



Erasmus+



GK
Dobre Kadry
Centrum badawczo-szkoleniowe Sp. z o.o.



Partnerstwo na rzecz rozwoju standardów szkoleń diagnostów drzew w Europie środkowo-wschodniej.

2019-1-PL01-KA202-065670

**TREE
ASSESSOR**

Ocena gleby

Zaawansowana ocena drzew
– podręcznik dla profesjonalistów



TREE ASSESSOR

Zaawansowana ocena drzew
– podręcznik dla profesjonalistów

Ocena gleby

Autorzy: Maija Medne, Oskars Krišāns

Konsultacja merytoryczna: Piotr Chochura

Zdjęcia: Jēkabs Ozols, SIA LABIE KOKI, Beata Pachnowska, Jakub Józefczuk lub wskazane pod zdjęciem

Grafika i skład: Paulina Sanecka

Koordynacja redakcyjna serii: Beata Pachnowska

Projekt graficzny serii: Marta Płonka

INFORMACJE O PROJEKCIE:

Nazwa projektu i numer:

Partnerstwo na rzecz rozwoju standardów szkoleń diagnostów drzew
w Europie środkowo - wschodniej 2019-1-PL01-KA202-065670

Lider Projektu:

Dobre Kadry Centrum badawczo-szkoleniowe Sp. z o.o. (Wrocław, Polska)

Partnerzy Projektu:

Instytut Drzewa sp. z o.o. (PL)

Latvian Arboriculture Society (LV),

FAKOPP Enterprise Bt. (HU).

Publikacja powstała w wyniku projektu zrealizowanego przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+.

Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko autorów. Komisja Europejska ani Narodowa Agencja nie ponoszą odpowiedzialności za umieszczoną w niej zawartość merytoryczną ani za sposób wykorzystania zawartych w niej informacji.



