleysols	8.0
Gleby glejowe - Gleysols	2.2
Wertisole - Vertisols	<0.05
Mady (właściwe, brunatne i czarnoziemne) – Fluvisols, Fluvic Cambisols, Fluvic Phaeozems	12.9
Gleby organiczne (torfowe i murszowe) - Histosols	1.0
Gleby antropogeniczne (urbi- i industrioziemne) - Technosols	5.1

Podobnie jak w przypadku uziarnienia, na podstawie częstości występowania poszczególnych typów gleb można na obszarze Dolnego Śląska wyróżnić cztery subregiony (Rys. 2.3). Na terenach północno-zachodnich (NW) bezwzględnie dominują gleby bielicowe i bielice (42% pow. subregionu) oraz gleby rdzawe (25%). W subregionie tym jest relatywnie dużo gleb organicznych (5%), a mało gleb płowych (3%) i antropogenicznych (ok. 2%). W subregionie północno-wschodnim (NE), o najbardziej urozmaiconej rzeźbie polodowcowej, której towarzyszy największe urozmaicenie osadów plejstoceńskich i holoceńskich, w równych ilościach występują gleby rdzawe (26%), płowe (25%) oraz mady (19%).

We estimated the contribution of soils with subsurface illuvial clay accumulation at ca. 35% of the total region area, including the mountains. Brown earths (Cambisols), both the normal / eutric and acid / dystric, are the second most prevalent with a contribution of ca. 18%, which is half of the value estimated based on original agricultural soil maps (Stuczyński et al. 2004). The other important soil units are the rusty soils (Brunic Arenosols; 12.2%), alluvial soils (Fluvic Cambisols, Fluvic Phaeozems/Umbrisols, and Fluvisols in some cases; 12.9%), black earths (Mollic Gleysols, Gleyic Phaeozems, Stagnic Chernozems; 8%), and Podzols (4.3%).



Rysunek 2.4. Główne jednostki typologiczne gleb w czterech subregionach Dolnego Śląska.
Figure 2.4. Main soil types across four sub-regions of the Lower Silesia.

RW – gleby rdzawe (Brunic Arenosols), LW – bielice i gleby bielicowe (Podzols), PW – gleby płowe (Luvisols and Retisols), BR – gleby brunatne (Cambisols), CZ – czarne ziemie (Phaeozems), GW- gleby glejowe (Gleysols), F – mady (Fluvisols), A – gleby antropogeniczne (Technosols), O – gleby organiczne (Histosols).

Subregion południowy (S - górski) obejmuje Sudety W ślad za dominacją pyłowego materiału macierzystego, w subregionie centralnym (obejmującym południową część Niziny Śląskiej i Przedgórze Sudeckie) bezwzględnie dominują gleby płowe (58 %), wśród których wyróżnia się jedynie duży kompleks czarnych ziem wrocławskich. Z kolei w subregionie południowym – sudeckim (S) na pierwsze miejsce wysuwają się gleby brunatne (48%), którym towarzyszą gleby płowe (35%) oraz bielice (5%). Dominacja tych gleb jest uwarunkowana morfologia terenu i zjawiskami erozji (Borkowski 1966). Mimo górskiego charakteru subregionu, gleby początkowych stadiów rozwojowych (inicjalne i rankery) zajmują niewielkie obszary szacowane na <0,5% powierzchni.

Gleby początkowych stadiów rozwoju, to jest gleby inicjalne skaliste i rumoszowe, a także rankery pokrywają około 0,25% powierzchni regionu. Wystepują w wyższych partiach i w rejonie wychodni skalnych w Karkonoszach, Rudawach Janowickich (granity), Górach Izerskich (granitognejsy) i Górach Stołowych (piaskowce i mułowce górnokredowe), a także w obrębie pokryw rumoszowych na wulkanicznych stożkach Gór Kamiennych, Wałbrzyskich i Kaczawskich (bazaltoidy, melafiry, zieleńce i in.). Gleby te tylko w Karkonoszach tworzą większe samodzielne zasięgi, natomiast w innych pasmach występują w kompleksach z glebami brunatnymi lub bielicami.

The contribution of human affected soils (mainly the Technosols in the urbanized, mined, and industrial areas) was estimated at ca. 5% of the total area.

As in the case of soil texture, four sub-regions were recognized in south-western Poland based on the contribution of particular soil types or type associations (Fig. 2.3). The NW sub-region is exclusively dominated by sandy-textured Podzols (42% of the sub-region area) and the Brunic Arenosols (25%). Organic soils are relatively the most abundant in this sub-region (5%), while the Luvisols and anthropogenic soils are relatively least abundant (3% and 2%, respectively), as compared to other sub-regions of south-western Poland. The NE sub-region, highly variable in terms of post-glacial topography and the Pleistocene and Holocene sediments, has a similarly high contribution of the three main soil groups: Brunic Arenosols (26%), Luvisols/Planosols (25%), and alluvial soils (19%). The central sub-region (C), dominated by silty- and silt-loamy-textured parent materials, has the highest contribution of Luvisols (58%), accompanied by one large complex of black earths situated south of Wrocław (Fig. 2.4). In turn, the mountainous sub-region (S) is dominated by Cambisols (48%), accompanied by Luvisols (35%), and Podzols (5%). Despite the mountainous nature of the sub-region, the contribution of initial and weakly developed soils is relatively low, below 0.5% of the sub-region area.

Rędziny występują w województwie dolnośląskim sporadycznie, wyłącznie w Sudetach, na południowym obrzeżeniu Gór Kaczawskich, w Krowiarkach oraz w Masywie Śnieżnika (Kowaliński i Licznar 1984). Nie potwierdzono obecności rędzin w Górach Stołowych i Bystrzyckich, co jest sugerowane przez większość map glebowych (ze względu na występowanie tzw. margli plenerskich). W wyróżnionych konturach dominują rędziny brunatne, niekiedy z domieszką niewęglanowego materiału skalnego. Pararędziny, gleby zaliczane do rzędu gleb słabo ukształtowanych, na Dolnym Śląsku również występują sporadycznie, jedynie na kilku wychodniach glin lodowcowych zasobnych w węglan wapnia. Są to tereny faliste, gdzie powierzchniowe warstwy gleby stale podlegają erozji wodnej.

Spośród gleb słaboukształtowanych, największy areał na Dolnym Śląsku zajmują **arenosole** (0,4% powierzchni). Gleby te w całym profilu mają uziarnienie piasku luźnego, kwaśny odczyn i niskie wysycenie kationami zasadowymi. Słabo ukształtowany poziom próchniczny (choć niekiedy znacznie pogłębiony przez orkę) oraz częste przesuszenie w porze letniej sprawiają, że są to gleby praktycznie nieprzydatne do użytkowania rolniczego. Tworząc siedliska boru świeżego oraz suchego, głównie na obszarze Borów Dolnośląskich, w większości są zalesione sosną.

Weakly developed soils, including **Lithic Leptosols** and **Hyperskeletic Leptosols** cover ca. 0.25% of the Lower Silesia region. These soils occur in the upper parts of the mountains and surrounding the rock outcrops in the Karkonosze Mts, Rudawy Janowickie Mts (on granite), Izerskie Mts (on granito-gneiss) and in the Góry Stołowe Mts (on the Upper Cretaceous sandstone and mudstone), as well as on the open-work stony covers on the volcanic hills in the Kamienne Mts, Wałbrzyskie Mts and Kaczawskie Mts (on basalt, melaphyre, greenstone, etc.). Separate areas of these soils were only delineated in the Karkonosze and Stołowe Moutains, while in the other mountain ranges the weakly developed soils were distinguished in complexes with Cambisols and Podzols.

Rendzina soils are very rare in south-western Poland and have only been reported in the Sudety Mountains, including the southern margin of the Kaczawskie Mountains, Krowiarki Mts and in the Śnieżnik Massif (Kowaliński and Licznar 1984). Although presumed to exist in some small-scale soil maps (based on the occurrence of so-called „Plener marls"), rendzina soils have not been confirmed in the Stołowe Mts and Bystrzyckie Mts. In most cases, the brown rendzina (Calcaric Cambisols) prevail, often with some inclusion of non-calcareous material (glacial or colluvial origin). Pararendzinas (Calcisols), in the Polish classification system assigned to the order of weakly developed soils, occur very rarely in the Lower Silesia, in a few slope outcrops of glacial till enriched in secondary carbonates.

Występowanie **gleb bielicowych i bielic** na Dolnym Śląsku jest wyraźnie „dwubiegunowe" (Kabała 2005). W północnej części regionu, szczególnie w Borach Dolnośląskich, Kotlinie Żmigrodzkiej i Milickiej oraz na Równinie Oleśnickiej, gleby te wytworzone sąz piasków luźnych genezy wodnolodowcowej, staroaluwialnej i eolicznej (w pow. bolesławieckim i zgorzeleckim odpowiednio 21% i 20% powierzchni). Natomiast w Sudetach (pow. jeleniogórski – 12%) bielice i gleby bielicowe wytworzyły się ze zwietrzelin granitów, gnejsów, piaskowców, a nawet łupków łyszczykowych. Cechą wspólną wszystkich bielic i gleb bielicowych jest silnie kwaśny odczyn w całym profilu, bardzo niskie wysycenie kationami zasadowymi oraz niska zasobność w makro- i mikroskładniki. Z tego względu gleby te zazwyczaj tworzą ubogie siedliska borowe. W skali regionu przeważają bielice i gleby bielicowe mające tendencję do przesuszenia, ale w warunkach górskich dość często występują nadmiernie uwilgotnione stagnobielice (Kabała i in. 2010).

Gleby rdzawe są jedną z ważniejszych jednostek typologicznych w północnej części Dolnego Śląska (w pow. oleśnickim, lubińskim i wołowskim odpowiednio 39%, 35% i 31% powierzchni), gdzie powszechnie występują na piaskach wodnolodowcowych, pokrywowych i staroaluwialnych, a niemal nie występują w środkowej (lessowej) i południowej (górskiej) części regionu. W porównaniu do bielic, gleby rdzawe znacznie częściej mają uziarnienie piasku słabogliniastego, nieco wyższe pH w całym profilu i wyższe wysycenie kationami zasadowymi. Dla rolnictwa gleby te przedstawiają niską wartość

Thus, the soils were developed due to surface erosion in hilly landscapes rather than under a specifically dry climate.

Among the weakly developed soils in Lower Silesia, **Arenosols** cover the largest area (0.4% of the total surface). Arenosols have a sandy texture, acid reaction, and low base saturation throughout the profile. Weakly developed humus horizons (sometimes artificially deepened by ploughing) and regular summer dryness make the soils practically useless for agriculture. The soils create habitats for coniferous forests (of a fresh and dry type). Thus, all Arenosols, mapped mainly in the Bory Dolnośląskie subregion (western part of Lower Silesia), which is afforested with Scotch pine monocultures.

The presence of **Podzols** in southwestern Poland is apparently "bipolar" (Kabała 2005). The Podzols which occur in the western and northern parts of the region, mainly in the Bory Dolnośląskie subregion (ca. 20% of area in the Bolesławiec and Zgorzelec counties), Żmigrodzka and Milicka Basins, as well as in the Oleśnicka Lowland (Fig. 2.2), have developed from glacio-fluvial, alluvial (Pleistocene) or eolian sands; whereas the mountain Podzols (e.g. 12% of the Jelenia Góra county area) have developed from the regoliths of granite, gneiss, sandstone, and mica schist, and thus may have a very variable texture (sands, sandy loam, loam, silt loam; often stratified in the profile). All Podzols have strong acid reaction and low base saturation throughout the soil profile, and a low content of plant-available macro- and microelements in the topsoil. Unfertile sandy "lowland" Podzols create poor habitats for

(z reguły klasyfikowane są do IVb i V klasy bonitacyjnej), jednak w gospodarce leśnej tworzą względnie korzystne podłoże zarówno dla drzewostanów sosnowych, jak i dębowych (najczęściej w typie siedliskowym boru mieszanego świeżego).

Gleby brunatne są bardzo nierównomiernie rozmieszczone na terenie województwa dolnośląskiego, czemu towarzyszy zróżnicowanie typologiczne. W subregionie NW zajmują tylko marginalne powierzchnie, w subregionach NE i centralnym zajmują do 10%, natomiast dominują w subregionie górskim (Rys. 2.4). W nizinnej i podgórskiej części regionu (subregiony NW, NE i C) dominują gleby brunatne właściwe/eutroficzne o gliniastym lub pyłowym uziarnieniu, słabokwaśnym odczynie w warstwach powierzchniowych i obojętnym w głębi profilu, oraz rosnącym z głębokością wysyceniem kationami zasadowymi. W większości przypadków są to gleby podlegające erozji lub zagrożone tym zjawiskiem. W Sudetach gleby brunatne są jednostką dominującą, co wynika z uwarunkowań morfologicznych - odmładzanie profilu przez erozję i ruchy masowe, również w skali mikro, przez wykroty (Pawlik i in. 2013). O typologii gleb brunatnych w górach decydują w mniejszym stopniu czynniki pedogeniczne, a w większym - litogeniczne. Dlatego na zwietrzelinach granitoidów, gnejsów, łupków i piaskowców (np. permskich) dominują gleby brunatne kwaśne, o uziarnieniu gliny piaszczystej lub piasku gliniastego, silnie kwaśnym odczynie w całym profilu i wysyceniem kationami zasadowymi w granicach 10-50% (w dolnej części profilu niekiedy ponad 60%).

coniferous forests and are afforested mainly with pine. Podzols in the Sudety Mts, afforested with Norway spruce (and with the mountain pine in subalpine zone), may occur both in dry and moist forms, as Folic Albic Podzols or Stagnic/Histic Podzols, respectively (Kabała et al. 2010).

Brunic Arenosols, in the Polish classification system distinguished as a separate order (and related type) of "rusty soils", are among the most important soil units of the northern part of Lower Silesia (they cover 39%, 35% and 31% of the area of the Oleśnica, Lubin, and Wołów counties, rspectively), but are absent in the central (loess-covered) and southern (mountainous) parts of the region. Brunic Arenosols are developed from glaciofluvial, old-alluvial, and mixed cover sands. Compared to Podzols, Brunic Arenosols have a somewhat finer texture, higher pH, and higher base saturation throughout the profile. Moreover, they do not have a strongly leached albic horizon in the topsoil, but have a sequence of A-Bv horizons. The soils have relatively low agricultural suitability (evaluated in the majority of cases to the IVb and V classes, see Chapter 3 of this book), but they are still extensively used for cereal production. In forestry, Brunic Arenosols provide the best habitat for coniferous stands or poorer habitat for mixed stands and are commonly used for pine and oak timber production.

Cambisols (brown earths) are unevenly spread throughout the region, and this is also accompanied by their typological differentiation. They are rare in the NW region; in the NE and C regions they cover up to 11% of the surface, whereas they are most common in the mountains (Fig. 2.4).

Gleby te tworzą najczęściej siedliska lasu mieszanego górskiego, a w wyższych partiach – boru mieszanego górskiego. Gleby brunatne wyługowane występują na zieleńcach, mułowcach górnokredowych i innych skałach zasobnych w składniki alkaliczne, a także na innych zwietrzelinach z domieszką lessu. Odczyn mają słabo kwaśny, a wysycenie zasadami w środkowej części profilu przekracza 50-60% i dalej rośnie z głębokością. Należą do najżyźniejszych gleb w Sudetach, tworzących siedliska lasu górskiego. Użytkowanie rolnicze gleb brunatnych w Sudetach często ograniczone jest z powodu silnej szkieletowości, dlatego obecnie w większości zajęte są pod trwałe użytki zielone albo są zalesione.

Gleby płowe bez wątpienia występują na Dolnym Śląsku w większości form (typów i podtypów) wyróżnianych przez SgP (2011), jednak ich wykreślenie na mapie nie jest możliwe przez reambulację starszych map, lecz wyłącznie na podstawie bezpośredniego rozpoznania terenowego i w oparciu o obowiązujące obecnie kryteria. W szczególności nie jest na razie możliwe przestrzenne rozgraniczenie typów gleb płowych i płowych zaciekowych, choć prace w tym zakresie są już dość zaawansowane. W północnej części regionu prawdopodobnie dominują gleby płowe zaciekowe (opadowo-glejowe) o niecałkowitym uziarnieniu, to jest zbudowane z piasków płytko podścielonych glinami. Na pyłowych i gliniastych enklawach (np. Równina Oleśnicka, Wzgórza Trzebnickie, Wzgórza Dalkowskie) przeważają gleby płowe (właściwe) bez oznak nadmiernego uwilgotnienia (Kabała i Marzec 2010).

Eutric Cambisols in the lowland and upland NW, NE and C regions have loamy or silty textures, weak acid reactions in the topsoil and neutral reactions in the subsoil, and relatively high base saturation growing with depth. In most cases, the soils are endangered or suffer from water erosion. Cambisols prevail in the Sudety and this is related to the geomorphological circumstances – surface "rejuvenation" by water erosion and mass movement (on a slope scale), and by tree uprooting/wind-throw on a micro-scale (Pawlik et al. 2013). Thus, the typology of Cambisols in the mountain areas is mostly affected by geomorphic and geological factors. Cambisols developed from the regolith of granite, gneiss, schist, and sandstone (e.g. Permian) have a texture class of sandy loam or loamy sand, strong acid reaction through the profile and very low base saturation (10-50% in topsoil and up to 60% in deeper subsoil); thus, they are generally classified as Dystric Cambisols. These soils provide a habitat for mountain mixed-species forest, but in most cases are still afforested with Norway spruce. More fertile are Cambisols developed from greenstones, Cretaceous mudstones and other base-rich rocks, as well as on the mixed slope-covers enriched with silt fraction (of eolian origin). The soils have a weak acid reaction and a base saturation of 50-60% in the topsoil, and up to 90-100% in the subsoil. These Eutric Cambisols are among the most fertile forest soils in the Sudety and provide habitat for broadleaf species, mainly beech. The agricultural use of Cambisols in the Sudety is limited by slope inclination, climate conditions, and soil stoniness; thus, the soils are mostly used as pastures or afforested.

Pyłowe gleby płowe bezwzględnie dominują w subregionie centralnym, w kilku powiatach tworząc nawet ponad 60% pokrywy glebowej (złotoryjski 68,2%, lubański 63% i świdnicki 61%). W górach gleby płowe zajmują podnóża stoków i wyścielają dna śródgórskich obniżeń, niekiedy tworząc bardzo rozległe areały, jak w powiecie kamiennogórskim (46% powierzchni), kłodzkim (34%) i jeleniogórskim (32%). W Sudetach gleby płowe rozpoznano na wysokościach dochodzących do 800 n.p.m. (Kabała i in. 2011, 2013). Ze względu na dużą przydatność rolniczą, gleby płowe w całym regionie są w większości zajęte pod uprawy rolne, w górach niekiedy pod użytki zielone. Nieliczne zalesione enklawy tworzą najlepsze siedliska lasu świeżego.

Najbardziej urodzajnymi glebami Dolnego Śląska są czarnoziemy i czarne ziemie wytworzone z pyłów lessowych, mające głęboki, zasobny w próchnicę i strukturalny poziomów próchniczny, wysycenie zasadami niespadające poniżej 80% w całym profilu, a często także węglany w dolnej części profilu. **Czarnoziemy** wytworzone z lessu, których łączny areał oszacowano na ok. 2,7 tys. ha, występują w kilkunastu konturach na styku Niziny Śląskiej i Przedgórza Sudeckiego (Rys. 2.3). **Czarne ziemie** występują na Dolnym Śląsku w różnych wariantach. „Czarne ziemie wrocławskie" wytworzone z lessów i lessopodobnych pyłów zajmują wielki areał na południe od Wrocławia (Kowaliński 1952). W wielu gminach tego rejonu udział czarnych ziem przekracza 50%, maksymalnie osiągając 73% w gm. Kobierzyce i 91% w gm. Żórawina.

All the **clay-illuviated soils** that have an argic diagnostic horizon are grouped together into one soil order (gleby płowe) in the Polish soil classification (2011). The modern classifications have introduced a number of advanced diagnostic features for the clay-illuviated soils; thus, the reambulation of the older soil-agricultural maps gives satisfactory results at the order level only, whereas cartography at the soil type and subtype level requires a new field study. In particular, the differentiation into the two key types of "proper" and "glossic" Luvisols/Retisols is impossible based on the older maps. However, it may be concluded based on recent investigations that soils with a glossic-type of albic/glossic transition prevail in sandy materials underlain by glacial loam, which is very common in the northern part of the region. In most cases these soils have strong stagnic properties, thus are classified as Planosols or Stagnosols, rarely as Retisols (IUSS working group 2014). Howvere, Luvisols lacking the glossic and stagnic properties prevail in the loess enclaves in the Oleśnica Plain, Trzebnica Hills, and Dalków Hills (Kabała and Marzec 2010). Luvisols and Luvic Stagnosols developed of loess absolutely dominate in the central subregion with over 60% of the soil cover in a number of counties (Złotoryja - 68%, Lubań - 63%, and Świdnica counties - 61%). Luvisols and, most often Luvic Stagnosols, have been recognized in the Sudety up to the elevation of 800 m a.s.l. (Kabała et al. 2011, 2013) and mainly in the foothills and the mid-mountain basins, sometimes on a large areas, as in Kamienna Góra county

Na północ od doliny Odry przeważają czarne ziemie piaskowe wytworzone z utworów aluwialnych i staro-aluwialnych (Łabaz i Kabała 2014) oraz czarne ziemie gliniaste o charakterze deluwialnym, często z poziomem Bt w profilu (Kowalkowski 1966) Czarne ziemie rzadko występują na terenach górskich (Rys. 2.4), a większe ich kontury znane są głównie z kotlin śródgórskich, szczególnie z Kotliny Kłodzkiej (Drozd i in. 2007).

Do najważniejszych gleb użytkowanych rolniczo na Dolnym Śląsku należą **mady**, których największe areały występują w dolinie Odry (Jemielno - 75% obszaru gminy, gm. Pęcław - 94%), Baryczy, Widawy, Kaczawy i Bystrzycy (Rys 2.3). Pod względem typologicznym przeważają mady brunatne (Kabała i in. 2011b), jednak udział mad czarnoziemnych / próchnicznych również jest znaczny, szczególnie w dolinie Odry (Borkowski i Mikołajczak 1993, Laskowski 1986). Mady doliny Odry oraz jej lewostronnych dopływów przeważnie mają gliniaste lub pyłowo-gliniaste uziarnienie warstw powierzchniowych, natomiast w dolinach prawostronnych dopływów Odry częściej zdarzają się gleby o uziarnieniu piaszczystym w całym profilu. Dawniej większość mad wykorzystywano jako łąki i pastwiska, jednak w ostatnich lata rozpowszechniło się użytkowanie orne, będące efektem m.in. drastycznego zmniejszenia pogłowia bydła.

Vertisole nie były do niedawna wyróżniane w SgP, toteż nie rozpoznawano ich w trakcie prac terenowych oraz nie wyrysowywano na mapach.

(46% of the surface), Kłodzko county (34%) and Jelenia Góra county (32%). In general, Luvisols and related clay-illuvial soils are used for crop production, in the mountains often as meadows, and are only marginally forested. If forested, they provide the best habitats for deciduous species and are afforested with beech (in the mountains) or beech, linden, and hornbeam (in the lowlands and uplands).

Chernozems and **Phaeozems** are among the most fertile and productive soils developed of loess, due to their thick, black and granular humus horizon, rich in organic matter. Base saturation is very high throughout the profile (over 80%) and carbonates are often present in the subsoil. Chernozems developed of loess cover an area of ca. 2.7 ka ha in the southern margins of the Silesian Lowland and in the Sudety Foreland (Fig. 2.3). Soils similar to Chernozems that have a mollic horizon and strong stagnic or gleyic properties are called “black earths” in the Polish classification (2011). They may fulfil the requirements of Stagnic Chernozems, Stagnic/Gleyic Phaeozems, and Mollic Gleysols (IUSS working group 2011). All these variants occur in Lower Silesia. The best-known “Wrocław black earths” developed of loess and loess-like materials (mainly the Stagnic/Gleyic Phaeozems and Mollic Gleysols) cover a large area south of Wrocław (Kowaliński 1952). Their contribution in some counties of this area exceeds 50%, rising to a maximum of up to 73% in Kobierzyce and 91% in Żórawina counties (Fig. 2.3). Black earths developed from drained alluvial sediments (Gleyic Phaeozems, Mollic Gleysols) prevail in the Barycz valley (Łabaz and Kabała 2014).

Z opisów profili gleb ilastych sporządzonych w trakcie prac terenowych w latach 50-tych i 60-tych XX wieku wynika jednak (Góźdź 1957), że większość tych gleb może spełniać kryteria wertisoli. Niewielka powierzchnia utworów ilastych na Dolnym Śląsku powoduje jednak, że udział wertisoli nie może przekroczyć progu 0,05% powierzchni regionu. Natomiast występowanie cech vertic w czarnych ziemiach oraz glebach płowych o niecałkowitym uziarnieniu (z iłami w podglebiu) zostało w ostatnich latach stwierdzone w wielu miejscach na Dolnym Śląsku, co pozwala przypuszczać, że cechy te występują znacznie powszechniej niż dotychczas sądzono.

Precyzyjne oszacowanie udziału **gleb organicznych** jest trudne ze względu na zmiany kryterium głębokości warstwy organicznej. Problem ten nie dotyczy głębokich gleb torfowych i murszowo-torfowych, występujących na przykład w Borach Dolnośląskich (powiaty bolesławiecki i polkowicki), w dolinie Odry koło Miękini oraz w Karkonoszach, Górach Izerskich, Górach Stołowych i Górach Bystrzyckich. Jednak na obszarze Dolnego Śląska przeważają płytkie gleby torfowe i murszowe, w których przypadku zmiana wymaganej miąższości warstwy organicznej z 30 do 40 cm (SgP 2011) często skutkuje przeklasyfikowaniem do gleb torfowo- (murszowo-) glejowych. W związku z tym udział gleb z powierzchniową warstwą organiczną szacowany jest na około 2% powierzchni regionu (Tab. 2.1), ale udział gleb organicznych o miąższości minimum 40 cm - tylko na około 1% powierzchni regionu (Tab. 2.2).

Colluvial black earths are common in hilly loess areas (Kowalkowski 1966). Thes soils are rare in the mountains; however, larget contours occur in the mountain basins (Drozd i in. 2007).

Alluvial soils are among the most important in the farmland space, in particular in the broad valley of Odra river (Pęcław county - 94%), as well as in valleys of its large tributaries - Barycz, Widawa, Kaczawa and Bystrzyca. Pedogenic development is advanced after drainage, thus the soils are rarely classified as Fluvisols (only in the mountains). In most cases they are Fluvic Cambisols (Kabała et al. 2011b) and Fluvic Phaeozems (Borkowski and Mikołajczak 1993, Laskowski 1986). Alluvial soils in the main valleys have a loamy or silt-loamy texture of topsoil and sandy subsoil; however, some alluvial soils in the northern part of the region have a sandy texture throughout. Alluvial soils were used as meadows and pastures in the past; recently however, most drained soils have been turned into arable fields.

Vertisols were absent in the Polish soil classification until recently and are massing from the older soil maps. However, it can be concluded based on soil descriptions and analytical data collected since the 1950s and 1960s (Góźdź 1957) that most clay-textured soils in the region may fulfil the criteria of vertisols. However, the very small area of clayey outcrops in Lower Silesia results in a potentially marginal contribution of these soils (less than 0.05% of the total area). Nevertheless, ertic properties are probably quite common in the Phaeozems and Luvisols with clays in the subsoil, as has recently been confirmed (Kabała et al. 2015).

W skali regionu, wśród gleb organicznych przeważają gleby murszowe i torfowe saprowe, lecz lokalnie, szczególnie w ekosystemach górskich, duże znaczenie przyrodnicze mają gleby torfowe fibrowe oraz organiczne ściółkowe (Bogacz 2005; Kabała i in. 2013).

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie glebami antropogenicznymi, szczególnie na terenach zurbanizowanych i zmienionych przez górnictwo oraz przemysł (Charzyński i in. 2013). W dotychczasowych szacunkach gleby te były pomijane, choć lokalnie zajmują dość znaczne powierzchnie i pełnią istotną rolę w ekosystemach. Łączny udział gleb antropogenicznych, włączając gleby zabudowane i zasklepione, określony został na około 5,1% powierzchni regionu (Tab. 2.2). Największe zwarte kontury tych gleb występują we Wrocławiu (35% powierzchni w granicach administracyjnych miasta), Wałbrzychu (niemal 30%, łącznie gleby urbiziemne oraz industrioziemne na hałdach i innych terenach górniczych), w rejonie Bogatyni (na zwałowiskach i wyrobiskach związanych z wydobyciem węgla brunatnego), w rejonie Lubina i Głogowa (na zwałowiskach po flotacji rud miedzi), a także w centrach miast średniej wielkości, w tym Jeleniej Góry, Legnicy, Bolesławca, Świdnicy, Dzierżoniowa i innych (Rys. 2.4).

Precise assessment of the **organic soil** contribution is presently difficult due to changes in a required thickness of the organic layer (traditionally it was 30 cm, now it has been increased to 40-60 cm). Larger arears of deep peat and mursh-peat soils occur in the Bory Dolnośląskie, in the Odra valley near Miękina, and in the Karkonosze Mts, Izerskie Mts, Stołowe Mts, and Bystrzyckie Mts. In general, all organic soils, the deep Histosols and Histic Gleysols with thin organic layers at a minimum of 30 cm, cover ca. 2% of the total area (Tab. 2.1), but the contribution of true Histosols (organic layer at least 40 cm thick) is estimated at only ca. 1% (Tab. 2.2). On a regional scale, the **Murshic** and **Sapric Histosols** prevail, but **Fibric** and **Folic Histosols** may have larger local importance, in particular in the mountains (Bogacz 2005; Kabała et al. 2013).

Until recently, the **anthropogenic soils** were omitted on soil maps, whereas their contribution was assessed at ca. 5.1% of the total region area (Tab. 2.2). The largest contours were delineated in Wrocław (35%, mainly as **Urbic Technosols** and **Hortic Anthrosols**), Wałbrzych (30%, both Urbic Technosols and **Spolic Technosols**), in the Bogatynia area of lignite mining (Spolic Technosols), near Lubina (Spolic Technosols on the tailing ponds), and in the centres of medium-size towns such as Jelenia Góra, Legnica, Bolesławiec, Świdnica, Dzierżoniów, etc. (Fig. 2.4).

Rozdział 3

Jakość i potencjał rolniczy gleb Dolnego Śląska

Chapter 3

Evaluation of the soil quality and agricultural potential in Lower Silesia

Jedną z ważniejszych funkcji jaką pełni gleba jest jej użyteczność do celów produkcji rolniczej. Pokrywa glebowa cechuje się zróżnicowaniem ze względu na swoje właściwości fizyczne i chemiczne, na co mają wpływ warunki siedliskowe i działalność człowieka. Mając na uwadze wspomnianą zmienność opracowano szereg różnych systemów klasyfikacji i waloryzacji gleb użytkowanych rolniczo, które stanowią narzędzie do racjonalnego zarządzania i wykorzystywania ich możliwości. W Polsce do oceny jakości i potencjału rolniczego gleb najczęściej wykorzystuje się klasyfikację bonitacyjną gleb, podział na kompleksy przydatności rolniczej gleb oraz waloryzację rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Klasyfikacja bonitacyjna gleb charakteryzuje ich wartość rolniczą, gdzie kryterium zaliczenia gleby do danej klasy bonitacyjnej stanowią głównie właściwości gleby i warunki przyrodnicze terenu stanowiące o ich urodzajności (Mocek 2000). Bonitacja użytków rolnych (UR) stanowi podstawę do ustalenia wysokości podatku gruntowego naliczanego od hektarów przeliczeniowych. Klasyfikacji osobno podlegają grunty orne (GO) i trwałe użytki zielone (TUZ).

One of the most important soil functions is its usability for agricultural production. Physical and chemical properties of soil cover are very diverse and are induced by both site conditions and human activities. Considering this variation, a number of different systems for agricultural soil classification and evaluation have been developed. They are the tools for wise soil resource management and usage. In Poland, three systems are used for assessing agricultural soil quality and potential: (1) soil evaluation classes, (2) complexes of agricultural soil suitability, and (3) the agricultural space index.

The soil evaluation classes (SEC) determine general soil productivity. The system is based on the description of soil properties and site conditions, which influence the soil fertility (Mocek 2000). This evaluation provides an official basis for calculating land taxes. Arable land (AL) and permanent grasslands (PG) are classified separately. The main criteria for arable land classification are as follows: soil type, soil texture, thickness of the humus horizon and the humus content, structure, water regime and redox features, soil reaction, $CaCO_3$ content, and local land topography.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Przy bonitacji GO za główne kryteria przyjęto: uziarnienie, miąższość poziomu próchnicznego i zawartość w nim próchnicy, strukturę, właściwości wodne, odczyn i zawartość węglanu wapnia oraz ukształtowanie terenu. W oparciu o powyższe kryteria wydzielonych zostało 9 klas bonitacyjnych: I, II, IIIa, III, IVa, IVb, V, VI, VIZ (Rozporządzenie 1246, 2012). Ze względu na odmienną specyfikę wykorzystania rolniczego TUZ w stosunku do GO, przy ich klasyfikacji za główne kryteria przyjęto: budowę profilu glebowego, skład gatunkowy roślin, stopień zadarnienia wysokość i jakości plonów, jak również uwzględniono szereg czynników dodatkowych: stosunki wilgotnościowe, ukształtowanie terenu, zadrzewienie itd.. Na tej podstawie wyznaczono 6 klas bonitacyjnych TUZ: I, II, III, IV, V, VI (Rozporządzenie 19/97, 1956, Rozporządzenie 1246, 2012). Powszechną klasyfikację bonitacyjną gruntów rolnych przeprowadzono na terenie całego kraju w latach 1956-1968, aktualnie klasyfikację tą wykonuje się w przypadku zmiany użytkowania terenu, po melioracji lub rekultywacji gleb (Mocek i in. 2000).

W strukturze bonitacji GO, których łączna powierzchnia na terenie województwa dolnośląskiego wynosi 869 029 ha (Jezierski i Ochman 2010), wyraźnie największy udział mają grunty należące do klas IIIa – 19,4% i IIIb – 17,6% (w stosunku do ogólnej powierzchni GO województwa). Grunty te, w większości, położone są w pasie ciągnącym się od południowego wschodu województwa w kierunku na północny zachód obejmując powiaty: ząbkowicki, dzierżoniowski, strzeliński, oławski, wrocławski, świdnicki średzki jaworski, legnicki, złotoryjski (Fig. 3.1a i 3.5).

Based on the above listed criteria, nine classes have been established: I, II, IIIa, IIIb, IVa, IVb, V, VI, VIZ (Regulation 1246, 2012). Due to the different agricultural uses, the main criteria for permanent grassland (PG) evaluation are as follows: soil type, sod horizon development, water regime including ground-water table, dominant grass species, hay quantity and quality as well as additional factors, including the local topography, tree coverage, etc. On this basis, six classes have been established: I - VI (Regulation 19/97, 1956; Regulation 1246, 2012). A Poland-wide evaluation of agricultural land was carried out in the period 1956-1968. Currently, the classification is used in the case of land use change, land reclamation or soil remediation only (Mocek et al. 2000).

The total area of AL in the Lower Silesia region is 869 029 ha (Jezierski and Ochman 2010). The largest contributions belong to classes IIIa - 19.4% and IIIb - 17.6% of the total AL area. These classes prevail in a belt extending from the south-east to the north-west, including the following districts: Ząbkowicki, Dzierżoniowski, Strzeliński, Oławski, Wrocławski, Świdnicki, Średzki, Jaworski, Legnicki, and Złotoryjski (Fig. 3.1a and 3.5). Similarly large areas of AL belong to the classes IVa - 21% and IVb - 15%, which are distributed evenly across the region. Exceptions are the Kłodzki, Jeleniogórski, Zgorzelecki, and Bolesławiecki districts, where these classes are significantly less represented, and the Oławski, Oleśnicki, Średzki, and Legnicki districts, where, in turn, these classes have higher contributions.

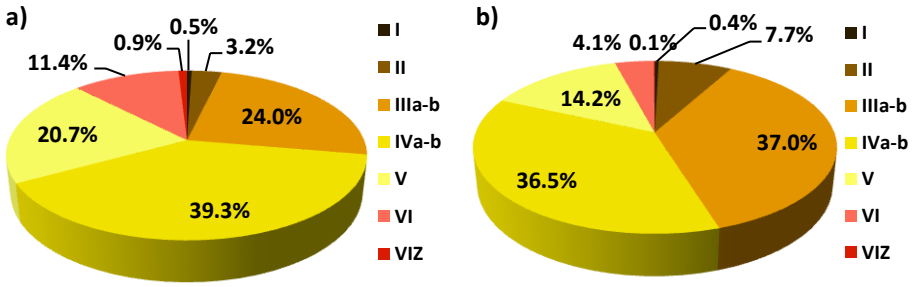


Figure 3.1. Procentowy udział klas bonitacyjnych gleb ornych:
a) Polska (Mocek i in. 2000),
b) województwo dolnośląskie (Jezierski i Ochman 2010)
Percentage of soil valuation classes of arable lands:
a) Poland (Mocek et al. 2000),
b) Lover Silesia District (Jezierski and Ochman 2010)

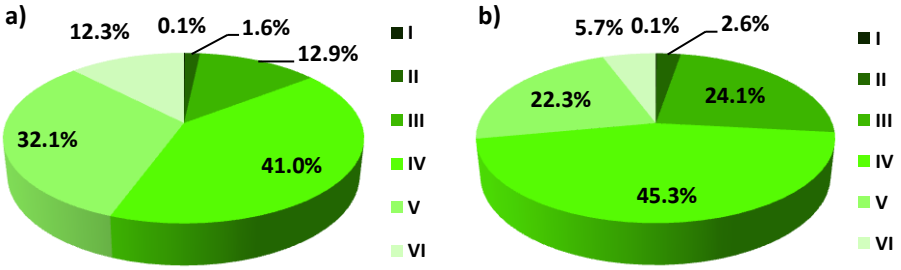


Figure 3.2. Procentowy udział klas bonitacyjnych trwałych użytków zielonych:
a) Polska (Mocek i in. 2000),
b) województwo dolnośląskie (Jezierski i Ochman 2010)
Percentage of soil valuation classes of pastures and meadows:
a) Poland (Mocek et al. 2000),
b) Lover Silesia District (Jezierski and Ochman 2010)

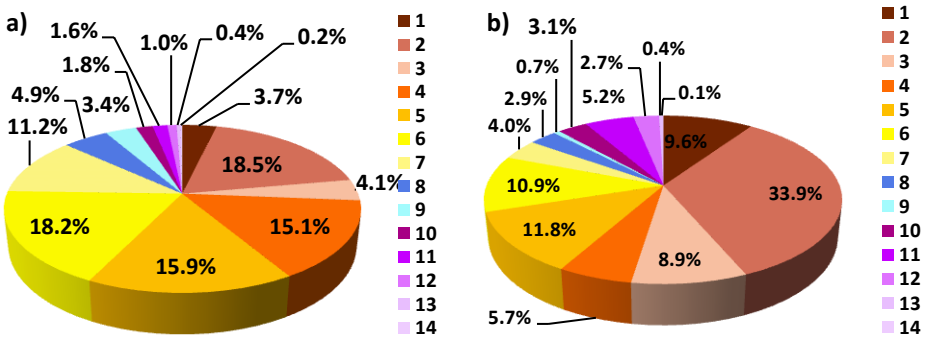


Figure 3.3. Procentowy udział kompleksów przydatności rolniczej gleb w powierzchni gruntów ornych:
a) Polska (Mocek i in. 2000),
b) województwo dolnośląskie (Jezierski i Ochman 2010)
Percentage of soil suitability complexes in the area of arable land:
a) Poland (Mocek et al. 2000),
b) Lover Silesia District (Jezierski and Ochman 2010)

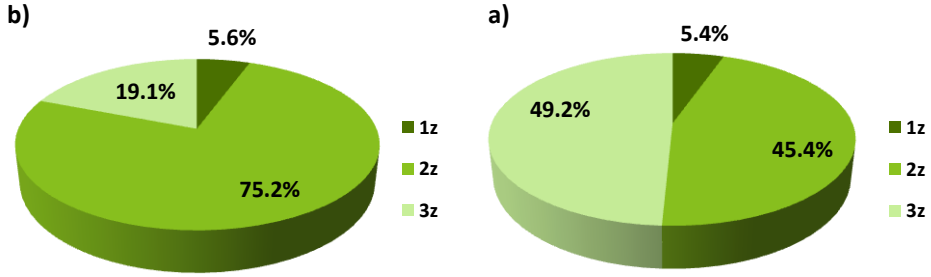


Figure 3.4. Procentowy udział kompleksów przydatności rolniczej gleb w powierzchni trwałych użytków zielonych:
a) Polska (Mocek i in. 2000),
b) województwo dolnośląskie (Jezierski i Ochman 2010)
Percentage of soil suitability complexes in the area of pastures and meadows:
a) Poland (Mocek et al. 2000),
b) Lover Silesia District (Jezierski and Ochman 2010)

Nieznacznie mniejszy udział przypada GO zaliczanych do klasy IVa – 21% i IVb – 15%, które rozmieszczone są w miarę równomiernie na terenie województwa. Wyjątek stanowią powiaty kłodzki, jeleniogórski, zgorzelecki, bolesławiecki gdzie gleb tej klasy jest wyraźnie mniej oraz powiaty oławski, oleśnicki, średzki, legnicki cechujące się z kolei nieco wyższym ich areałem. Zdecydowanie mniejszą powierzchnie w strukturze bonitacyjnej GO zajmują gleby zaliczane do klasy V – 14,3%, występujące w głównej mierze w północnej części województwa, i gleby klasy II – 7,7%, położone przede wszystkim na obszarze od centrum w kierunku południowo wschodnim, oraz gleby klasy VI – 4,4%, zajmujące w szczególności rejony północne województwa. W marginalnych ilościach pojawiają się gleby klasy I – 0,4%, głównie na południowym wschodzie tj. w powiecie ząbkowickim, dzierżoniowskim, strzelińskim, wrocławskim, oraz gleby klasy IVZ – 0,1%, zlokalizowane w północnych obszarach województwa.

Na terenie województwa dolnośląskiego TUZ obejmują całkowitą powierzchnię 279 746 ha (Jezierski i Ochman 2010). W zdecydowanej większości obszary te zajęte są przez gleby klasy IV – 45 % i klasy III – 24% (w stosunku do ogólnej powierzchni TUZ województwa). Udział gleb tych klas w powierzchniach poszczególnych powiatów jest zbliżony, za wyjątkiem powiatów ościennych występujących w pasie południowo-zachodnim, gdzie jest ich wyraźnie więcej. Znacznie mniejsze areały przypadają na grunty klasy V – 22,3% oraz klasy VI - 5,7%, położone głównie w południowej i północnej części województwa.

Much less area is occupied by class V - 14% of AL, occurring mainly in the northern part of the region, class II – 7.7%, primarily situated in the central and south-east part, and class VI - 4.4%, occupying in particular the northern part of the region. Soils of the class I have marginal contribution - 0.4%, mainly in the south-east part, i.e. in the Ząbkowicki, Dzierżoniowski, Strzeliński, and Wrocławski districts. The class VIRZ (0.1%) is represented in the northern part of the region only (Fig. 3.1b and 3.5).

The total area of perennial grasslands (pastures and meadows) in the Lower Silesia region is 279 746 ha (Jezierski and Ochman 2010). The vast majority belong to class IV - 45% and class III - 24% of the total PG area. Their contribution throughout the region is similar, except for the south-western zone, where their area is significantly larger. Much smaller areas fall into class V - 22% and class VI - 5.7%, located mainly in the southern and northern parts of the region, and only marginal areas are occupied by class I - 0.1 % and class II - 2.6%, mainly in the central-eastern region (Fig. 3.2b and 3.5).

Assessing the AL evaluation by districts, the best soil conditions occur in the Strzeliński, Wrocławski, and Świdnicki districts; the situation is not much worse in the Legnicki, Dzierżoniowski, Ząbkowicki, and Jaworski districts. Definitely the worst conditions occur in the Milicki, Jeleniogórski and Oleśnicki districts. A similar assessment for the PG indicates aligned soil conditions in the region, with the exception of the Strzeliński, Wrocławski, and Złotoryjski districts with significantly better conditions, and the Średzki district with by far the worst PG evaluation (Fig. 3.5).

Z kolei marginalne obszary, głównie w rejonie centralno-wschodnim, zajmują TUZ klasy I - 0,1% i II – 2,6% (Fig. 3.2b i 3.5).

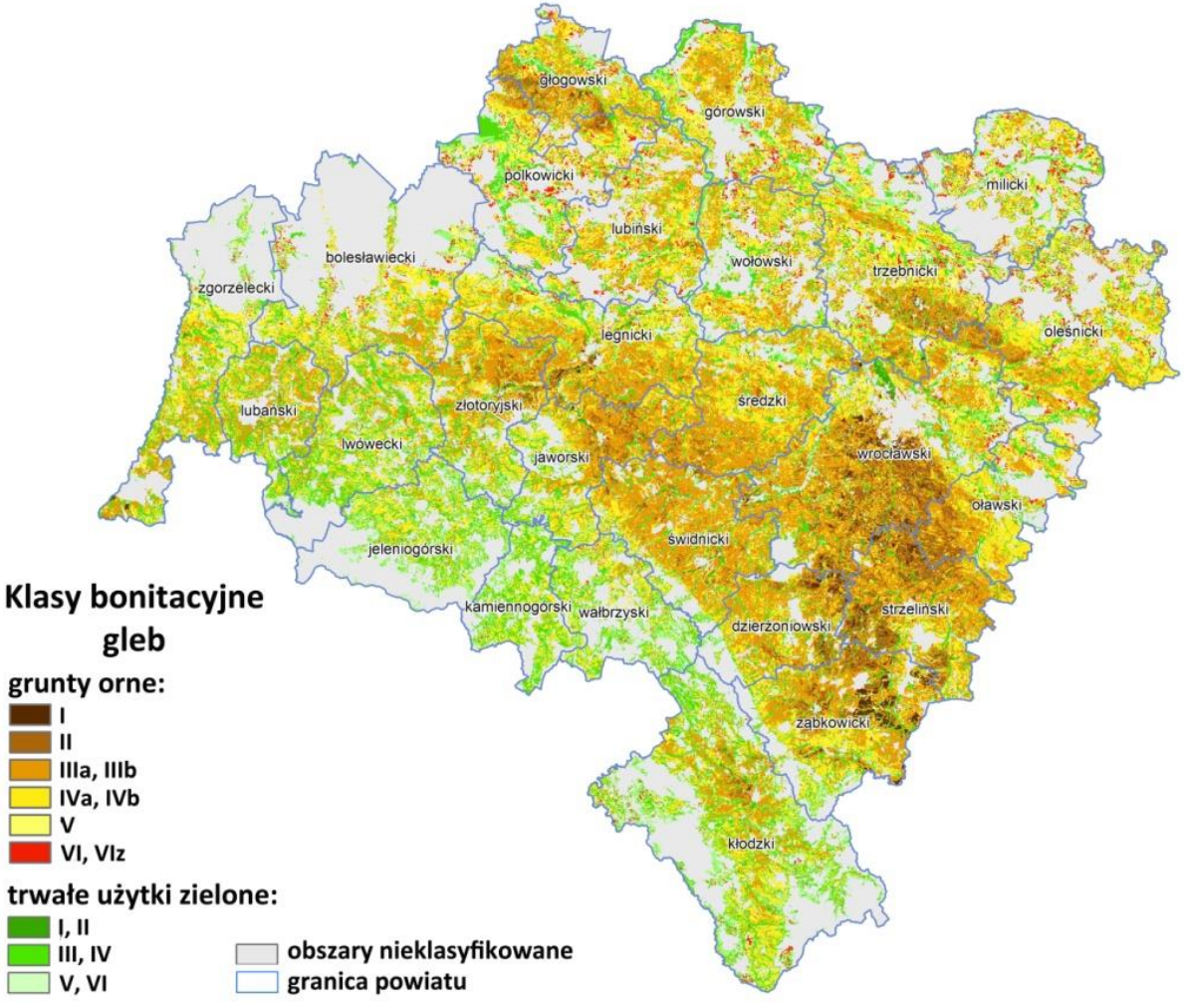
Oceniając poszczególne powiaty pod względem bonitacji GO można zauważyć, że najlepsze warunki glebowe występują w powiatach: strzelińskim, wrocławski, świdnickim, niewiele gorsze w powiatach: legnickim, dzierżoniowskim, oławskim, jaworskim, ząbkowickim i złotoryjskim. Zdecydowanie słabsze warunki glebowe występują w powiatach: milicki, jeleniogórskim i oleśnickim. Prowadząc podobną oceną dla TUZ należy stwierdzić, iż warunki glebowe na terenie województwa są w miarę wyrównane, niemniej jednak w tym względzie mocno wyróżniają się powiaty strzeliński, wrocławski, złotoryjski z wyraźnie lepszymi warunkami oraz powiat średzki gdzie te warunki są zdecydowanie najgorsze (Fig. 3.5).

Na tle całego kraju, województwo dolnośląskie cechuje się większym udziałem GO klas wyższych I do III, w szczególności klas IIIa i IIIb. Niższy z kolei jest udział klas IV do VI, gdzie najsilniej zaznacza się to w przypadków gruntów klasy V i VI (Rys. 3.1a i 3.1b).

Compared to the whole of Poland, the Lower Silesia region has a higher contribution of the upper AL classes (I – III), in particular of the IIIa and IIIb classes. Lower, in turn, is the contribution of classes IVa to VI. This is the most noticeable in the case of class V and VI (Fig. 3.1a and 3.1b). Similar differences can be seen in the SVC structure of the permanent grassland. Larger areas are occupied by classes II – IV (clearly marked for class III), and smaller areas are occupied by classes V and VI (Fig. 3.2a and 3.2b).

The other commonly used evaluation system is based on the concept of the "complexes of agricultural soil suitability" (CASS). This classification specifies soil groups with similar agricultural properties, which can be preferentially used for specified groups of crops (Strzemski et al. 1965a, 1965b; Witek 1973). An integral part of this classification is an agricultural soil map that contains information about the CASS, soil type and soil texture. Agricultural soil maps are widely used not only for agricultural planning, but also in spatial planning, land protection, environmental protection, and in the analysis of natural conditions (Witek 1993, Stuczyński 2007).

Figure 3.5 . Bonitacja gleb województwa dolnośląskiego (źródło: GIS Partner (2010)
Grunty orne: I - najlepsze, II - bardzo dobre, IIIa i IIIb - dobre, IVa i IVb - średniej jakości, V - słabe, VI i VIz - najsłabsze.
Trwałe użytki zielone: I i II - najlepsze i bardzo dobre, III i IV - dobre i średniej jakości, V i VI - słabe i najsłabsze.
Soil evaluation classes in the Lower Silesia District (source: GIS Partner (2010)
Arable lands: I - best quality, II - very good quality, IIIa and IIIb - good quality, IVa and IVb - medium quality, V - poor quality, VI and VIz - poorest quality.
Pastures and meadows : I - best quality, II - very good quality, III - good quality, IV - medium quality, V - poor quality, VI - poorest quality.


głogowski
górowski
polkowicki
milicki
lubiński
wołowski
trzebnicki
bolesławiecki
zgorzelecki
legnicki
oleśnicki
średzki
złotoryjski
lubański
lwówecki
jaworski
wrocławski
oławski
świdnicki
jeleniogórski
kamiennogórski
wałbrzyski
strzeliński
dzierżoniowski
ząbkowicki
kłodzki
Klasy bonitacyjne gleb
grunty orne:
I
II
IIIa, IIIb
IVa, IVb
V
VI, VIz
trwałe użytki zielone:
I, II
III, IV
V, VI
obszary nieklasyfikowane
granica powiatu

Podobne różnice można zauważyć w strukturze TUZ. Większe powierzchnie zajmują grunty klasy II do IV, z wyraźnie zauważalną różnicą dla gruntów klasy III, a mniejsze powierzchnie przypadają gruntom klasy V i VI (Fig. 3.2a i 3.2b).

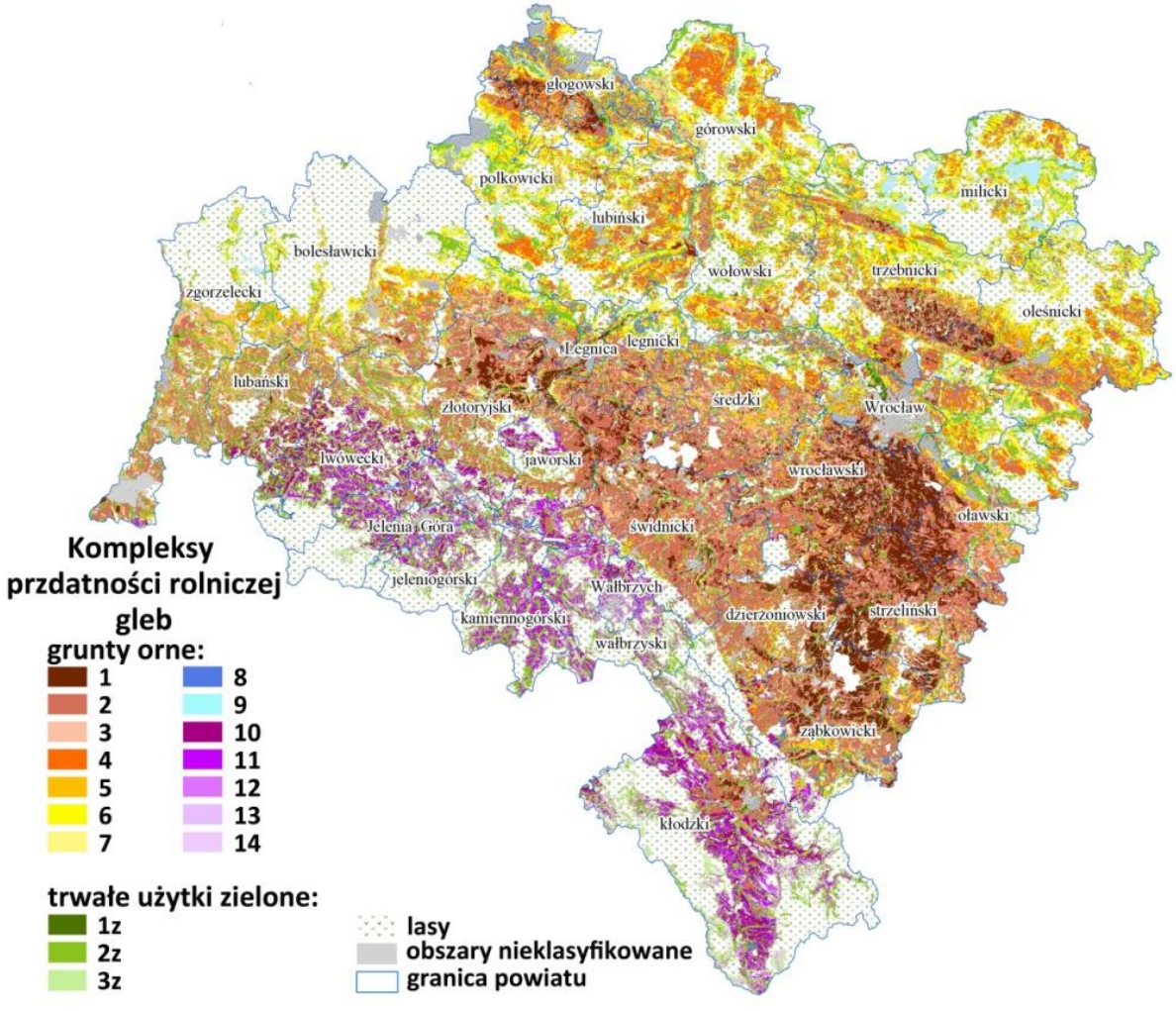
Odmiennym, ale równie powszechnie wykorzystywanym system klasyfikacji gleb jest podział przestrzeni użytkowanej rolniczo na kompleksy przydatności rolniczej (KPR). Klasyfikacja ta wydziela zespoły gleb wykazujące zbliżone właściwości rolnicze, które mogą być preferencyjnie wykorzystywane do produkcji grup roślin o określonych wymaganiach siedliskowych (Strzemski i in. 1965a, 1965b, Witek 1973).

Integralną częścią tej klasyfikacji są mapy glebowo-rolnicze obrazujące zmienność przestrzenną siedlisk glebowych, zdefiniowanych jako KPR gleb. Treść mapy zawiera informacje nie tylko na temat KPR, ale również ich typów i gatunków. Z tego względu mapy glebowo-rolnicze nie tylko są wykorzystywane w gospodarce rolnej, ale również w ochronie gruntów, planowaniu przestrzennym, ochronie środowiska oraz analizach warunków przyrodniczych (Witek 1993, Stuczyński 2007).

for CASS determination are as follows: agro-climatic conditions, regional topography, moisture regime, soil properties, and soil culture. On this basis, 14 complexes have been distinguished for AL, including the complexes in the lowland and upland areas (1-9), complexes in the mountain areas (10 - 13), and the separate complex 14 for soils that should not be used as cropland. Separately, three complexes (1z - 3z) have been distinguished for PG. The complexes have been named based on indicative crops (mainly cereals), i.e. the common crops, which have high and stable yields under specified habitat conditions (Strzemski 1966).

A large area of AL in Lower Silesia (ca. 52% of the total AL area) is classified as wheat-suitable, loamy- and silty-textured soil complexes (Jezierski and Ochman 2010), mainly in the central lowland area, i.e. in the Strzeliński, Świdnicki, Dzierżoniowski, Wrocławski, Oławski, Średzki, Jaworski, and Ząbkowicki districts (Fig. 3.3b and 3.6). The majority of them are included in complex 2, whereas the contribution of complex 1 is negligible.

Figure 3.6 . Kompleksy przydatności rolniczej gleb województwa dolnośląskiego (źródło: IUNG Puławy (2004). Grunty orne: 1- pszenny bardzo dobry, 2 - pszenny dobry, 3 - pszenny wadliwy, 4 - żytni bardzo dobry, 5 - żytni dobry, 6 - żytni słaby, 7 - żytni bardzo słaby, 8 – zbożowo-pastewny mocny, 9 – zbożowo-pastewny słaby, 10 – pszenny górski, 11- zbożowy górski, 12 – owsiano-ziemniaczany górski, 13 – owsiano-pastewny górski, 14 – orne przeznaczone pod trwałe użytki zielone. Trwałe użytki zielone: 1z – bardzo dobre i dobre, 2z – średnie, 3z – słabe i bardzo słabe.
Complexes of agricultural soil suitability in the Lower Silesia (source: IUNG Puławy (2004). Croplands: 1 – very good wheat, 2 - good wheat, 3 - poor wheat, 4 - very good rye, 5 - good rye, 6 - poor rye, 7 - very poor rye, 8 - good cereal-fodder, 9 - poor cereal-fodder, 10 - mountain wheat, 11 - mountain cereal, 12 - mountain oat-potato, 13 - mountain oat-fodder, 14 – arable soil unsuitable for tillage. Pastures and meadows: 1z – very good and good, 2z – medium, 3z – poor and very poor.


głogowski
górowski
polkowicki
milicki
lubiński
bolesławicki
wołowski
trzebnicki
zgorzelecki
oleśnicki
Legnica
legnicki
lubański
średzki
złotoryjski
Wrocław
lwówecki
jaworski
wrocławski
oławski
Jelenia Góra
świdnicki
jeleniogórski
Wałbrzych
dzierżoniowski
strzeliński
kamiennogórski
wałbrzyski
ząbkowicki
kłodzki
Kompleksy przydatności rolniczej gleb
grunty orne:
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
trwałe użytki zielone:
1z
2z
3z
lasy
obszary nieklasyfikowane
granica powiatu

Za kryterium wydzielenia KPR gleb przyjęto charakter właściwości gleby, warunki agroklimatyczne, rzeźbę terenu, warunki wilgotnościowe i kulturę gleby. Na tej podstawie wyróżniono 14 kompleksów dla GO, dzieląc je na kompleksy od 1 do 9 dla terenów nizinnych i wyżynnych, od 10 do 13 dla terenów górskich i 14 dla terenów nizinnych, wyżynnych i górskich. Osobno na podstawie kryteriów bonitacyjnych wyodrębniono 3 kompleksy, 1z do 3z, dla TUZ. Nazwy KPR nadano w oparciu o rośliny wskaźnikowej tj. rośliny cechujące się wiernością plonów w określonych warunkach siedliskowych (Strzemski 1966). W pokrywie glebowej Dolnego Śląska szczególnie wyróżniają się duże obszary gleb kompleksów pszennych – 52% (Fig. 3.3b i 3.6) położonych w centralnej, nizinnej części regionu (Jezierski i Ochman 2010). Największy odsetek gleb kompleksów pszennych występuje w powiatach strzelińskim, świdnickim i dzierżoniowskim. W większości są to gleby 2 kompleksu, a udział gleb 1 kompleksu jest nieznaczny. Wyjątek stanowi rejon występowania czarnych ziem wrocławskich obejmujący powiat wrocławski i strzeliński, gdzie odsetek 1 kompleksu jest zdecydowanie wyższy. Najmniejsze powierzchnie gleb kompleksów pszennych zlokalizowane są w powiecie milickim, polkowickim, górowskim. Gleby kompleksów żytnich 4 do 7 występują przeważnie w północnej części województwa, a ich udział jest zdecydowanie niższy od kompleksów pszennych, i wynosi 32%. Wśród nich dominują kompleksy dobry i słaby, zlokalizowane głównie na obszarach powiatów: milickiego, górowskiego, oleśnickiego, lubińskiego, polkowickiego oraz wołowskiego.

The only exception is a black earth area in the Wrocławski and Strzeliński districts, where the share of complex 1 is definitely higher. The wheat-suitable complex contribution is the smallest in the Milicki, Polkowicki, and Górowski districts. The rye-suitable, sandy-textured soil complexes (4 - 7) cover ca. 32%, mostly in the northern part of the region. Among the rye-suitable complexes, good (5) and weak (6) complexes dominate across the region, mainly in the Milicki, Górowski, Oleśnicki, Lubiński, Polkowicki, and Wołowski districts. The contribution of wet AL belonging to the "cereal-fodder" complexes (8 and 9) is 3.6%. The largest area occurs in the Średzki, Legnicki, and Głogowski districts. The mountain soil complexes (10-13) dominate in the southern part of the region. Wheat-suitable mountain complex 10 prevails in the Lwówecki, Lubański, and Kłodzki districts, mountain soil complex 11 prevails especially in the Jeleniogórski and Kamiennogórski districts, where it accounts for 53% and 70% of AL, respectively (Fig. 3.3b and 3.6). Spatial variability of PG soil complexes in the region is very diverse. In general, their contribution is much larger in the mountainous regions than in the lowlands. However, in areas with a dense network of wide river valleys the PG occupy more than 30% of the total agricultural space, as is the case in the Milicki and Polkowicki districts (Stuczyński 2007; Jezierski and Ochman 2010). Among PG complexes, complex 2z prevails with a contribution of 75% of the total PG area, whereas the share of complex 3z is at the much lower level of 19%. The best complex, 1z, only has a marginal importance - ca 6% (Fig. 3.4b and 3.6).

Łączna powierzchnia GO zaliczanych do kompleksów pastewno-zbożowych 8 i 9 wynosi 3,6%. Największe ich areały występują na terenie powiatu średzkiego, legnickiego i głogowskiego. W południowych rejonach województwa występują gleby zaliczane do kompleksów górskich. Wśród nich w powiatach lwóweckim, lubańskim oraz kłodzkim, dominuje kompleks 10, pszenny górski, a w powiatach sudeckich przeważają gleby kompleksu 11, szczególnie w powiecie jeleniogórskim i kamiennogórskim, gdzie stanowią odpowiednio 53% i 70% w obrębie GO (Fig. 3.3b i 3.6).

Zmienność przestrzenna gleb zaliczanych do TUZ na terenie województwa jest bardzo zróżnicowana. Generalnie, znacznie większe ich powierzchnie występują na terenach górskich, niż w nizinnej części regionu. Jednakże na obszarach, gdzie silniej rozwinięta jest sieć szerokich równinnych dolin rzecznych TUZ zajmują powyżej 30% powierzchni użytków rolnych, czego przykładem są powiaty milicki i polkowicki (Stuczyński 2007; Jezierski, Ochman 2010). Gleby TUZ najczęściej zaliczane są do kompleksu 2z – 75% (w stosunku do ogólnej powierzchni TUZ województwa). Udział gleb kompleksu 3z jest znacznie niższy i wynosi 19%. Marginalne znaczenie mają gleb kompleksu 1z, których powierzchnia stanowi zaledwie 5,6% (Fig. 3.4b i 3.6).

Właściwości siedliskowe gleb Dolnego Śląska warunkują wysoka potencjalną produktywność. Decyduje o tym dwukrotnie większy udział kompleksów pszennych oraz pastewnych i prawie dwukrotnie niższy udział kompleksów żytnich oraz górskich w odniesieniu do warunków krajowych (Fig. 3.3a-3.3b, 3.4a-3.4b).

The soil conditions of Lower Silesia determine relatively its high potential productivity. The main features of this region are the proportion of wheat-suitable and “fodder” complexes which are twice that of the Polish average, and that of rye-suitable complexes which is half the Polish average (Fig. 3.3a-3b and 3.4a-4b).

A comprehensive assessment of agricultural space can be performed using the synthetic index, which is calculated as the sum of the partial indicators determined for terrain morphology, agro-climate, soil and water regime (Witek 1993). This indicator allows the description of the diversity of agricultural production potential resulting from environmental conditions in terms of regional spatial variability. The index shows the significant spatial variation of the agricultural conditions in Lower Silesia. Areas with beneficial and very beneficial conditions for agriculture, which have index values above 72 points occur in the central and east-central parts of the region. Among these, soil of the Wrocławski and Strzeliński districts stand out with index values over 90 points. Average conditions are exemplified by the Górowski, Oleśnicki, Polkowicki, and Lwówecki districts. In turn, the worst areas for agricultural production, with the index below 56 points, occur mostly in the Sudety Mountains. These include Wałbrzyski, Jeleniogórski, and Kamiennogórski districts. The mean average value of the synthetic index for Lower Silesia is 73.2 points (Fig. 7), which is 10% higher than the average for Poland (Stuczyński 2007).

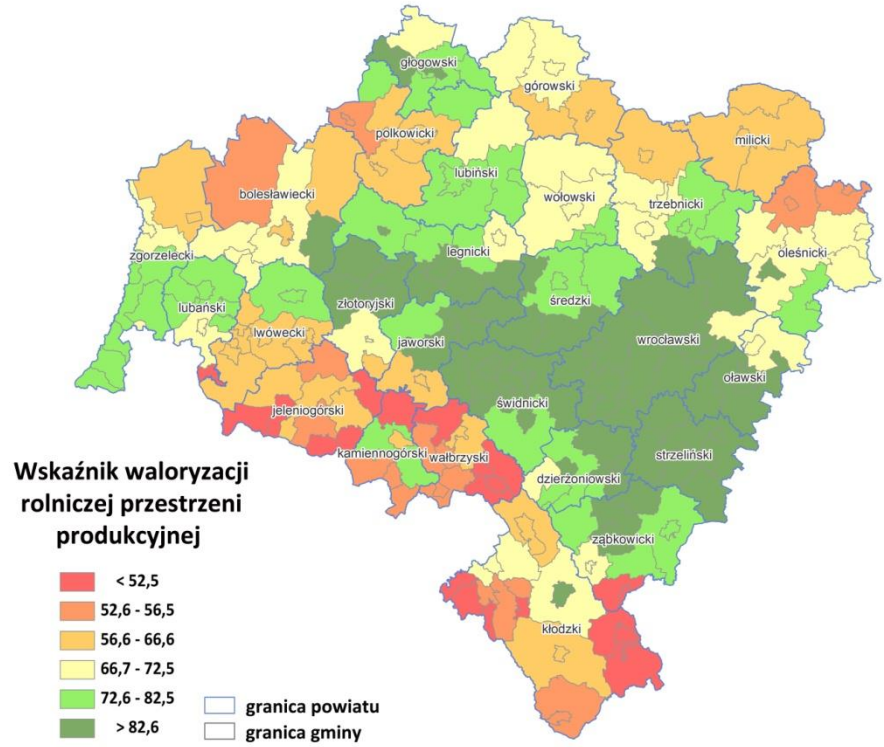


Figure 3.7. Wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej dla województwa dolnośląskiego (źródło: IUNG Puławy (1993, zaktualizowane przez Jadczyszyna 2014)) Comprehensive index of agricultural space in the Lower Silesia District (source: IUNG Puławy (1993, updated by Jadczyszyn 2014))

Kompleksową ocenę rolniczej przestrzeni produkcyjnej można przeprowadzić za pomocą syntetycznego wskaźnika waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP). Wskaźnik ten pozwala określić zróżnicowanie potencjału produkcji rolniczej wynikającego z przestrzennej zmienności warunków przyrodniczych. Jego wartość oblicza się na podstawie sumy wskaźników cząstkowych określanych dla warunków glebowych i wodnych, rzeźby terenu oraz agroklimatu (Witek 1993).

Taking into account the three different soil evaluation systems presented above, it should be stressed that the soils of Lower Silesia have generally better conditions for agricultural use as compared to other regions in Poland. However, they exhibit a large variation, which depends mostly on terrain morphology, soil typological variability, local climate, and water regime. Generally, it can be concluded that the areas with the highest potential for agricultural production are localized in the central-eastern part of Lower Silesia.

Tereny o korzystnych i bardzo korzystnych warunkach dla rolnictwa, posiadające WWRPP powyżej 72 pkt. występują w części środkowej i środkowo-wschodniej regionu. Wśród nich szczególnie wyróżniają się gleby powiatu wrocławskiego i strzelińskiego o WWRPP powyżej 90 pkt. Przeciętne warunki siedliskowe w skali województwa posiadają powiaty: górowski, oleśnicki, polkowicki i lwówecki. Z kolei, najsłabsze dla rolnictwa obszary, o WWRPP poniżej 56 pkt., obejmują przeważnie rejon Przedgórza Sudeckiego i Sudetów. Zaliczają się do nich gleby powiatu wałbrzyskiego, jeleniogórskiego i kamiennogórskiego. Średni ogólny WWRPP dla województwa dolnośląskiego wynosi 73,2 pkt. (Rys. 3.7) i jest 10% wyższy od średniego wskaźnika dla kraju (Stuczyński 2007).

Biorąc pod uwagę trzy różne, powyżej przedstawione, systemy waloryzacji należy podkreślić, iż gleby na terenie województwa dolnośląskiego posiadają korzystne warunki do ich rolniczego użytkowania. Na tle kraju Województwo Dolnośląskie odznacza się wyraźnie lepszymi warunkami glebowymi.

Less favorable areas are located in the northern part, and the least favorable in the southern, mountainous part.

Rozdział 4

Gleby i siedliska leśne południowo – zachodniej Polski

Chapter 4

Forest soils and habitats in south – western Poland

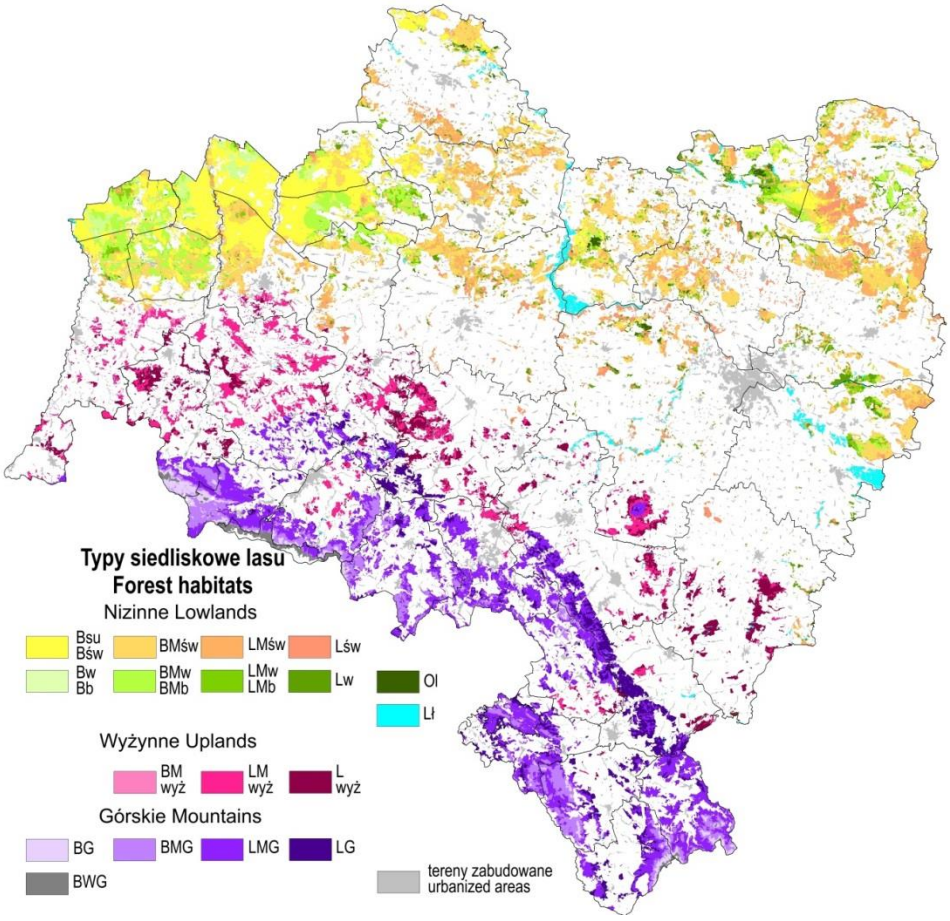
Lasy, jako klimaksowe zbiorowisko roślinne dla klimatu umiarkowanego, w przeszłości występowały na całym obszarze Polski. W następstwie historycznych procesów społeczno-gospodarczych, przede wszystkim na skutek ekspansji rolnictwa, duże tereny zostały odlesione, a pozostałe lasy uległy znacznym przeobrażeniom. Lesistość Polski, wynosząca jeszcze pod koniec XVIII wieku ok. 40% (w ówczesnych granicach) zmalała do 20,8% w 1945 r. Odwrócenie tego procesu nastąpiło po II wojnie światowej, kiedy lesistość Polski wzrosła do 27% w 1970 roku i do 29,4% w 2013 roku. Najwyższą lesistością (49,2%) charakteryzuje się województwo lubuskie, najniższą (21,3%) – województwo łódzkie (DRLP 2014).

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych we Wrocławiu, której granice w większości pokrywają się z granicami województwa dolnośląskiego, zarządza około 557 712 ha gruntów leśnych, co przekłada się na lesistość ok. 29%. Obserwuje się duże regionalne zróżnicowanie lesistości (Rys. 4.1). Waha się ona od 9% w nadleśnictwie Henryków do 86% w nadleśnictwie Ruszów.

