

Badania terenowe

Poznanie gleby jest złożonym procesem, wymagającym przeprowadzenia badań terenowych i laboratoryjnych. Wyniki tych badań w połączeniu z wszechstronnymi informacjami o środowisku, w którym występuje gleba, a także o jego zmianach w przeszłości, stwarzają różne możliwości interpretacyjne, umożliwiając np. określenie kierunku i stopnia zaawansowania procesu glebotwórczego, wstępne ustalenie typologicznej przynależności gleby, ocenę jej zasobności i żyzności, określenie kompleksu rolniczej przydatności, klasy bonitacyjnej.

Badania terenowe są bardzo ważnym etapem w procesie poznawania gleby. Pozwalają one zapoznać się z budową profilu glebowego i podstawowymi właściwościami gleby oraz umożliwiają pobranie próbek glebowych do różnorodnych (standardowych i specjalistycznych) analiz wykonywanych w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem precyzyjnej aparatury. Użycie aparatury do badań właściwości gleby w warunkach terenowych ma ograniczone zastosowanie, a poznanie gleby odbywa się głównie przez wzrok i dotyk.

Terenowe prace gleboznawcze, zależnie od celu badań, mogą mieć różny przebieg. Istnieją jednak pewne elementy wspólne, od odpowiedniego przygotowania się do wyjścia w teren poczynając, a na opisie profilu i poborze próbek do analiz kończąc.

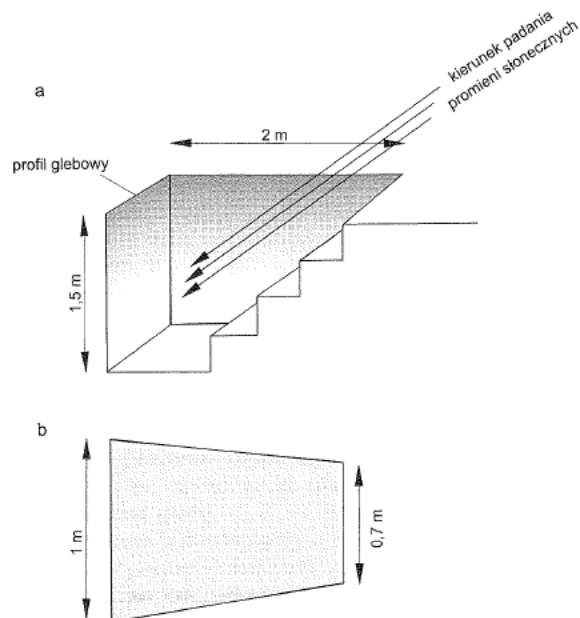
■ V.1. Przygotowanie do badań terenowych

Badania terenowe powinno poprzedzać zebranie i przestudiowanie literatury oraz materiałów kartograficznych dotyczących topografii, geomorfologii, litologii, hydrologii, szaty roślinnej, a także sposobu i historii użytkowania terenu. Nie należy pomijać, częściowo zdezaktualizowanych, kartograficznych opracowań gleboznawczych, którymi pokryty jest obszar Polski (patrz rozdz. XXIV). Na podstawie właściwej interpretacji dostępnych materiałów oraz znajomości ogólnych zależności między elementami środowiska przyrodniczego (glebotwórczego) a morfologią i właściwościami gleb można wstępnie przewidzieć dominujące składniki pokryw glebowej obszaru badań.

■ V.3. Lokalizacja i wykonanie odkrywki glebowej

Wybór miejsca odkrywki glebowej powinna poprzedzać lustracja terenu, a zwłaszcza obejrzenie naturalnych odsłoneń, skarp itp. umożliwiających rozpoznanie litologii terenu badań i zróżnicowania pokrywy glebowej. Dokładne badania gleb prowadzi się jednak w odkrywkach glebowych, czyli dołach kopanych do głębokości ok. 150 cm w agrocenozach, a w ekosystemach leśnych do głębokości ok. 200 cm. Gleby organiczne bada się do głębokości ok. 130 cm. Odkrywkę glebową (podstawową) powinno się zlokalizować w miejscu reprezentatywnym dla większego obszaru, możliwie jednorodnego pod względem rzeźby, litologii, stosunków wodnych i sposobu użytkowania. W wyborze miejsca odkrywki należy unikać bliskości zabudowań, dróg, rowów itp., ponieważ naturalny układ poziomów genetycznych w ich sąsiedztwie może być silnie zaburzony.

Przeciętne rozmiary odkrywki glebowej powinny być następujące: długość 180–200 cm, szerokość 70–100 cm i głębokość, zależnie od terenu badań, 150–200 cm. Węższą stroną odkrywki kopie się w ten sposób, że pozostawia się stopnie o wysokości 20–30 cm, które ułatwiają wejście do wykopanego dołu, przeprowadzenie badań i pobranie próbek do analiz (ryc. V-1). Po przeciwnej stronie stopni znajduje się pionowa ściana odkrywki (profil glebowy), która powinna być



Ryc. V-1. Kształt oraz wymiary standardowej odkrywki glebowej: a — widok z boku, b — rzut poziomy

tak usytuowana, by w momencie wykonywania opisu profilu i jego fotografowania nie była zacieniona. Bezpośrednio przed przystąpieniem do sporządzania dokumentacji należy ściąć cienką warstwę przesuszonego materiału, zwłaszcza w górnej części profilu, odsłaniając morfologię gleby w stanie naturalnego uwilgotnienia.

Podczas kopania odkrywki glebowej należy pamiętać o pewnych zasadach. W obszarach leśnych i na łąkach, w wyznaczonym miejscu odkrywki, odcina się szpadlem kostki powierzchniowej części gleby (ok. 20×20 cm) wraz z porastającą ją roślinnością i układa się je w pewnej odległości od odkrywki. Ułatwia to uporządkowanie terenu po zakończeniu prac. Materiał znajdujący się głębiej wyrzuca się jedynie na boki, nigdy nad ścianę czołową. Obszar sąsiadujący z przednią ścianą odkrywki powinien pozostać w takim stanie, w jakim znajdował się przed przystąpieniem do jej kopania.

Tak przygotowana odkrywka glebowa służy do wykonania opisu profilu glebowego, określenia podstawowych właściwości gleby oraz poboru próbek do dalszych, szczegółowych analiz laboratoryjnych, które umożliwią m.in. dokładne określenie pozycji systematycznej gleby i jej wartości użytkowej.

W zróżnicowanych warunkach środowiska przyrodniczego, zależnie od wielkości obszaru badań, wykonuje się kilka lub kilkanaście podstawowych odkrywek glebowych, charakteryzujących wszystkie odmienne sytuacje. W terenie urzeźbionym najlepszą metodą badania zróżnicowania gleb jest metoda transektów. Odkrywki glebowe lokalizuje się wzdłuż linii transektu poprowadzonego od wierzchołki danej formy do jej podnóża, a ściana czołowa wszystkich odkrywek powinna być usytuowana zgodnie z linią stoku (nie w poprzek).

Podczas prac kartograficzno-gleboznawczych oprócz odkrywek podstawowych kopie się płytsze odkrywki — zasięgowe (przeważnie do głębokości 40–70 cm), umożliwiające wyznaczenie granic między sąsiadującymi jednostkami glebowymi. Bardziej szczegółowo zasięgi gleb określa się na podstawie wierceń.

■ V.4. Opis profilu glebowego

Opis profilu glebowego składa się z dwu zasadniczych części: ogólnej i szczegółowej. W części ogólnej podaje się informacje dotyczące warunków środowiska, w których występuje badana gleba, natomiast część szczegółowa obejmuje wszechstronną charakterystykę gleby. Wszystkie informacje uzyskane podczas badań terenowych można umieścić na specjalnie przygotowanych formularzach (tab. V-1).

V.4.1. Informacje dotyczące położenia odkrywki glebowej

Wybrane miejsce do wykopania odkrywki glebowej należy zlokalizować na mapie topograficznej, określić współrzędne geograficzne, jeśli dysponujemy odbiornikiem GPS, i podać położenie względem charakterystycznych punktów terenu. Następnie opisuje się sposób użytkowania terenu (las, łąka, pole uprawne i in.), typ roślinności (wskazane byłoby wykonanie zdjęcia fitosocjologicznego, które umożliwi szczegó-



Ryc. V-4. Przykład indeksacji poziomów genetycznych w glebie płowej zbudowanej z materiału różnego pochodzenia

W indeksacji poziomów genetycznych, oprócz dużych liter alfabetu łacińskiego i w przypadku podpoziomów także cyfr arabskich, stosuje się również numerację rzymską uwzględniającą genetyczną heterogeniczność materiału występującego w profilu glebowym. W przypadkach obecności w profilu glebowym utworów różnego pochodzenia geologicznego o wyraźnych granicach nieciągłości litologicznej (np. poziom A i E utworzone z piasku zwałowego, a poziomy B i C z gliny zwałowej), każdy utwór oznacza się cyfrą rzymską, stawianą przed symbolem poziomu głównego. Powierzchniowy utwór (poziomy A i E), któremu odpowiada rzymska jedynka, nie jest numerowany, natomiast każdy następny, zalegający niżej otrzymuje kolejne numery II, III itd., np. A — E — IIB — IIC — IIIC (ryc. V-4).

Po sporządzeniu fotograficznej dokumentacji profilu glebowego wykonuje się jego rysunek w odpowiedniej skali, najlepiej kredkami, a następnie szczegółowo opisuje się zespół cech morfologicznych dostrzegalnych gołym okiem lub wyczuwalnych dotykiem w każdym wyróżnionym poziomie genetycznym. Należą do nich: miąższość poziomu, sposób przejścia jednego poziomu genetycznego w drugi, szacunkowy skład granulometryczny, barwa, struktura, stan uwilgotnienia, oglejenie, konkretne, pseudofibry, ślady działalności fauny glebowej (zooturbacje), ilość, wielkość i rozmieszczenie korzeni.

V.4.3. Miąższość poziomów genetycznych

Miąższość poziomu genetycznego określa się w centymetrach. W przypadku zróżnicowanej miąższości w analizowanym profilu podaje się wartość najmniejszą i największą oraz przeciętną, średnią (np. miąższość 15–25 cm, średnio 20 cm). Niezależnie od miąższości należy także podać głębokości zalegania danego poziomu, np. 0–25 cm, 55–75 cm.