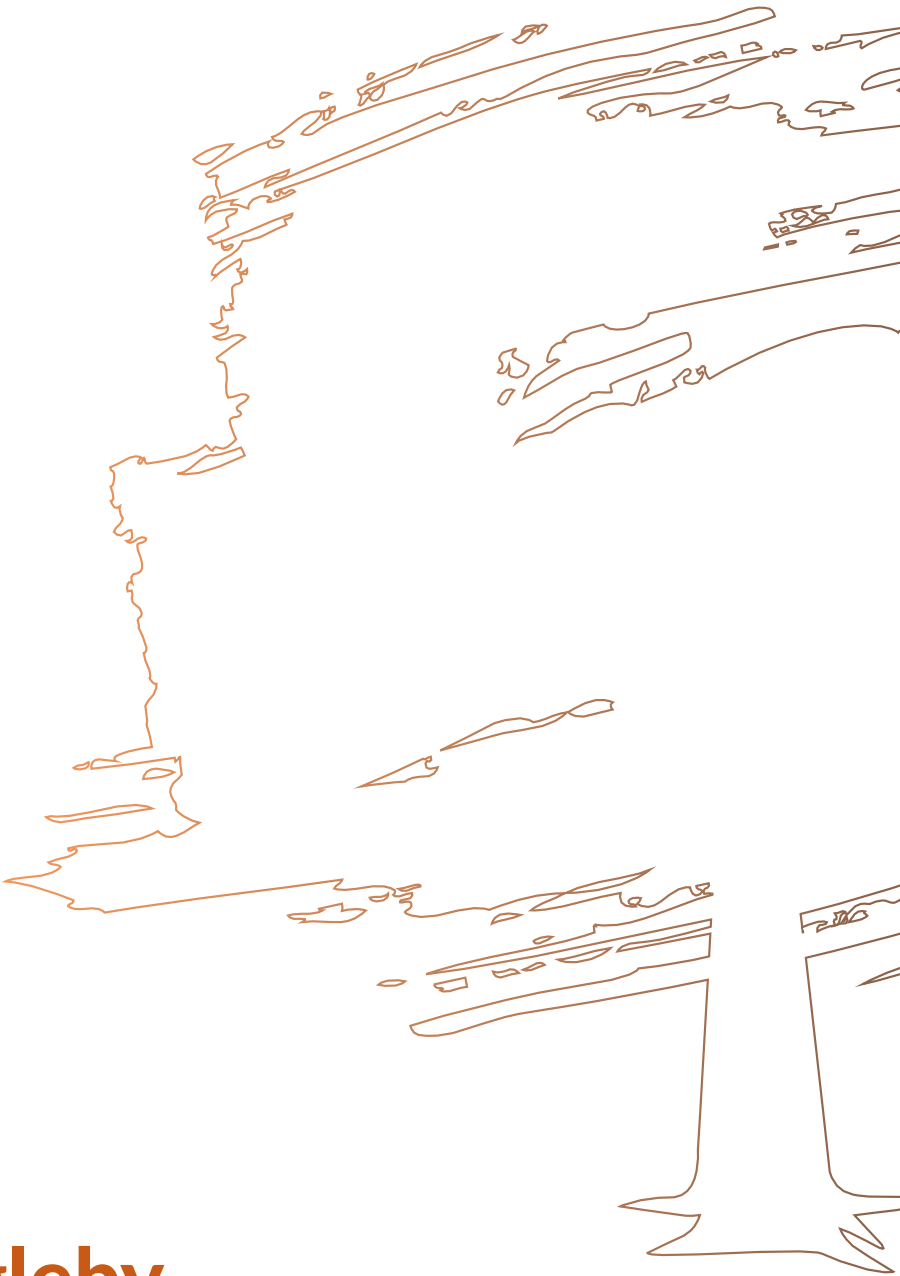
Creative Commonse Licence

Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne –Bez utworów zależnych 4.0

Międzynarodowe (CC BY-NC-ND – 4.0)

© Copyright Latvian Arboriculture Society

© Copyright wersja polska: Instytut Drzewa sp. z o.o.



**TREE
ASSESSOR**

Ocena gleby

Zaawansowana ocena drzew
– podręcznik dla profesjonalistów

Projekt realizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach Programu Erasmus+:
Partnerstwa strategiczne w obszarze edukacji i kształcenia zawodowego

Spis treści

WPROWADZENIE	7
I. CHARAKTERYSTYKA GLEBY	9
1. Definicja i znaczenie gleby	9
2. Właściwości fizyczne gleby	11
2.1. Gęstość gleby	11
2.2. Porowatość gleby	12
2.3. Struktura gleby	13
2.4. Konsystencja gleby	15
2.5. Wilgotność gleby	15
2.6. Temperatura gleby	16
2.7. Erozja gleby	17
3. Właściwości chemiczne gleby	18
3.1. Składniki mineralne w glebie	18
3.2. Materia organiczna gleby	20
3.3. pH gleby	21
3.4. Zanieczyszczenie gleby	22
4. Ekologia gleby	24
4.1. Mikroorganizmy i zwierzęta glebowe oraz ich rola	24
4.2. Mikoryza, glony glebowe i grzyby	25
II. OCENA GLEBY	27
1. Potrzeba oceny gleby	27
2. Metody pobierania próbek gleby	27
3. Ocena profilu glebowego	29
4. Parametry analizy gleby	29
III. MODYFIKACJA I UPRAWA GLEBY	31
1. Modyfikacja gleby	31
2. Dodatki do gleby	31
3. Regulacja pH	32
4. Gleby narażone na działanie soli	32
5. Inokulanty mikrobiologiczne	32
6. Ściółkowanie	33
7. Napowietrzanie i spulchnianie	34
7.1. Metody mechaniczne	34
7.2. Metoda pneumatyczna	34
7.3. Szczelinowanie pod ciśnieniem	34
8. Nawadnianie	35
9. Odwodnienie	36
LITERATURA	36



Wprowadzenie

Gleba ma zasadnicze znaczenie dla wzrostu i rozwoju drzew - drzewa zakorzeniają się w niej i są fizycznie stabilizowane, jest ona także źródłem wody i składników mineralnych. Gleba to złożony ekosystem substancji organicznych i nieorganicznych, wody i powietrza. Gleba jest domem dla niezliczonych organizmów - bakterii, glonów, grzybów, bezkręgowców i różnych większych zwierząt, takich jak krety. Gleba pełni ważną rolę w całej biosferze Ziemi - bierze udział w obiegu wody, tlenu, azotu i węgla.