Forests, as a climax plant community for temperate climate in the past occurred throughout the Poland. Following the historical socio-economic processes, primarily due to the expansion of agriculture, large areas have been deforested, and the remaining forests have undergone significant changes. Forest cover in Poland, amounting in the late eighteenth century approximately 40% (in its contemporary boundaries) has decreased to 20.8% until 1945. After World War 2 this process had been reversed and the Polish forest cover has increased to 27% in 1970 and to 29.4% in 2013. The highest forest cover (49.2%) is in the Lubuskie, the lowest (21.3%) - in the Łódź Province (DRLP 2014).

Regional Directorate of the State Forests in Wroclaw, which boundaries mostly coincide with the borders of the province of Lower Silesia, manages approximately 557 712 ha of forest land, which translates into a forest cover of approximately 29%. There is a large regional difference in forest cover (Fig. 4.1). It ranges from 9% in the Henryków Forest District to 86% in the Ruszów District.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015



Rysunek 4.1. Typy siedliskowe lasu w południowo-zachodniej Polsce
Figure 4.1. Forest habitats in south – west Poland

Wyższą lesistością charakteryzują się tereny nizinne (Tab. 4.1), gdzie występują największe zwarte obszary leśne - Bory Dolnośląskie. Wysoka lesistość występuje też na obszarach górskich Sudetów, natomiast na wyżynnym obszarze Przedgórza Sudeckiego lasy występują w znacznie mniejszych i rozdrobnionych kompleksach wskutek intensywnego rolniczego zagospodarowania żyznych gleb.

Lowlands are characterized by higher forest cover (Tab. 4.1), where there are the most dense forest areas - Bory Dolnośląskie. There is also a high forest cover in mountainous areas in the Sudety Mountains, while upland forests of the Sudety Foreland area are much smaller and fragmented due to intensive agricultural use of fertile soils.

Tabela 4.1. Struktura typów siedliskowych lasu w południowo-zachodniej Polsce
Table 4.1. Summary percentage of forest habitats in south – west Poland.

Lokalizacja Location	Grupy troficzne siedlisk [%] Trophic group of habitats [%]					Suma Sum [%]
	B	BM	LM	L	Ł	
nizinne - lowlands	13.7	22.1	10.7	7.0	2.2	55.7
wyżynne - uplands	-	0.3	7.2	6.3	0.3	14.1
górskie - mountains	2.2	6.0	16.0	5.9	0.1	30.2
Suma - Sum	15.9	28.4	33.9	19.2	2.6	100.0

Objaśnienia – Explanation: B – bory, habitats of conifer forests; BM – bory mieszane, habitats of conifer mixed forests; LM – lasy mieszane, habitats of broadleaf mixed forests; L – lasy, habitats of broadleaf forests; Ł – lasy łęgowe, riparian forests;
s – suchy, dry; św- świeży, fresh; w – wilgotny, wet; b – bagienny, swampy.

Tabela 4.2. Typy siedliskowe lasu terenów nizinnych [%]
Table 4.2. Forest habitats in lowlands [%]

Wilgotność siedliska Humidity	Grupy troficzne siedlisk Trophic groups of habitats				
	B	BM	LM	L	Ł
s	0.1	-	-	-	-
św	12.2	16.4	10.1	3.7	-
w	1.4	5.2	0.5	2.7	1.9
b	0.0	0.5	0.1	0.6	0.3

Tabela 4.3. Typy siedliskowe lasu terenów wyżynnych [%]
Table 4.3. Forest habitats in uplands [%]

Wilgotność siedliska Humidity	Grupy troficzne siedlisk Trophic groups of habitats				
	B	BM	LM	L	Ł
św	-	0.3	6.8	5.5	-
w	-	0.0	0.4	0.8	0.2
b	-	-	-	-	0.1

Tabela 4.4. Typy siedliskowe lasu terenów górskich [%]
Table 4.4. Forest habitats in mountains [%]

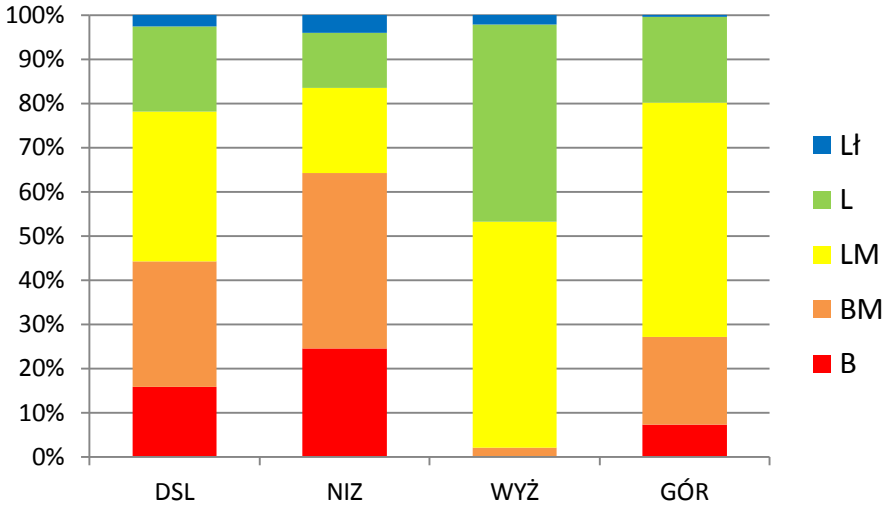
Wilgotność siedliska Humidity	Grupy troficzne siedlisk Trophic groups of habitats				
	B	BM	LM	L	Ł
strefa wysokogórska upper mountain zone	0.7	-	-	-	-
św	1.3	5.5	15.6	5.4	-
w	0.1	0.4	0.4	0.5	0.1
b	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

Według regionalizacji przyrodniczo - leśnej Polski (Trampler i in. 1990) obszar RDLP we Wrocławiu leży w trzech krainach: Wielkopolsko - Pomorskiej (III), Śląskiej (V) i Sudeckiej (VII). Zróżnicowanie geograficzne, klimatyczne i glebowe powoduje, iż występują tu wszystkie typy siedliskowe lasu charakterystyczne dla terenów nizinnych, podgórskich i górskich (Matuszkiewicz i in. 2012, Sikorska 1996a, 1996b). Analizując grupy troficzne, udział siedlisk borowych jest wyraźnie większy na terenach nizinnych niż w górach, a szczególnie na obszarach wyżynnych, gdzie bory niemal nie występują (Rys. 4.1). W całym regionie południowozachodniej Polski siedliska borowe stanowią 44,3%, a siedliska lasowe 55,7% powierzchni lasów (Tab. 4.1, Rys. 4.2). Biorąc pod uwagę grupy wilgotnościowe we wszystkich strefach wysokościowych dominują siedliska świeże.

Lesistość na terenach nizinnych bardzo wyraźnie zależy od jakości gleb, gdyż lasy dominują na piaszczystych glebach bielicowych i rdzawych (Kabała i in. 2015). Zdecydowanie dominują tu siedliska świeże (Tab. 4.2), z wyraźną przewagą borów mieszanych (Bańkowski 2005). Na obszarze tym siedliska wilgotne zajmują około 12%, natomiast siedliska bagienne - 1,5% (Rys. 4.2). Ze względu na rozległe powierzchnie gleb aluwialnych w dolinach Odry, Bystrzycy i Baryczy, w strefie niżowej wyraźnie zaznaczają się siedliska lasów łęgowych, które zajmują 2,2% powierzchni lasów (Rys. 4.1).

According to the Polish environmental regionalization (Trampler et al. 1990) forests of the RDLP Wroclaw are located in an area of three provinces: Wielkopolska - Pomeranian (III), Silesian (V) and the Sudeten (VII). The diversity of geographical, climatic and soil causes that occur here all forest types characteristic of the lowlands, foothills and mountain (Matuszkiewicz et al. 2012 Sokorska 1996a, 1996b). Analyzing the trophic groups, the proportion of coniferous forest habitats are clearly greater in the lowlands than in the mountains, and especially in upland areas where there are almost no coniferous forests at all (Fig. 4.1). Across the region, the southwestern Poland, coniferous habitats represent 44.3% and 55.7% of the forest area (Tab. 4.1, Fig. 4.2a). Given a group of moisture fresh habitats dominated in all altitude zones.

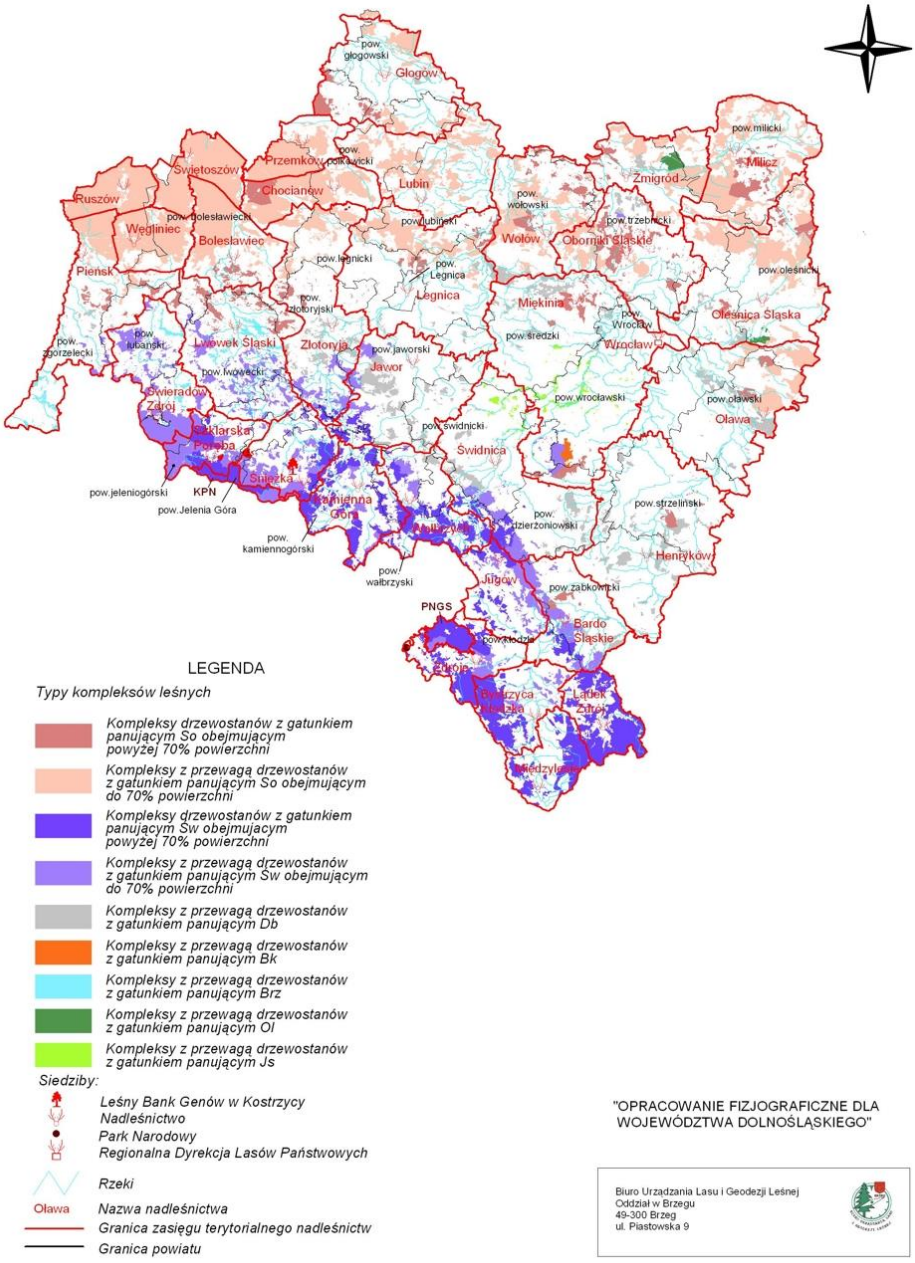
Forest cover in the lowlands very clearly depends on the quality of soil, as forests dominate on the sandy podzolic and rusty soils (Kabała et al. 2015). In this region definitely fresh forests dominate (Tab. 4.2), with a clear predominance of mixed coniferous forests (Bankowski 2005). Moist forest sites occupy about 12%, and bog forest sites - 1.5% (Fig. 4.2b). Due to the extensive areas of alluvial soils in the valleys of the Odra, Bystrzyca and Barycz Rivers, riparian forests clearly occur, which occupy 2.2% of the forest area (Fig. 4.1).



Rysunek 4.2. Procentowy udział typów siedliskowych lasu w południowo-zachodniej Polski
Figure 4.2a. Percentage of forest habitats in south – west Poland
DSL – cały obszar Dolnego Śląska, entitre area of the Lower Silesia; NIZ – obszary nizinne, lowlands; WYŻ – obszary wyżynne, uplands; GÓR – obszary górskie, mountains.
B – bory, habitats of conifer forests; BM – bory mieszane, habitats of conifer mixed forests; LM – lasy mieszane, habitats of broadleaf mixed forests; L – lasy, habitats of broadleaf forests; Łł – lasy łęgowe, riparian forests.

Strefa wyżynna cechuje się niską lesistością, a większe połacie lasów występują na wzniesieniach (Wzgórza Trzebnickie, Masyw Ślęży, Góry Kaczawskie). Siedliska borowe (wyłącznie borów mieszanych) zajmują tu tylko marginalne powierzchnie, natomiast dominują siedliska lasowe (Rys. 4.2). W skali regionu siedliska lasów mieszanych wyżynnych i lasów wyżynnych zajmują odpowiednio 7,2% i 6,3% (Tab. 4.3). Jest to związane z dominacją żyznych gleb lessowych, co jest specyfiką Przedgórza Sudeckiego (Kabała i Marzec 2011). Pod względem wilgotności zdecydowana większość siedlisk wyżynnych mieści się w kategorii świeżych (Tab. 4.3).

The upland zone is characterized by low forest cover, and larger areas of forest occur on slopes (Trzebnickie Hills, Ślęża Massif, Kaczawskie Mountains). Coniferous habitats (only mixed coniferous forests) deal here only marginal areas, and are dominated by decidous sites (Fig. 4.2c). In the region an upland mixed broadleaved forest and upland broadleaved forests occupy 7.2% and 6.3% (Tab. 4.3). It is associated with the dominance of fertile loess soils, what is the specificity of the Sudeten Foreland (Kabal and Marzec 2011). In the terms of humidity fresh forests are in predominance over other habitats in the upland (Tab. 4.3).



Rysunek 4.3. Dominujące gatunki lasotwórcze w południowo-zachodniej Polsce (źródło: BULiGL Oddział w Brzegu)

Figure 4.3. Dominant tree species in the forests of south – west Poland

So – sosna, pine, Św – świerk, spruce, Db – dąb, oak, Bk – buk, beech, Brz – brzoza, birch, Ol – olsza, alder, Js – jesion, ash

Na terenach górskich lesistość wzrasta, szczególnie na najwyższych wysokościach, natomiast udział lasów znacząco zmniejsza się w kotlinach górskich (Kotlina Kłodzka, Jeleniogórska, Kamiennogórska), ustępując miejsca gruntom rolnym (Rys. 4.1). Wbrew oczekiwaniom związanym z górskim charakterem i warunkami klimatycznymi, siedliska borowe zajmują lokalnie tylko ok. 25% powierzchni (Rys. 4.2d), co stanowi 8,2% powierzchni lasów regionu (Tab. 4.4). Przeważają siedliska lasowe, głównie lasów mieszanych górskich (Rys. 4.2d). Siedliska borowe zajmują przede wszystkim wyższe partie górskie (regiel górny), gdzie jest to uwarunkowane klimatycznie (Karkonosze, Góry Izerskie, Masyw Śnieżnika). Natomiast niższe partie górskich stoków, głównie w północnej części Sudetów, gdzie w glebach występują domieszki pyłu lessowego, zdominowane są przez żyzne siedliska lasowe. Są to w przede wszystkim siedliska świeże (Tab. 4.4).

W południowo-zachodniej Polsce mimo dominacji siedlisk lasowych, w drzewostanach przeważają gatunki iglaste (Rys. 4.3), które w skali regionu budują ponad 70% drzewostanów. Na terenach nizinnych i wyżynnych najczęstszym gatunkiem lasotwórczym jest sosna, co wynika z zasad gospodarki leśnej w przeszłości (DGLP 2014). W zachodniej części Niziny Śląskiej występują też większe skupiska drzewostanów brzozowych, w części środkowej - dębowych, bukowych i olszowych (w dolinach rzecznych), a w części wschodniej – drzewostanów świerkowych i olszowych (Bańkowski 2005).

Forest cover is increasing in the mountain areas, especially at the highest elevations, while the share of forest significantly reduces in the mountain valleys (Kłodzko Valley, Jeleniogórska Valley, Kamiennogórska Valley), giving way to agricultural areas (Fig. 4.1). Contrary to the expectations associated with the mountain nature and climatic conditions, coniferous habitats deal locally only approx. 25% of the area (Fig. 4.2d), what represents 8.2% of the total forest area of the region (Tab. 4.4). Broadleave forest habitats dominate, mainly mountain mixed broadleaved forest (Fig. 4.2d).

Coniferous habitats primarily occupy the higher parts of the mountain, where it is subject to climatic conditions (Karkonosze Mountains, Izery Mountains, Śnieżnik Massif). In contrast, the lower parts of the mountain slopes, mainly in the northern part of the Sudety Mts., where impurities of loess dust are present in soils, are dominated by fertile decidous habitats. These are primarily fresh habitats (Tab. 4.4).

In the southwestern Poland, despite the dominance of decidous forests, in stands dominate coniferous species (Fig. 4.3), which in the region build more than 70% of the stands. In the lowland and upland pine is the most common species, which results from the principles of forest management in the past (DGLP 2014). In the western part of the Silesian Lowland there are also larger clusters of birch stands, in the middle part - oak, beech and alder (in the river valleys), and in the eastern part - spruce and alder (Bańkowski 2005).

Na obszarach wyżynnych sośnie towarzyszą gatunki liściaste, tj. dąb, klon, brzoza i olsza. Na obszarach górskich zdecydowanie przeważa świerk, który buduje ponad 80% drzewostanów, szczególnie w zachodniej części Sudetów. W Sudetach Wschodnich wyższy jest udział drzewostanów bukowych. Na niewielkich powierzchniach w najniższych partiach górskich występują też drzewostany grabowe i jaworowe.

Z porównania typów siedlisk oraz składu gatunkowego lasów wynika znaczne niedopasowanie składu gatunkowego na wielu siedliskach. Duży stopień przekształceń i brak zgodności dotyczy wszystkich stref wysokościowych. Stosunkowo najlepiej dopasowany skład gatunków drzewostanów do warunków glebowych obserwuje się na siedliskach wilgotnych i łęgowych.

In the upland areas pine is accompanied by deciduous species, ie. oak, maple, birch and alder. Mountain areas are dominated by spruce, which builds more than 80% of the stands, especially in the western part of the Sudety Mts. In the East Sudety higher proportion of beech is observed. Small areas of hornbeam and maple stands occur in the lowest parts of the mountain.

Comparying the habitat types and species composition of forests a significant mismatch in many habitats is observed. A high degree of transformation and non-compliance is present in all elevation zones. Relatively best suited species stands to the soil conditions is being observed in the moist and riparian habitats.

Rozdział 5

Potencjalna i aktualna erozja wodna na Dolnym Śląsku w badaniach modelowych i eksperymentalnych

Chapter 5

Potential and actual water erosion in Lower Silesia in modeling and experimental studies

Erozja powierzchni ziemi jest to zespół procesów degradacyjnych obejmujących przeobrażenia: rzeźby terenu, pokrywy glebowej i stosunków wodnych. Jeśli procesy te zachodzą w warunkach naturalnych, wyłącznie pod wpływem sił przyrody, wówczas określa się ją jako geologiczną. Natomiast w środowisku podlegającym działalności człowieka dominuje erozja przyśpieszona (antropogeniczna). W związku ze znacznym rozszerzeniem działalności człowieka, na świecie obecnie dominuje erozja przyśpieszona, inicjowana i potęgowana różnymi formami antropopresji. Określenie „erozja" pochodzi od łacińskiego słowa „erosio" oznaczającego wgryzanie, żłobienie.

W warunkach polskich największy udział w degradacji gleb mają procesy erozji wodnej. Najsilniej zagrożone erozją wodną są górskie i wyżynne tereny zlokalizowane na południu kraju.

Najbardziej rozpowszechnioną formą jest erozja powierzchniowa. Tym terminem określa się równomierne, powolne i ciągłe zmywanie drobnych cząstek z powierzchni gleby zachodzące pod wpływem padających kropel deszczu i spływającej wody, także z topniejącego śniegu.

The erosion of the earth's surface is a set of degradative processes involving terrain, soil cover and the transformation of water relations. If these processes occur in natural conditions only, under the influence of nature forces, then it is referred to as geological. However, in an environment that is under the influence of anthropogenic activity, accelerated erosion dominates. Due to the significant expansion of human activities in the world, accelerated erosion is dominant today, initiated and vindicated by various forms of human impact. The term "erosion" is derived from the Latin word "erosio" meaning biting, gouging.

Under Polish conditions, the largest proportion of the processes of soil degradation is accounted for by water erosion. Most threatened by water erosion are mountainous and upland areas located in the south part of the country. The most common form of water erosion is surface runoff. This term is used to describe the slow and continuous washing of fine particles from the soil surface under the influence of falling raindrops and flowing water, also from the melting snow. The volume of runoff increases with rainfall, slope length and steepness.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Wielkość spływu wzrasta w miarę wzrostu natężenia opadu i wzrostu nachylenia stoku. W następstwie niekorzystnych zmian wywołanych erozją powierzchniową rozwija się erozja liniowa, przejawiająca się powstawaniem żłobin lub wąwozów.

W wyniku jej działania dochodzi do przyśpieszonych zmian właściwości gleb, a szczególnie ich powierzchniowych poziomów genetycznych. Zmywana jest najżyźniejsza warstwa gleby zawierająca związki próchniczne, charakteryzująca się najwyższą zasobnością w składniki pokarmowe, wysoką zdolnością sorpcyjną i korzystnymi właściwościami powietrzno-wodnymi (Turski i in. 1987; Licznar i in. 1998). Dochodzi do skrócenia lub nadbudowania naturalnych profili glebowych, zmian w ich składzie granulometrycznym, zubożenia w związki próchniczne i składniki pokarmowe roślin (Gliński i Turski 1976; Paluszek 2004; Marcinek i Komisarek 2001). Grunty orne tracą drobne frakcje poprzez selektywną erozję i jednocześnie stają się płytsze ze względu na przyśpieszenie zmywu powierzchniowego (Kaszubkiewicz i in. 2007).

Na zerodowanych terenach maleje zdolność retencyjna gleb, w wyniku czego większa część wody opadowej spływa po powierzchni, gromadząc się w zagłębieniach terenowych i ciekach wodnych.

Naturalne erozja powierzchniowa (geologiczna) ulega gwałtownemu przyśpieszeniu na skutek działalności człowieka i powoduje ubytek wierzchniej warstwy gleby w tempie nawet 100 krotnie większym od wietrzenia skał granitowych w warunkach wilgotnego klimatu tropikalnego (Jones i in. 2004).

As a result of soil erosion, changes in soil properties particularly in their surface horizon accelerate. The most fertile layer of soil containing humus compounds, characterized by the highest abundance of nutrients, a high sorption capacity and favorable air and water properties is washed away (Turski et al. 1987; Licznar et al. 1998). This leads to a reduction or increase in natural soil profile thickness, changes in the granulometric composition and decrease in the humus compounds and plant nutrient content (Glinski, Turski 1976; Finger 2004; Marcinek, Komisarek 2001). Arable lands lose fine fractions by selective erosion ("soil skeletonization"), and at the same time become shallower due to the acceleration of surface runoff (Kaszubkiewicz et al. 2007). On eroded areas, soil retention capacity decreases. As a result, a greater part of the rainwater flows down the slope and accumulates in landfills and waterways. Naturally, surface erosion is abruptly accelerated by human activity and causes a loss of top soil layer at a rate up to 100 times greater than the weathering of granitic rocks in humid tropical climate conditions (Jones et al. 2004).

Water erosion on a global, European and Polish scale is one of the most important factors causing soil environmental degradation and surface water contamination. It causes terrain hydrological relationships and conditions of hydraulic equipment exploitation, the destruction of dams, culverts, retaining walls, sealing the bottom of water reservoirs, changes in river flows and increase of the rivers bottom.

Erozja wodna w skali świata, Europy i Polski jest jednym z najważniejszych czynników powodujących degradację środowiska glebowego, a także zanieczyszczenie wód powierzchniowych. Powoduje pogorszenie stosunków hydrologicznych terenu oraz warunków eksploatacji urządzeń hydrotechnicznych, niszczenie zapór, przepustów, murów oporowych, kolmatację dna zbiorników wodnych, zmiany przepływów w rzekach i agradację dna rzek, a w rezultacie zwiększenie częstotliwości powodzi.

Koszty bezpośrednio związane z działaniem erozji wodnej (on-site costs) to wg. Pimendel i in. (1995): utrata materiału siewnego, nawozów i pestycydów, zwiększone zapotrzebowanie na wodę do nawodnień oraz konieczność ponawiania niektórych zabiegów agrotechnicznych.

Poza bezpośrednimi kosztami występującymi na polach erodowanych, erozja wodna powoduje koszty (off-site costs) związane z: depozycją sedymentów na drogach i w rowach przydrożnych, zamuleniem portów i kanałów, utratą pojemności zbiorników retencyjnych, oczyszczaniem wód oraz degradacją jakości cieków, jezior i wód przybrzeżnych poprzez zasilanie ich związkami azotu, fosforu i pestycydami.

W skali świata 56% powierzchni lądów jest zagrożonych erozją wodną antropogeniczną przy czym najbardziej rozpowszechniona forma degradacji jaką jest utrata wierzchniej warstwy gleby dotyczy 47% powierzchni, a deformacje rzeźby terenu w formie żłobin i wąwozów dotyczą 9% powierzchni. Około 20% powierzchni lądów jest zerodowanych w stopniu uniemożliwiającym rolnicze wykorzystanie (Oldeman 1994).

Costs directly related to the operation of water erosion (on-site costs) include, according to Pimendel et al. (1995): the loss of seed material, fertilizers and pesticides, increased demand for irrigation water and the need to retry some agricultural treatments.

In addition to direct costs occurring in eroded fields, water erosion also causes costs (off-site costs) related to: deposition of sediment on roads and roadside ditches, silting of ports and channels, reservoir capacity loss, water purification and degradation of the quality of rivers, lakes and coastal waters through supplying them with nitrogen, phosphorus and pesticide compounds.

Globally, 56% of the land is threatened by anthropogenic water erosion. The most common form of degradation is the loss of the top soil layer which applies to 47% of the area, and terrain deformation in the form of rills and gullies relates to 9% of the area. About 20% of the land is s eroded that it cannot be used for agricultural purposes (Oldeman 1994). On a European scale, anthropogenic erosion covers about 52% of the area.

In Poland, according to Józefaciuk and Józefaciuk (1999) and Nowocień (2008) 28.5% of total country area is threatened by water erosion, including 20.4% of arable land and 8.1% of forest land. The biggest threat from water erosion in Poland is observed in Małopolska and Podkarpackie. Lower Silesia, due to the large spatial variability of the terrain and other factors affecting the size of erosion, is characterized by a varied water erosion threat (Stuczyński et al. 2007).

W skali europejskiej erozja antropogeniczna obejmuje około 52% powierzchni.

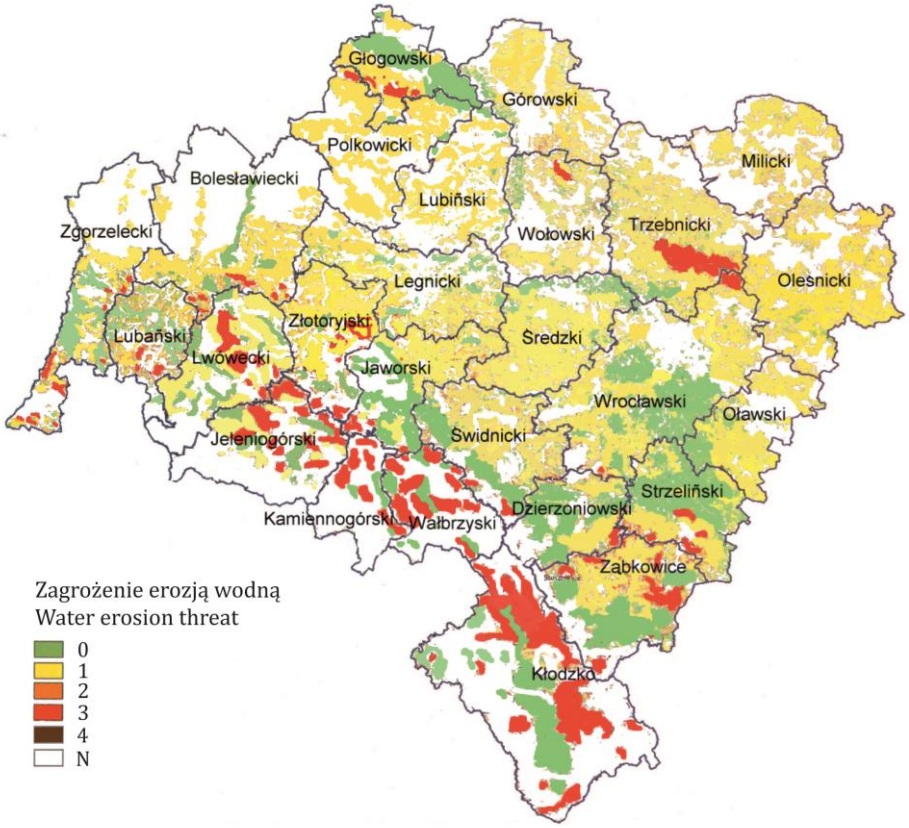
W Polsce według Józefaciuk i Józefaciuk (1999) oraz Nowocienia (2008) erozją wodną zagrożone jest 28,5% ogólnej powierzchni kraju, w tym użytki rolne 20,4%, a użytki leśne 8,1% powierzchni. Największe zagrożenie erozją wodną w Polsce obserwuje się w województwach małopolskim i podkarpackim. Województwo dolnośląskie ze względu na dużą przestrzenną zmienność rzeźby terenu i innych czynników wpływających na wielkość erozji, charakteryzuje się zróżnicowanym zagrożeniem erozją wodną (Stuczyński i in. 2007). Obszary występowania erozji wodnej powierzchniowej według Oświęcimskiego i Kowalińskiego (1964) zlokalizowane są w rejonach: Sudetów, Przedgórza Sudeckiego, Wzgórz Trzebnickich i Wzgórz Dalkowskich. Według klasyfikacji Józefaciuk i Józefaciuk (1995) zagrożenie erozją wodną obejmuje 28,4% powierzchni województwa dolnośląskiego, w tym grunty orne 17,9% i lasy 10,5%.

Nasilenie procesów erozji wodnej powierzchniowej uwarunkowane jest układem i koincydencją czynników przyrodniczych oraz gospodarczych takich jak sposób użytkowania gruntów i organizacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Spośród czynników przyrodniczych największe znaczenie mają opady, podatność erozyjna gleby oraz nachylenie i długość stoku, które decydują o wielkości erozji potencjalnej, a wraz z użytkowaniem i zastosowanymi zabiegami przeciwerozyjnymi, także o wielkości erozji rzeczywistej.

Areas where surface water erosion occurs, according to Oświęcimski and Kowaliński (1964), are located in the following regions: the Sudety, Sudety Foreland, Trzebnickie Hills and Dalkowskie Hills. According to the Józefaciuk and Józefaciuk classification (1995) risk of water erosion in Lower Silesia is 28.4%, including 17.9% of arable land and 10.5% of forests.

The intensity of surface water erosion processes is conditioned by the arrangement and coincidence of natural and economic factors, such as the manner of land use and the organization of the agricultural production space. The most important environmental factors are rainfall, soil erosion susceptibility, slope length and steepness, which determine the size of potential erosion, and with the use and anti-erosion treatments applied, including the size of the actual erosion.

Potential erosion is, on a spatial scale, defined according to modeling methods supported by GIS methods. The first model widely used for this purpose is the USLE equation (Universal Soil Loss Equation) developed in the 70s (Wischmeier Smith 1978). Later Renard et al. (1997) proposed a new model, RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), based on an extensive database describing: the nature of rainfall, the impact of crops and leaves in the soil biomass and other factors. Another equation was also proposed taking into account the possibility of sediment deposition in some areas (USPED model: Unite Stream Power-based Erosion / Deposition) (Mitasova et al. 1998).



Rysunke 5.1. Mapa potencjalnej erozji wodnej na glebach użytków rolnych województwa dolnośląskiego
Stopień zagrożenia erozją: 0 – nie występuje lub bardzo małe, 1 – małe, 2 – umiarkowane, 3 – średnie, 4 – silne, N – obszary nieklasyfikowane.
Figure 5.1. Potential water erosion on arable soils in the Lower Silesia
Degree of erosion threat: 0 – non or very little, 1 – little, 2 – moderate, 3 – medium high, 4 – high, N – non classified areas (e.g. forests).

Aktualnie erozja potencjalna jest, w skali przestrzennej, określana w oparciu o metody modelowania wsparte przez metody GIS. Pierwszym, szeroko stosowanym do tego celu modelem, było opracowane w latach 70-tych (Wischmeier, Smith 1978) równanie USLE (Universal Soil Loss Equation). W toku dalszych prac (Renard i in. 1997) zaproponowano model RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) oparty o rozbudowane bazy danych opisujące: charakter opadów, wpływ upraw i biomasy pozostawianej w glebie oraz inne czynniki. Zaproponowano również równania uwzględniające możliwość depozycji osadów w niektórych obszarach (model USPED: Unite Stream Power-based Erosion/Deposition) (Mitasova i in. 1998).

Wykorzystywana we wspomnianych modelach erozyjność pojedynczego deszczu zależy od całkowitej wielkości opadu, jego intensywności i energii kinetycznej. Największą erozję wywołują intensywne deszcze o dużych kroplach (energia kropli jest proporcjonalna do czwartej potęgi jej średnicy) padających w okresach gdy w uwilgotnioną glebę woda już nie wsiąka Wischmeier i Smith (1978).

W literaturze można znaleźć wiele uproszczonych równań empirycznych umożliwiających obliczanie erozyjności deszczu w oparciu jedynie o wielkość opadu rocznego dla różnych regionów geograficznych (Bols 1978, Mikhailova i in. 1997, Renard i Fremund 1994, Yu i Rosewell 1996, Torri i in. 2006). W Polsce tego typu proste równanie zaproponował Koreleski (1992). Równanie w postaci funkcji wykładniczej w oparciu o zmodyfikowany indeks Fourniera (Arnoldus 1977) zaproponował Licznar (2004).

The erosivity of a single rain used in these models depends on the total volume of rainfall, its intensity and kinetic energy. The biggest erosion is caused by heavy rains with large drops (drop energy is proportional to the fourth power of its diameter) falling in the periods when the water no longer percolates in wetted soil (Wischmeier and Smith 1978).

Many simplified empirical equations allowing the calculation of the rain erosivity based solely on the size of the annual precipitation for different geographical regions can be found in the literature (Bols in 1978, Mikhailov et al. In 1997, Renard and Fremund in 1994, Yu and Rosewell in 1996, Torri et al. 2006).

An equation as an exponential function based on the modified Fournier index (Arnoldus 1977) was proposed by Licznar (2004).

The rainfall erosivity factor in central and eastern regions of Poland was estimated by Banasik at al. (2001) and ranged between 42.6 and 96.8 MJ cm ha^{-1} h^{-1}. With the use of data collected from 67 meteorological stations, Licznar and Szymanowski (2005) worked out a map of average annual R factor values for Poland. For most of Poland, rainfall and runoff erosivity ranged between 40–60 MJ cm ha^{-1} h^{-1}. According to the mentioned map, on the Silesia Lowland the R value did not exceed the range 40–50 MJ cm ha^{-1} h^{-1}, rising to 50-60 MJ cm ha^{-1} h^{-1} for the Sudety Foreland, to 70-90 MJ cm ha^{-1} h^{-1} for the Sudety Mts and attain 100 MJ cm ha^{-1} h^{-1} for the Karkonosze Mts and Śnieżnik Massif.

Erozyjność opadów na obszarze centralnej i wschodniej Polski Banasik i in. (2001) określili w granicach od 42,6 do 96,8 MJ cm ha^{-1} h^{-1}. W oparciu o dane z 67 stacji pomiarowych w Polsce Licznar i Szymanowski (2005) opracowali mapę średnich rocznych wartości czynnika *R* dla Polski. Na większości obszaru Polski erozyjność deszczu i spływu mieści się w granicach od 40 do 60 MJ cm ha^{-1} h^{-1}. Według wspomnianej mapy, na terenie Niziny Śląskiej wartości wskaźnika *R* mieszczą się w granicach 40 - 50 MJ cm ha^{-1} h^{-1}, rosną do 50 – 60 MJ cm ha^{-1} h^{-1} na Przedgórzu Sudeckim, do 70 – 90 MJ cm ha^{-1} h^{-1} w Sudetach i osiągają wartości na poziomie 100 MJ cm ha^{-1} h^{-1} w Karkonoszach i Masywie Śnieżnika. Wielkość erozyjności deszczu dla Niziny Śląskiej, w oparciu o wyniki ze stacji Wrocław–Swojec z lat 1996 – 2000, Licznar i Rojek (2002) określają jako 63,7 MJ cm ha^{-1} h^{-1}.

Dla porównania Diodato (2004) podaje wartości erozyjności deszczy dla 5 stacji meteorologicznych, położonych w różnych regionach Włoch w granicach od 47 do 321 MJ cm ha^{-1} h^{-1}, podczas gdy dla terenu Szwajcarii dla 71 stacji Meusburger (2012) określa średnią wartość na 133 MJ cm ha^{-1} h^{-1}, przy zakresie od 12,4 do 561 MJ cm ha^{-1} h^{-1}.

Podatność erozyjna gleby (czynnik K) związana jest z jej składem granulometrycznym, ale także z zawartością próchnicy, przepuszczalnością wodną i strukturą agregatową.

Values for rainfall erosivity for the Silesia Lowland based on Wrocław – Swojec meteological station data, collected between the years 1996 – 2000 by Licznar and Rojek (2002) equalled 63.7 MJ cm ha^{-1} h^{-1}. For comparison, Diodato published rainfall erosivity for 5 meteorological stations located in different regions of Italy. Those values ranged between 67 and 321 MJ cm ha^{-1} h^{-1}, whereas for Switzerland data collected by Mausburger (2002) based on 71 meteorological stations indicated average values as 133 MJ cm ha^{-1} h^{-1} with ranges between 12.4 and 561 MJ cm ha^{-1} h^{-1}.

Soil erodibility factor (K factor) is related to the soil granulometric composiotion but also with organic matter content, water permeability and soil aggregate structure. An equation for K factor approximation taking into account those parameters was proposed by Wischmeier and Smith (1978), Wiliams (1995) and Renard at all (1997). On the basis of these equations, Drzewiecki and Mularz (2005) described K factor values for different granulometric fractions of Polish soils. These values ranged between 0.0123 for coarse sand and 0.0421 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1} for loess soils.

K factor values for particular granulometric groups of Polish soils collected by Drzewiecki at al. (2013) ranged between 0.013 and 0.448 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Different values for soil erodibility factors were presented by Rejman and Usowicz (1999). Also, for the area of Drohiczyn near the Bug river Hołub (2007) obtained values ranging between 0.3 for gravel soils and 0.9 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1} for silty soils.

Równania do aproksymacji czynnika erozyjności gleby uwzględniające powyższe parametry zaproponowali Wischmeier i Smith (1978), Wiliams (1995) oraz Renard i in. (1997), w oparciu o które Drzewiecki i Mularz (2005) określili wartości współczynnika *K* dla poszczególnych grup granulometrycznych gleb Polski, w granicach od 0,0123 dla piasków luźnych do 0,0421 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1} dla utworów lessowych.

Wartości czynnika *K* dla poszczególnych grup granulometrycznych gleb Polski zestawione przez Drzewieckiego i in. (2013) mieściły się w granicach od 0,013 do 0,448 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Odmienne wartości podatności erozyjnej gleb uzyskali Rejman i Usowicz (1999) oraz Hołub (2007), która w rejonie Drohicznyna nad Bugiem wykazała wartości w granicach od 0,3 dla utworów żwirowych do 0,9 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1} dla utworów pyłowych.

Obszar Dolnego Śląska można pod względem budowy geologicznej wierzchniej warstwy litosfery podzielić na część górską – Sudety, oraz na część nizinną– pokrytą osadami czwartorzędowymi, którymi są różne odmiany skał luźnych z dużym udziałem glin zwałowych w południowej części regionu oraz piasków wodnolodowcowych w części północnej. Na Wzgórzach Trzebnickich, Nizinie Śląskiej oraz na Przedgórzu Sudeckim występują rozległe pokrywy pyłowe związane z okresem zlodowacenia północnopolskiego (Kabała i Marzec 2010, Kaszubkiewicz i in. 2011).

The Lower Silesia region may be divided, according to geological criteria, into a mountain part – Sudety and Lowlands – covered with Quarternary sediments. These sediments consist of different kinds of clastic rocks with a dominance of boulder clay located in the South and fluvioglacial sand in the North. The Trzebnickie Hills, Silesia Lowland and Sudety Foreland are covered by silt as an effect of the Vistula glaciation (Kabała at all 2005, Kaszubkiewicz at al. 2011). The area of silty covers with a silt horizon thickness of over 50 cm and with a susceptibility to water erosion processes at Lower Silesia are estimated at 390,000 ha – this is about 20% of all arable soils in the region (Kabała and Marzec 2010). Fluvioglacial and alluvial sand covers are predominately in the north part of the region and have a low rate of erosion susceptibility with K factor ranging about 0.01 – 0.20 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Higher K factor values (between 0.1 and 0.25) were noted for boulder clay and alluvial accumulation areas.

A similar situation is expected in the case of weathered loamy Sudetes soils. The highest susceptibility to erosion (0.25 – 0.44) relates to loess and silt covers located in the Sudetes foreland, Trzebnica and Dalkowskie Highlands and locally at mountainous valleys.

Lithogenic differences, even if the texture of soils is very similar, has meant that Sudetes Foreland soils are more resistant to erosion compared to Trzebnica Highland soils (Licznar and Drozd 1989, Licznar 1995).

Powierzchnię gleb o uziarnieniu pyłowym do głębokości przynajmniej 50 cm, charakteryzujących się wysoką podatnością na procesy erozji wodnej, można oszacować w województwie dolnośląskim na co najmniej 390 tysięcy hektarów, czyli około 20% ogólnego areału użytków rolnych Kabała i Marzec (2010). Piaski wodnolodowcowe lub rzeczne przeważające w północnej części regionu charakteryzują się niską podatnością erozyjną z wartościami wskaźnika *K* na poziomie 0,01–0,20 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Wyższe wartości wskaźnika (w graniach 0,10 – 0,25) występują na obszarach pokrytych glinami zwałowymi oraz utworami akumulacji rzecznej. Podobnych można oczekiwać w przypadku gliniastych gleb wietrzeniowych w Sudetach. Najwyższe podatności erozyjne (0,25-0,44) dotyczą pokryw lessowych i pyłowych na Przedgórzu Sudeckim, na Wzgórzach Trzebnickich i Dalkowskich oraz lokalnie w kotlinach śródgórskich.

Nawet przy zbliżonym składzie granulometrycznym odmienność litogeniczna sprawia, że gleby pyłowe Przedgórza Sudeckiego są bardziej odporne na erozję w porównaniu do z występującymi w rejonie Wzgórz Trzebnickich (Licznar, Drozd 1989, Licznar 1995).

Wartości wskaźnika *K* przedstawione w formie mapy przez European Soil Portal (JRC) dla 25 krajów UE, kształtują się w granicach od poniżej 0,04 do 0,76 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Średnią wartość wskaźnika dla 25 krajów EU Panagos i in. (2014) określają na 0,32 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}, natomiast średnią wartość wskaźnika *K* dla Polski - na 0,30 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}.

Soil erodibility factor (K) values presented as a map by the European Soil Portal (JRC) for 25 EU countries ranges from below of 0.04 to 0.76 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Average K factor values for 25 EU countries Panagos at al. (2014) specified 0.32 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1} and average values for Poland of 0.30 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. It placed Poland in 15th position among 25 analyzed EU countries. The K factor value for Alpine areas presented by JRC and defined by the RUSLE model ranged from 0 to 0.438 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Another factor influencing the potential risk of erosion is relief. Relief is defined by two parameters: slope gradient (S) and slope length (L); occasionally, these are combined into a land topography parameter (LS). In order to assess the ability of sediment transport by flowing water Moore and Burch (1986) introduced a dimensionless factor (T). Negative values for this factor indicate erosion phenomena but positives values show the prevalence of soil particle deposition. A useful model to determine particle water transport ability was presented by Moor and Wilson (1992). A modification of the equation for lands with complicated composition described as RUSLE3D was presented by Mitasowa et al. (2010).

In Alpine areas, the value of the LS factor determined by the RUSLE model and presented by JRC is located within a wide range from 0.06 to 41,1.

Plasuje to nasz kraj na 15 miejscu spośród 25 opisywanych państw UE. Wartości wskaźnika *K* dla obszaru Alp określone w oparciu o model RUSLE podawane przez JRC kształtują się w granicach od 0 do 0,438 Mg ha h ha^{-1} MJ^{-1} cm^{-1}. Kolejnym czynnikiem kształtującym potencjalne zagrożenie erozją jest rzeźba terenu, definiowana przez dwa parametry: nachylenie stoku (*S*) oraz długość stoku (*L*), niekiedy łączone w parametr topografii terenu (*LS*).Dla oceny zdolności transportowania osadu przez spływającą wodę Moore i Burch (1986) wprowadzili bezwymiarowy współczynnik (*T*). Wartości ujemne tego wskaźnika świadczą o istnieniu zjawisk erozyjnych, a dodatnie o przewadze depozycji materiału glebowego. Użyteczny wzór do określania zdolności transportowej osadu został podany przez Moora i Wilsona (1992). Modyfikację równań dla terenów o złożonej budowie określaną jako RUSLE3D przedstawili Mitasova i in. (2010).

Na obszarze Alp wartości czynnika *LS* określone w oparciu o model RUSLE podawane przez JRC mieszczą się w szerokich granicach od 0,06 do 41,1. Kowalczyk i in. (2011) posługując się równaniem z modelu USLE określili średnią wartość wskaźnika *LS* w zlewni Białej Wody w Pieninach jako 2,29. Dla zlewni potoku Mątwy w Beskidzie Wyspowym, Ryczek i in. (2010) określili uśrednione wartości wskaźnika *LS* wynoszące na poziomie 2,37, 4,67 i 4,67, odpowiednio dla obszarów o nachyleniach do 10%, 10-18% i ponad 18%.

Ze względu na bardzo urozmaiconą rzeźbę terenu południowo zachodnia część Dolnego Śląska charakteryzuje się stosunkowo wysokimi wartościami czynnika topograficznego.

Using the USLE model, the average LS factor value of Biała Woda catchment at Pieniny (Kowalczyk et al. (2011) is 2.29. Average LS factor values of Mątwa creak catchment at Beskid Wyspowy for the land with a slope gradient 10%; 10-18% and above 18% have been established as 2.37, 4.67 and 4.67 (Ryczek et al. (2010).

Taking into account the significant relief variability, the south-west part of Lower Silesia is characterized by relatively high values for topographic factors. LS factor values for the pool of Mściwojów located in Strzegom Foreland have been stated in a range from 0.03 to 16.21, with a 1.72 average value (Pijanowski et al. 2013). LS factor values for Piekelnik creak at Bogatynia region ranged from 0.82 to 5.28 with an average 3.05 (Tasz et al. (2006). These authors also assessed LS factor values, which ranged from 0.41 to 2.41 with an average 0.9 for Zielnica catchment at Zgorzelec (Tasz et al. 2009).

Calculated as multiplication factors described above: R x K x LS, using the USLE model, the potential erosion value for silt covered soils of 16 slopes located at Zielnica catchment in Lower Silesia ranged from 3.4 to 55.8 with an average15.5 Mg ha^{-1} rok^{-1} (Tasz et al. 2009). The research conducted at Piekielnik creek catchment, predominantly covered by soils with a silt fraction ranged above 80%, Tasz at al. (2007) determined the potential erosion value of this area (model USLE) in the range from 45.9 to 141.2 with an average 93.6 Mg ha^{-1} rok^{-1}. The values for calculated real erosion (A) were significantly lower and average values for the whole catchment equaled 7.1 Mg ha^{-1} rok^{-1}.

Wartości czynnika *LS* dla basenu Mściwojów położonego na Wzgórzach Strzegomskich, Pijanowski i in. (2013) określili w granicach od 0,03 do 16,21 ze średnią 1,72. Dla zlewni potoku Piekielnik w rejonie Bogatyni, Tasz i in. (2006) określili wartości czynnika *LS* w granicach od 0,82 do 5,28 ze średnią 3,05. Natomiast dla zlewni rzeki Zielnica w rejonie Zgorzelca, Tasz i in. (2009) określili wartości czynnika *LS* w granicach od 0,41 do 2,41 ze średnią 0,90.

Wartości erozji potencjalnej obliczone jako iloczyn omówionych powyżej czynników *R x K x LS* za pomocą modelu USLE określone przez Tasz i in. (2009) dla 16 stoków pokrytych glebami pyłowymi w zlewni rzeki Zielnica na Dolnym Śląsku mieściły się w granicach od 3,4 do 55,8, ze średnią 15,5 Mg ha^{-1} rok^{-1}. W badaniach prowadzonych w zlewni potoku Piekielnik z przewagą gleb zawierających ponad 80% frakcji pyłowej, Tasz i in. (2006) określili wielkość erozji potencjalnej (model USLE) w granicach od 45,9 do 141,2, średnio 93,6 Mg ha^{-1} rok^{-1}. Wartości obliczonej erozji rzeczywistej (*A*) były zdecydowanie niższe, a średnia dla całej zlewni wynosiła 7,1 Mg ha^{-1} rok^{-1}.

W oparciu o klasy nachylenia terenu oraz kategorie podatności gleb na erozję wodną, stosując metodologię opracowaną przez Józefaciuków (1995, 1999), Stuczyński i in. (2007) opracowali numeryczną mapę zagrożenia erozją wodną gruntów rolnych województwa dolnośląskiego. Na obszarach zagrożonych w stopniu umiarkowanym do bardzo silnego znajduje się 12,9% gruntów ornych województwa, głownie w Sudetach.

On the basis of gradient classes and categories of soil susceptibility to water erosion, using a methodology developed by Józefaciuk and Józefaciuk (1995, 1999), Stuczyński et al. (2007) developed a numerical map of water erosion risks for agricultural land of Lower Silesia province.

In Lower Silesia the areas at moderate to very strong risk account for 12.9% of arable land area and are located mainly in the Sudety Mts.

The counties with the highest risk are: Jeleniogórski (44.7% of the soils at moderate to very strong risk), Kamiennogórski (40.9%), Kłodzki (40%) and Wałbrzyski (48.7%).

The size of surface runoff identified through modeling (potential erosion) requires experimental verification from field tests. To verify the modeling results accurate measurements of the soil surface shape - photogrammetric or with the use of laser scanning - are needed. These measurements allow to the formation and changes in erosion cut volumes to be observed (German et al. 2009, Kociuba et al. 2014), the dynamics of landslides, range and dynamics of cliffs (Kaminski 2012, Majecki 2014) and identification of river channel transformation, etc. (Witek et al. 2013). Such measurements necessarily have a random nature and are most often located in small catchments with increased exposure to water erosion. In addition, they are charged with high levels of variability at the time, related to the use of crop rotation (Kaszubkiewicz et al. 2011), the diversification of agricultural treatments and usage changes.

Powiatami o największym zagrożeniu są: jeleniogórski (44,7% gleb zagrożonych w stopniu umiarkowanym do bardzo silnego), kamiennogórski (40,9%) oraz wałbrzyski (48,7%).

Wielkości zmywu powierzchniowego (erozji potencjalnej) określone w wyniku modelowania wymagają weryfikacji eksperymentalnej w toku badań polowych. Do weryfikacji mogą posłużyć dokładne pomiary kształtu powierzchni gleby: fotogrametryczne lub z zastosowaniem skaningu laserowego, które umożliwiają obserwację tworzenia się i zmian kubatury rozcięć erozyjnych (Niemiec i in. 2009, Kociuba i in. 2014), dynamiki osuwisk, zasięgu i dynamiki klifów (Kamiński 2012, Majecki 2014) identyfikacji przekształceń w korytach rzecznych itp. (Witek i in. 2013). Drugą grupą metod są pomiary ilości zmywanej gleby na poletkach doświadczalnych, wykonywane za pomocą różnego rodzaju zbieraczy i kolektorów. Pomiary takie mają z konieczności wyrywkowy charakter i zlokalizowane są najczęściej w niewielkich zlewniach o podwyższonym stopniu narażenia na erozję wodną. Ponadto obciążone są one dużą zmiennością w czasie, związaną ze stosowaniem płodozmianu (Kaszubkiewicz i in. 2011), zróżnicowaniem zabiegów agrotechnicznych i zmianami sposobu użytkowania. Wielkość zmywu powierzchniowego w zlewni Mielnicy położonej na południowych zboczach Wzgórz Trzebnickich osiągała wartości od 0,04 do 4,44 Mg ha^{-1} rok^{-1} (Szewrański i in. 2000).

The size of surface runoff at the Mielnica catchment, located on the southern slopes of Trzebnickie Hills reached values from 0.04 to 4.44 Mg ha^{-1} year^{-1} (Szewrański et al. 2000). In the Kłodzko Valley area, on a field with a slope of 13.6% and a length of 390 m the amount of washed-off material averaged 2.4 Mg ha^{-1} year^{-1}, while on a field with a slope of 9.5% and a length of 230 m this was 1.7 Mg ha^{-1} year^{-1} (Chodak et al. 2005). During a one-year research project on experimental plots located in various parts of the Sudety Mts, Andrzejczak (2005) defined the amount of soil washed-off within the limits of 2.08-2.14 Mg ha^{-1} year^{-1}.

On the basis of the current erosion intensity classification (Schmidt 1989, Koreleski 1992, Stuczyński et al. 2010) the results of research located in Lower Silesia qualify erosion as a low to moderate. According to Rojek and Żmuda (1991) this is confirmed by the annual rates of denudation within the range 0325-14.1 Mg km^{-2} and very poor surface and rill erosion.

However, it should be noted, that in most parts of the Sudety Mts research on current erosion has not been carried out and only the assessment of potential erosion, based on factor analysis, has been made (Fatyga 1989, Jała and Cieślakiewicz 2004).

Average annual loss of soil by water erosion in Poland is estimated at 0.76 Mg ha^{-1} year^{-1} (Józefaciuk and Józefaciuk 1995).

Assessing the level of threat to Lower Silesian soils by water erosion in the European context, we can quote Eurostat data for 2006, according to which the share of soils in Poland with runoff exceeding 10 Mg ha^{-1} year^{-1} is 1.11%.

Na terenie Kotliny Kłodzkiej, na polu o nachyleniu 13,6% i długości 390 m ilość zmywanego materiału wynosiła średnio 2,4 Mg ha^{-1} rok^{-1}, natomiast na polu o nachyleniu 9,5% i długości 230 m wynosiła 1,7 Mg ha^{-1} rok^{-1} (Chodak i in. 2005). W trakcie jednorocznych eksperymentów na poletkach doświadczalnych zlokalizowanych w różnych częściach Sudetów Andrzejczak (2005) określiła wielkość zmywu w granicach 2,08–2,14 Mg ha^{-1} rok^{-1}. Na tle klasyfikacji natężenia erozji aktualnej (Schmidt 1989, Koreleski 1992, Stuczyński i in. 2010) wyniki badań zlokalizowanych na terenie Dolnego Śląska kwalifikują erozję jako niską do umiarkowanej. Jak podają Rojek i Żmuda (1991) świadczą o tym roczne wskaźniki denudacji mieszczące się w przedziale 0,325-14,1 Mg km^{-2} oraz bardzo słabe procesy erozji powierzchniowej i żłobinowej. Należy jednak podkreślić, że w najsilniej urzeźbionych częściach Sudetów nie prowadzono jak dotąd badań nad erozją aktualną, a jedynie dokonywano oceny erozji potencjalnej w oparciu o analizę czynnikową (Fatyga 1989, Jała i Cieślakiewicz 2004). Średnia wartość rocznych strat gleby w wyniku erozji wodnej szacowana jest dla terytorium Polski na 0,76 Mg ha^{-1} rok^{-1} (Józefaciuk Cz. i Józefaciuk A. 1995).

Oceniając stan zagrożenia gleb Dolnego Śląska przez zjawiska erozji wodnej w kontekście europejskim można przytoczyć dane Eurostatu za rok 2006, według których na terenie Polski udział gleb o zmywie powierzchniowym przekraczającym 10 Mg ha^{-1} rok^{-1} wynosi 1,11%. Udział ten uśredniony dla 28 krajów UE wynosi 5,51%, osiągając maximum w Słowenii 24,46% i minimum na Litwie, Łotwie i w Estonii – w przybliżeniu 0,0%.

This share averaged for the 28 EU countries is 5.51%, reaching a maximum of 24.46% in Slovenia and a minimum in Lithuania, Latvia and Estonia - approximately 0.0%.

The structure of land use in Poland tends to reduce the risk of water erosion. This is reflected in disparities between the share of the current and potential water erosion degrees, which are respectively 16.5 and 7.1% (Wawer and Nowocień 2005). Risk of water erosion in moderate to very strong degrees, identified by Corine Land Cover 2000, includes 5.7% of the area of Lower Silesia province, which places this region in this respect in 9th place nationally, compared with a Polish average of 7.1% (Wawer and Nowocień 2007).

Although locally, particularly in the Sudetenland, the potential risk of water erosion is high due to the unfavorable structure of topographic and climatic factors, actual surface water erosion occurs in moderately degrees, mainly due to the afforestation of endangered slopes and generally correct agrotechnology used on agricultural land.

Earlier records from modeling and assessment of the size of water erosion in Lower Silesia indicates the need for further development of research into adaptation of models of water erosion developed elsewhere in the world to local environmental and economic conditions. The need to create a regional database on soil erosion susceptibility, rainfall erosivity and the impact of modern methods of soil cultivation on the amount of soil losses by surface water erosion is also evident.

Rysunek 5.2. Żłobina erozyjna powstała na polu w miejscowości Nowy Waliszów (Kotlina Kłodzka) po jednorazowym opadzie o dużej erozyjności (fot. J. Kaszubkiewicz).
Figure 5.2. Erosion rill developed on arable field in Nowy Waliszów (Kłodzko Basin) after single precipitation of high erosivity (photo J. Kaszubkiewicz)

Struktura użytkowania terenu w Polsce sprzyja zmniejszeniu zagrożenia erozją wodną. Znajduje to odzwierciedlenie w dysproporcji udziału najwyższych stopni zagrożenia erozją wodną potencjalną i aktualną, które wynoszą odpowiednio 16,5 i 7,1% (Wawer i Nowocień 2005).

Zagrożenie erozją wodną w stopniu od średniego do bardzo silnego określone według CORINE Land Cover 2000 obejmuje 5,7% powierzchni województwa dolnośląskiego, co plasuje je pod tym względem na 9 miejscu w kraju, przy średniej dla Polski na poziomie 7,1% (Wawer i Nowocień 2007). Chociaż lokalnie, szczególnie w Sudetach, potencjalne zagrożenie erozją wodną jest wysokie ze względu na niekorzystny układ czynników topograficznych i klimatycznych, to rzeczywista powierzchniowa erozja wodna występuje w stopniu umiarkowanym, głównie ze względu na zalesienie zagrożonych stoków oraz na ogół poprawną agrotechnikę stosowaną na gruntach rolnych.

Dotychczasowy dorobek w zakresie modelowania i oceny wielkości erozji wodnej na terenie województwa dolnośląskiego wskazuje na potrzebę dalszego rozwijania badań nad dostosowaniem modeli do lokalnych warunków środowiskowych i gospodarczych, a także na konieczność stworzenia regionalnych baz danych dotyczących podatności erozyjnej gleb, erozyjności opadów i wpływu współczesnych sposobów uprawy gleby na wielkość strat gleby na skutek erozji wodnej powierzchniowej.

Rozdział 6

Chemiczne zanieczyszczenie gleb i remediacja gleb zdegradowanych

Chapter 6

Chemical degradation and remediation of chemically degraded soils

Degradacja chemiczna gleb jest pojęciem szerszym niż samo tylko zanieczyszczenie gleb, gdyż obejmuje zjawiska i procesy prowadzące do niekorzystnych zmian właściwości chemicznych gleb, często wynikające z działania czynników naturalnych, intensyfikowanych przez działalności człowieka. Do takich procesów należy m.in. zakwaszenie gleb i związane z nim niekorzystne zmiany przyswajalności lub toksyczności niektórych pierwiastków. Formą degradacji chemicznej jest też zasolenie gleb, sporadycznie tylko i lokalnie dotykające gleb w warunkach klimatycznych Polski. Te problemy znalazły się na liście zagrożeń w Strategii Tematycznej Ochrony Gleb UE. Powinno się je uwzględniać w kompleksowej ocenie degradacji gleb, jednak często problematykę degradacji chemicznej sprowadza się wyłącznie do zanieczyszczenia. W niniejszym rozdziale przedstawiony zostanie przede wszystkim obraz zanieczyszczenia gleb Dolnego Śląska substancjami niebezpiecznymi, ze szczególnym uwzględnieniem metali ciężkich i wybranych grup substancji organicznych oraz zarysowane zostaną zagadnienia zakwaszenia oraz zasobności gleb uprawnych.

The term 'chemical degradation of soil' has a broader meaning than 'soil contamination' itself, as it covers several other phenomena and processes that lead to adverse changes on soil chemical properties, caused by natural factors and intensified by human activity. One of such processes is soil acidification and associated unfavourable transformations of bioavailability and toxicity of some elements. Salinization is another important process of soil chemical degradation that actually only seldom, and in a local scale, affects the soils in Polish climatic conditions. All these problems have been included in the list of potential hazards to soils specified in UE Thematic Strategy for Soil Protection, and they should be considered in comprehensive assessment of soil degradation. In fact, however, the issue of soil chemical degradation is usually brought down to contamination with pollutants.

This chapter intends to draw general picture of contamination of Lower Silesian soils with hazardous chemicals, with a particular focus on heavy metals and selected organic substances, while the issues of soil acidification and the fertility of cultivated soils will be outlined only briefly.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

6.1 Prawne aspekty oceny stanu zanieczyszczenia gleb i źródła informacji o zanieczyszczeniu

Oceny stanu zanieczyszczenia gleb różnymi substancjami dokonuje się, zgodnie z przepisami polskiego prawa, w odniesieniu do standardów jakości gleby i ziemi, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2002 r. Należy jednak zaznaczyć, że w czasie, gdy przygotowywane jest niniejsze opracowanie, wchodzą w życie zasadnicze zmiany legislacyjne w tym zakresie. W roku 2014 w miejsce arbitralnie określonych wartości standardów, których przekroczenie decydowało dotąd o uznaniu gleby za zanieczyszczoną, wprowadzona została zasada oceny zanieczyszczenia opartej na analizie ryzyka. Zgodnie z nowymi zapisami w ustawie Prawo ochrony środowiska „zanieczyszczenie powierzchni ziemi ocenia się na podstawie przekroczenia dopuszczalnych zawartości substancji powodujących ryzyko w glebie lub w ziemi", definiowanych jako „zawartości, poniżej których żadna z funkcji pełnionych przez powierzchnię ziemi nie jest znacząco naruszona, z uwzględnieniem wpływu na zdrowie ludzi i stan środowiska". Szczegółowe zasady dokonywania tej oceny powinny zostać określone w rozporządzeniu Ministra, ale na etapie przygotowywania monografii rozporządzenie takie nie zostało opublikowane.

Stan zanieczyszczenia gleb zostanie zatem przedstawiony w odniesieniu do standardów jakości z roku 2002, choć jest oczywiste, że substancje niebezpieczne mogą występować w glebach w formach o różnej rozpuszczalności i biodostępności, a ogólna ich wysoka zawartość w glebie

6.1 Legal aspects relevant to the assessment of soil contamination and the sources of related information

According to the regulations of Polish law, the assessment of soil contamination with various substances should be done in relation to the quality standards of soil and earth, defined in the Regulation by Ministry of Environment published in 2002. It should be noted, however, that at the stage of preparation of this monograph for publication, some fundamental changes in the relevant provisions of law are just entering into force. Since 2014, the principles of soil pollution assessment, referred to soil quality standards, i.e. arbitrarily defined permissible values of pollutants concentrations in soils, has been replaced by a new approach that should be based on the analysis of environmental risk. As it has been written in the new entries in the Act on Environmental Protection "contamination of earth surface should be assessed based on the basis of exceeding the permissible content of the substances that cause the risk in the soil or in the ground", which is defined as "the content below which none of the functions performed by the earth surface is not significantly hampered, including the impact on human health and the state of the environment". Detailed rules and procedure needed for such assessment should be specified by Minister in a related ordinance, however until the time this monograph is being prepared, such regulation has not been published. The state of soil contamination will, therefore, be presented here in relation to soil quality standards of 2002, despite the obvious fact that

nie musi oznaczać dużego aktualnego ryzyka ekologicznego i ryzyka dla zdrowia człowieka.

Badania gleb użytkowanych rolniczo prowadzone są przede wszystkim przez Stację Chemiczno-Rolniczą, a także – w ramach ustawowego monitoringu - przez starostów powiatów. Poglądowej informacji o zanieczyszczeniu gleb dostarczyły też badania PIG, na podstawie których sporządzono atlasy geochemiczne Polski i bardziej szczegółowe mapy niektórych obszarów, m.in. miasta Wrocławia, Wałbrzycha i okolic oraz Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Dane o stanie zanieczyszczenia gleb w rejonach szczególnie zagrożonych - w sąsiedztwie potencjalnych emitorów i na obszarach cennych przyrodniczo - pochodzą też z badań prowadzonych regularnie przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu. W pierwszej grupie badaniom poddawane są gleby z bezpośredniego sąsiedztwa zakładów przemysłowych, składowisk odpadów i głównych tras komunikacyjnych Dolnego Śląska. W drugiej grupie badaniom WIOŚ podlegają obszary należące do sieci Natura 2000 oraz parki krajobrazowe i niektóre tereny rekreacyjne. Dolnośląskie parki narodowe: Karkonoski Park Narodowy oraz PN Gór Stołowych posiadają wewnętrzne sieci monitoringu przyrodniczego, w ramach których prowadzi się między innymi badania gleb.

Obraz stanu środowiska glebowego na obszarach szczególnie zanieczyszczonych uzupełniają dane z monitoringu własnego, prowadzonego przez zakłady stanowiące źródła emisji zanieczyszczeń do środowiska, takie jak zakłady hutnicze oraz obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych KGHM Polska Miedź S.A.

hazardous substances may occur in soils in various forms, differing in their solubility and bioavailability, and their high total concentrations in soil do not necessarily mean high ecological risk and high risk to human health.

The survey of Polish farmland soils, that involves basic soil properties including the pollution with several heavy metals, is carried out mainly by National Chemical and Agricultural Station as well as – in the frames of statutory state monitoring – by district officers. A perspicuous outlook on soil pollution with various elements has also been provided by the State Geological Institute (PIG) survey, the results of which were published in geochemical atlas of Poland and more detailed maps covering several areas, including the city of Wrocław, Wałbrzych and Legnica-Głogow Copper District (LGOM).

The data on soil contamination in particularly vulnerable sites – such as in the vicinities of potential emitters as well as in the areas of protected nature, are regularly collected from the survey carried out as statutory tasks by the Regional Inspectorate for Environmental Protection (WIOS) in Wroclaw. In the first group, examined are the soils in the close neighbourhoods of industrial plants, landfills and major roads in Lower Silesia. In the second group, the areas subject to control by WIOS are first of Natura 2000 sites as well as landscape parks and some of recreation resorts. Lower Silesian national parks, i.e. Karkonosze National Park and the Stołowe Mountains National Park, have their internal networks of environmental monitoring, in which the examination of soil properties is included.

Pewien wkład w rozpoznanie stanu zanieczyszczenia gleb Polski południowo-zachodniej mają też badania prowadzone przez instytucje naukowe, w tym m.in. Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska UP we Wrocławiu, dotyczące m.in. gleb zanieczyszczonych przez emisje przemysłowe, gleb industrio- i urbanoziemnych, w tym gleb ogrodów działkowych, terenów rekreacyjnych i komunikacyjnych, a także gleb w rejonach historycznych ośrodków górnictwa i przetwórstwa rud. Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska tworzy rejestr tzw. historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi, zaistniałych przed rokiem 2007.

6.2 Ogólna ocena zanieczyszczenia gleb Dolnego Śląska

Wyniki badań monitoringowych i opracowań naukowych tworzą spójny obraz stanu chemicznego zanieczyszczenia gleb Polski południowo-zachodniej. Gleby użytkowane rolniczo, a także gleby w obrębie lasów, położone z dala od punktowych bądź liniowych źródeł emisji, wykazują zbliżone do naturalnych lub nieznacznie podwyższone zawartości zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich. W przypadku gleb sąsiadujących z zakładami przemysłowymi i innymi emitorami często stwierdza się natomiast lokalne występowanie znacznego zanieczyszczenia. Dotyczy to w szczególności rejonu górnictwa i przetwórstwa rud miedzi, ale także sąsiedztwa różnych zakładów metalurgicznych i chemicznych, rejonów oddziaływania składowisk odpadów przemysłowych i komunalnych oraz niektórych terenów miejskich i poprzemysłowych.

The illustration of soil properties in the most polluted sites is usually complemented by the data gathered from local monitoring networks established by industrial plants, such as smelters and operating mining waste facilities of the copper mining and smelting company KGHM Polska Miedź S.A. Several other research, carried out by scientific institutions, including the Institute of Soil Science and Environmental Protection in WUELS, contribute additionally to the inventory of soil contamination in SW Poland. They concentrate particularly on soils polluted by industrial emissions and the group of Technosols, with special focus on soils in allotment gardens, recreational areas, roadsides, and historical centers of metal ore mining and processing. General Director for Environmental Protection shall set up a register of sites with so called historical land contamination, defined as the sites polluted before the year 2007.

6.2 General assessment of soil pollution in the Lower Silesia

The results collected from surveys, monitoring networks and all other studies provide a comprehensive and coherent outline of soil pollution in south-western Poland. The soils used for agriculture and forestry, distant from local or linear sources of emission, indicate natural or slightly enhanced concentrations of pollutants, including heavy metals. On the contrary, the soils in vicinities of industrial plants or other emitters are often considerably contaminated, usually in a local scale.

Na części tych obszarów stwierdza się przekroczenie standardów jakości gleb i ziem. Na mapach (Fig. 6.1) przedstawiono ogólny obraz zróżnicowania zawartości Cu i Pb w glebach Dolnego Śląska (Lis i Pasieczna 1995). Obraz sprzed 20 lat nie uległ do dziś większym zmianom. Zaznacza się naturalne zróżnicowanie zawartości tych metali w glebach, uwarunkowane zróżnicowaniem rodzajów skał macierzystych gleb: niższe zawartości w glebach lekkich, dominujących w części północno-wschodniej regionu oraz wyższe – w pyłowo-gliniastych glebach części południowej Niziny Śląskiej oraz Przedgórza Sudetów. Znacząco podwyższone zawartości obu pierwiastków występują w glebach Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego i aglomeracji wrocławskiej. Bardziej szczegółowy obraz zanieczyszczenia gleb w strefie oddziaływania emisji przemysłu miedziowego zostanie przedstawiony w drugiej, terenowej części niniejszego opracowania.

Liczne opracowania potwierdzają lokalne występowanie na Dolnym Śląsku gleb wzbogaconych w metale ciężkie także w innych rejonach, zwłaszcza związanych z historycznym wydobyciem oraz przetwórstwem rud metali. Zwykle składa się na to zarówno naturalne wzbogacenie skał, jak i zanieczyszczenia związane z eksploatacją i przetwarzaniem rud. W Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim występuje wiele obszarów dawnej eksploatacji rud metali. W ośrodkach tych, w wyniku trwającej setki lat działalności górniczej powstawały zwały i hałdy odpadów, a lokalne hutnictwo generowało powstawanie dużych ilości żużli oraz było źródłem emisji do atmosfery pyłów metalonośnych.

This is, in particular, the case of copper ore processing district, as well as several other sites in the surroundings of metallurgical and chemical plants, industrial and municipal waste landfills as well as some urban areas and former industrial lands.

In some parts of those areas, soil concentrations of pollutants exceed the values of soil quality standards. The maps (Fig. 6.1) illustrate a general picture of differentiation in Cu and Pb contents in Lower Silesian soils (Lis and Pasieczna 1995). This picture, generated 20 years ago, has not essentially changed until now. Well marked are natural differences in concentrations of these two metals in soils, determined by variability of soil parent rocks: lower concentrations, typical for sandy soils, occur in the north-eastern part of region, while higher concentrations are present in silty and loamy soils covering the southern part of Silesian Lowland and Sudety Foreland. Considerably enhanced concentrations of both elements occur in the soils of Legnica-Głogów Copper District, as well as in the city of Wrocław. A closer picture of soil pollution in the area affected by the copper smelters will be presented in the other part of this issue.

Several published works present some other cases of local soil enrichment in heavy metals, in particular in the sites were metal ores were in the past mined and processed. Enhanced concentrations of metals in soils in those areas are usually of mixed origin, i.e. natural geochemical enrichment of rocks, and environmental pollution caused by ore excavation and further treatment. There are many sites of such historical mining in the Sudety and their Foreland.

Przykładami dawnych ośrodków górniczych w Sudetach i na Pogórzu Sudeckim są m.in. Miedzianka – ośrodek górnictwa rud miedzi oraz późniejszych poszukiwań rud uranu, Czarnów w Rudawach Janowickich i rejon Żeleźniaka w Górach Kaczawskich, gdzie od XIII w. prowadzono eksploatację złóż arsenowo-polimetalicznych, Złoty Stok – ośrodek eksploatacji złota a następnie arsenu, Leszczyna i Chełmiec w rejonie Złotoryi – centrum dawnego górnictwa miedzi, Szklary koło Ząbkowic Śl. - obszar mineralizacji niklowej i rejon przełęczy Tąpała (masyw Raduni), gdzie eksploatowano chromit, Kowary oraz Kletno w Masywie Śnieżnika – ośrodki eksploracji polimetalicznych rud bogatych w uran, a także inne, mniejsze ośrodki górnicze (Karczewska i Kabała 2010, Karczewska i in. 2006). Na obszarach tych występują często wyróżniające się w krajobrazie hałdy odpadów i inne formy przekształceń powierzchni, jednak w wielu miejscach materiał odpadów został rozplantowany w terenie i trudno jest odróżnić gleby wytworzone z naturalnych skał od gleb wytworzonych ze zwietrzelin odpadów. Zawartości pierwiastków metalicznych w materiale zgromadzonym na hałdach są niekiedy bardzo wysokie, często też stwierdza się znaczne zawartości metali, przekraczające wartości standardów w przyległych glebach (Karczewska i Kabała 2010).