W glebach leśnych punktem odniesienia pomiaru głębokości zalegania poszczególnych poziomów genetycznych jest strop mineralnej części gleby. Powyżej 0 cm znajduje się poziom organiczny (ektopróchnica), poniżej — mineralne poziomy glebowe. Takie podejście jest uzasadnione tym, że w niektórych ekosystemach poziom organiczny może mieć charakter okresowy lub zmienną miąższość w ciągu roku. Ponadto poziom ten jest często niszczone przez zwierzęta (głównie dziki). Zgodnie z przyjętą konwencją głębokość zalegania poziomu organicznego należy zapisać: np. 3–0 cm, miąższość 3 cm lub 11–9–0 cm, miąższość 9–11 cm, średnio 10 cm.

Po określeniu miąższości wszystkich poziomów genetycznych można wyznaczyć głębokość genetyczną i biologiczną gleby (patrz rozdz. II.5) oraz miąższość solum (suma miąższości poziomów genetycznych znajdujących się powyżej skały macierzystej).

Jeżeli wszystkie poziomy genetyczne analizowanej gleby, łącznie ze skałą macierzystą, zbudowane są z tego samego materiału pod względem genetycznym i granulometrycznym, to określa się ją mianem **gleby całkowitej**. W przypadku występowania w profilu glebowym materiału o różnym pochodzeniu geologicznym i najczęściej zróżnicowanym uziarnieniu, glebę określa się jako **niecałkowitą**.

Gleby wytworzone ze skał masywnych przyjęto dzielić zależnie od miąższości zwietrzliny na:

- płytkie — do 25 cm,
- średnio głębokie — 25–50 cm,
- głębokie — 50–100 cm,
- bardzo głębokie — ponad 100 cm.

W podziale gleb organicznych uwzględnia się miąższość materiału organicznego i wyróżnia:

- płytkie — do 80 cm,
- średnio głębokie — 80–130 cm,
- głębokie — ponad 130 cm.

Miąższość poszczególnych poziomów genetycznych i całego profilu gleby jest ważna w interpretacji ekologicznej wartości gleby, ocenie stopnia zaawansowania procesu glebotwórczego i wstępnym określeniu przynależności gleby do właściwej jednostki systematycznej.

V.4.4. Przejścia poziomów (granice)

W określeniu sposobu przejścia jednego poziomu genetycznego w drugi uwzględnia się szerokość strefy, w której następuje zmiana barwy między sąsiadującymi poziomami oraz przebieg (charakter) granicy między nimi.

zachowaniu się w stanie suchym i wilgotnym (tab. V-4). Badając glebę w stanie suchym rozciera się ją w palcach lub na dłoni i obserwuje, jakie ziarna w niej dominują, grubsze (piaszczyste) czy drobniejsze (pyłowe lub ilaste). Ponadto ważna jest szorstkość w dotyku. Gleba zawierająca piasek podczas rozcierania drażni skórę, natomiast gleba pyłowa przypomina w dotyku suchą mąkę. Badanie gleby w stanie wilgotnym polega na ocenie jej plastyczności i zdolności do waleczkowania. Gleby zbudowane z ilu, gliny ciężkiej lub średniej dają się formować w cienkie waleczki, niepekające podczas zginania. Gleby lżejsze są mniej plastyczne i z trudem się waleczkują, natomiast gleby piaszczyste kruszą się i nie dają się waleczkować. Oszacowane wstępnie w terenie uziarnienie materiału glebowego wymaga potwierdzenia i uściślenia w laboratorium (patrz rozdz. VI.2.1).

Umiejętność w miarę precyzyjnego wyznaczania gatunku gleby zdobywa się podczas badań gleb w terenie i porównań z wynikami badań laboratoryjnych. Jest ona szczególnie cenna w pracach kartograficznych i stanowi jeden z nieodzownych warunków poprawnego sporządzenia mapy glebowej.

Szczegółowy podział materiału glebowego na grupy granulometryczne według Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego przedstawiono w tabeli V-5.

Podane podziały materiału glebowego na frakcje (tab. V-3) i utworów glebowych na grupy granulometryczne (tab. V-5) obowiązują w Polsce od wielu dziesiętków lat. Były one m.in. podstawą konstruowania legendy do map glebowo-rolniczych, glebowo-siedliskowych itp., z których korzystają nie tylko gleboznawcy, lecz również praktycy i przedstawiciele innych dyscyplin naukowych. W niedługim czasie mogą one stracić aktualność, ponieważ będzie zalecany w polskim gleboznawstwie podział materiału glebowego na frakcje wg *Polskiej Normy PN-R-04033*.

Tabela V-6. Podział materiału mineralnego na frakcje granulometryczne (wg: Polska Norma PN-R-04033 1998)

Nazwa frakcji	Średnice ziaren w mm
Części szkieletowe	> 2,0
kamienie	> 75,0
żwir	75,0–2,0
Części ziemiste	< 2,0
Frakcje piaszkowe	2,0–0,05
piasek bardzo gruby	2,0–1,0
piasek gruby	1,0–0,5
piasek średni	0,5–0,25
piasek drobny	0,25–0,1
piasek bardzo drobny	0,1–0,05
Frakcje pyłowe	0,05–0,002
pył gruby	0,05–0,02
pył drobny	0,02–0,002
Frakcje ilaste	< 0,002
il gruby	0,002–0,0002
il drobny	< 0,0002

Zgodnie z nowymi propozycjami górna granica wielkości części ziemistych, a więc tej części gleby, w której wykonuje się wszystkie analizy laboratoryjne, została przesunięta z 1 mm do 2 mm (tab. V-6). W glebach wytworzonych z piasków wydmyowych, lessów czy ilów udział frakcji w przedziale 1–2 mm jest niewielki, w związku z czym istniejące dane analityczne można wykorzystywać do celów porównawczych. Niewątpliwie istotne różnice interpretacyjne dotyczą gleb bogatych w części szkieletowe w terenach górskich, a także gleb ukształtowanych z utworów morenowych lub wodnolodowcowych, które dominują na terenie naszego kraju.

V.4.6. Barwa

Barwa gleby (naturalna) jest to wrażenie wzrokowe wywołane przez odbitą od gleby widzialną część promieniowania słonecznego. Największy wpływ na zabarwienie gleby mają następujące jej składniki:

- próchnica (barwy czarne, szare, brązowoszare),
- związki żelaza (Fe^{3+} — barwy czerwone, pomarańczowe, żółte, rdzawe, brązowe, zależnie od stopnia uwodnienia; Fe^{2+} — barwy zielonkawe, niebieskawe, stalowoszare),
- związki manganu (barwy czarne, brązowe, niekiedy fioletoworóżowe),
- ziarna kwarcu oraz okruchy i kongregacje kalcytu lub gipsu (barwy białe).

Barwa jest ważną i najbardziej rzucającą się w oczy cechą morfologiczną gleby. Większość regionalnych nazw typów gleb wywodzi się od barwy charakterystycznych poziomów glebowych, np. czarnoziemy, smolnice, czarne ziemie, gleby rdzawe, brunatne, cynamonowe, kasztanowe, bielice, żółtoziemy, czerwonoziemy itd. W większości klasyfikacji gleb barwa jest zaliczana do kryteriów identyfikacyjnych, wyznaczających poziomy diagnostyczne gleb. Ponadto barwa może być wskaźnikiem ekologicznej wartości siedliska. Na jej podstawie można wnioskować o składzie mineralnym i chemicznym gleby oraz o stosunkach powietrzno-wodnych panujących w glebie. Na przykład obecność białego poziomu w górnej części gleby świadczy nie tylko o wymyciu z niego związków żelaza, lecz także o silnym zakwaszeniu gleby, niewielkiej zawartości składników odżywczych dla roślin i małej aktywności biologicznej. Przewaga natomiast barw brązowych w profilu związana jest często z dobrym natlenieniem gleby, zasobnością w składniki odżywcze i dużą aktywnością biologiczną gleby. Barwy niebieskawozielone świadczą o nadmiernym uwilgotnieniu i złej aeracji gleby.

Z barwą powierzchni gleby ściśle wiąże się zdolność pochłaniania promieniowania słonecznego i wypromieniowywania energii, a więc i temperatura powierzchniowych poziomów gleb, ponieważ pochłonięta energia promienista zamienia się w ciepło. W terenach odkrytych, zależnie od barwy, gleby pochłaniają 66–92% energii promienistej docierającej do ich powierzchni.

Barwy gleby mogą być jednolite i niejednolite. Wśród barw niejednolitych wyróżnia się:

- plamiste — na tle barwy przeważającej występują plamy o odmiennej barwie,

- językowane — odmienne zabarwienie występuje w kształcie pionowych zacieków,
- smugowate — na tle zasadniczej barwy występują mniej lub bardziej równoległe do powierzchni terenu smugi o innym zabarwieniu,
- marmurkowe — na tle mniej więcej jednolitej barwy występują jasne smugi wzdłuż szczelin i obumarłych korzeni roślin.

Ścisłe oznaczenie barwy gleby nie jest łatwe i w znacznym stopniu zależy od indywidualnych uzdolnień obserwatora.

W miarę obiektywne określenie barwy gleby umożliwia atlas kolorów według Munsella (*Munsell Soil Color Charts, Standard Soil Color Charts*). Zawiera on odpowiednio uporządkowane tablice wzorcowe, z którymi porównuje się rzeczywiste barwy gleby. Miejsce każdej barwy w atlasie wyznaczają trzy cechy (współrzędne) oznaczone następującymi umownymi symbolami literowymi i cyfrowymi (w atlasach Munsella stosowana jest terminologia angielska):

- **Hue** — określa barwy podstawowe: czerwoną (R), żółtą (Y), zieloną (G), niebieską (B) i fioletową (P); między nimi istnieją jeszcze barwy pośrednie, np. żółtoczerwona (YR), zielonożółta (GY) itp. Ponadto wyróżnia się wiele odcieni barw, np. w zakresie barwy żółtoczerwonej: 2.5YR, 5YR, 7.5YR i 10YR.
- **Value** — określa jasność lub czystość barwy; zwiększa się od najciemniejszej (1) do najjaśniejszej (8).
- **Chroma** — określa nasycenie (natężenie) danej barwy; od najsłabszego (1) do najintensywniejszego (8).