W warunkach naturalnych skład i właściwości gleby zależą od klimatu, położenia geograficznego, topografii i historycznego zagospodarowania danego terenu. Jednak na obszarach miejskich gleba naturalna jest często częściowo

lub całkowicie zmodyfikowana przez działalność człowieka. Działalność gospodarcza ma wpływ na glebę, zanieczyszczając ją i narażając na erozję. Ocena jakości gleby jest konieczna, aby zrozumieć jej właściwości i potencjalne problemy gleby, a to można zrobić poprzez sondowanie, zbieranie i analizowanie próbek gleby.

Nieodpowiednie dla drzew warunki glebowe można poprawić poprzez ulepszenie gleby, zmianę jej struktury, odwodnienie lub dostarczenie wody, a także poprzez zabiegi agrotechniczne i dodatkowe nawożenie. Znając wymagania glebowe niezbędne dla poszczególnych drzew możemy dobrać odpowiednie zabiegi agrotechniczne, które zapewnią im żywotność i długowieczność.



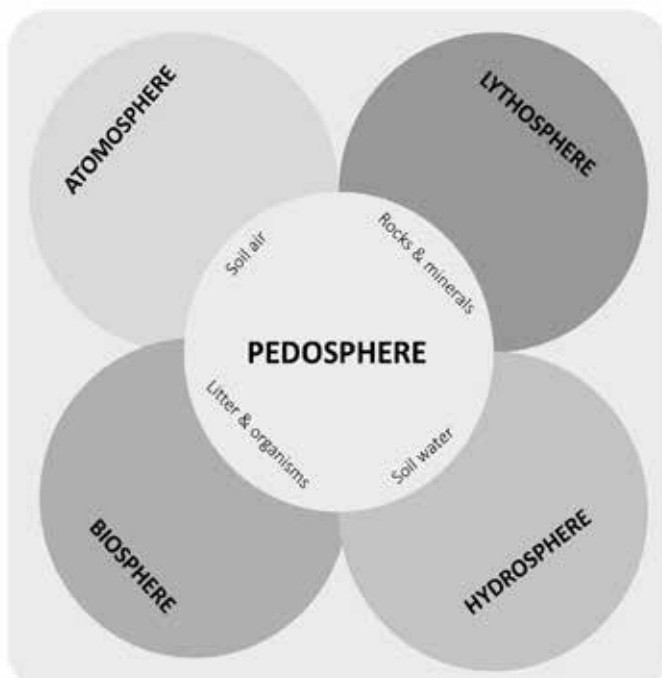
I.

Charakterystyka gleby

1. DEFINICJA I ZNACZENIE GLEBY

Gleba jest ożywioną, wierzchnią warstwą litosfery, utworzoną z mieszaniny materii organicznej, minerałów, wody i powietrza. Gleba jest ważną częścią biosfery Ziemi, która pozostaje w ścisłej interakcji z litosferą, atmosferą i hydrosferą

poprzez cykle życiowe różnych substancji, takich jak tlen, węgiel i azot, a także woda. Warstwa gleby nazywana jest pedosferą (od greckiego pedon - ziemia, gleba) (Rys. 1).