W tej grupie obszarów szczególne miejsce zajmuje Złoty Stok – centrum górnictwa złota, a od XVII w do roku 1962 – ośrodek górnictwa rud arsenu i produkcji arszeniku. Powierzchniowe poziomy gleb obszaru górniczego, w dolinie Złotego Potoku i sąsiednich dolinach, na znacznym obszarze,

Mining waste material was disposed over the centuries on the heaps and dumps, and local metal smelting facilities produced large amounts of slag material and emitted metal-rich dusts into the air. Former metal ore mining activities in the Sudety and Foreland are known for example from Miedzianka – a centre of copper mining and later exploration for uranium; Czarnów in the Rudawy Janowickie Mts. and the area of Zeleźniak hill in the Kaczawskie Mts., where arsenic-rich polymetallic deposits were exploited beginning from the 13th century; Złoty Stok – a centre of gold and arsenic mining; Leszczyna and Chełmiec near Złotoryja – the area of former copper mining, Szklary near Ząbkowice Śl. – a zone with nickel mineralization, the vicinity of Tąpadła pass (Radunia mountain range) where chromite vein was mined; Kowary and Kletno in the Śnieżnik Mountains – mining sites operating on polymetallic ores rich in uranium, as well as several other, smaller mining areas (Karczewska and Kabała 2010, Karczewska et al. 2006).

In most of those sites, some mine waste dumps, as well as other forms of technical land disturbances have remained until now, and clearly stand out in the landscape. Some other dumps have been, however, dismantled, and the waste material was spread on land surface, so that it is very difficult or even impossible to distinguish now between natural soils derived from natural rocks and anthropogenic soils developed from weathered waste material. The concentrations of metallic elements in waste rocks disposed on the mine heaps are sometimes very high, and considerable metal concentrations,

około 10 km^2, zawierają arsen w ilościach ponad 100 mg/kg, a koncentracje As w glebach doliny rzeki Trującej, poniżej miasta, sięgają kilku tysięcy mg/kg, głównie w wyniku powtarzających się w przeszłości incydentów przelewania się osadów poflotacyjnych przez obwałowania zbiorników, w których były deponowane (Karczewska i in. 2013). Podobna sytuacja miała miejsce także w innej części Dolnego Śląska – w dolinie rzeki Bobrzycy, która po katastrofalnym przerwaniu obwałowań zbiornika osadów poflotacyjnych górnictwa miedzi w Iwinach, w roku 1967, została na długości kilkunastu kilometrów przykryta warstwą tych osadów, a stężenia Cu i Pb w powierzchniowych poziomach gleb do dziś lokalnie sięgają 690 mg/kg (Karczewska i Lizurek 2004). Obecność węglanu wapnia w tych osadach zapobiega jednak mobilizacji metali i de facto eliminuje negatywne skutki obecności ich wysokich zawartości całkowitych.

Wzbogacenie w metale ciężkie gleb użytkowanych rolniczo w dawnych rejonach górniczych Sudetów i Przedgórza Sudeckiego potwierdzają wyniki badań monitoringowych przeprowadzonych na terenie 11 powiatów południowej części województwa dolnośląskiego (Kaszubkiewicz i in. 2011). W świetle tych badań najważniejszymi rejonami, w których występują zanieczyszczenia polimetaliczne, są Miedzianka w gminie Janowice Wlk., Lipa w gminie Bolków (rejon Żeleźniaka), oraz sąsiedztwo składowisk odpadów poflotacyjnych w gminie Warta Bolesławiecka (w tzw. Starym Zagłębiu). Znaczniejsze wzbogacenie gleb w pojedyncze metale stwierdzono m.in. w obrębach: Szklary koło Ząbkowic (nikiel), Lubawka i Okrzeszyn oraz Kuźnice Świdnickie i

above soil quality standard values, are often present in surrounding soils as well (Karczewska and Kabała 2010).

In the group of historical mining sites, special attention should be given to Złoty Stok – a former center of gold mining, and beginning from the 17th century, a center of arsenic mining and processing. The concentrations of arsenic in mineral topsoil layer, within a 10 km^2 large mining area spread in the Złoty Potok valley and some neighbouring valleys, are higher than 100 mg/kg. Soils in the Trująca river valley, downstream from the town and arsenic processing plant, contain locally as high concentrations of arsenic as several thousand mg/kg. This effect was mainly caused by repeated events of tailings discharge from disposal sites due to extreme rainfalls and overflowing the impoundments (Karczewska et al. 2013). A similar accident happened in the year 1967 in another part of Lower Silesia, in the Bobrzyca valley, when copper tailings were released from disposal site Iwiny due to the large dam breakage. Over 10 km long part of the valley was covered with a layer of tailings, and the concentrations of Cu and Pb in the top layer of soils locally remain still very high, up to 690 mg/kg (Karczwska and Lizurek 2004). The presence of calcium carbonate in tailings material prevents metal mobilization and leaching from this layer, and in fact, staves off the potential adverse effects that might be caused by their high total concentrations.

Soil enrichment in heavy metals in the areas of former mining activities in the Sudety and Foreland has been confirmed by the results of monitoring survey, carried out on agricultural lands within 11 districts situated in the southern part of Lower Silesia

Boguszów Gorce (ołów), a także w obrębach Pobiednia i Czerniawa u podnóża Gór Izerskich oraz w Złotym Stoku (arsen). Autorzy opracowania sugerują też, że podwyższony poziom tła zawartości w glebach Zn, Cu, Pb i As występuje na znacznych obszarach Przedgórza Sudeckiego, co wynika nie tylko z charakteru skał macierzystych gleb, ale także z oddziaływania rozproszonych zanieczyszczeń, których źródłem jest dawne górnictwo i przetwórstwo rud, a w przypadku As także emisje ze spalania węgla brunatnego na terenie dawnego „Czarnego Trójkąta" (Kaszubkiewicz i in. 2011).

Na pewne znaczenie dalekiego transportu zanieczyszczeń w procesie wzbogacenia powierzchniowych poziomów gleb górskich w pierwiastki metaliczne, zwłaszcza w ołów, a w mniejszym stopniu także rtęć, wskazują także badania monitoringowe przeprowadzone na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego. Wieloletnia depozycja zanieczyszczeń przenoszonych wraz z masami powietrza przyczyniła się do wyraźnej akumulacji Pb w glebach, tak że zawartości tego pierwiastka w poziomach powierzchniowych przekraczają niekiedy 200 mg/kg (Szopka i in. 2013).

W tym miejscu należy jednak raz jeszcze podkreślić, ze gleby użytków rolnych niesąsiadujących bezpośrednio ze źródłami emisji na zdecydowanej większości obszaru południowozachodniej Polski (w tym Przedgórza Sudeckiego i Sudetów), zawierają naturalne, lub tylko nieznacznie podwyższone zawartości zanieczyszczeń metalicznych.

Nieco bardziej złożona sytuacja występuje w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów stanowiących poten cjalne źródła emisji substancji niebezprovince (Kaszubkiewicz et el. 2011).

In the light of these results, several areas have been identified where soils are considerably polluted by more than one metal, i.e. Miedzianka in the commune Janowice Wlk., Lipa in the commune Bolków (the ore of Żeleźniak hill), as well as the neighbourhood of tailing impoundments in the commune Warta Bolesławiecka (so called Old Copper Mining District). The cases of substantial soil enrichment in single metal were reported from Szklary near Ząbkowice (nickel), Lubawka, Okrzeszyn, Kuźnice Świdnickie and Boguszów Gorce (lead), as well as Pobiednia and Czerniawa in the foothills of the Izerskie Mts, and in Złoty Stok (arsenic). The authors of this report suggest that enhanced background level of Zn, Cu, Pb and As is a typical feature of soils in large area of the Sudety Foreland, that arises not only from the specific properties of soil parent rocks but also from the impacts of diffuse pollution that originates from former metal ore mining and processing, and in the case of As, additionally from the emissions from lignite burning in power plants situated in former "Black Triangle" (Kaszubkiewicz et al. 2011).

Significant importance of a long-distance transport of pollutants in enriching the top layers of mountain soils in metallic elements, in particular in lead, and to a lesser extent also in mercury, was indicated by the results of soil monitoring survey carried out in the Karkonosze National Park. Long lasting deposition of air borne pollutants, transported with air masses from distant sites, resulted in pronounced accumulation of Pb in soils, so that its concentrations in topsoil not rarely happen to exceed the value of 200 mg/kg (Szopka et al. 2013).

piecznych, to jest wokół niektórych zakładów przemysłowych oraz składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych, wzdłuż ciągów komunikacyjnych, a także ogólnie na obszarach zurbanizowanych. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu regularnie prowadzi badania zawartości niektórych metali ciężkich, WWA, w tym benzo(a)pirenu oraz wybiórczo także innych substancji, m.in.. oleju mineralnego, benzyny, BTEX i innych, w glebach sąsiadujących z wytypowanymi obiektami. Corocznie typowanych jest do badań 7-10 zakładów przemysłowych, 1-10 składowisk odpadów oraz kilka odcinków dróg krajowych i wojewódzkich. Badania te wykazują częste występowanie przekroczeń standardów jakości gleb w sąsiedztwie zakładów przemysłowych, zwłaszcza w odniesieniu do substancji związanych z profilem działalności danego zakładu, np. metali ciężkich w rejonach zakładów hutniczych i metalurgicznych, takich jak Huty Miedzi Legnica i Głogów, Hutmen we Wrocławiu czy Huta Oława, a zanieczyszczeń organicznych, m.in., sumy WWA i benzo(a)pirenu, w sąsiedztwie zakładów energetycznych, koksowniczych oraz chemicznych. Liczba punktów badawczych, w których notowano przekroczenia standardów jakości gleb, w poszczególnych latach stanowiła od 40% do ponad 60% wszystkich punktów, a najczęstsze przekroczenia standardów dotyczyły benzo(a)pirenu. Wyższe od dopuszczalnych zawartości benzo(a)pirenu w glebach stwierdzano w prawie wszystkich punktach sąsiadujących z drogami (z wyjątkiem sąsiedztwa nowo wybudowanej autostradowej obwodnicy Wrocławia), a także

It should be, however, stressed here, that almost all the soils used for agricultural purposes in south-western part of Poland (including Sudety and Sudety Foreland), except for the close neighbourhoods of emitters, contain natural or only insignificantly enhanced concentrations of metallic elements.

The situation in the vicinities of potential emitters that may release hazardous substances into the environment, appears more complex. This refers particularly to industrial plants, municipal and industrial landfills, other industrial waste disposal sites, as well as to the roadsides and urban areas in general. Regional Inspectorate for Environmental Protection (WIOS) in Wrocław for over 20 years has been carrying out a regular control survey of soil contamination with heavy metals and PAHs, with particular attention given to benzo(a)pyrene, accompanied by selective determination of several other substances, such as mineral oil, petrol, BTEX, and others, in soils neighbouring with their indicated potential sources. The list of objects selected for the control survey each year includes 7-10 industrial plants, 1-10 landfills, and several specified sections along the state and regional roads.

The result indicate that soil quality standards are often exceeded in those vulnerable sites, in particular in the case of substances involved in the profile of production. The examples are: heavy metals in the vicinities of metals smelters and other metallurgic plants, such as Copper Smelters Legnica and Głogów, Hutmen in Wrocław, or the smelter Huta Oława, and – correspondingly – organic pollutants, such as PAHs and benzo(a)pyrene,

w blisko 50% punktów badawczych w sąsiedztwie składowisk odpadów. Przekroczenia standardów w przypadku benzo(a)pirenu stwierdzano także powszechnie na terenach miejskich i rekreacyjnych, w tym m.in. w Parku Szczytnickim we Wrocławiu, w innych parkach Wrocławia i Jeleniej Góry oraz na terenach rekreacyjnych i uzdrowiskowych u podnóża Karkonoszy i Gór Izerskich. Problem występowania ponadnormatywnych stężeń BaP w glebach użytków rolnych i aglomeracji miejskich w Polsce był już wielokrotnie podnoszony w literaturze. Wartość standardu dla benzo(a)pirenu w glebach grupy B została ustalona na bardzo restrykcyjnym poziomie, wynoszącym 0,03 mg/kg, znacznie niższym niż w większości krajów Europy i świata (Kaszubkiewicz i Kawałko 2006, Maliszewska-Kordybach i in. 2013). Na obszarach pozostających w zasięgu oddziaływania emisji motoryzacyjnych ta restrykcyjna wartość zazwyczaj nie jest dotrzymana. Warto tu jednak zadać pytanie, czy przekroczenie tej zawartości w glebach stwarza faktyczne zagrożenie dla środowiska lub zdrowia człowieka.

W charakterystyce stanu zanieczyszczenia gleb Dolnego Śląska szczególna uwaga należy się aglomeracji miejskiej Wrocławia. Lokalne występowanie wysokich zawartości metali ciężkich jest charakterystyczną cechą gleb w obrębie dużych miast, co wynika ze współistnienia różnych źródeł zanieczyszczenia. Może być to efekt sytuowania miast na terenach poprzemysłowych, wykorzystywania różnych materiałów i odpadów do niwelacji i zagospodarowania terenu, w tym do urządzania terenów zieleni miejskiej, a nawet ogrodów działkowych.

in the surroundings of power plants, tanneries and chemical plants.

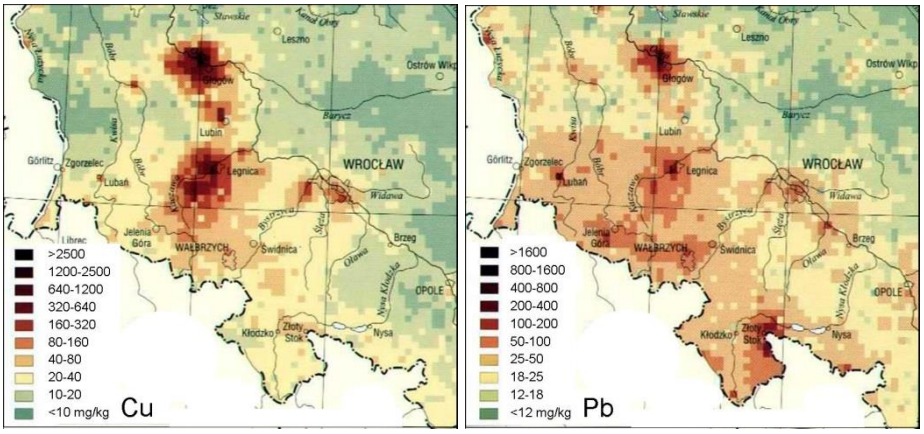
The percentage of soil sampling sites in which soil quality standards were exceeded, ranged in various years from 40% to 60% of total sites examined, and the most frequent cases of exceedance were noted for benzo(a)pyrene. The concentrations of benzo(a)pyrene above a permissible level were reported from almost all the roadsides (except for a new Highway Bypass of Wrocław), and from nearly 50% of sites situated in the surroundings of municipal landfills. The exceedance of standards in the case of benzo(a)pyrene was also quite common in urban and recreational areas, including the Szczytnicki Park in Wrocław, several other parks in the city of Wrocław and in Jelenia Góra, as well as in recreational and spa resorts. The common occurrence of BaP in agricultural and urban soils in the concentrations exceeding the threshold level, is the issue that has already been raised in Polish literature. The value of standard in the case of benzo(a)pyrene in soils that belong to the B-group, has been set in Poland at particularly restrictive level of 0.03 mg/kg, much lower than in most other European and world countries (Kaszubkiewicz and Kawałko 2006, Maliszewska-Kordybach et al. 2013). The concentrations of BaP in most localities influenced by the emissions from vehicles do not meet this restrictive standard. The question should be put here, however, if this fact is tantamount to a real hazard posed to the environment and human health.

The general report on soil contamination in Lower Silesia, should particularly address a specific site, i.e. the city of Wrocław.

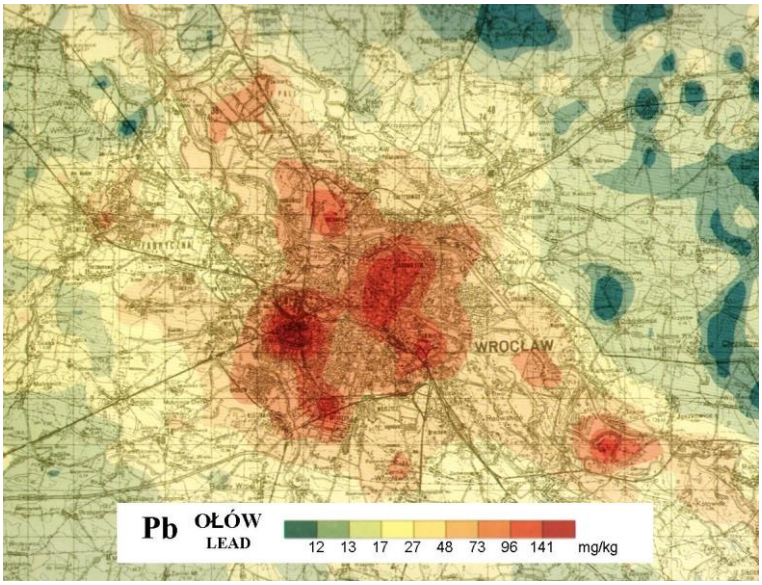
Ponadto akumulacja zanieczyszczeń w glebach miejskich może wynikać z oddziaływania emisji motoryzacyjnych i przemysłowych, stosowania farb i tynków zawierających metale ciężkie i innych czynników. Wieloletnie badania gleb ogrodów działkowych miasta Wrocławia wskazują na duże lokalne zróżnicowanie ich właściwości, ale też na oddziaływanie emisji przemysłowych (Kabała i Chodak 2002, Kabała i in. 2009). Rejonem najbardziej zanieczyszczonym metalami ciężkimi w mieście jest sąsiedztwo zakładów hutniczych Hutmen. Wysokie zawartości metali ciężkich notuje się też w glebach centrum miasta. Ilustruje to mapa zawartości ołowiu w glebach miasta (rys. 2). Pewne wzbogacenie w metale ciężkie wykazują też gleby wrocławskich pól irygacyjnych, w rejonie Osobowic, Świniar, Szewców i Rędzina, stanowiące przez blisko 100 lat główną oczyszczalnię ścieków kilkusettysięcznego miasta. Szczególną uwagę należy zwrócić na obszar ponad 1000 ha wrocławskich pól wodonośnych na wschodzie, rozciągających się po Siechnice i sąsiadujących ze zlokalizowaną tam kiedyś hutą żelazochromu oraz pozostałą do dziś hałdą żużla. Zawartość chromu w powierzchniowych poziomach gleb w tym rejonie lokalnie przekracza wartość standardów (Raporty WIOS, Karczewska i Bortniak 2008), choć jednocześnie można twierdzić, że pierwiastek ten występuje w glebach w stabilnej formie Cr III niestwarzającej poważnego zagrożenia dla ujęć wody.

Analiza skali degradacji chemicznej gleb powinna uwzględniać także przypadki lokalnego, incydentalnego zanieczyszczenia gleb, jakie mogą się zdarzyć w wyniku awarii i nieszczelności instalacji.

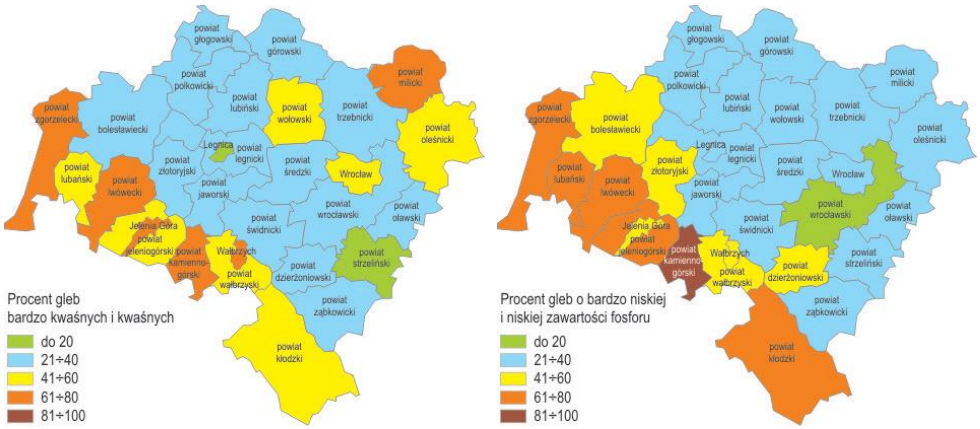
Local occurrence of high metal concentrations is a feature typical for soils in most of large cities, that results from the co-existence of various pollution sources. Some towns or their new quarters have been situated in former industrial and historically polluted localities, and the areas chosen for urban development were often reclaimed with various kinds of waste material. In particular, the waste material of unknown or unsafe origin was commonly spread to prepare the ground for the lawns on roadsides, municipal parks, and even allotment gardens. Moreover, accumulation of pollutants in soils may be caused by the impact of industrial and vehicle-generated emissions, common usage of paints and plasters produced on the basis of heavy metals, as well as many other factors. Long-term studies of soils in allotment gardens in Wrocław indicated high local variability of their properties, and apparent influence of industrial emissions (Kabała et al. 2009). The highest soil pollution with heavy metals in Wrocław has been identified in the neighbourhood of metallurgic plant Hutmen. High concentrations of heavy metals in soils occur also in the zone of old city (Fig. 6.2). Considerable enrichment in heavy metals has been also indicated in soils within so called municipal irrigation fields, in the districts Osobowice, used for almost 100 years as the main wastewater treatment plant for the city with the population of over half a million citizens. Special attention should also be given to another large green space in the eastern part of the city, i.e. infiltration fields with the area of over 1000 ha, crucial for production of drinking water.



Rysunek 6.1. Zawartość Cu i Pb w glebach południowo-zachodniej Polski w świetle badań PIG. Źródło: Atlas Geochemiczny Polski (Lis i Pasieczna 1995). Próbki pobierano z głębokości 0-20 cm. Ekstrakcja na gorąco roztworem HCl 1:4.
Figure 6.1. Concentrations of Cu and Pb in soils of SW Poland in the light of survey by PIG. Source: Geochemical Atlas of Poland (Lis and Pasieczna 1995). Soil samples collected at the depth of 0-20 cm, extracted with hot HCl 1:4.



Rysunek 6.2. Zawartość Pb w glebach aglomeracji wrocławskiej w świetle badań PIG. Źródło: Atlas Geochemiczny Wrocławia i okolic (Tomassi-Morawiec i in. 1998). Próbki pobierano z głębokości 0-20 cm. Ekstrakcja na gorąco roztworem HCl 1:4.
Figure 6.2. Concentrations of Pb in soils of Wrocław city in the light of survey by PIG. Source: Geochemical Atlas of Wrocław and its surroundings (Tomassi-Morawiec et al. 1998). Soil samples collected at the depth of 0-20 cm, extracted with hot HCl 1:4.



Rysunek 6.3. Odczyn gleb użytkowanych rolniczo (a) oraz zawartość przyswajalnych form fosforu w glebach w województwie dolnośląskim, w latach 2010–2013. Źródło: Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2013 roku (WIOS 2014), wg danych OSChR we Wrocławiu.
Figure 6.3. Soil reaction pH (a) and the content of available phosphorus (b) in agricultural soils of Lower Silesian district, in the years 2010-2013. Source: Report on the state of the environment in Lower Silesian district in the year 2013 (WIOŚ 2014), based on the data collected by Regional Chemical and Agricultural Station in Wrocław.

Dotyczy to przede wszystkim sąsiedztwa takich obiektów, jak stacje transportu, przeładunku i dystrybucji paliw. Zanieczyszczenia występują wówczas zwykle na niewielkich powierzchniach, nieprzekraczających kilkunastu – kilkudziesięciu metrów kwadratowych. Przypadki takie, kwalifikowane w świetle prawa jako szkody w środowisku, powinny być ewidencjonowane w systemie GDOS i decyzją RDOS poddawane działaniom naprawczym, opisanym pokrótce poniżej.

Problem zanieczyszczenia gleb, zwłaszcza substancjami ropopochodnymi, dotyczy także obiektów tylko w części zinwentaryzowanych, jakimi są tereny dawnych poligonów i lotnisk oraz baz paliwowych wojsk Armii Radzieckiej.

This area extends up to Siechnice and approaches a close neighbourhood of former smelter of ferrochromium and remaining slag dump.The concentrations of chromium in the top layers of soils in that zone are apparently enhanced, and in some localities do not meet the standards (Reports by WIOS, Karczewska and Bortniak 2008). Closer examination indicates that chromium is present in those soils in the most stabile form of Cr III and does not pose a real hazard to municipal water supply.

The inventory of soil chemical degradation, should consider all the cases of local, incidental soil pollution, due to the accidents and seepage from unsafe installations. Such accidents may most likely lead to soils and ground pollution in the close proximity of such objects as transport stations,

Przykładami takich obiektów są poligon i lotnisko w Brochocinie w powiecie złotoryjskim, poligon w Przemkowie z bazą paliw w Karczmarce, poligon i lotnisko w Krzywej, baza paliwowa w Raszówce, lotnisko w Legnicy oraz w Skarbimierzu koło Brzegu czy wyłączone z wojskowego użytkowania części poligonów Strachów i Świętoszów. Wiadomo, że na tych obszarach występują przypadki zanieczyszczenia ropopochodnymi, ale skala problemu nie została w pełni rozpoznana.

Należy też zaznaczyć, że wielka powódź w dorzeczu Odry w roku 1997, która spowodowała ogromne straty materialne, nie przyczyniła się do znaczniejszego, trwałego zanieczyszczenia gleb, wbrew poglądom prezentowanym w mediach. Warstwa osadów (namułów) naniesionych przez wody powodziowe była zasadniczo (poza obszarami, gdzie zostały przerwane obwałowania), niewielkiej miąższości, a obecne w niej zanieczyszczenia, np. metale ciężkie czy substancje organiczne, uruchomione z osadów dennych lub wymyte z zalanych obiektów, nie spowodowały istotnego zwiększenia stężeń tych substancji w glebach (Szerszeń i in. 2000).

Dla pełnego obrazu problematyki zanieczyszczenia gleb należy wspomnieć tu także o zanieczyszczeniu gleb azbestem. Światowa Organizacja Zdrowia WHO zamieściła azbest na liście 10 chemicznych zanieczyszczeń środowiska stanowiących największe zagrożenie dla zdrowia człowieka (WHO 2010). Azbest nie należy de facto do substancji chemicznych, a mechanizm jego rakotwórczego działania ma zasadniczo charakter mechaniczny, a nie chemiczny. Przyczyną

and the stations of fuel handling and distribution. The range of soil pollution is usually relatively small, and pollutants are present only within small surfaces of several to a few dozen square meters. Such cases, classified in Polish law as damage to the environment, should be recorded by General Director for Environmental Protection (GDOS) and, following the decision of Regional Director (RDOS) should be subject to remediation according to the rules described briefly below. Another group of problematic areas, with partly recognized state of soil pollution, mainly with petroleum and its derivatives, are military sites formerly used as training fields, airfields and airports and fuel bases by the Soviet Army. The examples of such objects are the military training ground and airfield in Brochocin, in the district Złotoryja, training ground in Przemków with the fuel base in Karczmarka, military airfield in Krzywa, Raszówka fuel base, military airfields in Legnica and in Skarbimierz near Brzeg, and military fields in Strachów and Świętoszów. It has been proved known that the cases of soil contamination with petroleum commonly occur in those areas, but the scale of this problem has not been fully recognized.

Some comments should be added here concerning the results of soil flooding, in particular the effects of large flood that affected the Odra basin in 1997. The flood that caused huge material losses, has not in fact contributed to substantial, long-lasting soil pollution, contrary to the view presented in the media.

zanieczyszczenia powietrza i gleb azbestem jest m.in. wydobycie i przetwarzanie serpentynitu w Nasławicach - jedynej funkcjonującej obecnie kopalni tego surowca, zlokalizowanej w obrębie masywu Gogołów-Jordanów. Kruszenie serpentynitu jest przyczyną emisji znacznych ilości pyłu zawierającego azbest (Chodak i Bogda 1991, Czuba i in. 1992).

Osobną grupę zagadnień, które należałoby bliżej przedstawić w rozdziale poświęconym chemicznej degradacji gleb, stanowi stan żyzności gleb użytkowanych rolniczo. Systematyczne badania prowadzone przez Stację Chemiczno-Rolniczą wskazują na duże zróżnicowanie odczynu i zasobności gleb na obszarze Dolnego Śląska. Najbardziej niekorzystne właściwości w tym zakresie dotyczą odczynu i zasobności w przyswajalne formy fosforu. Gleby o odczynie bardzo kwaśnym, kwaśnym i lekko kwaśnym występują na ponad 75% badanych w ostatnich latach użytków rolnych, głównie w południowo-zachodniej części województwa (Fig. 6.3).

6.3 Remediacja gleb zanieczyszczonych

Filozofia i strategie działań rekultywacyjnych dotyczących gleb zanieczyszczonych, zmieniały się w czasie, wraz ze zmianami regulacji prawnych. Prace rekultywacyjne w rzeczywistości były i są podejmowane albo wówczas, gdy użytkownik terenu dostrzega ich celowość dla uzyskania realnej poprawy wielkości plonów, albo jeśli zostaną one wymuszone przez skutecznie działający system prawa.

The layer of deposits brought by floodwaters and precipitated on soil surface was essentially (except for the cases of broken embankments) rather thin, and the pollutants, such as heavy metals or organic substances, present in them due to mobilization from river bottom sediments or deluged objects, did not contribute to any significant increase of their concentrations in soils (Szerszeń et al. 2000).

To complete the image of soil contamination with hazardous substances, one more kind of pollutant should be mentioned, namely asbestos. World Health Organisation placed asbestos in the list of 10 top chemicals of major public health concern (WHO 2010). In fact, asbestos is not a chemical substance, and the mechanism of its carcinogenicity is of mechanical rather than chemical nature. An important source of air and soil contamination with asbestos is the process of mining and processing of serpentinic rocks in Nasławice – the only mine of this material, operating in a massif Gogołów-Jordanów. Considerable amounts of asbestos-rich dust are released from the processes of crushing the rocks (Chodak i Bogda 1991, Czuba i in. 1992).

Another section of this chapter should focus on the issues of chemical properties of cultivated soils, with particular concern given to their productivity. Systematic survey confirms high variability of soil pH and soil fertility in the area of Lower Silesia. The most unfavourable turned out to be pH and the content of available phosphorus. Strongly acidic, acidic and slightly acidic soils make up over 75% of arable lands examined in last years, spread out mainly in the south-western part of the province (Fig. 6.3).

Do początku lat 80-tych XX w. działań służących rekultywacji gleb zanieczyszczonych właściwie nie prowadzono. Zabiegi służące poprawie właściwości chemicznych gleb realizowano głównie dla poprawy ich żyzności i produktywności. Problem zanieczyszczenia gleb, np. w sąsiedztwie zakładów przemysłowych, sprowadzany był też głównie do utraty plonów roślin uprawnych.

Dopiero w latach 80-tych podjęto zorganizowane działania służące rekultywacji gleb zanieczyszczonych w aspekcie ochrony środowiska. Przyczyniło się do tego upublicznienie informacji dotyczących zanieczyszczenia środowiska, zwłaszcza na tzw. obszarach ekologicznego zagrożenia, do których na Dolnym Śląsku należał legnicko-głogowski obszar klęski ekologicznej i 4 obszary o środowisku zanieczyszczonym we wszystkich elementach: aglomeracja wrocławska oraz ośrodki przemysłowe jeleniogórski, wałbrzyski i turoszowski (Weber 1987). Pierwsza ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych, z roku 1982, a także późniejsze regulacje prawne, wymusiły podejmowanie działań rekultywacyjnych, które – zgodnie z zapisem tej ustawy definiowano jako nadanie glebom lub przywrócenie im wartości użytkowych, m.in. przez poprawę ich właściwości fizycznych i chemicznych. Do działań tego typu zobowiązane zostały przede wszystkim zakłady przemysłowe, w rejonie których stwierdzono w latach 70-tych i 80-tych znaczną akumulację zanieczyszczeń. Na terenie Dolnego Śląska dotyczyło to zwłaszcza hut miedzi w Legnicy i Głogowie, zaliczonych do tzw. 80 największych trucicieli, których emisje spowodowały zanieczyszczenie metalami ciężkimi.

6.3 Remediation of contaminated soils

The principles and strategies of required remediation processes, that should be applied to contaminated soils, were changing in the time according to the changes in relevant legal regulations. Any activities were in the past, and are presently, taken on either when a land user can see their purposefulness for an increase in crop yields, or when they are enforced by an effective system of law. In fact, until the early eighties of the twentieth century, any remediation measures to contaminated soils were not carried out. Some kinds of treatment were only aimed to improve soil properties in order to increase their fertility and productivity. The problem of soil pollution in the vicinities of industrial plants was then tangibly reduced to the loss of crop yields.

It was only in the 80s when this problem started to be considered in terms of environmental protection. Such a new approach was triggered by publicizing the data on environmental pollution, particularly in so called areas of ecological hazard, of which five were situated in Lower Silesia, i.e. Legnica-Głogów area of ecological disaster, and 4 areas with polluted all the compartments of environment: the city of Wrocław and industrial centres of Jelenia Góra, Wałbrzych and Turoszów (Weber 1987). The first Act on protection of agricultural and forest lands, published in 1982, as well as subsequent legal regulations, enforced taking on active remediation, which was defined as creation or restoration of utilitarian values of degraded soil, through the improvement of their physical and chemical properties.

Działania rekultywacyjne w utworzonych strefach ochronnych, polegające głównie na immobilizacji toksycznych metali przez wapnowanie i wzbogacenie kompleksu sorpcyjnego, pozwoliły skutecznie przywrócić glebom równowagę biologiczną i odtworzyć okrywę roślinną, głównie z zastosowaniem zadrzewień topolowych.

Wprowadzenie ustawy Prawo ochrony środowiska w roku 2001 radykalnie zmieniło podejście do rekultywacji gleb zanieczyszczonych. W artykule 103 pkt. 2 Ustawy zdefiniowano cel rekultywacji zanieczyszczonej gleby lub ziemi jako przywrócenie jej właściwości do stanu wymaganego standardami jakości. Oznaczało to, że w każdym przypadku przekroczenia standardów należałoby podjąć działania mające na celu usunięcie nadmiernych ilości zanieczyszczeń (czyli dekontaminację). Jest oczywiste, że działania takie nie miałyby uzasadnienia na dużych obszarach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, na których skutecznie przeprowadzono zabiegi immobilizacji i fitostabilizacji. Mimo, że w świetle prawa obowiązek doprowadzenia gleb do standardów wydawał się jednoznaczny, to jednak decyzji o pilnym oczyszczaniu gleb nie podejmowano, odkładając je na nieokreśloną przyszłość ze względu na brak środków i niespójność przepisów.

Zmiany w prawie wynikające z tzw. ustawy szkodowej, wprowadzonej w roku 2007, częściowo zliberalizowały interpretację „procesów naprawczych", a wprowadzone w roku 2014 zasadnicze zmiany w ustawie Prawo ochrony środowiska otworzyły drogę do zalegalizowania metod opartych na stabilizacji zanieczyszczeń w glebie.

The first entities obliged to take on such measures were those large industrial plants in the surroundings of which the strong accumulation of pollutants was identified in the seventies and eighties. Two largest of such plants in Lower Silesia were the copper smelters in Legnica and Głogów, included in the list of so called 80 major poisoners. Their emissions caused severe acidification of soils and their pollution with heavy metals. Remediation measures, carried out in the protection zones established around the smelters, involved principally soil neutralization and immobilization of metals via liming, as well as enrichment of soil sorption complex. Those measures made it possible to bring back biological balance and to restore plant cover, based mainly on poplar woodlands. Some more details on the remediation process will be presented in the second part of this monograph.

Introduction of the Act on Environmental Protection in 2001 changed dramatically the approach to the issue of remediation and understanding of its goals. Remediation of polluted soil was defined in the paragraph No 103.2. as restoration of soil properties so that they meet the requirements determined by soil quality standards. This meant in fact that in each case when the standards were exceeded, decontamination procedures should be taken on to remove the excessive amount of contaminants. On the other hand, however, it appears obvious that such actions would not have justification for large areas contaminated with heavy metals, where metal immobilization and phytostabilization were previously applied with satisfactory results.

Są one dopuszczalnymi sposobami remediacji, o ile gwarantują one *kontrolę oraz ograniczenie rozprzestrzeniania się tych zanieczyszczeń, tak aby teren zanieczyszczony przestał stwarzać zagrożenie dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska*. Ponadto *remediacja może polegać na samooczyszczaniu, jeżeli przynosi ono największe korzyści dla środowiska*.

Należy jednak w tym miejscu podkreślić, że w niektórych sytuacjach uzasadnione jest, albo wręcz wskazane, podejmowanie działań remediacyjnych polegających na oczyszczaniu gleb. Dotyczy to między innymi usuwania zanieczyszczeń organicznych, takich jak oleje, benzyny oraz inne uciążliwe substancje, które mogą zagrażać jakości wód gruntowych. Oczyszczanie gleb z takich substancji, najczęściej w drodze bioremediacji, podejmowano na terenach zanieczyszczonych ropopochodnymi, m.in. na dawnych lotniskach wojskowych w Skarbimierzu oraz w Legnicy. Po wejściu w życie ustawy „szkodowej", decyzje o konieczności oczyszczania gleb (gruntów) w przypadku awarii, w wyniku której mogą przedostać się do środowiska substancje niebezpieczne, podejmowane są przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska. Na Dolnym Śląsku dotyczy to corocznie kilku lub kilkunastu przypadków wycieku substancji ropopochodnych na terenie zakładowych lub komercyjnych stacji paliw, a także innych przypadków zanieczyszczenia środowiska gruntowego szkodliwymi substancjami, w tym olejem mineralnym, olejem transformatorowym, cyjankami, pestycydami czy chlorowanymi węglowodorami.

Therefore, although a legal obligation to bring the soil to the standards seemed to be clear and unambiguous, related decisions on prompt soil decontamination were not taken, and final resolutions were put off to the unspecified future because of lack of funds and inconsistency of law.

The next changes in legal regulations, brought about by the so called Act on environmental damages of 2007, introduced the term „repair of damage" which partly changed the understanding of remediation making it less restrictive. The amendments to the Act on Environmental Protection introduced a general changes in this matter and opened up the possibility to accept the methods based on stabilization of pollutants in soils, provided that they guarantee obtaining the effects of *control and reduction of contaminants spread in the environment, so that the contaminated site no longer poses any significant risk to human health and the environment.* Furthermore*, soil remediation may involve natural attenuation in case this method turns out to be most beneficial for the environment.*

It should be stressed here that active remediation measures based on accelerated decontamination shall in some cases be considered as justified or even recommended. This refers for instance to organic pollutants, such as mineral oils, fuel or other hazardous substances, that should be efficiently removed from soils in cases when they pose threat to the quality of underground water. Soil cleanup of such substances, most often via bioremediation, was carried out in several areas contaminated with petroleum, such as former military airfields in Skarbimierz and in Legnica.

Objętość skażonego gruntu jest w większości takich przypadków niewielka, a podejmowane działania najczęściej polegają na wydobyciu zanieczyszczonego gruntu i unieszkodliwieniu zanieczyszczeń metodą ex-situ; w niektórych przypadkach stosuje się także bioremediację in-situ. Zadania te realizują specjalistyczne firmy.

After the Act on environmental damages entered into force in 2007, Regional Directors of Environmental Protection took over a responsibility for decisions concerning the need for purification of soils (grounds) in case of failures that may cause a release of hazardous substances into the environment. In Lower Silesia, there are several up to dozen such accidents every year, when petroleum-like substances leak out into soils in the areas of industrial or commercial fuel stations, and the cases of soil pollution with other harmful substances, such as mineral oil, transformer oil, cyanides, pesticides and chlorinated hydrocarbons. The volume of contaminated ground is in most of those cases rather small and remedial actions involve usually the excavation of contaminated ground and ex-situ inactivation or removal of contaminants; sometimes the method of bioremediation in situ turns out to be the best option. All those tasks are carried out by specialised companies.

Rozdział 7

Degradacja geotechniczna i rekultywacja terenów przekształconych przez górnictwo w Polsce południowo-zachodniej

Chapter 7

Degradation and reclamation of lands technically disturbed by mining activities in south-western Poland

Degradacja geotechniczna (geomechaniczna) polega na mechanicznym zniszczeniu profilu glebowego, zwykle w związku z przekształceniem warunków geomorfologicznych wskutek prowadzonych prac ziemnych lub górniczych. Największe powierzchnie gleb zdegradowanych geomechanicznie powstają pod wpływem oddziaływania górnictwa – zwłaszcza odkrywkowego, a także głębinowego. Środowisko przyrodnicze ulega daleko idącym przekształceniom na skutek intensywnego wydobycia surowców, w tym zwłaszcza surowców energetycznych oraz skalnych, a także rud metali. Antropogeniczne powierzchnie przyjmują formy rozległych wyrobisk oraz zwałowisk, na których deponowane są masy ziemne, skały nadkładu i inne odpady wydobywcze. Tego typu obiekty są często znacznie wyniesione nad poziom otaczającego je terenu i szpecą naturalny krajobraz. Tereny zdegradowane, przekształcone przez górnictwo, po ukończeniu eksploatacji poddaje się rekultywacji i zagospodarowaniu (Kasprzyk, 2009).

Technical (geotechnical) degradation of soils involves the mechanical devastation of soil profiles, usually caused by transformation of land morphology due to excavation or mining works. The largest areas of technically degraded soils develop as a result of mining works – particularly those carried out in open-pits, and in underground mines.

Intensive exploitation of mineral resources, such as energy raw materials, solid rocks and metal ores, generates far reaching transformations in the natural environment. Human-made ("anthropogenic") surfaces usually have the form of spacious excavation pits and large heaps on which earth masses, gangue rock material and other kinds of mine and processing wastes are disposed. Such objects, often elevated above ground level, may considerably disfigure the natural landscape. Therefore, after the closure of mining works, all transformed landforms should be reclaimed and made available for future usage (Kasprzyk 2009).

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Problem degradacji geomechanicznej gleb na Dolnym Śląsku dotyczy zwłaszcza kilku okręgów górniczych: Turoszowskiego (gdzie eksploatowany jest węgiel brunatny), Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego (gdzie do roku 2002 wydobywano węgiel kamienny) oraz Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, a także okręgów eksploatacji surowców skalnych: Bolesławieckiego, Lubańskiego, Złotoryjskiego, Strzegomsko-Jaroszowskiego, Wałbrzyskiego, Strzelińskiego i Kłodzkiego (Bogda i in. 2005).

Każdy teren zdegradowany tworzy wyjątkową jednostkę o indywidualnych właściwościach. Przed określeniem finalnej decyzji o sposobie i kierunku rekultywacji każdorazowo dokonuje się szczegółowej analizy uwarunkowań lokalnych. Użytkowanie terenu po rekultywacji może się różnić w znacznej mierze od użytkowania sprzed dewastacji. O wyborze kierunku zagospodarowania terenów zdegradowanych decyduje zespół wielu czynników, m. in. forma geomorfologiczna obiektu, jego pochodzenie. jakość gruntów lub zwałowanego materiału, warunki wodne, możliwość przykrycia utworów o złej przydatności rekultywacyjnej warstwą żyznej gleby, a także czynniki ekologiczne i ekonomiczne oraz potrzeby wynikające z lokalnego planu zagospodarowania przestrzennego (Karczewska, 2012).

W 2012 roku w województwie dolnośląskim 8076 ha gruntów uznano za grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania (w tym gruntów zdewastowanych – 5898 ha, zaś zdegradowanych 2178 ha) (GUS 2013).

The problem of the technical degradation of soils in Lower Silesia concentrates mainly in some major mining districts: those of Turoszów (where lignite is mined), Lower Silesian Hard Coal Basin (that operated until 2002) and Legnica-Głogów Copper District, as well as in smaller districts of rock materials exploitation: Bolesławiec, Lubań, Złotoryja, Strzegom-Jaroszów, Wałbrzych, strzelin and Kłodzko (Bogda et al. 2005).

Each of these degraded areas is a sort of unit with its own exceptional properties. Therefore, before the final decision on land reclamation is taken, a detailed analysis of local conditions should be performed. Land usage after reclamation may be quite different from that before land devastation. The choice of the manner of land use after reclamation should be based on a set of many factors such as the geomorphology of the site, its history, the quality of rocks or disposed waste material, water conditions, the possibility to cover a reclamation-unsuitable, bad-quality material with a layer of fertile soil, ecological and financial determinants, as well as a local plan for land management (Karczewska 2012).

The area of degraded and devastated lands that need reclamation and management in Lower Silesia province was assessed in 2012 as 8076 ha, of which the area of 6898 ha was classified as devastated lands, and 2178 ha as degraded ones (GUS 2013).

7.1 Obszary zdegradowane przez górnictwo węgla kamiennego na Dolnym Śląsku

Górnictwo węgla kamiennego stanowi w Polsce jedną z podstawowych gałęzi przemysłu wydobywczego i całej gospodarki. Złoża węgla kamiennego w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym (zlikwidowanym w 2002 r.), zlokalizowane są w obszarze niecki śródsudeckiej, w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy. Niecka zbudowana jest z osadów dolnego i górnego karbonu, permu, triasu oraz górnej kredy.

Eksploatację węgla kamiennego rozpoczęto tu w średniowieczu. Pierwsze wzmianki na temat górnictwa węgla kamiennego w rejonie Nowej Rudy pochodzą z roku 1434. Z biegiem lat eksploatacja węgla zwiększała się aż do końca XX wieku, kiedy zaniechano eksploatacji z przyczyn ekonomicznych. Początkowo węgiel wydobywany był metodą wykopów i ping, ewoluując do kopalni podziemnej z jednym wyrobiskiem udostępniającym, aż do rozbudowanej struktury kopalń głębinowych (Piątek, 1995). W regionie wałbrzyskim eksploatowany był wysokokaloryczny węgiel antracytowy z pokładów o średniej miąższości 0,6 – 1,5 m (Bogda i in. 2010).

Oddziaływanie eksploatacji węgla kamiennego na środowisko odbywa się na drodze bezpośredniej i pośredniej. Oddziaływanie bezpośrednie polega na zajęciu terenu pod budowę zakładu górniczego oraz tworzeniu zwałowisk skały płonej i składowisk odpadów przeróbczych. Do pośrednich form zalicza się niezamierzone efekty robót górniczych jak przekształcenia geomechaniczne wskutek osiadania terenu i przekształcenia hydrogeologiczne (Chwastek 1990).

7.1 The areas disturbed by hard coal mining in Lower Silesia

Hard coal mining is one of the key branches of the mining industry and the basis of the whole economy in Poland. Coal deposits of the Lower Silesian Hard Coal Basin (mined until 2002) are situated in the intra-Sudetic basin, in the regions of Wałbrzych and Nowa Ruda. The basin is built of sedimentary deposits of lower and upper Carboniferous, Permian, Triassic and upper Cretaceous origin. Hard coal mining started here in Medieval times. The first records mentioning such activities in the region of Nowa Ruda originate from 1434. The amounts of acquired coal tended to constantly increase until the end of 20th century, when mining activity was ceased for economic reasons. Initially, the coal was mined by a simple technique of shallow pits and shafts that slowly changed into single-entry mines and finally – into a complex-structure underground mines (Piątek 1995). Anthracite-type, high calorific coal was mined here from 0.6-1.5-meter thick seams (Bogda et al. 2010)

Underground mining of hard coal affects the environment in both a direct and indirect way. The direct effects involve land exclusion from usage and its cession for infrastructure of the mine, as well as formation of gangue rock heaps (mine spoils) and processing waste dumps. The main indirect effects of mining activities are undesirable changes in land morphology caused by subsidence (continuous and discontinuous surface deformations), as well as changes in local hydrogeological conditions (Chwastek 1990).

Formami tworzącymi rzeźbę antropogeniczną, związaną z rozwojem górnictwa węgla kamiennego w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy są hałdy i osadniki kopalniane, niecki z osiadania i zapadliska oraz różnej wielkości wyrobiska w powierzchni ziemi (Wójcik 2008). Największe przeobrażenia rzeźby tego terenu powstały na skutek osiadania górotworu nad podziemnymi wyrobiskami górniczymi. Wielkość zmienionej powierzchni rejonu wałbrzyskiego wynosi 3500 ha, a orientacyjna objętość przestrzeni powstałej w związku z osiadaniem wynosi 245 mln m^3 (Wójcik 2008). Pionowe osiadanie górotworu w tym rejonie wynosiło od 0,4 m do 6,5 m w stosunku do wysokości powierzchni terenu od momentu rozpoczęcia pomiarów osiadań (Wójcik 2006).

Według stanu na koniec 1996 roku, kiedy zakończono wydobycie węgla na skalę przemysłową, w rejonie Wałbrzycha utworzonych zostało 39 hałd o zróżnicowanej wielkości od 0,7 do 50 ha (średnio około 7 ha) i wysokości od 3 do 105 m. Wiele hałd ma nieregularny kształt (zespoły pryzm, stożków, kopuł). Zajmują one łącznie powierzchnię 305 ha, a ich kubaturę oszacowano na 83 mln m^3 (Wójcik 2011). Przestrzenne rozmieszczenie hałd kopalnianych w wałbrzyskim rejonie górniczym jest nierównomierne. Największe ich ilości występują w południowej i zachodniej części Kotliny Wałbrzyskiej (dzielnica Sobięcin). Pojedyncze zwały występują również w części centralnej Kotliny (Wójcik 2006). Podczas eksploatacji węgla na tym terenie obok hałd powstały również osadniki poflotacyjne, których rozmieszczenie, podobnie jak hałd jest bardzo nierównomierne.

Anthropogenic forms of landscape, closely related to the development of hard coal mining in the area of Wałbrzych and Nowa Ruda are mine spoils and tailings impoundments, as well as subsidence basins, depressions, and excavation pits of different sizes (Wójcik 2008). The largest changes in land surface developed due to subsidence of rock mass above the underground the excavation voids. The area changed due to mining activity in the whole region of Wałbrzych has been assessed as 3500 ha, and the extent of changes expressed in the volume of distorted space is as large as 245 Mln m^3 (Wójcik 2008). Vertical translocations of the land surface in this area vary from 0.4 to 6.5 m, compared to the level at the beginning of survey (Wójcik 2006).

According to the inventory made in the region of Wałbrzych at the end of 1996, when full-scale mining activity stopped, there are 39 mine spoils, with various sizes: 0.7-50 ha (mean round 7 ha), and different heights: 3-105 m. Many of these spoils have irregular shapes (assemblies of prisms, cones and domes). They cover an area of 305 ha altogether, and their volume has been assessed as 85 Mln m^3 (Wójcik 2011). The spoils are irregularly placed within the area of Wałbrzych mining district. Most of them are situated in the southern and western part of Wałbrzych Dale (the district of Sobięcin). Several single heaps are located in the central part of the Dale (Wójcik 2006). Apart from the mine spoil, coal mining and processing additionally resulted in formation of tailings impoundments, which are also irregularly distributed in the space.

Łącznie na terenie Wałbrzycha wybudowano 16 zbiorników poflotacyjnych o powierzchni 74 ha i kubaturze 9007 tys. m^3 (największy o powierzchni 26 ha zlokalizowany jest w Wałbrzychu przy ul. 1-go Maja) (Wójcik 2008).

Negatywne oddziaływanie hałd odpadów wydobywczych w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy na pokrywę glebową obserwuje się głównie w bezpośrednim sąsiedztwie zwałów. Zmiany te mają charakter fizyczny i chemiczny. Fizyczne zmiany wynikają m.in. z wietrzenia łupków ilastych i iłowców. Na przedpolach hałd powstają niekiedy rozległe stożki napływowe. Zmiany chemiczne ujawniają się w głównie w wyniku utleniania pirytu oraz hydrolizy siarczanów żelaza i glinu, z których wydziela się kwas siarkowy powodujący zakwaszenie oraz zasolenie gleb. Zwałowiska oddziałują również na jakość powietrza. W wyniku procesów termicznych powstają tlenki węgla i siarki, powodując zanieczyszczenie atmosfery. Liczne hałdy, zlokalizowane w Wałbrzychu i w Nowej Rudzie w obszarze zabudowy domów mieszkalnych, stanowią zagrożenie dla ludności, gdyż są źródłem zanieczyszczenia powietrza, a także przyczyną zamulania ulicznych studzienek i piwnic domów (Wójcik 2011).

Zwałowiska skały płonej górnictwa węgla kamiennego należą do bardzo trudnych do rekultywacji. Wynika to z kilku niekorzystnych czynników: kształtu zwałów i stromych skarp, złej przydatności rekultywacyjnej materiału zwałów oraz ich termicznej aktywności. W masie odpadów zdeponowanych na hałdach występuje znaczna zawartość składników palnych, przede wszystkim węgla, a także pirytu.

There are 16 such objects altogether, with a total surface area of 74 ha, and a cubature of 9007 thousand m^3. The largest impoundment, with a surface of 26 ha, is situated in Wałbrzych at 1 Maja Street (Wójcik 2008).

Adverse impacts of mine spoils located in the area of Wałbrzych and Nowa Ruda on local soil cover are particularly well visible in close vicinity of the heaps. The changes in soils are of both physical and chemical nature. The physical changes are, for instance, caused by weathering of gangue rocks, i.e. clay schists and claystones. As a result, such forms as spacious alluvial fans develop at the foreground of the heaps. The chemical changes involve, primarily, soil acidification and salinization of soils as a consequence of weathering processes, including pyrite oxidation and hydrolysis of Fe and Al sulfates. Mine spoils also contribute to the deterioration of air quality. Carbon and sulfur oxides brought into being as an effect of thermal processes are important air pollutants. Therefore, because of air pollution, the spoils often situated within residential areas of Wałbrzych and Nowa Ruda, pose a considerable risk to inhabitants of those areas. Another associated problem for the residents is the clogging of wells and outflows of basements (Wójcik 2011).

Mine spoils formed of waste material (gangue rocks) produced by hard coal mining are examples of materials which are very difficult for reclamation. This is because of several unfavourable factors, i.e. the shape of heaps, usually with steep slopes, the fact that the material is barely suitable for being soil parent rock, and finally the thermal activity.

Piryt w kontakcie z tlenem ulega naturalnemu procesowi utleniania, czemu towarzyszy wydzielanie ciepła, a to prowadzi do procesu samozagrzewania oraz samozapalania odpadów powęglowych (Drenda, Różański 2007) . Czynność termiczna zwałów bardzo utrudnia prace rekultywacyjne, gdyż konieczne jest przeprowadzenie prac wygaszających obiekt. Problem ten pojawiał się na niektórych hałdach (hałda „Staszic" w Wałbrzychu, hałdy w Nowej Rudzie).

Obok tych cech zwałów, ważnymi czynnikami decydującymi o wyborze kierunku zagospodarowania są: środki finansowe jakimi dysponuje kopalnia, współpraca zarządu kopalni z władzami terytorialnymi oraz zainteresowanie indywidualnych inwestorów (Patrzałek 1992).

W Zagłębiu Wałbrzysko-Noworudzkim dominuje leśny kierunek zagospodarowania zwałów (Fig. 7.1 i 7.2), gdyż największe zainteresowanie przejęciem zrekultywowanych obiektów wykazuje Zarząd Lasów Państwowych (Maciejewska-Kuriata 2005). Na hałdach rekultywowanych w kierunku leśnym wprowadzano głównie brzozę brodawkowatą, topolę osikę, klon zwyczajny, wierzbę iwę, sosnę zwyczajną, dąb szypułkowy, robinię akacjową i jarząb pospolity. Niektóre hałdy w Wałbrzychu są porośnięte roślinnością w 100%, a rekultywacja przeprowadzona została kilkadziesiąt lat temu. Hałdy te są własnością Lasów Państwowych lub skarbu państwa. Starsze hałdy, często o nieregularnym kształcie, ulegają samoistnej sukcesji i wkomponowują się w naturalny krajobraz otaczających je Gór Wałbrzyskich. Kierunek specjalny w rekultywacji hałd węgla kamiennego jest stosowany rzadko, ponieważ brak jest

The presence of considerable amounts of combustible components, i.e. residual coal, together with pyrite – a mineral prone to spontaneous oxidation in the presence of oxygen, which generates a lot of heat, may initiate the process of self-warming and self-combustion of disposed waste material (Drenda, Różański 2007). The thermal activity of mine spoils is an unfavourable factor that often makes reclamation measures difficult and temporarily impossible. Exothermal processes in spoils have to be extinguished before regular reclamation measures are adopted. Such long-lasting effects have been observed in many cases of mine spoils (such as the 'Staszic' heap in Wałbrzych and several heaps in Nowa Ruda),

The important factors that determine the method of mine spoil reclamation, to develop soil properties required for planned future use, are the financial means available for this purpose, the conditions of cooperation between the administration of the mining company and local authorities, as well as the interest of potential investors to take over the objects (Patrzałek 1992).

Most mine spoils in the Coal Mining District of Wałbrzych and Nowa Ruda have been afforested (Photo 1 and 2), as the Directorate of National Forests is interested in taking them over for its statutory purposes (Maciejewska-Kuriata 2005). The main tree species used for forestation are: birch (*Betula pendula*), poplar (*Populus* spp.), aspen (*Populus tremula*), maple (*Acer platanoides*), various species of willow (*Salix* spp), Scots pine (*Pinus sylvestris*), oak (*Quercus robur, Q. petraea* as well as *Q. rubra*), black locust (*Robinia pseudoaccacia*) and mountain ash (*Sorbus aucuparia*). Some heaps,

chętnych inwestorów, którzy zgodnie z planem zagospodarowaliby teren po wykonanej rekultywacji. Przykładem takiego zagospodarowania w kierunku specjalnym jest urządzenie na jednej z hałd w Wałbrzychu, ze względu na bogata morfologię obiektu, terenu do zawodów motocrossowych (hałda „Wiesław" w dzielnicy Biały Kamień). Rekultywację w kierunku specjalnym przeprowadzono również na hałdzie „Moniuszko". Właścicielem tej hałdy jest Spółka Restrukturyzacji Kopalń. Obok zalesienia i zadarnienia zaprojektowano na tej hałdzie (w części północnej, gdyż część południową hałdy wraz ze zbiornikiem poflotacyjnym sprzedano prywatnemu inwestorowi) ścieżki spacerowe, boisko, miejsca na ogniska. Prace rekultywacyjne na tej hałdzie nie zostały do tej pory zakończone. Kierunek rolny rekultywacji na hałdach górnictwa węgla kamiennego nie jest w praktyce stosowany (Strzyszcz, Harbin 2004).

Do końca 2000 r. w rejonie Wałbrzycha było zrekultywowanych 179,39 ha hałd, co stanowi zaledwie 58,8% ogólnej ich powierzchni (Wójcik 2011).

7.2 Obszary zdegradowane przez górnictwo węgla brunatnego na Dolnym Śląsku

W granicach województwa dolnośląskiego znajduje się 13 udokumentowanych złóż węgla brunatnego, związanych z trzeciorzędową formacją węglonośną, która tworzy pokrywę o miąższości przeciętnie od 50 do 100 m (maksymalnie do 450 m), przykrytą trzecio- i czwartorzędowym nadkładem o grubości do 200 m.

reclaimed several decades ago, have been until now efficiently, i.e. a hundred percent, covered with plants. They belong either to National Forests or to the State Treasury. Most of the older heaps, with irregular shape, have undergone the processes of spontaneous succession and now compose well with the natural landscape of the neighbouring Wałbrzyskie Mts.

Alternative solutions for the reclamation of mine spoils, such as the so-called 'special way of management', are used relatively seldom in the hard coal mining district in Lower Silesia, because of the lack of investors interested in managing the sites after reclamation in accordance with accepted designs. An interesting example of such 'special' reclamation that takes advantage of the diversified morphology of the heap is 'Wiesław' in the district Biały Kamień – a mine spoil with terrain laid out for motocross. Another example of reclamation for 'special' purpose is the Moniuszko mine spoil, the property of the Mine Restructuring Company. Some sectors of the spoil have been forested, some others – covered with grass for aesthetical and recreational purposes, and the other parts are planned for walking paths, playgrounds, and picnic areas. The southern part of the heap, together with neighbouring tailings impoundment, has been given over for usage by a private investor. Reclamation of the heap has not been finished yet.

As a final remark concerning hard coal mining areas, it should be added that the properties of mine spoils make their reclamation for agricultural purposes entirely impossible (Strzyszcz, Harabin 2004).

Serię węglonośną budują piaski, mułki i iły, wśród których występuje siedem różnowiekowych poziomów węglonośnych, utworzonych zwykle przez wiązki pokładów (Koźma, Sroga 2005). Znaczenie przemysłowe mają niezagospodarowane złoża warstwowe z rejonu Ścinawy i Legnicy (których planowana eksploatacja stanowi ostatnio przedmiot burzliwych dyskusji), a także jedyne czynne złoże, typu zapadliskowego, w rejonie Bogatyni i Turoszowa.

Kopalnia Węgla Brunatnego „Turów" jest najstarszą i drugą pod względem wielkości kopalnią odkrywkową w Polsce. Wydobycie węgla brunatnego prowadzone jest na potrzeby położonej obok elektrowni „Turów" o mocy 2100 MW.

Pierwsze zapiski o wydobyciu węgla brunatnego w tym rejonie pochodzą z roku 1740. Na skalę przemysłową eksploatację złoża rozpoczęto w 1904 roku i kontynuowano ją po II wojnie światowej, rozbudowując kopalnię po roku 1958 (Kasztelewicz, 2010). Górnictwo odkrywkowe powoduje degradację znacznie większych obszarów niż górnictwo podziemne. Eksploatacja odkrywkowa wiąże się zawsze z koniecznością zdjęcia i zwałowania skał nadkładu. Cechą charakterystyczną odkrywkowej eksploatacji górniczej są lokalne przekształcenia krajobrazowe oraz zmiany lokalnej sieci hydrograficznej, poziomów wodonośnych, a także jakości wód powierzchniowych. W przypadku kopalni Turów antropogenicznymi formami są: wyrobisko (o powierzchni około 24 km^2 i głębokości 210 m) (Fig. 7.3) i zwałowisko zewnętrzne (o powierzchni około 22 km^2, i wysokości 245 m nad poziom terenu).

The total total area of mine spoils reclaimed until the year 2000 in the region of Wałbrzych was reported as 179.39 ha, which makes up only 58.8% of their total area (Wójcik 2011).

7.2 The areas disturbed by lignite mining in Lower Silesia

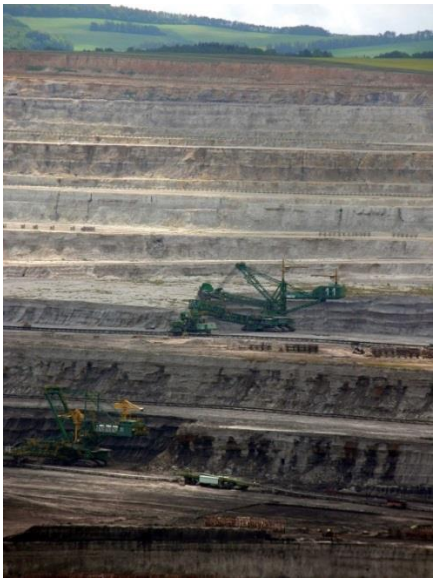
According to the geological inventory, there are 13 large documented lignite deposits situated within the province of Lower Silesia. They all belong to the Tertiary coal-bearing formation, a 50-100 meter thick cover (on average), with a maximum of 450 m, overlaid by Tertiary and Quarternary overburden, with a thickness up to 200 m. The coal-bearing series consists of sands, silts and clays, divided by seven coal-bearing strata of various ages, in the form of several associated seams (Koźma, Sroga 2005).

Large stratified deposits present in the area of Legnica and Ścinawa are of documented economic importance, but a final decision concerning their future exploitation has not been taken yet. These plans have recently raised a lot of stormy discussions. The only deposit exploited now in Lower Silesia is that of collapse-type in the area Bogatynia-Turoszów.

The "Turów" lignite mine is the oldest and second largest opencast mine in Poland. Excavated lignite is used on site, in the neighbouring 2100 MW "Turów" power plant. The first records of lignite mining in this area are known from 1740. Industrial-scale mining started in 1904, and continued after the second world war. Beginning from 1958, the mine was consequently enlarged (Kasztelewicz 2010).

Rysunek 7.1. Hałda w Nowej Rudzie – Słupcu (fot. D. Pruchniewicz)
Figure 7.1. Mining heap in the Nowa Ruda – Słupiec

Rysunek 7.1. Hałda w Nowej Rudzie przy kopalni Piast (fot. D. Pruchniewicz)
Figure 7.2. Mining heap in the Nowa Ruda, at the Piast mine



Rysunek 7.3. Fragment wyrobiska kopalni węgla brunatnego Turów w Bogatyni (fot. A. Karczewska)
Figure 7.3. Excavation pit of the lignite mine Turów in Bogatynia

Rysunek 7.4. Nasadzenia na zwałowisku zewnętrznym KWB Turów (fot. A. Karczewska)
Figure 7.4. Biological reclamation on the external heap at the mine Turów.

Od początku działalności kopalnia Turów przekształciła ponad 5600 ha powierzchni terenu (Mrówczyńska i in. 2009). Na zwałowisku zewnętrznym znajduje się 1470 mln m^3 nadkładu. Zwałowisko to uznawane jest za jedno z największych w Europie (Kasztelewicz 2010). W 2006 roku zakończono zwałowanie zewnętrzne. W wyrobisku funkcjonują dwa pola wydobywcze (północne i południowe). Centralna część pola północnego pozbawiona jest już zasobów przemysłowych i tworzone jest tam zwałowisko wewnętrzne. Węgiel eksploatowany jest obecnie w polu południowym. Obecnie wydobycie węgla w KWB „Turów" waha się w granicach 10-12 mln ton/rok, a ilość zdejmowanego nadkładu wynosi około 30 mln m^3/rok.

Rekultywację terenów poeksploatacyjnych kopalnia „Turów" rozpoczęła w latach 60., przyjmując koncepcję leśnego zagospodarowania zwałowiska zewnętrznego. Próby rekultywacji terenów pogórniczych w kierunku rolnym nie znalazły uzasadnienia ze względu na niekorzystne właściwości gruntu, które przekładały się na wzrastające koszty rekultywacji i uzyskane małe wydajności plonów (Kasztelewicz i in. 2007). Grunty składowiska zewnętrznego budują w przewadze trzeciorzędowe iły z domieszką węgla, ksylitów, sferosyderytów oraz piaski i czwartorzędowe gliny. Są to grunty o niejednorodnej budowie, niekorzystnych właściwościach powietrzno - wodnych, małej zasobności w składniki pokarmowe, znacznym zakwaszeniu oraz niskiej aktywności biologicznej. Wysoki udział frakcji spławialnych sprawia, że są to grunty trudne do rekultywacji zarówno w stanie suchym, jak i wilgotnym (Nietrzeba-Marcinonis, 2008).

Environmental degradation caused by open-pit mining is much more extensive than that caused by underground exploitation. Mining activity requires removal and dumping of overburden rocks. Characteristic features of areas affected by opencast mining are transformations of local landscape and hydrographic systems, as well as changes in aquifers and changed quality of surface water. In the particular case of Turów, the new, human-made forms of landscape are: a 24 km^2 large and 210 m deep excavation pit (Photo 3), and a 22 km^2 large dump of overburden, situated outside of the pit and elevated as high as 245 m above the ground level. The dump, built of 1 470 Mln m^3 overburden, is one of the largest mine waste disposal sites in Europe (Kasztelewicz 2010). Since 2006, the overburden material has no longer been dumped outside of the pit. Lignite mining continues in two exploitation zones, in the northern and southern part of the pit, whereas the space between them, where the deposits have already been exhausted, is now used for inner dumping of overburden material. Presently, mining activity concentrates in the southern zone. The yearly amount of excavated lignite varies in the range 10-12 Mln Mg, and the related amount of disposed overburden material is round 30 Mln m^3.

Reclamation of mining-affected areas started in 'Turów' in the sixties, according to the decision to afforest the dump of overburden. Several attempts were made to reclaim it for future agricultural usage, but they turned out to be fruitless because of the unsuitable properties of overburden material, increasing related costs of reclamation, as well as low crop yields (Kasztelewicz et al. 2007).

Skład gatunkowy nasadzanych drzew uzgadniany był z przyszłym użytkownikiem, jakim jest nadleśnictwo. W nasadzeniach w ilości około 10 000 szt./ha przeważają drzewa liściaste, ale domieszkowo sadzi się również sadzonki drzew iglastych, jak sosny czarnej i modrzewia (Fig. 7.4). W procesie rekultywacji gruntów pogórniczych w Kopalni Węgla Brunatnego Turów realizowana jest biodynamiczna metoda zalesiania (Krzaklewski 1996). Opiera się ona na wprowadzaniu gatunków drzew i roślin zielnych o właściwościach wybitnie fito-melioracyjnych w ilości co najmniej 30%. Są to głównie olsza czarna i szara, łubin trwały. Wśród olszy, jednostkowo lub w małych grupach, nasadzany jest dąb szypułkowy, klon jawor i inne gatunki główne. Ich udział w składzie zależy od warunków siedliskowych. Dodatkowym czynnikiem w tej metodzie jest udział roślinności zielnej a zwłaszcza łubinu trwałego, którego udatność w ostatnich latach na rekultywowanych terenach znacznie wzrosła. Jego głównym atutem jest dostarczanie do ekosystemu dodatkowej biomasy i znacznych ilości azotu (Nietrzeba-Marcinonis 2008).

Powstały w wyniku rekultywacji kompleks leśny pełni dziś rolę sanitarną i krajobrazową, a w przyszłości będzie pełnić rolę gospodarczą (Kasztelewicz i in. 2007). Rekultywację zwałowiska zewnętrznego zakończono w roku 2008. Rozważa się utworzenie na jego wierzchowinie farmy wiatrowej o mocy 300 MW. Eksploatacja węgla zakończy się prawdopodobnie około 2045 r. Docelowe zagospodarowanie wyrobiska końcowego kopalni „Turów" przewiduje powstanie zbiornika wodnego o powierzchni około 1700 ha i pojemności około 1,2 mld m^3, który będzie wykorzystywany

The material disposed on the dump consists mainly of Tertiary clays that contain residual admixtures of lignite, xylites and spherical siderites, with some sands and Quarternary loams. This material is heterogeneous, and has unfavourable physical properties, low fertility, high acidity and therefore low biological activity. The high contribution of the clay fraction makes this material very difficult for reclamation, both when moist and dry (Nietrzeba-Marcinonis 2008). The composition of tree species for reclamation has been established in cooperation with the future user of the site, i.e. a specialist designated from National Forests. Of the trees planted there, in the amount of 10 000 pieces per hectare, predominant are deciduous species, however some admixtures of coniferous species were also introduced, such as black pine and European larch (Fig. 7.4). The process of forestation of overburden dump is now continued in the mine Turów according to the so called biodynamic method (Krzaklewski 1996). The method involves introduction of tree and herbaceous plant species, that are highly suitable for ameliorative purposes, such as black and grey alder and lupine, in the amount of at least 30%. The other, productive tree species are planted among them, either singly or in the small groups. In this group introduced are mainly oak and maple, as well as several other tree species, the contribution of which is related to the properties of habitats. An essential feature of this method is crucial role played by herbaceous plants, in particular by large-leave lupine. It supplies the ecosystem with large amounts of biomass rich in nitrogen (Nietrzeba-Marcinonis 2008).

głównie do magazynowania wody na potrzeby gospodarcze i retencjonowania fal powodziowych, a także dla rekreacji i gospodarki rybackiej (Kasztelewicz i in. 2007).

7.3 Obszary zdegradowane przez górnictwo surowców skalnych na Dolnym Śląsku

Na terenie Dolnego Śląska występuje znaczne nagromadzenie obiektów górnictwa surowców skalnych – zarówno skał luźnych, jak i litych. Znajduje się tu ponad 600 złóż surowców skalnych eksploatowanych odkrywkowo (Karczewska 2012).

Na całym terenie możemy spotkać wyrobiska piaskowni i żwirowni. Piaski o specjalnym przeznaczeniu wydobywane są lokalnie, na przykład: piaski szklarskie – głównie w niecce tomaszowskiej i bolesławieckiej, a złoża piasków formierskich w rejonie Krzeszowa (Karczewska 2012). Na obszarze Dolnego Śląska eksploatowane są też złoża iłów i glin. Iły porcelitowe i fajansowe, biało wypalające się, eksploatowane są główne w rejonie Bolesławca, zaś iły i łupki ogniotrwałe - w rejonie Jaroszowa. Na Dolnym Śląsku występuje cała gama różnych skał litych, w tym największe w Polsce złoża granitów. Dolnośląskie granity, związane z orogenezą hercyńską, tworzą samodzielne jednostki, z których największe to: masyw Strzelina, masyw Strzegomia i Sobótki oraz masyw Karkonoszy (Dziedzic 1979). Inne jednostki, jak wschodnia część masywu łużyckiego oraz masyw Kudowy, praktycznie nie mają znaczenia gospodarczego. W rejonie Złotego Stoku, Niemczy i Kłodzka występują sjenity. Do celów budowlanych eksploatuje się głównie sjenity z Niemczy.

A forest complex created as a result of reclamation process nowadays plays an important sanitary and aesthetical role in the landscape, and its economic importance will grow in the future (Kasztelewicz et al. 2007). Biological reclamation of the 'outer' overburden dump finished in 2008. Several possibilities for its usage for other purposes, such as as a location for a 300 MW wind farm, are presently under consideration.

Lignite exploitation in Turów will probably last until 2045, when the mine is planned to be closed. According to the plan of pit reclamation, a 1700 ha large water reservoir, with a total volume of 1.2 Billion m^3, will be created in the pit, and surrounded by a forest complex. The reservoir will collect water for local water supply, but it is going to play many other functions, including water retention for flood control, recreation and fishery (Kasztelewicz et al. 2007).

7.3 The areas affected by mining of rocky raw materials in Lower Silesia

The area of Lower Silesia is exceptionally rich in various kinds of rocks, both loose and solid ones, to be used for various purposes. Over 600 rock deposits are now exploited in open pit mines and quarries (Karczewska 2012).