Tabela V-7. Minerale tlenkowe żelaza i ich środowisko glebowe (wg: SCHWERTMANN 1993)

Mineral	Barwa	Środowisko glebowe	Gleby
Goethyt $\alpha\text{-FeOOH}$	żółtawobrazowa 7.5YR–2.5Y	powstaje we wszystkich środowiskach, w których zachodzi proces chemicznego wietrzenia	wszystkie gleby, w których uwalniane są jony Fe
Hematyt $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	jasnoczerwona 7.5R–5YR	wysoka temperatura w glebie, mała aktywność wody, szybki rozkład materii organicznej, szybkie uwalnianie Fe podczas wietrzenia skał	gleby dobrze natlenione, tropiki i subtropiki z porą suchą
Lepidokrokit $\gamma\text{-FeOOH}$	pomarańczowa 5YR–7.5YR value ≥ 6	warunki redukcyjno-utleniające, utwory bezwęglanowe	gleby semihydrogeniczne w klimacie umiarkowanym (pseudogleje)
Ferrihydrit $5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	czerwonawo-brązowa 2.5YR–7.5YR value ≤ 6	szybkie utlenianie w warunkach utrudnionej krystalizacji (obecność materii organicznej)	gleby glejowe; poziom B w glebach bielcowych i bielich
Maghemit $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	barwa czerwona do brązowej 2.5YR–5YR	powstaje zwykle podczas pożarów roślinności	głównie gleby tropików i subtropików

Jeśli barwa porównywanej próbki gleby jest najbardziej zbliżona np. do wzorca umieszczonego w tablicy opatrzonej symbolem 10YR (*hue*), a jej wartość *value* wynosi 8 i *chroma* 6, to poprawny zapis jest następujący: 10YR 8/6 (ryc. V-6 na wkładce barwnej po s. 112). Każda barwa, poza symbolem, ma w tablicach swoje określenie słowne (w języku angielskim). W podanym przykładzie jest to barwa żółtopomarańczowa — *yellow orange*.

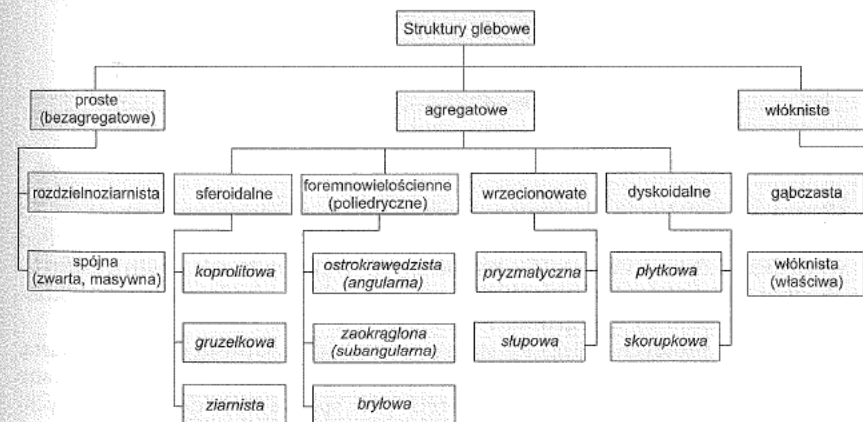
Określenia barwy dokonuje się oddzielnie dla próbek suchych i wilgotnych. W przypadku występowania w danym poziomie barw niejednorodnych, należy odrębnie określić barwę tła oraz plam, zacieków, smug itp., podając jednocześnie ich procentowy udział.

Warto na zakończenie wspomnieć o możliwościach identyfikacji różnych pedogenicznych tlenków żelaza na podstawie atlasu barw Munsella (SCHWERTMANN 1993). Ścisłe wyznaczone parametry barwy odpowiadają określonym minerałom tlenkowym żelaza i jednocześnie mogą być wskaźnikiem warunków przebiegu procesów glebotwórczych (tab. V-7).

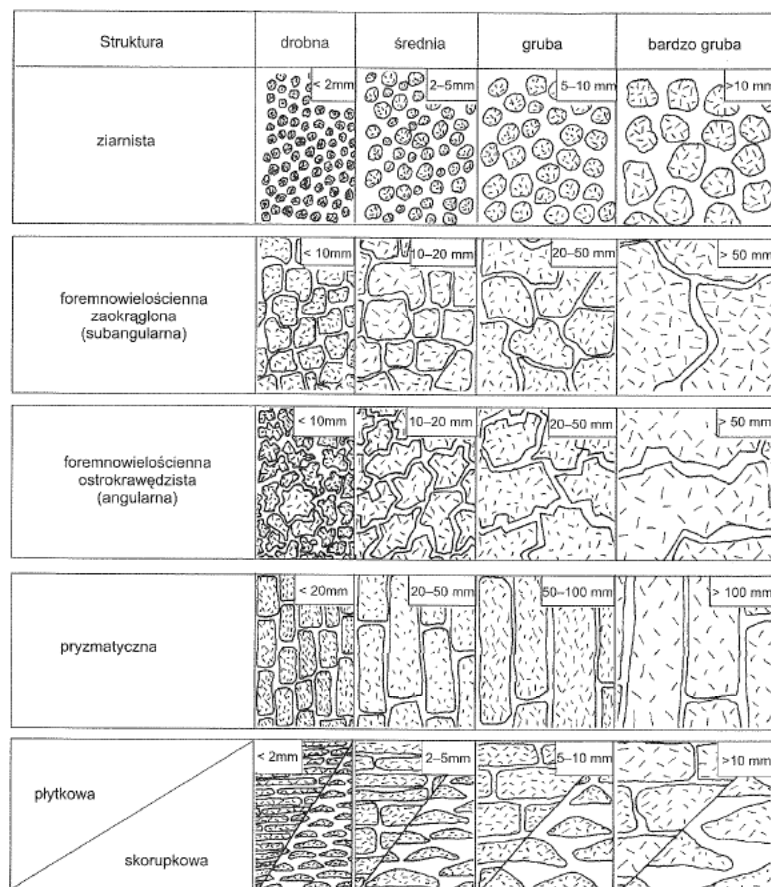
V.4.7. Struktura

Strukturą gleby nazywa się stan zagregowania elementarnych cząstek stałej fazy gleby z uwzględnieniem kształtu, wielkości, trwałości, sposobu wewnętrznego powiązania i przestrzennego układu oddzielnych fragmentów tworzących glebowego (mineralnego lub organicznego) dominujących w danej glebie (poziomie glebowym). Podczas badań terenowych struktury opisuje się według następujących cech:

- kształtu elementów strukturalnych i sposobu ich ułożenia w glebie — **typ struktury**;
- wielkości elementów strukturalnych — **rodzaj struktury**;



Ryc. V-7. Podział struktur glebowych



Ryc. V-8. Przykłady struktur agregatowych (wg: COURTY, GOLDBERG, MACPHAIL 1989)

- stopnia wykształcenia elementów strukturalnych w glebie oraz ich trwałości (odporności na działanie wody itp.) — **odmiana struktury glebowej**. Pod względem stabilności agregatów rozróżnia się strukturę trwałą i nietrwałą.

Według *Systematyki gleb Polski* (1989) wyróżnia się trzy zasadnicze **typy struktur**: proste (bezagregatowe), agregatowe i włókniste (ryc. V-7).

Do **struktur prostych** zalicza się strukturę rozdzielnosiarnistą i spójną (zwartą, masywną). Pierwszą z nich charakteryzują się gleby grubosiarniste (np. zbudowane ze żwirów lub z piasków luźnych), w których brak spoiwa (koloidów mineralnych, próchnicy i innych substancji wiążących) umożliwiające łączenie się poszczególnych ziaren w agregaty. Struktura spójna tworzy jednolitą masę glebową. Występuje

w niektórych glebach ciężkich, np. wytworzonych z ilów, które w stanie wilgotnym są plastyczne, a po wyschnięciu bardzo zwarte i twarde, lecz nie tworzące agregatów określonej wielkości i kształtu.

W **strukturach agregatowych** elementarne ziarna glebowe tworzą mniej lub bardziej trwałe skupienia określonego kształtu i wielkości, zwane **agregatami**. Wyróżnia się wśród nich struktury sferoidalne, foremnowielościennie (poliedryczne), wrzecionowate i dyskwoidalne (ryc. V-7). Nazwy typów struktur są zrozumiałe i nie wymagają specjalnych objaśnień. Przykłady struktur glebowych przedstawiono na rycinie V-8.

Struktury włókniste występują w glebach organicznych zbudowanych z torfów słabo lub średnio zhumifikowanych. Wśród nich wyróżnia się strukturę gąbczastą, charakterystyczną dla torfów mechowiskowych słabo rozłożonych, i strukturę włóknistą właściwą, specyficzną dla torfów turzycowiskowych i szuwarowych o słabym stopniu rozkładu.

W **glebach mineralnych**, zależnie od wielkości elementów strukturalnych, wyróżnia się następujące **rodzaje struktur**: bardzo drobną, drobną, średnią, grubą i bardzo grubą. Wielkości agregatów odpowiadające określonym typom struktury podano w tabeli V-8.

Tabela V-8. Podział struktur glebowych według kształtu agregatów, ich wielkości oraz trwałości (wg: *Systematyka gleb Polski* 1989)

A. Typy struktur glebowych według kształtu agregatów									
Struktura	koprolitowa	gruzelkowa	ziarnista	foremnowielościenna ostrokrawędzista	foremnowielościenna zaokrąglona	bryłowa	pryzmatyczna	slupowa	plytkowa skorupkowa
B. Rodzaje struktur według wielkości agregatów (mm średnicy)*									
bardzo drobna	1	1	1	5	5		10*	10*	1**
drobna	1-2	1-2	1-2	5-10	5-10	50	10-20	10-20	1-2
średnia	2-5	2-5	2-5	10-20	10-20	50-100	20-50	20-50	2-5
gruba	5-10		5-10	20-50	20-50	100-250	50-100	50-100	5-10
bardzo gruba	10		10	50	50	250	100	100	10
C. Odmiany struktur glebowych według stopnia wykształcenia i trwałości agregatów									
0. Struktura bezagregatowa 1. Struktura agregatowa słaba 2. Struktura agregatowa średnio trwała 3. Struktura agregatowa trwała									

* W strukturach pryzmatycznych i słupowych podaje się średnice agregatów.