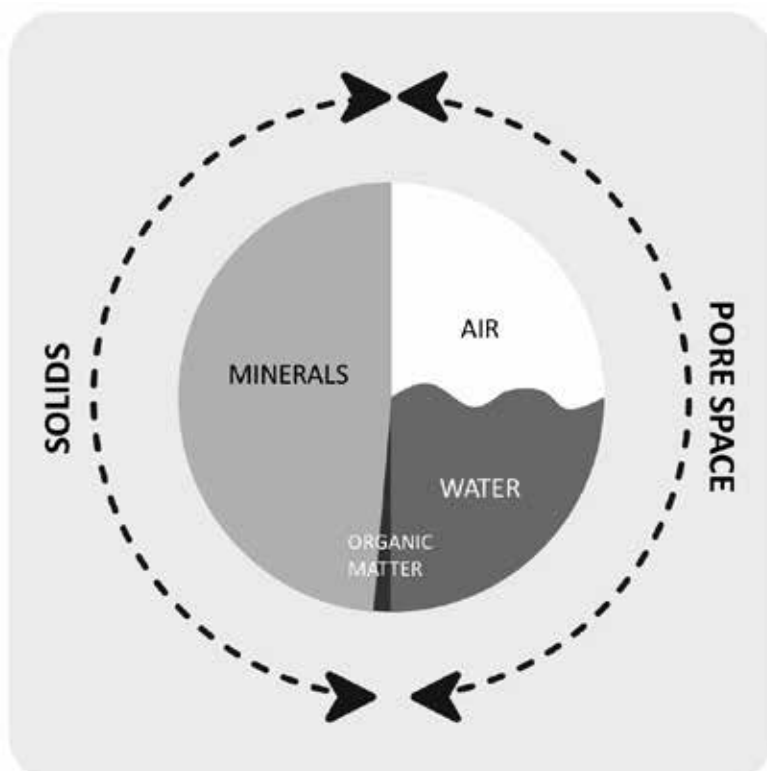
Rysunek 1. Relacja gleby lub pedosfery do innych powłok Ziemi. (J.Gerrard (2000))

Większość gleb na Ziemi powstała w plejstocenie, tj. 2,5 mln - 11,7 tys. lat temu. Gleba powstaje w wyniku działania klimatu i organizmów żywych na skałę macierzystą. O powstawaniu gleby decyduje położenie geograficzne i specyficzne dla danego miejsca minerały, mikroorganizmy, warunki wilgotnościowe oraz różne procesy środowiskowe, takie jak erozja. Ważnym wskaźnikiem jest żyzność gleby, czyli jej zdolność do zaspokajania potrzeby roślin poprzez dostarczanie wody, składników pokarmowych i powietrza. Gleba odpowiednia dla wzrostu roślin składa się w ~50% z cząstek stałych (minerałów i materii organicznej), w 25% z powietrza i w 25% z wody (rys. 2). Wzajemne proporcje między składnikami gleby mogą się zmieniać w zależności od konkretnego rodzaju gleby, a także od sposobu jej użytkowania i uprawy. Przemiany części mineralnej gleby zachodzą najwolniej, natomiast zmiany w części organicznej gleby, ilości wody

i powietrza, a także składu chemicznego i procesów mogą zachodzić bardzo szybko.

Gleba pełni kilka ważnych funkcji:

- zapewnia wzrost roślin, w tym roślin drzewiastych;
- zapewnia cyrkulację, oczyszczanie i magazynowanie wody;
- stanowi środowisko życia dla organizmów glebowych (bakterii, pierwotniaków, grzybów, różnych bezkręgowców, kręgowców itp.);
- bezpośrednio wpływa na procesy zachodzące w atmosferze ziemskiej;
- ma podstawowe znaczenie dla produkcji żywności;
- bierze udział w globalnym obiegu substancji (węgiel, tlen, woda, dwutlenek węgla);
- gleba ma wartość kulturową i historyczną.



Rysunek 2. Skład gleby odpowiedni dla rozwoju roślin.