Open pit mines that acquire sand and gravel are spread all over Lower Silesia. Several kinds of sand for special purposes are locally exploited in some sites, such as quartz sand for glass production – in the basin of Tomaszów and Bolesławów, and foundry sand in the vicinity of Krzeszów (Karczewska 2012). Clay deposits occur

Degradacja geomechaniczna gleb w rejonach górnictwa rud miedzi w niewielkim stopniu występuje w rejonie samych kopalń, a związana jest przede wszystkim z istnieniem zbiorników poflotacyjnych. Hałdy górnicze zajmują łącznie niewielką powierzchnię ok. 70 ha. Zostały one w większości zrekultywowane w kierunku leśnym. Eksploatację rudy miedzi prowadzi się metodą z podsadzkowaniem, dlatego deformacje terenu nad polami górniczymi nie przekraczają 2 m, i nie powinny przekroczyć w przyszłości 3 m. Z podsadzkowaniem wiąże się natomiast konieczność eksploatacji piaskowni. Piasek podsadzkowy, w ilości ponad 0,5 mln m^3 rocznie, pozyskiwany jest metodą „spod wody" w centralnej piaskowni Obora, o powierzchni ponad 200 ha (Monografia KGHM, 2008). Odpady poflotacyjne gromadzone są w osadnikach, stanowiących jedną z najważniejszych form oddziaływania Kombinatu na środowisko. W „Nowym Zagłębiu" górnictwa miedzi utworzono dwa zbiorniki poflotacyjne: Żelazny Most (czynny, o powierzchni 1400 ha) i Gilów (nieczynny, zrekultywowany, o powierzchni 540 ha). W „Starym Zagłębiu" znajduje się 5 nieczynnych już osadników: Lena I i II oraz Iwiny I, II, III (Karczewska 2012).

Liczne surowce skalne wykorzystywane są do produkcji kruszyw łamanych. W tym celu eksploatowane są: gabra oraz skały wulkaniczne: bazalty, porfiry i melafiry (a także metamorficzne serpentynity). Gabro i diabaz, które występują jedynie na Dolnym Śląsku - w okolicy Sobótki, Nowej Rudy i Braszowic k/Ząbkowic Śl.), wykorzystywane są dla potrzeb drogownictwa. Bazalty występują i eksploatowane są w rejonie Lubania Fig. 7.5), Leśnej, Zgorzelca, Złotoryi, Jawora i Lwówka Śl., a także w okolicy

in Lower Silesia quite commonly, and they are mined in various localities in the province. Clay raw materials for ceramics, such as porcelite and faiance-type white-firing clays are mined in the region of Bolesławiec, and kaolinitic clays and schists for production of fire-resistant materials are mined in the vicinity of Jaroszów. A wide range of solid rocks occur in the Lower Silesian province, and this includes the largest Polish deposits of granites. Variscan orogeny-related Lower Silesian granites occur in the form of separate units, the largest of which are the massif of Strzelin, the massif of Strzegom-Sobótka, and the massifs of the Karkonosze Mts (Dziedzic 1979). Several other units, such as the eastern part of Lusatian massif, and the massif of Kudowa, are of no economic importance. Syenites occur in the region of Złoty Stok, Niemcza and Kłodzka, of which those from Niemcza are mined for building purposes.

Raw rocks are often used for the production of crushed-stone aggregate materials. This is the main purpose of exploitation in the case of rocks such as gabbro and extrusive volcanic rocks, i.e. basalt, porphyry, and melaphyres, as well as serpentinite of metamorphic origin. Gabbro and diabase, which occur exclusively in Lower Silesia, are mined in the vicinities of Sobótka, Nowa Ruda, and Braszowice at Ząbkowice Śląskie, and processed for the purposes of road building. Basaltic rocks of Tertiary origin that together build a so-called Lower Silesian volcanic formation are mined in various sites, including Lubań (Fig. 7.5), Leśna, Zgorzelec, Złotoryja, Jawor and Lwówek Ś., as well as the regions of Strzelin, Grodków, Lądek Zdrój, Opole, and Głubczyce.

Strzelina, Grodkowa, Lądka Zdroju, Opola i Głubczyc. Ponadto w rejonie Wałbrzycha, Lubawki, Bolkowa i Świerzawy pozyskuje się porfiry, a w rejonie Głuszycy, Tłumaczowa i Kamiennej Góry – melafiry.

Surowce skalne na Dolnym Śląsku wydobywa się wyłącznie metodą odkrywkową z uwagi na proste rozwiązania technologiczne oraz dostępność materiału. Ten rodzaj wydobycia wiąże się z powstawaniem wypukłych i wklęsłych form geomorfologicznych. Rekultywacja terenów zdegradowanych przez odkrywkową eksploatację surowców skalnych jest etapem działalności górniczej, która rekompensuje negatywne zmiany w ukształtowaniu terenu oraz nadaje zdegradowanemu terenowi nową, często bardziej atrakcyjną formę zagospodarowania (Kasztelewicz i in. 2011). Obiekty po eksploatacji surowców skalnych, dzięki umiejętnemu zagospodarowaniu, są coraz częściej postrzegane jako element dziedzictwa kulturowego (Nita, Myga-Piątek 2006).

Suchogruntowe wyrobiska po eksploatacji piasków zagospodarowywane są najczęściej w kierunku leśnym, choć niektóre obiekty przeznacza się na cele rekreacyjno - turystyczne (Proszkowice), a także zagospodarowuje w kierunku specjalnym tzw. przyrodniczym („ekologicznym"). Przykładem może być piaskownia na Krzyżowej Górze k/Sichowa (Pogórze Kaczawskie), gdzie ze względu na bogactwo florystyczne utworzono użytek ekologiczny (Karczewska 2012). Wyrobiska zawodnione rekultywowane są i zagospodarowywane w kierunku wodnym, z różnym przeznaczeniem: jako zbiorniki retencyjne, obiekty rekreacyjno - turystyczne lub gospodarcze (Fig. 7.7).

Porphyric rocks are acquired in the vicinities of Wałbrzych, Lubawka, Bolków and Świerzawa, and melaphyric rocks – in Głuszyca, Tłumaczów and Kamienna Góra.

All the deposits of rocky raw materials are exploited by the method of surface mining, due to its technological simplicity and the ease of access to the mined material. This kind of mining brings about significant changes in the local landscape that involve development of both convex and concave geomorphological forms. Reclamation of lands disturbed by surface mining should be an inherent part of mining activity aimed at compensating for the adverse changes in the landscape and to create new, often even more attractive, opportunities for land usage (Kasztelewicz et al. 2011). Former surface mines, no longer in operation, are increasingly often presented as components of our cultural heritage (Nita, Myga-Piątek 2006).

Pits derived from opencast mining may either remain dry (with groundwater levels below the bottom of the pit) or they eventually fill up with water. Dry open pits formed by sand mining are usually reclaimed for afforesting; however, several other options for their future usage are currently being considered more and more often. Some such objects are planned for future recreation (e.g. Proszkowice), and others – for so-called 'ecological' purposes, i.e. protection of nature-oriented management. A good example of such a solution is a sand pit in Krzyżowa Góra hill near Sichów (Kaczawskie Foothills), protected as an 'ecological site' for its natural utility (Karczewska 2012).

Rysunek 7.5. Wyrobisko kamieniołomu bazaltu w Lubaniu (fot. A. Karczewska)
Figure 7.5. Excavation pit of the basalt quarry in Lubań

Rysunek 7.6. Wyrobisko kamieniołomu wapieni (fot. A. Karczewska)
Figure 7.6. Excavation pit of the limestone quarry

Rysunek 7.7. Zawodnione wyrobisko wyeksploatowanego złoża Byczeń
Figure 7.7. Water body in the former excavation pit near Byczeń

Niekiedy stosuje się też kierunek zagospodarowania wodny - ekologiczny. Przykładami takich obiektów w województwie dolnośląskim są: zbiornik Mietków, zbiornik Rakowice w rejonie Lwówka Śląskiego lub zbiornik Głębinów w miejscowości Wójcice w rejonie Nysy (Karczewska 2012).

O wyborze kierunku zagospodarowania wyrobisk po eksploatacji zwięzłych surowców skalnych, jakimi są gliny i iły, decydują głównie warunki hydrologiczne. Zazwyczaj złoża tych surowców występują w otoczeniu utworów zwięzłych, co powoduje, że po zakończonej eksploatacji i zaprzestaniu odwadniania gromadzą się w nich wody opadowe. Takie niezagospodarowane obiekty czasem pełnią funkcję dzikich kąpielisk lub wykorzystywane są przez gospodarstwa wędkarskie (kopalnie iłów Kamienna Góra i Chwalimierz).

Open pits filled with water may be used and managed for various purposes, most often as water reservoirs for local supply or for flood protection, and quite frequently also for recreation (eg. the Olszna mine) or for fishery (Fig. 7.7). Some of these are of particular importance for ecological reasons, and therefore their main aim of reclamation should be determined as ecological. Examples include water bodies in Mietków, Rakowice near Lwówek Śl., and Głębinów in Wójcice, near Nysa (Karczewska 2012).
Hydrological conditions are the main factors that determine future usage and management of open pits created by mining of clay materials. Clay deposits are usually surrounded by rocks with low water permeability, and therefore, after mining is ceased and pumping out of water finishes, most of the pits slowly fill up with rainwater.

Suchogruntowe wyrobiska po eksploatacji surowców ilastych stwarzają korzystne warunki do zagospodarowania w kierunku specjalnym i urządzania w nich składowisk odpadów. Przykładem takiego rozwiązanie jest składowisko odpadów komunalnych urządzone w 2004 roku w wyrobisku po eksploatacji iłów ogniotrwałych (Halina) w Jaroszowie, obsługujące m.in. pobliskie gminy Strzegom i Jaroszów, a przejściowo także odległą o blisko 70 km aglomerację miejską Wrocławia (Karczewska 2012).

Rekultywacja kamieniołomów, ze względu na charakter budujących je utworów, jest ograniczona w zakresie czynności technicznych. Wybór kierunku zagospodarowania uwarunkowany jest warunkami wodnymi.

Podpoziomowe wyrobiska skał litych zwykle samoistnie wypełniają się wodą i trzeba planować dla nich wodny kierunek zagospodarowania. W warunkach sprzyjających można je wykorzystać jako atrakcyjne tereny rekreacyjne. Zagospodarowanie takiego obiektu sprowadza się do zabezpieczenia krawędzi oraz brzegów nadwodnych. Przykładem takiego zagospodarowania są kamieniołomy w Sobótce Górce (w Masywie Ślęży). Wody kierunek zagospodarowania spotyka się w wielu kamieniołomach na Dolnym Śląsku, takich jak np: kamieniołom bazaltu Leśna – Brzozy, Uniegoszcz (Szwed-Lorenz 1999). Dla wyrobisk suchogruntowych zaleca się rekultywację w kierunku leśnym lub specjalnym (np. organizacja składowisk odpadów). Aby można było składować odpady komunalne składowiska takie muszą spełniać odpowiednie warunki: powinny być utworzone w skałach litych (granit, bazalt, melafir), nie mogą być zawodnione.

Many such objects have been for years illegally used as unsecured bathing pools, and some others have been professionally reclaimed for this purpose by local communities (eg. Kamienna Góra and Chwalimierz). Some such objects are used for fishing and managed by fishing unions. Dry pits remaining after clay mining often have particularly good properties for their possible usage for waste disposal, i.e. as landfills. There are several such cases in Lower Silesia. One of them is the 'Halina' open pit formed by former mining of kaolinite-type clay in Jaroszów, which is used as a fully equipped waste disposal site for neighbouring communities in Strzegom and Jaroszów, temporarily used also for disposal of wastes from Wrocław city, situated at a distance of nearly 70 km (Karczewska 2012).

Reclamation of quarries requires a specific approach, determined by reduced technical possibilities to change the shapes of steep and craggy walls. The manner of reclamation applied to such objects is firstly determined by water conditions. Those quarries formed below the ground level will usually fill up with water and this fact has to be taken into account when planning their future usage. Some such objects may be used as attractive recreational sites. In such cases, the main reclamation measures should focus on protection of edges as well as proper shaping and restoration of the shores. An example of such an object is a group of quarries in Sobótka Górka (in the Ślęża Massif). Filling with water is one frequent solution for reclamation of quarries in Lower Silesia, e.g. the basalt quarry Leśna-Brzozy (planned for fishery) or Uniegoszcz (municipal bathing area) (Szwed-Lorenz 1999).

Ponadto powinny być zlokalizowane bądź w pobliżu miejscowości (przykład: Sulików – kamieniołom bazaltu), bądź blisko zakładów górniczych dostarczających odpadów przemysłowych (Orłowice – łupki łyszczykowe, Tłumaczów - melafir) (Szwed-Lorenz 1999). Warto zaznaczyć, że wyeksploatowane kamieniołomy charakteryzują się wyjątkowymi walorami estetyczno - krajobrazowymi, co predestynuje je do zagospodarowania na cele rekreacyjne lub sportowe, jak w przypadku kamieniołomów w Złotym Stoku, Kletnie, a także w samym mieście Lubaniu. Szczególnym kierunkiem zagospodarowania kamieniołomów jest kierunek przyrodniczy. Z takim kierunkiem mamy do czynienia w złożu marmuru dolomitowego Wapniarka, gdzie wyspowo występują stanowiska ślimaka świdrzyka ozdobnego (*Charpenteria ornata*) wymagającego bezwzględnej ochrony. Z wyjątkowa sytuacja mamy również do czynienia w przypadku złoża bazaltu Wilcza Góra (Złotoryja), gdzie istnieje rezerwat przyrody nieożywionej, utworzony dla zachowania fragmentu ściany, ukazującej wewnętrzną budowę czopu wulkanicznego, w postaci tzw róży bazaltowej (Szwed – Lorenz 1999). Ciekawym obiektem jest kamieniołom bazaltu koło Myśliborza, gdzie ochronie podlegają wachlarzowato ułożone słupy bazaltowe tzw „Małe Organy Myśliborskie" (Stankiewicz 1999). Bardzo często kamieniołomy są ostojami rzadkich gatunków roślin: w kamieniołomie wapieni w Nowych Rochowicach występują prawnie chronione storczyki, w starym wyrobisku wapieni w Mysłowie występuje goryczka orzęsiona, listera jajowata, dziewięćsił bezłodygowy.

Dry bottom quarries are most often afforested or used for special purposes, such as waste disposal. For the latter, several conditions should be met: the rocks should be solid and non-cracked (granite, basalt, melaphyres), and the quarry may not be filled with water. Furthermore, it should be situated in relatively close proximity to the town (e.g. Sulików – a basalt quarry) or the facility that produces the wastes for disposal, for example mine wastes (Orłowice – mica schists, Tłumaczów – melaphyres) (Szwed-Lorenz 1999). It should be emphasized that closed or abandoned quarries are usually of exceptional aesthetic and landscape value, which makes them particularly suitable to be reclaimed for recreation and sport, as has been done for example in Złoty Stok, Kletno or in the center of Lubań.
For similar reasons, quarries are often reclaimed for 'ecological' purposes. For example, the Wapniarka quarry of dolomitic marble turned out to be a unique habitat for terrestrial molluscs *Charpenteria ornata* that needs the utmost protection. Another example is a geological preserve established in part of the still exploited deposit of basalt at Wilcza Góra (near Złotoryja), to protect a fragment of the wall with well exposed inner structure of volcanic plug, in the form of rosette (Szwed-Lorenz 1999). An other interesting object protected for geological reasons is an old basalt quarry, with fan-shaped basaltic piles, called the 'Small Organ of Myślibórz" (Stankiewicz 1999). Because of specific geological and hydrological conditions, old abandoned quarries are often exceptional habitats, suitable for several rare or protected plant species.

Kamieniołomy bazaltów są często miejscem występowania roślinności kserotermofilnej. Dwa kamieniołomy: „Wilcza Góra" w Złotoryi oraz „Winnica" koło Męcinki (Jawor) są jedynymi potwierdzonymi stanowiskami *Trifolium striatum* (Sarosiek 1999).

7.4 Degradacja i rekultywacja gleb w rejonach górnictwa miedzi na Dolnym Śląsku

Rudy miedzi stanowią najważniejszy z surowców mineralnych Dolnego Śląska. Złoża,, pochodzenia osadowego, występują na terenie niecki północno-sudeckiej (rejon Złotoryi i Bolesławca) oraz monokliny przedsudeckiej (rejon Lubina, Polkowic, Rudnej i Głogowa). Drobne wystąpienia rud miedzi spotykane są też w Sudetach. Złoża północno-sudeckie, eksploatowane w rejonach niecki leszczyńskiej (Lena i Nowy Kościół) oraz niecki grodzieckiej (kopalnia Konrad), zostały prawie całkowicie wyczerpane. W latach pięćdziesiątych odkryto złoża rud miedzi w monoklinie przedsudeckiej. Spowodowało to zmniejszenie zainteresowania starymi złożami i zakończenie ich eksploatacji w roku 1987 . Złoża nowego zagłębia zajmują obszar około 600 km^2 w rejonie Lubina - Polkowic – Sieroszowic, po Głogów, i należą do największych w Europie (Monografia KGHM, 2008). Rocznie wydobywa się tu 30 mln ton urobku (o przeciętnej zawartości 1,64% Cu), z którego uzyskuje się 570 tys. ton czystej miedzi. Degradacja geomechaniczna gleb w rejonach górnictwa rud miedzi w niewielkim stopniu występuje w rejonie samych kopalń, a związana jest przede wszystkim z istnieniem zbiorników poflotacyjnych.

Rare orchid species occur in limestone quarry in Nowe Rochowice, and several protected plant species such as *Gentiana ciliata*, an orchid *Listera ovata* and *Carlina acaulis* grow in another limestone quarry in Mysłów. The quarries of basalt make the habitats typical for xerophilic and thermofilic plants associations. Two quarries of basalt Wilcza Góra near Złotoryja and Winnica near Męcinka (Jawor) are the only confirmed stands of *Trifolium striatum* (Sarosiek 1999).

7.4 Degradation and reclamation of soils in the area of copper mining in the Lower Silesia

Copper ores are presently the most important kind of mineral resources mined in Lower Silesia. The deposits, of sedimentary origin, occur within the north-Sudetic basin (region of Złotoryja and Bolesławiec) as well as within the fore-Sudetic monocline (region of Lubin, Polkowice, Rudna and Głogów). Small deposits of copper occur also in the Sudeten. The north-Sudetic deposits, formerly mined in the basin of Leszczyna (the Lena and Nowy Kościół mines) and the basin of Grodziec (Konrad mine), have already been almost fully exhausted, and presently copper is acquired exclusively from the deposits of fore-Sudetic monocline that were discovered and documented in the 1950s. Exploitation of 'old' deposits, situated in the north-Sudetic basin, finished in 1987. The deposits of the 'new' basin spread over an area of 600 km^2 in the region Lubin - Polkowice – Sieroszowice, up to Głogów, and belong to the largest such deposits in Europe (Monografia KGHM, 2008).

Hałdy górnicze zajmują łącznie niewielką powierzchnię ok. 70 ha. Zostały one w większości zrekultywowane w kierunku leśnym. Eksploatację rudy miedzi prowadzi się metodą z podsadzkowaniem, dlatego deformacje terenu nad polami górniczymi nie przekraczają 2 m, i nie powinny przekroczyć w przyszłości 3 m. Z podsadzkowaniem wiąże się natomiast konieczność eksploatacji piaskowni. Piasek podsadzkowy, w ilości ponad 0,5 mln m^3 rocznie, pozyskiwany jest metodą „spod wody" w centralnej piaskowni Obora, o powierzchni ponad 200 ha (Monografia KGHM, 2008). Odpady poflotacyjne gromadzone są w osadnikach, stanowiących jedną z najważniejszych form oddziaływania Kombinatu na środowisko. W „Nowym Zagłębiu" górnictwa miedzi utworzono dwa zbiorniki poflotacyjne: Żelazny Most (czynny, o powierzchni 1400 ha) i Gilów (nieczynny, zrekultywowany, o powierzchni 540 ha). W „Starym Zagłębiu" znajduje się 5 nieczynnych już osadników: Lena I i II oraz Iwiny I, II, III (Karczewska 2012). Dane na temat tych obiektów i ich rekultywacji zostaną przedstawione w drugiej części monografii.

Yearly mining capacity of copper ore reaches 30 Mln Mg, and the average Cu content in ore is 1.64%. Yearly production of copper is around 570 thousand Mg.

Technical degradation of soils in the region of copper industry is not a particular problem in relation to the mines themselves, but subsequent processes of ore enrichment and waste disposal in tailing impoundments bring about large-scale technical changes in the landscape and several other effects of soil degradation. Mining dumps cover a relatively small area (of 70 ha), and their reclamation, i.e. foresting, has been finalized.

Land deformations caused by underground mining are relatively small, and the cases of land subsidence do not exceed 2 m, and should not exceed 3 m in the future. The scale of potential subsidence has been radically reduced due to stowing process involved in mining technology. Large amounts of stowage sand (over 0.5 Mln m^3 yearly) come from the 200 ha Obora central opencast sand mine (Monografia KGHM 2008). This object should be considered a secondary source of land degradation. Tailings, i.e. ore processing wastes, are disposed of in large impoundments that are the major form of technical degradation, and one of the major sources of environmental hazards. There are two impoundments in the 'new' mining region: Żelazny Most (in operation, with an area of 1400 ha), and Gilów (closed, reclaimed, 540 ha). In the 'old' region, there are 5 smaller, closed objects, i.e. Lena I and II, and Iwiny I, II, III (Karczewska 2012).

Rozdział 8

Charakterystyka i zasoby materii organicznej wybranych gleb Dolnego Śląska

Chapter 8

Characteristics and stocks of organic matter in selected soils of Lower Silesia

Materia organiczna jest źródłem węgla organicznego, którego przepływ między ekosystemami a atmosferą zapewnia równowagę i stabilność środowiska naturalnego. Ważną funkcję w tym zakresie pełnią ekosystemy leśne zawierające 49-53% całkowitej ilości węgla organicznego. Z tego względu są one jednym z najważniejszych elementów biosfery odgrywających istotną rolę w sekwestracji węgla na Ziemi (Drozd i in. 1998; Jamroz i in., 2014). Ekspansja antropogeniczna prowadzi do zmian środowiska naturalnego. Przejawia się ona zmianami użytkowania obszarów rolniczych i leśnych, a nawet prowadzi do jego degradacji i dewastacji. Skutkiem tego jest m.in. obniżenie zasobów materii organicznej i intensyfikacja jej przemian w wyniku mineralizacji i humifikacji. Blisko 70% ilości węgla organicznego występuje w formie substancji humusowych (Loffredo i Senesi, 2006), które podlegają przemianom pod wpływem czynników środowiska, takich jak właściwości gleb i sposób ich użytkowania, rodzaj pokrywy roślinnej, warunki klimatyczne i szeroko pojęta antropopresja.

Organic matter is a source of organic carbon, which flow between ecosystems and the atmosphere provides a balance and environmental sustainability. Forest ecosystems containing 49-53% of the total organic carbon play a crucial role in this matter. They are one of the most important elements of the biosphere playing a vital role in the sequestration of carbon on the Earth (Drozd et al., 1998; Jamroz et al., 2014). The expansion of anthropogenic activity leads to changes in the environment by changes in land use of agricultural and forestry areas and even leads to its degradation and devastation. The result is reduction of organic matter pools and enhancing its transformation as a result of mineralization and humification. About 70% of the organic carbon occurs in the form of humic substances (Loffredo and Senesi, 2006), which are transforming under the influence of environmental factors such as soil properties, land use, type of plant cover, climatic conditions and widely understood anthropopressure..

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Intensyfikacja procesów humifikacji może prowadzić do tworzenia substancji humusowych o różnej stabilności. Niektóre z nich łatwiej podlegają wymywaniu do głębszych poziomów w profilu glebowym i w efekcie obniżają odporność gleb na procesy degradacji (Jamroz 2012).

Poznanie kierunków transformacji materii organicznej i jej kumulacji pod wpływem czynników środowiskowych i antropogenicznych może być pomocne w prawidłowym gospodarowaniu zasobami naturalnymi i zapewnić właściwe funkcjonowanie ekosystemów na Ziemi.

Glebowa materia organiczna stanowi największe źródło węgla spośród wszystkich elementów środowiska (szczególnie w glebach leśnych). Zasoby węgla organicznego gleb szacowane są na $2500 \cdot 10^{15}$ g i są blisko cztery razy większe niż zasoby biotyczne oraz trzykrotnie większe niż zasoby atmosferyczne. Obieg tego pierwiastka w ekosystemach jest szczególnie ważny w kontekście długoterminowych zmian klimatycznych (Degórski 2005, Garten 2011, Jiang and Xu 2006, Jinbo et al. 2007). Materia organiczna w glebie spełnia szereg funkcji. Do najważniejszych z nich należą: rola strukturotwórcza, regulacja właściwości sorpcyjnych i wodnych gleb, dostarczanie pierwiastków biogennych dla roślin wyższych, wpływ na mobilność i migrację pierwiastków (głównie metali ciężkich) oraz udział w procesach wymiany jonowej. Szczególną rolę materii organicznej podkreśla również Strategia Tematyczna Komisji Europejskiej w dziedzinie ochrony gleb, która ubytek materii organicznej określa jako jedną z głównych przyczyn degradacji gleb.

Intensification of humification processes can lead to the formation of humic substances of different stability. Some of them are easy leached to deeper horizons of the soil profile and consequently reduce the resistance of soil degradation processes (Jamroz 2012). Knowing the directions of the transformation of organic matter and its accumulation under the influence of environmental and anthropogenic factors may be helpful in the proper management of natural resources and ensure the proper functioning of ecosystems on the Earth. Soil organic matter (SOM) is the main source of carbon among all parts of the environment (especially in forest soils). Soil organic carbon pool is estimated at $2500 \cdot 1015$ g, and is nearly four times larger than the biotic and three times larger than atmospheric resources, with the result that the circulation in the ecosystems of SOM is very important in the context of long-term climate change (Sarkhot et al. 2011, Garten 2011, Degórski 2005, Jiang and Xu 2006, Jinbo et al. 2007).

Organic matter plays a number of functions in the soil. The most important are: the role of structure-control, and water sorption properties of soils, providing biogenic elements for higher plants, the impact on mobility and migration of elements (mainly heavy metals) and participation in the processes of ion exchange. The crucial role of SOM in ecosystems indicates Thematic Strategy of the European Commission for Soil Protection, which determines the loss of organic matter as one of the main causes of soil degradation.

Dokument ten wskazuje jako największe zagrożenie dla zasobów węgla organicznego niewłaściwy sposób uprawy oraz szybkie tempo mineralizacji na terenach uprawnych, a także erozję w przypadku gleb górskich. Strategia ta ponadto nakazuje analizę zasobów węgla organicznego, w tym wskazanie obszarów zagrożonych oraz określenie działań zapobiegających stratom glebowej materii organicznej (COM, 2006).

8.1. Właściwości materii organicznej wybranych siedlisk leśnych obszarów nizinnych na przykładzie Nadleśnictwa Oborniki Śląskie

W glebach leśnych ilość i akumulacja materii organicznej uwarunkowana jest głównie rodzajem opadu roślinnego drzew, warstwy podszytowej oraz runa leśnego. Drzewostany świerkowe oraz sosnowe charakteryzują się opadem roślinnym o odczynie kwaśnym, który zawiera duże ilości związków typu ligniny, woski, żywice, co przy niskiej zawartości azotu wpływa na wolniejsze tempo jego rozkładu i nagromadzenie w postaci poziomów próchnicy nadkładowej (Tab. 8.1). W drzewostanach liściastych opad roślinny bogaty jest w składniki pokarmowe, które zwracane są do gleby w wyniku intensywnej mineralizacji, stanowiąc źródło pożywienia dla organizmów żywych (Dziadowiec i in. 2005). W lasach liściastych występujących na glebach żyźniejszych, o wysokiej aktywności biologicznej, poziomy próchnic nadkładowych charakteryzują się znacznie mniejszą miąższością.

This document points an inappropriate tillage and high rate of mineralization (on arable lands) and erosion (in mountain areas) as the main threat to the SOM resources. Furthermore European Commission requires the analysis of organic carbon resources, including the determination of risk areas and designate actions to prevent loss of soil organic matter [COM (2006)].

8.1. Organic matter properties in the lowland forest habitats on the example of Oborniki Śląskie Forest District

The amount and accumulation of organic matter in forest soils is mainly determined by the type of plant cover, understory and undergrowth layers. Spruce and pine are characterized by the acidic vegetable left over, which contain large quantities of lignin-like compounds, waxes and resins. Additionally low nitrogen content affects the slower rate of its degradation and affect accumulation of organic matter the form of ectohumus (Tab. 8.1). In the deciduous stands leftovers is rich in nutrients, which are returned to the soil as a result of intensive mineralization, providing a source of food for living organisms (Dziadowiec et al. 2005). The deciduous forests occurring on fertile soils with high biological activity have a much smaller thickness of organic matter, which is often restricted to the Oi layer. It appears in autumn and remains until the end of summer, to be completely decomposed (Dziadowiec, 2003). Content and distribution of organic carbon in forest soils of the Lower Silesia depends on the humus type as well as forest site.

Tabela 8.1. Wybrane właściwości próchnic leśnych gleb nadleśnictwa Oborniki Śląskie
Table 8.1. Some properties of humus of forest soils from the Oborniki Śląskie Forest District

Typ siedliskowy Forest habitat	Typ próchnicy Humus form	Poziom Horizon	TOC g/kg	HI %	CHA/CFA	E4/E6 HA
Gleba rdzawa bielicowa Albic Brunic Arenosol						
B	Mor	Ol	474.4	37.0	0.89	no
		Of	459.3	46.9	0.96	no
		Oh	243.0	58.3	0.72	6.16
Gleba rdzawa właściwa Brunic Arenosol						
B	Mor	Olf	307.0	48.5	1.09	no
		Oh	143.0	54.,2	1.29	4.35
		A	17.13	71.9	0.91	4.29
Gleba rdzawa brunatna Brunic Arenosols						
BM	Moder	Ol	482.3	34.6	0.82	no
		Ofh	269.5	56.4	0.74	4.95
		A	20.79	62.5	0.90	3.81
Gleba brunatna właściwa/eutroficzna Eutric Cambisols						
LM	Mull	Olf	284.2	37.7	0.86	no
		A	28.97	62.6	1.19	3.09

CHA – węgiel kwasów huminowych - humic acids carbon; CFA – wębiel kwasów fulwowych - fulvic acids carbon; HI – wskaźnik humifikacji (obliczony jako suma węgla frakcji ekstrahowalnych) - humification index (calculated as a sum of carbon in the extraction procedure), no – nie oznaczono - not determined; B – siedlisko borowe - coniferous forest habitat; BM – siedlisko boru mieszanego - coniferous mixed forest habitat; LM – siedlisko lasu mieszanego - broadleaf mixed forest habitat.

Często ograniczają się wyłącznie do poziomu Ol, który pojawia się jesienią i pozostaje do końca nastepnego lata, ulegając następnie całkowitemu rozkładowi (Dziadowiec, 2003).

Zawartość i rozkład węgla organicznego w glebach leśnych Dolnego Śląska uzależniona jest od typu próchnicy oraz siedliska. W ubogich drzewostanach borowych, występujących na glebach rdzawych czy bielicowych kształtuje się typ próchnicy mor. W poziomach nadkładowych zawiera on znaczną ilość węgla organicznego

In poor stands of coniferous forest, occurring in rusty and podzolic soils mor type of humus is forming. In the ectohumus layer, the organic matter contains a considerable amount of humic substances poorly humificated usually with a predominance of fulvic over humic acids (Tab. 8.1). More fertile forest sites of mixed forests with deciduous species growing on the the brown-rusty and brown soils type are characterized by moder and mull humus type.

występującego w formie słabo zhumifikowanej substancji organicznej z reguły z przewagą kwasów fulwowych nad huminowymi (Tab. 8.1). Żyźniejsze siedliska borów mieszanych, z domieszką gatunków liściastych oraz siedliska lasów mieszanych porastające gleby brunatno-rdzawe i brunatne charakteryzuje typ próchnicy moder oraz mull. Próchnica mull siedlisk mezotroficznych i eutroficznych, występująca w poziomach mineralnych zawiera kwasy humusowe bardziej dojrzałe, z przewagą kwasów huminowych nad fulwowymi. W oligotroficznych siedliskach borowych kwasy huminowe występujące w poziomach epihumusowych charakteryzują się prostszą budowa, niższą masą cząsteczkową, z większą ilością łańcuchów bocznych o charakterze alifatycznym, na co wskazują stosunkowo wysokie indeksy parametru E4/E6, rzędu 4.35-6.16 (Bonifacio i in. 2006; Jamroz 2012).

8.2. Charakterystyka związków próchnicznych w użytkowanych rolniczo czarnych ziemiach wrocławskich

Wiele biologicznych, chemicznych i fizycznych właściwości gleb zależy bezpośrednio lub pośrednio od obecności w glebie materii organicznej (soil organic matter - SOM). Decyduje ona o żyzności gleby, jej urodzajności oraz odporności na degradację (Łabaz 2009). Stanowi więc kluczowy składnik w tworzeniu i utrzymaniu wysokiej jakości gleby (Barančiková 2007). Ilość i jakość glebowej materii organicznej uwarunkowana jest czynnikami siedliskowymi takimi jak: klimat, uziarnienie gleb, morfologia terenu,

Mull type of humus of mezotrophic and eutrophic habitats, occurring in the mineral soil horizons contains humic acids, more mature, with a predominance of humic over fulvic acids. In the oligotrophic forest habitats humic acids presented in Oa layers have a simpler structure, lower molecular weight with more chains of aliphatic character, as indicated by relatively high indices of the parameter E4 / E6 (4.35-6.16) (Bonifacio, et al. 2006; Jamroz 2012).

8.2. Characteristics of humic substances in the cropped "Wrocław black earths"

Many biological, chemical, and physical properties of the soil depend directly or indirectly on the presence of organic matter in the soil (soil organic matter - SOM). It determines the soil fertility and resistance to degradation (Labaz 2009). It is therefore a key ingredient in creating and maintaining high quality of the soil (Barančiková 2007). The quantity and quality of soil organic matter is conditioned by factors such as climate, soil texture, morphology of the site and anthropogenic factors resulting from its use (Licznar et al., 1993; Mazurek and Niemyska-Łukaszuk, 2003). Agricultural use, particularly arable, results in rapid mineralization and losses of organic matter (OM), therefore it is necessary to stabilize and / or increase its resources (Kwiatkowska-Malina 2011). Evaluation of organic matter is an important step in identifying soil quality. Much of the papers on the evaluation of the soil quality takes into account the total organic carbon (TOC), recognizing that this is one of the

a także czynnikami antropogenicznymi wynikającymi ze sposobu jej użytkowania (Licznar i in. 1993; Mazurek i Niemyska-Łukaszuk, 2003). Użytkowanie rolnicze, szczególnie orne, powoduje szybką mineralizację i straty materii organicznej (OM), dlatego konieczne jest podejmowanie działań prowadzących do stabilizowania i/lub zwiększenia jej zasobów (Kwiatkowska-Malina 2011).

Ocena materii organicznej jest ważnym krokiem w identyfikacji jakości gleb. Wiele prac poświęconych ocenie jakości gleby uwzględnia całkowitą zawartość węgla organicznego (TOC) uznając, że jest to jeden z ważniejszych parametrów glebowych. Ze względu na intensyfikację rolnictwa na świecie oraz globalne zmiany klimatyczne, w wielu krajach europejskich obserwuje się spadek zawartości TOC w glebach, co powoduje nie tylko zakłócenie funkcji materii organicznej, ale również jest przyczyną degradacji gleb (Barančiková 2007). Ważnym zagadnieniem jest ustalenie progowych zawartości TOC, poniżej których gleba staje się podatna na destabilizację i obniżkę plonów. Ustalenie progowych zawartości TOC uwzględnia formę użytkowania gleby, jej typ, warunki klimatyczne, właściwości fizyczne, chemiczne oraz inne parametry, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na zawartość węgla. Substancje próchniczne, w skład których wchodzą kwasy huminowe, fulwowe oraz huminy występują w glebach mineralnych w niewielkich ilościach. Ze względu jednak na swój specyficzny charakter odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu biosfery. Biorą one m. in. udział nie tylko w obiegu węgla, ale również wielu makro- i mikropierwiastków.

most important soil parameters. Due to the intensification of global agriculture and global climate change, in many European countries a decrease of TOC in soils is observed, what not only affects a disturbance of function of organic matter, but also is causing soil degradation (Barančiková 2007). An important issue is to determine TOC threshold below which the soil becomes prone to destabilization and decrease of crop productivity. Determining the threshold TOC takes into account the form of soil use, its type, climatic conditions, physical, chemical, and other parameters that directly or indirectly affect the carbon content. Humic substances, which contain humic and fulvic acids and humins occur in mineral soils in small amounts. However, due to their specific nature they play an important role in the functioning of the biosphere. They are involved not only in the carbon cycle, but also the number of macro- and microelements. They also affect the physical, chemical, and biological properties of soils (Thrush et al., 2000) or immobilize toxic compounds (Gonet et al. 2007). Of a great importance is the ratio of the individual components of humus, first of all humic acid fulvic acids (CHA / CFA). In the cultivated chernozems and black earths of the Lower Silesia CHA/CFA ratio is in the range of 1.1 to 2.5 (Tab2.). The prevalence of humic acids over the fulvic acids is observed in all chernozem soil profiles, irrespective of their texture and other physical and chemical parameters (Labaz 2007). High "maturity" of humic substances in Wroclaw black earths confirm the physicochemical and chemical properties of humic acids evidencing their quality.

Kształtują one także właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb (Drozd i in. 2000), unieruchamiają związki toksyczne (Gonet i in. 2007). Duże znaczenie ma wzajemna relacja poszczególnych składników próchnicy glebowej, przede wszystkim stosunek węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych (CHA/CFA). W uprawnych glebach czarnoziemnych (czarnych ziemiach i czarnoziemach) Niziny Śląskiej, nazywanych w literaturze gleboznawczej czarnymi ziemiami wrocławskimi, relacja CHA do CFA w poziomach próchnicznych kształtuje się w przedziale 1.1 do 2.5 (Tab 8.2.).

Przewaga kwasów huminowych nad fulwowymi obserwowana jest we wszystkich profilach gleb czarnoziemnych, bez względu na ich uziarnienie oraz inne parametry fizykochemiczne i chemiczne (Łabaz 2007). Wysoką „dojrzałość" związków próchnicznych czarnych ziem wrocławskich potwierdzają badania fizykochemiczne i chemiczne kwasów huminowych świadczące o ich jakości. Do podstawowych parametrów jakościowych zalicza się wartość wskaźnika absorbancji (E4/E6) i skład pierwiastkowy (C, H, N, O).

Parametrem fizykochemicznym opisującym budowę wewnętrzną kwasów huminowych, są ich właściwości spektrometryczne, wyrażone wartościami absorbancji mierzonymi przy długościach fal 464 nm i 664 nm (Arada i Oyonarte 2006). Przyjmuje się, że wartość E_{464} określa absorbrancję substancji organicznej w początkowym stadium humifikacji, a E_{665} o wysokim stopniu humifikacji (Gonet i Dębska 1993).

The basic quality parameters include the value of the ratio of absorbance (E4 / E6) and the elemental composition of HA (C, H, N, O).

Spectrometric properties expressed absorbance values measured at wavelengths of 464 nm and 664 nm (Arada and Oyonarte 2006) are physico-chemical parameter describing the internal structure of humic acids. It is assumed that the value of E464 determined absorbance of the organic substances in the initial stages of humification and E665 determined a high degree humification (Gonet and Dębska 1993). The absorbance depends on the ratio of carbon in the aromatic nucleus and in the aliphatic part of molecule. "Younger" in chemical terms humic acids have a lower optical density compared to the acids called "mature". This is due to the high condensation of the aromatic nucleus in the "mature" humic acids, and a majority of side chains in "younger" acids (Chen et al. 1977, Martin-Neto et al., 1998, Gonet et al., 2007). Changes in the optical properties of humic acids are usually expressed in absorbance values E4 / E6. The lower value of this ratio indicates a greater "maturity" and stability of humic acids. According to Brancikova (2007) when E4/E6 of humic acids is below 4.5 – such soil belongs to the first category, taking into account the basic quality parameters of organic matter. In the humic acids extracted from humus horizons of Wroclaw's black earths E4/E6 is in the range of 3.24-3.84 indicating favorable conditions for the polymerization and condensation and proves a high maturity and stability of humic substances.

Tabela 8.2. Właściwości kwasów humusowych czarnych ziem wrocławskich
Table 8.2. Properties of humic acids in the "Wrocław black earths"

Poziom Horizon	CHA/CFA	E4/E6	H/C	O/C	O/H	ω
A	1.1-2.5	3.24-3.84	0.75-1,21	0.34-0.59	0.46-0.53	0.07-0.19
średnia average	1.8	3.48	0.93	0.45	0.48	0.12

Wartość absorbancji zależy od stosunku węgla w jądrze aromatycznym do węgla w części alifatycznej. „Młodsze" pod względem chemicznym kwasy huminowe charakteryzują się niższą gęstością optyczną w porównaniu do kwasów „dojrzałych". Związane jest to z wysoką kondensacją jądra aromatycznego w „dojrzałych" kwasach huminowych, oraz przewagą łańcuchów bocznych w kwasach „młodszych" (Chen i in. 1977, Martin-Neto i in. 1998, Gonet i in. 2007). Zmiany właściwości optycznych kwasów huminowych wyrażane są najczęściej wartościami stosunku absorbancji E_4/E_6. Niższa wartość tego stosunku wskazuje na większą „dojrzałość" i stabilność kwasów huminowych. Według Brančikovej (2007) gleby, w których wartość stosunku absorbancji kwasów huminowych wynosi <4.5 należą do I kategorii, biorąc pod uwagę podstawowe parametry jakościowe materii organicznej. W kwasach huminowych ekstrahowanych z poziomów próchnicznych czarnych ziem wrocławskich stosunki absorbancji E_4/E_6 kształtują się w przedziale 3.24-3.84 co wskazuje na korzystne warunki sprzyjające ich polimeryzacji i kondensacji oraz świadczy o wysokiej dojrzałości i stabilności substancji próchnicznych.

Another parameter that reflects the process of humification is the elemental composition of humic acids. Higher carbon content and lower hydrogen in molecules of humic acids is typical for substances of a higher degree of condensation and polymerization. Very important are the atomic ratios H / C, O / C and O / H. On this basis one can approximate the degree of condensing the aromatic rings in the molecules of humic acids (Aranda and Oyonarte 2006; Gonet et al., 2007; Stevenson 1994). The lower the value of H / C ratio of humic acids, the higher their stability and degree of condensation of the aromatic nucleus (Rosell et al., 1989). Parameters O / C, O / H and ω are indicators of oxidation of humic acid molecules. The degree of internal oxidation (ω) takes into account the connections of carbon with oxygen, hydrogen, and nitrogen. According to Dębska (2004), it can be used both to measure the humification process of organic matter recently introduced into the soil and characteristics of newly formed humic substances.

Innym parametrem, który odzwierciedla przebieg procesu humifikacji jest skład pierwiastkowy kwasów huminowych. Wyższa zawartość węgla i niższa wodoru w cząsteczkach kwasów huminowych charakteryzuje substancje o wyższym stopniu kondensacji i polimeryzacji. Bardzo ważne są również wartości stosunków atomowych H/C, O/C i O/H. Na ich podstawie można w przybliżeniu ocenić stopień skondensowania pierścieni aromatycznych w cząsteczkach kwasów huminowych (Aranda i Oyonarte 2006; Gonet i in. 2007; Stevenson 1994). Im niższa wartość stosunku H/C w kwasach huminowych, tym większa jest ich stabilność i stopień kondensacji jądra aromatycznego (Rosell i in. 1989). Parametry O/C, O/H oraz ω są wskaźnikami utlenienia cząsteczek kwasów huminowych. Stopień utlenienia wewnętrznego (ω) uwzględnia połączenia węgla z tlenem, wodorem i azotem. Jak podaje Dębska (2004) może być on wykorzystywany zarówno do oceny stopnia zaawansowania procesu humifikacji świeżo wprowadzonych do gleby substancji organicznych jak i charakterystyki powstałych substancji humusowych. Przyjmuje się, że im wyższa jest jego wartość, tym wyższy jest stopień zaawansowania procesu humifikacji. W czarnych ziemiach wrocławskich omawiane parametry potwierdzają wysoki stopień kondensacji drobin kwasów huminowych i ich stabilny charakter (Tab. 8.2).

It is assumed that the higher the value, the higher the degree of advancement of the process of humification. In the Wroclaw black earth discussed parameters confirm the high degree of condensation of humic acid particles and their stable nature (Tab. 8.2).

8.3. The stocks of organic carbon in lowlands and mountain soils of the southwestern Poland

Studies have shown that soil organic carbon polls are differentiated in the main types of agricultural soils of the southwestern Poland (Fig. 8.1). Average stocks of organic carbon in the analyzed soils range from 43.7 t/ha, in the rusty soil to 119.3 t/ha - in alluvial soils. Stocks of organic carbon in a layer of 0-25 cm of Brunic Arenosols (33.0 t/ha) are approximately 2-times and in the 25-50 cm layer (10.7 t/ha), about 4-times lower than in silty Luvisols (respectively in 0-25cm layer - 75.1 t/ha, and in 25-50 cm - 44.2 t/ha). Analysing tested soil types, can be distinguished among them three groups: the least rich in soil organic carbon (Brunic Arenosols and sandy Luvisols), medium rich soil (silty Luvisols and Cambisols) and the most rich in organic carbon (Pheaozems and Luvisols).

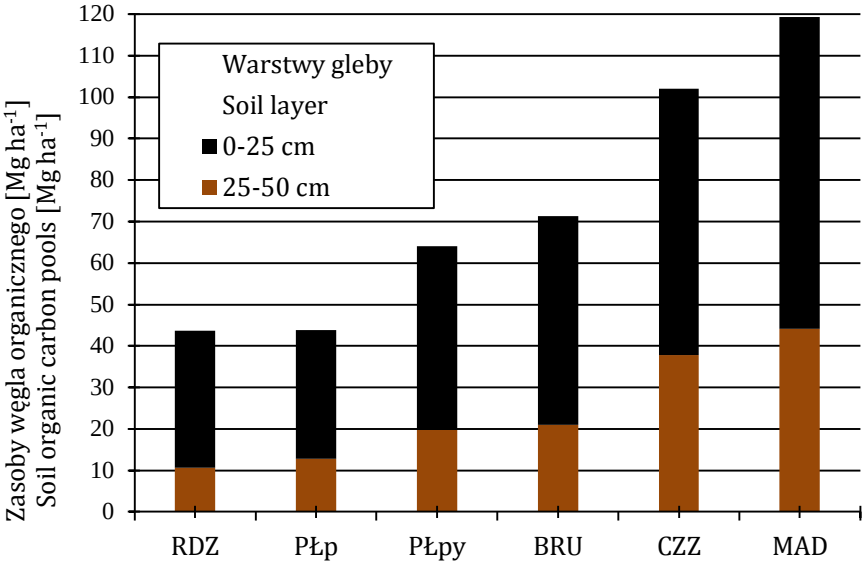
Due to the diversity of biotic and abiotic factors, very interesting is to observe the pools of organic carbon in the Giant Mountains.

8.3. Zasoby węgla organicznego w glebach terenów nizinnych oraz górskich

Przeprowadzone badania obejmujące profile gleb użytkowanych rolniczo w Polsce południowo-zachodniej wykazały zróżnicowanie zasobów węgla organicznego w obrębie głównych typów gleb (Rys. 8.1). Średnie zasoby węgla organicznego w badanych glebach wahają się od 43,7 Mg ha^{-1}, w glebach rdzawych do 119,3 Mg ha^{-1} – w madach. Zasoby węgla organicznego w warstwie 0-25 cm gleb rdzawych (33,0 Mg ha^{-1}) są około 2-krotnie natomiast w warstwie 25-50 cm (10,7 Mg ha^{-1}) około 4-krotnie mniejsze niż w madach (odpowiednio w warstwie 0-25cm – 75,1 Mg ha^{-1}, 25-50 cm - 44,2 Mg ha^{-1}). Analizując badane typy gleb można wyodrębnić wśród nich trzy grupy: najmniej zasobne w węgiel organiczny gleby rdzawe i płowe spiaszczone, średnio zasobne gleby płowe pyłowe i gleby brunatne oraz najbardziej zasobne czarne ziemie i mady

Ze względu na zróżnicowanie czynników biotycznych i abiotycznych, interesująco kształtują się zasoby węgla organicznego w Karkonoszach. Stanowią one są stosunkowo nie wysokie pasmo górskie (najwyższy szczyt Śnieżka - 1602 m n. p. m.), charakteryzujące się występowaniem kilku stref roślinno - klimatycznych, typu alpejskiego. Badany materiał pochodził z 75 profili glebowych, które reprezentowały gleby: płowe opadowoglejowe, brunatne dystroficzne, bielicowe oraz stagnobielicowe. Zasoby węgla organicznego zostały wyliczone łącznie dla poziomów ektohumusu oraz warstwy mineralnej do 50 cm (Rys. 8.2).

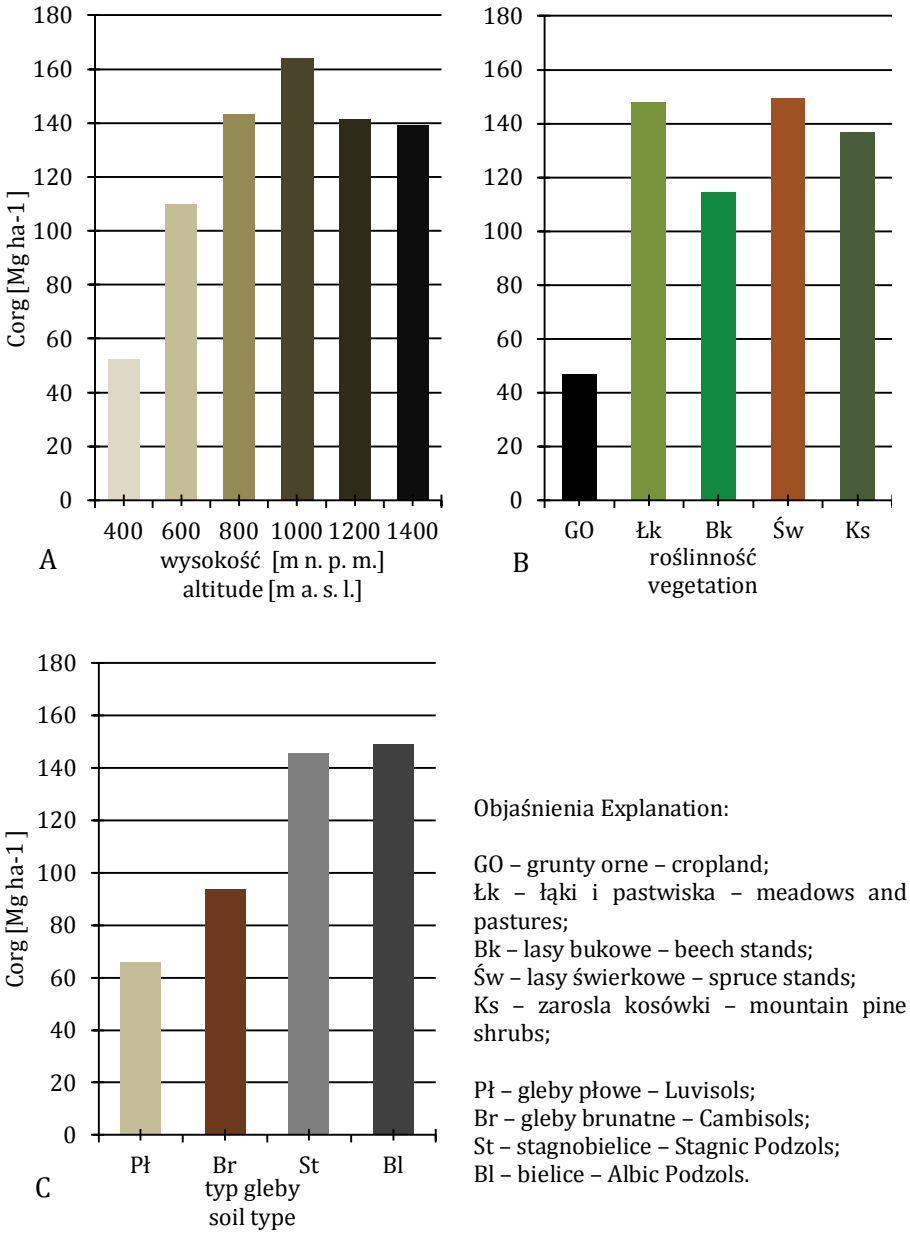
They represent relatively not high mountain range (the highest peak Śnieżka - 1602 m), characterized by the presence of several zones in an alpine type. The tested material came from 75 soil profiles, which represented the soils classified as Stagnic Luvisols, Dystric Cambisols, Folic Albic Podzols and Histic Albic Podzols. Organic carbon were calculated from ektohumus- and mineral (up to 50 cm) layer (Fig. 8.2). The stocks of organic carbon in the soils of the Giant Mountains are very diverse and depend on the land use, vegetation type and altitude. The average pool of organic carbon in all the studied soils stands is 118.8 t/ha. In the case of altitude gradient (Fig. 8.2a) a marked upward trend in the stocks of organic carbon with altitude a.s.l. is observed. The lowest values (52.2 t/ha) was found in the soils of the foothills (<400 m). Pools of organic carbon increased with the altitude from 109.78 t/ha - at an altitude of 600 m a.s.l. to 164.1 t/ha at an altitude of 1000 m. In subalpine forests (1200 m) and above stocks of organic carbon are stabilized at the level of about 140 t/ha (Fig. 8.2a). On the pools of TOC in soils may have a significant impact land use and type of forest site. The most rich in soil organic carbon are soils developed under coniferous forests - spruce and dwarf pine - respectively 149.2 and 136.8 t/ha and occurring in the whole cross-section of the height of the Giant Mountains, grassland soils - 148.2 t/ha. The lower stocks of TOC was found in the soils under the beech forests - 114.7 t/ha, and the lowest –in arable soils 46.7 t/ha (Fig. 8.2b).



Rysunek 8.1. Zasoby węgla organicznego (wartości uśrednione) w głównych typach gleb uzytkowanych rolniczo Dolnego Śląska
Figure 8.1. Soil organic carbon polls (mean values) in the main types of agricultural soils of the Lower Silesia.
RDZ – gleby rdzawe - Brunic Arenosols, PŁp - gleby płowe spiaszczone - Stagnic Luvisols (Epiarenic), PŁpy – gleby płowe typowe – Haplic Luvisols (Siltic), BRU – gleby brunatne - Cambisols, CZZ – czarne ziemie - Phaeozems, MAD – mady – Fluvic Cambisols.

Zasoby węgla organicznego w glebach Karkonoszy są bardzo zróżnicowane i zależą od sposobu użytkowania gruntów, jednostki systematycznej i wysokości nad poziomem morza. Średnia zasobność węgla organicznego dla wszystkich badanych gleb kształtuje się na poziomie 118,8 Mg ha^{-1}. W przypadku gradientu wysokościowego (Rys. 2a) zaznacza się wyraźny trend wzrostowy zasobności węgla organicznego wraz z wysokością n.p.m. Najniższe wartości zasobności (52,2 Mg ha^{-1}) stwierdzono w glebach przedgórza (<400 m n. p. m.). Zasobność w węgiel wzrastała z wysokością od 109,78 Mg ha^{-1} - na wysokości 600 m n. p. m. do 164,1 Mg ha^{-1} na wysokości 1000 m n. p. m.

Among the analyzed soil types, the largest stocks of organic carbon were found in the highest zone of the mountains, in the Histic Albic Podzols and Folic Albic Podzols - about 140 t/ha, while a lower pools of organic carbon (93.6 t/ha) were reported in the Dystric Cambisols - 93.6 t/ha and Stagnic Luvisols 65.9 t/ha (Fig. 8.2c).



Rysunek 8.2. Zasoby węgla organicznego w glebach Karkonoszy w zależności od: (a) wysokości npm, (b) rodzaju roślinności, (c) typu gleby.
Figure 8.2. Soil organic carbon pools in soils of Karkonosze Mts in relation to (a) altitude, (b) vegetation and (c) soil type.

W piętrze regla górnego (1200 m n.p.m.) oraz powyżej zasoby węgla organicznego są stabilizowane na poziomie około 140 Mg ha^{-1} (Rys. 8.2a). Na zasobność gleb w Corg. istotny wpływ mogą wywierać użytkowanie i typ siedliska leśnego. Do najbardziej zasobnych w węgiel organiczny należą gleby wykształcone pod borami świerkowymi i kosodrzewiną - odpowiednio 149,2 i 136,8 Mg ha^{-1} oraz w, występujących w całym przekroju wysokościowym Karkonoszy, glebach łąkowych - 148,2 Mg ha^{-1}.

Niższą zasobnością w Corg. charakteryzowały się gleby pod lasami bukowymi - 114,7 Mg ha^{-1}, a najniższą gleby gruntów ornych 46,7 Mg ha^{-1} (Rys. 8.2b). Spośród badanych typów gleb największymi zasobami węgla organicznego charakteryzowały się występujące w najwyższych partiach gór stagnobielice oraz bielice - około 140 Mg ha^{-1}, natomiast mniejszą zasobność w węgiel organiczny (93,6 Mg ha^{-1}) wykazywały gleby brunatne i gleby płowe (65,9 Mg ha^{-1})(Rys. 8.2c).

Rozdział 9

Degradacja i ochrona gleb w rejonach oddziaływania przemysłu miedziowego na Dolnym Śląsku

Chapter 9

Degradation and protection of soils in the areas affected by copper industry in Lower Silesia

Początki przemysłu miedziowego w powojennej Polsce związane są ze złożami starego zagłębia, eksploatowanymi od XV w. W 1951 r. uruchomiono Hutę Miedzi Legnica, w której wytwarzano miedź z rudy pozyskiwanej w poniemieckich kopalniach Lena (k/Złotoryi) i Konrad (k/Bolesławca). Odkrycie rozległych złóż miedzi w rejonie Lubina i Polkowic pod koniec lat 50. zapoczątkowało rozwój Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. W 1961 r. utworzono Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi, przekształcony w 1991 r. w spółkę Skarbu Państwa - KGHM Polska Miedź S.A. (Monografia 2007, website 1).

Wydobycie w kopalniach nowego zagłębia rozpoczęło się w 1968 r. W roku 1971 uruchomiono hutę Głogów I, a w 1978 r. w jej bezpośrednim sąsiedztwie – hutę Głogów II. W 1973 r., z powodu wyczerpania złóż, rozpoczęto likwidację ZG Lena, a w 1987 – ZG Konrad. Obecnie przedsiębiorstwo bazuje na złożach rejonu LGOM.

Copper industry was initially based on the deposits of the "old basin", exploited since 15th century. In 1951, a copper smelter Huta Miedzi Legnica was set in motion to produce copper basing on the ores acquired from two post-German mines Lena (near Złotoryja) and Konrad (near Bolesławiec). Discovery of vast copper deposits in the vicinity of Lubin and Polkowice, in the late fifties, initiated development of a "new" Copper District of Legnica and Głogów (LGOM). Large enterprise Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi (KGHM) – Copper Mining and Smelting Works was established in 1961, and transformed in 1991 into the company owned by State Treasury - KGHM Polska Miedź S.A. (Monografia 2007, website 1).

The mines of new region started operation in 1968. A new copper smelter Głogów I was launched in 1971, and the next one, Głogów II, situated in the close neigbourhood – in 1978. Due to exhaustion of resources, the old mines were put into decommissioning - Lena in 1973, and Konrad in 1987. Presently, copper production by the company is entirely based on "new", LGOM deposits.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

9.1 Technologia wydobycia i przeróbki rudy

Węglanowo-piaskowcowa ruda wydobywana w kopalniach, zawierająca średnio ok. 2% miedzi, głównie w postaci minerałów siarczkowych, jest transportowana do zakładów przeróbczych, gdzie podlega wzbogaceniu w procesie flotacji. Wytworzony koncentrat miedzi dostarczany jest do hut, a półpłynny odpad, tzw. osad poflotacyjny, transportowany jest metodą hydrauliczną na składowisko Żelazny Most – największy tego typu obiekt w Europie (Rys. 9.1). Do 1980 r. odpady były deponowane na mniejszym składowisku Gilów. W starym zagłębiu też działały osadniki poflotacyjne – trzy w rejonie kopalni Konrad i dwa w rejonie Leny. W osadniku następuje sedymentacja fazy stałej, a wodę nadosadową ujmuje się i ponownie kieruje do procesu wzbogacania rudy. Okresowo nadmiar wody odprowadzany jest do Odry. Koncentrat przetapia się i poddaje rafinacji ogniowej w hutach, w efekcie powstaje miedź anodowa, przerabiana dalej elektrolitycznie na katody miedziane. Szlam anodowy i odzyskiwane pyły hutnicze stanowią surowce wyjściowe do produkcji innych metali: m.in. ołowiu oraz metali szlachetnych, przede wszystkim srebra, złota, a także renu. Roczne wydobycie rudy kształtuje się na poziomie około 22-30 mln Mg, a produkcja miedzi: 400- 500 tys. Mg.

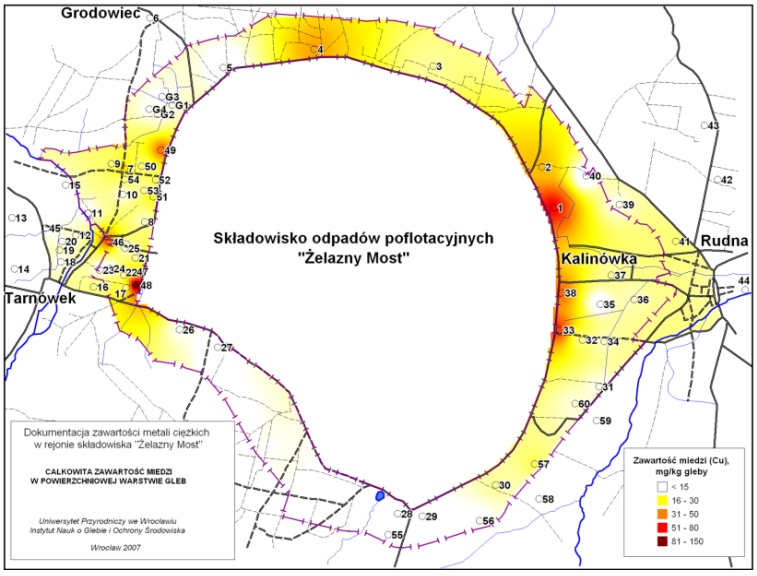
Główne oddziały KGHM Polska Miedź S.A. to kopalnie: Lubin, Rudna i Polkowice-Sieroszowice, zakład wzbogacania rudy, zakład hydrotechniczny obsługujący składowisko Żelazny Most, i huty: Legnica, Głogów I i II; ponadto oddziały pomocnicze i huta walcówki Cedynia.

9.1 Technology of ore mining and processing

Limestone and sandstone-based ore contains an average of 2 percent copper, mainly present in sulphidic minerals. The ore, acquired in the mines, is transported to processing plants where it is enriched by flotation. Produced copper concentrate is further delivered to the smelters, whereas a semi-liquid waste material, called tailings, is hydraulically transported to a storage facility Żelazny Most – the largest such an object in Europe (Fig. 9.1). Until 1980, tailings were disposed in another, smaller impoundment Gilów. Similar tailings impoundments were also used in the old copper mining region, three of them – in the vicinity of the mine Konrad, and two others – near Lena. Solid fraction of tailings is allowed to sediment out of the slurry, while clarified water is recycled back to flotation process. Occasionally, the excess of water is discharged into the Oder. Copper concentrate is smelted and fire-refined to obtain copper anodes, which are further refined electrolytically to get a final product, i.e. copper cathodes. Anode slime as well as captured smelting dusts are the starting materials for production of other metals: lead and several noble metals, in particular silver, gold, and rhenium. Annual ore extraction in LGOM stands at the level of 22-30 million Mg, and copper production rounds 400-500 thousand Mg.

The main departments of KGHM Polska Miedź S.A. are the mines Lubin, Rudna and Polkowice-Sieroszowice, copper enrichment facility, hydrotechnical department that handles tailings storage facility Żelazny Most,

Rysunek 9.1. Widok Żelaznego Mostu (materiały KGHM Polska Miedź S.A.)
Figure 9.1. The view of Żelazny Most (provided by KGHM Polska Miedź S.A.)



Rysunek 9.2. Punkty monitoringu wokół Żelaznego Mostu. Przykładowe wyniki badań monitoringowych ilustrujące rozmieszczenie Cu w glebach (Raporty 1995-2014).
Figure 9.2. The map of monitoring network around Żelazny Most. Example of the data gained from monitoring, illustrating Cu distribution in soils (Reports 1995-2014).

Kopalnie

Działalność samych kopalń powoduje degradację geomechaniczną gleb, polegającą na tworzeniu niewielkich hałd materiału skalnego z udostępniania złoża i na deformacjach terenu – znacząco ograniczonych dzięki stosowaniu posadzkowania. Dodatkową przyczyną degradacji geomechanicznej gleb jest wydobycie piasku podsadzkowego ze złoża we wsi Obora. Zakłady górnicze przyczyniają się też w niewielkim stopniu do zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi wskutek pylenia z szybów oraz pylenia podczas transportu urobku.

Składowiska odpadów poflotacyjnych

Zbiorniki poflotacyjne są obiektami silnie oddziałującymi na środowisko, gdyż zajmują duże powierzchnie (Żelazny Most: 1394 ha, Gilów: 600 ha), stwarzają poważne zagrożenie hydrotechniczne (możliwość awarii i wydostania się półpłynnej masy odpadów ze zbiornika), lokalnie mogą wywierać niekorzystny wpływ na warunki hydrogeologiczne i właściwości wodne gleb wskutek przesiąkania zasolonych wód lub ich wycieku z rurociągów, a przede wszystkim – przez pylenie z plaż (Monografia 2007). Wywiewanie drobnych cząstek pyłu i piasku, bogatych w metale ciężkie, i ich przenoszenie na okoliczne tereny jest uważane za najbardziej uciążliwą formę oddziaływania składowiska na przyległe gleby. Osady poflotacyjne zawierają resztkowe ilości metali ciężkich: do 0,3% Cu i 0,1% Pb. Pozostawianie osuszonych plaż, o szerokości co najmniej 200 m, jest konieczne dla zabezpieczenia stabilności hydrotechnicznej obiektu.

and the smelters: Legnica and Głogów I, II. There are also some supporting departments and the wire rod plant Cedynia.

Mines

The impacts of mining activity on soils involves mainly geomechanical degradation caused by disposal of unprocessed rock materials, excavated to gain access to deposits, as well as local land subsidence – reduced significantly thanks to stowing. However, open-pit mine of stowage sand, situated in the village Obora, is another source of technical degradation of soils.

Additionally, ore mines contribute, to small extent, to soil contamination with heavy metals, due to dust emissions from the shafts and ore transportation.

Tailings storage facilities

Tailing impoundments exert considerable impacts on the environment, as they occupy large areas (Żelazny Most: 1394 ha, Gilów: 600 ha), pose a serious hydrotechnical threat (because of possible dam failure and discharge of the slurry), and on a local scale they may adversely affect hydrogeological conditions and soil water properties due to the seepage of saline water or its leakage from pipelines. The main mechanism of environmental pollution caused by the storage of tailings in impoundments is blowing away of dust particles (with a size of silt or sand) from the beaches, i.e. dry outer sections, followed by air-drift and disposal onto the surrounding areas (Monografia 2007).

W 1967 r. w Iwinach doszło do przerwania tamy zbiornika kopalni Konrad, formowanego bez zachowania plaż, w wyniku czego osady wypłynęły w dolinę rzeki, a katastrofa spowodowała śmierć kilkunastu osób (Monografia 2007, Karczewska i Lizurek 2004).

W celu zminimalizowania pylenia z powierzchni plaż składowiska Żelazny Most stosuje się zabiegi prewencyjne: pokrywanie powierzchni emulsją bitumiczną oraz kurtyny wodne uruchamiane w czasie występowania silniejszych wiatrów.

Powierzchnię składowisk wyłączonych z eksploatacji powinno się poddawać rekultywacji i zagospodarowaniu. Głównym kierunkiem zagospodarowania tych obiektów jest kierunek leśno-wodny (w centralnej części zbiorników będzie utrzymywać się lustro wody), albo specjalny (np. Lena II – składowisko odpadów skalnych). Rekultywacja biologiczna powierzchni osadników jest bardzo trudna. Osady mają alkaliczny odczyn, zawierają do kilkudziesięciu procent węglanów, co powoduje niską przyswajalność wielu makro- i mikroskładników. Jednocześnie ograniczona jest przyswajalność metali ciężkich. Kluczowy problem przy rekultywacji osadników starego zagłębia stanowi ich zwięzły skład granulometryczny i bardzo niekorzystne warunki powietrzno-wodne. Pozytywne efekty rekultywacji uzyskano na zbiorniku Gilów, gdzie na powierzchnię osadów nawieziono kilkunastocentymetrową warstwę gliny zwałowej, zastosowano nawożenie mineralne i wysiano mieszanki z dużym udziałem nostrzyka białego. Zainicjowało to procesy biologiczne i stworzyło korzystne warunki do wzrostu drzew, m.in. robinii, brzozy,

The tailings contain residual amounts of heavy metals: up to 0,3% Cu and 0,1% Pb. Dry, at least 200-meter broad beaches, uncovered with water, must be formed along the dam to ensure hydrotechnical stability of the whole impoundment. The failure of dam breakage happened in 1967, in Iwiny, where tailings impoundment of the mine Konrad was maintained without beaches. In effect, discharged tailings flew down the river where they were finally disposed, and a flood wave caused the deaths of several people. (Monograph 2007 Karczewska and Lizurek 2004).

In order to minimize the amounts of dust release from the beach surfaces, several preventive treatments are applied, such as surface coating with bitumen emulsion and water safety curtains put on in the periods with stronger wind.

After closure, the surface of tailings impoundments should be reclaimed and prepared for future usage. The main options for such usage are either foresting, with an open area that will remain in central section of impoundment, or special purposes (such as rock waste dumping site in Lena II). Biological reclamation of tailings is difficult. Alkaline reaction and the presence of carbonates (up to several tens percent) make most macro- and micronutrients poorly available. At the same time, however, availability of heavy metals is limited. A crucial problem of reclamation in the old mining region is a heavy texture of tailings and related unfavourable water properties. Reclamation of tailings impoundment Gilów, in the new region, was but then successful. In that case, the tailings were covered with several cm layer of glacial till, and then

topoli osiki i sosny czarnej. Składowisko dawnej kopalni Konrad - Iwiny I w Starym Zagłębiu zostało w części zrekultywowane i podlega samoistnej sukcesji, natomiast obiekt Iwiny III nie został formalnie zamknięty i nie podjęto jego rekutywacji. Obiecujące wyniki uzyskano w doświadczeniach, w których przy rekultywacji zastosowano piasek, osady ściekowe i kwaśne odpady przemysłu nawozowego - fosfogipsy (Spiak 2012)

W przypadku czynnego składowiska Żelazny Most sukcesywnej rekultywacji poddaje się skarpy, nabudowywane „do wewnątrz" z - bogatego we frakcję piasku - osadu poflotacyjnego. Najskuteczniejszą metodą rekultywacji skarp, i zapobiegania erozji, jest pokrywanie płatami darni.

9.2 Środowisko glebowe w zasięgu oddziaływania składowiska Żelazny Most

Obiekt unieszkodliwiania odpadów po flotacji rud miedzi Żelazny Most koło Rudnej jest największym nadpoziomowym mokrym składowiskiem tego typu w Europie, gdzie rocznie składuje się 25-29 mln m^3 osadów. Zdeponowano już łącznie około 500 mln m3 odpadów, a docelowa pojemność składowiska to ponad 1 mld m^3. Wysokość skarp w najwyższym miejscu przekracza 50 m.

W rejonie składowiska dominują gleby wytworzone z piasków wodnolodowcowych, z dominacją gleb bardzo lekkich, o uziarnieniu piasków luźnych i słabogliniastych. Gleby zwięźlejsze, głównie gliny piaszczyste i sporadycznie gliny lekkie, występują w postaci nieregularnie rozmieszczonych enklaw.

fertilized with mineral fertilizers and sown with the mixture of grasses and legumes, containing high percentage of melilot *Melilotus albus*. Biological processes started and created beneficial conditions for the growth of trees, such as black locust, silver birch, trembling aspen and black pine. The impoundment of the former mine Konrad - Iwiny I in the "old mining region" has been partly reclaimed and undergone natural succession, while Iwiny III has not been formally closed nor reclaimed. Promising effects were obtained, however, in the experiments with application of sand, sewage sludge and phosphogypsum - an acidic waste material produced by phosphate industry (Spiak 2012).

In the case of operating facility Żelazny Most, the outer slopes of its embankments, heightened "inwards" with a sandy fraction of tailings, are successively reclaimed. The most efficient method of reclamation and protection against erosion, is their covering with the sheets of turf.

9.2 Soil environment in the area affected by tailings impoundment Żelazny Most

The tailings impoundment Żelazny Most near Rudna is the largest in Europe elevated facility to store semiliquid waste. It receives 25-29 mln m^3 of tailings per year. Round 500 Million m3 of tailings has already been disposed, and a target total capacity exceeds 1 bln m^3. The height of embankment exceeds 50 m.

Predominating soils, in the surroundings of impoundment, are those developed from fluvioglacial deposits,

Rysunek 9.3. Zrekultywowana powierzchnia składowiska odpadów poflotacyjnych Gilów
Figure 9.3. Reclaimed surface of tailings impoundment Gilów.

Rysunek 9.4. Doświadczenia nad rekultywacją składowiska odpadów poflotacyjnych Iwiny III w Wartowicach, stare zagłębie (Spiak 2012).
Figure 9.4. Experimental reclamation of tailings impoundment Iwiny III in Wartowice, the old copper region (Spiak 2012).

W bezpośrednim otoczeniu obiektu utworzono w latach 80. strefę ochronną, którą w części zalesiono. W użytkowaniu rolniczym pozostaje część gruntów w miejscowościach Tarnówek i Rudna, sąsiadujących ze składowiskiem.

Oddziaływanie Żelaznego Mostu na pokrywę glebową w sąsiedztwie obiektu polega głównie imisji pyłu wywiewanego z plaż, czego skutkiem jest m.in. widoczna neutralizacja odczynu gleb a także wzbogacenie w metale ciężkie, zwłaszcza w Cu, Pb i As. Mimo że przeważają tu gleby wytworzone z piasków, ich odczyn jest na ogół obojętny lub słabo kwaśny. Od lat 90. prowadzone są systematyczne badania właściwości gleb wokół obiektu, a także badania zanieczyszczenia metalami ciężkimi roślin uprawnych (Angełow i in. 2000, Chodak i in. 2006). Utworzono sieć punktów monitoringowych rozmieszczonych w odległości 150-2000 m od zapór – w największej liczbie

mostly with sand texture. Finer soils, mainly loamy sands and sandy loams, sometimes accompanied by loams, occur locally as irregularly spread patches. A protection zone was established in the eighties in the close neighbourhood of facility. The zone has been partly forested, and its some fragments, in the villages Tarnówek and Rudna, abutting the dumping site, remain still in agricultural usage.