** W strukturach płytkowej i skorupkowej podaje się grubości płytek.

Na podstawie stopnia wykształcenia i trwałości agregatów wydziela się cztery odmiany struktur glebowych:

- **struktura bezagregatowa** — występuje wówczas, gdy nie można dostrzec w masie glebowej ani agregatów, ani wyraźnie zaznaczonych naturalnych linii odspojenia. Jeżeli materiał jest zwięzły, strukturę określa się jako spójną, gdy materiał nie jest zwięzły, lecz sypki, wówczas strukturę określa się jako rozdzielnioziarnistą. Błędne jest więc określenie „gleba bezstrukturalna”.
- **struktura agregatowa słaba** — agregaty są słabo wykształcone, ledwo rozróżnialne w profilu. Materiał glebowy wydobyty z profilu glebowego i rzucony z pewnej wysokości (ok. 1 m) na gładką powierzchnię terenu rozpada się, tworząc mieszaninę niewielu trwałych agregatów, wielu agregatów rozkruszających się i przeważającej ilości materiału bezagregatowego.
- **struktura agregatowa średnio trwała** — agregaty są dobrze ukształtowane, wyraźne, ale średnio trwałe i nie dające się wyróżnić na wygładzonej ścianie profilu. Materiał glebowy wydobyty z profilu i rzucony na powierzchnię rozpada się na mieszaninę wielu wyraźnych agregatów, pewną ilość agregatów rozkruszających się i niewiele materiału bezagregatowego (np. struktura gruzelkowa w poziomie A gleb pływowych lub struktura foremnowielościenna w poziomie Bt tych samych gleb).
- **struktura agregatowa trwała** — ten stan strukturalności gleby charakteryzuje się obecnością trwałych agregatów, które są wyraźnie widoczne nawet w ścianie profilu glebowego. Agregaty słabo przylegają do siebie i są odporne na rozkruszanie. Materiał glebowy wydobyty z profilu i rzucony na powierzchnię terenu składa się głównie z agregatów naturalnych, niewielkiej ilości agregatów rozkruszonych i bardzo małej ilości materiału bezagregatowego (np. gruzelkowa struktura w czarnoziemach, czy słupowa struktura w słońcach).

W tabeli V-8 zestawiono podział struktur glebowych według kształtu agregatów (A), ich wielkości (B) oraz stopnia wykształcenia i trwałości (C). Po rozpoznaniu struktury w danym poziomie genetycznym opisuje się ją w kolejności B, A, C. Na przykład, gdy w poziomie próchnicznym występuje dobrze wykształcona, trwała struktura gruzelkowa o średniej wielkości agregatów 2–5 mm, wówczas zapisuje się: struktura średnia gruzelkowa trwała. Zdarza się, że w jednym poziomie genetycznym występują struktury mieszane. W takich przypadkach uwzględnia się najpierw strukturę przeważającą, a następnie uzupełnia opisem cech dodatkowych.

Typ struktury gleby ma duże znaczenie ekologiczne oraz jest jedną z ważnych cech diagnostycznych w systematyce gleb. Najkorzystniejsze warunki do rozwoju większości roślin stwarza w glebach mineralnych trwała struktura gruzelkowa lub kopolitowa, zapewniająca łatwość penetracji korzeni oraz dobre warunki aeracji nawet przy dużym nasyceniu gleby wodą. Wolne przestrzenie międzygruzelkowe umożliwiają swobodną wymianę gazów także wtedy, gdy woda wypełnia już wszystkie kapilary wewnątrz gruzelków. Zaletą tej struktury jest jej znaczna wodoodporność. Powstawaniu struktury gruzelkowej sprzyja działalność fauny glebowej oraz obecność w glebie odpowiedniej ilości koloidów mineralnych i organicznych, a także wielowartościowych kationów działających koagulujuco na te koloidy.

Tabela V-9. Podział utworów organicznych według stopnia zhumifikowania i związanej z nim struktury (wg: OKRUSZKO 1974, OKRUSZKO, PIĄSIK 1990)

Grupa	Stopień rozkładu	Struktura	Geneza utworu	Rozpoznawanie makroskopowe
R ₁	słaby H ₁ –H ₃ do około 30%	gąbczasta	torfy mszarne, mszysto-darniowe (torfy z mszakami)	wody w torfie dużo, wyciska się łatwo, przeważnie strumyczkiem, jest ona niemal czysta lub nieco zabarwiona na brązowo; ściśnięta masa nie wyciska się między palcami, brak amorficznego humusu
		włóknista	torfy turzycowiskowe, szuwarowe (torfy zielne, bez mszaków)	
R ₂	średni H ₄ –H ₆ 30–60%	amorficzno-gąbczasta	torfy mszysto-darniowe	woda wyciska się z torfu nielicznymi kropelkami lub spływa po dłoni w postaci mazistej, gęstej, ciemno zabarwionej cieczy; amorficzny humus wyraźnie widoczny, wyciska się między palcami zaciśniętej dłoni w ilości do 1/3 pobranej masy
		amorficzno-włóknista	torfy turzycowiskowe, szuwarowe, torfomasy szuwarowe	
		kawałkowa	torfy olesowe, brzezynowe	
R ₃	silny H ₇ –H ₁₀ ponad 60%	amorficzna	torfy różnej genezy, muły	wody nie można z torfu wycisnąć, zamiast niej wyciska się między palcami dłoni amorficzna masa humusowa w ilości od pół do całej pobranej próbki

Typy struktury w glebach organicznych, zależnie od stopnia rozkładu masy roślinnej oraz składu botanicznego roślinności torfotwórczej, zestawiono w tabeli V-9.

Stopień rozkładu torfów (R₁, R₂ i R₃), oznaczający ilościowy stosunek amorficznego humusu do włókna roślinnego zachowanego w masie torfowej, jest głównym

Tabela V-10. Charakterystyczne poziomy genetyczne w glebach torfowo-murszowych (wg: OKRUSZKO, PIĄSIK 1990)

Poziom		Morfologia poziomu
Symbol	Nazwa	
M ₁	darniowy	masa glebowa spojona korzeniami roślin, struktura od amorficznej przez gruzelkową do drobnoziarnistej, prozkowej; w glebach ornich struktura zwykle jednolita w całej warstwie objętej uprawą
M ₂	poddarniowy	struktura masy glebowej ziarnista, rzadziej gruzelkowa; wielkość ziaren od 2–4 mm w górnej części do 5–10 mm w dolnej; ziarna masy glebowej tworzy prawie wyłącznie amorficzny humus
M ₃	przejściowy	masa glebowa ma strukturę torfu, który ulega przeobrażeniu głównie w wyniku kurczenia się i pęcznienia materiału; pomiędzy powstałymi w ten sposób bryłkami lub agregatami występuje amorficzny humus

Tabela V-11. Podział gleb torfowych na podstawie stadium zaawansowania procesu murszenia (wg: OKRUSZKO, PIAŚCIK 1990)

Stadium zmurszenia	Obecność poziomów genetycznych	Łączna miąższość warstwy murszowej [cm]	Charakterystyczne cechy
Mt I słabe	M ₁ M ₂ w zaczątku	do 20	przeważnie słabe rozziarnienie murszu, silne związanie poziomu M korzeniami roślin, obecność storfiatego włókna w murszu
Mt II średnie	M ₁ -M ₂ M ₃ w zaczątku	najczęściej 20-35	znaczna miąższość murszu; bezpośrednie przejście od murszu do podścielającego go utworu macierzystego
Mt III silne	M ₁ -M ₂ -M ₃	ponad 30	wyraźnie wykształcony poziom przejściowy M ₃ , struktura gruboprzyrmatyczna, szczelinowa świadcząca o znacznym przesychaniu gleby w warstwie podkorzeniowej

kryterium charakteryzującym właściwości wodne gleb torfowych. Od stopnia rozkładu torfu zależy objętość oraz wielkość porów glebowych decydujących o zdolnościach magazynowania wody przez torf, jej dostępności dla roślin oraz o przewodnictwie wodnym torfu, obejmującym także efektywne podsiąkanie kapilarne.

Stopień zmurszenia gleb organicznych, związany z intensywnością odwodnienia siedliska, określa się na podstawie obecności specyficznych poziomów murszowych (tab. V-10) odzwierciedlających stadium zaawansowania procesu murszenia oraz miąższości warstwy objętej tym procesem (tab. V-11).

V.4.8. Stan uwilgotnienia

Badania terenowe są jedyną okazją obserwowania gleby w stanie naturalnego uwilgotnienia. Jednak wilgotność gleby jest cechą zmienną, zależną od aktualnych warunków pogodowych. Od stanu uwilgotnienia gleby zależą takie jej cechy jak barwa, konsystencja, plastyczność. Wyróżnia się następujące stany uwilgotnienia gleby:

- **suchy** — dotykając gleby nie wyczuwa się wilgoci, materiał się kruszy lub rozpyla; w tym stanie wilgotności gleba zawiera niemal wyłącznie wodę higroskopijną, w warunkach laboratoryjnych ten stan odpowiada glebie powietrznie suchej;
- **świeży** — w dotyku gleba wydaje się chłodna, ale nie jest ani sucha (nie kruszy się), ani wilgotna (po ściśnięciu nie zwilża palców lub bibuły);
- **wilgotny** — za dotknięciem gleba przywiera do ręki, zawarta w niej woda zwilża palce lub bibułę, lecz po ściśnięciu gleby woda nie wycieka; w tym stanie uwilgotnienia gleby gliniaste, ilaste i niektóre utwory pyłowe wykazują plastyczność;
- **mokry** — woda wycieka z gleby (bez nacisku), wszystkie jej przestwory są wypełnione wodą; gleba w tym stanie rozmazuje się w palcach.