Gleba jest uważana za ważny i odnawialny zasób naturalny. Produktywność gleby może decydować o wartości rynkowej gruntu i jest często wykorzystywana do obliczania wartości szacunkowej nieruchomości, gdy wyłączamy ją

z produkcji rolnej. Informacje na temat właściwości i żyzności gleby są niezbędne dla agronomów, leśników, planistów przestrzennych, a także architektów krajobrazu i ogrodników podczas planowania i sadzenia zieleni.

2. WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEBY

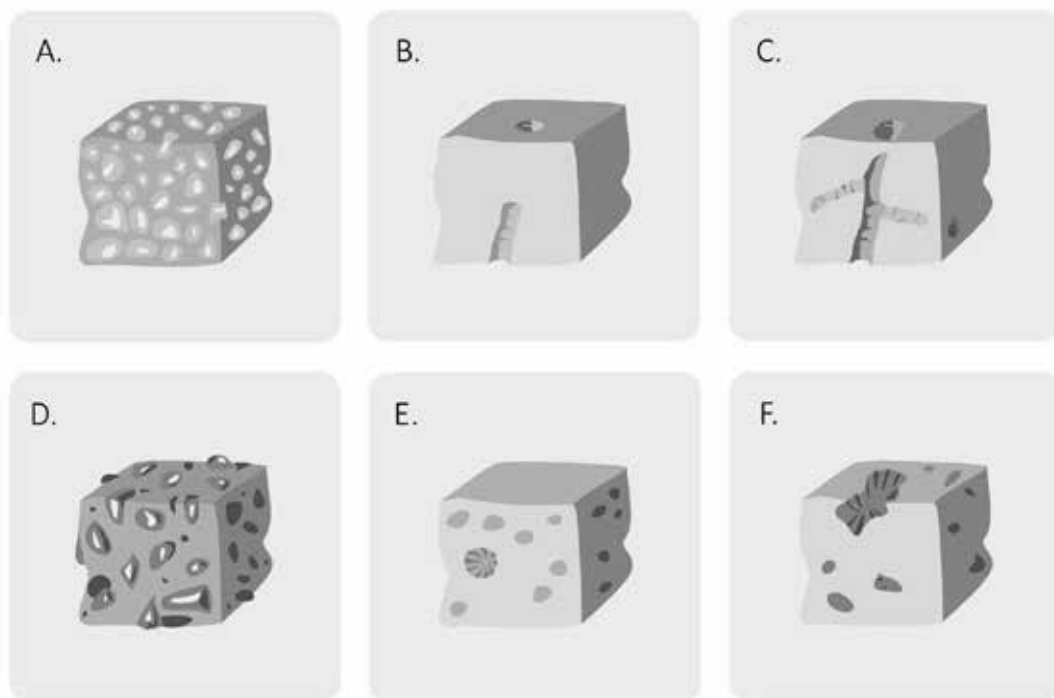
2.1. GĘSTOŚĆ GLEBY

Każda gleba ma określone właściwości fizyczne. Znajdują się w niej różnego rodzaju i wielkości pory, a także różne cząstki stałe zdolne do tworzenia agregatów o różnych rozmiarach. Właściwości te zależą od składu mineralnego gleby, ilości materii organicznej w glebie, właściwości chemicznych gleby i innych czynników. Gęstość gleby charakteryzuje się jako gęstość właściwą cząstek gleby i gęstością objętościową.

Gęstość cząstek gleby to średnia masa cząstek gleby w jednostce objętości wyrażona

w gramach na cm^{-3} . Gęstość ta zależy głównie od składu mineralnego i granulometrycznego gleby. Średnia gęstość właściwa gleby mineralnej wynosi $2,65 \text{ g cm}^{-3}$.