The influence of Żelazny Most on soils in its vicinity is mainly caused by deposition of dust blown out from the beaches. It results in apparent neutralization of soil reaction and enrichment in heavy metals, particularly in Cu, Pb and As. Despite their sandy texture, the reaction of most soils in this area is neutral or slightly acidic. Properties of soils surrounding the facility, as well as heavy metal contamination of crops, have been regularly surveyed since the nineties (Angełow et al. 2000, Chodak et al. 2006).

w obrębie miejscowości i na użytkach rolnych, a w mniejszym zagęszczeniu – na obszarach zalesionych (Rys. 9.2) (Raporty 1995-2014, Kabała i in. 2008).

Całkowita zawartość miedzi w powierzchniowej warstwie gleb (0-30 cm) wokół składowiska, stwierdzana w latach 2004-2014, mieści się w przedziale 10–82 mg/kg i wykazuje wyraźny związek z odległością od korony składowiska. Najwyższe koncentracje Cu występują w najbliższym sąsiedztwie obiektu, szczególnie przy wschodniej zaporze. W około 1/3 punktów monitoringowych notuje się koncentracje miedzi wyższe od uznawanych za naturalne wg wytycznych IUNG (Kabata-Pendias i in. 1993), odpowiadające zwykle I stopniowi zanieczyszczenia, a w niektórych punktach stopniom II-IV, jednak nie przekraczają one wartości 150 mg/kg, tj. wartości standardu jakości gleb (Rozporządzenie 20020. Najwyższa zawartość Cu w glebach, stwierdzona w badaniach monitoringowych, wynosiła 142 mg/kg w 1996 roku. Podobne obserwacje dotyczą także Pb, As oraz Cd. W latach 1996–2001 stwierdzano jednak we wschodniej części dawnej strefy ochronnej zawartości As przekraczające wartość standardu (20 mg/kg), sięgające 34 mg/kg. Na podstawie blisko 20-letnich badań można stwierdzić, że negatywne oddziaływanie pyłów na gleby zostało zasadniczo zatrzymane przed rokiem 1996, a podwyższone koncentracje metali w glebach wynikają z akumulacji, jaka miała miejsce w pierwszym okresie funkcjonowania składowiska.

Odrębny problem stanowi możliwość bezpośredniego zanieczyszczenia roślin przez osiadanie na ich powierzchni pyłów

A network of monitoring sites, situated at the distance of 150-2000 m from the embankments, established with this purpose, has the highest density within villages and across the area used as arable fields, and lower density – in forested lands (Fig. 9.2) (Raporty 1995-2014, Kabała et al. 2008).

Total concentrations of copper in topsoil layer (0-30 cm) around the impoundment, reported in a period 2004-2014, were in the range 10–82 mg/kg, and were apparently dependent on the distance from the embankment. The highest Cu concentrations were noted in the closest neighbourhood of the dam, particularly at its eastern part. In about one-third of monitoring sites, copper concentrations in soils are enhanced, i.e. higher than those considered as natural, according to the guidelines by IUNG (Kabata-Pendias et al. 1993). They usually correspond to the I level of contamination, and in some sites are higher, i.e. corresponding to II-IV contamination level, but in no case they exceeded the values of 150 mg/kg, i.e. soil quality standard (Rozporządzenie 2002).

The highest Cu concentration in soils, reported in monitoring survey, i.e. 142 mg/kg, was found in 1996. Similar observations referred also to Pb, As and Cd. The concentrations of As in the eastern part of former protection zone, reported in years 1996-2001, happen to exceed the standard value (20 mg/kg), and reached a maximum of 34 mg/kg. The survey carried out continuously for almost 20 years let us to state that adverse impacts exerted by tailings dust onto soils were in general stopped before the year 1996, while enhanced concentrations of metals in soils, now still

zawierających nie tylko Cu, ale też Pb, As i Cd. W pierwszym okresie badań notowano przypadki nadmiernego zanieczyszczenia roślin uprawnych, szczególnie warzyw (Dobrzański i in. 1992, Chodak i in. 2006), ale wyniki z ostatnich lat wskazują, że zawartości metali w ziarnie zbóż, bulwach ziemniaków, a także w korzeniach i częściach nadziemnych warzyw pozostają na poziomie typowym dla niezanieczyszczonych rejonów Polski (Medyńska i in. 2009). Potwierdza to skuteczność prowadzonych działań prewencyjnych zapobiegających pyleniu ze składowiska.

Oddziaływanie obiektu na warunki wodne gleb także podlega systematycznej kontroli. Lokalnie notuje się przesiąkanie zasolonych wód do gleb, co jest skutkiem złożonych warunków hydrogeologicznych (Kaszubkiewicz i in. 2003, Duda 2014). Efekt ten został zminimalizowany dzięki zainstalowaniu wokół składowiska systemu bariery studzien, które umożliwiają ujmowanie przesiąkającej wody i jej ponowne zawrócenie do obiegu. Sporadycznie zdarzają się przypadki awarii polegających na rozszczelnieniu rurociągów, w wyniku czego dochodzi do lokalnego zawodnienia i zasolenia gleb. W takich przypadkach nie stwierdzano jednak nadmiernego zanieczyszczenia metalami ciężkimi, a nadmierne zasolenie zanika w okresie kilku miesięcy po awarii (Kaszubkiewicz i in. 2014.

9.3 Huty miedzi

Oddziaływanie hut na środowisko glebowe, w przeszłości bardzo silne, a obecnie w znacznym stopniu ograniczone, związane jest głównie z emisją do środowiska dużych ilości

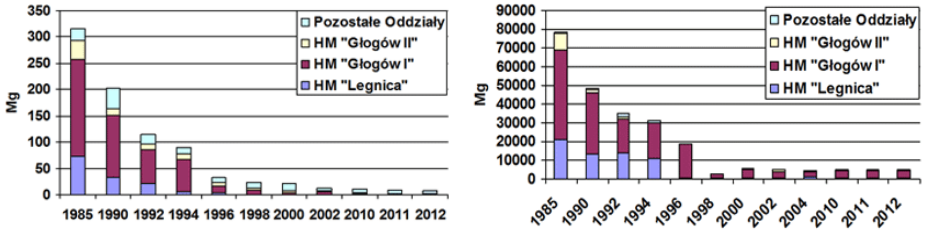
observed, resulted from the first period of facility operation.

Another problem is a possible direct contamination of crops, via deposition of dust rich in Cu, Pb, As and Cd. Excessive contamination of crops and vegetables were noted in the first years of survey (Dobrzański et al. 1992, Chodak et al. 2006), however, the results obtained in recent years indicate that the concentrations of metals in cereal grains, potato tubers, and vegetables remain at the level typical for unpolluted region of Poland (Medyńska et al. 2009). This observation proves that prevention measures carried out to reduce dust blowing from the impoundment are effective.

Possible impacts of the facility on hydrological conditions are also under constant scrutiny. Local occurrence of saline waters in the soil were reported (Kaszubkiewicz et al. 2003, Duda 2014). The effects of possible seepage have been considerably minimized by installing a system of well barrier that enables overtaking the seepage water and returning it into circulation. Occasionally, the failures happen to the tailings-transporting system that involves unsealing of the pipes and local submergence and salinization of soil. In none of such cases, however, soil concentrations of metals exceeded permissible levels. Excessive salinization disappears usually within several months after the failure (Kaszubkiewicz et al. 2014).

9.3 Copper smelters

The impacts of smelters onto the soil environment, extremely strong in the past, has been considerably reduced. The main factors responsible for soil degradation were massive



Rysunek 9.5. Zmiany emisji miedzi (a) i dwutlenku siarki (b) do powietrza z zakładów KGHM Polska Miedź S.A. w latach 1985-2012 (website 1)
Figure 9.5. The changes in copper (a) and sulphur dioxide (b) emissions from the plants that are parts of KGHM Polska Miedź S.A. in years 1985-2012 (website 1)

Rysunek 9.6. Erozja silnie zanieczyszczonych gleb w strefie ochronnej Huty Miedzi Legnica. Rok 1984 (źródło: KGHM Polska Miedź S.A.)
Figure 9.6. Erosion of strongly polluted soils in the protection zone of Copper Smelter Legnica. Year 1984 (source: KGHM Polska Miedź S.A.)

Rysunek 9.7. Zadrzewiony obszar dawnej strefy ochronnej Huty Miedzi Legnica. Rok 2011 (fot. A. Karczewka)
Figure 9.7. Forested area in former protection zone of Copper Smelter Legnica. Year 2011 (photo A. Karczewka)

siarki i pyłów zawierających metale ciężkie. Ponadto zakłady hutnicze produkują znaczne ilości odpadów, w tym szlamów i żużli hutniczych, które częściowo są poddawane dalszej przeróbce, ale ich czasowe składowanie może być przyczyną wtórnej emisji pyłów. Emisje dwutlenku siarki i pyłów z hut Legnica i Głogów I i II spowodowały w latach 70-tych i 80-tych całkowitą utratę

emissions of sulphur dioxide and heavy-metal rich dust. Moreover, the smelters produce large amounts of wastes, such as slime and slag. They are intended for recycling and further processing, but their temporal storage may be a considerable source of secondary dust emissions. Release of sulphur dioxide and dust from the smelters Legnica and Głogów I, II in the 70s and 80s of 20th century

wartości użytkowych gleb w ich bezpośrednim sąsiedztwie (Rys. 9.6). Efekty takie obserwowano i w rejonie huty Legnica, działającej dłużej, i w rejonie hut Głogów, które uruchomiono później, ale ich wydajność była większa, a w bezpośrednim sąsiedztwie hut występują - obok gleb zwięźlejszych – gleby wytworzone z piasków, o słabych zdolnościach buforowych i sorpcyjnych (Roszyk i Szerszeń 1988). Roczna emisja do atmosfery SO2 oraz pyłów zawierających metale ciężkie, zwłaszcza Cu i Pb, z hut wzrastała sukcesywnie od czasu uruchomienia zakładów do połowy lat osiemdziesiątych, kiedy zakłady te emitowały rocznie ponad 2600 t pyłów metalurgicznych zawierających ponad 200 t Cu i 150 t Pb (Monografia 2007). Wokół hut utworzono strefy ochronne: w 1989 r. – dla huty Legnica, o powierzchni 1128 ha, a w 1990 r. dla huty Głogów - 2840 ha.. W następnych latach, dzięki dużym nakładom inwestycjom, radykalnie ograniczono emisje (Rys. 9.5), dzięki czemu w roku 2000 obie huty zostały zdjęte z „Listy 80" najbardziej uciążliwych zakładów w skali kraju (Monografia 2007). Nie rozwiązało to jednak problemu akumulacji metali ciężkich, głównie Cu i Pb, a lokalnie także Zn, Cd, As, Hg i innymi, w glebach w otoczeniu hut.

9.4 Środowisko glebowe w sąsiedztwie Huty Miedzi Legnica

Pokrywa glebowa w otoczeniu Huty Legnica wykazuje niewielką zmienność. Tworzą ją głównie gleby płowe wytworzone z lessopodobnych utworów pyłowych różnej miąższości (od kilkudziesięciu cm do ponad 1 m), zalegających na glinach oraz piaskach

resulted in the utter loss of soil utility values in the vicinity of the smelters.

Such effects were observed both in the surrounding of smelter Legnica, the one operating for a longer time, and in the neighbourhood of Głogów, that started operation later, but has a larger capacity and is surrounded by the soils generally less resistant to degradation. In the immediate vicinity of smelter Głogów, there are – beside some heavier soils, mainly those developed from sands, with poor sorption and buffering properties (Roszyk and Szerszeń 1988). A yearly release of SO_2 and metals rich dust (containing in particular Cu and Pb) into the atmosphere was successively increasing, beginning from the start of operation until the mid-eighties, when they altogether emitted 2600 Mg of dust, containing over 200 Mg Cu and 150 Mg Pb (Monografia 2007). Protection zones were established: in 1989 for the Legnica, with the surface area of 1128 ha, and in 1990 for Głogów – 2840 ha. In subsequent years the emissions were radically reduced (Fig. 9.5), and both smelters were removed from a "List of 80" the most burdensome industrial plants in the country (Monografia 2007). It did not, however, solve the problem of heavy metals accumulation in soils, which concerned mainly Cu and Pb, and locally Zn, Cd, Ad, Hg and others as well.

9.4 Soil environment in the neighbourhood of Copper Smelter Legnica

Soils surrounding the smelter Legnica are relatively homogeneous. They represent mainly Luvisols developed from loess of various thickness

i żwirach fluwioglacjalnych (Roszyk i Szerszeń 1988, Raporty 2005-2014). Lokalnie, na niewielkich powierzchniach występują gleby wytworzone z glin zwałowych oraz piasków gliniastych, a w obniżeniach terenu – gleby płowe podmokłe, czarne ziemie i gleby organiczne (Bogacz i Sebzda 2009). Badania stanu zanieczyszczenia gleb wokół hut, prowadzone od lat siedemdziesiątych, potwierdzały silną kumulację metali w poziomach powierzchniowych (Kowaliński i in. 1974, Szerszeń i in. 1978, 2004, Drozd i in. 1984, Szerszeń i Roszyk 1988), zmniejszającą się wraz z odległością od huty. Najwyższe zawartości tych metali w otoczeniu Huty Miedzi Legnica sięgały 9800 mg/kg Cu i 4580 mg/kg Pb. Wysokie stężenia metali i silne zakwaszenie gleb spowodowały zniszczenie pokrywy roślinnej i uruchomienie procesów erozji wodnej, a głębokość żłobin erozyjnych sięgała 2 m.

W latach 80. wraz z ograniczaniem emisji zanieczyszczeń, KGHM podjął intensywne prace rekultywacyjne, polegające głównie na wyrównaniu powierzchni zdewastowanych pokryw pyłowych oraz wapnowaniu gleb, zwłaszcza w najbliższym sąsiedztwie Huty. Na obszarze blisko 50% strefy ochronnej przeprowadzono prace zadrzewieniowe, z wykorzystaniem głównie kilku hybrydowych odmian topoli, które okazały się najbardziej odporne na wysokie stężenia metali w glebach. Udało się wprowadzić także domieszki innych gatunków drzew, w tym olszę czarną, klon jesionolistny i zwyczajny, jesion wyniosły, modrzew europejski i brzozę brodawkowatą. Obecnie prowadzi się przebudowę drzewostanów w kierunku ich dostosowania do żyznych siedlisk,

(from tens of centimeters to over 1 m) overlaying loams and fluvioglacial sands and gravels (Roszyk and Szerszeń 1988, Raports 2005-2014). Additionally, soils developed from glacial tills and loamy sands occur locally, covering small areas. In land depressions, there are Gleyic Luvisols, Gleyic Phaeozems and organic soils (Bogacz and Sebzda 2009). Research work carried out in the vicinities of smelters since the seventies confirmed strong accumulation of metals in the surface soil horizons (Kowaliński et al. 1974, Szerszeń et al. 1978, 2004, Drozd et al. 1984, Szerszeń and Roszyk 1988) that tended to decrease with increasing distance from the smelter. The highest concentrations of metals in the soils surrounding Copper Smelter Legnica reached the values 9800 mg/kg Cu and 4580 mg/kg Pb. High concentrations of metals and strong soil acidification caused the destruction of vegetation cover, which launched the processes of water erosion. Erosion rills reached a depth of 2 m.

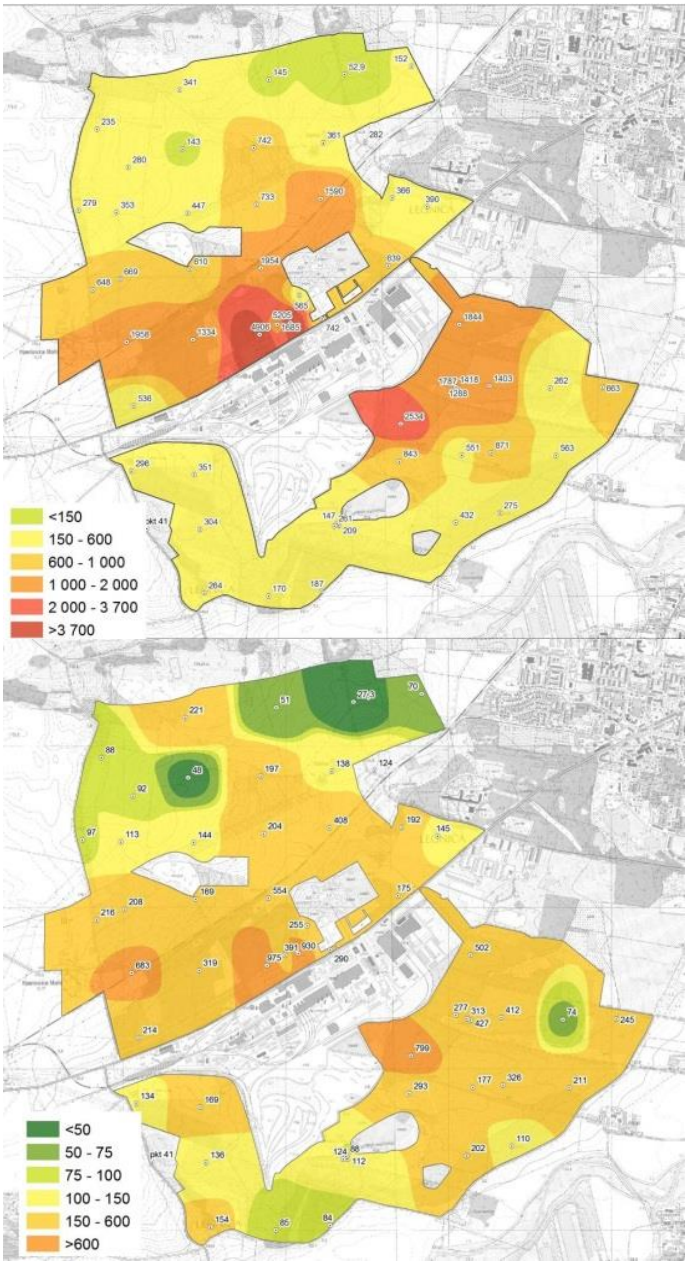
In the eighties, along with reducing emissions, KGHM took on intensive reclamation and remediation measures that involved first of all leveling the surfaces of loess covers, damaged by erosion, and soil liming, particularly in the immediate proximity of the smelter. Nearly 50% of protection zone was afforested, mainly with a few hybrid poplar varieties that proved to be most resistant to high concentrations of metals in soils. Successful were also the trials to introduce the additions of black alder, Acer negundo, Norway maple, common ash, European larch and silver birch.

wprowadzając dodatkowo dąb szypułkowy, buk zwyczajny oraz domieszki innych gatunków (Monografia 2007). W obrębie dawnej strefy ochronnej są też powierzchnie objęte antyerozyjnymi zadarnieniami i użytkowane w inny sposób. Na niewielkich obszarach testowano możliwość uprawy wierzby energetycznej. Cztery wsie, m.in. Pawłowice Małe, zostały wysiedlone, budynki wyburzone, a teren wyrównano i poddano rekultywacji. Od lat 80. KGHM wspierał też akcję wapnowania gleb użytkowanych rolniczo, położonych poza granicą strefy ochronnej, w sąsiednich miejscowościach. W roku 2006, wraz z likwidacją pojęcia stref ochronnych w polskim prawie, tereny dawnej strefy zostały częściowo przekazane Lasom Państwowym i władzom lokalnym, a częściowo nadal są własnością KGHM.

Badania stanu zanieczyszczenia gleb w rejonie hut miedzi prowadzone były przez pracowników obecnego Instytutu Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska UP we Wrocławiu (wcześniej: Katedry i Instytutu w strukturach Akademii Rolniczej) od początku lat 70-tych XX w. Przed uruchomieniem Huty Miedzi Głogów podjęto badania o charakterze monitoringowym, realizowane corocznie na 10 stałych powierzchniach w sąsiedztwie obu hut - w Legnicy i Głogowie (Szerszeń i in. 1978, 1999, 2004). Badania te, kontynuowane do dziś, stanowią prawdopodobnie najdłużej działający tego typu program monitoringu w Europie. Badania środowiska glebowego w sąsiedztwie Huty Miedzi Legnica prowadziły także liczne inne ośrodki naukowe, m.in. IUNG oraz KGHM Cuprum (Monografia 2007), a rejon dawnej strefy ochronnej objęty

Currently, reconstruction of forest stands is carried out in order to adjust them to the fertile habitats. Introduced are therefore common oak, common beech and small admixtures of several other species (Monografia 2007). Some fragments of former protection zone, have been arranged as grasslands, with control of erosion being their main function. Some other fragments are utilized for other purposes, such as experimental cultivation of willow for energy production. People living in four villages, in that number Pawłowice Małe, were displaced, the buildings demolished and land surface was leveled and subject to reclamation. Since the eighties, KGHM supported also a broad action of liming carried out on farmlands beyond the protection zone, in the neighbouring villages. In the year 2006, when the term "protection zone" was withdrawn from Polish system of law, the areas of former zone were partly handed over to State Forest or local authorities, and partly remained as the own property of KGHM.

Research works aimed to recognize and investigate soil pollution in the surroundings of copper smelters were carried out since the early seventies of 20th century by the staff of present Institute of Soil Science and Environmental Protections at Wrocław University of Environmental and Life Sciences (formerly: Chair and Institute in the structure of Agricultural University). Before the Copper Smelter Głogów started operation, monitoring-oriented soil survey was taken up, and repeated in the following years, in 10 fixed sites situated in the vicinities of both smelters – in Legnica and Głogów (Szerszeń et al. 1978, 1999, 2004).



Rysunek 9.8. Zawartości Cu (a) i Pb (b) w glebach dawnej strefy ochronnej Huty Miedzi Legnica w roku 2014 w świetle badań monitoringowych (Raporty 2005-2014)
Figure 9.8. Concentrations of Cu (a) and Pb (b) in soils of former protection zone of Copper Smelter Legnica in year 2014, based on the monitoring results (Reports 2005-2014)

został monitoringiem instytucjonalnym w oparciu o przepisy ustawy Prawo ochrony środowiska z 2001 r. (Karczewska i in. 2007).

Stała sieć monitoringu gleb na obszarze dawnej strefy ochronnej (rys. 8), utworzona w 2005 r., obejmuje 48 punktów, w których badania prowadzone są co 3 lata (Raporty 2005-2014). Z badań tych wynika, że zawartość kluczowych metali ciężkich, zwłaszcza Cu i Pb, w powierzchniowych poziomach gleb na obszarze strefy nie wykazuje istotnych zmian. Charakterystyczną cechą jest lokalnie występujące duże zróżnicowanie niektórych właściwości gleb oraz zawartości metali, związane m.in. z zabiegami wykonanymi podczas zalesiania i z istnieniem mikroreliefu (Kabała i in. 2013), a także z oddziaływaniem opadu liści i zmywaniem pyłów z koron drzew. W najsilniej zanieczyszczonej części strefy ochronnej ściółki leśne zawierają bardzo wysokie stężenia Cu i Pb, a także Zn i As (Medyńska i Kabała 2010) w formach, które mogą być łatwo wypłukiwane (Medyńska i Kabała 2010, Kabała i in. 2014). Podlegają one jednak silnej sorpcji w mineralnej części profilu glebowego i nie obserwuje się ich przemieszczania do poziomów głębszych.

Zawartości Cu w warstwie 0-30 cm gleb na większości obszaru dawnej strefy ochronnej przekraczają wartość standardu dla użytków grupy B, to jest 150 mg/kg (Rys. 9.8). Na mniejszych powierzchniach przekroczone są także wartości standardów dla Pb i As. W najbliższym sąsiedztwie Huty, na powierzchni kilku hektarów, w przekroczone są też standardy dla terenów przemysłowych (średnia zawartość Cu do głębokości 2 m przekracza 600 mg/kg, a stężenia Cu w warstwie

This series of soil survey has been continued until now, so it is probably the longest-running monitoring programme of this kind in Europe. Numerous other studies on soil environment were carried out by several research institutions, including IUNG in Puławy and KGHM Cuprum (Monografia 2007). The area of former protection zone has been covered by institutional monitoring based on the provisions of the Environmental Protection Act of 2001 (Karczewska et al. 2007).

The network of soil monitoring in the area of former protection zone (Fig. 9.8), set up in 2005, includes 48 sites in which research is carried out every 3 years (Raporty 2005-2014). The research shows that the concentrations of crucial heavy metals, in particular Cu and Pb, in the surface soil layer within the zone, remain at relatively constant level and do not show significant changes. A characteristic feature is the large spatial diversity of soil properties and metal concentrations, occurring on a local scale. This phenomenon should be attributed to soil treatment made during forestation works, the existence of microrelief (Kabała et al. 2013), as well as to non-homogeneous impacts from the falling leaves and the dust washed out from the canopy by rainwater. In the most polluted part of former protection zone, forest litter contains very high concentrations of Cu and Pb, as well as Zn and As (Medyńska and Kabała 2010), in the easily leachable forms (Medyńska i Kabała 2010, Kabała et al. 2014). They are, however, strongly adsorbed in the mineral part of soil profile, and therefore, their translocation into deeper soil horizons has not been confirmed.

powierzchniowej są wyższe niż 3000 mg/kg). W latach 2002-2014 wielokrotnie podejmowano dyskusję nad sposobem rozwiązania problemu przekroczeń standardów.

W myśl prawa należałoby gleby zanieczyszczone oczyścić, byłoby to jednak działanie nieracjonalne i nieodpowiedzialne wobec sukcesów, jakie przyniosły zabiegi rekultywacyjne oparte na immobilizacji metali i fitostabilizacji. Nowe spojrzenie na cele remediacji gleb, przyjęte w 2014 r. w nowelizacji ustawy Prawo ochrony środowiska, otwiera możliwość prawnego usankcjonowania stanu istniejącego, pod warunkiem zapewnienia kontroli i monitorowania zagrożenia ekologicznego i zagrożenia dla zdrowia człowieka. Należałoby jednak rozważyć możliwość usunięcia warstwy powierzchniowej gleby z niewielkiego, najsilniej zanieczyszczonego obszaru bezpośrednio przylegającego do Huty, gdzie stan zadrzewień jest bardzo zły i praktycznie nie występuje roślinność zielna (Raporty 2005-2014).

Copper concentrations in the soil layer 0-30 cm in most of the former protection zone exceed the value of soil quality standard for the group B, i.e. 150 mg/kg (Fig. 8). Additionally, in smaller areas, also the standards for Pb and As are exceeded.

In the immediate vicinity of the smelter, within the area of several hectares, the standards for industrial sites (group C) are exceeded as well (which means that the mean concentration of Cu, to the depth of 2 m, is higher than 600 mg/kg, and Cu concentrations in the surface layer are higher than 3000 mg/kg). In the years 2002-2014, the question how to solve the problem of standard exceedances, was asked and discussed repeatedly.

According to the law, excessively contaminated soils should be cleaned up, but in fact, such an action would be irrational and irresponsible, particularly if considering the successes achieved thanks to remediation programme based on the immobilization of metals and phytostabilization.

A new approach to the aims of soil remediation, adopted in the amendment to Environmental Protection Act in 2014, opened the possibility to legally approve the existing state, provided that ecological risks and the risks to human health will be constantly controlled and monitored. Removal of the whole surface soil layer should be considered, however, for a small, most strongly polluted area, immediately adjacent to the Smelter, where the condition of trees is very bad and herbaceous vegetation is in fact absent (Reports 2005-2014).

Odkrywka „ŻM" Soil Profile „ŻM"

Lokalizacja: dawna strefa ochronna składowiska odpadów po flotacji rud miedzi (Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most), 300 m na wschód od korony składowiska, wysokość 105 m n.p.m.; ukształtowanie terenu: falista równina, położenie odkrywki: wierzchołek wzniesienie; skała macierzysta: żwirowaty piasek na żwirze fluwioglacjalnym; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; drzewostan: sosna, dąb szypułkowy. W podszycie pojedynczo dąb, jarząb i głóg dwuszyjkowy, runo: trawiasto-jeżynowe; pokrycie 60%**.**
Location: former protection zone of copper tailings impoundment (mine waste storage facility Żelazny Most), 300 m east of embankments, altitude: 105 m a.s.l; land morphology: undulating plain, situation: top of a hummock; parent rock: gravely sand underlain by fluvioglacial gravel; groundwater: absent in the profile; erosion: none; forest stand: Scots pine, common oak. Understory: singly - oak, ash and hawthorn; undergrowth: grass and blackberry; coverage of 60%.

SgP 2011: gleba rdzawa typowa
WRB 2014: Dystric Brunic Regosols (Arenic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głębokość Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Struktura Structure	Układ Consis-tence (moist)	Otoczki Coa-tings	$CaCO_3$	Cechy redox Redox mottles
Of	5-3	-	-	-	-	-	-	-
Oh	3-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-
AB	0-10	10YR 4/3	WYR, r	GRU, d	bs	-	-	-
Bv1	10-30	10YR 5/6	STO	GRU, d	bs	-	-	-
Bv2	30-45	7.5YR 5/6	STO	OS, d	bs	-	-	-
BC	45-60	7.5YR 4/6	WYR	OS, d	lu	-	-	-
2C	>60	2.5YR 7/6	-	RO	lu	-	-	-

Wyjaśnienia skrótów na str. 158. Explanation of abbreviations - see page 158.

Odkrywka „HML" Profile „HLM"
Lokalizacja: dawna strefa ochronna huty miedzi Legnica, 500 m na północny-zachód od emitora; ukształtowanie terenu: równina o słabo urozmaiconym mikroreliefie, położenie odkrywki: teren płaski; skała macierzysta: utwory lessopodobne, podścielone piaskiem i żwirem fluwioglacjalnym; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; użytkowanie/roślinność: monokultura topoli szarej (*Populus x canescens*), wiek 30 lat, pojedyncze podrosty brzozy, w runie trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios* L.)
Location: former protection zone of copper smelter Legnica, 500 m east-north of emitter, land morphology: plain with poorly expressed microrelief, situation: flat land; parent rock: loess-like rocks underlain by fluvioglacial sand and gravel; groundwater: absent in the profile; erosion: none; usage / vegetation: monoculture of poplar (*Populus x canescens*), age 30 years. Understory: single brushwood of birch; undergrowth: feathertop reed grass (*Calamagrostis epigeios* L.)

SgP 2011: gleba płowa typowa (słabo opadowo-glejowa)
WRB 2014: Protostagnic Luvisols (Cutanic, Endoruptic, Siltic, Toxic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Struktura Structure	Układ Consis-tence	Otoczki Coa-tings	$CaCO_3$	Plamy redox Mottles	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Ol	6-4	-	-	-	-	-	-	-
Olf	4-0	-	-	-	-	-	-	-
Ap1	0-10	2.5YR 3/3	OS, s	sz	-	W2	-	-
Ap2	10-20	2.5YR 3/3	OS, s	sz	-	W2	-	-
Ap3	20-30	2.5YR 3/3	SU-DP, s	sz	-	W1	-	-
Btg1	30-50	10YR 4/6	OA, s	zw	IL, po	-	ox20%	M, FM, bd, 2
Btg2	50-65	10YR 5/8	OA, s	zw	IL, po	-	ox25%	M, Mn, d, 2
BC	65-80	10YR 6/6	OA-DP, s	zw	IL, po	-	ox15%	M, Mn, d, 2
2C1	80-95	7.5YR 5/8	RO	lu	-	-	-	-
2C2	>95	10YR 6/8	RO	lu	-	-	-	-

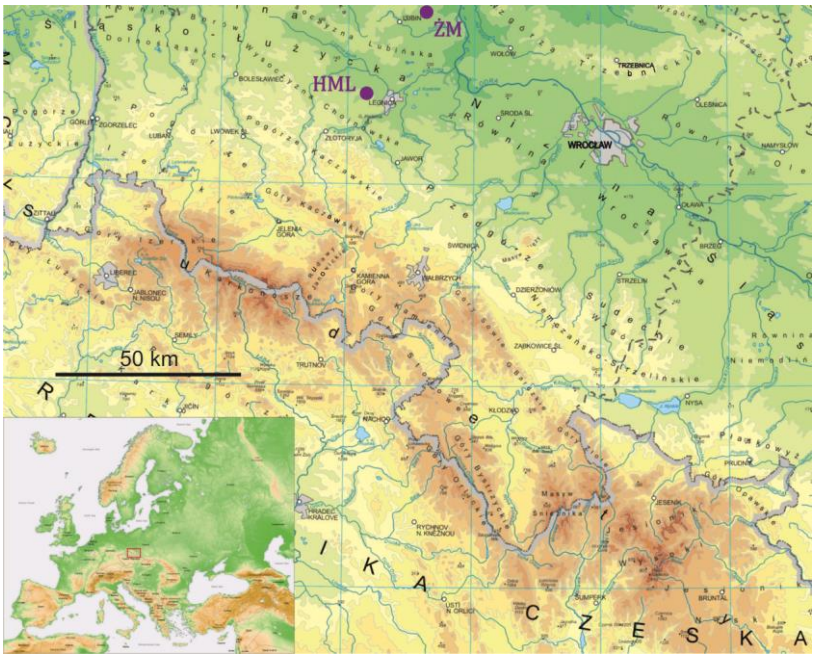
Wyjaśnienia skrótów na str. 158. Explanation of abbreviations - see page 158.

Tabela 9.1. Skład granulometryczny gleb w rejonie składowiska Żelazny Most i HM Legnica
Table 9.1. Particle-size distribution of soils near the tailings pond Żelazny Most and Copper Smelter Legnica

Profil Profile	Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Procentowa zawartość frakcji, mm Percentage of particle-size fractions, mm									Grupa granul. Texture class
			>2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002	
ŻM	AB	0-10	27	14	29	20	12	5	9	9	2	pg
	Bv1	10-30	31	24	34	15	9	6	3	7	2	pg
	Bv2	30-45	39	28	41	13	8	2	1	6	1	pl
	BC	45-60	30	28	47	11	6	2	1	3	3	pl
	2C	>60	54	32	49	10	6	1	0	1	1	plż
HML	Ap1	0-10	0	0	2	2	3	13	39	32	9	pyg
	Ap2	10-20	0	0	2	3	3	10	38	35	9	pyg
	Ap3	20-30	0	0	2	2	2	9	40	36	9	pyg
	Btg1	30-50	0	0	1	1	1	9	35	33	20	pyi
	Btg2	50-65	0	0	1	1	1	7	36	35	19	pyi
	BC	65-80	0	0	1	1	2	11	39	28	18	pyi
	2C1	80-95	52	10	25	33	16	3	3	3	7	pgż
	2C2	>95	51	8	26	41	16	2	1	3	3	plż

Tabela 9.2. Wybrane właściwości chemiczne gleb w rejonie składowiska Żelazny Most i HM Legnica
Table 9.2. Selected chemical soil properties near the tailings pond Żelazny Most and Copper Smelter Legnica

Profil Profile	Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Corg. Organic carbon %	C:N	pH H_2O	Całkowita zawartość, Total concentration, mg/kg				Cu ekstrahowalna Extractable Cu, mg/kg		
						Cu	Pb	Zn	As	1M HCl	1M NH_4NO_3	0.01M $CaCl_2$
ŻM	Of	5-3	41.5	-	6.8	266	104	63	11	-	-	-
	Oh	3-0	20.3	40	6.4	630	223	80	55	589	10.9	1.25
	AB	0-10	1.71	14	4.8	16	22	26	24	11.1	0.70	0.09
	Bv1	10-30	0.63	-	4.4	9	24	35	26	2.2	0.35	-
	Bv2	30-45	0.08	-	4.1	9	35	26	6	1.0	0.40	-
	BC	45-60	0.05	-	6.5	9	29	28	3	1.0	0.50	-
	2C	>60	0.03	-	7.3	5	29	16	1	0.8	0.30	-
HML	Ol	6-4	42.6	-	7.0	3430	2525	2303	54	-	-	-
	Of	4-0	38.5	-	7.3	12400	8860	3030	655	-	-	-
	Ap1	0-10	1.23	7	7.1	2380	681	1490	67	2027	142	0.80
	Ap2	10-20	1.22	7	7.2	2870	723	327	66	2153	240	0.86
	Ap3	20-30	1.13	9	7.1	1070	259	232	29	702	26.5	0.48
	Btg1	30-50	0.55	-	6.8	20	37	35	5.4	4.2	1.25	-
	Btg2	50-65	0.17	-	6.6	13	12	37	1.2	3.4	0.28	-
	BC	65-80	0.17	-	6.6	9	26	26	8.5	2.0	0.28	-
	2C1	80-95	0.04	-	6.8	8	25	20	4.2	1.5	0.02	-
	2C2	>95	0.03	-	6.9	9	20	16	1.9	2.2	0.02	-



Rysunek 9.9. Przybliżona lokalizacja obiektów przemysłu miedziowego: ŻM - składowiska odpadów po flotacji rud miedzi OUOW Żelazny Most oraz HML - Huty Miedzi Legnica
Figure 9.9. Approximate localisation of the copper industry plants: ŻM – tailings impoundment Żelazny Most near Rudna/Lubin and HML - Copper Smelter Legnica

Objaśnienia do opisu profilu: przejście poziomu: WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe; **grupy granulometr.** wg klasyfikacji PTG 2008; **struktura:** RO – rozdzielnoziarnista, GR – gruzełkowa, OA - angularna, OS – subangularna, DP – płytkowa, (wielkość) d – drobna, s – średnia, **układ** (na wilgotno): lu – luźny, bs – bardzo słabo zwięzły, sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły; **otoczki:** IL – ilaste; **plamy redox:** ox – oksydacyjne, podano przybliżone procentowe pokrycie plamami**; wytrącenia Fe-Mn**: (typ) M – miękkie nagromadzenia, (skład): Mn – manganowe, FM – żelazisto-manganowe; (wielkość) bd – bardzo drobne, d – drobne, (częstość) 1 – bardzo nieliczne, 2 – nieliczne.

Explanation to profile desription: lower boundary: WYR – clear, STO – gradual; r – smooth; **texture class**: pl – sand, plż – gravelly sand, pg – loamy sand, pg – gravelly loamy sand, pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer), **structure:** RO – single grain, GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, DP – platy, (size) bd – very fine, d – fine, s – medium; **consistence** (moist): lu – loose, bs – very friable, sz – friable, zw – firm; **coatings:** IL – clay; **redox mottles:** ox – oximorphic; approximate mottling percentage is given; **Fe-Mn concentr.:** M – soft, (composition): Mn – manganifeours, FM – iron-manganese, (size) bd – very fine, d – fine, (abundance) 1 – very few, 2 – few.

Rozdział 10

Wpływ regulacji rzek i melioracji odwadniających na przeobrażenia gleb aluwialnych i siedlisk łęgowych

Chapter 10

Effect of river regulation and drainage on transformations of alluvial soils and riparian habitats

Specyficzne oddziaływanie rzek na tereny przybrzeżne sprawia, że w warunkach naturalnych bogactwo przyrodnicze dolin rzecznych powstaje i utrzymuje się samodzielnie. Rzeka wzbogaca tereny nadbrzeżne w nowe elementy krajobrazu, takie jak starorzecza, wilgotne obniżenia terenu, boczne odnogi. Wahania stanu wód w korycie oraz wylewy powodziowe wpływają na poziom i ruchliwość wód gruntowych, przez co naturalnie ukształtowane doliny rzeczne zachowują stosunkowo dużą wilgotność nawet w miesiącach suchych. Ponadto, regularna akumulacja osadów zwiększa lub stale odnawia żyzność gleb aluwialnych (Laskowski 1986). Odzwierciedleniem działania tych czynników jest unikalny skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych występujących w dolinach rzecznych (Schnitzler 1997).

Zespołami leśnymi charakterystycznymi dla dolin rzecznych są łęgi (Danielewicz i Pawlaczyk 2004). Zbiorowiska te występują zazwyczaj na terasach zalewowych dolin rzecznych, stale narażonych na powodzie.

Specific influence of rivers on riverside areas causes that in natural conditions the natural richness of river valleys is formed and maintained independently. The river enriches the riverside areas into new elements of the landscape, such as oxbows, humid depressions, side branches. Fluctuations of water state in the riverbed and floods affect the level and mobility of groundwaters, which naturally shaped river valleys remain relatively high humidity even in dry months. Moreover, a regular accumulation of sediments increases or constantly renews fertility of alluvial soils (Laskowski 1986). A reflection of these factors is an unique species composition of plant communities being found in the river valleys (Schnitzler 1997).

Riparian forests are typical communities of river valleys (Danielewicz and Pawlaczyk 2004), which usually occur on the flood plains of the river valleys, constantly exposed to floods. They show regional and local difference due to the impact of various environmental factors, of which the most important are: soil type, frequency of flooding and the sustainability of flooding (Matuszkiewicz 2002).

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Wykazują one zróżnicowanie regionalne i lokalne ze względu na oddziaływanie różnych czynników środowiskowych, z których najważniejsze to: rodzaj podłoża, częstość zalewu oraz długotrwałość podtopienia terenu (Matuszkiewicz 2002). Gatunkami drzew odpornymi lub dobrze znoszącymi zalewy powodziowe są m.in. równe gatunki wierzby, olsza czarna, wiąz, jesion oraz niektóre gatunki/szczepy topoli.

Jednakże powodzie nawiedzające doliny rzeczne ograniczają osadnictwo i powodują poważne straty materialne tam, gdzie człowiek osiedla się i gospodaruje nieuwzględniając naturalnych praw rzeki. Od setek lat są więc podejmowane rozmaite próby ujarzmiania rzek. Człowiek zaczął regulować bieg rzeki: prostować, zwężać i pogłębiać jej koryto, niwelować i odwadniać terasy rzeczne (Kabała i in. 2011). Ustalono, że wskutek regulacji koryta, bieg Odry na terenie Polski został skrócony o 16% w stosunku do swojej pierwotnej długości (Janczak 1992). Na uregulowanym odcinku rzeki początkowo wzrasta erozja wgłębna i miejscami brzegowa, a następnie na skutek erozji wstecznej procesy te występują również na nieuregulowanym odcinku górnym. Z postępującą erozją wgłębną obniża się poziom wody w korycie rzecznym oraz poziom wód gruntowych (Głuchowska i Pływaczyk 2008). Zmiana dynamiki koryta i wód powierzchniowych w efekcie zabudowy technicznej brzegów powoduje, że lasy łęgowe są coraz rzadziej zalewane przez wodę. Ponadto obniżenie poziomu wód gruntowych przyczynia się do zmniejszenia uwilgotnienia łęgów, które

Species of trees immune or well tolerate the floods are among others species of the willow, a black alder, an elm tree, an ash tree and some species of a poplar.

However, the floods haunted the river valleys are limited settlements and cause substantial loss, where a man settles and manages not-considering the natural rights of the river. For hundreds of years there are various attempts so made to subjugate the rivers. The man began to regulate the flow of the river: straighten, narrow and deepen its bed, eliminate and drain river terraces (Kabała et al. 2011). It was established, that as a result of a riverbed regulation, Oder's running in Poland was shortened by 16% compared to its original length (Janczak 1992). On the regulated part of the river at first deep erosion and in places bank erosion increases, and next as a result of backward erosion these processes are also occur in the unregulated upper part. With the progressive deep erosion water level in the riverbed and the level of groundwater are lowering (Głuchowska i Pływaczyk 2008). A change of riverbed dynamic and surface waters as a result of technical building shores causes that the riparian forests are less and less often are flooded by water. Moreover lowering of the groundwater level contribute to reduce humidity of the riparian forests which then subject to transformation or disappearance (Dubiel 2000, Kowalski 2009, Ratyńska 2001, Solon 1997).

wówczas ulegają przemianom lub zanikowi (Dubiel 2000, Kowalska 2009, Ratyńska 2001, Solon 1997). Przeobrażenie łęgów polega najczęściej na stopniowej zmianie ich składu gatunkowego w kierunku lasów grądowych i nieuchronnego ustępowania z nich wielu specyficznych gatunków roślin oraz zwierząt (Cieśla 2009, Czerepko 2008, Danielewicz i Pawlaczyk 2004, Grzelak 2011, Kawałko i in. 2015, Sokołowski i Czerepko 2005, Stefańska-Krzaczek 2013).

Jedną z najpoważniejszych przyczyn przemian w środowisku dolin rzecznych jest budowa zapór i stopni wodnych. Szczególnie w okresach suchych wydłuża się czas trwania niskich stanów wody. W ślad za tym zmniejsza się częstotliwość zalewania terasy, prowadząca do przesuszenia całej doliny. Powyżej sztucznych zbiorników następuje silna akumulacja osadów i niesionego materiały skalnego, natomiast poniżej odbywa się gwałtowny proces erozji dennej. Przekształcenie koryta prowadzi też do zaniku plaż, wysepek i starorzeczy oraz redukcji lub zaniku roślinności nadrzecznej (Wawręty 2007). Przykładem negatywnego wpływu dużych obiektów hydrotechnicznych jest uruchomienie hydroelektrowni w Brzegu Dolnym w 1958 r., które przyczyniło się do obniżenia poziomu dna Odry o 2-3 m i spowodowało obniżenie lustra wód gruntowych w zachowanych nadbrzeżnych lasach łęgowych poniżej stopnia wodnego (Cieśla 2009). Z badań prowadzonych na stałym transekcie pomiarowym od 1970 roku wynika, że poziom wód gruntowych trwale obniżył się od 44 cm w odległości 550 m od rzeki Odry do 65 cm w odległości 120 m (Pływaczyk 1995).

The transformation of the riparian forests most often consists in gradual change of their species composition towards oak-hornbeam forests and inevitable regression from them many specific species of plants and animals (Cieśla 2009, Czerepko 2008, Danielewicz i Pawlaczyk 2004, Grzelak 2011, Kawałko i in. 2015, Sokołowski i Czerepko 2005, Stefańska-Krzaczek 2013).

One of the most serious causes of changes in the environment of the river valleys is the construction of dams and barrages. Especially in dry periods a duration of low water levels grows longer. Following this reduces the frequency of flooding the terraces, leading to drying the whole the valley. Above artificial water reservoirs following a strong accumulation of sediments and carried the rock material, while below a sudden process of bottom erosion takes place. The transformation of riverbed also leads to the disappearance of beaches, islands and oxbows and the reduction or disappearance of riverside vegetation (Wawręty 2007). An example of the negative impact of large hydrotechnical objects is start the hydroelectric power plant up in Brzeg Dolny in 1958, which contributed to lower the level of the Oder's bottom by 2-3 m and caused lowering the groundwater surface in the kept riverside riparian forests below the barrage (Cieśla 2009). The research conducted at a constant measuring transect since 1970 show, that the groundwater level permanently decreased from 44 cm at a distance of 550 m from the Oder river to 65 cm at a distance of 120 m (Pływaczyk 1995).

Kolejną przyczyną niekorzystnych zmian w szacie roślinnej dolin rzecznych jest budowa obwałowań. Odcięte od okresowych zalewów ekosystemy na zawalu szybko ulegają przesuszeniu. Ponadto sam brak wód zalewowych jest czynnikiem negatywnie wpływającym na roślinność zbiorowisk łęgowych. Skoncentrowany przepływ wody powoduje też wzrost transportu rumowiska w korycie oraz niszczenie roślinności łęgowej w międzywalu. W przeszłości negatywny wpływ działania wałów przeciwpowodziowych na nadodrzańskie lasy łęgowe ograniczano dzięki specjalnie skonstruowanym zastawkom, przez które w czasie występowania wezbrań nadmiar wody odprowadzany był poza wały przeciwpowodziowe. Jednak w ostatnich latach drzewostany rosnące na obszarze tarasów rzecznych Odry i odgrodzone od rzeki wałami przeciwpowodziowymi mogą korzystać z wód zalewowych tylko w przypadku uszkodzenia wałów lub wystąpienia wezbrań o charakterze klęskowym, takich jak powódź w 1997 roku (Bruchwald i in. 1997).

Regulacja rzek ma swoje konsekwencje nie tylko w zmianach zbiorowisk roślinnych, ale również w morfologii i właściwościach gleb występujących w dolinie rzecznej. Obniżenie poziomu wody gruntowej oraz eliminacja wylewów rzeki powodują zahamowanie dopływu osadów, a więc zatrzymanie narastania aluwialnego substratu glebowego. Jak pokazują wyniki badań (Banaszuk 1987, Kawałko i Kaszubkiewicz 2011, Kawałko i in. 2011, Roj-Rojewski i Hryniewicka 2009) następują istotne zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleb.

A construction of embankments is another reason for disadvantageous changes in the vegetation of the river valleys. Ecosystems cut off from periodic floods on the embankments, quickly subject to drying. Moreover, the mare lack of flood waters is a factor negatively affecting the riparian vegetation communities. Concentrated flow of water also causes a rise in the transport of rubble in the riverbed and destruction of the riparian vegetation between the embankments. In the past the negative impact of the effect of floodbanks on the Oder riparian forests was limited thanks to floodgates by which during excess flood water was drained outside the embankments. But in recent years tree stands growing in the area of the Oder river terraces and separated from the river with floodbanks can use flood waters only in case of damage or excess flood water of a natural disaster, such as the flood in 1997 (Bruchwald i in. 1997).

The river regulation has its consequences not only in changes of plant communities, but also in the morphology and properties of the soil found in the river valley. Lowering the groundwater level and the elimination of river floods cause stopping the inflow of deposits, so stopping alluvial growing of soil substrate. The results show (Banaszuk 1987, Kawałko i Kaszubkiewicz 2011, Kawałko i in. 2011, Roj-Rojewski i Hryniewicka 2009) substantial changes physical and chemical properties of soils. Over time increases the thickness of humus horizon and disappears stratification of sediments.

W miarę upływu czasu wzrasta miąższość poziomu próchnicznego i zanika stratyfikacja osadów. Nasila się proces brunatnienia (Strzemski i in. 1973) lub w przypadku utworów piaszczystych „rdzawienia" (Kabała i in. 2011). Mady właściwe lub glejowe ulegają przekształceniu w mady brunatne (Chojnicki 2002) lub mady próchniczne/czarnoziemne (Łabaz i Kabała 2014). W przypadku całkowite zatrzymania zalewów oraz długotrwałego i silnego odwodnienia profilu, mady brunatne i czarnoziemne mogą nabierać cech odpowiednio gleb brunatnych, gleb rdzawych oraz czarnych ziem (Kabała i in. 2011, Łabaz i Kabała 2014).

Przekształcenia, o których mowa zachodzą we wszystkich dolinach Dolnego Śląska, a modelowym przykładem jest duży kompleks leśny w zakolu Odry koło Lubiąża. Zmiany morfologii i właściwości gleb oraz siedlisk leśnych zostaną przedstawione na trzech stanowiskach zlokalizowanych w leśnictwie Prawików (RDLP Wrocław, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno). Według regionalizacji przyrodniczo - leśnej Polski obszar ten leży na terenie Krainy Śląskiej, Mezoregionu Pradoliny Wrocławskiej (Zielony i Kliczkowska 2010). Geologia warstw powierzchniowych i zasadnicze rysy rzeźby ukształtowane zostały ostatecznie podczas zlodowacenia środkowopolskiego (Odry). Ukształtowana wtedy Pradolina Wrocławska miała w rejonie Lubiąża i Malczyc szerokość 10-12 km (Kondracki 2002). W otoczeniu pradoliny dominują gliny zwałowe zdenudowanej moreny dennej, które na znacznych obszarach przykryte są piaskami fluwioglacjalnymi, dość często wykazującymi cechy eolizacji.

The subsurface genetic horizons extend their thickness, including the cambic horizon (Strzemski i in. 1973) or, in the case of sandy soils, the sideric horizon (Kabała i in. 2011). Thus, the "proper" alluvial soils (Fluvisols) or gleyed alluvial soils (Fluvic Gleysols) transform into "brown" alluvail soils Fluvic Cambisols (Chojnicki 2002) or humus-rich alluvial soils – Fluvic Phaeozems (Łabaz i Kabała 2014). If the floods are stopped completely and the soil profiles are permamently and deeply drained, the alluvial soils may transform into Cambisols, Brunic Arenosols, and Phaeozems lacking any features of alluvial environment (Kabała i in. 2011, Łabaz i Kabała 2014).

Transformations referred to occur in all valleys of Lower Silesia, and the model example is a large forest complex in the bend of the Oder near Lubiąż. Changes of the morphology and properties of the soil and forest habitats will be presented at three positions located in forestry Prawików (RDLP Wrocław, forest district Wołów, range Dębno). According to the regionalization of nature – forest of Poland this area is situated in the Silesian Land, region Pradolina Wrocławska (Zielony i Kliczkowska 2010). The geology of surface layers and the basic features of landform were eventually formed after the Central Poland glaciation (of the Oder). Formed at the time Pradolina Wrocławska had in the area Lubiąż and Malczyce width of 10-12 km (Kondracki 2002). The tills of denudated ground moraine dominate in the surrounding of the valley. In many places till is covered with glaciofluvial sand, often eolized.

Plejstoceńskie tarasy nadzalewowe zbudowane są z piasków i żwirów, podobnie jak holoceńskie wyższe tarasy zalewowe, w których jednak dość często występują przewarstwienia mułkowe (Tab. 10.1). Na powierzchni tarasu zalewowego niższego i częściowo wyższego, występują pyłowo-gliniaste pokrywy madowe, których miąższość dochodzi do 3,5 m (Kucharewicz 1981).

Klimat tej części Niziny Śląskiej należy do najcieplejszych w Polsce. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi ok. 9°C, a okres wegetacyjny trwa ponad 220 dni. Teren należy do obszarów o umiarkowanej ilości opadów, średnio 550-600 mm/rok (Kondracki 2002).

Prezentowane odkrywki glebowe, choć położone na terasie zalewowej w niewielkiej odległości od koryta Odry, reprezentują mady rzeczne podlegające daleko idącym procesom glebotwórczym spowodowanym brakiem zalewów aluwialnych, a przede wszystkim trwałym obniżeniem zwierciadła wód gruntowych. W glebach tych, oprócz znaczącej akumulacji materii organicznej w poziomie powierzchniowym, wyraźnie zanika stratyfikacja materiału osadowego w górnej części profilu oraz wytwarza się poziom przeobrażenia podpowierzchniowego – brunatnienia lub rdzawienia. Głębokość poziomu Bw sięga do 60 cm a poziomu BC nawet do 80 cm, co wskazuje na znaczna głębokość przeobrażenia biogenicznego w warunkach tlenowych. Budowa profilu analizowanych gleb jednoznacznie wskazuje na trwały zanik procesów charakterystycznych dla siedlisk łęgowych oraz stopniowy rozwój cech typowych dla gleb siedlisk grądowych.

Pleistocene terraces developed from sands and gravels, similarly to Holocene upper flooding terraces, however in which quite often are layers of muds (Tab. 10.1). On the surface of floodplane terrace lower and partly upper, there are silty and loamy alluvial covers which the thickness is up to 3.5 m (Kucharewicz 1981).

The climate of this part of the Silesian Lowland is one of the warmest in Poland. The average annual temperature is approx 9° C and the growing season lasts more than 220 days. The area belongs to areas with a moderate amount of precipitation, an average of 550-600 mm/year (Kondracki 2002).

Presented profiles, although located on the floodplain terrace a short distance from the Oder riverbed, represent alluvial soils subject to far-reaching soil processes caused by the lake of alluvial floodings and, first of all, permanent lowering of the groundwater level. In these soils, apart from the significant accumulation of the organic matter in the surface horizon, clearly a stratification of sedimentary material clearly disappears in the upper part of the profile and develops a horizon of subsurface transformation – cambic or brunic. The depth of the horizon Bw reaches to 60 cm and the horizon BC even to 80 cm, which indicates a significant depth of the biogenic transformation in aerobic conditions. Profile structure of the analyzed soils clearly indicates the permanent disappearance of typical processes for the riparian habitats and the gradual development of typical features for the oak- hornbeam habitats.

Siedliskowe indeks glebowy (SIG) wyznaczony na podstawie uziarnienia gleby, zawartości wymiennych zasadowych kationów, kwasowości hydrolitycznej oraz proporcji azotu i węgla organicznego, zgodnie z metodyką Brożka i in. (2012), osiąga wartości od 34 do 40 (Tab. 10.2), potwierdza zatem eutroficzny charakter przeobrażonych siedlisk łęgowych w dolinie Odry, nawet w przypadku płytkiego zalegania piasków w profilu glebowym.

Trophic soil index (SIG) determined based on soil texture, content of exchangeable alkaline cations, exchangeable acidity and ratio of the nitrogen and organic carbon according to the methodology Brożek et al. (2012), reaches values from 34 to 40 (Table 10.3), thus confirms the eutrophic character of the transformed riparian habitats in the Oder valley, even in the case of shallow lying of sands in the profile.

Objaśnienia symboli w opisach profili (na nastepnych stronach):
przejście: OST – ostre, WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe; grupy granulometryczne: skróty wg klasyfikacji PTG 2008; struktura: (typ) RO – rozdzielnoziarnista, MA – masywna, GR – gruzełkowa, OA - angularna, OS – subangularna, DP – płytkowa, (wielkość) d – drobna, s – średnia, g – gruba; układ (na wilgotno): lu – luźny, bs – bardzo słabo zwięzły, sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły, zb – zbity; plamy redox: r –redukcyjne, ox – oksydacyjne, określono przybliżone procentowe pokrycie plamami; wytrącenia Fe-Mn: Mn – manganowe, FeMn – żelazisto-manganowe, Fe - żelaziste; (wielkość) bd – bardzo drobne, d – drobne, s – średnie, g – grube; (częstość) 1 – bardzo nieliczne, 2 – nieliczne, 3 – średnio liczne, 4 - liczne

Explanation of the abbreviations in profile descriptions (next pages):
lower boundary: OST – abrupt, WYR – clear, STO – gradual; r – smooth, texture class: pl – sand, pg – loamy sand, gp – sandy loam, pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer), gpyi – silty-clay loam, gz – loam, structure: RO – single grain, GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, DP – platy, , (size) bd – very fine, d – fine, s – medium, g – coarse, consistence (moist): lu – loose, bs – very friable, sz – friable, zw – firm, zb – very firm; redox mottles: r –reductimorphic, ox – oximorphic; approximate mottling percentage is given; Fe-Mn concentrations: Mn – manganifeours, FeMn – iron-manganese, Fe - ferruginous; (size) bd – very fine, d – fine, s – medium, g – coarse, (abundance) 1 – very few, 2 – few, 3 – common, 4 - very common (abundant)

Profil PRA1 Profile PRA1

Lokalizacja: Dzielnica Śląska, Mezoregion Pradolina Wrocławska, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno, leśnictwo Prawików, oddział 369g, wys. 99,5 m n.p.m., ukształtowanie terenu: terasa zalewowa Odry; wyraźny relief związany z kanałami dawnych meandrów/starorzeczy; skała macierzysta: holoceńskie piaski i gliny aluwialne; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; typ próchnicy: mull wilgotny. **Drzewostan:** piętro A1: Db (10), wiek 120 lat, bonitacja II; piętro A2: Wz (9), Klp (1), Lp (+); piętro B2: Wz (8), trzmielina (2), Db, Klp, Lp; runo: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Moehringia trinervia, Impatiens noli-tangere*, *Sanicula europaea*, *Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria*. Zespół roślinny (potencjalny) *Ficario-Ulmetum*.

Localisation: Silesian Lowland, forest district Wołów, sub-district Dębno, unit Prawików, coordinates: E 16°29'36", N 51°13'40", elevation 99.5 m asl, terrain morphology: flooding terrace of the Odra river; intense microrelief due to numerous former river channels (meanders); parent material: Holocene alluvial sediments; ground-water table: absent down to 2 m; erosion: none; humus form: mull; **Vegetation**: riparian forest, upper tree layer – oak (120 yrs), medium layer – elm (*Ulmus*), maple (*A. campestre*), lime (*Tilia*); understory – elm, spindle (*Euonymus*), oak, lime; forest floor: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Moehringia trinervia, Impatiens noli-tangere*, *Sanicula europaea*, *Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria*. Potential association: *Ficario-Ulmetum*.

KGLP (2000): mada rzeczna próchniczna (eutroficzna)
SgP 2011: mada czarnoziemna
WRB 2014: Fluvic Phaeozems (Endoarenic, Brunic, Loamic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa granul. Texture class	Strukt. Struct.	Układ Consistence	Plamy redox Redox mottles	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Ol	1-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-
A	0-30	10YR 2/2	WYR, r	gl	GR+SU, s	sz	-	-
Bv	30-55	10YR 5/4	STO	ps	SU, d	lu	-	-
BC	55-80	10YR 6/4	STO	pl	RO	lu	-	-
C	80-200	10YR 8/2 10YR 6/6	n.d.	pl (+gp)	RO (+OA)	lu (+zb)	10%	M, FM, d, 1

Wyjaśnienia skrótów na str. 165. Explanation of abbreviations on page 165.

Profil PRA2 Profile PRA2

Lokalizacja: Dzielnica Śląska, Mezoregion Pradolina Wrocławska, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno, leśnictwo Prawików, oddział 365a, wys. 99,3 m n.p.m., ukształtowanie terenu: terasa zalewowa Odry; wyraźny relief związany z kanałami dawnych meandrów/starorzeczy; skała macierzysta: holoceńskie gliny i piaski aluwialne; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; typ próchnicy: mull wilgotny. **Drzewostan:** piętro A1: Db (2), Lp (8), wiek 90 lat, bonitacja I; piętro A2: Lp (+), Gb (+); piętro B2: Wz (4), Klp (6); runo: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Moehringia trinervia, Impatiens noli-tangere*, *Sanicula europaea*, *Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria*. Zespół roślinny (potencjalny) *Ficario-Ulmetum*

Localisation: Silesian Lowland, forest district Wołów, sub-district Dębno, unit Prawików, coordinates: E 16°28'32", N 51°14'14", elevation 99.3 m asl, terrain morphology: flooding terrace of the Odra river; intense microrelief due to numerous former river channels (meanders); parent material: Holocene alluvial sediments; ground-water table: absent down to 2 m; erosion: none; humus form: mull; **Vegetation:** riparian forest, upper tree layer – oak and lime (90 yrs), medium layer - lime and hornbeam; understory – elm and maple; forest floor: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Moehringia trinervia, Impatiens noli-tangere*, *Sanicula europaea*, *Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria*. Potential association: *Ficario-Ulmetum*.

KGLP (2000): mada rzeczna brunatna (eutroficzna, głęb. gruntowoglej.)
SgP 2011: mada brunatna typowa
WRB 2014: Eutric Endofluvic Endogleyic Cambisols (Loamic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consistence	Plamy redox Redox mottles	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Ol	2-0	-	-	-	-	-	-	-
A	0-15	10YR 2/2	STO	gz	GR/SU, s	sz	-	-
Bw	15-55	10YR 4/4	STO	gz	SU, s	zw	-	-
BC	55-120	2.5Y 5/4	WYR, r	gp	SU/OA	zw	red30%	M, FM, bd, 1
C2gg	120-160	10YR 8/2	STO	ps	SU, d	sz	ox40%	N, FM, s, 2
C3gg	160-200	10YR 6/6	-	gp	SU, s	sz	ox45%	M, FM, d, 1

Wyjaśnienia skrótów na str. 165. Explanation of abbreviations on page 165.

Profil PRA3 Profile PRA3

Lokalizacja: Dzielnica Śląska, Mezoregion Pradolina Wrocławska, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno, leśnictwo Prawików, oddział 321c, wys. 98,5 m n.p.m., ukształtowanie terenu: terasa zalewowa Odry; wyraźny relief związany z kanałami dawnych meandrów/starorzeczy; skała macierzysta: holoceńskie gliny i piaski aluwialne; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; typ próchnicy: mull wilgotny.
Drzewostan: piętro A1: So (7), Db (2), Bk (1) wiek 120 lat, bonitacja II; piętro A2: Db (5), Bk (5); piętro B1: Bk (6), Jw (4); piętro B2: Db (1), Bk (2), Jw (2), leszczyna (4), kruszyna (1); nalot (B3): So, Bk. Zespół roślinny (potencjalny) *Ficario-Ulmetum*

Localisation: Silesian Lowland, forest district Wołów, sub-district Dębno, unit Prawików, coordinates: E 16°28'57", N 51°15'37", elevation 98.5 m asl, terrain morphology: flooding terrace of the Odra river; intense microrelief due to numerous former river channels (meanders); parent material: Holocene alluvial sediments; ground-water table: absent down to 2 m; erosion: none; humus form: mull;
Vegetation: riparian forest, upper tree layer – pine, oak and birch (120 yr), medium layer – oak and beech; understory –oak, sycamore, beech, hazel. Potential association: *Ficario-Ulmetum*.

KGLP (2000): mada rzeczna brunatna (eutroficzna, głęb. gruntowoglej.)
SgP 2011: mada brunatna typowa
WRB 2014: Eutric Endofluvic Endogleyic Cambisols (Loamic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Bound.	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consistence	Plamy redox Redox mottles	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Ol	2-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-
A	0-10	10YR 4/2	WYR, r	gz	GR/SU, s	sz	-	-
Bw	10-40	10YR 4/4	STO	gz	SU/OA, s	zw	-	-
BC	40-70	10YR 5/4	WYR, r	gz	OA, s	zw	red 15%	M, FM, bd, 1
C2gg	70-145	10YR 8/2 7.5YR 5/8	WRY, r	ps (+gp)	RO + OA	lu(+zb)	red 25%	W, Fe, s/g, 3
C3gg	145-200	10YR 8/2	-	pl	RO	lu	red 20%	-

Wyjaśnienia skrótów na str. 165. Explanation of abbreviations on page 165.

Profil PRA4 Profile PRA4

Lokalizacja: Dzielnica Śląska, Mezoregion Pradolina Wrocławska, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno, leśnictwo Prawików, oddział 332d, wys. 98,5 m n.p.m., ukształtowanie terenu: terasa zalewowa Odry; wyraźny relief związany z kanałami dawnych meandrów/starorzeczy; skała macierzysta: holoceńskie piaski i gliny aluwialne; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; typ próchnicy: mull wilgotny. **Drzewostan:** piętro A1: Db (7), Lp (2), Gb (1), wiek 70 lat, bonitacja II; piętro A2: Wz, Klp, Lp, Gb, piętro B2: Wz, Lp, głóg; runo: *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*, *Glechoma hederacea*, *Moehringia trinervia, Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria, Chrysosplenium alternifolium, Calystegia sepium, Geum urbanum*.

Localisation: Silesian Lowland, forest district Wołów, sub-district Dębno, unit Prawików, coordinates: E 16°28'18", N 51°15'11", elevation 98.5 m asl, terrain morphology: flooding terrace of the Odra river; intense microrelief due to numerous former river channels (meanders); parent material: Holocene alluvial sediments; groundwater table: absent down to 2 m; erosion: none; humus form: mull; **Vegetation:** riparian forest, upper tree layer – oak, lime and hornbeam (70 yrs), medium layer – elm, maple, lime and hornbeam; understory – elm, lime and hawthorn (*Crataegus*); forest floor: *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*, *Glechoma hederacea*, *Moehringia trinervia, Viola* sp., *Stachys silvatica*, *Aegopodium podagraria, Chrysosplenium alternifolium, Calystegia sepium, Geum urbanum*.

KGLP (2000): mada rzeczna próchniczna (eutroficzna)
SgP 2011: mada czarnoziemna/brunatna
WRB 2014: Fluvic Phaeozems (Endoarenic, Brunic, Loamic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa granul. Texture	Strukt. Struct.	Układ Consistence	Redox plamy mottl.	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Olf	2-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-
A	0-20	10YR 2/2	STO	pyi	GR-OS, s	sz	-	-
AB	20-35	10YR 3/3	STO	gpyi	OS-OA,s	zw	-	
Bw	35-55	10YR 4/3	STO	gpyi	OS-OA, s	zw	-	-
Bwg	55-68	10YR 4/4	STO	gz	OA, g	zb	r10%	FeMn, s, 4
BCg	68-80	10YR 5/4	WYR, r	gl	DP-OS	zw	r10%+ ox 25%	-
Cg	80-200	10YR 7/3	-	pl	RO	lu	10%+ ox10%	-

Wyjaśnienia skrótów na str. 165. Explanation of abbreviations on page 165.
Dżdżownice endogeiczne i aneciczne w A i AB, aneciczne – do głęb. 80 cm. Endogeic and anecic earthworms in A and AB; anecic – down to 80 cm.
Warstwowanie częściowo zachowane w poz. BCg, w Cg – bardzo drobna laminacja. Stratification partly preserved in hor. BCd, in Cg – very fine lamination.

Profil PRA5 Profile PRA5

Lokalizacja: Dzielnica Śląska, Mezoregion Pradolina Wrocławska, nadleśnictwo Wołów, obręb Dębno, leśnictwo Prawików, oddział 324h, wys. 98,0 m n.p.m., ukształtowanie terenu: terasa zalewowa Odry; wyraźny relief związany z kanałami dawnych meandrów/starorzeczy; skała macierzysta: holoceńskie gliny i piaski aluwialne; woda gruntowa: brak w profilu; erozja: brak; typ próchnicy: mull wilgotny. **Drzewostan:** piętro A1: Db (8), Lp (2) wiek 75 lat, bonitacja II; piętro A2: Lp, Gb, Kl, Wz; piętro B2: Klp, Gb, Wz, Lp, głóg; runo: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Pulmonaria obscura, Milium effusum, Paris quadrifolia, Sanicula europaea*, *Urtica dioica, Viola* sp., *Carex* sp., *Geum urbanum*.
Localisation: Silesian Lowland, forest district Wołów, sub-district Dębno, unit Prawików, coordinates: E 16°28'18", N 51°15'26", elevation 98.0 m asl, terrain morphology: flooding terrace of the Odra river; intense microrelief due to numerous former river channels (meanders); parent material: Holocene alluvial sediments; ground-water table: absent down to 2 m; erosion: none; humus form: mull; **Vegetation:** riparian forest, upper tree layer – oak and lime (75 yrs), medium layer – lime, hornbeam, maple and elm; understory – maple, hornbeam, elm, lime and hawthorn (*Crataegus*); forest floor: *Rubus* sp., *Glechoma hederacea*, *Pulmonaria obscura, Milium effusum, Paris quadrifolia, Sanicula europaea*, *U. dioica, Viola*, *Carex*, *G. urbanum*.

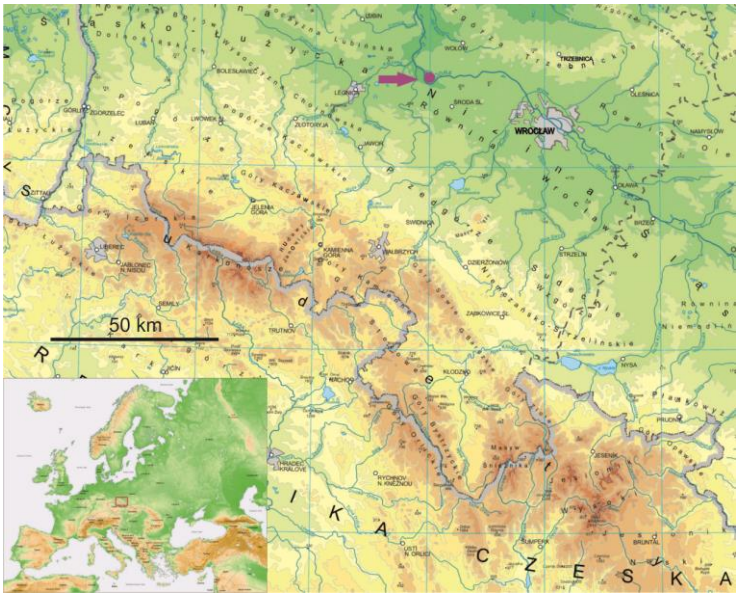
KGLP (2000): mada rzeczna brunatna (eutroficzna, głęb. gruntowoglej.)
SgP 2011: mada brunatna typowa
WRB 2014: Eutric Endofluvic Endogleyic Cambisols (Loamic, Ruptic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Bound.	Grupa granul. Texture	Struktura Struc.	Układ Consistence	Redox plamy mottl.	Wytrąc. Fe-Mn conc.
Olf	2-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-
A	0-14	10YR 3/2	STO	pyg	GR-OS, g	sz	-	-
Bw1	14-28	10YR 4/3	STO	gz	OS-OA, s	sz	-	FeMn, bm, 1
Bw2	28-58	10YR 4/6	STO	gl	OA, g	zw	-	FeMn, bm, 2
BCg	58-70	10YR 4/4	WYR, r	gp	DP, s	sz	r20% +ox40%	-
Cg	70-110	10YR 5/2 5YR 3/4	WYR, r	gl+pl	DP/RO	zw+lu	r40% +ox40%	Fe, s, 2
G	110-200	2.5YR 5/2	-	pyi	OA/MA	-	ox20%	

Wyjaśnienia skrótów na str. 165. Explanation of abbreviations on page 165.
Dżdżownice endogeiczne i aneciczne w A i Bw1, aneciczne – do głęb. 50 cm. Endogeic and anecic earthworms in A and AB; anecic – down to 50 cm.
Warstwowanie zachowane poniżej głęb. 70 cm. Stratification below the depth 70 cm.