V.4.9. Typ gospodarki wodnej

Woda glebowa z rozpuszczonymi w niej substancjami mineralnymi, organicznymi i gazowymi jest jednym z najważniejszych czynników życia roślin. Ilość wody, jaką może utrzymać gleba, zależy od jej uziarnienia i zawartości materii organicznej.

Głównym źródłem wody dla roślin są opady atmosferyczne, a w glebach hydrogenicznych i semihydrogenicznych także wody gruntowe. Rozchód wody odbywa się poprzez spływ powierzchniowy, odpływ wgłębny, parowanie i transpirację przez rośliny. Gospodarka wodna gleby zależy więc od przychodu, przemieszczania (kierunku i szybkości ruchu roztworów glebowych) i rozchodu wody glebowej. Typy gospodarki wodnej gleb szczegółowo omówiono w rozdziale XXI.

V.4.10. Oglejenie

W glebach (lub poziomach glebowych) nadmiernie wilgotnych, o utrudnionym wskutek tego dostępie powietrza, zachodzą procesy zwane **procesami glejowymi**. Są to procesy biochemiczne o różnym nasileniu, polegające na redukcji niektórych glebowych związków mineralnych oraz dające się wizualnie zaobserwować dzięki przemianom $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ i $Mn^{4+} \rightarrow Mn^{3+} \rightarrow Mn^{2+}$. Morfologicznym efektem tych procesów jest obecność w glebie barw o odcieniu niebieskawym, zielonkawym lub stalowoszarym, pochodzących od związków żelaza zredukowanego do formy dwuwartościowej. Substancje, których rozpuszczalność wzrasta na niższych stopniach utlenienia (np. związki żelaza, manganu) mogą być w wyniku oglejenia wymywane z gleby lub, w pewnych warunkach (znaczne zmiany wilgotności), mogą się skupiać w konkrekcje. Zależnie od pochodzenia wody powodującej niedostatek tlenu w glebie rozróżnia się oglejenie opadowo-wodne lub gruntowo-wodne. Gleby, w których występują jednocześnie cechy oglejenia opadowo-wodnego i gruntowo-wodnego, nazywa się **amfiglejami**.

W profilach glebowych wyróżnia się następujące formy oglejenia:

- **plamiste** — charakteryzuje się występowaniem sporadycznych plam na tle zasadniczej barwy gleby;
- **zaciekowe** — najczęściej powstaje wzdłuż kanałów pokorzeniowych i przejawia się w postaci pionowych smug i zacieków; oglejenie zaciekowe, podobnie jak plamiste, nie pogarsza w istotny sposób warunków prawidłowego rozwoju roślin;
- **marmurkowate** — jest rezultatem dalszego rozwoju oglejenia plamistego i zaciekowego; plamy i zacieki łącząc się ze sobą tworzą mozaikę barw niebieskozielonych na tle zasadniczej barwy gleby;
- **całkowite** — stanowi dalszy stopień rozwoju oglejenia; cały poziom objęty procesem redukcji odznacza się jednolitą barwą niebieskozieloną.

Oglejenie marmurkowate, a zwłaszcza całkowite, świadczy o niekorzystnych warunkach dla rozwoju korzeni roślin, tj. o nadmiernym uwilgotnieniu, złej aeracji gleby i niedoborze tlenu.

Jeżeli przejawy procesu glejowego widoczne są w profilu glebowym na styku

poziomów różniących się uziarnieniem i sprzyjających okresowemu stagnowaniu wód zaskórnych, to oglejenie określa się jako **kontakto**we.

Terenowa ocena aktualnie przebiegających procesów oglejenia jest możliwa dzięki zastosowaniu jednego z dwóch odczynników: roztworu $K_3Fe(III)(CN)_6$ lub 0,2% roztworu α, α -dipirydyli w 10% kwasie octowym, służących do wykrywania zredukowanych form żelaza (patrz rozdz. XVIII).

V.4.11. Konkrecje

Konkrecje (nowotwory glebowe), to wyróżniające się morfologią i składem chemicznym, obce pierwotnemu tworzywu gleby, różnokształtne skupienia mineralne lub organiczno-mineralne, spojone substancjami wytrąconymi z roztworów glebowych. Geneza konkrecji jest ściśle związana z procesami glebotwórczymi. Zależnie od składu chemicznego wyróżnia się nagromadzenia soli łatwiej rozpuszczalnych w zimnej wodzie niż gips, konkrecje gipsowe, węglanowe, żelaziste, manganowe i krzemionkowe.

Nagromadzenia soli łatwiej rozpuszczalnych w zimnej wodzie niż gips spotyka się w glebach klimatów semiaridowego i aridowego. Występują one w postaci nalotów, zacieków, plamek, żyłek lub wykwitów $NaCl$, Na_2SO_4 , $CaCl_2$ i $MgCl_2$. Często tworzą też białe, zbite skorupy na powierzchni gleb (np. solonczaków i takyrów).

Konkrecje gipsowe ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) występują również w glebach klimatów semiaridowego i aridowego w postaci białych nalotów, cętek, żyłek i kryształków gipsu. Niekiedy wykształcone są w postaci nibygrzybni (pseudomyceliów). Konkrecje gipsowe spotyka się często w szaroziemach, glebach kasztanowych i cynamonowych.

Konkrecje węglanowe występują w glebach Polski wytworzonych z materiału zasobnego w $CaCO_3$ (głównie gliny, lessy, ily). Wykształcone bywają w postaci skupień różnej wielkości: mikrokonkrecji, rurek wokół korzeni, białych oczek (tzw. bielogłazek), kukielek zwanych też lalczkami (głównie w lessach), warstewek, smug oraz nibygrzybni (pseudomyceliów).

Wytrącenia związków żelaza oraz związków żelaza i manganu, często z domieszką związków organicznych, tworzą w glebach konkrecje różnego kształtu i różnej wielkości. Występują w postaci bardzo drobnych kulistych wytrąceń o barwie ciemnobrązowej, niekiedy czarnej, zwanych pieprzami glebowymi (konkrecje żelazisto-manganowe), większych wytrąceń o różnym kształcie (tzw. fasolki, groszki, orzeszki), a także dużych nieregularnych brył. Ich obecność świadczy o panowaniu w glebach, obecnie lub w przeszłości, bardzo zmiennych warunków wodno-powietrznych.

Inną formą konkrecji żelazistych (niekiedy z pewnym udziałem manganu) są rurki przykorzeniowe, które często spotyka się wokół korzeni w glebach zbudowanych z różnych utworów, zarówno piaszczystych, jak i gliniastych. W badaniach paleopedologicznych obecność tego typu konkrecji jest ważną cechą diagnostyczną umożliwiającą odróżnienie gleb kopalnych (często ogłowionych) od utworów nieglebowych (warstw litogenicznych).

W glebach piaszczystych (rdzawych i bielcowych) oraz w niektórych glebach wytworzonych z glin (np. płowych) wytrącenia związków żelaza występują w postaci kilku- lub kilkunastumilimetrowych poziomych, lekko pofałdowanych warstewek, zwanych wstęgami iluwalnymi, pseudofibrami lub lamellami. Wyróżniają się one od tła specyficznym rdzawobrunatnym, niekiedy czerwawobrunatnym zabarwieniem oraz drobniejszym składem granulometrycznym (PRUSINKIEWICZ i in. 1998). Ich obecność w glebach piaszkowych nie stanowi mechanicznej przeszkody dla korzeni roślin. Bardzo często korzenie rozrastają się wewnątrz pseudofibrów, czerpiąc z nich wodę i składniki pokarmowe.

W profilach gleb o wysokim poziomie wody gruntowej występują często cienkie, poziome warstewki żelaziste o barwie rdzawej, podobne nieco do pseudofibrów, lecz ich geneza jest związana z wahaniami poziomu wody gruntowej i wytrącaniem związków żelaza w strefie aeracji.

Jeszcze inną formą konkrecji jest orsztyń (błędnie utożsamiany niekiedy z rudawcem), który występuje w silnie zbielcowanych glebach bielcowych, bielcach i glejobielicach. Stanowi on twardą, ciemnobrunatną lub rdzawą część poziomu iluwalnego zwykle mocno scementowaną substancjami humusowymi wmytymi z poziomów nadległych oraz związkami glinu, żelaza, manganu, fosforu itd. W glejobielicach część związków żelaza i manganu może pochodzić z wytrąceń z wody gruntowej. Ze względu na scementowanie oraz na duże stężenia toksycznych jonów glinu i manganu orsztyń jest mechaniczną i chemiczną przeszkodą w rozwoju korzeni drzew leśnych (PRUSINKIEWICZ, KRZEMIEN 1974).

W obniżeniach terenu, w warunkach bliskiego poziomu wód gruntowych zasobnych w rozpuszczalne związki żelaza, w strefie wysokich potencjałów redoks, tworzą się rudy darniowe (rudy łąkowe, rudawce) i rudy bagienne. Są to wytrącenia uwodnionych tlenków żelaza (ferrihydryt, goethyt), które wraz z domieszką koloidalnej krzemionki, frakcji ilastej czy fosforanów spajają okruchy mineralne i szczątki organiczne tworząc różnej wielkości czarnobrunatne bryły lub trudne do przebiccia warstwy. Rudy te zawierają niekiedy domieszki wiwianitu, nadającego im niebieskawe zabarwienie. W niektórych sytuacjach, np. w porach i szczelinach pozostałych po rozłożonych szczątkach organicznych, gdy nagromadzenie wiwianitu jest względnie duże, wyróżnia się specjalną odmianę rud darniowych — rudy wiwianitowe (RATAJCZAK, SKOCZYŁAS 1999). Rudy darniowe bywają traktowane jako skały macierzyste dla specyficznych gleb żelazowych (CZERWIŃSKI, KACZOREK 1996).