Gęstość objętościowa gleby jest to masa suchej gleby przypadająca na jednostkę objętości z zachowaniem struktury gleby. Wyraża się ją w g cm^{-3} lub t m^{-3} . Gęstość objętościowa obejmuje zarówno cząstki stałe, jak i wolne przestrzenie (pory) gleby. Gęstość objętościowa zależy od struktury i porowatości gleby, np. mała gęstość (poniżej $1,3 \text{ t m}^{-3}$) oznacza glebę porowatą, która ma lepsze właściwości drenażowe i jest bardziej



Rysunek 3. Rodzaje porów i pustek glebowych: A: pory teksturalne (cząstki piaszczyste), B: zagłębienia glebowe, C: tunele, D: pory teksturalne (fragmenty różnych cząstek gleby), E: pęcherzyki powietrza, F: pory nieregularne.

odpowiednia dla rozwoju roślin. Gęstość objętościowa gleby jest ważnym wskaźnikiem jej jakości. Niestety w środowisku miejskim wiele gleb ma zdegradowaną strukturę i zbyt wysoką gęstość objętościową.

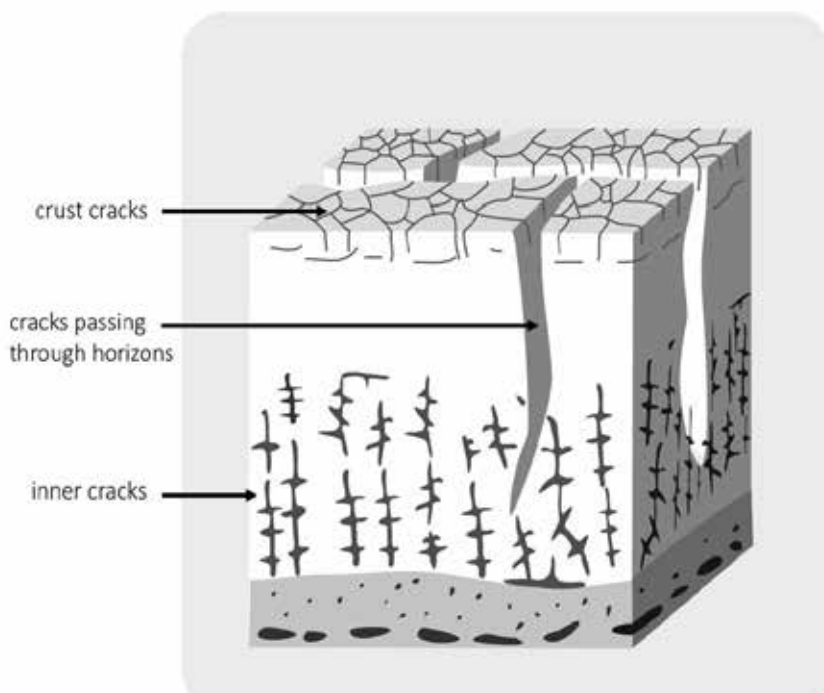
2.2. POROWATOŚĆ GLEBY

Na napowietrzenie gleby, stosunki powietrzno-wodne, temperaturę i aktywność mikroorganizmów mają wpływ puste przestrzenie pomiędzy agregatami glebowymi i cząstkami stałymi, czyli porowatość gleby. Pory lub puste przestrzenie w glebie powstają, gdy cząstki gleby nie stykają się ze sobą i nie przylegają gęsto do siebie. Powstają podczas zabiegów uprawowych a także podczas wzrostu korzeni, pod wpływem

działalności zwierząt lub przemarzania. Puste przestrzenie lub pory glebowe mogą być różnorodne. Porowatość gleby wyrażana jest w cm^3 , cm^{-3} lub w procentach.

Rodzaje porów glebowych dzielimy na (rys. 3):

- pory w teksturze gleby powstające w zależności od składu granulometrycznego gleby (stopnia dopasowania cząstek do siebie);
- pęcherzyki - to zamknięte kuliste lub eliptyczne pory, powstające w procesie zagęszczania gruntu, gdy powietrze w gruncie zostaje zablokowane;
- jamy w glebie powstające w wyniku działalności zwierząt w glebie;
- tunele - to rozszerzone, rozciągnięte pory lub puste przestrzenie w glebie powstałe



Rysunek 4.
Pęknięcia gleby.

w wyniku działania zwierząt lub wzrostu korzeni;

- pęknięcia i szczeliny powstające podczas zamarzania i rozmarzania gleby, jej namakania i wysychania, a także podczas zagęszczania. Spęknięcia gleby mają różne rodzaje: spęknięcia skorupowe, spęknięcia wertykalne, spęknięcia sezonowe, spęknięcia krótkotrwałe, spęknięcia trwałe (rys. 4).