Tabela 10.1. Skład granulometryczny gleb
Table 10.1. Particle-size distribution of soils

Profil Profile	Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Procentowa zawartość frakcji Percentage of particle-size fractions									Grupa granul. Texture class
			>2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002	
PRA1	A	0-30	0	0	0	3	39	30	12	21	10	gl
	Bv	30-55	0	0	0	6	29	22	3	4	4	psdr
	C	80+	0	0	1	9	58	21	0	2	2	pldr
PRA2	A	0-15	0	0			46		15	27	12	gz
	Bw	15-55	0	0			46		11	23	20	gz
	BC	55-120	0	0			72		8	13	9	gp
	C2gg	120+	0	0			88		3	5	4	ps
PRA3	A	0-10	0	0			51		13	18	18	gz
	Bw	10-40	0	0			56		10	18	16	gz
	BC	40-70	0	0			48		18	20	14	gz
PRA4	A	0-20	0	0	0	0	3	11	33	38	15	pyi
	Bw	35-55	0	0	0	0	4	11	15	42	28	gpyi
	Bwg	55-68	0	0	0	0	22	18	17	22	21	gz
	Cg	80+	0	0	2	14	79	2	1	1	0	pl
PRA5	A	0-14	0	0	0	5	24	10	19	32	10	pyg
	Bw1	14-28	0	0	0	5	30	12	8	28	16	gz
	Bw2	28-58	0	0	0	8	43	11	11	14	13	gl
	BCg	58-70	0	0	2	22	47	9	5	10	5	gp
	G	120+	0	0	0	0	6	12	11	**49**	22	pyi



Rysunek 10.1. Przybliżona lokalizacja odkrywek glebowych
Figure 10.1. Approximate localisation of the soil profiles

Tabela 10.2. Wybrane właściwości chemiczne gleb
Table 10.2. Selected chemical soil properties

Profil Profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth, cm	pH H_2O	$CaCO_3$	TOC	C:N	Kh	S	BS
				%			cmol(+) kg^{-1}		%
PRA1	A	0-30	5.69	0	4.06	19	4.9	10.1	67
	Bv	30-55	5.91	0	0.23	-	1.5	3.1	65
	C	80-160	6.05	0	0.10	-	0.9	1. 7	65
PRA2	A	0-15	6.27	0	5.92	14	4.7	22.6	83
	Bw	15-55	5.84	0	1.50	-	4.3	12.9	75
	BC	55-120	6.12	0	-	-	2.2	6.8	75
	C2gg	120-160	6.20	0	-	-	0.8	2.2	63
PRA3	A	0-10	5.64	0	4.93	13	7.7	21.6	74
	Bw	10-40	5.28	0	1.68	-	9.8	31.8	77
	BC	40-70	5.81	0	-	-	4.1	23.3	85
	C2gg	70-145	6.77	0	-	-	2.4	15.3	86
PRA4	A	0-20	5.44	0	10.55	12	8.2	20.5	60
	AB	20-35	5.28	0	3.45	15	6.5	17.1	62
	Bw	35-55	5.60	0	1.32	20	3.4	10.0	66
	Bwg	55-68	5.75	0	1.24	-	2.2	7.3	70
	BCg	68-80	5.90	0	0.62	-	1.6	4.2	72
	Cg	80-200	6.10	0	0.18	-	0.9	2.6	65
PRA5	A	0-14	5.52	0	5.40	13	6.8	19.4	65
	Bw1	14-28	5.50	0	1.53	16	4.3	13.4	68
	Bw2	28-58	5.65	0	0.56	-	2.5	7.8	68
	BCg	58-70	5.70	0	0.26	-	2.4	8.0	70
	Cg	70-110	5.90	0	0.25	-	1.8	4.1	75
	G	110-200	5.95	0	0.29	-	2.9	14.5	80

TOC – całkowity węgiel organiczny, total organic carbon; Kh – kwasowość hydrolityczna, hydrolytic acidity; S – suma kationów zasadowych, sum of base cations; BS – wysycenie kationami zasadowymi, base saturation

Tabela 10.3. Ewaluacja składowych siedliskowego indeksu glebowego (SIG) i diagnoza siedliska leśnego
Table 10.3. Evaluation of the soil trophic index (SIG) components and forest habitat diagnosis.

Profil Profile	Uziarn. Texture	Kationy zasad. Base cations	N^2/C	Kwasowość Acidity	Suma Sum	Diagnoza Diagnosis
PRA1	7	10	8	9	34	eutroficzne eutrophic
PRA2	8	9	10	9	36	eutroficzne
PRA3	10	10	10	10	40	eutroficzne
PRA4	8	9	10	8	35	eutroficzne
PRA5	10	9	9	8	36	eutroficzne

Rozdział 11
Czarne ziemie i czarnoziemy Niziny Śląskiej

Chapter 11
Black earths and Chernozems of the Silesian Lowland

11.1 Koncepcje genezy gleb czarnoziemnych Niziny Śląskiej

Czarne ziemie wrocławskie, zajmujące duży areał na równinnych obszarach położonych na południe od Wrocławia od zawsze wzbudzały ogromne zainteresowanie rolników ze względu na ich wyjątkowo wysoką żyzność i potencjał produkcyjny (Drozd i in. 1995). Z tego powodu gleby te są przedmiotem szczególnego zainteresowania wielu autorów, próbujących wyjaśnić ich genezę. Pierwszym uczonym, który badał czarne ziemie wrocławskie pod kątem gleboznawczym był Orth (1872), który odrzucił koncepcję ich powstania jako humusowych morskich osadów dennych. Powstanie tych gleb, według niego, należy wiązać z pół-bagiennym charakterem terenu na przełomie okresu „dyluwialnego" i „aluwialnego" (plejstocenu/holocenu). Nieco później glebom tym jednoznacznie przypisywano genezę stepową (Ramann 1911), zgodnie z koncepcją Dokuczajewa. Argumentem przekonującym był pylasty charakter osadów powierzchniowych, które za Orthem (1872) uważano za utwory eoliczne (lessopodobne).

11.1 Concepts of the black earth origin in the Silesian Lowland

"Wroclaw Black Earths", which occupy extensive plain areas south of Wrocław have always generated a great interest among farmers due their extremely high fertility and production potential (Drozd et al. 1995). For this reason, the soils are of the particular interest to many researchers, who tried to explain their origin. The first professional investigator of the Black Earths was Orth (1872), who rejected the concept of their formation from the humous marine bottom sediments. According to Orth (1872), development of the Black Earths was associated with a semi-terrestrial nature of the area at the turn of diluvial and alluvial periods (Pleistocene/Holocene). Afterwards, Ramann (1911) has classified the soils as developed in cold and dry steppe, in line with classic Dokuchaev concept. One of the convincing arguments was the silty texture of soils regarded by Orth (1872) as aeolian sediments (semiloess). The eolian origin of the surface sediments in the Silesian Lowland was not accepted by early Polish scientists.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Poglądy niemieckich geologów i gleboznawców dotyczące eolicznej genezy utworów powierzchniowych na obszarze Niziny Śląskiej nie zostały zaakceptowane przez polskich uczonych. Rokicki (1950), Kowaliński (1952) i Tomaszewski (1952) twierdzili, że są to węglanowe gliny lub glinki pyłowe genezy aluwialne i deluwialnej, a tylko sporadycznie utwory lessowe.

Zdaniem Kowalińskiego (1952) czarne ziemie wrocławskie nie powstały w warunkach klimatu stepowego, ale przez melioracją pierwotnych gleb łąkowych i łąkowo-błotnych. Koncepcja ta zakłada, że gleby te zawsze funkcjonowały jako gleby semihydrogeniczne, to jest okresowo silnie podmokłe, a duża zasobność w materię organiczną pochodzi od hydrofilnej nieleśnej roślinności łąkowej lub błotnej (ale nie bagiennej) bujnie rozwijającej się w warunkach podmokłości gleb.

Pogląd taki jest w Polsce powszechnie akceptowany, choć nie wyjaśniono jednoznacznie, jak możliwe było powstanie bardzo głębokich poziomów humusowych, znacznie głębszych niż zasięg orki „melioracyjnej". W literaturze gleboznawczej tak głębokie poziomy humusowe jednoznacznie wiązane są z intensywną i długotrwałą zooturbacją (Alexandrovskiy 2007). W latach 60-tych XX wieku pojawiła się inna koncepcja genezy tych gleb jako czarnoziemów łąkowo-leśnych (Musierowicz i in. 1961), która znalazła odzwierciedlenie w Systematyce gleb Polski (PTG 1974). Przemawiają za nią przynajmniej trzy argumenty: (1) nie ma dowodów, że obszar Równiny Wrocławskiej był podmokły przez cały holocen;

Rokicki (1950, 1952), Kowaliński (1952) and Tomaszewski (1952) claimed that they are carbonate-enriched silt loams of alluvial and diluvial origin, and only occasionally are typical loess sediments.

Kowaliński (1952) stated that the "Wrocław Black Earths" developed after the drainage of the wet meadows and meadow/mud soils rather than under the steppe climate. This assumes that the "Wrocław Black Earths" are semi-hydrogenic soils, i.e. are periodically overmoistured, gleyed, and rich in organic matter originated from the decomposition of hydrophilic, non-forest meadow vegetation ("an-moor").

This notion has been commonly accepted in Poland; however, it does not clearly explain the origin of a very deep humus horizon, much deeper than the range of "drainage plowing". According to many other soil scientists, such thick humus horizons are resulting from the intense, prolonged and deep zooturbation, which requires moderate soil wetness and excludes "an-moor" conditions (Alexandrovskiy 2007). Following this statement, an alternative concept of chernozemic origin (forest-meadow Chernozems) of these soils was declared in the 60s of the twentieth century (Musierowicz 1961). Consequently, the distinction between "steppe Chernozems" (rich in humus, non-degraded) and "forest-meadow Chernozems" (degraded, often gleyed) was introduced to the Polish soil classification (PTG 1974). Arguments, which support this hypothesis, are as follows: (1) there are no clear evidences that the Wroclaw Plain was predominantly wet during the Holocene; on the contrary,

(2) bardzo głęboki poziom próchniczny, często przekraczający 50 cm miąższości, nie został uformowany przez orkę, lecz powstał w wyniku zooturbacji, która nie jest możliwa w glebach stale podmokłych, czyli błotnych. Głęboka penetracja przez dżdżownice i ssaki glebowe jest możliwa tylko przy stale niskim lub okresowo silnie obniżającym się poziomie wody gruntowej. Ponadto, głębokie wymycie węglanów oraz nagromadzenie węglanów wtórnych w formie konkrecji również świadczy o przemywnej gospodarce wodnej przez znaczną część holocenu. (3) Gęsta neolityczna sieć osadnicza na Równinie Wrocławskiej wiązała się z wytrzebieniem zwartych drzewostanów naturalnych i trwałym zastąpieniem ich luźnymi zadrzewieniami typu lasu parkowego (lasu wypasowego) już ponad 5 tysięcy lat temu. Formacja lasu parkowego, którą można utożsamiać z formacją stepowo-leśną lub łąkowo-leśną, sprzyjała powstawaniu gleb o charakterze czarnoziemnym ze względu na brak ściółki leśnej i dominację roślinności trawiastej tworzącej poziom darniowy i dostarczającej specyficznej biomasy, która ulegała przeobrażeniom (humufikacji) jak pod formacją stepową. Dodatkowo, brak lub luźna więźba korzeni drzew umożliwiały dużą aktywność ssaków ryjących, które istotnie wspomagają dżdżownice w procesie pogłębiania poziomu próchnicznego.

Większość badaczy polskich wiązała powstanie czarnoziemów „właściwych", czarnoziemów „łąkowo-leśnych" oraz nie-bagiennych czarnych ziem z początkiem okresu holoceńskiego, kiedy występowanie nieleśnej roślinności stepo-podobnej było najbardziej prawdopodobne (Borowiec 1962, Musierowicz i in. 1961,

intense Neolithic settlement may indicate a prevailing moderate soil wetness; (2) very deep humus horizons, sometimes thicker than 50 cm, cannot be formed by ploughing only, but must result from intense and deep zooturbation, which is impossible in wet soils. A deep activity of anecic earthworms and soil mammals is possible only at the constantly low groundwater level or at changing, periodically strongly decreasing water level. In addition, deep leaching of carbonates and the accumulation of secondary carbonates in a nodule form indicates good water drainage in a large part of the Holocene. Furthermore, (3) a compact Neolithic settlement in the Wroclaw Plain was associated with depletion of dense natural forest stands and replacing them by pastures or open-forest vegetation – park-forests or pasture-forests - more than 5000 years ago. Park-forest formation that is similar (in tree density on a land unit) to steppe-forest or meadow-forest formations, promoted the development of chernozemic soils due to the predominance of the grass vegetation at the "forest floor" and lack of typical forest litter. The turf (grassy) horizon delivers a specific biomass easily transformed into stable humic compounds and humic-mineral complexes that are the base for the formation of thick and structural A horizon. In addition, the small density of wooden roots does not restrict the activity of soil burrowing mammals and earthworms, which significantly support the bioturbation and grow of the humus horizon.

Most of the Polish scientists have associated the formation of the "proper" Chernozems, "forest-meadow" Chernozems, and non-swampy

Ramann 1911). Jednak w ostatnich latach pojawiło się szereg prac sugerujących możliwość tworzenia się gleb czarnoziemnych w okresie neolitycznym (Albrecht and Kühn 2011; Vyslouzilova et al. 2014), czemu miały sprzyjać wielkoskalowe wylesienia i rozpowszechnienie się formacji trawiastych, w tym z ostnicą w składzie botanicznym (Chmielewski i in. 2014).

Celem niniejszej pracy jest analiza właściwości i genezy czarnych ziem lessowych Niziny Śląskiej na przykładzie kateny stokowej w południowej części regionu, w rejonie wsi Radzików – Trzebnik. Sekwencja obejmuje 4 profile gleb wytworzonych z lessów, położonych na bardzo łagodnym stoku w krajobrazie równiny falistej, na wysokości od 162 do 176 m n.p.m. Podstawową cechą różnicującą warunki środowiskowe w katenie jest stopień uwilgotnienia profilu glebowego. Niezależnie od położenia w katenie i wilgotności, gleby mają podobnie głębokie, strukturalne, aktywne biologicznie i zasobne w próchnicę poziomy powierzchniowe co sugeruje, że poziomy te powstały niezależnie od podmokłości występującej tylko w dolnej części kateny. Wnioskuje się, że wszystkie gleby w katenie powstały jako czarnoziemy leśno-łąkowe. W wilgotnych fazach holocenu część tych gleb uległa wtórnemu oglejeniu, co nadało im cechy morfologiczne i ekologiczne czarnych ziem.

11.2 Warunki przyrodnicze Niziny Śląskiej

Nizina Śląska jest rozległą równiną (12,7 tys. km^2) rozciągającą się po obu stronach Odry. Wprawdzie nazwa regionu sugeruje teren płaski, to

Black Earths with the beginning of the Holocene period, when the occurrence of steppe-like vegetation was the most probable (Borowiec 1962, 1965, Musierowicz et al. 1961). Series of studies have appeared in recent years, which suggest the possibility of much later formation of Chernozems, apparently in the Neolithic period (Albrecht and Kühn 2011; Vyslouzilova et al. 2014). It was supported by the large-scale deforestation and spread of grass-dominated vegetation, including *Stipa,* species typical for steppe-formation (Chmielewski et al. 2014).

The aim of this study is to discuss the origin of the Black Earths developed of silty materials in the Silesian Lowland based on the soil toposequence located on a gentle slope near the villages Radzików. The soil sequence consists of four profiles developed of loess, located on a gentle slope in the slightly rolled plain, at the altitude of 162 - 176 m asl. The most important feature, which diversifies the environmental conditions along the toposequence is a wetness degree and the drainage regime in the soil profiles. Regardless of the position in the catena and the moisture regime, the soils have similarly deep, structural, biologically active, and rich in humus surface horizons, which suggests that these horizons developed independently of the wetness present in the lower part of catena only. It is proposed that all soils in the catena formed as forest-meadow chernozems, when the climate and soil humidity as well as prevailing vegetation did not disturb the high and deep activity of soil fauna. In the moister phases of the Holocene, the lower part of the catena became swampy and soils got the strong redoximorphic features.

wysokości kształtują się w dość szerokich granicach od 100 do 260 m n.p.m. Obecna rzeźba Niziny Śląskiej została ukształtowana przez lądolód skandynawski zlodowacenia Sanu i Odry, a w części północnej - zlodowacenia Warty, a także późniejsze procesy wietrzenia i erozji. Nizina Śląska ma zatem charakter rozległej równiny denudacyjnej. Utwory czwartorzędowe to przede wszystkim gliny moreny dennej oraz piaski fluwioglacjalne i aluwialne. Południowo-zachodnia część Niziny Śląskiej wraz z Przedgórzem Sudeckim przykryta jest utworami lessowymi, o zróżnicowanej miąższości od 0,3 do ponad 3 m. Najgrubsze pokrywy lessowe występują na Płaskowyżu Głubczyckim, Wzgórzach Trzebnickich i Niemczańsko-Strzelińskich oraz w Masywie Ślęzy. Płytkie, zazwyczaj bezwęglanowe pokrywy lessowe (0,3-2 m), często z domieszkami frakcji grubszych, mozaikowato pokrywają znaczną część powierzchni Równiny Wrocławskiej. Less ten nawiany został prawdopodobnie z obszaru pradoliny Odry stąd jego odmienne właściwości w porównaniu do lessów wywiewanych z morenowego przedpola lądolodu (Badura i in. 2013; Jary 2010; Kida i Jary 2004).

Nizina Śląska to przede wszystkim teren rolniczy, szczególnie obszar Równiny Wrocławskiej. Rozwojowi rolnictwa sprzyjają żyzne gliniaste i pylaste gleby oraz łagodny klimat, będący pod wpływem tzw. efektu fenowego, spowodowanego sąsiedztwem bariery górskiej. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi 9,5^{o}C, średnia temperatura najcieplejszego miesiąca (lipca) 19^{o}C, natomiast średnia temperatura najchłodniejszego miesiąca (stycznia) -0,5^{o}C.

In morphological and ecological terms, these soils fulfil criteria of the semi-hydrogenic black earths.

11.3 The environmental conditions of the Silesian Lowland

Silesian Lowland it is a vast plain (12.7 thous. km^2) that extends on both sides of the Odra river (Kondracki 2002). Although, the name of the region suggests a flat area, variability of altitude is in a wide range, from 100 to 260 m ASL. The current morphological features of the Silesian Lowland have been formed by the Scandinavian glaciations, including the San and Odra in the south and central part, and the Warta glaciation in the northern part of the region, as well as by subsequent weathering and erosion processes. Thus, the Silesian Lowland is today a kind of denudation plane. Prevailing surface sediments are Quaternary materials, primarily tills of the ground and terminal moraines, fluvioglacial sands and gravels, as well as alluvial sands (in the river valleys). The southwestern part of the Silesia Lowland and the Sudety Foreland are covered with loess sediments of varying thickness, from 0.3 to over 3 m. The thickest loess cover occurs in the Głubczyce Plateau, Trzebnica Hills, Niemcza-Strzelin Hills and Ślęża Massif. Shallow, usually carbonate-free loess (0.3-2 m), often with addition of the coarse fractions from underlying layer, covers nearly all the southern part of the Wrocław Plain. It is hypothesized that the silt fractions were blown out from the glacial valley of the Odra river, hence the local loess has a mineralogy and physico-chemical properties differing from the “typical”

Roczna suma opadów waha się między 500 i 620 mm, z maksymalnym opadem w lipcu i minimalnym w lutym. Okres wegetacyjny trwa około 230 dni.

Na Nizinie Śląskiej dominują gleby płowe właściwe i płowe zaciekowe wytworzone z lessów i utworów lessopodobnych lub z piasków na glinach zwałowych. W mozaice z nimi występują gleby brunatne eutroficzne lub dystroficzne oraz czarne ziemie i mady (Kabała i in. 2015). Najbardziej wartościowymi pod względem rolniczym glebami regionu są czarne ziemie zajmujące duży obszar na południe od Wrocławia. Są to gleby wytworzone z lessów i utworów lessopodobnych, mające głęboki poziom próchniczny (mollic), wysokie wysycenie kationami zasadowymi, choć nie zawsze posiadają węglany, często są również silnie oglejone, szczególnie w środkowej i dolnej części profilu glebowego.

11.3 Morfologia i właściwości gleb w katenie stokowej koło Radzikowa

Profile glebowe, badane wzdłuż kateny stokowej reprezentują dwie jednostki glebowe: czarne ziemie i czarnoziemy (SgP 2011) zaklasyfikowane do grupy referencyjnej Chernozems w klasyfikacji FAO-WRB (IUSS working group WRB 2014). Właściwościami decydującym o umieszczeniu ich w grupie Chernozems oraz rzędzie gleb czarnoziemnych są przede wszystkim duża miąższość ciemnego i strukturalnego poziomu próchnicznego (mollic) oraz obecność węglanów. Towarzyszącymi cechami, uwzględnionymi w klasyfikacji i interpretacji genezy są: plamy redoksymorficzne, wytrącenia

loess blown out from the moraines in a Scandinavian glacier' foreland (Badura i in. 2013; Jary 2010; Kida i Jary 2004).

The Silesia Lowland it is predominantly under agricultural use, in particular in the Wrocław Plain, which is supported by fertile loam- and silt-textured soils and a mild temperate climate being under the influenced by the so-called fen effect caused by vicinity of the mountain barrier. The average annual air temperature is 9.5°C, the average temperature of the warmest month (July) is 19°C, while the average temperature of the coldest month (January) is -0.5°C. Mean annual precipitation varies between 500 and 620 mm, with a maximum in July and the minimum in February. The growing season is the longest in Poland and lasts about 230 days.

The soil cover of the Silesia Lowland is dominated by Luvisols and related soils having subsurface clay accumulation (Stagnosols, Retisols, and to some extent, Planosols and Alisols) developed from loess, loess-like materials, and shallow sands over the till. Associated units are Eutric and Dystric Cambisols, Phaeozems, Chernozems, Gleysols, and Fluvisols (Kabała et al. 2015). The most valuable agricultural soils are "Black Earths", which occupy a large area south of Wroclaw. These soils are developed from loess and loess-like materials, have thick humus horizons (mollic), high base saturation throughout the profile, and often have strong gleyic feature, especially in the middle and lower part of the soil profile. Also, the secondary carbonates are sometimes present in the bottom part of the soil profile.

Fe-Mn oraz przejawy iluwiacji iłu.

Wszystkie profile glebowe występujące w katenie stokowej są glebami całkowitymi wytworzonymi z lessu o uziarnieniu pyłu ilastego (PTG 2008), niekiedy przemytego do pyłu gliniastego (poziom Ap w profilu CZ4). Istotną cechą badanych gleb jest dużej miąższości poziom próchniczny (od 47 do 72 cm), aktywny biologicznie (aktywność dżdżownic „anecic" do 120 cm), czarno zabarwiony, strukturalny i silnie wysycony zasadami, o zawartości węgla organicznego od 0,60 do 2,13%. Spełnia on kryteria poziomu diagnostycznego mollic, co pozwala zaliczyć te gleby do rzędu czarnoziemnych (SgP 2011). Węglany są obecne we wszystkich profilach, na głębokości od 47 do 115 cm. Odczyn gleb jest przeważnie obojętny lub słabo zasadowy (pH H2O 6,3-8,3), a stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi nie spada poniżej 88%.

Występujący w najniższej części kateny profil glebowy reprezentuje typ czarnych ziem (Profil CZ1). W profilu tym widoczne jest silne mozaikowe oglejenie (obecność licznych plam redukcyjnych i oksydacyjnych) oraz nagromadzenia Mn-Fe już od głębokości 47 cm. Profile CZ2-4 należą do typu czarnoziemów. Miąższość poziomów próchnicznych w czarnoziemach osiąga 72 cm, co często pozwala zaklasyfikować je do czarnoziemów kumulacyjnych. W profilach tych gleb oglejenie w ogóle nie występuje lub jest widoczne tylko w poziomie AB w postaci słabego oglejenia opadowego.

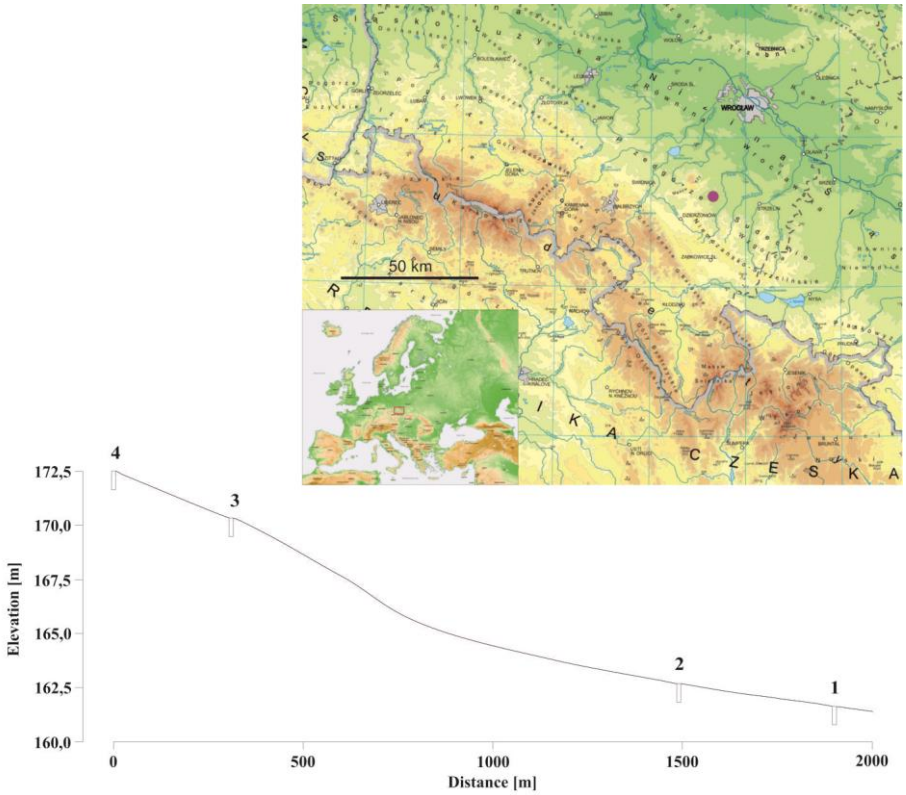
11.4 Morphology and properties of soils in a topo-sequence

The soils under study, located in a slope catena, belong to two soil types according to Polish classification, i.e. Black Earths and Chernozems (SgP 2011), whereas, according to FAO-WRB classification, they all belong to one reference group of Chernozems (IUSS working group WRB 2014). The crucial features deciding about their placement in the chernozemic order (and the reference group of Chernozems) are: the large thickness of the dark and structural humus horizon (mollic) and the presence of carbonates in the subsoil. The other features, used for further soil classification and interpretation of soil origin are: reductomorphic mottles, Fe-Mn concentrations, and the clay cutans.

All soil profiles situated in the slope catena are developed from loess and have a relatively homogeneous texture of a silt loam; however, the clay content is lowered in some soils to such extent, which allows distinguishing two separate texture classes based on a Polish classification – pył ilasty and pył gliniasty (PTG 2008). An important feature of the soils is a very thick (47 – 72 cm) humus horizon, biologically active (activity of anecic earthworm is visible down to the depth of 120-130 cm), black colored, structural and highly saturated with base cations, with a total organic carbon (TOC) content in range 0.60 to 2.13%. All these layers fulfil the diagnostic criteria for mollic horizon, which allows classifying the soils to the chernozemic order (SgP 2011). Carbonates are present in all the profiles, at a depth of 47 to 115 cm.

The soil reaction is neutral or slightly alkaline (pH H_2O 6.3-8.3), and the base saturation is always above 88%.

The soil profiles, which occur in the lowest section of the topo-sequence represent the "stagno-gleyic Black Earths" (Profile CZ1). Very intense mosaic of stagnic properties (a lot of reduction and oxidation mottles) and abundant Fe-Mn concentrations can be seen below the depth of 47 cm. Profiles CZ2-4, have thick A horizon and lack the reductomorphic features, thus, according to the Polish soil classification (SgP 2011) belong to "Chernozems" type. The subsurface argic horizons are recognizable and enable soil classification to a separate subtype. Also, the thickness of humus horizons in profiles CZ2 and CZ3 exceeds 60 cm, which allows classifying them to "cumulative" subtype of Chernozems. The gleyic features do not exist or are hardly recognizable in these profiles, only the AB horizons have the week stagnic properties.



Rysunek 11.1. Lokalizacja toposekwencji gleb czarnoziemnych koło Radzikowa
Figure 11.1. Localisation of chernozemic soil toposequence near Radzików

Profil CZ1 Profile CZ1

Lokalizacja: Radzików, powiat dzierżoniowski, N50o48', E16o52'; Równina Wrocławska, wys. 162 m n.p.m., równina słabo falista; położenie odkrywki: płytkie obniżenie; skała macierzysta: less (zlodowacenie Wisły); woda gruntowa: 100-130 cm (zawieszona); erozja: brak; użytkowanie: grunt orny (kukurydza).

Localisation: Radzików, Dzierżoniów county, N50°48', E16°52'; the Wroclaw Plain, elevation 162 m ASL, gently rolling plain; profile position: footslope/shallow depression; parent material: loess (Vistulian); ground water table: 100-130 cm (suspended); erosion: none; land use: arable field (corn).

SgP 2011: Czarna ziemia kumulacyjna
FAO-WRB 2014: Haplic Chernozems (Pachic, Siltic, Stagnic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa gran. Texture	Struktura Structure	Układ Consistence	Otoczki Coatings	$CaCO_3$	Plamy redox Redox mottles	Wytr. Fe-Mn conc.
Ap	0-26	2.5Y 3/1	WYR, r	pyi	GR	sz	-	-	-	-
A	26-47	2.5Y 2/1	STO	pyi	GR-OS	sz	-	-	-	-
ACg	47-60	2.5Y 3/2 - 6/3	STO	pyi	OS	zw	-	W1	r+ox 50%	FeMn d,1
Cg	60-85	2.5Y 6/3	WYR, z	pyi	OA	zw	(IL)	W1	r+ox 70%	FeMn d, 1
Ckg	85+	2.5Y 6/6	-	pyi	OA	zw	-	W2	r >90%	FeMn d, 2

Objaśnienia: przejście: OST – ostre, WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe, z- zaciekowe; **grupy granulometryczne** wg klasyfikacji PTG 2008; **struktura**: GR – gruzełkowa, OA - angularna, OS – subangularna, **układ** (na wilgotno): sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły, zb – zbity; otoczki: IL – ilaste ; **węglany**: W1 – burzenie niewidoczne, ale słyszalne, W2 – burzenie widoczne, W3 – silne burzenie, tworzy się piana; **plamy redox**: r – redukcyjne, ox – oksydacyjne, określono przybliżone procentowe pokrycie plamami; **wytrąc. Fe-Mn**: FeMn – żelazisto-manganowe, Fe - żelaziste; (wielkość) d – drobne, (częstość) 1 – bardzo nieliczne, 2 – nieliczne.

Profil CZ2 Profile CZ2

Lokalizacja: Radzików, powiat dzierżoniowski, N50o49', E16o52', Równina Wrocławska, wys. 163 m n.p.m., równina słabo falista; położenie odkrywki: bardzo łagodny stok; nachylenie: 0.5%, wystawa: SEE; skała macierzysta: less (zlod. Wisły); woda gruntowa: brak w profilu; użytkowanie: grunt orny (kukurydza)

Localisation: Radzików, Dzierżoniów county, N50°49', E16°52', Wroclaw Plain, 163 m ASL, gently rolling plain; profile position: very gentle slope; slope: 0.5%; aspect: SEE; parent material: loess (Vistulian); ground water table: none; land use: arable field (corn).

SgP 2011: Czarnoziem kumulacyjny
WRB 2014: Haplic Chernozems (Pachic, Siltic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa gran. Texture	Struktura Structure	Układ Consistence	Otoczki Coatings	$CaCO_3$	Plamy redox Redox mottles	Wytr. Fe-Mn conc.
Ap	0-25	10YR 3/2	STO	pyi	GR	sz	-	-	-	-
A	25-70	10YR 2/2	STO	pyi	GR-OS	sz	-	-	-	-
AB	70-85	10YR 3/3 - 4/6	STO	pyi	OS	zw	(IL)	W1	ox 20%	-
BC	85-100	10YR4/4	STO	pyi	OA	zw	(IL)	W1	ox 20%	-
Ck	100+	10YR 6/6	-	pyi	OA	zw	-	W2	-	-

Aktywność dżdżownic anecicznych do głęb. 120-130 cm, kretów do 60-70 cm; korzenie do 100 cm.
Anecic earthworm activity, krotovinas and roots down to the depth of 120-130, 60-70, and 100 cm, respectively.

Explanation: boundary: OST – abrupt, WYR – clear, STO – gradual; r – smooth, z – glossic (tonguing); **texture** class: pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer); **structure**: GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, **consistence** (moist): sz – friable, zw – firm, zb – very firm; **coatings**: IL – clay; **carbonates**: W1 – effervescence invisible, but can be heard, W2 – visible effervescence, W3 – strong effervescence, foam; **redox mottles**: r – reductimorphic, ox – oximorphic; approximate percentage is given; **Fe-Mn conc**: FeMn – iron-manganese, Fe - ferruginous; (size) d – fine, (abundance) 1 – very few, 2 – few.

Profil CZ3 Profile CZ3

Lokalizacja: Radzików, powiat dzierżoniowski, N50o49', E16o51', Równina Wrocławska, wys. 170 m n.p.m., równina słabo falista; bardzo łagodny stok; nachylenie: 1%, wystawa: E; skała macierzysta: less (zlod. Wisły); woda gruntowa: brak w profilu; użytkowanie: grunt orny (kukurydza)

Localisation: Radzików, Dzierżoniów county, N50°49', E16°51', Wroclaw Plain, 170 m ASL, gently rolling plain; profile position: very gentle slope; slope: 1%; aspect: E; parent material: loess (Vistulian); ground water table: none; land use: arable field (corn).

SgP 2011: Czarnoziem kumulacyjny
WRB 2014: Luvic Chernozems (Pachic, Siltic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa gran. Texture	Struktura Structure	Układ Consistence	Otoczki Coatings	$CaCO_3$	Plamy redox Redox mottles	Wytr. Fe-Mn conc.
Ap	0-24	10YR 3/2	WYR, r	pyi	GR	sz	-	-	-	-
A	24-72	10YR 3/2	STO	pyi	GR-OS	sz	-	-	-	-
AB	72-93	10YR 4/4	STO	pyi	OS	zw	-	-	-	-
BCg	93-115	10YR 5/8	OST, r	pyi	OA	zw	(IL)	-	-	+
Ckc	115+	10YR 6/6	-	pyi	OA	zw	-	W3	-	-

Aktywność dżdżownic anecicznych i korzenie do głęb. 120-130 cm.
Anecic earthworm activity and roots down to the depth of 120 cm.

Profil CZ4 Profile CZ4

Lokalizacja: Radzików, powiat dzierżoniowski, N50o49', E16o51', Równina Wrocławska, wys. 173 m n.p.m., równina słabo falista; bardzo łagodny stok; nachylenie: 3%, wystawa: SEE; skała macierzysta: less (zlod. Wisły); woda gruntowa: brak w profilu; użytkowanie: grunt orny (kukurydza)

Localisation: Radzików, Dzierżoniów county, N50°49', E16°51', Wroclaw Plain, 173 m ASL, gently rolling plain; profile position: very gentle slope; slope: 3%; aspect: SEE; parent material: loess (Vistulian); ground water table: none; land use: arable field (corn)

SgP 2011: Czarnoziem kumulacyjny
WRB 2014: Luvic Chernozems (Pachic, Siltic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa gran. Texture	Struktura Structure	Układ Consistence	Otoczki Coatings	$CaCO_3$	Plamy redox Redox mottles	Wytr. Fe-Mn conc.
Ap	0-35	10YR 3/3	STO	pyg	GR	sz	-	-	-	-
A	35-60	10YR 3/3	STO	pyg	GR-OS	sz	-	-	-	-
AB	60-74	10YR 5/5	STO	pyi	OS	zw	-	W1	-	-
Bt	74-95	10YR 6/6	STO	pyi	OS	zw	IL	W1	-	-
BCk	95-120	10YR 6/7	STO	pyi	OA	zw	-	W3	-	-
Ckc	120+	10YR 6/6	-	pyi	OA	zw	-	W3	-	-

Aktywność dżdżownic anecicznych do głęb. 120 cm.
Anecic earthworm activity down to the depth of 120 cm.

Tabela 11.1. Skład granulometryczny czarnych ziem i czarnoziemów w katenie w Radzikowie
Table 11.1. Texture of black earths and chernozems in a topo-sequence near Radzików

Profil Profile	Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	(%) zawartość frakcji o średnicy w mm (%) content of fraction with diameter mm								Grupa gran. Texture class
			> 2.0	2.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	< 0.002	
CZ1	Ap	0-26	0	3	3	7	6	28	29	24	pyi
	A	26-47	0	1	1	3	8	34	29	24	pyi
	ACg	47-60	0	1	2	4	10	36	24	23	pyi
	Cg	60-85	0	1	3	8	10	41	20	17	pyi
	Ckg	+85	0	0	1	1	14	32	36	16	pyi
CZ2	Ap	0-25	0	5	3	2	8	41	28	13	pyi
	A	25-70	0	1	2	3	9	40	31	14	pyi
	AB	70-85	0	1	1	3	14	30	31	20	pyi
	BC	85-100	0	1	2	4	10	41	25	17	pyi
	Ck	+100	0	0	1	1	10	49	24	15	pyi
CZ3	Ap	0-24	0	1	2	5	14	34	30	14	pyi
	A	24-72	0	1	2	5	10	41	25	16	pyi
	AB	72-93	0	1	2	5	12	44	19	17	pyi
	BC	93-115	0	0	1	4	13	45	20	17	pyi
	Ckc	+115	0	0	1	1	10	46	26	16	pyi
CZ4	Ap	0-35	0	3	3	4	8	39	33	10	pyg
	A	35-60	0	1	2	3	9	40	35	10	pyg
	AB	60-74	0	0	1	2	10	33	34	20	pyi
	Bt	74-95	0	1	2	3	11	31	31	21	pyi
	BCk	95-120	0	3	1	0	14	39	23	20	pyi
	Ckc	+120	0	1	0	0	10	42	28	19	pyi

Objaśnienia, Explanation: pyg – pył gliniasty, silt loam (clay content<12%); pyi – pył ilasty, silt loam (clay content >12%)

Tabela 11.2. Niektóre fizykochemiczne właściwości czarnych ziem i czarnoziemów
Table 11.2. Selected properties of black earths and chernozems in a topo-sequence

Profil Profile	Poziom Horizon	Głębokość Depth, cm	pH H_2O	$CaCO_3$	TOC	C:N	Kw	S	BS
				%			cmol(+) kg^{-1}		%
CZ1	Ap	0-26	7.2	0.2	1.72	10	0.88	29.1	97
	A	26-47	7.7	0.1	1.10	9	0.36	28.9	99
	ACg	47-60	7.9	3.6	0.50	-	0	46.3	100
	Cg	60-85	8.3	5.9	0.15	-	0	45.2	100
	Ckg	+85	8.3	9.3	0.07	-	0	47.1	100
CZ2	Ap	0-25	7.3	0.1	2.13	13	0.88	26.3	97
	A	25-70	7.6	0.1	1.03	9	0.46	22.4	98
	AB	70-85	8.0	0.4	0.72	-	0	34.8	100
	BC	85-100	8.2	2.1	0.33	-	0	38.9	100
	Ck	+100	8.4	6.7	0.15	-	0	48.7	100
CZ3	Ap	0-24	6.9	0	1.23	10	1.76	19.7	92
	A	24-72	7.2	0	0.60	8	1.14	19.2	95
	AB	72-93	7.6	0	0.26	-	0.64	26.0	96
	BC	93-115	8.0	0	0.14	-	0	29.0	100
	Ckc	+115	8.3	16.4	0.11	-	0	42.5	100
CZ4	Ap	0-35	6.3	0	1.42	8	2.92	20.5	88
	A	35-60	7.0	0.1	1.05	10	0.66	24.2	97
	AB	60-74	7.8	0.1	0.43	-	0	26.3	100
	Bt	74-95	7.9	0.1	0.26	-	0	26.6	100
	BCk	95-120	7.9	0.1	0.18	-	0	32.7	100
	Ckc	+120	8.0	7.6	0.14	-	0	41.0	100

TOC – węgiel organiczny, total organic carbon; C:N – stosunek węgla do azotu, carbon to nitrogen ratio; Kw – kwasowość wymienna, exchangeable acidity; S – suma kationów zasadowych, sum of exchangeable cations; BS – stopień wysycenia kationami zasadowymi, base saturation.

Rozdział 12

Transformacja gleb lessowych Dolnego Śląska w Holocenie – gleby kurhanów i w ich otoczeniu w rejonie Henrykowa

Chapter 12

Holocene transformation of loess soils in Lower Silesia – the soils in kurgans and their sorrundings near Henryków

Duże obszary na południe od Wrocławia zajmują tzw. czarne ziemie wrocławskie, które odznaczają się głębokim lub bardzo głębokim poziomem próchnicznym (nawet ponad 100 cm), wysoką zawartością humusu, trwałą strukturą gruzełkową. W środkowej i dolnej części profilu często występują wtórne węglany, zazwyczaj w formie konkrecji. Geneza tych gleb wzbudzała kontrowersje od zarania badań gleboznawczych na Dolnym Śląsku (Orth 1872). Morfologiczne i fizykochemiczne podobieństwo do czarnoziemów rosyjskich skłaniało do przekonania o ich stepowej genezie. Ramann (1911) uważał podwrocławskie czarne ziemie za gleby powstałe w zimnym klimacie aridowym. Rozwój wiedzy paleobotanicznej wskazującej na dominację zwartych lasów liściastych w środkowej Europie przez niemal cały holocen (Firbas 1949) ograniczył potencjalny czasokres powstawania stepowych czarnoziemów do okresu preborealnego i borealnego. Wielu badaczy kwestionowało jednak możliwość przetrwania głębokiego poziomu próchnicznego pod zwartymi lasami liściastymi, które w optimum

So called „Wrocław black earths" cover the large areas south of city of Wrocław. The soils have thick or very thick (sometimes above 100 cm) and structural humus horizon, rich in organic matter, that meets requirements for mollic horizon (IUSS working group WRB 2014). Secondary carbonates, finely dispersed or accumulated in nodule/concretion form, often occur in subsoil. Morphological and physicochemical similarity of these soils to Russian chernozems inclined to believe their steppe genesis. Among others, Ramann (1911) considered the soils as developed under cold arid climate. However, soils have strong redoximorphic features (gleyic or stagnic properties) that led to the opinions on non-steppe origin of the black earths (Orth 1872). Furthermore, paleobotany has confirmed a domination of close deciduous forests in the Central Europe by almost the entire warmer Holocene (Firbas 1949) that limited the conditions favorable for steppe vegetation and chernozem formation to late Pleistocene, Preboreal, and Boreal periods only.

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

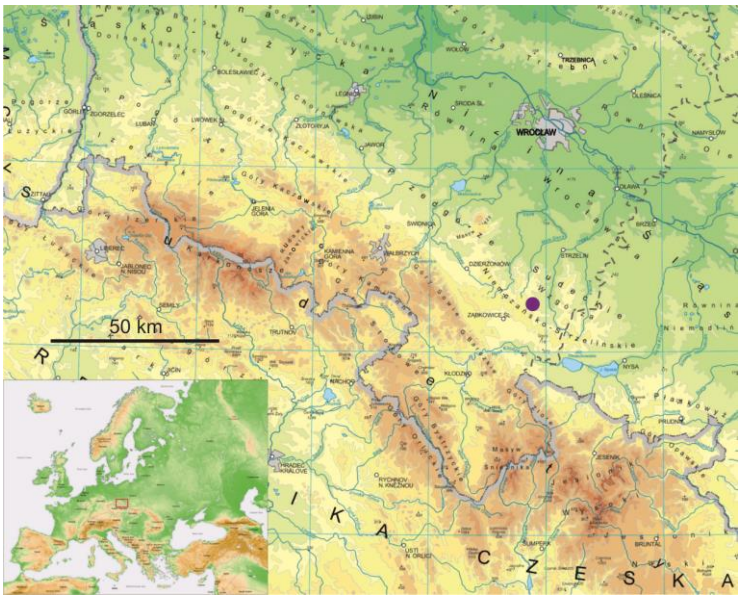
klimatycznym holocenu pokrywały żyzne gleby pyłowe i gliniaste (Borowiec 1962). Ostatecznie, w gleboznawstwie polskim raczej odrzucono możliwość tworzenia się i przetrwania czarnoziemów na Dolnym Śląsku, a czarnym ziemiom wrocławskim przypisywano na ogół genezę „łąkową" powiązana z warunkami semihydrogenicznymi (Kowaliński 1952). W ostatnich latach pojawiło się jednak coraz więcej doniesień, że głębokie poziomy humusowe gleb czarnoziemnych mogły powstawać nie tylko w preboreale/boreale, lecz również w okresie subborealnym, w powiązaniu z neolitycznymi przeobrażeniami środowiska środkowej Europy (Albrecht i Kühn 2011, Dreibrodt i in. 2007, Eckmeier i in. 2007, Vysloužilová i in. 2014).

Jak dotąd nie prowadzono odrębnych badań mających na celu określenie wieku gleb czarnoziemnych Dolnego Śląska. Okazją do takich studiów stało się odkrycie neolitycznych kurhanów na lessowych wzgórzach w rejonie Muszkowic (powiat ząbkowicki), na styku Niziny Śląskiej i Przedgórza Sudeckiego (Fig. 12.1), zawierających głęboką i dobrze zachowaną warstwę humusową.

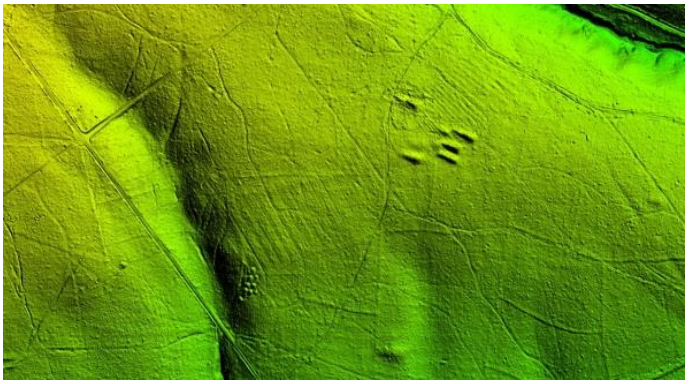
Cmentarzysko koło Muszkowic odkryte zostało w 1995 roku, a kolejne badania rekonesansowe (w tym z wykorzystaniem laserowego skaningu lotniczego LIDAR) pozwoliły na ustalenie, że na obszarze ok. 850 ha znajduje się 37 stanowisk archeologicznych, w tym: (a) 15 cmentarzysk z podłużnymi nasypami w typie neolitycznych grobowców trapezowych utożsamianych z kulturą ceramiki sznurowej (Fig. 12.2),

Based on this statement, many researchers have questioned the viability of a deep humus horizons to survive under deciduous forests which covered the fertile loamy and silty soils in the Holocene climatic optimum (Borowiec 1962). Also the Polish soil scientist rejected in general the chernozemic origin of soils near Wrocław and accepted their formation as "meadow soils" related to semihydrogenic conditions (Kowaliński 1952). Numerous reports published recently provided, however, a new arguments for (i) Preboreal/Boreal age of some chernozems in Central Europe and (ii) possibility of their survival until now, despite the forest occurrence, as well as (iii) neoformation of the deep "chernozemic" horizons in the Subboreal period, in conjunction with Neolithic environmental transformations (Albrecht and Kühn 2011; Dreibrodt et al. 2007; Eckmeier et al. 2007; Vysloužilová et al. 2014).

Since Kowalinski (1952) published his statements, no investigation of the origin of black earths was carried in the Lower Silesia, although their semihydrogenic formation in some sites was questioned (Drozd et al. 2007; Łabaz and Kabała 2014). The new occasion for such studies was the discovery of Neolithic burial mounds on the loess hills in Muszkowice near Henryków (District Ząbkowice Śląskie), at the junction of the Silesian Lowland and the Sudety Foreland (Fig. 12.1). The mounds include the well-preserved, deep humus horizon of a chernozemic type.



Rysunek 12.1. Lokalizacja neolitycznych kurhanów k. Henrykowa.
Figure 12.1. Localisation of the Neolithic kurgans near Henryków



Rysunek 12.2. Model terenu na podstawie skanowania LIDAR z grupą podłużnych kurhanów neolitycznych (Przybył).
Figure 12.2. Group of the Neolithic elongated kurgans on a terrain model based on LIDAR scanning (Przybył).

(b) 19 cmentarzysk z grobowcami kolistymi (prawdopodobnie z epoki brązu, żelaza i wczesnego średniowiecza), (c) 1 stanowisko z długim grobowcem neolitycznym i dwoma kurhanami kolistymi, oraz (d) 2 średniowieczne groble (najprawdopodobniej pocysterskie). Dotychczas jedynie trzy podłużne grobowce neolityczne poddano badaniom archeologicznym. We wszystkich odkryto grubą warstwę humusową, którą początkowo przypisywano znaczenie rytualne. Datowanie węgielków drzewnych pobranych na stanowisku Muszkowice 18 metodą 14C (P. Cholewa - materiały niepublikowane) pozwoliło na ustalenie czasokresu ich powstania na 3630-3360 cal BC (najstarsze) do 2880-2620 cal BC (najmłodsze), a więc w środkowym neolicie. Młodsze z uzyskanych dat należy uznać za najbardziej prawdopodobny moment usypania kurhanu, a więc pogrzebania gleby pod kurhanem. Natomiast wstępne datowania wieku materii organicznej pobranej z pogrzebanego poziomu próchnicznego wykazały znacznie starszy jej wiek (C. Kabała – materiały niepublikowane): w dolnej części poziomu próchnicznego - 12990-12670 cal BP (huminy) i 8590-8430 cal BP (całkowita wydzielona substancja organiczna), oraz w górnej części poziomu próchnicznego 7520-7420 cal BP (huminy) i 7160-6930 cal BP (cała substancja organiczna).

Analiza gleboznawcza kurhanu na stanowisku Muszkowice 45/1 wykazała, że układ warstw pod nasypem kurhanu ma charakter naturalny, na co wskazują niezaburzone, stopniowe przejścia między poziomami glebowymi.

Burial ground near Muszkowice was discovered in 1995. Further exploration (including the use of air laser scanning LIDAR) has revealed 37 archaeological sites in the area of approx. 850 hectares, including: (a) 15 cemeteries with elongated kurgans described as the Neolithic trapezoidal tombs identified with the Funnel-beaker / Bandkeramik (Fig. 12.2), (b) 19 circular burial tombs (probably from the Bronze Age, Iron Age, and early Middle Ages), (c) 1 site with a long Neolithic tomb and two circular mounds, and (d) 2 medieval dikes (most likely made by Cistercian). So far, only three longitudinal Neolithic tombs were investigated by archaeologists. A thick and very dark humus layer, initially attributed to ritual significance, was discovered in all three kurgans. 14C dating of charcoals collected at the site Muszkowice 18 (P. Cholewa – unpublished data) determined their age on 3630-3360 cal BC (the oldest) up to 2880-2620 cal BC (the youngest) that was correlated with middle Neolithic period. The younger of the dates obtained should be considered as the most likely period of mound formation and the soil burial under the mound.

In contrast, pre-dating of the age of organic matter collected from the buried humus horizon showed much older ages (C. Kabała – unpublished data). The age 12,990-12,670 cal BP (humins) and 8590-8430 cal BP (total extracted organic matter) was confirmed in the bottom part of the humus horizon, and the age 7520-7420 cal BP (humins) and 7160-6930 cal BP (total extracted organic matter) was found in the upper part of the buried humus horizon.

Mimo upływu czasu, pogrzebane gleby spełniają większość kryteriów czarnoziemów: mają poziom próchniczny mollic (o barwie 7.5YR 2.5/2, zawartości węgla organicznego 1.85% i wysyceniu kationami zasadowymi blisko 100%), uziarnienie pyłu ilastego oraz wtórne węglany w profilu. Gleby te nie mają żadnych cech redoksymorficznych wskazujących na choćby okresowe nadmierne uwilgotnienie. Jedynie kryterium struktury poziomu mollic/chernic nie jest spełnione wskutek pogrzebania i ubicia gleby (kryteria klasyfikacji WRB, Soil Taxonomy oraz innych, w tym SgP, odnoszą się do gleb współczesnych, występujących na powierzchni ziemi, a więc nie uwzględniają przeobrażeń zachodzących w poziomie próchnicznym gleb pogrzebanych).

W nasypie kurhanu, szczególnie w jego centralnej części (najgrubszej), stwierdzono wyraźne pedogeniczne zróżnicowanie materiału glebowego. Głębsze warstwy, na kontakcie z pogrzebaną glebą czarnoziemną są bardzo podobne pod względem morfologii i właściwości fizykochemicznych do poziomu próchnicznego gleby pogrzebanej. Pozwala to przypuszczać, że kurhan usypano z warstwy humusowej zgarniętej z bezpośredniego otoczenia kurhanu. Ku górze, humusowy materiał kurhanu jest bardziej zasobny we frakcję ilastą, czemu towarzyszy zmiana struktury na gruboangularną, wzrost gęstości objętościowej, a także pojawienie się otoczek próchniczno-ilastych na powierzchni agregatów strukturalnych. Powyżej tak przeobrażonej warstwy znajduje się poziom o bardzo jasnym zabarwieniu (10YR 8/2), uboższy w próchnicę (Tab. 12.2) oraz o najniższej w całym profilu zawartości iłu (Tab. 12.1).

Pedological investigation of the barrow in the site Muszkowice 45/1 showed that the arrangement of layers in the kurgan is natural, as indicated by undisturbed, gradual transitions between soil horizon. Despite the passage of time, buried soils meet most of the criteria for Chernozems (IUSS working group WRB 2014): have a mollic humus horizon (Munsell color moist of 7.5YR 2.5/2, organic carbon 1.85%, and base saturation close to 100%), silt loam texture (typical for loess sediments in this area), and secondary carbonates in the bottom part of soil profile. These soils have no redoximorphic features (no stagnic or gleyic properties). Only the requirement for the structure required for chernic horizon failed because of the soil burial and compaction under the mound (both WRB classification, Soil Taxonomy, and others, including the Polish classification, refer to the modern soils, which occur on the earth surface, and therefore do not take into account the transformations taking place in the buried soils).

Advanced pedogenic transformation of soil material was identified in the mound of the kurgan, in particular in its central (the thickest) section. Most of the mound material is very similar, in terms of morphology and physico-chemical properties, to the buried humus horizon (nor disturbed, below the mound). This suggests that the barrow was constructed using the humus topsoil material gotten from the immediate surroundings of the tomb. Upwards, the humic material of the mound is enriched with clay fraction that is accompanied by the change of soil structure into a thick angular blocky, rising bulk density, and occurrence of humus-clay and clay skins

Cechy morfologiczne i właściwości fizykochemiczne wskazują, że humusowy materiał budujący nasyp kurhanu uległ silnemu odpowierzchniowemu przemyciu, co doprowadziło do wytworzenia pyłowego poziomu eluwialnego i nietypowego, silnie próchnicznego poziomu humo-iluwialnego.

Ku zewnętrznej części kurhanu coraz cieńszy staje się poziom humusowy gleby kopalnej (aż do całkowitego zaniku) oraz poziom humo-iluwialny w kopule kurhanu. Na krawędzi kurhanu raptownie, o ponad 60 cm, zapada się strop warstwy węglanowej. W bliskim otoczeniu kurhanu poziom Bt nadal ma ciemną barwę (7.5YR 4/4) wskutek wzbogacenia w próchnicę. Jednakże już w odległości 6-10 metrów od krawędzi kurhanu poziom iluwialny staje się jaśniejszy i zawiera mniej próchnicy. W odległości 100 m od kurhanu, profil glebowy (Profil 12.2) nie ma żadnych cech wskazujących na pokrewieństwo z czarnoziemami. Jest to typowa leśna gleba płowa bez odrębnego poziomu humusowego, natomiast z dobrze ukształtowanymi poziomami E i Bt. Zawartość Corg w poziomie Bt wynosi jedynie 0.19-0.28% (Tab. 12.2). Cały profil ma jasne zabarwienie typowe dla gleb płowych wytworzonych z lessów. Strop warstwy węglanowej zarejestrowano na głębokości około 150-160 cm.

Wstępna analiza archeologiczna i pedologiczna pozwala na wysnucie następujących wniosków dotyczących ewolucji gleb lessowych oraz warunków środowiskowych w okresie holoceńskim.

1. Jeszcze u schyłku plejstocenu w glebach zaczęła akumulować się materia organiczna tworząc zaczątki gleb czarnoziemnych.

(cutans) on the structural surfaces.

At the top of mound and above the clay-enriched layer, a very light-colored (10YR 8/2) horizon, poor in humus (Tab. 12.2) and clay (Tab. 12.1) distinguishes that has all characteristics of eluvial horizon. Its position, morphological characteristics, and the physicochemical properties indicate that the horizon developed from the humic material of mound by its strong leaching and, presumably, by mineralization of organic matter.

The humus horizon of the buried soil and the humo-illuvial horizon of the mound become thinner towards the outer part of the mound, until complete disappearance. Moreover, the upper boundary of the carbonate-enriched material abruptly decreases by more than 60 cm on the edge of the mound. In a close proximity to the mound, the Bt horizon of the surface soil has still a dark color (7.5YR 4/4) due to enrichment in humus. However, already at a distance of 6-10 meters from the edge of the mound, the illuvial horizon becomes lighter and poorer in humus. At a distance of 100 m from the mound, the soil profile (Profile MU2) does not have any characteristics indicating any relationship with Chernozems. This is a typical, light-coloured forest Luvisol with a thin and humus-poor A horizon and the well-developed eluvial (E) and illuvial (Bt) horizons. The organic carbon content in the Bt horizon is only 0.19-0.28% (Tab. 12.2). The upper boundary of the carbonate-enriched material was recorded at a depth of about 150-160 cm.

Preliminary archaeological and pedological analysis leads to the following remarks on the evolution of loess soils and environmental conditions during the Holocene in the southern part of the Silesian Lowland.

Chłodny i suchy klimat schyłku plejstocenu i początku holocenu oraz towarzysząca mu roślinność trawiasta sprzyjały procesowi akumulacji materii organicznej w glebach lessowych jeszcze słabo przemytych z węglanów.

2. Przetrwanie czarnoziemnego poziomu próchnicznego jako powierzchniowego poziomu gleb lessowych aż do 5500-4700 cal BP może być wyjaśnione dwojako. (1) Przez cały okres preboreału, boreału, ale też w czasie optimum klimatycznego (atlantyk) na terenach tych utrzymywała się roślinność, która chroniła czarnoziem przez degradacją. Na żyznym lessowym podłożu mogły występować kolejno (i w zmieszaniu) wszystkie gatunki (lipa, dąb, grab i in.), których sukcesja jest bezsprzecznie potwierdzona w głębokich profilach pyłkowych (Madeyska 2005). Jednak wbrew powszechnej opinii paleobotaników, lasy holoceńskie, nawet w okresie optimum klimatycznego, nie mogły mieć zwartego charakteru, lecz raczej były to dość luźne formacje leśne, w rodzaju tzw. lasów parkowych (Bakker i in. 2004). Duży udział roślinności trawiastej, zielnej lub krzewinkowej w runie modyfikował charakter biomasy docierającej do dna lasu. Czynniki te nie sprzyjały ługowaniu gleby, w efekcie czego nie rozwijał się proces płowienia, którego można by oczekiwać pod zwartymi drzewostanami grądowymi lub dębowymi. (2) Alternatywnie, można przyjąć, że przynajmniej w okresie atlantyckim starszy czarnoziem uległ degradacji (lecz bez wytworzenia poziomu iluwialnego Bt), a w okresie późniejszym nastąpiło jego odnowienie.

1. As soon as in the late Pleistocene soils began to accumulate organic matter to form the early chernozemic soils. Cool and dry climate of the late Pleistocene and early Holocene, and the accompanying grass vegetation were conducive to the accumulation of organic matter in loess soils, still poorly washed from carbonates.

2. The survival of the chernozemic humus horizon in the loess soils since the early Holocene until 5500-4700 cal BP can be explained in two ways. (1) Throughout the Preboreal and Boreal periods, but also during the climatic optimum of an Atlantic period, these areas remained covered by vegetation that protected the Chernozems from the degradation. All forest tree species (linden, oak, hornbeam etc.), whose succession in Holocene was clearly confirmed in deep pollen profiles (Madeyska 2005) could have existed as monospecies- or mixed forests on the fertile loess soils. However, contrary to popular opinion of palaeobotanists, the Holocene forests, even during the climatic optimum, could not have compact nature, but rather were the fairly open forest formations, a kind of so-called “park forests”, mainly because of mainly because of the devastation caused by large mammals (Bakker et al., 2004). Large contribution of grassy or herbaceous species in the undergrowth modified the kind of the biomass that reached the forest floor. These factors are not conducive to leach the soil; thus, the lessivage process was inactive, whereas it could be expected under deciduous stands. (2) Alternatively, it can be assumed that the older Chernozems have been degraded at least in the Atlantic period (but without producing a pronounced illuvial Bt horizon),

Okolicznością sprzyjającą mogło być wielkoobszarowe wytrzebienie lasów przez osadników neolitycznych, na przykład około 5600-5500 cal BP (wiek starszych węgielków drzewnych). Rozwój formacji trawiastych w neolicie potwierdzają liczne makroszczątki ostnicy na stanowiskach archeologicznych (Chmielewski i in. 2014). Dominacja roślinności trawiastej i brak zwartej pokrywy leśnej nie tylko umożliwiały akumulację materii organicznej w poziomie darniowym, ale też sprzyjały aktywności fauny glebowej, przyczyniającej się do „odmładzania" materii organicznej dawnego czarnoziemu (Alexandrovskiy 2007).

3. Po zaniku grup osadniczych odpowiedzialnych za utrzymanie terenu w stanie bezleśnym, na tereny lessowe wkroczyły zwarte lasy liściaste, wtedy już bukowe, które utrzymały się do czasów współczesnych. Długotrwałe (choć przerywane) zalesienie potęgowało ługowanie gleby, sprzyjało mineralizacji nagromadzonej wcześniej materii organicznej, a także umożliwiło proces translokacji frakcji ilastej. Zjawiska te doprowadziły do całkowitego zaniku czarnoziemów na terenach otaczających kurhany oraz do silnego przekształcenia materiału humusowego budującego nasypy kurhanów. Tylko gleby pogrzebane pod ochronna warstwą kopuły kurhanu nie uległy procesowi eluwialnemu. Bardzo podobne przeobrażenia gleb na kurhanach i w ich otoczeniu opisał m.in. Alexandrovskiy i Sedov (2014).

and thereafter they were rejuvenated. Favorable circumstances could be large-scale clearing of native forests by the Neolithic settlers, for example at about 5600-5500 cal BP (the age of the older charcoals). The spread of grasslands in the Neolithic Age was confirmed by numerous findings of Stipa macroremains on archaeological sites (Chmielewski et al. 2014). The dominance of grass vegetation and the lack of thick forest cover not only allowed the accumulation of the organic matter in the topsoil, but also was favourable for soil fauna, contributing to the "rejuvenation" of the older chernozemic organic matter (Alexandrovskiy 2007).

3. After the failure of settlement groups responsible for maintaining the land in a forest-free state, the compact deciduous forests (the most likely the beech stands) invaded on the loess areas. Long-term (albeit intermittent) afforestation intensified the leaching, favoured mineralization of the previously accumulated organic matter, and made possible the clay dispersion and translocation. These phenomena led to the complete disappearance of the Chernozems in the direct surrounding of the kurgans, and to the advanced transformation of the humic material of the mounds. Only the soils buried under a protective cover of the mound dome have not been leached and eluviated. Similar "modern" transformation of soils in the Neolithic mounds and their surroundings was described by Alexandrovskiy and Sedov (2014).

Profil MU1 Profile MU1

Lokalizacja: Muszkowice k. Henrykowa, powiat ząbkowicki, ndl. Henryków, oddz. 289; Wzgórza Niemczańsko-Strzelińskie; współrzędne: E 15°56'22", N 50°38'31", wys. 273 m n.p.m.; morfologia terenu: wzgórze w terenie falistym, położenie odkrywki: podłużny kurhan w brzeżnej części równinnej kulminacji wzniesienia, w sąsiedztwie innych kurhanów; nachylenie: bardzo łagodne, wystawa stoku: SW; woda gruntowa: brak; erozja wodna: akumulacja osadów na obrzeżach kurhanu, w dalszej odległości od kurhanu – brak przejawów erozji; kurhan ma kształt płaskiego wzniesienia o wysokości do 1,0 metra; kurhan zbudowany jest z utworów lessowych i gliniasto-lessowych, less jest również skałą macierzystą gleby pod kurhanem i gleb w otoczeniu kurhanu; drzewostan: starodrzew świerkowy, 90 lat, z domieszką brzozy.
Opisywany profil zlokalizowany jest w centralnej części poprzecznego przekroju kurhanu.
Localisation: Muszkowice near Henryków, district Ząbkowice Slaskie, geomorph. unit Niemczańsko-Strzelińskie Hills; coordinates: E 15°56'22", N 50°38'31", elevation: 273 m asl; morphology: a hill in rolling plain, location of the profile: elongated mound in the marginal parts of plain culmination of the hill, next to other mounds; slope: nearly level; slope orientation: SW; ground water: none; water erosion: accumulation of sediment on the edge of the mound, further away from the barrow - no signs of erosion; parent material: loess (Vistulian), both the mound and buried soil; vegetation: old growth beech (90 yr), admixture of birch and spruce.
Described profile is located in the central part of the kurgan.

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boun-dary	Grupa granul. Texture class	Struk-tura Struc-ture	Układ Consis-tence (moist)	Cechy redox Redox feat.	$CaCO_3$	Otoczki Coatings
Ah	0-1	10YR 3/2	WYR	pyz	GR, bd	bs	-	-	-
E	1-18	10YR 8/2	STO	pyg	DP-OS	bs	-	-	-
E/B	18-27	-	WYR, z	pyi	-	bs/zw	ox10%	-	ILH, po
Btdg	27-60	7.5YR 4/4	STO	pyi	OA-PR, g	zb	ox20%	-	ILH, po
BAa	60-80	7.5YR 2.5/2	OST, r	pyi	OA, s	zw	-	-	-
(Ca)	80-88	10YR 5/8	OST, r	pyi	OS, s	bs	-	-	-
2Ab	88-110	7.5YR 2.5/2	STO	pyi	GR-OS, s	sz	-	-	-
2ABb	110-120	7.5YR 4/4	STO	pyi	OS, s	sz	-	-	-
2BAb	120-135	10YR 5/8	STO	pyi	OS, g	sz	-	-	ILH, po
2Bwb	135-145	10YR 6/8	STO	pyi	OS, s	sz	-	-	(IL)
2BCb	145-165	10YR 6/7	WYR	pyi	OA-DP, s	zw	-	-	-
2Ck	165-190	10YR 6/7	-	pyg	OA, s	zw	-	W2, ko	-

Objaśnienia: przejście: OST – ostre, WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe, f – faliste, z- zaciekowe; grupa granulometr. wg klasyfikacji PTG 2008; **struktura:** GR – gruzełkowa, KO – koprolitowa, OA - angularna, OS – subangularna, PR – pryzmatyczna, DP – płytkowa, (wielkość) bd – bardzo drobna, d – drobna, s – średnia, g – gruba, bg – bardzo gruba; **układ** (na wilgotno): bs – bardzo słabo zwięzły, sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły, zb – zbity; **otoczki**: IL – ilaste, H – humusowe, po – powierzchnie agregatów; **węglany**: W2 – burzenie widoczne, ko –konkrecje; **cechy redox:** ox – oksydacyjne, Mn – manganowe, FeMn – żelazisto-manganowe, bd – bardzo drobne, d – drobne, (częstość) 2 – nieliczne.

Explanation: boundary: OST – abrupt, WYR – clear, STO – gradual; r – smooth, f – wavy, z – glossic (tonguing); **texture class**: pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer); **structure:** GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, DP – platy, PR - prismatic; (size) bd – very fine, d – fine, s – medium, g – coarse; **consistence** (moist): bs – very friable, sz – friable, zw – firm, zb – very firm; coatings: IL – clay, H – humus, (occurrence): po – aggregate surfaces; **carbonates**: W2 – visible effervescence, ko –concretions; **redox features**: ox – oximorphic; approximate mottling percentage is given; Mn – manganifeours, FeMn – iron-manganese, (size) bd – very fine, d – fine; (abundance) 2 – few.

Profil MU2 Profile MU2

Lokalizacja: Muszkowice k. Henrykowa, powiat ząbkowicki, ndl. Henryków, oddz. 289; Wzgórza Niemczańsko Strzelińskie; współrzędne: E 15°56'22", N 50°38'31", wys. 275 m n.p.m.; morfologia terenu: wzgórze w terenie falistym, położenie odkrywki: środkowa części równinnej kulminacji wzniesienia; nachylenie: bardzo łagodne, wystawa stoku: SW; woda gruntowa: brak; erozja wodna: brak przejawów; skała macierzysta: less (Qp4); drzewostan: starodrzew bukowy, 90 lat, z domieszką brzozy i świerka, typ siedliskowy lasu: las wyżynny świeży; typ próchnicy: mull-moder swieży

Localisation: Muszkowice near Henryków, district Ząbkowice Slaskie, geomorph. unit Niemczańsko-Strzelińskie Hills; coordinates: E 15°56'22", N 50°38'31", elevation: 275 m asl; morphology: hill in a rolling plain, location of the profile: the middle part of the hill culmination; slope: nearly level; slope orientation: SW; ground water: none; water erosion: none; parent material: loess (Vistulian); vegetation: old growth beech (90 yr), admixture of birch and spruce; humus form: mull-moder

SgP5, 2011: Gleba płowa typowa
FAO-WRB 2014: Albic Luvisols (Cutanic, Siltic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consistence (moist)	Cechy redox Redox feat.	$CaCO_3$	Otoczki Coatings
Ol	3-1	-	-	-	-	-	-	-	-
Of	1-0	-	WYR, r	-	-	-	-	-	-
Ah	0-5	10YR 2/1	STO	pyg	GR, s	bs	-	-	-
AE	5-9	10YR 5/2	STO	pyg	OS, s	bs	-	-	-
E	9-25	2.5YR 7/6	WYR, f	pyi	OA, s	sz	Mn, bd, 2	-	-
Bt1	25-60	10YR 4/6	STO	pyi	OA, g	zw	FeMn, bd, 2	-	IL, po
Bt21	60-90	10YR 5/6	STO	pyi	OA, g	sz	-	-	IL, po
Bt22	90-126	10YR 5/6	WYR, r	pyi	OA, s	sz	-	-	IL, po
Ck	126-150	10YR 6/6	n.d.	pyi	OA, s	sz	-	W2, ko	-

Tabela 12.1. Skład granulometryczny gleb w kurhanie i w jego sąsiedztwie
Table 12.1. Particle-size distribution of soils in the kurgan and its surroundings

Profil Profile	Głęb. Depth cm	Poziom Hori-zon	(%) zawartość frakcji o średnicy w mm (%) content of fraction with diameter in mm									Grupa granul. Tex-ture class	Gęst. obj. Bulk dens. g cm^{-3}
			2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.005	0.005-0.002	<0.002		
MU1	1-18	E	0	0.2	0.2	0.6	10	41	25	8	8	pyg	1.19
	18-27	E/B	0	0.1	0.1	0.8	10	39	22	6	11	pyg	-
	27-60	Btdg	0	0	0.2	0.8	10	36	16	7	23	pyi	1.57
	60-80	BAa	0	0	0.2	0.8	10	36	17	5	25	pyi	1.48
	80-88	(Ca)	0	0	0.1	0.9	10	34	22	5	21	pyi	1.50
	88-110	2Ab	0	0	0.3	0.7	9	36	18	7	22	pyi	1.41
	110-120	2ABb	0	0.2	0.3	0.5	20	32	26	5	16	pyi	1.42
	120-135	2BAb	0	0.1	0.2	0.7	27	27	22	6	17	pyi	1.56
	135-145	2Bwb	0	0	0.1	0.9	26	31	20	5	17	pyi	1.54
	145-165	2BCb	0	0	0.1	0.9	22	33	25	4	15	pyi	1.53
	165-190	2Ck	0.1	0.2	0.4	1.3	18	37	27	5	11	pyg	1.52
MU2	0-5	Ah	0	0.3	0.3	0.4	13	42	23	9	8	pyg	0.88
	5-9	AE	0	0.2	0.2	0.6	12	41	22	8	9	pyg	1.22
	9-25	E	0	0	0	1	11	42	20	8	10	pyi	1.41
	25-60	Bt1	0	0	0	1	12	34	20	5	22	pyi	1.54
	60-90	Bt21	0	0	0	1	12	37	20	3	24	pyi	1.59
	90-126	Bt22	0	0	0	0	10	39	20	4	22	pyi	1.57
	126-150	Ck	0	0	1	1	10	35	25	9	16	pyg	1.45

Tabela 12.2. Podstawowe właściwości fizykochemiczne gleb w kurhanie i w jego sąsiedztwie
Table 12.2. Basic physicochemical properties of soils in the kurgan and its surroundings

Profil	Głęb. Depth cm	Poziom Hori-zon	pH H_20	C %	C/N	$CaCO_3$ %	Kw	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	S Sum	V BS %
							cmol(+) kg^{-1}							
MU1	1-18	E	4.16	0.48	16	0	1.37	0.78	2.3	0.87	0.11	0.26	3.6	72
	27-60	Btdg	4.83	0.89	15	0	0.52	0.01	9.2	3.16	0.31	0.7	13.4	96
	60-80	BAa	5.56	1.11	14	0	0.51	0.24	12.8	3.47	0.29	0.73	17.3	97
	80-88	(Ca)	5.4	0.24	19	0	0.99	0.72	9.6	3.04	0.28	0.56	13.5	93
	88-110	2Ab	5.92	1.85	15	0	0.14	0.03	14.4	3.24	0.29	0.8	18.7	99
	110-120	2ABb	5.95	0.56	14	0	0.18	0.06	12.0	2.97	0.26	0.7	15.9	99
	120-135	2BAb	6.61	0.27	15	0	0.51	0.45	11.5	2.84	0.27	0.61	15.2	97
	135-145	2Bwb	6.89	0.21	14	0	<0.5	0.40	10.4	2.82	0.26	0.59	14.1	96
	145-165	2BCb	7.19	0.19	-	1.1	0	0	12.3	2.92	0.28	0.64	16.1	100
	165-190	2Ck	8.37	0.11	-	9.4	0	0	50	2.93	0.32	1.58	54.8	100
MU2	3-1	Ol	5.51	47.10	-	0	4.40	0.60	-	-	-	-	-	-
	1-0	Of	5.15	42.28	25	0	3.50	1.00	16.0	6.38	2.60	0.64	25.6	88
	0-5	Ah	4.01	9.26	21	0	3.55	2.93	2.48	1.53	0.28	0.23	4.51	56
	9-25	E	4.37	0.56	-	0	3.18	3.05	0.96	0.62	0.05	0.17	1.80	36
	25-60	Bt1	5.43	0.19	-	0	0.96	0.88	5.12	2.40	0.24	0.35	8.11	89
	60-90	Bt21	5.61	0.28	-	0	0.50	0.37	6.00	2.37	0.26	0.40	9.02	95
	90-126	Bt22	5.67	0.16	-	0	0.37	0.32	5.84	3.04	0.24	0.38	9.51	96
	126-150	Ck	8.05	0.16	-	10	0	0	63.2	4.08	0.22	2.60	70.1	100

Rozdział 13
Gleby serpentynitowe w Masywie Ślęży

Chapter 13
Serpentine soils in the Ślęża Massif

Serpentynity to skały powstałe pod wpływem niskiego stopnia metamorfizmu regionalnego, przy udziale procesów hydrotermalnych (Guillot i Hattori 2013) głównie ze skał ultrazasadowych: dunitów i perydotytów (harzburgitów, lherzolitów i wehrlitów). Pierwotnie skały te tworzą się w wyniku metamorfizmu w dolnej części skorupy oceanicznej, a następnie podczas procesów górotwórczych są wkomponowywane w skład kompleksów ofiolitowych. W skład serpentynitów wchodzą głównie minerały z grupy serpentynu (antygoryt i chryzotyl). Miejscami serpentynity zawierają również minerały będące pozostałościami po protolicie skały (głównie oliwiny i pirokseny). W skład minerałów pobocznych i akcesorycznych w tych skałach wchodzą: lizardyt, garnieryt, tremolit, talk, chromit, magnetyt, tytanit, apatyt, chloryt, dolomit, syderyt, brucyt, grossular i hematyt (Coleman 1971; Moody 1976; Żaba 2003).