Wytrącenia krzemionkowe spotyka się w glebach stosunkowo bogatych we frakcję ilastą, np. w glebach opadowo-glejowych, wylugowanych czarnoziemach, szarych glebach leśnych i solodziach. Tworzą one białe naloty na agregatach i wewnątrz porów glebowych, zwane często „osypką” lub „przysypką krzemionkową”. W skład nalotów nie wchodzi jednak wyłącznie bezpostaciowa lub skrytokrystaliczna krzemionka, jakby to wynikało z nazwy, lecz również drobne ziarna kwarcu i skaleni, pozbawione otoczek próchnicznych i związków żelaza. Obecność typowych wytrąceń krzemionkowych stwierdzono np. w bardzo starych trzeciorzędowych bielcach kopalnych w Bełchatowie (MANIKOWSKA, BEDNAREK 2002). Silne scementowanie materiału mineralnego bezpostaciową krzemionką jest w tych glebach efektem przemian diagenetycznych, które nastąpiły po przykryciu ich grubą warstwą osadów czwartorzędowych.

V.4.12. Ślady obecności fauny glebowej

Obecność cech związanych z działalnością życiową fauny glebowej w profilach gleb jest dobrym wskaźnikiem ich żyzności i aktywności biologicznej. Do najczęściej występujących śladów obecności fauny w glebach należą chodniki dżdżownic i kretowiny. Chodniki dżdżownic sięgają niekiedy do znacznych głębokości w profilu glebowym. Szczególnie dobrze widoczne są poniżej poziomu próchnicznego, gdzie tworzą pionowe kanaliki o barwie ciemnobrązowej do czarnej na tle jaśniejszego materiału mineralnego. Znaczenie tych chodników, zwłaszcza w materiale ciężkim, jest bardzo duże, ponieważ ułatwiają one drenowanie gleby i jej przewietrzanie. Większymi formami morfologicznymi związanymi z działalnością fauny glebowej są kretowiny. Są to opuszczone chodniki kręgowców (np. kretów, susłów, chomików) bytujących niegdyś w danym poziomie gleby, wypełnione materiałem z innych poziomów lub z tego samego poziomu, lecz o zmienionej strukturze. Kretowiny występujące w poziomie próchnicznym są zwykle zabarwione jaśniej niż tło, natomiast znajdujące się głębiej, w postaci gniazd próchnicznych, wyróżniają się zabarwieniem ciemniejszym od barwy danego poziomu. Są one szczególnie charakterystyczne dla czarnoziemów. Obecność kretowin w glebach współcześnie porośniętych roślinnością leśną (np. w szarych glebach leśnych) jest interpretowana jako cecha reliktoowa, świadcząca o zmianie warunków środowiska.

Wyraźnym śladem obecności fauny glebowej w profilu glebowym są także koprolity, czyli stałe odchody różnych zwierząt glebowych, szczególnie dżdżownic. Występują one w postaci małych, zaokrąglonych bryłek na powierzchni gleby, przykrywając pionowe korytarze dżdżownic, a także w obrębie poziomu próchnicznego, tworząc specyficzną strukturę koprolitową. W poziomach organicznych gleb leśnych występują dość licznie koprolity roztoczy.

Wszystkie zaburzenia ciągłości poziomów genetycznych spowodowane przemieszczaniem się w glebie organizmów zwierzęcych nazywa się **zooturbacjami**.

Należy dodać, że duże ssaki nie bytujące w glebie (np. jelenie, dziki) także wywierają wpływ na morfologię powierzchniowych poziomów w glebach leśnych. Przykładem może być silne zróżnicowanie miąższości poziomu organicznego związane z buchtowaniem dzików lub obecność słabo rozłożonego opadu roślinnego w poziomie próchnicznym spowodowana wdeptywaniem go przez duże ssaki roślinożerne (BIAŁY 2001).

V.4.13. Występowanie korzeni

Podczas opisu profilu glebowego należy zwrócić uwagę na głębokość występowania głównej masy korzeni oraz na głębokość zasięgu pojedynczych korzeni. Wprawdzie są to cechy genetyczne poszczególnych gatunków roślin, niemniej jednak charakterystyka systemu korzeniowego, w połączeniu z wynikami analiz innych cech gleby pozwala określić jej właściwości ekologiczne i wyznaczyć te czynniki, które wpływają dominująco na rozwój roślin. W glebach naturalnych lub quasi-naturalnych ma to dużo większe znaczenie w ocenie jakości gleby niż w glebach uprawnych.

Z reguły główna masa korzeni skupiona jest w poziomie próchnicznym, najbardziej zasobnym w składniki pokarmowe. Pojedyncze korzenie wyznaczają głębokość biologiczną gleby, choć w starych drzewostanach sięga ona zwykle znacznie głębiej, niż to można stwierdzić w odkrywce glebowej.

Szczegółowa charakterystyka rozmieszczenia korzeni w poszczególnych poziomach genetycznych uwzględnia liczbę korzeni w 1 dm³ gleby oraz ich grubość (tab. V-12).

Tabela V-12. Średnia liczba korzeni w 1 dm³ oraz ich grubość (wg: Guidelines for soil profile description 1990)

Liczba korzeni		Grubość korzeni (średnica w mm)	
bardzo mała	1–20	bardzo cienkie	<0,5
mała	20–50	cienkie	0,5–2
średnia	20–50	średnie	2–5
duża	>200	grube	>5

V.4.14. Domieszki materiału obcego (nieglebowego)

W profilach gleb niekiedy występują domieszki materiału obcego, nie wykazujące żadnych genetycznych powiązań z procesem glebotwórczym. Są to najczęściej domieszki związane ze współczesną i dawną działalnością człowieka (antropogeniczne), tj. różne przypadkowe przedmioty codziennego użytku i okrucy cegieł, a także cenne zabytki archeologiczne (fragmenty ceramiki, krzemienne narzędzia, monety, koraliki itp.). Te ostatnie występują w warstwach kulturowych, pokrywających się z reguły z poziomami genetycznymi i umożliwiają dość dokładne wyznaczenie okresu pedogenezy czy wieku pewnych cech morfologicznych widocznych np. tylko w warstwach kulturowych.

Węgla drzewne (ślady po pożarach), występujące zwłaszcza w poziomach próchnicznych gleb kopalnych, także zalicza się do obcych domieszek. Ich znaczenie w określaniu czasu przemian środowiska oraz okresów pedogenezy jest nie mniejsze niż artefaktów archeologicznych. Są one dobrym materiałem do datowania metodą radiowęgla ¹⁴C.

V.4.15. Typ próchnicy glebowej

Podczas badań terenowych prowadzonych w ekosystemach leśnych ważne jest określenie typu próchnicy. Podstawą wyróżniania typu próchnicy jest sekwencja poziomów i podpoziomów organicznych i mineralno-organicznych w przypowierzchniowych częściach profilu glebowego. Układ tych poziomów jest odzwierciedleniem m.in. warunków troficznych panujących w danym siedlisku. Wyróżnia się trzy zasadnicze typy próchnic leśnych: mull, moder, mor, a także typy o cechach przejściowych, np. modernor, modernull (PRUSINKIEWICZ 1988). Szczegółową

charakterystykę typów próchnic przedstawiono w rozdziale X.3.1. Tutaj zostanie podana sekwencja poziomów odpowiadająca głównym typom próchnic.

Mull (Ol-A) jest to typ próchnicy leśnej zasobnych, biologicznie aktywnych siedlisk. Charakteryzuje się obecnością cienkiego (1–2 cm) podpoziomu surowinowego (Ol) i dobrze rozwiniętego poziomu próchnicznego (A), osiagającego niekiedy miąższość kilkudziesięciu centymetrów. Ten typ próchnicy występuje w najżyźniejszych glebach leśnych, np. w czarnych ziemiach, glebach brunatnych, madach brunatnych.

Mor (Ol-Of-Oh-(A)-Bh-Bhfe) jest typem próchnicy siedlisk ubogich. Odznacza się obecnością grubego poziomu organicznego, zróżnicowanego najczęściej na trzy podpoziomy: surowinowy (Ol), butwinowy (Of) i epihumusowy (Oh) oraz niewielką miąższością lub brakiem poziomu próchnicznego (A). Endopróchnica występuje natomiast w poziomie wzbogacania *spodic* (Bh, Bhfe). Typ próchnicy mor wykształcony w klasycznej postaci występuje w bielicach i glebach bielicowych.

Próchnica typu **moder** (Ol-Ofh-A) wykazuje cechy pośrednie między typami mull i mor. Poziom organiczny w tym typie próchnicy nie tworzy warstw zbyt grubych, ani zbyt silnie „sfilcowanych”, czym wyraźnie różni się od typu mor, i składa się z podpoziomów: surowinowego (Ol) i detrytusowego (Ofh). Poziom próchniczny (A) osiąga miąższość do kilkunastu centymetrów.

Modermull (detrytomull) jest przejściowym typem próchnicy leśnej, wykazującym prócz dominujących cech typu mull obecność słabo rozwiniętego podpoziomu detrytusowego (Ofh), charakterystycznego dla typu moder.

Modermor jest także przejściowym typem próchnicy leśnej, wykazującym nakładanie się w jednej glebie cech charakterystycznych dla typów moder i mor.

V.5. Terenowe metody szacowania niektórych chemicznych właściwości gleb

Po wykonaniu opisu profilu glebowego z uwzględnieniem przedstawionych wyżej charakterystyk i sporządzeniu fotograficznej dokumentacji można przystąpić do terenowego, szacunkowego oznaczania niektórych chemicznych cech gleby.

V.5.1. Odczyn

Do oznaczeń odczynu gleby w warunkach terenowych powszechnie używany jest w Polsce pehametr Hellige'a. Składa się on z porcelanowej lub plastikowej płytki z zagłębieniem na glebę połączonym z rowkiem, skali barw odpowiadającej określonym wartościom pH, indykatora, tj. odczynnika zmieniającego barwę zależnie od stężenia jonów wodorowych w glebie, oraz łyżeczki. Skalę barwną tworzy pięć kolorów odpowiadających następującym wartościom:

• ciemnoczerwony	pH ≤ 4 (odczyn bardzo kwaśny),
• jasnoczerwony	pH 5 (odczyn kwaśny),
• żółty	pH 6 (odczyn lekko kwaśny),
• jasnozielony	pH 7 (odczyn obojętny),
• ciemnozielony	pH ≥ 8 (odczyn zasadowy).