Na porowatość gleby ma wpływ jej pochodzenie i uziarnienie:

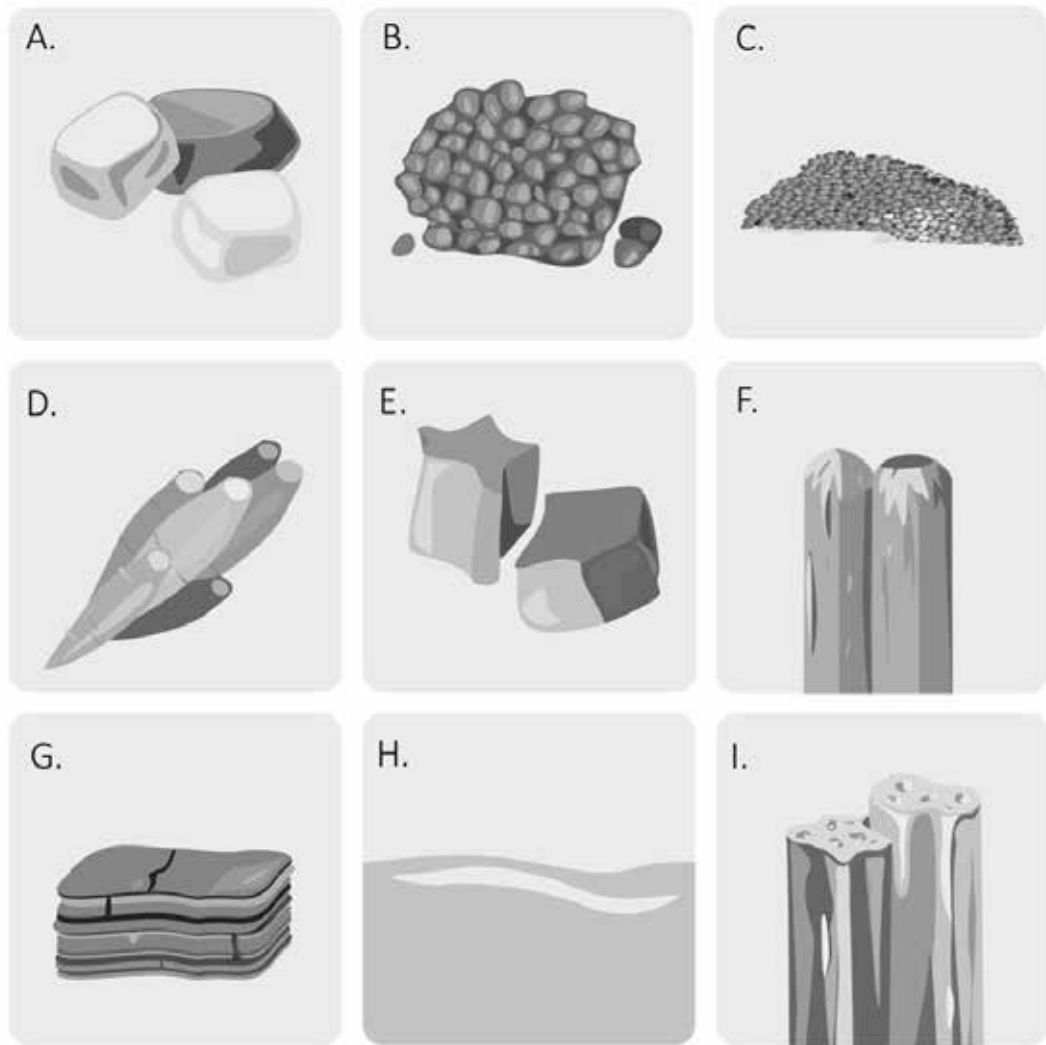
- porowatość gleby w żwirze wynosi 35%;
- osady piaszczyste 39% -42%;
- piasek gliniasty 45%
- ił 47% -50%
- glina > 52%
- torf 78% -95%.