Gleby powstałe z serpentynitów są zazwyczaj płytkie i ubogie, ze względu na ograniczoną mobilność niemalże wszystkich ważniejszych dla roślin składników mineralnych (Alexander i in. 2007).

Serpentinites are rocks formed during low grade, regional metamorphism and with an important input of hydrothermal fluids (Guillot and Hattori 2013). The protolith rocks are ultramafic, mainly dunites and peridotites (including harzburgites, lhercolites and wehrlites). Originally, the ultramafic rocks are formed within the lower part of oceanic crust that is later incorporated into the continental crust during complex orogenic processes. Continental complexes containing serpentinites are referred to as ophiolites. Serpentinites are composed mainly of serpentinies (antigorite and chrysotile). Other minerals include remnants of the protholith, mainly olivines and pyroxenes. Accessory minerals in serpentinites are lizardite, garnierite, tremolite, talc, chromite, magnetite, titanite, apatite, chlorite, dolomite, siderite, brucite, grossular and hematite (Coleman 1971, Moody 1976, Żaba 2003).

Solis formed on serpentinites are usually shallow and impoverished in all of the important for plants mineral constituents due to limited mobility of these constituents (Alexander et al. 2007).

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Ze względu na skład mineralogiczny i powiązane z tymi skałami złoża, gleby wytworzone z serpentynitów cechują się wysokimi koncentracjami chromu, niklu, a także żelaza i miedzi (McGraph i Smith 1990, Lee i in. 2004). Związane jest to miedzy innymi z obecnością podwyższonych zawartości niklu w pierwotnym oliwinie i chromu w piroksenie oraz w chromicie. Powoduje to, że gleby serpentynitowe stają się toksycznym podłożem dla wzrostu wielu gatunków roślin, ale jednocześnie są dobrym środowiskiem dla wyspecjalizowanych roślin endemicznych (Alexander i in. 2007).

Na Dolnym Śląsku (SW Polska) występowanie serpentynitów jest udokumentowane w wielu lokalizacjach, m.in. w: Masywie Szklar, Masywie Gogołów-Jordanów, Masywie Braszowice-Brzeźnica, Masywie Nowej Rudy, Masywie Ślęży (Rys. 13.1), jednak są to zazwyczaj wystąpienia o niewielkim zasięgu i gleby powstałe z serpentynitów stanowią znikomy procent w ogólnym bilansie gleb Dolnego Śląska.

13.1 Problematyka genezy

Proces tworzenia się gleb z tworzywa serpentynitowego na terenie Polski nie został jeszcze do końca zbadany. Ze względu na położenie orograficzne i występowanie zwietrzelin serpentynitów w bliskim sąsiedztwie pokryw lessowych, badacze skłaniają się ku hipotezie wpływu procesów eolicznych na ewolucję większości z tych gleb. Analiza uziarnienia omawianych pedonów wskazuje na znaczący udział frakcji pyłowej, a analiza rentgenowska frakcji ilastej ukazuje znaczny udział kwarcu w składzie mineralogicznym gleb serpentynito-

The soils have elevated concentrations of chromium, nickel and iron and sometimes copper (Mc Graph and Smith 1990, Lee et al. 2004). This is due to the mineral composition of original rocks and ore mineralization associated with these rocks (e.g. primary olivine is rich in nickel and pyroxene in chromium, chromium ore chromite is common accessory constituent). As the result the soils developed on serpentinites are toxic for many plant types, but at the same time they form specialized ecosystem for some endemic plants (Alexander et al. 2007).

Serpenitinites occur in many localities in Lower Silesia (SW Poland), the most famous being: Szklary Massif, Gogołów-Jordanów Massif, Braszowice-Brzeźnica Massif, NowaRuda Massif and Ślęża Massif (Fig. 13.1). However, the occurrences are small and they constitute only a low percentage out of the whole soil budget.

13.1 Serpentine soil formation

The process of the soil formation on the serpentinite bedrock is not fully constrained for polish soils. It is worth noting that in Poland the serpentinites and loess occur often in close proximity, which may indicate that aeolian processes may have influenced the serpetine soil formation. Aeolian provenance of some soil material is consistent with high proportion of silt fraction in these soils (Weber 1980). Also the presence of high amounts of quartz in XRD are consistent with addition of allochtonous material (Weber 1980). Serpentine soils are generally poor in mineral constituents,

serpentynitowych (Weber 1980), co jest poważnym dowodem świadczącym o dostawie utworów allochtonicznych. Analiza składu chemicznego gleb serpentynitowych wskazuje na niewielkie zawartości ważnych składników pokarmowych, jednak część gleb charakteryzuje się podwyższoną zawartością wapnia, który może pochodzić z domieszanego komponentu lessowego. Gleby powstające na skałach serpentynitowych zostały sklasyfikowane jako gleby brunatnoziemne (Weber 1981).

Ze względu na, jak do tej pory, nieustalony stopień wymieszania serpentynitowego rezyduum z utworami pochodzenia eolicznego, trudne wydaje się jednoznaczne określenie genezy i w konsekwencji odtworzenia etapów formowania się tych gleb. Brak kryteriów rozdziału utworów rezydualnych i allochtonicznych powoduje, że zróżnicować część z tych gleb należy traktować jako czyste gleby serpentynitowe, a część jako gleby wytworzone na serpentynicie z udziałem lessu. Ostateczne rozstrzygnięcie pochodzenia materiałów, z których rozwinęły się gleby powinny przynieść planowane obecnie kompleksowe badania izotopowe, mineralogiczne i geochemiczne. Na ich podstawie spodziewane jest uzyskanie charakterystycznych dla skał serpentynitowych oraz lessu sygnatur/markerów pozwalających na odróżnienie materiału powstałego in situ od materiału allogenicznego i ustalenie ewentualnych proporcji obu tych składników .

13.2 Charakterystyka wybranych profili

Poniżej zamieszczono opisy i wyniki analiz laboratoryjnych dwóch

but some of soils in Lower Silesia have elevated calcium contents, also suggesting probable input of loess. Soils developed on serpentinite rocks are generally classified as Cambisols (Weber 1981).

Due to unidentified degree of loess and residuum materials proportions in the Lower Silesia serpentine soils, it is highly difficult to estimate their stages of formation. The lack of criteria for separate allochthonous from autochthonous strata, in such soils, causes interpretation problems: whether only part of serpentinite soils should be treated as derived from pure weathered serpentinite, or most of them were developed from mixed loess and residuum materials? The inputs from these two possible sources and their significance could be estimated using combined isotopic, mineralogical and geochemical methods. Only based on obtained data we can fully create specific signatures/markers for tracking loess influence and distinguished in situ materials from aeolian substrates.

13.2 Description of the selected profiles

Below we present general descriptions and analyses of two soil profiles formed from the serpentinite or mixed serpentinite/loess materials. The profiles were located close to each other, however they reveal important differences in the morphology and texture.

Profile 1 is situated in the serpentinite quarry. In soils two horizons can be distinguished: a dark brown horizon with fine granular structure, which gradually shifts into brown

profil wytworzonych w całości / częściowo ze zwietrzelin serpentynitów i utworów allogenicznych. Pedony zlokalizowane są w niewielkiej odległości od siebie, jednakże wykazują istotne różnice w uziarnieniu.

Profil 1 usytuowany jest w szczytowej partii wyrobiska serpentynitu. W budowie morfologicznej gleby wyróżniają się dwa horyzonty, ciemno brązowy poziom próchniczny o gruzełkowej strukturze, przechodzący stopniowo w brązowy poziom BC wykazujący cechy alternacji pedogenicznych, wyrażonych w zmianie struktury (na angularną), układu (zbity), a także uziarnienia. Glina piaszczysta przykrywa tu glinę ilastą, a różnica w koncentracji iłu między poziomami wynosi 34%. Odmienność teksturalna ma zdecydowanie charakter nieiluwialny, dlatego na granicy poziomów należy wyznaczyć nieciągłość litologiczną. Gleba zalega bezpośrednio na litym serpentynicie, a jej miąższość nie przekracza 25 cm. W kompleksie sorpcyjnym zaznacza się wyraźna dominacja kationów magnezu, co przekłada się na wysoki stopień wysycenia kompleksu tym kationem, 75-95%. Wobec powyższej cechy gleba została sklasyfikowana jako ranker z śladami brunatnienia.

Profil 2 położony jest powyżej wyrobiska, w rozcięciu łagodnego stoku, a w jego morfologii wyraźnie zaznacza się warstwowanie. Dwa górne poziomy Ah i ABw mają strukturę gruzełkową, uziarnienie z wyraźną dominacją frakcji pyłowej (odpowiednio 67 i 77% pyłu), a przejście między poziomami jest stopniowe. Wraz z głębokością spada zwartość pyłu, na rzecz frakcji ilastej, co objawia się zmianą uziarnienia z pyłu gliniastego / zwykłego na ił ciężki w poziomie 3CR.

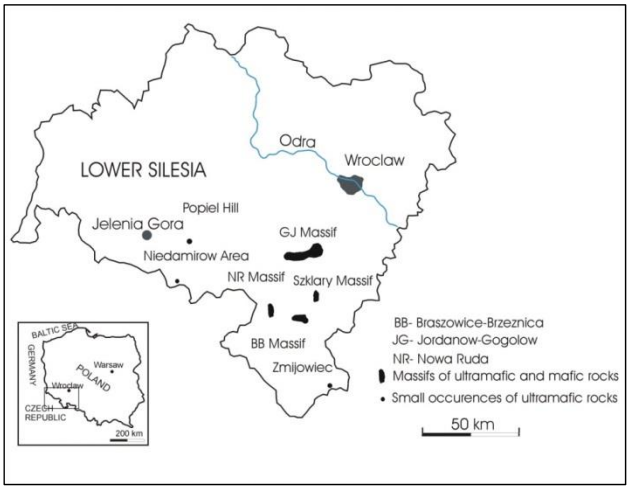
BC horizon with clear features of pedogenic alternations (angular structure, firm consistence) and different soil texture. Clay loam is overlaying here by sandy loam and lithic discontinuity (change in clay content not resulting from pedogenesis) should be draw at the border of those two distinct layers. Below clay rich (40%) subsurface horizon the continuous serpentinite bedrock occur and total thickness of soil do not exceed 25 cm. Magnesium is a dominant cation deciding about high base saturation (75-95%). The soil was classified as Eutric Leptosol (Humic, Loamic, Magnesic).

Profile 2 is located below the quarry at the middle part of gentle slope. A clear stratification can be detected, two upper horizons (Ah, ABw) has texture of silt loam (67 and 77% of silt), while with increasing soil depth clay content became an important fraction – clay loam in 3CR. Each individual horizon between 9 and 80 cm has clear boundary. In the 2 Btw and 2BtC very few and few clay skins were observed. Content of the magnesium and base saturation is increasing with depth.

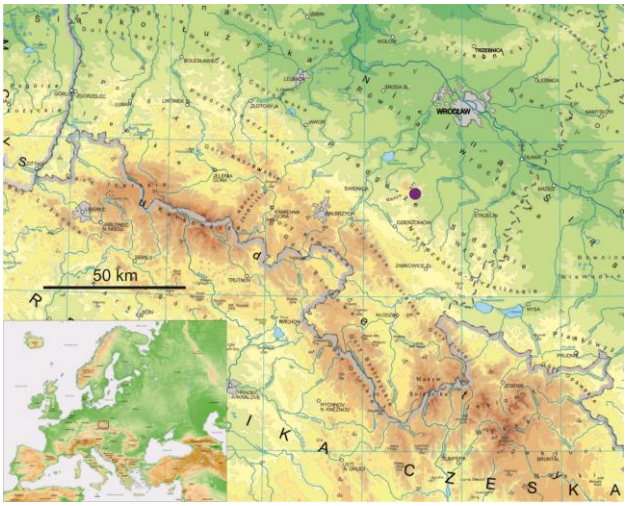
The research was funded by NCN:
UMO-2012/05/D/ST10/00529
(int. no.) 4653/PB/ING/13

Każdy z indywidualnie wydzielonych poziomów w warstwie miedzy 9 a 80 cm odcina się wyraźnie od pozostałych. W poziomach 2Btw i 2BtC obserwowano otoczki i nacieki ilaste. Zawartość wymiennego magnezu oraz stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego tym kationem zwiększa się wraz z głębokością.

Opisane wyniki badań były finansowane z grantu NCN:
UMO-2012/05/D/ST10/00529
(nr wewn.)4653/PB/ING/13



Rysunek 13.1. Występowanie skał alkalicznych w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim
Figure 13.1. Mafic and ultramafic rocks in the Sudety Mts and Sudety Foreland



Rysunek 13.2. Przybliżona lokalizacja odkrywek glebowych
Figure 13.2. Approximate localisation of the soil profiles

Profil SER1 Profile SER1

Lokalizacja: Przemiłów, wys. 256 m n.p.m., położenie odkrywki: skraj ściany wyrobiska; wystawa: W; współrzędne: N 50°51'11,1'' E 16°47'01,6. nachylenie stoku 30°; skała macierzysta: serpentynit/less; drzewostan: las mieszany (sosna zwyczajna, brzoza, dąb); runo: trawiaste, żarnowiec miotlasty, wilczomlecz sosnka, pięciornik, krwawnik lekarski, tymotka łąkowa, fiołek trójbarwny.

Location: Przemiłów, elevation: 256 m a.s.l., slope aspect: W, coordinates: N 50°51'11,1'' E 16°47'01,6; slope inclination: 30°; parent material: serpentinite; vegetation: plantation forest, pine (*Pinus sylvestris*), oak (*Quercus robur*); undergrowth: *Cytisus scoparius, Potentilla, Achillea millefolium, Phleum pratense, Viola tricolor, Euphorbia cyparissias*.

SgP5, 2011: Ranker z cechami brunatnienia
FAO-WRB 2014: Eutric Leptosol (Humic, Loamic, Magnesic)

Poziom Horizon	Głębokość Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consistence (moist)	Otoczki Coatings
A	0-10	10YR 2/2	STO	gp	GR	sz	-
BC	10-25	7.5YR 4/4	STO	gi	OA	zb	-
R	25+	-	-	-	-	-	-

Przejście: WYR – wyraźne, STO – stopniowe; grupa granulometryczna: skróty wg klasyfikacji PTG 2008; struktura: GR – gruzełkowa, OA - angularna, OS – subangularna; układ: bs – bardzo słabo zwięzły, sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły, zb – zbity; otoczki: (skład) IŁ – ilaste; (lokalizacja) po – powierzchnie agregatów,
Lower boundary: WYR – clear, STO – gradual; texture class: gp – sandy loam, pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer), gi – clay loam, ic – heavy clay; structure: GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, consistence: bs – very friable, sz – friable, zw – firm, zb – very firm; coatings: (composition) IŁ – clay, (occurrence): po – aggregate surfaces.

Profil SER2 Profile SER2

Lokalizacja: Przemiłów,
wys. 260 m n.p.m.,
położenie odkrywki: profil zlokalizowany powyżej wyrobiska w części środkowej części łagodnego stoku,
wystawa: NW;
współrzędne: N 50°51'11,9
E 16°47'02,3; nachylenie: 33°;
skała macierzysta: serpentynit/less;
drzewostan: las mieszany 40- letni (dąb, świerk).

Location: Przemiłów,
elevation: 260 m a.s.l.,
situation: medium slope above the small quarry;
slope aspect: W,
coordinates: N 50°51'11,9
E 16°47'02,3; slope inclination: 10°;
parent material: serpentinite/thick loess mantle; vegetation: plantation forest, pine, oak.

SgP5, 2011: Gleba brunatna eutroficzna
FAO-WRB 2014: Eutric Skeletic Leptic Cambisol (Magnesic)

Poziom Horizon	Głębokość Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consis-Tence (moist)	Otoczki Coatings
Ah	0-3	10YR 2/2	STO	pyg	GR	bs	-
ABw	3-9	10YR 3/2	STO	pyz	GR	bs	-
Bw	9-21	7.5YR 5/6	WYR	pyg	GR/OS	zw	-
2Btw	21-35	7.5YR 5/4	WYR	pyz	OS	zw	IŁ, po
2BtC	35-80	7.5YR 4/4	WYR	ic	-	-	IŁ, po
3CR	80-115	-	-	-	-	-	-
3R	115+	-	-	-	-	-	-

Wyjaśnienia skrótów przy profilu SER1. Explanation of abbreviations – at profile SER1.

Tabela 13.1. Skład granulometryczny wybranych gleb serpentynitowych
Table 13.1. Particle size distribution of selected serpentinite soils

Profil Profile	Poziom Horizon	Zawartość frakcji o średnicy w mm (%) Content of fraction with diameter in mm (%)								Grupa granul. Texture class (PTG 2009)
		2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002	
SER1	A	6	13	15	14	15	19	12	6	gp
	BC	4	5	9	5	12	10	12	40	gi
SER2	Ah	2	3	3	2	16	39	28	7	pyg
	ABw	2	2	2	3	8	42	34	7	pyz
	Bw	6	4	3	4	10	31	33	9	pyg
	2Btw	3	2	3	4	8	27	35	18	pyz
	2BtC	5	3	3	3	4	10	23	49	ic

Tabela 13.2. Podstawowe właściwości fizykochemiczne gleb serpentynitowych
Table 13.2. Basic physicochemical properties of serpentinite soils

Profil Profile	Poziom Horizon	pH H_2O	TOC	Mg^{2+}	S	BS	Plant available			Fe_d
							P_a	K_a	Mg_a	
			%	cmol(+) kg^{-1}		%	mg kg^{-1}			%
SER1	A	6.5	3.03	11.3	15.3	75	-	-	-	-
	BC	7.4	1.64	22.5	26.2	93	-	-	-	-
SER2	Ah	4.1	12.8	7.98	11.0	86	28	94	674	0.33
	ABw	4.0	4.37	4.47	6.1	70	26	100	429	0.44
	Bw	4.1	2.22	2.80	4.2	69	18	93	263	0.25
	2Btw	4.4	0.66	8.97	11.0	99	13	90	698	0.61
	2BtC	4.5	0.92	41.8	44.8	100	-	-	-	0.55

TOC – całkowity węgiel organiczny, total organic carbon; Mg^{2+} - zawartość wymiennego magnezu, exchangeable magnesium content; S – suma kationów zasadowych, sum of base cations; BS – wysyecnie kationami zasadowymi, base saturation; Fe_d – żelazo wolne, dithionite-extractable iron

Rozdział 14
Gleby Gór Stołowych

Chapter 14
Soils of the Stołowe Mountains

Góry Stołowe należą do większej, kredowej struktury sedymentacyjnej zwanej Masywem Czeskim i znajdują się na jej północnej krawędzi. Selektywne chemiczne i fizyczne wietrzenie w ciepłych fazach trzeciorzędu oraz w interglacjałach plejstocenu doprowadziło do wytworzenia się specyficznej rzeźby terenu. Wyróżniają się tu wyniesione płaskowyże ograniczone morfologicznymi, stromymi progami strukturalnymi – klifami skalnymi (Migoń i in. 2011). Płaskowyże zbudowane są z górnokredowych piaskowców, przewarstwionych drobnoziarnistymi skałami osadowymi (m.in. mułowcami, drobnoziarnistymi piaskowcami, iłowcami) i są ułożone w trzy litosomy (Wojewoda i in., 2011). Płaskowyże wyodrębniły się podczas wynoszeniu po za stoliwo piaskowcowe drobnoziarnistego materiału z wietrzenia mułowców. Proces ten w ostateczności doprowadził do destabilizacji masywu i cofania się skarp. Zaowocowało to wypreparowaniem „stołowych" płaskowyżów w centralnej części obszaru oraz powstaniem rozległych blokowisk skalnych, stref przechylania się pakietów piaskowcowych, jak również grup skał/form skalnych o nadzwyczajnych kształtach (skalne labirynty, skalne grzyby) w strefie krawędziowej masywu.

The Stołowe Mountains belongs to large Cretaceous sedimentary structure, called the Bohemian Massif. Selective chemical and physical weathering in the warm phases of Tertiary period as well as during the Pleistocene interglacials led to specific relief development. Tableland plateaus are separated from each other by steep escarpments (Migoń et al. 2011). High elevated plateaus are built from cretaceous sandstones, stratified with fine-grained sedimentary rocks (mostly mudstones and claystones) arranged into three lithosoms (Wojewoda et al., 2011). Such tableland topography was formed when fine material from mudstone weathering was transported outside the massife, which resulted in destabilization of the sandstone bodies (rock peeling and falling), retreat of structural escarpments, block covers development. Therefore, large table plateaus were formed in the central part of the massife, while numerous rock groups and forms in the edge zone (columns, rock labyrinths, mushroom-like rocks). There are no typical evidences of glaciation in the Stołowe Mountains; however, the presence of periglacial zone was recorded in the relief and geomorphological forms, i.e. block covers and fine-grained covers affected by soli-/geli-

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

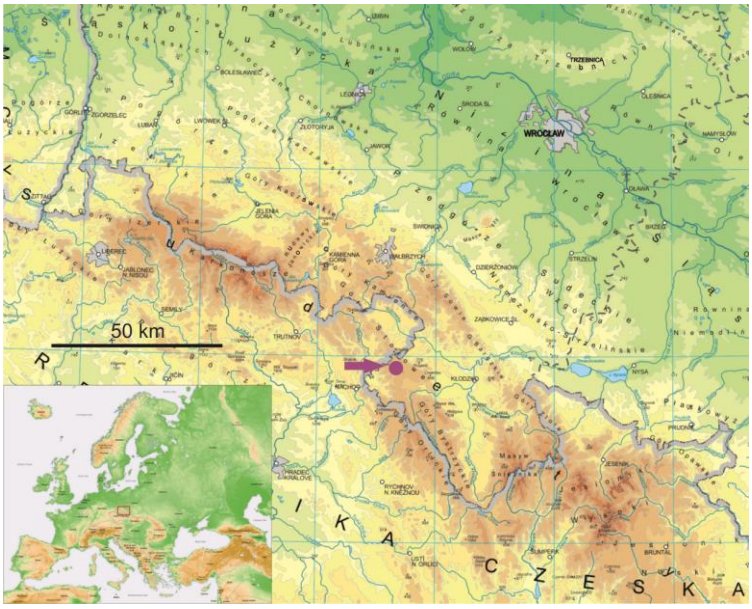
Na obszarze Gór Stołowych brak jest form geomorfologicznych świadczących o ich zlodowaceniu w Plejstocenie, jednakże obecność strefy peryglacjalnej zapisała się w rzeźbie w postaci zróżnicowanych struktur, m.in.: pokryw blokowych, czy pylasto-ilastych pokryw soli-geliflukcyjnych (Dumanowski 1962; Migoń i in. 2011).

W klimacie Gór Stołowych wyraźnie zaznacza się wysokościowa strefowość wielkości opadów i temperatury. Średnia roczna suma opadów zwiększa się wraz z wysokością od 750mm do 920 mm, z maksimum w lipcu (Pawlak 2008). Średnia temperatura spada z wysokością, od około 6.5°C we wschodniej części masywu górskiego (na wysokości ok. 500 m n.p.m) do 4°C w centralnej i wschodniej części (wysokość 750–919 m n.p.m.). Najchłodniejszymi miesiącami są styczeń i luty (−3 to −4.5°C), a najcieplejszym lipiec (13.5–15°C).

fluction and creep processes (Dumanowski 1962; Migoń et al. 2011).

Climate in the Stołowe Mts. is characterized by altitudinal zonality of precipitation and temperature. Mean annual precipitation increase with the altitude from 750 mm to 920 mm, with the maximum in the July (Pawlak 2008). Mean annual air temperature decrease with the altitude from 6.5°C at the eastern border of the massife (around 500 m a.s.l.) to 4°C in the central and western parts (750-919 m a.s.l.). The coldest months are January and February (−3 to −4.5°C), while the warmest July (13.5–15°C).

Nowadays in the area of the Stolowe Mts. coniferous trees dominance is visible, with almost 80% of Norway spruce in the tree stands (Gałka et al. 2014)



Rysunek 14.1. Położenie Gór Stołowych
Figure 14.1. Localisation of the Stołowe Mountains

Współcześnie na obszarze Gór Stołowych dominują lasy iglaste z przeważającym udziałem świerka (blisko 80%) w strukturze drzewostanów (Gałka i in. 2014). Jednakże dane palinologiczne uzyskane dla Wielkiego Torfowiska Batorowskiego (Marek 1998), wskazują na niedawną dominację buka nawet na podłożu piaskowcowym i powszechną obecność lasów mieszanych (Gałka i in. 2013; Świerkosz and Boratyński 2002).
Obszar Gór Stołowych odwadniany jest przez około 23 cieki powierzchniowe, z których do największych należą: Czerwona Woda, Kudowski Potok, czy też Pośna. Średnia gęstość sieci rzecznej wynosi ok 2.7 km/km^2 (Adynkiewicz-Piragas et al. 2013). Znaczną rolę w bilansie wodnym pełnią tu obszary retencji powierzchniowej (np. mokradła, torfowiska).Wody podziemne występują na terenie Gór Stołowych w kilku piętrach strukturalno-wiekowych (m.in. czwartorzędowo-kredowe, kredowe, permskie), a łączny zasób odnawialnych wód podziemnych wynosi ok 70 tys. m^3/d (Tarka et al. 2011).

14.1 Ogólna charakterystyka pokrywy glebowej

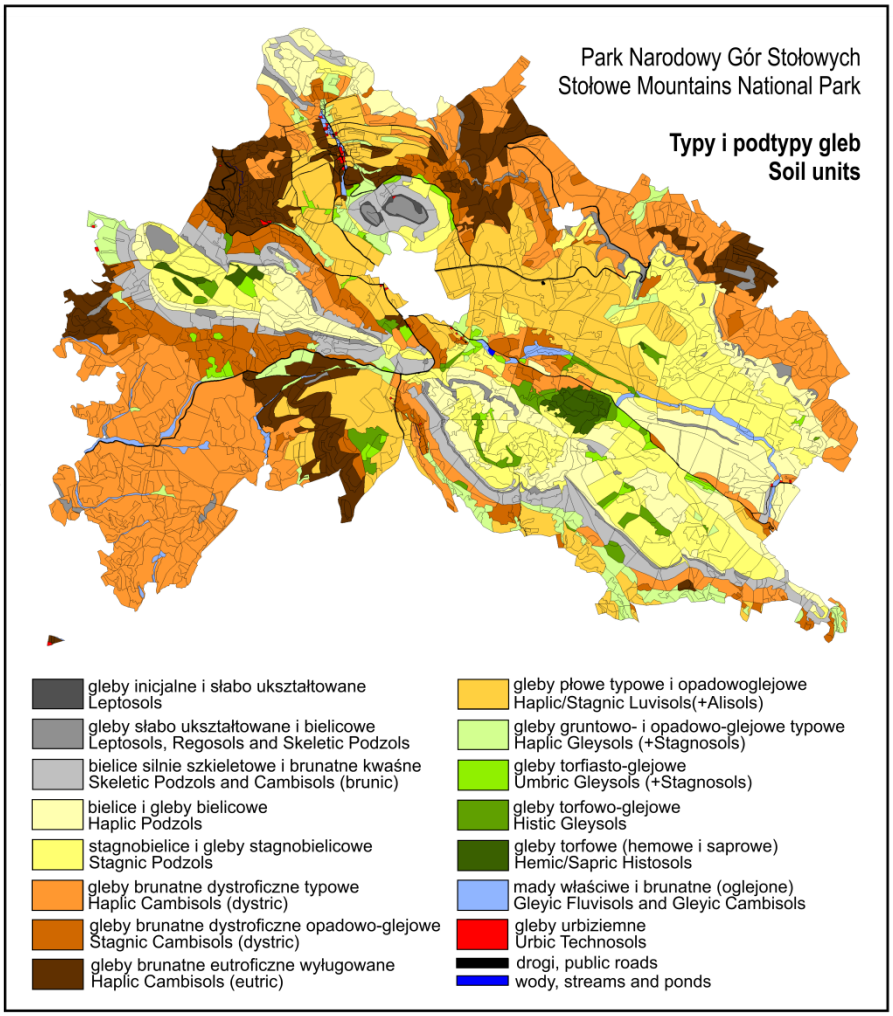
Struktura glebowa Gór Stołowych w znacznej mierze zależna jest od materiałów macierzystych, zarówno tych wietrzejących in situ (Kabała i in. 1995; Chodak i in. 1998; Kabała i in. 2011) oraz tych translokowanych w wyniku powierzchniowych ruchów masowych (Waroszewski i in. 2015), co terenie o mocno urozmaiconym reliefie przekłada się na zróżnicowanie wielu parametrów morfologicznych i fizykochemicznych.

However, the palynological findings from Wielkie Torfowisko Batorowskie bog (Marek 1998), indicate recent dominance of beech, even on the sandstone bedrock and widespread presence of mixed forests (Gałka at al. 2013; Świerkosz and Boratyński 2002).

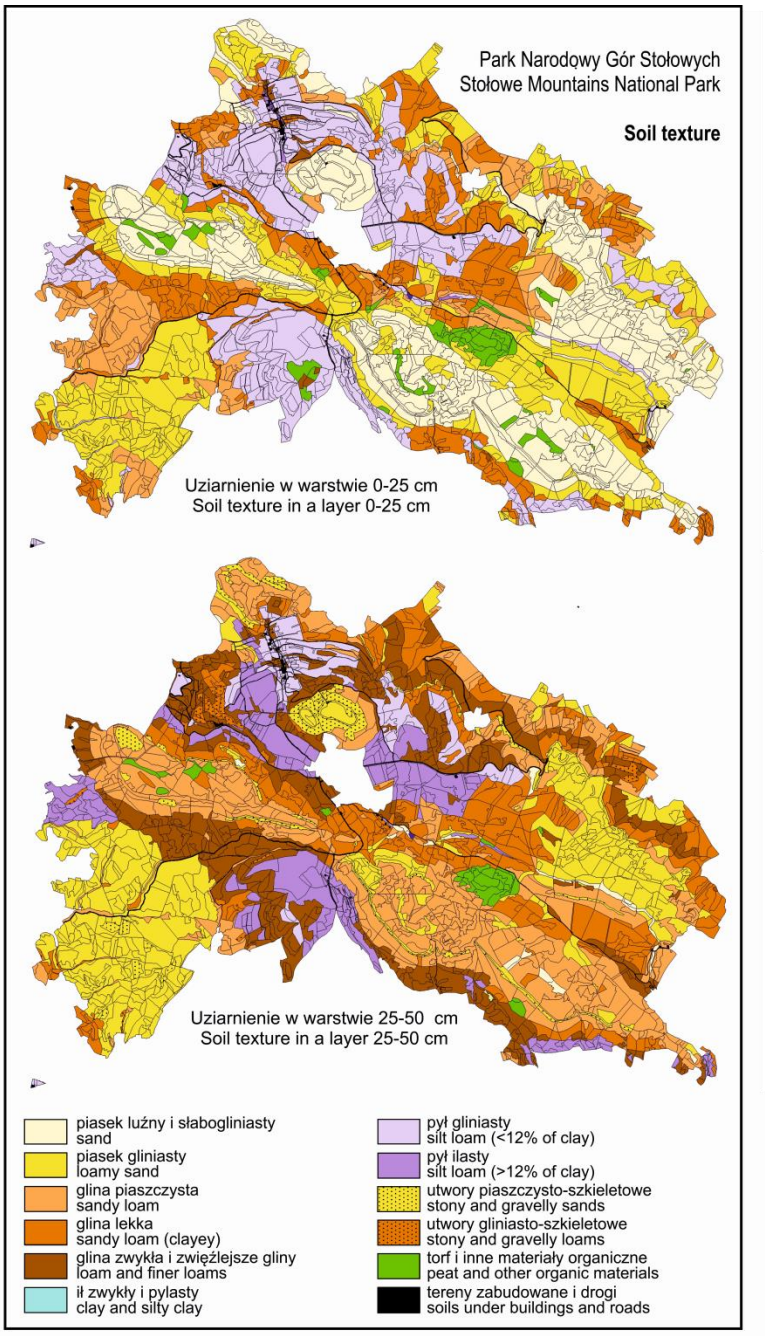
Stołowe Mts. are drained by 23 rivers and streams, the largest once are: Czerwona Woda, Kudowski Potok and Pośna. The average density of the rivers system is around 2.7 km/km^2 (Adynkiewicz-Piragas et al., 2011). Important role in the total water balance play peatlands and wetlands. Groundwater occurs in the few structural horizons (Quaternary-Cretaceous, Cretaceous, Permian) and total resource of renewable groundwater is approximately near 70 thousand m^3/d (Tarka et al. 2011).

14.1 Brief characteristics of the soil cover

The spatial soil reference groups distribution in the Stołowe Mountains is determinate strongly by the type of parent materials, both those weathered in situ (Kabała et al. 1995; Kabała et al. 2011) and translocated due to near-surface processes (Waroszewski et al. 2015), which in the area with high surface relief results in the differentiation of many morphological and chemical parameters. In the Stołowe Mts. mostly deep and very deep (thickness of 100-150 cm) soils dominate and their share in the total soil cover is around 48%. Another 52% represent middle deep soils (50-100 cm, 41%), shallow and very shallow soils (11%). Texture of soils is highly controlled by the type of parent material.



Rysunek 14.1. Główne typy i podtypy gleb w Parku Narodowym Gór Stołowych (Kabała i in. 2011)
Figure 14.1. Main soil units in the Stołowe Mountains National Park (Kabała et al. 2011)



Rysunek 14.2. Uziarnienie gleb PN Gór Stołowych (Kabała i in. 2011)
Figure 14.2. Soil texture in the Stołowe Mountains NP (Kabała et al. 2011)

Na obszarze Gór Stołowych dominują gleby głębokie i bardzo głębokie (o miąższości między 100, a 150 cm), a ich udział wynosi około 48%. Dalsze 52% powierzchni stanowią gleby średniogłębokie (50-100cm głębokości – 41%) oraz gleby płytkie i bardzo płytkie (11%). W strukturze pokrywy glebowej uwidacznia się silna zależność uziarnienia gleby od skały macierzystej. Gleby tworzące się z granitoidów cechują się uziarnieniem piasków gliniastych lub glin piaszczystych o wyraźnym wzroście frakcji szkieletu wraz z głębokością. Gleby wytworzone z piaskowców mają na ogół uziarnienie piasku słabo gliniastego (rzadziej luźnego lub gliniastego) o dość stałej proporcji piasku drobnoziarnistego do średnioziarnistego i gruboziarnistego (Kabała i in. 2011).

Gleby o uziarnieniu pyłowo-gliniastym powstają z reguły ze zwietrzelin mułowców, a ich uziarnienie przechodzi z pyłu gliniastego w stropowych poziomach w pył ilasty lub glinę zwykłą, bądź średnią. Z mułowców powstają gleby brunatne dystroficzne (udział w powierzchni – 25.7%) o kwaśnym odczynie (pH 3.5-4.2) i niskim stopniu wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi w całym profilu (20-50%). Gleby brunatne eutroficzne (9.1%) i gleby płowe opadowo glejowe (15%) rozpowszechnione są w centralnej części Gór Stołowych (Rys. 14.2), charakteryzują je: niskie pH w warstwach powierzchniowych, zwiększające się w głąb profilu do wartości 6.4-7.0 i wysycenie kompleksu na poziomie 40-90%.

Soils derived from granites have loamy sand or sandy loam texture with high content of fine gravels. Soil formed on sandstone bedrock usually have texture of sand (less frequently loamy sand) with quite constant proportion of fine, medium and coarse sand (Kabała et al. 2011). Pedons developed from mudstones often have silt loam texture in the topsoil horizons, while lowermost consist from silt loam or loam/clay loam. From mudstones mostly Dystric Cambisols (25.75% share in the soil cover) are formed with low pH (3.5-4.2) and low base saturation (20-50%). Eutric Cambisols (9.13%) and Stagnic Luvisols 15%) are widespread in the central part of the Stołowe Mts. (Fig. 14.2) and they are characterized by increasing of pH with the soil depth (to 6.4-7.0) and base saturation in a wide range (40-90%).

Skeletic / Stagnic / Albic Podzols (25.2%) dominate in sandstone area. They have low pH (3.3-4.0) and low base saturation (<20%). Presence of Leptosols, Arenosols and Regosols (4%) is related to active zone of sandstone cliffs where processes like blocks/boulders peeling and topples as well as intensive suffusion occurs (Migoń,et al.,2011; Waroszewski et al. 2014). Stołowe Mts. area of 9.31% is cover with Gleysols, Histosols, Fluvisols and Technosols / Anthrosols (Kabała et al. 2011).

Gleby bielicowe i bielice (25.2%) dominują w strefie występowania piaskowców górno kredowych, cechują się niskim pH (3.3-4.0) i niskim wysyceniem kompleksu sorpcyjnego (z reguły poniżej 20%). Obecność ekstremalnie szkieletowych i/lub płytkich gleb (rankerów, arenosoli, gleb inicjalnych skalistych – łącznie około 4%) związana jest z procesami sufozji i powstawania stożków torencyjnych oraz odpadania, przechyłów, zsuwania bloków/głazów w aktywnej strefie klifów piaskowcowych (Migoń i in. 2011; Waroszewski i in. 2014). Powierzchnię 9.3% zajmują gleby glejowe, opadowo glejowe, gleby torfowe, mady oraz gleby antropogeniczne (Kabała i in. 2011).
Na styku piaskowców i mułowców, w strefie występowania stratyfikowanych pokryw stokowych o różnych cechach teksturalnych, tworzą się z reguły gleby o niepewnej pozycji systematycznej w SgP5 (2011). Charakteryzują się one występowaniem nieciągłości litologicznych zaburzających swobodny pionowy i śródpokrywowy przepływ wód opadowych (Waroszewski i in. 2014).

14.2 Morfologia i właściwości wybranych gleb Gór Stołowych

Gleba w profilu 1 reprezentuje typowy pedon wytworzony ze zwietrzeliny piaskowca górnokredowego. Charakteryzuje się ona uziarnieniem piasku gliniastego w górnej 22 cm warstwie, poniżej obecność swoją zaznacza piasek słabo gliniasty (Tab. 14.1). Lekkie uziarnienie powoduje brak stagnowania wód opadowych i gruntowych, a w konsekwencji brak oznak oglejenia.

At the contact of sandstone and mudstone complex, where stratified slope deposits with variable textural features occur, usually soils with uncertain systematic position are formed (SgP5 2011) characterized with lithic discontinuities and disturbed water properties (Waroszewski i in. 2014).

14.2 The morphology and properties of selected soils of the Stołowe Mountains

Profile 1 (Albic Podzol) refers to a typical soil developed from the residuum of cretaceous sandstone. Particle size distribution of the upper 22 cm of soil is a loamy sand, while in the lower part soil substrate reveal texture of sand (Tab. 14.1). Loose consistence results in none stagnic or gleyic colour pattern as well as reduction condition. Soil reaction is acid and base saturation is below 20% within whole soil. Soil fulfills criteria to classify it as a Podzol (presence of the spodic horizon in 200 cm from the surface).

Profile 2 (Cambisol/Luvisol) is developed from mudstone which is confirmed by more concise texture of the analyzed soil. In the mineral particle distribution clearly a clay-riched subsurface horizon occur and meet criteria for argic horizon. Clay cutans on the surface of aggragates and in the root channels can be easily found. In terms of texture and coarse fragments abundance soil morphology is bipartial, loamy soil horizons are superimposed with silt loam layers. Content of base cations decide about a soil reaction (neutral) and high base saturation of all genetic horizons.

Wysycenie kationami zasadowymi nie przekracza 20%, a odczyn jest kwaśny w całym profilu. Prezentowana gleba spełnia zasadnicze kryterium obecności endopedonu spodic oraz poziomu A by zaklasyfikować ją jako glebę bielicową właściwą.

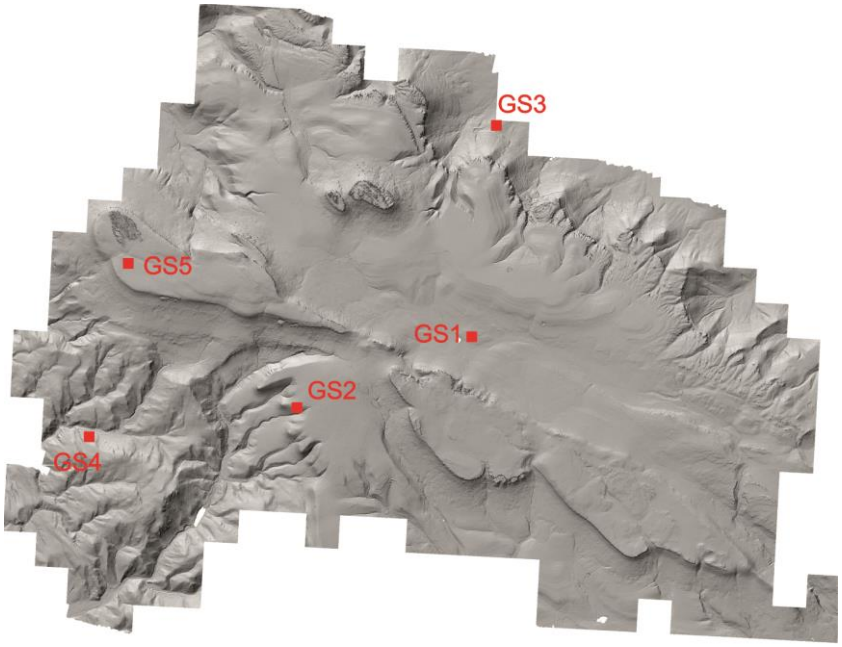
Kolejny profil nr 2 cechuje się wyraźnie zwięźlejszym uziarnieniem, co związane jest z wytworzeniem się tej gleby z mułowców. W uziarnieniu wyraźnie wyodrębnia sie poziom zasobniejszy w ił (Bwt), którego translokację z warstw nadległych potwierdza obecność wyściółek w kanałach pokorzeniowych i kutan na powierzchniach agregatów. Poziom ten spełnia wymogi stawiane podpoziomom argic. Gleba jest niejako niecałkowita, poziomy o uziarnieniu gliniastym i wysokiej szkieletowości (Tab. 14.1), przykryte są utworami pylastymi. Zasobna skała macierzysta przekłada się na obojętny odczyn wszystkich poziomów genetycznych, jak również wysokie wysycenie kompleksu zasadami.

Trzeci profil glebowy wytworzył się w obrębie naprzemiennie warstwowanych utworów o uziarnieniu gliny piaszczystej/piasku gliniastego i gliny lekkiej. Materiał budujący pedon ma charakter namytego koluwium, co wyraża się wyraźną zmianą struktury w obrębie poziomów B, jak również równym i wyraźnym charakterem przejścia poziomów AB/Bw/2Bw. Materiał będący substratem piaskowca permskiego cechuje się kwaśnym odczynem, wysyceniem kompleksu sorpcyjnego w granicach 32-52% oraz wąskim stosunkiem C/N wynoszącym między 22 a 25. Dominującym procesem w składanych utworach koluwialnych jest proces brunatnienia (gleba brunatna dystroficzna typowa).

Profile 3 (Dystric Cambisol) was formed within stratified materials (coluvium) having texture of sandy loam/loamy sand and loam. Input of allochtonous material is confirmed with flat and clear boundaries between upper section of profile: AB/Bw/2Bw. Soil is characterized with acid soil reaction, low base saturation (32-52%) and narrow ratio between C and N, arounf 22-25. Dominant soil-forming process in culluvial materials are pedogenic alternations reflected in presence of cambic horizon.

Profile 4 (Dystric Cambisol) was developed from monzonite granite and it's homogenous within whole depth in terms of particle size distribution (sandy loam texture) and stable skeleton content. Soil uniformity is confirmed by gradual boundries between horizons and dominance of angular/subangular peds. Base saturation <14%, low pH and high exchangeable acidity values (Ah, AE, Bh) support poor in nutrients conditions of granite-derived materials (Tab. 14.2).

Profil 4, wytworzony z granitu monzonitowego, jest homogeniczny, pod względem uziarnienia, dominującym gatunkiem gleby jest tu glina piaszczysta o nieznacznym i stałym udziale szkieletu. O jednorodności świadczy także morfologia - przejście poziomów stopniowe, jednolita struktura agregatów. Ubogi charakter zwietrzelin granitoidów potwierdzają: stopień wysycenia kompleksu poniżej 14%, niskie wartości pH, a także wysokie wartości kwasowości wymiennej szczególnie w górnych (Ah, AE, Bh) poziomach glebowych (Tab. 14.2).



Rysunek 14.3. Lokalizacja profili glebowych w Górach Stołowych (LIDAR)
Figure 14.3. Localisation of the soil profielas in the Stołowe Mountains (LIDAR)

Profil GS1 ProfilE GS1

Lokalizacja: Góry Stołowe, Kręgielny Trakt, oddział leśny 66p, wys. 724 m n.p.m., niewielkie wzniesienie na centralnym płaskowyżu, położenie odkrywki: na skraju spłaszczenia wierzchowinowego, nachylenie: 5^0, wystawa stoku: E, pokrycie głazami: brak, wychodnie skalne: pojedyncze (piaskowiec); woda gruntowa: brak, erozja wodna: brak przejawów; skała macierzysta: piaskowiec (górna kreda), drzewostan: świerk 100/60 lat w monokult., typ próchnicy: mor świeży.

Localisation: Stolowe Mts., Kręgielny Trakt; elevation 724 m a.s.l., edge of the small hill on a main central plateau, inclination: 50, slope aspect: E; stone/block coverage: none; rock outcrops: single (sandstone); parent material: cretaceous sandstone, groundwater table: none; surface erosion: none; vegetation: Norway spruce (*Picea abies*) 100/60 years old; humus form: mor.

SgP5, 2011: Gleba bielicowa właściwa
FAO-WRB 2014: Folic Albic Podzol (Arenic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consis-Tence (moist)	Plamy redox Redox mottles
AE	0-3	7.5YR 4/1	STO	pgk1	OS	sz	-
Esg	3-11	7.5YR 6-7/2	WYR,f	pgk1	OA	sz	-
Bh	11-15	7.5YR 4/4	STO	pgk1	OA	zw	-
Bhs	15-22	10YR 5/6	STO	pgk1	OA	zw	-
Bs	22-40	10YR 6/8	STO	pgk1	OA	zw	-
2BsC	40-70	10YR 7/6	STO	pgk1	DP	zb	-
2C	70-100	10YR 7/8	n.d.	psk1	DP	zb	-

Objaśnienia: przejście: WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe, f – faliste; grupa granulometr. wg klasyfikacji PTG 2008; struktura: GR – gruzełkowa, OA - angularna, OS – subangularna, PL – płytkowa; układ: bs – bardzo słabo zwięzły, sz – słabo zwięzły, zw – zwięzły, zb – zbity; otoczki: (skład) IL – ilaste, (lokalizacja) po – powierzchnie agregatów; plamy redox: ox – oksydacyjne.
Explanation: lower boundary: WYR – clear, STO – gradual; r – smooth, f – wavy; texture class: ps – sand (finer); pg – loamy sand, gp – sandy loam, pyg – silt loam, pyi – silt loam (finer), gz – loam; structure: GR – granular, OA – blocky angular, OS – blocky subangular, PL – platy; consistence (moist): bs – very friable, sz – friable, zw – firm, zb – very firm; coatings: (composition) IŁ – clay, (occurrence): po – aggregate surfaces; redox mottles: ox – oximorphic.

Profil GS2 Profile GS2

Lokalizacja: Góry Stołowe, Rogowa Kopa, oddz. 134 p, wys. 693 n.p.m., izolowane wzniesienie na obrzeżach masywu górnokredowego, położenie odkrywki: górna część równego stoku z mikroreliefem wykrotowym, nachylenie: 25^0 , wystawa stoku: SW, pokrycie głazami: <10% (bloki piaskowca), wychodnie skalne: pojedyncze, woda gruntowa: brak, erozja wodna: lokalnie silna (zmyw powierzchniowy); skała macierzysta: mułowiec (górna kreda), drzewostan: buk 150/60 lat (I-II klasa bonitacji), typ próchnicy: mull świeży.
Localisation: Stolowe Mts., Rogowa Kopa Mt; elevation: 693 m a.s.l.; isolated hill at the edge of tableland massif, upper hillslope with high tree uptooring relief; inclination: 25^0; slope aspect: SW; stone/block coverage: <10% (sandstone blocks); rock outcrops: single; groundwater table: none; surface erosion: local, high (surface flow); parent material: mudstone; vegetation: beech (Fagus sylvatica) 150/60 years; humus form: mull.

SgP5, 2011: Gleba brunatna dystroficzna/gleba płowa z cechami brunatnienia (?)
FAO-WRB 2014: Epidystric Endoeutric Endoskeletic Cambisol (Siltic)/Endoskeletic Luvisol (Siltic, Cutanic, Epidystric)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consis-Tence (moist)	Plamy redox Redox mottles	Otoczki Coatings
A	0-13	2.5Y 3/2	STO	pygk1	GR-OA	zw	-	-
AB	13-21	2.5Y 5/3	STO	pygk1	OA	zw	-	-
Bwt	21-35	2.5Y 6/3	STO	pyik1	OA	zw	-	IŁ, po
BC	35-60	2.5Y 6/5	STO	gzk3	OA	zw	ox 10%	-
C	60-100	2.5Y 7/5	n.d.	glk3	OA	zw	-	-

Wyjaśnienia skrótów przy profilu GS1. Explanation of abbreviations – at profile GS1.

Profil GS3 Profile GS3

Lokalizacja: Góry Stołowe, Radków - Pośna, oddz. 1 h, pedyment krawędzi morfologicznej Gór Stołowych, położenie odkrywki: teren równy, słaby mikrorelief wykrotowy, nachylenie: 2^0, wystawa stoku: N, pokrycie głazami: <10% (bloki piaskowca), wychodnie skalne: brak, woda gruntowa: brak, erozja wodna: brak; skała macierzysta: piaskowiec (górny perm)/osady koluwialne, drzewostan: buk 90 lat (klasa bonitacji I) typ próchnicy: mull świeży.

Localisation: Stolowe Mts, Radków-Pośna; upper section (plateau) of the escarpment, very low gradient-sloping surface; inclination: 20; slope aspect: N; stone/block coverage: <10% (sandstone blocks); rock outcrops: none; parent material: sandstone (upper perm)/colluvium; groundwater table: none; surface erosion: none; vegetation: beech (*Fagus sylvatica*) 90 years; humus form: mull.

SgP5, 2011: Gleba brunatna dystroficzna typowa
FAO-WRB 2014: Dystric Endoskeletic Cambisol (Colluvic, Ruptic, Chromic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Lower bound.	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consis-Tence (moist)	Plamy redox Redox mottles
Ah	0-3	5YR 2.5/2	STO	pgk1	GR	zb	-
AB	3-8	10YR 4/4	STO	glk1	OS	zb	-
Bw	8-30	2.5YR 4/8	WYR,r	gpk1	OS	zw	-
2Bw	30-65	5YR 5/8	WYR,r	gpk2	OS	zw	-
3C	65-150	2.5YR 5/8	n.d.	gpk2	OA-PL	zb	-

Wyjaśnienia skrótów przy profilu GS1. Explanation of abbreviations – at profile GS1.

Profil GS4 Profile GS4

Lokalizacja: Góry Stołowe, Krucza Kopa, oddz. 75, wys.475 m n.p.m., położenie odkrywki: środkowa część lekko wypukłego stoku, wystawa: NW, nachylenie: 10°, pokrycie głazami: 5-15% gruzu granitowego, wychodnie skalne: brak, woda gruntowa: brak, erozja wodna: brak; skała macierzysta: granit monzonitowy, drzewostan: świerk 80-100 lat, typ próchnicy: moder świeży.

Localisation: Stołowe Mts., Krucza Kopa; elevation 475 m a.s.l.; middle section of slightly convex slope; inclination: 10°; slope aspect: NW; stone/block coverage: 5-15% (granite grus); rock outcrops: none; parent material: granite; groundwater table: none; surface erosion: none; vegetation: Norway spruce (*Picea abies*) 100/80 years; humus form: moder.

SgP5, 2011: Gleba brunatna dystroficzna z cechami bielicowania
FAO-WRB 2014: Dystric Cambisol (Loamic)

Poziom Horizon	Głęb. Depth, cm	Barwa Colour (moist)	Przejście poziomu Boundary	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure	Układ Consis-tence (moist)	Plamy redox Redox mottles
Ah	0-6	10YR 2.5/1	STO	gp	OS	bs	-
AE	6-9	10YR 5/2	STO	gp	OS	bs	-
Bh	9-12	10YR 5/5	STO	gp	OA	bs	-
Bw	12-21	10YR 5/6	STO	gp	OA	bs	-
BwC	21-50	10YR 5/6	STO	gp	OA	bs	-
C	50-70	10YR 5/8	n.d.	gl	R	zb	-

Wyjaśnienia skrótów przy profilu GS1. Explanation of abbreviations – at profile GS1.

Tabela 1. Skład granulometryczny wybranych gleb Gór Stołowych
Table 1. Particle size distribution of selected soils in the Stołowe Mountains

Profil Profile	Poziom Horizon	(%) zawartość frakcji o średnicy w mm (%) content of fraction with diameter in mm									Grupa granul. Texture class (PTG 2009)
		2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.005	0.005-0.002	<0.002	
GS1	AE	0	2	16	49	10	9	7	5	2	pg
	Esg	0	3	19	51	7	2	5	8	5	pg
	Bh	1	2	12	61	6	2	8	4	4	pg
	Bhs	1	5	36	31	9	4	6	4	4	pg
	Bs	1	4	19	60	4	2	4	2	4	ps
	2BsC	1	4	15	60	10	0	6	2	2	ps
	2C	1	8	25	49	7	2	2	0	6	ps
GS2	A	2	2	4	6	18	20	24	16	8	pyg
	AB	6	4	3	9	15	19	19	16	9	pyg
	Bwt	0	1	2	9	20	16	19	17	16	pyi
	BC	0	1	3	16	16	11	20	16	17	gz
	C	1	4	9	21	18	13	16	8	10	gl
GS3	Ah	2	9	23	22	21	12	6	1	4	pg
	AB	2	7	13	23	17	11	12	7	8	gl
	Bw	3	6	8	27	16	16	14	4	6	gp
	2Bw	4	11	17	17	12	9	12	9	9	gl
	3C	5	10	16	27	12	6	6	2	16	gp
GS4	Ah	28	13	9	11	6	16	12	3	1	gp
	AE	29	17	11	8	7	19	15	1	1	gp
	Bh	29	13	10	6	6	17	15	1	1	gp
	Bw	29	14	11	5	6	15	16	2	1	gp
	BwC	32	13	10	9	6	13	12	3	1	gp
	C	28	13	9	4	6	17	18	1	3	gl

Tabela 2. Podstawowe właściwości fizykochemiczne wybranych gleb Gór Stołowych
Tabel 2. Basic physicochemical properties of selected soils in the Stołowe Mountains

Profil Profile	Poziom Horizon	pH H_20	C	C/N	Kw	S	V
			%		cmol(+) kg^{-1}		%
GS1	AE	3.5	2.29	28	4.84	0.58	11
	Esg	3.9	0.74	25	4.38	0.40	8
	Bh	4.0	1.84	27	9.44	0.48	5
	Bhs	4.4	1.52	51	6.66	0.51	7
	Bs	4.6	0.99	-	3.02	0.42	12
	2BsC	4.7	0.50	-	2.58	0.40	13
	2C	4.7	0.27	-	6.72	0.46	6
GS2	A	3.8	4.73	15	7.10	4.66	40
	AB	4.1	1.33	13	8.12	2.54	24
	Bwt	4.9	0.78	24	3.98	5.78	59
	BC	5.2	0.60	-	1.34	7.53	85
	C	5.4	0.45	-	0.74	8.29	92
GS3	Ah	3.9	7.03	22	2.82	2.68	49
	AB	3.7	1.81	25	4.39	2.05	32
	Bw	4.0	0.61	20	3.35	2.22	40
	2Bw	4.2	0.31	-	2.10	2.24	52
	3C	4.2	0.10	-	3.24	2.41	43
GS4	Ah	3.4	6.61	17	11.96	1.27	10
	AE	3.8	3.56	20	12.07	0.82	6
	Bh	3.8	2.35	20	11.32	0.82	7
	Bw	3.9	1.67	-	6.35	0.87	12
	BwC	4.12	1.14	-	4.50	0.72	14
	C	4.07	0.68	-	4.16	0.68	14

Rozdział 15

Rozmieszczenie, wiek i współczesne przeobrażenia gleb organicznych w Sudetach

Chapter 15

Distribution, age and transformation of organic soils in the Sudety Mountains

Spośród terenów górskich Europy Środkowej, w Sudetach obserwuje się największe powierzchnie zajęte przez torfowiska w pasmach Gór Stołowych, Gór Bystrzyckich, Masywie Śnieżnika a przede wszystkim w Karkonoszach i Górach Izerskich (Tołpa 1949, 1985, Matuła i in. 1997). Obecnie występujące torfowiska to tylko pozostałość znacznie większych powierzchni mokradłowych, a duża część współczesnych torfowisk podlega procesowi degradacji. Na terenie Sudetów dogodne warunki tworzenia się torfowisk występują głównie na płaskich powierzchniach zrównań grzbietów oraz w rozległych dolinach (Bogacz 2005). W wielu przypadkach rozwój torfowisk odbywa się początkowo pod wpływem wód wysiękowych źródlisk, a w dalszej kolejności wód opadowych (Glina 2014). Silne nachylenie stoków, mimo dogodnych warunków hydrologicznych, poważnie ogranicza akumulację torfu (Tołpa 1949). Wiele torfowisk powstaje w sąsiedztwie cieków, gdzie akumulacja torfu prowadzi do ich silnego przewężenia (Tołpa 1949).

In the Sudety Mts region are to be found the largest areas occupied by peatlands compared to the other mountain areas of the Central Europe (Tołpa 1949, 1985, Matuła at al. 1997). The current peatland area represents only residual portion of a once much larger wetland surface area, and a large part of todays peatlands has undergone processes of degradation. The Sudety region offers favorable conditions for the occurrence of peatlands, mainly on the flat surfaces of its plateau and wide valleys (Bogacz 2005). In many cases the development of peatlands is under the constant influence of spring water and subsequently rain water (Glina 2014). Despite the favorable hydrologycal conditions, the severe gradient of the slopes, has significantly limited the accumulation of peat (Tołpa 1949). Some peatlands have formed in the vicinity of water courses, where peat accumulation leads to strong necking (Tołpa 1949). On some peatlands, in their later development, intense erosion phenomena (surface or deep

Gleby Dolnego Śląska: geneza, różnorodność i ochrona. C. Kabała (red.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015
Soils of Lower Silesia: origin, diversity and protection. C. Kabała (ed.), PTG, PTSH, Wrocław, 2015

Na niektórych torfowiskach w późniejszym okresie ich rozwoju obserwowane są intensywne zjawiska erozyjne (erozja powierzchniowa lub wgłębna), prowadząca często do przemiaszczania torfu (Klementowski 1979, Glina 2014).

Torfowiska Gór Izerskich wytworzyły się w dolinie Izery, a także dolinach licznych jej dopływów, na obszarach stokowych między Przednią, a Wysoką Kopą i Złotymi Jarami (Tołpa 1949, Pałczyński 1977). Niewielkie powierzchnie torfowisk zachowały się również na wierzchowinie Wysokiego Grzbietu (Glina, Bogacz 2013). Łączna powierzchnia torfowisk Gór Izerskich tylko po polskiej stronie wynosi około 500 ha (Matuła i in. 1997).

W Karkonoszach torfowiska wykształciły się w strefie subalpejskiej na płaskich powierzchniach pomiędzy Śnieżką a Smogornią, na zachód od Łabskiego Szczytu oraz przy Hali Szrenickiej (Pałczyński 1977). W strefie regla górnego i dolnego Karkonoszy spotyka się dość liczne torfowiska przejściowe i wysokie - wiszące (Kabała i in. 2013). Większe ich powierzchnie znajdują się w sąsiedztwie Pielgrzymów, Słonecznika, Przełęczy Karkonoskiej oraz Fałszywego Kamienia. Niewielkie torfowisko występujące poniżej Wielkiego Stawu ma prawdopodobnie, jako jedyne w Sudetach, charakter pojeziorny (Engel i in. 2008). Nieduże powierzchnie torfowisk występują także powyżej Jagniątkowa, Szklarskiej Poręby czy Karpacza na wysokościach od 600 do 800 m npm. Maja one cechy torfowisk niskich. Ogólna powierzchnia torfowisk w Karkonoskim Parku Narodowym szacowana jest na około 300 ha.

erosion) are observed, and this has often lead to peat movement (Klementowski 1979, Glina 2014).

Peatlands of the Izerskie Mts have developed in the Izera Valley and many of its tributaries, in the areas of slopes between the front of Przednia or the Wysoka Kopa hills and Złote Jary (Tołpa 1949, Pałczyński 1977). Small areas of peatlands have been preserved on the Wysoki Grzbiet highlands (Glina, Bogacz 2013). The total area of the peatlands of the Izerskie Mts is approximatelly 500 ha on the Polish side alone (Matuła at al. 1997).

In the Karkonosze Mountains peatlands have developed in a subalpine zone on flat surfaces between Śnieżnik and Smogornia in the west at Łabski Szczyt and in Szrenicka Hall (Pałczyński 1977). In the upper vegetation zone (1000-1350 m a.s.l) in the Karkonosze Mts we meet areas classified as transitional and hight peatlands – pendant (Kabała 2013). The larger areas of the present peatlands can be found in the vicinity of the Pielgrzymy, Słonecznik and Słoneczny Kamień Hills. Small peatlands have occurred below the Wielki Staw. Probably, these are only peatlands in the Sudety of post lake genesis (Engel at al. 2008). Small areas of peatlands can be found above Jagniątków, Szklarska Poręba and Karpacz at altitudes of 600 to 800m a.s.l. These have features of low peatlands. The total peatland area in the Karkonosze National Park is estimated at approximately 300 ha.

In the wetland areas of the Jelenia Góra Valley sourrounded by ponds, the low peatlands are located in the Sobieszewskie Lowland.

W podmokłych partiach Kotliny Jeleniogórskiej w otoczeniu stawów Obniżenia Sobieszowskiego, występują torfowiska typu niskiego. W obrębie Obniżenia Trzcińskiego istnieje część rozległego niegdyś kompleksu torfowisk wysokich, przejściowych i niskich zwanych Trzcińskim Mokradłem (Andrzejczak 2010).

Badania gleboznawcze w Górach Sowich wskazały na obecność torfowisk na zboczach i wierzchowinie Wielkiej Sowy. Mają one głównie charakter torfowisk przejściowych, a na łąkach – torfowisk niskich (Jarmaczek i in. 2012).

Góry Stołowe to obszar występowania bardzo zróżnicowanych torfowisk zajmujących położenie pomiędzy 500 a 900 m npm (Kaszubkiewicz i in. 1996). Największe powierzchnie zajmują one na Wielkim Torfowisku Batorowskim, na Wierzchowinie Skalniaka – (Długie i Krągłe Mokradło) oraz na stokach Skalniaka. Inne miejsca występowania torfowisk zarejestrowano poniżej Urwiska Batorowskiego, w dolinach: Czerwonej Wody, Moszczenicy, Bobrówki, Jeleniej Strugi, w obrębie Niknącej Łąki, Małego Torfowiska Batorowskiego, Torfowiska pod Małym Szczelińcem oraz w sąsiedztwie Białych Ścian (Kaszubkiewicz i in. 1996, Bogacz 2002, Jermaczek i in. 2012). Całkowita powierzchnia torfowisk w Górach Stołowych (wysokich, przejściowych i niskich) szacowana jest na ponad 100 ha (Kabała i in. 2002).

W Górach Bystrzyckich znajduje się największe w Sudetach, Torfowisko pod Zieleńcem, złożone z dwóch obiektów Topielisko oraz Czarne Bagno, będące torfowiskami wysokimi lub przejściowymi - miejscowo również niskimi.

Within the Trzcińska Basin complex is a large part of the mire, which in the past was more extensive. These are classified according to hight, intermediate and low mires called Trzcińskie Mokradło (Andrzejczak 2010).

Pedological studies in the Sowie Mountains have indicated the presence of peatlands on the slopes and plateau of Wielka Sowa. These are mainly transitional peatlands and on the meadows – low peatlands (Jarmaczek at al. 2012).

the Stołowe Mountains is an area where various different peatlands are located between 500 and 900 m a.s.l. (Kaszubkiewicz at al. 1996). The largest areas occur on the Wielkie Batorowskie mire, on the highest part of Skalniak hill (Długie and Krągłe Mokradło) and on the Skalniak slopes. Other locations of peatlands are below the Batorowski cliff, in the river valleys of Czerwona Woda, Moszczenica, Bobrówka, Jelenia Struga (Niknąca Łąka Peatland), Małe Batorowskie Peatland, peatlands near Mały Szczeliniec and Białe Ściany (Kaszubkiewicz at al. 1996, Bogacz 2002, Jermaczek at al. 2012). The total area of peatlands in the Stołowe Mountains (hight, transtitional, and low) has been estimated at more than 100 ha (Kabała at al. 2002).

The Bystrzyckie Mts contains the biggest mire in the Sudety – Torfowisko pod Zieleńcem consisting of two parts: Topielisko and Czarne Bagno. Thses are the hight and transitional or sometimes also low mires. They are included in a nature reserve with an area of 232 ha.

In the Bialskie Mountains there are only a few small peatificated areas (Jermaczek at al. 2012), inter alia:

Stanowią one rezerwat przyrody o powierzchni 232 ha.

W Górach Bialskich występują tylko nieliczne, niewielkie zatorfienia (Jermaczek i in. 2012), między innymi: torfowiska przejściowe na wierzchowinie Rudawca (1100 m npm), w rejonie Białej Wody (800 m npm) oraz na źródliskach pod Orlikiem (1068 m npm). Niewielkie torfowiska niskie zachowały się u podnóża Krzyżniaka (600-650 m npm), a torfowiska przejściowe przy przełęczy Puchaczówka (860 m npm). Płytkie torfowiska niskie spotykane są także na łąkach u podnóży stoków (Bogacz i in. 2008).

W Masywie Śnieżnika najbardziej znane torfowisko wysokie „Nad Lejami" o powierzchni 20 ha, położone na wysokości 1200 m npm (Tomaszewska i in. 1996). Na Małym Śnieżniku w obrębie niewielkich zagłębień przygrzbietowych, usytuowanych powyżej 1300 m npm wytworzyły się torfowiska w typie przejściowym (Dembek 2001).

15.1 Wiek torfowisk Sudetów

Badania wieku torfowisk w Sudetach prowadzono w Górach Izerskich, Karkonoszach, Górach Bystrzyckich (Tołpa 1949, Fabiszewski 1978, Baranowska-Kącka 2013) oraz Górach Stołowych (Marek 1998, Bogacz, Rutkowska 2010, Glina 2014). Rozwój torfowisk w Sudetach rozpoczął się bezpośrednio po ustąpieniu lodowców górskich, co miało miejsce w młodszym dryasie około 11000 lat temu (Dumanowski i in. 1962). Z tego okresu pochodzą torfy na Hali Izerskiej (Chmal, Traczyk 1997, Baranowska-Kącka 2003).

transitional peatlands on the Rudawiec plateau (1100 m a.s.l.), in the region of Biała Woda (800 m a.s.l.) and on the spring areas below Orlik hill (1068 m a.s.l.). Small low peatlands are preserved near the Krzyżniak (600-650 m a.s.l.) and mediate peatlands at Puchaczówka pass (860 m a.s.l.). Shallow peatlands are also found in the meadows at the foot of the slopes (Bogacz at al. 2008).

In the Śnieżnik Massif the most famous peat bog Nad Lejami with an area of 20 hectares, is situated at 1.200m a.s.l. (Tomaszewska at. al. 1996). In the Mały Śnieżnik, within the small plateau depressions, situated above 1300m transitional-type peatlands are present (Dembek 2001).

15.1 The age of mires in the Sudety Mountains

Research into the age of the peatlands were carried in the Izerskie Mountains, Karkonosze Mountains, Bystrzyckie Mountains (Tołpa 1949, Fabiszewski 1978, Baranowska-Kącka 2013) and Stołowe Mountains (Marek 1998, Bogacz, Rutkowska 2010, Glina 2014). The development of peatlands in the Sudety Mountains began immediately after the mountain glacier regression which took place after the Younger Dryas about 11,000 years ago (Dumanowski at al. 1962). Peats in the Izerska Hall riginate from this period (Chmal, Traczyk 1997, Baranowska-Kącka 2003).

W preboreale (około 10000 lat BP) wykształciły się poziomy organiczne w górnej części doliny Łomnicy w Karkonoszach. Do najstarszych torfowisk Sudetów należą także Wielkie Torfowisko Batorowskie (Marek 1998) oraz Torfowisko Topielisko-Zieleniec (Madeyska 1981). Niemal tak samo stare są niektóre torfowiska Rudaw Janowickich (Trzcińskie Mokradła) których początek tworzenia się określono na około 9000 lat BP (Andrzejczak 2010). Torfowiska położone w piętrze subalpejskim oraz większość pozostałych torfowisk Karkonoszy tworzyła się na przełomie atlantyku i subboreale. Wiek torfowiska na Równi pod Smogornią jest szacowany się na 5000 lat BP (Fabiszewski 1978), a wiek torfowisk na Równi pod Śnieżką, wydatowany został przez Fabiszewskiego (1978) na 3500 lat BP. Najmłodsze torfowiska Karkonoszy to tzw. torfowiska wiszące, występują na stokach w reglu górnym, gdzie tworzą się na obszarach źródliskowych. Torfowiska wieku atlantyckiego w Górach Stołowych występują na obszarach źródliskowych w dolinie Czerwonej Wody w pobliżu Karłowa. Nieco młodsze (subborealne) są torfowiska na wierzchowinie Skalniaka np. Długie Mokradło. Najmłodsze torfowiska na terenie Gór Stołowych powstały w okresie subatlantyckim (Niknąca Łąka zatorfienia w rejonie Rogowej Kopy) i liczą sobie około 1000 lat BP (Glina 2014). Zdaniem Starkela (2011) okres suborealny był najbardziej sprzyjającym okresem rozwoju torfowisk w Centralnej Europie. Potwierdzają to badania z użyciem metod radiowęglowych z obszaru Gór Stołowych (Glina 2014) oraz Gór Izerskich (Baranowska-Kącka 2003).

In the Preboreal period (approx. 10,000 years BP) organic horizons developed in the upper part of the Łomnica Valley in the Karkonosze Mts. The Wielkie Batorowskie Peatland (Marek 1998) and Peatland in Zieleniec (Madeyska 1981) are also some of the oldest peatlands in Sudety. The peatlands in the Rudawy Janowickie Mts date from similar period. The formation of the Trzcińskie Mokradło mire began about 9000 years BP (Andrzejczak 2010). Peatlands located in the sub-alpine zone and other peatlands of the Karkonosze Mts formed between the end of the Atlantic and Subboreal. The age of the peatland in Równia pod Smogornią is estimated at 5000 years BP (Fabiszewski 1978), and the age of the Równia pod Śnieżką peatland was dated by the same author as 3500 years BP. The youngest peatlands in the Karkonosze Mountains so-called hanged peatlands, occur on the slopes in the upper zone, where they meet springs from mire areas. Peatlands dating from the Atlantic age in the Stołowe Mountains occur on spring areas in the Czerwona Woda Valley near Karłów. Slightly younger (Subboreal) are the peatlands on Skalniak plateau (for example, the Długie Mokradło mire). The youngest peatlands in the Stołowe Mountains formed during Subatlantic period (the Niknąca Łąka Peatlands in the Rogowa Kopa region) and date to about 1000 years BP (Glina 2014). According to Starkel (2011), the Subboreal period provided the most favorable development of peatlands in Central Europe. This is confirmed by ^{14}C dating methods in the Stolowe Mts (Glina 2014) and the Izerskie Mts (Baranowska-Kącka 2003).

Okresy powstawania torfowisk na terenie Sudetów pokrywają się z czasem tworzenia torfowisk na obszarach górskich innych części Europy (Moore i Bellamy 1974).

15.2 Charakterystyka gleb organicznych

Na podstawie Systematyki Gleb Polski (Systematyka 2011) gleby organiczne Gór Izerskich są najczęściej glebami torfowymi fibrowymi a także saprowymi i hemowymi. Występują tu zarówno gleby płytkie, średnio głębokie i głębokie na zwietrzelinie granitognejsu. Na Hali Izerskiej stwierdzono obecność poziomów murszowych o miąższość od 14 do 28 cm, o słabym MtI, rzadziej średnim MtII stopniu zmurszenia (Bogacz 2005). W glebach murszowych i torfowych w dolinie Izery, występują niekiedy cienkie przewarstwienia pyłowo-ilaste. Wskazuje to na występowanie, w przeszłości i obecnie, wielkich powodzi i częstych wezbrań, będących przejawem zmian klimatycznych. Na rolnicze użytkowanie gleb murszowych wskazuje obecność poziomów ornych. W glebach murszowych Hali Izerskiej występują również fragmenty pni i gałęzie drzew świadczące o możliwości pokrycia torfowisk lasami (Tomaszewska i in. 1996).

Gleby organiczne Karkonoszy w piętrze subalpejskim reprezentowane są przez silnie erodowane płytkie i średnio głębokie gleby torfowe Równi pod Śnieżką. Poziomy organiczne budowane są najczęściej przez torf hemowy lub saprowy zalegający na żwirowatej zwietrzelinie granitowej.

The period of peatland creation in the Sudety Mountains coincided with the period of the creation of peatlands on mountain areas in many parts of Europe (Moore and Bellamy 1974).

15.2 Characteristic of organic soils

On the basis of the Polish Soil Classification (Systematyka 2011) organic soils of the Jizera Mountains are the most common fibric peat soils as well as sapric or hemic. There are both shallow soils, medium deep and deep in the granite-gneis weathered basement. In the Izerska Hall the presence of mursh horizons has been demonstrated of a thickness from 14 to 28 cm, which represent the initial stage of murshic process and more rarely the intermediate stage of murshic (Bogacz 2005). In mursh and peat soils in the Izera Valley, thin clay or silt layers are sometimes found. This indicates the occurrence, past or present, of great floods and frequent high river levels, which are a manifestation of arable land horizons. In mursh soils of the Izera, fragments of the trunks and branches of trees can be also found, providing the possibility of peat forest covers (Tomaszewska at al. 1996).