Metoda kolorymetryczna Hellige'a umożliwia oznaczenie pH gleby z dokładnością do 0,5 jednostki. Niewielką ilość gleby pobraną z określonego poziomu genetycznego umieszcza się w okrągłym zagłębieniu płytki, ugniata lekko plastikową łyżeczką lub szklaną bagietką a następnie dodaje się kroplami indykator aż do całkowitego zwilżenia gleby i utworzenia cienkiej warstewki płynu nad glebą. Po kilku minutach przechyla się płytkę tak, by roztwór przelał się do podłużnego rowka. Zabarwienie roztworu porównuje się ze skalą barw i odczytuje wartość pH. Należy pamiętać o zachowaniu odpowiednich proporcji odczynnika do gleby, a także i o tym, by nie mieszać gleby np. znajdującą się w zasięgu ręki gałązką lecz szklaną bagietką lub przez wstrząsanie płytką. Oznaczenia pH wykonuje się w próbkach reprezentujących wyróżnione poziomy genetyczne. Odczynnik Hellige'a daje zwykle wartości pH pośrednie między pH w H₂O a pH w KCl zmierzone metodą potencjometryczną w laboratorium (patrz rozdz. VI.2.5).

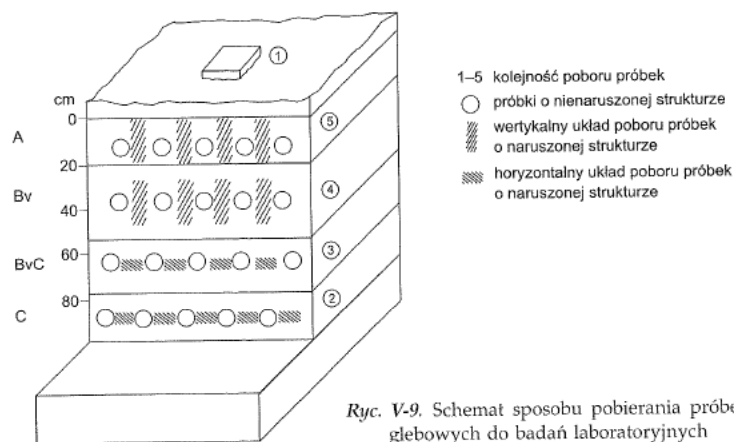
V.5.2. Obecność węglanów

Węglany mogą występować w glebie o odczynie zasadowym lub zbliżonym do obojętnego. Niekiedy grudki wapna nawozowego lub okruchy naturalnych węglanów spotyka się nawet w glebach o odczynie umiarkowanie kwaśnym. Na podstawie reakcji gleby z 10% kwasem solnym można w przybliżeniu określić procentową zawartość węglanów:

burzenie	orientacyjna zawartość węglanów [%]
brak	< 1
słabe	1–3
silne lecz krótkie	3–5
silne i długie	> 5

V.6. Pobieranie próbek do standardowych analiz laboratoryjnych

Standardowe analizy glebowe wykonuje się w próbkach o naruszonej strukturze (uziarnienie, zawartość węgla organicznego i azotu ogółem, odczyn, zawartość węglanów itd.) i w próbkach o nienaruszonej strukturze (gęstość objętościowa, a przy okazji wilgotność aktualna). Wyniki tych analiz muszą być poprawne, ponieważ są podstawą oceny jakości gleby rozpatrywanej pod różnym kątem. Poprawność ta zależy nie tylko od wiarygodności laboratorium, w którym wyniki



Ryc. V-9. Schemat sposobu pobierania próbek glebowych do badań laboratoryjnych

uzyskano, ale oczywiście od sposobu pobrania próbek glebowych w terenie. Interpretacyjna wartość wyników wszechstronnych i wiarygodnych analiz glebowych jest znikoma, jeśli próbki do tych analiz zostały nieprawidłowo pobrane. Istnieją pewne zasady, których należy przestrzegać podczas poboru próbek:

- Każda próbka powinna reprezentować określony poziom genetyczny; nie należy więc mieszać różnych poziomów ze sobą, kierując się arbitralnie przyjętymi głębokościami (np. 0–20 cm, 20–40 cm itd.).
- Aby uniknąć zanieczyszczenia niższych partii profilu podczas pobierania próbek z wyższego poziomu, należy pobierać materiał do analiz w następującej kolejności: najpierw poziom organiczny, potem poziom najgłębszy i kolejno coraz płytsze (ryc. V-9).
- Z każdego wyróżnionego poziomu genetycznego najpierw pobiera się próbki o nienaruszonej strukturze, następnie próbki o naruszonej strukturze.

V.6.1. Poziomy organiczne

Do poboru próbek z poziomu organicznego w glebach leśnych wykorzystuje się metalowe ramki (np. 20×20 cm lub 25×25 cm). Po zmierzeniu miąższości poszczególnych podpoziomów pobiera się, z powierzchni ograniczonej ramką, materiał organiczny do oddzielnych płóciennych woreczków. Do każdego woreczka wkłada się odpowiednio przygotowaną metryczkę. Podczas pobierania próbek przydatna jest kuweta (w której umieszcza się materiał reprezentujący dany podpoziom) oraz szeroki, ostry nóż umożliwiający odcięcie materiału organicznego, często przerośniętego korzeniami roślin runa. Dzięki pobranym w ten sposób próbkom z poziomu organicznego można wyznaczyć ich objętość, a po wysuszeniu w temperaturze 65°C i zważeniu — gęstość objętościową. Umożliwia to przeliczanie późniejszych wyników analiz, np. węgla organicznego czy azotu ogółem wyrażonych w jednost-

kach wagowych na określoną objętość gleby, a także obliczanie zasobów tych składników przypadających na jednostkę powierzchni i do określonej głębokości.

Ze względu na dużą zmienność miąższości i innych właściwości poziomu organicznego gleb leśnych (patrz rozdz. X.2) próbki najlepiej pobierać w 5 powtórzeniach, a po określeniu średniej gęstości objętościowej, do analiz chemicznych połączyć materiał pochodzący z tych samych podpoziomów. Jeżeli nie ma możliwości pobrania próbek z poziomu organicznego za pomocą ramki, wówczas można zebrać materiał reprezentujący wyróżnione podpoziomy z kilku miejsc w najbliższym sąsiedztwie odkrywki glebowej. Nie pozwoli to już jednak oznaczyć gęstości objętościowej. Należy podkreślić, że każdy podpoziom dający się morfologicznie wyróżnić w ektopróchnicy, stanowi przedmiot odrębnych analiz. Nie można więc pobierać jednej próbki reprezentującej cały poziom organiczny, jak to jest niekiedy praktykowane. Wyjątek stanowią gleby leśne charakteryzujące się typem próchnicy mull, w których poziom organiczny wykształcony jest tylko w postaci surowiny.

V.6.2. Poziomy mineralne

V.6.2.1. Próbki o nienaruszonej strukturze

Próbki o nienaruszonej strukturze, czyli z zachowaniem naturalnej struktury gleby, pobiera się z każdego poziomu genetycznego w 4 lub 5 powtórzeniach za pomocą ponumerowanych metalowych cylinderek o objętości 100 cm³ lub 250 cm³. Pobieranie próbek powinno rozpocząć się od najgłębszego poziomu, a zakończyć na poziomie przypowierzchniowym (ryc. V-9). W celu pobrania próbek cylinderek umieszcza się w specjalnym uchwycie — wbijaku, następnie wciska się lub wbija (w glebach ciężkich wykorzystując młotek) w glebę i wycina nożem z otoczenia. Nadmiar gleby odcina się nożem, równo z obiema krawędziami cylinderka i zamyka się go dopasowanymi metalowymi wieczkami. Podczas poboru próbek z poziomów próchnicznych, gęsto przerośniętych drobnymi korzeniami roślin, bardzo przydatne są nożyczki, które ułatwiają odcięcie korzonków równo z krawędzią cylinderka.

Po zanotowaniu numerów cylinderek pobranych z określonych poziomów genetycznych, umieszcza się je w pojemnikach zabezpieczających przed przypadkowym otwarciem wieczek i przewozi do laboratorium. Jeżeli przewiduje się kilkudniowy pobyt w terenie, należy wyposażyć się w wagę, by móc na miejscu określić masę próbek po ich pobraniu. W laboratorium, po zdjęciu jednego wieczka, cylinderki umieszcza się w suszarce i suszy do stałej masy w temperaturze 105°C. Po wysuszeniu cylinderki wraz z glebą waży się, następnie po usunięciu gleby i dokładnym oczyszczeniu cylinderka określa się jego masę (wraz z dwoma wieczkami).

W tak pobranych próbkach oznacza się m.in. gęstość objętościową, wilgotność aktualną wyrażoną w procentach wagowych i objętościowych. Obliczenia wykonuje się dla każdego powtórzenia, a następnie wyznacza średnie wartości, które mogą być wykorzystane do wielu innych charakterystyk, np. aktualnych zasobów wody glebowej w poszczególnych poziomach i w całym profilu, poro-

Tabela V-13. Przedstawienie cząstkowych wyników oznaczeń próbek o nienaruszonej strukturze

Nr profilu	Poziom genetyczny	Głębokość pobrania i miąższość poziomu [cm]	Nr cylinderka	Masa cylinderka z glebą przed suszeniem [g]	Masa cylinderka z glebą po wysuszeniu [g]	Masa cylinderka [g]
				a	b	c
1	A	0-15				
		15				

watności ogólnej, udziału poszczególnych faz w glebie itd. Przykład zapisu wyników podano w tabeli V-13.

Wykorzystując symbole podane w tabeli V-13 można obliczyć:

- Aktualną wilgotność wyrażoną w % wagowych — Ww

$$Ww [\%] = \frac{a-b}{b-c} \cdot 100$$

- Aktualną wilgotność wyrażoną w % objętościowych — Wo

$$Wo [\%] = \frac{a-b}{d} \cdot 100$$

gdzie: d — objętość próbki, równa objętości cylinderka (100 lub 250 cm³).

- Gęstość objętościową — D

$$D [g \cdot cm^{-3}] = \frac{b-c}{d}$$

- Porowatość ogólną — P

$$P [\%] = \frac{Dw-D}{Dw} \cdot 100$$

gdzie: Dw — gęstość właściwa gleby wyznaczona piknometrycznie lub oszacowana na podstawie danych literaturowych.

- Udział trzech faz w glebie [% obj.]

$$\begin{aligned} \text{Faza ciekła} &= Wo \\ \text{Faza gazowa} &= P - Wo \\ \text{Faza stała} &= 100 - P \end{aligned}$$

Korzystając z wzorów podanych w rozdziale XX można także obliczyć ogólne zasoby wody glebowej i zasoby wody biologicznie użytecznej w poszczególnych poziomach genetycznych oraz w całym profilu glebowym.

Należy podkreślić, że wilgotność gleby jest cechą dynamiczną, ulegającą znacznym wahaniom w ciągu roku. Dlatego w przypadku jednorazowych oznaczeń wilgotności tabele z wynikami zawsze powinny zawierać datę wykonywania pomiarów. Wyniki wielokrotnych pomiarów wilgotności gleb zwykle przedstawia się na specjalnych wykresach, zwanych chronoizopletami wilgotności (patrz rozdz. XXII).

V.6.2.2. Próbkę o naruszonej strukturze

Przed przystąpieniem do pobierania próbek należy przygotować szeroki nóż o ściętym końcu lub metalową łopatkę, kuwetę lub małą tacę, płócienny woreczki, metryczki i zwykły ołówek. Z mineralnej części gleby pobiera się na ogół po jednej próbce z każdego wyróżnionego poziomu genetycznego. Próbkę nie powinny być zbyt małe. Chodzi bowiem nie tylko o zapewnienie dostatecznej ilości materiału do analiz, lecz także o odpowiednią reprezentatywność. Zwykle pobiera się około 1 kg gleby. Kolejność poboru takich próbek jest analogiczna do poboru próbek o nienaruszonej strukturze, czyli od najgłębszego poziomu do powierzchniowego. Odwrotna kolejność czynności może spowodować zanieczyszczenie materiału znajdującego się w niższej części profilu. W celu uzyskania próbki reprezentatywnej dla całego poziomu genetycznego należy ją pobrać w układzie wertykalnym albo horyzontalnym, w postaci monoliczków wyciętych szerokim nożem o ściętym końcu, w pięciu miejscach danego poziomu (ryc. V-9). W poziomach bliższych powierzchni zaleca się układ wertykalny, natomiast głębiej — horyzontalny (ISO/DIS 1995). Materiał glebowy pobrany w 5 miejscach danego poziomu genetycznego umieszcza się w jednym płóciennym woreczku. Jednocześnie z próbką glebową wkłada się do woreczka metryczkę z odpowiednimi danymi napisanymi zwykłym ołówkiem: miejscowość, numer profilu, nazwa poziomu genetycznego i głębokość jego zalegania, nazwa gleby, data pobrania i nazwisko pobierającego.

Przedstawiony standardowy sposób pobierania próbek glebowych do analiz laboratoryjnych może ulec modyfikacjom, zależnie od celu badań. Na przykład szczególnej staranności wymaga pobieranie próbek, w których będą wykonywane analizy pierwiastków śladowych (należy używać takiego sprzętu i pojemników na próbki, które tych pierwiastków nie zawierają).

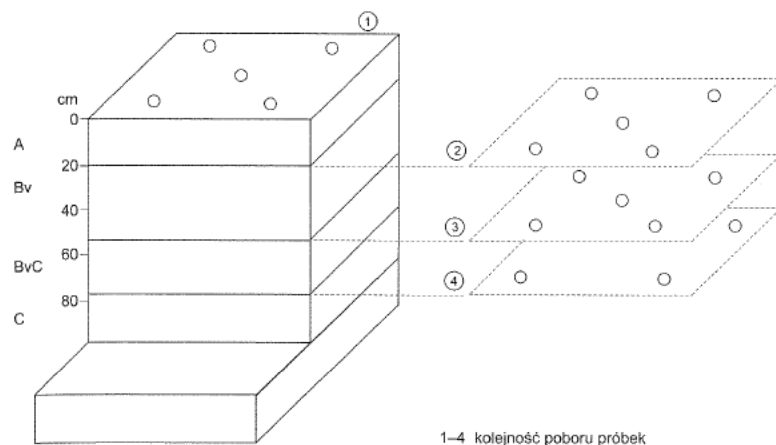
V.7. Pobieranie próbek do specjalistycznych analiz laboratoryjnych

Specjalistyczne analizy gleb wykonywane są tylko w niektórych laboratoriach w Polsce, wyposażonych w odpowiednią i drogą aparaturę badawczą. Bardziej opłacalne jest więc nawiązanie współpracy z tymi placówkami niż wyposażanie własnego laboratorium w kosztowne urządzenia. Dlatego w tej książce zostanie podana tylko metodyka pobierania próbek do wybranych analiz ekopedologicznych.

V.7.1. Próbkę do pomiaru sił wiązania wody w glebie

Podział wody glebowej ze względu na siły jej wiązania przez glebę oraz biologiczne kategorie wody glebowej przedstawiono w rozdziale XX.

Próbki do pomiaru sił wiązania wody w glebie pobiera się z zachowaniem naturalnej struktury do specjalnych cylinderków o określonej objętości (najczęściej 100 cm³), z 4–5 miejsc, możliwie wszechstronnie charakteryzujących dany poziom genetyczny. Do jakiej głębokości wykonuje się analizy, zależy przede wszystkim od głębokości korzenia się roślin. Dane w literaturze najczęściej dotyczą poziomu próchnicznego, w którym z reguły występuje główna masa drobnych korzeni roślin. Jednak pełniejszą charakterystykę właściwości wodnych umożliwiają próbki pobrane również z poziomów podpróchnicznych. Sposób i kolejność pobierania takich próbek różni się od podanego w rozdziale V.6.2.1. Próbkę te pobiera się zawsze w układzie wertykalnym. Przed przystąpieniem do poboru materiału należy usunąć poziom organiczny z powierzchni 30×30 cm. Następnie za pomocą uchwytu — wbijając wciska się pionowo cylinderkę w powierzchniową część gleby, by zachować naturalny układ kanalików pomiędzy elementami fazy stałej gleby. Po odcięciu cylinderka od dołu ostrym nożem i wyrównaniu powierzchni pobranej gleby z dwoma krawędziami cylinderka, zamyka się go szczelnie pokrywkami. Zeby pobrać próbkę z niższego poziomu, należy usunąć szpadłem materiał z tej samej powierzchni (30×30 cm) do ustalonej głębokości (ryc. V-10). Próbkę pobiera się w sposób analogiczny do podanego dla poziomu powierzchniowego. Po dokładnym opisaniu próbek umieszcza się je w większych pojemnikach (skrzynkach, walizkach itp.) i przewozi do laboratorium. Tam, wykorzystując specjalną aparaturę, oznacza się wilgotność gleb (w % obj.) odpowiadającą ustalonym zakresom pF (patrz rozdz. XX).



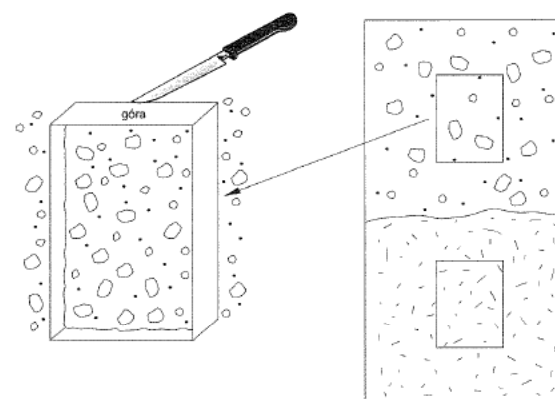
Ryc. V-10. Schemat sposobu pobierania próbek do pomiaru sił wiązania wody w glebie

V.7.2. Próbkę do analiz mikromorfologicznych

Celem analiz mikromorfologicznych jest poznanie naturalnej wewnętrznej budowy gleby, jej szczegółów widocznych pod mikroskopem w szlifach specjalnie utrwalonych preparatów. Obserwacja cech mikromorfologicznych umożliwia m.in. określenie różnych stadiów rozkładu glebowej materii organicznej, aktywności biologicznej gleby, stopnia zwietrzenia minerałów, fizycznych właściwości gleby (porowatości, układu cząstek glebowych). Interpretację cech mikromorfologicznych wykorzystuje się często do rozstrzygnięcia genezy gleb (np. charakter połączeń mineralno-organicznych, sposób ułożenia minerałów ilastych). W przypadku gleb zerodowanych (ogłowionych), pozbawionych górnych poziomów genetycznych jest to jedyna metoda umożliwiająca odróżnienie np. poziomu *cambic*, diagnostycznego dla gleb brunatnych, od poziomu *argillic*, charakterystycznego dla gleb płowych.

Próbki do analiz mikromorfologicznych pobiera się z zachowaniem naturalnej struktury do specjalnych, najczęściej metalowych pudełek o wymiarach np. 10×6×6 cm. Wybrane miejsce poboru próbki powinno być reprezentatywne dla określonego poziomu genetycznego gleby. Pudełko wciska się w ścianę profilu, w wybranym miejscu poziomu genetycznego i za pomocą ostrego, szerokiego noża odcina się materiał przylegający do zewnętrznych ścianek pudełka (ryc. V-11). Jeżeli pobierany materiał glebowy jest sypki, należy go już w terenie zaimpregnować syntetyczną żywicą (MROCZEK 2001). Po wyjęciu pudełka ze ściany profilu odcina się nożem nadmiar gleby i zamyka je dwoma dopasowanymi wieczkami. Ważne jest, by na pudełku zaznaczyć jego orientację (wertykalną lub horyzontalną), podać lokalizację profilu i z jakiej głębokości została pobrana próbka. Następnie pudełko okleja się szczelnie taśmą samoprzylepną, wkłada do woreczka foliowego i ostrożnie przewozi do laboratorium.

Dalsza procedura przygotowania próbek do obserwacji pod mikroskopem jest skomplikowana (MROCZEK 2001) i wymaga laboratoriów specjalnie przystosowanych do tego typu analiz.



Ryc. V-11. Schemat sposobu pobierania próbek do analiz mikromorfologicznych