Organic Soils of the Karkonosze Mountains in subalpine zone areas are represented by highly eroded shallow to medium deep peat soils in the Równia pod Śnieżką plateau. Organic horizons are built mostly by hemic or sapric peat on gravely weathered granite.

Gleby organiczne na stokach to płytkie gleby torfowe, o silnym zamuleniu warstw powierzchniowych, zbudowane z torfów o różnym stopniu rozkładu. Materiał organiczny zalega tu na zwietrzelinie granitu lub bezpośrednio na blokach skalnych (Kabała i in. 2013).

Na torfowiskach Topielisko-Zieleniec w Górach Bystrzyckich dominują średnio głębokie i głębokie torfy fibrowe lub hemowe. W wielu częściach torfowiska gleby te są przesuszone, a ich proces torfotwórczy został zahamowany. Na powierzchni gleb zdążył się już wykształcić poziom ściółkowy (mor, moder) przykrywający mursze, torfy hemowe i saprowe. Gleby tego torfowiska wytworzyły się na zwietrzelinie piaskowcowo-mułowcowej osadzonej na podłożu gnejsowym.

W Górach Bialskich dominują płytkie, rzadziej średnio głębokie gleby murszowe i torfowe, najczęściej saprowe. W podłożu mineralnym gleb występuje zwietrzelina gnejsów. Proces murszowy jest zaawansowany w stopniu słabym MtI. W glebach murszowych mursz występuje pod poziomem ściółkowym lub darniowym niewielkiej miąższości (Bogacz i in. 2008). Utwór ten wykazuje typową dla murszy strukturę gruzełkowatą powstałą w wyniku przesuszenia torfów i wprowadzeniu monokultury świerka.

Gleby organiczne wypłaszczeń wierzchowinowych Masywu Śnieżnika, to płytkie i średnio głębokie gleby torfowe fibrowe przeważnie na torfie hemowym lub saprowym. Podłożem mineralnym tych gleb są zwietrzeliny łupków lub gnejsów.

Organic soils on the slopes are shallow peat soils with strong mudded upper surface layers, built with peats representing varying degrees of decomposition. Organic material covers the weathered material or has developed directly on the granite rock blocks (Kabała at al. 2013).

In the Topielisko-Zieleniec Peatland in the Bystrzyckie Mountains, medium deep and deep fibric or hemic peat dominates. Many parts of the peatlands are dried out and the peat-formation process has stopped. On the surface of these soils a mursh horizon has already developed, covered by litter covering mursh, sapric, and hemic peat. Soils of this peatland developed on a sandy-marl weathered basement, embedded on gneiss.

In the Bialskie Mountains shallow, more rarely – medium deep mursh and peat soils dominate and these are mostly sapric on the Rudawiec plateau (1100 m a.s.l), in the Biała Woda river region (800 m a.s.l.), and on springs below Orlik Hill (1068 m a.s.l.). Small low peatlands remain below Krzyżna Hill (600-650 m a.s.l.) and the transitional-type peatlands occur near Puchaczówka (860 m a.s.l.). Shallow peatlands can be found on meadows below slopes.

Organic soils in the Śnieżnik Massif are shallow and medium peat soils with fibric, mostly hemic or sapric peat. The mineral horizons on the basement are developed from slates or gneisses.

15.3 Gleby organiczne Gór Stołowych

Terenem o szczególnie zróżnicowanej morfologii gleb organicznych są Góry Stołowe. Jest to spowodowane mnogością występujących tu rodzajów skał oraz różną zasobnością wód zasilajacych (Nowicka 1998). Gleby organiczne zajmują położenie nastokowe, wierzchowinowe i dolinowe. Wytworzyły się na zwietrzelinach piaskowców i mułowców. Z wyjątkiem Wielkiego Torfowiska Batorowskiego, są to płytkie i średnio głębokie gleby torfowe fiborowe, hemowe i saprowe, lub gleby murszowe. Spotykane tu gleby murszowe wykazują słaby stopień przeobrażenia MtI. Mursz cechuje się wyraźną trwałą strukturą agregatową (Glina 2014). Poziomy murszowe przeważnie przykryte są warstwą ściółki leśnej o grubości do 15 cm (Bogacz 2005). W glebach murszowych i torfowych często występują warstewki naniesionego piasku (Bogacz, Rutkowska 2010, Bogacz, Roszkowicz 2010). Gleby murszowe są efektem intensywnych odwodnień prowadzonych na przełomie XIX i XX wieku na obszarze Sudetów - w tym także Gór Stołowych. Miało to związek z wprowadzeniem monokultur świerkowych (Wojtuń 2006). Na obszarach torfowiskowych widoczny jest do dziś zarys systemu rowów odwadniających. Większość z nich jest obecnie przegrodzonych zastawkami. W budowie gleb organicznych Gór Stołowych należy odnotować także obecność warstewek popożarowych, tak powszechnych zarówno po polskiej jak i po czeskiej stronie Sudetów.

15.3 Organic soils in the Stołowe Mountains

An area with a particularly diverse morphology of organic soils are the Stołowe Mountains. This is due to the multitude of rock types occuring here and its different trophy compared to the water supply (Nowicka 1998). Organic soils occupy the slopes, plateau, and valleys. These have developed on weathered sandstone and marl. There are shallow to medium deep peat soils and mursh soils with fibric, hemic or sapric material, with the exception of the Wielkie Batorowskie Peatlands. Mursh soils found here show a weak degree of murshic process. Mursh is characterized by a distinct permanent aggregate structure (Glina 2014). Mursh horizons are generally covered by a layer of forest litter up to 15 cm thick (Bogacz 2005). In mursh and peat soils layers made of sand often occur (Bogacz, Rutkowska 2010, Bogacz Roszkowicz 2010). Mursh soils are the result of intensive drainage undertaken at the turn of the 19th and 20th centuries in the Sudety Mountains – including the Stołowe Mountains. This was in connection with the introduction of the monoculture of spruce forest (Wojtuń 2006). In the peatland areas the drainage system is visible today in the form of ditches. Many of them are blocked with wood or other organic remains.

In the morphology of organic soils in the Stołowe Mountains, also the presence can be noted of the ash thin layers, that are common on both Polish and Czech sides of the Sudety Mountains.

Profil GS5 Profile GS5

Lokalizacja: Góry Stołowe (wierzchowina Skalniaka), wys. 842 m n.p.m., ukształtowanie terenu: płaskowyż; położenie odkrywki: centralna część torfowiska Długie Mokradło; nachylenie: 3%, pokrycie głazami: 0%; typ torfowiska: ombrogeniczne-wysokie; woda gruntowa: 20 cm p.p.t; erozja: brak; roślinność: świerczyna sudecka (*Calamagrostio villosae-Piceetum*)
Location: Stołowe Mountains (Skalniak plateau), high. 842 m a.s.l., topography: plateau; location of profile: central part of Długie Mokradło Peatland; slope: 3%, covering of stones: 0%; type of peatland: ombrogenic – low; ground water: 20 cm; erosion: none; vegetation: Spruce stand (*Calamagrostio villosae-Piceetum*);

SgP 2011: gleba torfowa fibrowa typowa
WRB 2014: Dystric Ombric Histosol

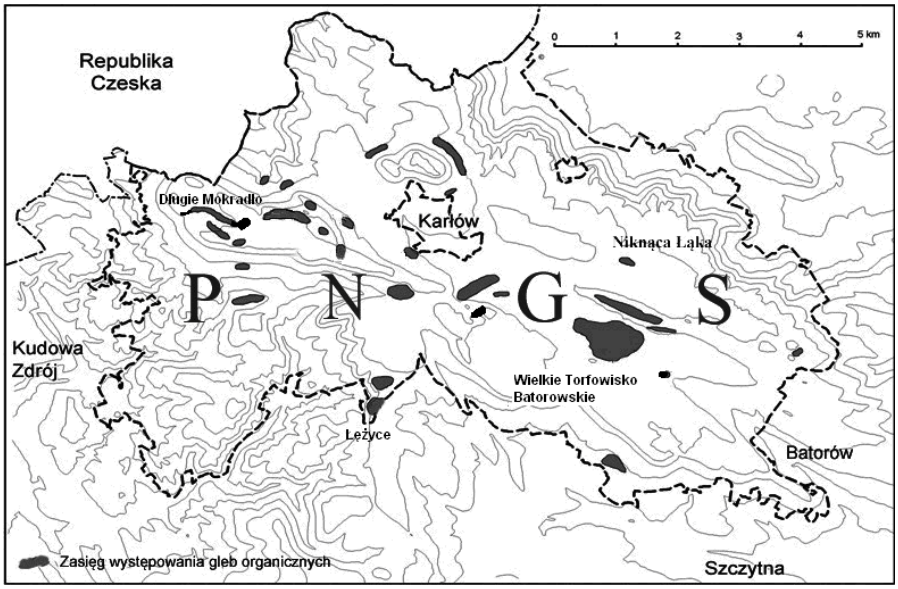
Poziom Horizon	Głęb. Depth cm	Barwa Colour (moist)	Przejście Boundary	von Post	Grupa granul. Texture class	Struktura Structure
He	0-14	10YR 4/4	STO, f	H5	-	TA/TW
Hi1	14-29	10YR 5/3	WYR, z	H2	-	TW
Hi2	29-45	10YR 5/6	WYR, r	H3	-	TG/TW
Hi3	45-54	10YR 3/4	WYR, r	H3	-	TW
Ha	54-64	10YR 3/2	WYR, r	H6	-	TA/TW
Cgg	>64	5Y 5/1	-	-	pl	RO

Objaśnienia: przejście: WYR – wyraźne, STO – stopniowe; r – równe, f – faliste, z- zaciekowe; struktura: RO – rozdzielnoziarnista, TG – gąbczasta, TW – włóknista, TA – amorficzna **Explanation:** lower boundary: WYR – clear, STO – gradual; r – smooth, f – wavy, z – glossic (tonguing); texture class: pl – sand; structure: RO – single grain, TG – spongy, TW - fibrous, TA - amorphous

Tabela 15.1. Właściwości fizykochemiczne gleby torfowej GS5
Table 15.1. basic physicochemical properties of the peat soil GS5

Poziom Horizon	Głęb. Depth cm	pH KCl	TOC	N_t	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	CEC	BS
			g kg^{-1}		cmol(+) kg^{-1}					%
He	0-14	3.8	419	12.0	1.76	0.37	1.19	0.26	22.6	16
Hi1	14-29	4.0	368	9.80	1.28	0.15	1.01	0.22	47.1	6
Hi2	29-45	3.7	415	9.91	3.68	0.23	2.69	0.40	22.2	32
Hi3	45-54	3.6	410	13.9	2.00	0.17	1.46	0.20	15.6	25
Ha/C	54-64	3.5	181	7.01	2.08	0.22	1.03	0.20	13.7	26

Corg – węgiel organiczny, total organic carbon; CEC – całkowita pojemnośc sorpcyjna, cation exchange capacity; BS – wysycenie kationami zasadowymi, base saturation



Rysunek 15.1. Rozmieszczenie torfowisk i gleb organicznych w Górach Stołowych
Figure 15.2. Distribution of mires and organic soils in the Stołowe Mountains

Cytowana literatura References

Adamczyk B., Baran S., Borkowski J., Komornicki T., Kowaliński S., Szerszeń L., Tokaj J. 1985. Gleby. (w:) Jahn A. (red.), Karkonosze polskie. Wyd. PAN Zakł Narod im. Ossolińskich, Wrocław: 77-86.

Adynkiewicz-Pyragas M., Bogusz A., Chudzik B., Garncarz-Wilk B., Lejcuś I., Malicka J., Mordalska H., Pasiecznik A., Tokarczyk T., 2011. Warunki hydrologiczne Gór Stołowych. (w): Chodak T. (red.), Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego PNGS. WIND, Wrocław: 169-182.

Albrecht C., Kühn P. 2011. Properties and formation of black soils on the Island of Poel (NE Germany). Quat Int 243: 305-312.

Alexander E. B., Colemann R. G., Keller-Wolf T., Harrison S. P. 2007 Serpentine geology of Western North America: soils, geology, and vegetation. Oxford Univ Press, New York.

Alexandrovskiy A. L. 2007. Rates of soil-forming processes in three main models of pedogenesis. Rev Mexic Cien Geol 24(2): 283-292.

Alexandrovskiy A. L., Sedov S. N., Shishkov V. A. 2014. The development of deep soil processes in ancient kurgans of the North Caucasus. Catena 112: 65-71.

Andrzejczak M., 2005. Ilość oraz skład granulometryczny i chemiczny spłukiwanego materiału glebowego na wybranych obiektach badawczych w Sudetach. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 5 (15): 185-200.

Andrzejczak M., 2010. Właściwości i stan przeobrażenia gleb bagiennych i pobagiennych obiektu Trzcińskie Mokradła. UP we Wrocławiu, Praca doktorska, ss. 188.

Angełow Z., Chodak T., Kabała C., Kaszubkiewicz J., Szerszeń L., 2000. Oddziaływanie zbiornika odpadów poflotacyjnych „Żelazny Most" na otaczające środowisko glebowe. Roczn AR w Poznaniu 317: 328-331.

Aranda V., Oyonarte C. 2006. Characteristics of organic matter in soil surface horizons derived calcareous and metamorphic rocks and different vegetation types from the Mediterranean high-mountains in SE Spain. Eur J Biology 42: 247-258.

Arnoldus H.M.J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sweet and rill erosion in Marocco. Assesing Soil Degradation. FAO Soils Bulletin 34, Rome.

Baranowska-Kącka A., 2003. Holoceńska historia roślinności Gór Izerskich. Uniwersytet Wrocławski, Praca doktorska, ss. 211.

Badura J., Jary Z., Smalley I. 2013. Sources of loess material for deposits in Poland and parts of Central Europe: The lost Big River. Quat Int 296: 15-22.

Bakker E. S., Olff H., Vandenberghe C., De Maeyer K., Smit R., Gleichman J. M., Vera F. W. 2004. Ecological anachronism in the recruitment of temperate light-demanding tree species in wooded pastures. J App Ecology 41: 571-582.

Banasik K., Gorski D., Mitchell J.K., 2001. Rainfall erosivity for east and central Poland. Soil erosion research for the 21st century, Proceedings: 279-282.

Banaszuk H. 1987. Zależność układu przestrzennego, wykształcenia litologicznego i cech profilowych mad od budowy geomorfologicznej doliny zalewowej

rzek niżowych na przykładzie odcinka doliny Narwi. Rocz. Glebozn. 38, 3: 103-119.
Bańkowski J. 2005. Biotyczne elementy środowiska – Lasy. (w:) Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego. Woj Biuro Urbanist we Wrocławiu
Barančiková B., 2007. Kategoryzacja gleb użytkowanych rolniczo na podstawie zawartości i jakości materii organicznej. W: Rola materii organicznej w środowisku. PTSH, Wrocław: 61-98.
Białousz S. 1994. Gleby – klasyfikacja genetyczna, 1:1500000. (w:) Kondracki J. (red.) Atlas Rzeczpospolitej Polskiej. Wyd. Główny Geodeta Kraju, 1993-1997, Warszawa.
Białousz S., Różycki S. 2015. Polska, typy gleb, 1:2500000. (w:) Mocek A. (red.) Gleboznawstwo. PWN, Warszawa.
Bogacz A., 2002. Charakterystyka gleb organicznych Parku Narodowego Gór Stołowych. Szczeliniec 6, 95-117.
Bogacz A., 2005. Właściwości i stan przeobrażenia wybranych gleb organicznych Sudetów. Zesz AR we Wrocławiu. Rozprawy 507, 1-147.
Bogacz A., Ochej A., Niemirowska I., 2008. Właściwości gleb organicznych wybranych obszarów Gór Bialskich. Rocz. Glebozn. 59, 3/4, 31-40.
Bogacz A., Roszkowicz M., 2010. Wpływ użytkowania leśnego na zmiany właściwości gleb organicznych brzegowej części Krągłego Mokradła (Park Narodowy Gór Stołowych. Rocz Gleboz 61, 2, 15-20.
Bogacz A., Rutkowska H., 2010. Gleby organiczne obszarów dolinowych Parku Narodowego Gór Stołowych. Rocz Gleboz 61, 4
Bogacz A., Sebzda T., 2009. Charakterystyka gleb obszarow bagiennych i zabagnianych w sasiedztwie Huty Miedzi Legnica. Rocz Gleboz 60(4): 5-12.
Bogda A., Kabała C., Karczewska A. 2005. Gleby. (w:) Blachowski J. (red.): Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego. Zarząd Województwa Dolnośląskiego, WBU, Wrocław, 93-107.
Bogda A, Kabała C., Karczewska A., Szopka K. 2010. Zasoby naturalne i zrównoważony rozwój. Wyd. UP we Wrocławiu, Wrocław.
Bols P., 1978. The ISO-erodent map of Jawa and Madura. Belgian Technical Assistance Project ATA 105, Soil research Institute, Bagor.
Bonifacio E., Santoni S., Celi L., Zanini E. 2006. Spodosol–Histosol evolution in the Krkonose National Park (CZ). Geoderma 131: 237–250.
Borkowski J. 1960. Kryteria podziału utworów pyłowych i pylastych. Zesz. Nauk. AR Wrocław 29, Rolnictwo 10: 119-126.
Borkowski J. 1997a. Działy, rzędy, typy i podtypy gleb, 1:500000. (w:) Pawlak W. (red.) Atlas Dolnego Śląska I Śląska Opolskiego. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.
Borkowski J. 1997b. Rodzaje i gatunki gleb, 1:500000. (w:) Pawlak W. (red.) Atlas Dolnego Śląska I Śląska Opolskiego. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.
Borkowski J., Mikołajczak Z. 1993. Gleby łąkowe i roślinność na madach próchnicznych siedlisk łęgowych doliny środkowej Odry. Zesz. Problem. Post. Nauk Roln., 412, 63-67.

Borkowski J., Szerszeń L., Kocowicz A. 2005. Gleby Karkonoszy. (W:) Mierzejewski M. P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 353-379.
Borowiec J., 1965. Czarnoziemy Wyżyny Lubelskiej. Cz. I. Warunki występowania i ogólna charakterystyka gleb. Annales UMCS, seria E: 1-19.
Borowiec S., 1962. O występowaniu reliktowych czarnoziemów na terenie województwa szczecińskiego. Przegląd Geograficzny 34(4): 739-747.
Borowiec S., 1962. O występowaniu reliktowych czarnoziemów na terenie województwa szczecińskiego. Przegląd Geograficzny 34(4): 739-747.
Bruchwald A., Cieśla A., Dmyterko E. 1997. Powódź. Sylwan, 12: 113-115.
Charzyński P., Hulisz P., Bednarek R. (Eds.) 2013. Technogenic soils of Poland. Polish Society of Soil Science, Toruń, pp. 225.
Chen Y., Senesi N., Schnitzer M. 1977. Information provided on humic substances by E4/6 ratios. Soil Sci. Soc Am J 41: 352-358.
Chmal H., Traczyk A., 1997. Postglacjalny rozwój rzeźby Karkonoszy i Gór Izerskich w świetle analizy osadów rzecznych, jeziornych i stokowych. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy: 81-87.
Chmielewski T. J., Furmanek M., Patay R., Sady A. 2014. Nagara (stipa sp.) in neoliticul si eneoliticul Europei Centrale. Studiu pentru o dezbatere asupra fenomenului (Ostnica w neolicie i eneolicie Europy Środkowej. Przyczynek do dyskusji nad zjawiskiem), (w:) ArheoVest, Interdisciplinaritate în Arheologie, Vol. 1: Arheologie, JATE Press Kiadó, Szeged, 109-155.
Chodak T., Bogda A. 1991. Zawartość azbestu w glebach przyległych do kruszarni serpentynitów. (w:) Geologiczne aspekty ochrony środowiska. AGH, Kraków 1991, 103–107.
Chodak T., Kaszubkiewicz J., Kabała C., Szerszeń L., Kotecki A., Mikołajczak Z., Jezierski D., Gałka B., Woźniczka P., Ochman D., 2006. Ocena degradacji oraz możliwości zagospodarowania gleb obszaru ograniczonego użytkowania w otoczeniu składowiska odpadów poflotacyjnych Żelazny Most. Zesz. Nauk. Politechniki Śląskiej 1732, Górnictwo 272: 21-30.
Chodak T., Kaszubkiewicz J., 2007. Fosfor w erodowanych glebach wapniowcowych i brunatnoziemnych Sudetów Środkowych. Rocz Gleboz 58(3/4): 59-67.
Chodak T., Kaszubkiewicz J., Tasz W., 2005. Skład granulometryczny i zawartość makroskładników w materiale glebowym zmywanym w wyniku erozji powierzchniowej. Acta Agroph 5(3): 577-588.
Chodak T., Szerszeń L., Kabała C., Karczewska A., 1998. Dominujące kierunki badań gleb górskich w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 464: 15-22.
Chojnicki J. 1992: Procesy glebotwórcze w madach środkowej doliny Wisły i Żuław. Fund. Rozwoju SGGW, Warszawa.
Chwastek J. 1990. Deformacje powierzchni terenu spowodowane działalnością górniczą. Zeszyty Naukowe AGH nr 1363, Sozologia i Sozotechnika, 30. Kraków
Cieśla A. 2009. Wpływ zabudowy hydrotechnicznej Odry na zróżnicowanie fitosocjologiczne siedlisk łęgowych kompleksu leśnego Prawików. Leśne Prace Bad 70: 161-174.
Coleman, R.G., 1971. Petrological and geophysical nature of serpentinites. Geol. Sot. Am. Bull., 82: 897

COM (2006) 231. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Region - Towards Thematic Strategy for Soil Protection.
Cwojdziński S., Kozdrój W. (2007). Sudety. PIG, Warszawa, ss. 113.
Czerepko J. 2008. A long-term study of successional dynamics in the forest wetlands. Forest Ecol Manag 255(3): 630-642.
Czuba R, Andruszczak E., Chodak T., Bogda A. 1992. Wpływ kopalni "Nasławice" na zanieczyszczenie metalami i minerałami włóknistymi gleby i roślin uprawnych. Med Pracy 43(3): 227-239.
Danielewicz W., Pawlaczyk P. 2004. Łęgowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (*Ficario-Ulmetum*). (w:) Herbich J. (red.) Lasy i bory. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 - podręcznik metodyczny. Tom 5. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
Degórski M. 2005: Wpływ sposobu użytkowania lasu na zapasy węgla organicznego w glebie. Monit Środ Przyr 6: 75-83
Dembek W., 2001. Mokradła na tle regionalizacji fizjograficznej Polski. Bibl. Wiad. IMIZ, Falenty, 97: 100-112.
Dębska B., 2004. Właściwości substancji humusowych gleby nawożonej gnojowicą. AT-R w Bydgoszczy, Rozprawy 110, ss. 112.
Diodato N., 2004. Estimating RUSLE'S rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime. Hydrology Earth System Sci 8(1): 103-107.
Dobrzański Z., Kołacz R., Lewiński J., Mizera A. 1992. Wpływ składowiska odpadów poflotacyjnych rud miedzi na zawartość metali ciężkich w niektórych paszach roślinnych. Arch Ochr Środ (3-4): 135-142.
Dobrzański B., Kuźnicki F., Białousz S. 1984. Mapa gleb Polski według nomenklatury FAO, 1:2000000. (w:) Dobrzański B., Kuźnicki F., Białousz S. Kryteria wyróżniania i przestrzenne ujęcie gleb według klasyfikacji FAO. PWN, Warszawa.
Dobrzański B. (red.) 1974. Mapa gleb Polski, 1:1000000. PAN, IUNG, PTG. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
Dreibrodt S., Jarecki H., Lubos C., Khamnueva S. V., Klamm M., Bork H.-R., 2007. Holocene soil formation and soil erosion at a slope beneath the Neolithic earthwork Salzmünde (Saxony-Anhalt, Germany). Catena 107: 1-14.
Drenda J., Różański Z. 2007. Zagrożenia pożarowe na zwałowiskach odpadów powęglowych. Górnictwo i Geoinżynieria 3(1).
Drozd J., 1973. Związki próchniczne niektórych gleb na tle ich fizykochemicznych właściwości. Rocz Glebozn 24(1): 3-55.
Drozd J. 2005. Gleby (w:) Fabiszewski J. (red.): Przyroda Dolnego Śląska. PAN, Wrocław: 171-191.
Drozd J., Jezierski J., Licznar M., Licznar S., 2000. IR spectra and analysis of humic acids isolated from municipal composts in different stages of maturity. Humic substances in the Environment 2: 11-15.
Drozd J., Kowaliński S., Licznar M., 1984. Strefowe zanieczyszczenie gleb Cu, Zn i S oraz zmiany erozyjne pokrywy glebowej w rejonie oddziaływania huty miedzi. Rocz Glebozn 35(1): 33–47.

Drozd J., Licznar M., Licznar S. E. 1995. Wycena wartości użytkowo-rolniczej wybranych profilów czarnych ziem na podstawie ich urodzajności. Zesz Probl Post Nauk Rol 418(1): 127-133.
Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S., Jamroz E., Dradrach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbny T. 1998. Degradacja gleb w niszczonych ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania, PTSH, ss. 125.
Drozd J., Piątek J., Łabaz B., 2007. Właściwości gleb czarnoziemnych występujących w rejonie Kłodzka. Zesz Problem Post Nauk Roln 520(2): 447-454.
Drzewiecki W., Wężyk P., Pierzchalski M., Szafrańska B., 2013. Quantitative and Qualitative Assessment of Soil Erosion Risk in Małopolska (Poland), Supported by an Object-Based Analysis of High-Resolution Satellite Images. Pure Appl. Geophys.
Dubiel E. 2000. Współczesne przemiany szaty roślinnej dolin rzecznych w dorzeczu górnej Wisły. W: Przyczyny i skutki wielkich powodzi (aspekty hydrologiczne, gospodarcze i ekologiczne). Muzeum Przyrodnicze Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, Kraków: 53-58.
Duda R., 2014. The influence of drainage wells barrier on reducing the amount of major contaminants migrating from a very large mine tailings disposal site. Arch Env Prot 40(4): 87-99.
Dumanowski B., 1961. Cover deposits of the Karkonosze Mountains. Zesz. Nauk. UWr, Seria B, 8: 31-55.
Dumanowski B., Jahn A., Szczepankiewicz S., 1962. The holocene of Lower Silesia in light of results of the first radiocarbon dating. Bull de'L academie Polonaise des Sciences, des Sci. Geol. Et Geogr., 10, 1, 47-52.
Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, 2014. Raport o stanie lasów w Polsce 2013. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, ss. 103.
Dziadowiec H. 2003. Wybrane problemy badań próchnicy gleb leśnych. W: Dębska B., Gonet S. S. (red.). Substancje humusowe w glebach i nawozach. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych. 141–165.
Eckmeier E., Gerlach R., Gehrt E., Schmidt M. W. I., 2007. Pedogenesis of Chernozems in central Europe – a review. Geoderma 139: 288-299.
Engel Z., Krizek M., Nyrlt D., Traczyk K., Treml V. 2008. Nowe dane o zlodowaceniu Karkonoszy na podstawie badań w Dolinie Łaby, Upy i Łomnicy. Landform Analysis 9: 111-114.
European Soil Portal, Join Research Center, Soil Data and Informations Systems http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/themes/erosion/Erodibility/
Fabiszewski J., 1978. Vegetation of the peat bog Równia pod Śnieżką, Guide of the Polish International Excursion – 1978, UAM, Ser. Biologia, 11: 194-199.
Fatyga J., 1989. Stan badań nad erozją wodną gleb w Sudetach. (w:) Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na procesy erozji gleb, AR we Wrocławiu: 19–30.
Firbas F. 1949. Über das Verhalten von Artemisia in einigen Pollendiagrammen. Biologische Zentralblatt 67: 17-21.
Foster G.R., Wischmeier W.H., 1974. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Transactions of ASAE, 12.
Gałka B., Podlaska M., Kabała C., 2013. Forest habitats on Dystric Cambisols developed from granite in the Stołowe Mountains. Sylwan 157(5), 385–394.

Gałka B., Łabaz B., Bogacz A., Bojko O., Kabała C., 2014. Conversion of Norway spruce forests will reduce organic carbon pools in the mountains soils of SW Poland. Geoderma 213, 287–295.
Garten JR C. T. 2011: Comparison of forest soil carbon dynamics at five sites along a latitudinal gradient. Geoderma 167-168: 30-40
Glina B., Bogacz A., 2013. Concentration and pools of trace elements in organic soils in the Izera Mountains. J Elem 18(2): 199-209.
Glina B., 2014. Przestrzenne zróżnicowanie płytkich gleb organicznych Gór Stołowych jako wynik antopogenicznych przeobrażeń. UP we Wrocławiu, Praca dokt., ss. 208.
Gliński J., Turski R. 1976. Rozwój procesów erozji gleb w zależności od sposobów zagospodarowania oraz uprawy mechanicznej i ich wpływ na kształtowanie pokrywy glebowej. Zesz Probl Post Nauk Rol 177: 47–71.
Głuchowska B., Pływaczyk L. 2008. Zwierciadło wody gruntowej w dolinie Odry poniżej stopnia wodnego w Brzegu Dolnym. Wsp Probl Inż Środ 5: 1–109.
Guillot S., Hattori K. 2013. Serpentinites: essential roles in geodynamics, arc volcanism, sustainable development, and the origin of life. Elements 9 (2): 95–98.
Gonet S., Dębska B. 1993. Charakterystyka kwasów huminowych powstałych w procesie rozkładu resztek roślinnych. Zesz Prob Post Nauk Rol 411: 241-247.
Gonet S., Dębska B., Zaujec A., Banach-Szott M., Szombathowa N. 2007. Wpływ gatunku drzew i warunków glebowo-klimatycznych na właściwości próchnicy gleb leśnych. (W:) Rola materii organicznej w środowisku. PTSH, Wrocław: 61-98.
Gorzelak A. 2011. Przekształcenia roślinności łęgowej w rezerwatach przyrody Polski Środkowej. Przegląd Przyrodniczy 22(3): 21-37.
Góźdź S. 1957. Gleby zakładu naukowo-badawczego IUNG w Dobrogostowie. WSR we Wrocławiu, Katedra Gleboznawstwa, maszynopis.
GUS.2013. Ochrona środowiska, Warszawa
GUS 2014. Rocznik Statystyczny Woj. Dolnośląskiego. Urząd Statyst. we Wrocławiu.
Hołub B., 2007. Interpretacja i porównanie symulacji zagrożenia potencjalną erozją wodną gleb według modelu USLE i USPED na przykładzie Drohiczyna nad Bugiem. Ann UMCS, 62(12), B: 253-272.
IUSS working group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, pp. 182.
Jała Z., Cieślakiewicz D., 2004. Potencjalna erozja gleb w Karkonoskim Parku Narodowym. Opera Corcontica 41: 66–73.
Jamroz E. 2012. Właściwości próchnic gleb leśnych pod zaroślami kosodrzewiny w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki. Sylwan 156(11): 825-832.
Jamroz E., Kocowicz A., Bekier J., Weber J. 2014. Properties of soil organic matter in Podzols under mountain dwarf pine (Pinus mugo Turra.) and Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) in various stages of dieback in the East Sudety Mountains, Poland. Forest Ecol Manag 330, 261-270.
Janczak J. 1992. Odrzańskie archiwalia kartograficzne. W: Rzeki, tom I. Muzeum Śląskie Katowice.

Jary Z. 2010. Loess–soil sequences as a source of climatic proxies: an example from SW Poland. Geologija 52(1–4): 69–72.
Jermaczek A., Wołejko L., Chapiński P. 2012. Mokradła Sudetów Środkowych i ich ochrona. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin: 3-96.
Jezierski P., Ochman D., 2010. Prognoza zmian użytkowania gruntów rolnych w perspektywie 2030 roku na podstawie modelu przestrzennego, z uwzględnieniem różnych scenariuszy ochrony. Maszynopis. GISPartner, Wrocław.
Jędryszczak E., Miścicki S., 2001. Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych. Szczeliniec 5: 79–103.
Jiang P. K., Xu Q. F. 2006: Abundance and dynamics of soil labile carbon pools under different types of forest vegetation. Pedosphere 16, 4: 505-511
Jinbo Z., Chanchun S., Shenmin W. 2007: Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in NE China. Soil Tillage Res 96: 350–360
Jones R. J. A., Le Bissonnais Y., Bazzoffi P. 2004. Nature and extent of soil erosion in Europe. (In:) Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection, Vol. II, Erosion. EUR 21319 EN/2, Luxembourg.
Józefaciuk A., Józefaciuk C. Z., 1999. Ochrona gruntów przed erozją. IUNG Puławy: ss. 113.
Józefaciuk C. Z., Józefaciuk A., 1995. Erozja agroekosystemów. Bibl Monit Środow: ss. 168.
Kabała C. 2005. Geneza, właściwości i występowanie gleb bielicowych w zróżnicowanych warunkach geoekologicznych Dolnego Śląska. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 519: ss. 169.
Kabała C., Bogacz A., Łabaz B., Szopka K., Waroszewski J. 2013: Różnorodność, dynamika i zagrożenia gleb. (W:) Knapik R., Raj A. (red.) Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 91–126
Kabała C., Bojko O., Medyńska A., Szczepaniak A., 2013. Spatial variability and temporal changes in the heavy metal content of soils with a deep furrow-and-ridge microrelief formed by an afforestation plowing. Envir Monit Assess 185: 5141-5150.
Kabała C., Chodak T., 2002. Gleby, (w:) Smolnicki K., Szykasiuk M. (red.). Środowisko Wrocławia. – Informator 2002. Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław: 66–73.
Kabała C., Chodak T., Szerszeń L., Karczewska A., Szopka K., Frątczak U., 2009. Factors influencing the concentration of heavy metals in soils of allotment gardens in the city of Wroclaw, Poland. Fresenius Env. Bullet., 18 (7): 1118–1124.
Kabała C., Chodak T., Bogacz A., Łabaz B., Jezierski P., Gałka B., Kaszubkiewicz J., Glina B. 2011. Przestrzenne zróżnicowanie gleb i siedlisk Parku Narodowego Gór Stołowych. (w:) Chodak T. (red.) Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych. WIND, Wrocław: 141-168.
Kabała C., Gałka B., Jezierski P., Bogacz A. 2011b. Transformacja mad w warunkach regulacji rzeki i długotrwałego użytkowania rolniczego w dolinie Dobrej na Nizinie Śląskiej. Rocz Gleb 62: 141-153.

Kabała C., Karczewska A., Bogacz A., Szlachta T. 2003. Prognoza wpływu renaturyzacji doliny potoku Łacha na pokrywę glebową. Zesz Probl Post Nauk Roln 493: 869-878.
Kabała C., Karczewska A., Medyńska-Juraszek A. 2014. Variability and relationships between Pb, Cu, and Zn concentrations in soil solutions and forest floor leachates at heavily polluted sites. J Plant Nutr Soil Sci 177, 573-584.
Kabała C., Marzec M. 2010. Profilowe i przestrzenne zróżnicowanie uziarnienia gleb płowych wytworzonych z lessów w SW Polsce. Rocz Gleb 61, 3: 52-64.
Kabała C., Medyńska A., Chodak T., Jezierski P., Gałka B. 2008. Zmiany zawartości miedzi i arsenu w glebach wokół składowiska odpadów po flotacji rud miedzi w 12-letnim cyklu badań monitoringowych. Rocz Gleb 59(3/4): 81-88.
Kabała C., Płonka T., Przekora A. 2015. Vertic properties and gilgai-related subsurface features in soils of south-western Poland. Catena 128, 95-107.
Kabała C., Szerszeń L., Wicik B. 2002. Geneza, właściwości i systematyka gleb Parku Narodowe Gór Stołowych. (w:) Szerszeń L., Kabała C.: Gleby Parku Narodowego Gór Stołowych. Monografia, Wydawnictwo PNGS Szczeliniec, 6: 21-94.
Kabała C., Waroszewski J., Szopka K., Bogacz A. 2010. Geneza, właściwości i rozprzestrzenienie stagnobielic w Sudetach. Rocz Gleb 61(4): 1-15.
Kamiński M., 2012. Zastosowanie metod fotogrametrycznych do oceny dynamiki ruchów masowych-wybrane przykłady z Polski. Arch Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji 24: 111 - 122
Karczewska A. 2012. Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych, Wyd. UP we Wrocławiu, Wrocław
Karczewska A., Bogda A., Gałka B., Szulc A., Czwarkiel D., Duszyńska D. 2006. Natural and anthropogenic soil enrichment in heavy metals in the areas of former metallic ore mining in the Sudety Mts. Polish J Soil Sci 39, 2, 143-150
Karczewska A., Bortniak M. 2008. Chrom i inne metale ciężkie w glebach wrocławskich terenów wodonośnych na obszarze sąsiadującym z hałdą żużla żelazochromowego w Siechnicach. Rocz Gleb 59(1): 106-111
Karczewska A., Kabała C. 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku – potrzeby i metody rekultywacji, Zesz Nauk UP Wrocławiu, Rolnictwo, 96, 576: 59–80.
Karczewska A., Kaszubkiewicz J., Jezierski P., Król K., 2007. Opracowanie założeń metodycznych dla monitoringu gleb strefy ochronnej huty miedzi - na podstawie pilotażowych badań nad przestrzenną zmiennością właściwości gleb. Zesz Probl Post Nauk Roln 520: 485-490
Karczewska A., Kaszubkiewicz J., Jezierski P., Kabała C., Król K. 2010. Stan zanieczyszczenia miedzią, ołowiem i kadmem gleb strefy ochronnej huty miedzi Legnica w 1982 i 2005 roku. Rocz Gleb 61(1): 45-51
Karczewska A., Krysiak A., Mokrzycka D., Jezierski P., Szopka K. 2013. Arsenic distribution in soils of a former As mining area and processing. Pol J Environ St 22(1): 175-181.
Karczewska A., Lizurek S. 2004. Właściwości gleb w dolinie potoku Bobrzyca w 35 lat po katastrofie zbiornika osadów poflotacyjnych Iwiny. Rocz Gleb 55(4): 51-62

Kasprzyk P. 2009. Kierunki rekultywacji w górnictwie odkrywkowym. Probl Ekol Krajobr 24: 7-15.
Kasztelewicz Z. 2010. Rekultywacja terenów pogórniczych w polskich kopalniach odkrywkowych. Monografia. AGH Kraków, Wyd. ART-TEKST
Kasztelewicz Z., Kozioł K., Klich J. 2007. Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych w kopalniach węgla brunatnego w Polsce. Górnictwo i Geoinżynieria 31(2): 295- 307.
Kasztelewicz Z., Ptak M., 2011. Rekultywacja terenów pogórniczych w kopalniach surowców skalnych. Prace Nauk Instytutu Górnictwa PWr 132: 165-175.
Kaszubkiewicz J., Bogacz A., Gałka B., 1996. Gleby organiczne Parku Narodowego Gór Stołowych. Szczeliniec 1: 91-94.
Kaszubkiewicz J., Dębowski M., Jezierski P., Kawałko D., Tasz W. 2011. Stan gleb użytkowanych rolniczo na obszarze Sudetów i Przedgórza Sudeckiego. Zesz Nauk UP we Wrocławiu 127, ss. 126.
Kaszubkiewicz J., Kawałko D. 2010. Zawartość benzo(a)pirenu w glebach poddanych antropopresji na obszarze powiatów wrocławskiego, oławskiego i oleśnickiego. Zesz Nauk UP we Wrocławiu, Seria Rolnictwo 545: 95-108.
Kaszubkiewicz, J., Ochman, D., Kasina, M., Kisiel, J., Nowacka, S., Szewczyk, A. 2003. Zasolenie gleb w otoczeniu zbiornika osadow poflotacyjnych Zelazny Most. Roczi Gleb 54(4): 91-102.
Kaszubkiewicz J., Pora E., Cuske M., Musztyfaga E. 2014. Przebieg zmian zasolenia w glebach zalanych wodami nadosadowymi ze zbiornika odpadów poflotacyjnych Żelazny Most. Zesz Nauk Uniwersytetu Zielonogórskiego 153, Inż Środow 33: 23-31.
Kaszubkiewicz J., Tasz W., Andrzejczak M., 2007. Wpływ rzeźby terenu i opadów atmosferycznych na wielkość strat materiału glebowego, ładunek makroelementów i zasolenie na wybranych toposekwencjach gleb w Sudetach. Zesz Probl Post Nauk Roln 520(2): 491-500.
Kaszubkiewicz J., Tasz W., Andrzejczak M. 2008. Zawartość makroelementów w materiale zmywanym oraz w erodowanych glebach Kotliny Kłodzkiej. Rocz Gleb 59(3/4): 108-114.
Kaszubkiewicz J., Tasz W., Kawałko D., Serafin R. 2011. Propozycja uproszczenia modelu usle dla obszaru małej zlewni rolniczej. Rocz Gleb 52(1): 75-81.
Kawałko D., Halarewicz A., Pruchniewicz D. 2015. Stan roślinności nadodrzańskich lasów łęgowych w okolicach Wołowa. Sylwan 159(3), 220-226.
Kawałko D., Kaszubkiewicz J. 2008. Właściwości gleb wybranych siedlisk leśnych na terenie Parku Krajobrazowego Dolina Jezierzycy. Rocz Gleb 59(3/4): 115-121.
Kawałko D., Łabaz B., Jezierski P. 2011. Fractional composition of humus compounds in the ectohumus of soils in the Galio Sylvatici-Carpinetum and Alno-Ulmion forests. Pol J Soil Sci 44 (2): 117-132.
Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych PTG. 2009. Rocz Gleb 60(2): 5-16.
Klementowski J. 1979. Procesy geomorfologiczne na torfowiskach subalpejskich na Równi pod Śnieżka. Probl Zagosp Ziem Górskich 20: 141-162.

Kobierski M. 2013. Morfologia, właściwości oraz skład mineralny gleb płowych zerodowanych w wybranych obszarach morenowych województwa kujawsko-pomorskiego. Rozprawy 166, UTP, Bydgoszcz, 121 pp.
Kociuba W., Janicki G., Rodzik J. 2014. 3D laser scanning as a new tool of assessment of erosion rates in forested loess gullies (case study: Kolonia Celejów, Lublin Upland). Ann UMCS, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia 69(1): 107-116.
Koćmit A., Raczkowski B., Podlasiński M. 2001. Typologiczna przynależność erodowanych gleb wytworzonych z glin morenowych wybranego obiektu na Pomorzu Zachodnim. Folia Univ Agric Stetin 217, 103-108.
Kondracki J. 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, ss. 457.
Koreleski K. 1992. Próby oceny natężenia erozji wodnej. Zesz Nauk AR im. H. Kołłątaja w Krakowie 35: 91–100.
Kowalczyk A., Twardy S., Kuźniar A. 2011. Permanent turf Grass as the factor alleviating water erosion in the Carpathian Mountains. J. Water Land Dev. 15: 41–51.
Licznar M. 1995. Erozja gleb w Polsce. (w:) Środowisko glebowe – degradacja i zagospodarowanie. Zesz Probl Post Nauk Roln 418(1): 91-100.
Kowaliński S. 1952. Czarne ziemie wrocławskie (ich własności, wartość użytkowo-rolnicza i geneza). Rocz Gleb 2: 59-91.
Kowaliński S., Laskowski S., Roszyk E., Szerszeń L. 1974. Wstępne wyniki badań nad wpływem zadymienia i zapylenia na gleby i rośliny w rejonie huty miedzi Głogów. (w:) Wykorzystanie i ochrona środowiska ziem południowo-zachodniej Polski, PAN Wrocław: 305–311.
Kowaliński S., Licznar S., Drozd J., Licznar M. 1972. Pokrywa glebowa rezerwatu Muszkowicki Las Bukowy (Soils in the reserve Muszkowicki Las Bukowy). Ochr. Przyrody 37: 67-87.
Kowaliński S., Licznar S.E. 1984. Właściwości mikromorfologiczne i fizykochemiczne rędzin występujących na terenie Rowu Nysy Kłodzkiej. Rocz Gleb 35(1): 125-139.
Kowalkowski A. 1966. Główne kierunki rozwoju gleb w warunkach środowiska morfogenetycznego Wzgórz Dalkowskich. Rocz Gleb 16(2): 357-411.
Kowalkowski A. 1990. Evolution of Holocene soils in Poland. Quaest Geograph 11(12): 93-120.
Kowalska A. 2009. Zmiany charakteru i rozmieszczenia zbiorowisk roślinnych w dolinie środkowej Wisły w drugiej połowie XX wieku (odcinek Annopol - Góra Kalwaria). Przegl Geogr 81 (3): 347-364.
Koźma J., Sroga C. 2005. Surowce mineralne, stan i możliwości ich eksploatacji. (w:) Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego. Zarząd Województwa Dolnośląskiego.
Krzaklewski W., Mikłaszewski A. 1996: Rekultywacja zwałów nadkładu w górnictwie węgla brunatnego w Polsce. Prace Nauk Instytutu Górnictwa PWr 79.
Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P. 1973. Typologia i charakterystyka gleb górskich obszaru Sudetów. Rocz Gleb 24(2): 27-84.
Kucharewicz J. 1981. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Arkusz – Brzeg Dolny (725). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Kwiatkowska-Malina J. 2011. Analiza struktury substancji humusowych gleb po wprowadzeniu węgla brunatnego na podstawie widm fluorescencyjnych. Inż Ochr Środow 14 (3): 197-208.
Laskowski S. 1986. Powstawanie i rozwój oraz właściwości gleb aluwialnych doliny środkowej Odry. Zesz. Nauk AR Wrocław 56: 1-68.
Lee B.D., Graham R.C., Laurent T.E., Amrhein C. 2004. Pedogenesis in a wetland meadow and surrounding serpentinitic landslide terrain, northern California, USA. Geoderma 118: 303–320.
Licznar M. 1985. Właściwości gleb i kierunki ich ewolucji na terenach erodowanych Płaskowyżu Głubczyckiego. Wyd. AR we Wrocławiu.
Licznar M., Drozd J. 1989. Stan badań nad erozją gleb terenów nizinnych i wyżynnych Polski południowo-zachodniej. (w:) Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na procesy erozji gleb. Wyd. PTG, AR Wrocław: 4 – 18.
Licznar M., Drozd J., Licznar S.E. 1993. Skład ilościowy i jakościowy związków próchnicznych gleb deluwialnych Płaskowyżu Głubczyckiego. Zesz Probl Post Nauk Rol 411: 139-148.
Licznar M., Licznar S.E., Zawerbny T. 1998. Wpływ erozji na niektóre właściwości fizykochemiczne gleb lessowych Dolnego Śląska. Bibl Fragm Agron 4A/98: 29-39.
Licznar P. 2004. Prognozowanie erozyjności deszczy w Polsce na podstawie miesięcznych sum opadów. Arch Ochr Środow 30(4): 29 – 30.
Licznar P., Rojek, M. 2002. Erozyjność deszczy Polski południowo-zachodniej na przykładzie stacji Wrocław-Swojec. Przegl Nauk SGGW, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 11(2): 5–14.
Licznar P., Szymanowski M. 2005. Preliminary results of rainfall erosivity mapping for Poland. Informatics Environ Prot – Networking Environ Information, Brno: 633-640.
Lis J., Pasieczna A. 1995. Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. PIG, Warszawa.
Lis J., Pasieczna A., Bojakowska I., Gliwicz T., Frankowski Z., Pasławski P., Popiołek E., Sokołowska G., Strzelecki R., Wołkowicz S. 1999. Atlas Geochemiczny Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego 1:250 000. PIG, Warszawa.
Loffredo E., Senesi N. 2006. The role of humic substances in the fate of anthropogenic organic pollutants in soil with emphasis on endocrine disruptor compounds. (w:) Twardowska I. (Eds.), Soil and water pollution monitoring, protection and remediation. Springer, pp. 3–23.
Łabaz B. 2009. Właściwości kwasów huminowych czarnych ziem wrocławskich. Rocz Gleb 60(2): 61-66.
Łabaz B., Kabała C. 2014. Geneza, właściwości i klasyfikacja czarnych ziem w Polsce. Soil Science Annual 65(2): 80-90.
Maciejewska – Kuriata A. 2005. Zmiany właściwości gruntów na zwałowiskach węgla kamiennego rejonu wałbrzyskiego w procesie ich rekultywacji. Praca doktorska. AR we Wrocławiu (maszynopis)
Madeyska E. 1981. Type region P-F: Sudeties MTS-Bystrzckie MTS. Acta Paleobot 29(2): 37-40.
Madeyska E. 2005. The history of the Zieleniec mire and the surrounding areas based on the palynological research. Monographiae Botanicae 94: 145-157.

Majecki P. 2014. Wykorzystanie fotogrametrii bliskiego zasięgu w badaniach tempa erozji wybrzeży klifowych Zbiornika Jeziorsko. Przegl Geolog 62(11): 744-775.
Maliszewska-Kordybach B., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A. 2013. Zagrożenie zanieczyszczeniami chemicznymi gleb na obszarach rolniczych w Polsce w świetle badań IUNG-PiB w Puławach. Studia i Raporty IUNG-PiB 35(9): 97-118
Marek S. 1998. Rozwój Wielkiego Torfowiska Batorowskiego w świetle badań bio-stratygraficznych. Szczeliniec 2: 49-88.
Marcinek J., Komisarek J. 2001. Przekształcenia pokrywy glebowej na skutek przyspieszonej erozji wodnej falistych i pagórkowatych terenów Niziny Wielkopolski. Folia Univ. Agric. Stetin 217, Agricultura 87: 135–146.
Marcinek J., Komisarek J. 2004. Antropogeniczne przekształcenia gleb Pojezierza Poznańskiego na skutek intensywnego użytkowania rolniczego. AR Poznań, 97 pp.
Martin-Neto L., Rosell R., Sposito G. 1998. Correlation of spectroscopic indicators of humification with mean annual rainfall along a temperate grassland climosequance. Geoderma 81: 305-311.
Matuła J., Wojtuń B., Tomaszewska K., Żołnierz L. 1997. Torfowiska polskiej części Karkonoszy i Gór Izerskich. Ann Siles 27: 123-140.
Matuszkiewicz W. 2002. Zespoły leśne Polski. PWN Warszawa, ss. 358.
Mazurek R., Niemyska-Łukaszuk J. 2003. Zawartość i skład frakcyjny różnie użytkowanych czarnych ziem Płaskowyżu Proszowickiego i Wyżyny Miechowskiej. Zesz Probl Post Nauk Rol 493: 693-666.
MC Graph S.P., Smith S. 1990. Chromium and Nickel. In: B.J. Alloway (Ed.), Heavy metals in soils. Blackie, Glasgow, pp. 150.
Medyńska A., Kabała C., Chodak T., Jezierski P. 2009. Concentration of copper, zinc, lead and cadmium in plants cultivated in the surroundings of Żelazny Most copper ore tailings impoundment. J Elem 14(4): 729-736.
Medyńska A., Kabała C. 2010. Heavy metals concentration and extractability in foresy litters in the area impacted by copper smelter near Legnica. Ecolog Chem Engin A, 17: 981-989
Meusburger K., Steel A. Panagos P., Montanarella L. 2012. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. Hydrol Earth Syst Sci 16: 167–177
Migoń, P., Latocha, A., Parzoch, K., Kasprzak, M., Owczarek, P.,Witek, M., Pawlik, Ł. 2011. Współczesny system morfogenetyczny Gór Stołowych.(w): Chodak T. (Ed.), Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego PNGS. WIND, Wrocław, 1–52.
Mikhailova E., Bryant R.B., Schwager S.J., Smith S.D. 1997. Predicting rainfall erosivity in Honduras. Oil Sci Society of America J 61: 273 – 279.
Mitasova H., Brown W. M., Hohmann M., Warren S. 2010. Using soil erosion modelling for improved conservation planning: A GIS-based tutorial geographic modelling systems lab, http:// skagit.meas.ncsu.edu.
Mitasova H., Mitas L., Brown W.M., Johnson D.M. 1998. Multidimensional soil erosion/deposition modeling and visualization using GIS. Final report for USA CERL. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.

Mocek A., Drzymała S., Maszner P. 2000. Geneza analiza i klasyfikacja gleb. Wydawnictwo AR, Poznań.
Monografia 2007. KGHM Polska Miedź SA. Wyd. II. Wydawnictwo KGHM Cuprum, Lubin-Wrocław
Moody J.B. 1976. Serpentinization: a review. Lithos 9: 125-138.
Moore P.D., Bellamy D.J. 1974. Peatlands, Elek Science, London, ss. 221.
Moore I., Burch G.J. 1986. Sediment transport capacity of sheet and rill flow: Application of unit stream power theory. Water Resources Research 22.
Mrówczyńska H., Jakubowska M., Gola – Kozak M. 2009. Działania PGE KWB Turów S.A. ograniczające niekorzystne oddziaływania na środowisko w kontekście polityki zrównoważonego rozwoju. (w:) Zagrożenia naturalne w górnictwie: 235-245
Musierowicz A. (red.) 1958. Mapa gleb Polski, 1:300000. PTG, Warszawa
Musierowicz A., Olszewski Z., Brogowski M., Kępka M. 1961. Czarne ziemie błońsko-sochaczewsko-łowickie. Rocz Nauk Roln 82-A-3: 503-559.
Niemiec M., Jóźków G, Borkowski A. 2009. Monitorowanie zmian ukształtowania powierzchni terenu spowodowanych erozją wodną z wykorzystaniem naziemnego skanowania laserowego. Arch Fotogram Kartogr Teledet 20: 333–342.
Nietrzeba-Marcinonis J. 2008: Wpływ roślinności na dynamikę procesów glebotwórczych na zwałowisku turoszowskim. Rocz Gleb 59(2): 162-169.
Nita J., Myga-Piątek U. 2006. Krajobrazowe kierunki zagospodarowania terenów pogórniczych. Przegl Geolog 54, 3: 256-263
Nowicka B. 1998. System krążenia wody w Parku Narodowym Gór Stołowych. Szczeliniec 2: 42-47.
Nowocień E. 2008. Wybrane zagadnienia erozji gleb w Polsce. (w:) Problem erozji w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich. Studia i raporty IUNG-PIB: 9-38.
Oldeman L. R. 1994. Global extend of soil degradation. ISRIC, Bi-annual report 1991 – 1992: 19-36.
Orth A. 1872. Geognostische Durchforschung des Schlesischen Schwemmlandes zwischen dem Zobtener und Trebnitzer Gebirge nebst analytischen und petrographischen Bestimmungen sowie einer Uebersicht von Mineral-Gestein und Bodenanalysen. Wiegandt & Hempel, Berlin, 361 pp.
Oświęcimski A., Kowaliński S. 1964. Erozja wodna gleb Dolnego i Opolskiego Śląska na tle wskaźników przyrodniczych. Wiad. IMUZ. 4, 3: 23 – 50.
Paluszek J. 2004. Wpływ erozji wodnej na chemiczne właściwości gleb płowych wytworzonych z lessu. Rocz Gleb 55(4): 103-113.
Pałczyński A. 1977. O nowe tereny chronione na torfowiskach Sudetów Zachodnich. Chrońmy Przyrodę Ojczystą 4: 51-59.
Panagos P., Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Alewell C. 2014. Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS, Sci Total Env 479–480: 189–200.
Pawlak W. 2008. Atlas of Lower and Opole Silesia, 2nd ed. Wroclaw University, Wroclaw, Poland.

Pawlik Ł., Migoń P., Owczarek P., Kacprzak A. 2013. Surface processes and interactions with forest vegetation on a steep mudstone slope, Stołowe Mountains, SW Poland. Catena 109: 203-216.
Patrzałek A., Rostański A. 1992. Procesy glebotwórcze i zmiany roślinności na skarpie rekultywowanego biologicznie zwałowiska odpadów po kopalnictwie węgla kamiennego. Arch Ochr Środ 3-4: 157-158.
Piątek Z. 1995. Górnictwo węgla kamiennego na Dolnym Śląsku (1434-1945-1994). Przegl Górn 1: 11-13.
Pijanowski J.M., Radecki-Pawlik A., Wałęga A., Wojkowski J. 2013. Evaluation of soil water erosion risk in the Mściwojów Water Reservoir drainage basin on the basis of numeric modelling. Geomatics Land Manag Landscape 1: 83–95.
Pimentel D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., Mcnair M., Crist S., Shipritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, New Series 267, 5201: 117 – 1123.
Pływaczyk L. 1995. Mała retencja wodna i jej uwarunkowania techniczne. (w:) Tomiałojć L. (red.), Ekologiczne aspekty melioracji wodnych. Inst Ochr Przyr PAN, Kraków.
PTG, 1974, Systematyka gleb Polski. wyd. 3, Rocz. Glebozn. 25: 1-148.
PTG, 2011, Systematyka gleb Polski. wyd. 5, Rocz. Glebozn. 62(3): 5-193.
Ramann E. 1911. Bodenkunde. Verlag J. Springer, Berlin, 619 pp.
Raporty 2005-2014. Określenie zawartości metalicznych zanieczyszczeń przemysłowych w glebach w oparciu o sieć stałego monitoringu HM „Legnica"- Badanie monitoringowe gleb. Materiały niepublikowane
Raporty 1995-2014. Dokumentacja zawartości metali ciężkich w glebach rejonu składowiska "Żelazny Most" ze szczególnym uwzględnieniem wsi Tarnówek. Raporty z badań monitoringowych. Lata 1995-2014. Materiały niepublikowane.
Ratyńska N. 2001. Roślinność Poznańskiego Przełomu Warty i jej antropogeniczne przemiany. Wyd. Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz.
Rejman J., Usowicz B. 1999. The Quantitative Descriptionof Water and Soil Transport in Process of Water Erosion. Acta Agroph 23: 143.
Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder D. C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA, Agricultural Handbook, 703.
Roj-Rojewski S., Hryniewicka I. 2009. Wykształcenie profilowe i właściwości fizyczne gleb mułowato-glejowych i madowych w dolinie Supraśli w okolicy Jurowiec. Rocz Gleb 60(4): 85-90,
Rokicki J. 1950. Warunki występowania utworów pyłowych i lessów na Dolnym Śląsku. Ann. UMCS, Sect. B. 5 (3): 53-83.
Rosell R. A., Andriulo A. E., Schnitzer M., Crespo M. B., Miglierina A. M. 1989. Humic acids properties of an agriudoll soil under tillage system. Sci Total Env 81/82: 391-400.
Roszyk E. Szerszeń L. 1988. Nagromadzenie metali ciężkich w warstwie ornej gleb stref ochrony sanitarnej przy hutach miedzi. Rocz Gleb 39(4): 135-141, 147-158.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów gleby i standardów jakości ziemi. Dz. U. 2002.165.1359.
Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 4.06.1956 r. w sprawie klasyfikacji gruntów. Dz.U. 1956.19.97.
Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12.09.2012 r. w sprawie gleboznawczej klasyfikacji gruntów. Dz.U. 2012.1246.
Ryczek M., Boroń K., Klatka S., Kruk E. 2010. Wykorzystanie technik gis do oceny zagrożenia erozją wodną na przykładzie rolniczej zlewni potoku Mątny w Beskidzie Wyspowym. Zesz Nauk UP we Wrocławiu 576: 163-173.
Sarosiek J. 1999. Kamieniołomy wapieni koło Bolkowa na Dolnym Śląsku – chronić, rekultywować, czy renaturyzować? (w:) Zagospodarowanie wyrobisk – technologiczne, przyrodnicze i gospodarcze uwarunkowania zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych surowców skalnych Dolnego Śląska. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 103-108
Schmidt R.-G. 1989. Erosionswiderstandsfunktion. (In:) Marks R. (Eds.): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermogens des Landschaftshaushaltes (BALVL). Forschungen zur Deutschen Landeskunde 229, Trier.
Schnitzler A. 1997. River dynamics as a forest process: interaction between fluvial systems and alluvial forests in large European river plains. Botanical Review 63(1): 40–64.
Sikorska E. 1996a. Siedliska leśne, Cz. I. Siedliska obszarów niżowych. Wyd. AR, Kraków, ss. 136.
Sikorska E. 1996b. Siedliska leśne, Cz. II. Siedliska obszarów wyżynnych i górskich. Wyd. AR, Kraków, ss. 142.
Smejkal J., Kabała C., Marzec M. 2009. Pudy Jizerskich hor. (In:) Karpas R. (ed.) Jizerskie hory. Nakladelstvi RK, Liberec, Republika Czeska, 246-257.
Sokołowski A. W., Czerepko J. 2005. Zmiany roślinności na siedliskach hydrogenicznych. Leśne Prace Badawcze 4: 77-85.
Solon J. 1997. Antropogeniczne zmiany różnorodności biologicznej w krajobrazie roślinnym (na przykładzie fragmentu doliny Narwi w okolicach Tykocina). Probl Ekologii Krajobr 1: 129-139.
Spiak Z. (red.) 2012. Ocena możliwości wykorzystania odpadów do rewitalizacji zdegradowanych terenów poprzemysłowych, Wydawnictwo UP we Wrocławiu, 157 pp.
Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Realizacja strategii tematycznej w dziedzinie ochrony gleby i prowadzone działania. COM/2012/046 final
Stankiewicz A. 1999. Kamieniołomy bazaltu w Górach Kaczawskich – przyrodnicze uwarunkowania ich zagospodarowania. W: Zagospodarowanie wyrobisk – technologiczne, przyrodnicze i gospodarcze uwarunkowania zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych surowców skalnych Dolnego Śląska. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 126-130
Starkel L., 2011. Present-day events and the evaluation of Holocene palaeoclimatic proxy data. Quatern Int 229: 2-7.
Stefańska–Krzaczek E. 2013. Bogactwo gatunkowe osuszonych lasów łęgowych w środowisku miejskim Wrocławia. Sylwan 157(5): 366-375.

Stevenson F. J. 1994. Extraction, fractionation and general chemical composition of soil organic matter, in: Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions. Wiley, NY: 24-58.
Stremme H. 1930. Die Boeden Deutschlands. (In:) Blanck E. (red.), Handbuch der Bodenlehre. Teil 5. Verlag J. Springer, Berlin: 271-426.
Strzemski M. i inni, 1965a. Instrukcja w sprawie wykonywania map glebowo-rolniczych w skali 1 : 5000 i 1 : 25000 oraz map glebowo-przyrodniczych w skali 1 : 25000. Ministerstwo Rolnictwa Departamentu Urządzeń Rolnych. Warszawa.
Strzemski M. i inni, 1965b. Podział rolniczej przestrzeni produkcyjnej polski na kompleksy według przyrodniczych zasad racjonalnego użytkowania. Rocz Gleb 15 (suppl.): 3-15.
Strzemski M., 1966. Racjonalne użytkowanie ziemi w polskiej kartografii gleboznawczej. PWRiL, Warszawa.
Strzemski M., Siuta J., Witek T. 1973. Przydatność rolnicza gleb Polski, PWRiL, Warszawa, ss. 352.
Strzyszcz Z., Harbin Z. 2004. Rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie odpadów górnictwa węgla kamiennego ze szczególnym uwzględnieniem centralnych zwałowisk. Inst Podstaw Inż Środ PAN, Zabrze
Stuczyński T., Budzyńska K., Gawrysiak L., Jadczyszyn J., Korzeniowska-Pucułek R., Koza P., Kozyra J., Łopatka A., Pudełko R., Siebielec G. 2007. Stan i zmiany właściwości gleb użytkowanych rolniczo w województwie dolnośląskim w latach 2000–2005. Urząd Marszałk Woj Dolnośląskiego. IUNG-PIB, Puławy: ss. 223
Stuczyński T., Jadczyszyn J. i in. 2004. Numeryczna mapa glebowo-rolnicza w skali 1:25000 dla województwa dolnośląskiego. IUNG, Puławy.
Stuczyński T., Koza P., Łopatka A., Duer I., Jadczyszyn J. 2010. Raport z analizy wskaźników produktu, rezultatu i oddziaływania określonych dla osi 2 PROW 2007-2013 oraz wybranych pytań oceniających zawartych w podręczniku wspólnych ram monitorowania i oceny. Wytyczne (CMEF) wraz z określeniem źródeł i dostępności danych. IUNG-PIB, Puławy.
Soil Atlas of Europe. 2005. European Soil Bureau Network, European Commission.
Systematyka Gleb Polski, 2011. Rocz Gleb 62(3): 1-178.
Szerszeń L., Chodak T., Borkowski J., Bogda A., Karczewska A. 1995: Stan środowiska glebowego Dolnego Śląska. Zesz Probl Post Nauk Roln 418(1): 61-74
Szerszeń L., Chodak T., Gawęcki J., Jasińska Z., Kabała C., Karczewska A., Kaszubkiewicz J., Kotecki A. 2000. Stan środowiska glebowego oraz warunki produkcji rolniczej na Dolnym Śląsku po powodzi 1997 roku. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 370, Monografie 20: ss. 109.
Szerszeń L., Chodak T., Kabała C. 1999. Monitoring zawartości pierwiastków śladowych w glebach przylegających do Hut Miedzi w Głogowie i Legnicy. Zesz Probl Post Nauk Roln 467(2): 405-412.
Szerszeń L., Chodak T., Kabała C. 2004. Zmiany zawartości miedzi, ołowiu i cynku w glebach w rejonie hut miedzi Głogów i Legnica w latach 1972-2002. Rocz Gleb 55(3): 195-205.

Szerszeń L., Laskowski S., Roszyk E. 1978. Dynamika Cu, Pb i Zn w glebach strefy ochrony sanitarnej Huty Miedzi Głogow. (w:) Wpływ zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi na przyrodnicze warunki rolnictwa, IUNG, Puławy, cz.1, 53-59.

Szewrański S., Żmuda R., Licznar P. 2000. Water erosion of agricultural loess catchment in Trzebnica Hills. Acta Agroph 35: 191-199.

Szopka K., Karczewska A., Jezierski P., Kabała C. 2013. Spatial distribution of lead in the surface layers of mountain forest soils, an example from the Karkonosze National Park, Poland. Geoderma 192: 259-268.

Szwed – Lorenz J., Sroga C., Ślusarczyk S. 1999. Zagospodarowanie wyrobisk górniczych na tle geografii i geologii złóż surowców skalnych Dolnego Śląska. (w:) Zagospodarowanie wyrobisk – technologiczne, przyrodnicze i gospodarcze uwarunkowania zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych surowców skalnych Dolnego Śląska. PWr, Wrocław, 13-53.

Tarka R., Buczyński S., Modelska M., Oliczwer T., Staśko S. 2011. Hydrogeologia obszaru Parku Narodowego Gór Stołowych. (w:) Chodak T. (Ed.), Geoekologiczne warunki środowiska Przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych. WIND, Wrocław, 113-140.

Tasz W., Kaszubkiewicz J., Chodak T. 2009. Zagrożenia erozyjne gleb użytkowanych rolniczo w zlewni rzeki Zielnica w Gminie Zgorzelec, z uwzględnieniem warunków fizjograficznych i użytkowania terenu. Określenie erozji wodnej gleb użytkowanych rolniczo, pomiarami bezpośrednimi metodą USLE. KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR: 109.

Tasz W., Kaszubkiewicz J., Chodak T., Jezierski P, 2006. Zagrożenie erozyjne gleb, w wybranej zlewni użytkowanej rolniczo, w powiecie zgorzeleckim (gmina Bogatynia), z uwzględnieniem warunków fizjograficznych i użytkowania terenu. Raport opracowany dla KGHM Cuprum Sp z o.o.: ss. 64.

Tołpa S. 1949. Torfowiska Karkonoszy i Gór Izerskich. Rocz Nauk Rol 52: 5-75.

Tołpa S. 1985. Torfowiska (W) Karkonosze Polskie (Ed.): JAHN A., Ossolineum, Wrocław: 291-316.

Tomassi-Morawiec H., Lis J., Pasieczna A. 1998 Atlas geochemiczny Wrocławia i okolic. 1:100 000. PIG, Warszawa.

Tomaszewska K., Grzymkowska B., Mastalska B. 1996. Szata roślinna torfowiska wysokiego w Masywie Śnieżnika i zmiany na przestrzeni 60 lat z uwzględnieniem zawartości metali ciężkich w torfowcach. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 67: 171-184.

Tomaszewski J. (red.) 1950. Mapa gleb Polski, 1:1000000. Ministerstwo Rolnictwa, Warszawa.

Tomaszewski J. 1952. Stadia rozwojowe niektórych rodzajów (typów) gleb. Rocz Gleb 2: 28-46.

Tomaszewski J., Borkowski J., Szerszeń L. 1963. Pokrywa glebowa Kotliny Jeleniogórskiej. Probl Zagosp Ziem Górskich 5: 3-33.

Torri D., Borselli L., Guzetti F., Calzolari C., Bazoffi P., Ungaro F., Bartolini D., Salvador Sanchis M.P. 2006. Soil erosion in Italy: an overview. (In:) Boardman J., Poesen J. (Eds) Soil Erosion in Europe, Wiley New Yourk: 245 – 261.

Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa, ss. 133.
Turski R., Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A., 1987. Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleb wytworzonych z lessu. Rocz Gleb 38(1): 37-49.
Ustawa z dnia 11 lipca 2014 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2014.10.1101
Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie. Dz.U. 2007.75.493
Ustawa z dnia 26 marca 1982 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz.U. 1982.11.79
Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Tekst jednolity. Dz.U. 2013.10.1205.
Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 prawo ochrony środowiska. Dz.U. 2001.62.627. Tekst jednolity Dz.U. 2013.1232, z późniejszymi zmianami.
Vysloužilová B., Danková L., Ertlen D., Novák J., Schwartz D., Šefrna L., Berger J. F. 2014. Vegetation history of chernozems in the Czech Republic. Vegetation history and archaeobotany 23: 97-108.
Waroszewski J., Malkiewicz M., Mazurek R., Łabaz B., Jezierski P., Kabała C., 2015. Lithological discontinuities in Podzols developed from sandstone cover beds in the Stolowe Mountains (Poland). Catena 126, 11-19.
Waroszewski J., Kabała C., Jezierski P. 2015. Relief-induced soil differentiation at the sandstone-mudstone contact in the Stołowe Mountains, SW Poland. Zeitschrift Geomorph 59, Suppl.1, 211-226.
Wawer R., Nowocień E. 2007. Erozja wodna aktualna w Polsce według województw w oparciu o Corine CLC2000. Zesz Probl Post Nauk Rol 526: 251-256.
Wawer R., Nowocień E., Podolski B. 2005. Real and calculated K USLE erodibility factor for selected Polish soils. Pol J Environ St 14(5): 655 – 658.
Wawręty R., 2007. Wpływ budownictwa wodnego na przyrodę. W: Jak skutecznie chronić przyrodę dolin rzecznych? Towarzystwo na rzecz Ziemi, Polska Zielona Sieć, Oświęcim: 26-31.
Weber J. 1980. Geneza i właściwości gleb wytworzonych z serpentynitów Dolnego Śląska, część 2, właściwości mikromorfologiczne. Rocz Gleb 31(2): 77-100.
Weber J. 1981. Geneza i właściwości gleb wytworzonych z serpentynitów Dolnego Śląska, część 3, właściwości fizykochemiczne. Rocz Gleb 32(2): 145-146.
Weber J. 1987. Stan ekologiczny gleb Dolnego Śląska. W: Stan ekologiczny Dolnego Śląska. Materiały konferencyjne, Wrocław 1987, Dolnośląskie Towarzystwo Społeczno-Kulturalne Wrocław
Wischmeier W., H., Smith D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Department of Agriculture, Washington D. C, Agricultural Handbook: pp. 537.
Witek M., Jeziorka J., Niedzielski T. 2013. Możliwości wykorzystania bezzałogowej fotogrametrii lotniczej do identyfikacji przekształceń antropogenicznych w korytach rzecznych. 115 Landform Analysis 24: 115–126.
Witek T. 1973. Mapy glebowo-rolnicze oraz kierunki ich wykorzystywania. Wyd. IUNG, Seria P(18). Puławy.

Witek T. (red.) 1993. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. IUNG Puławy, Seria (A56).
Wojewoda J., Białek D., Bucha M., Głuszyński A., Gotowała R., Krawczeski J., Schutty B. 2011. Geologia Parku Narodowego Gór Stołowych – wybrane zagadnienia. (w): Chodak, T. (Ed.), Geoekologiczne warunki środowiska Przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych. WIND, Wrocław, 1–52.
Wojtuń B. 2006. Peat Moses (*Sphagnaceae*) in mires of Sudetes Mountains (SW Poland): a floristic and ecological study. University of Agriculture, Wrocław 982, ss. 226.
Wójcik J. 2006. Rozwój rzeźby antropogenicznej powstałej pod wpływem górnictwa węglowego w Wałbrzychu i okolicy w latach 1975-1996, w świetle gospodarki odpadami górniczymi. Przegl Geogr 78(1): 109 -126
Wójcik J. 2008. Górnicze zmiany rzeźby terenu rejonu wałbrzyskiego. Landform Analysis 9: 339–342
Wójcik J. 2011. Przemiany wybranych komponentów środowiska przyrodniczego rejonu wałbrzyskiego w latach 1975-2000, w warunkach antropopresji, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu przemysłu. Rozpr Nauk IGiRR UWr, 21.
Yu B., Rosewell C.J. 1996. Technical notes: a robust estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. Transaction of the ASAE, 1996 American Society of Agricultural Engineers 39: 559-561.
Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. CILP.

Afiliacje Autorów Affiliation of Contributors

Jakub Bekier
Tomasz Bińczycki
Adam Bogacz
Jakub Bojko
Mateusz Cuske
Irmina Ćwieląg-Piasecka
Magdalena Dębicka
Bernard Gałka
Leszek Gersztyn
Elżbieta Jamroz
Paweł Jezierski
Cezary Kabała
Anna Karczewska
Jarosław Kaszubkiewicz
Dorota Kawałko
Andrzej Kocowicz
Beata Łabaz
Agnieszka Medyńska-Juraszek
Elżbieta Musztyfaga
Zbigniew Perlak
Ewa Pora
Stanisława Strączyńska
Katarzyna Szopka
Rafał Tyszka
Jarosław Waroszewski
Jerzy Weber
Przemysław Woźniczka

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY WE WROCŁAWIU
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska
WROCŁAW UNIVERSITY OF ENVIRONMENTAL AND LIFE SCIENCES
Institute of Soil Science and Environmental Protection

Bartłomiej Glina
UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów
POZNAŃ UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES
Department of Soil Science and Soil Protection

Jakub Kierczak
Artur Pędziwiatr
UNIWERSYTET WROCŁAWSKI, Instytut Nauk Geologicznych
UNIVERSITY OF WROCŁAW, Institute of Geological Sciences

Agnieszka Przybył
Mateusz Krupski
UNIWERSYTET WROCŁAWSKI, Instytut Archeologii
UNIVERSITY OF WROCŁAW, Institute of Archaeology

Grzegorz Kusza
UNIWERSYTET OPOLSKI, Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi
UNIVERSITY OF OPOLE, Department of Land Protection

Marian Marzec
BIURO URZĄDZANIA LASU I GEODEZJI LEŚNEJ, Oddział w Brzegu
BUREAU FOR FOREST MANAGEMENT AND GEODESY, Branch Brzeg

NOTATKI

NOTATKI

NOTATKI