Porowatość zależy od głębokości warstwy gleby - w górnych warstwach jest większa, a w dolnych

mniejsza. W górnych warstwach gleby znajduje się więcej materii organicznej, większa jest aktywność zwierząt i roślin, a także większe wahania temperatury i wilgotności.

2.3. STRUKTURA GLEBY

Na strukturę gleby składa się wzajemny stosunek cząstek stałych i przestrzeni porowej, a także łączenie się cząstek stałych w większe twory - agregaty. W glebach o dobrej strukturze, woda i powietrze przenikają równomiernie, zapewniając wzrost korzeni drzew i rozwój mikroflory glebowej. Zniszczenie agregatów glebowych może spowodować nadmierne zagęszczenie wierzchniej warstwy, co uniemożliwia przenikanie opadów wody i powietrza w głąb gleby i sprzyja erozji.



Rysunek 5. Agregaty struktury gleby w zależności od ich kształtu: A. zaokrąglone; B. ziarniste, C. pylaste, D. klinowate, E. kanciaste, F. słupowate, G. płytowe, H. masywne, I. przyrzątkowe.

Struktura gleby kształtowana jest przez różne procesy - nawilżanie i wysychanie gleby, zamarzanie i rozmarzanie, a także działalność mikroorganizmów i korzeni roślin oraz próchnicę i materię organiczną. Główną cechą strukturalnej gleby i oznaką jej żyzności jest zdolność do przeciwstawiania się niszczącej działalności

wody, utrzymywania porowatości i właściwości w warunkach wysokiej wilgotności, czyli gleba musi być odporna na nadmierną wilgotność i przesuszenie. Strukturę gleby określa się na podstawie rodzaju i typu agregatów glebowych. Istnieją gleby bezstrukturalne (gleby bez struktury lub określonego wewnętrznego układu

np. piaszczyste) i gleby strukturalne (gleby z wewnętrznym układem cząstek).

Gleby bezstrukturalne dzielą się na pylaste i masywne. Do gleb pylastych należą np. gleby piasku wydmyowego. Do masywnych gleb bezstrukturalnych zalicza się ciężkie, zwarte gleby gliniaste i ilaste.

Gleby strukturalne w procesie agregacji tworzą mikroagregaty, a makroagregaty powstają podczas ich łączenia się. Agregaty strukturalne dzieli się ze względu na kształt: zaokrąglone, ziarniste, pylaste, klinowate, kanciaste, słupowate, płaskie, masywne, pryzmatyczne (rysunek 5). Z agronomicznego punktu widzenia najbardziej wartościowa jest odporna na działanie wody (erozję), struktura gruzełkowata.

Najważniejszymi działaniami mającymi na celu poprawę struktury gleby są:

- rozluźnienie gleb ciężkich przy jej optymalnej wilgotności;
- wzbogacenie gleby w materię organiczną i próchnicę;
- wapnowanie gleb kwaśnych i nawożenie gipsem gleb zasolonych.

2.4. KONSYSTENCJA GLEBY

Konsystencja gleby jest ważnym wskaźnikiem, który należy brać pod uwagę zarówno w budownictwie, jak i w rolnictwie. Konsystencja łączy w sobie takie właściwości jak kruchość, plastyczność, kleistość i odporność na nacisk. Wszystkie te właściwości zależą od zawartości cząstek spławialnych w glebie. W celu określenia konsystencji gleby wyróżnia się gleby suche, wilgotne i mokre. Ze względu na konsystencję, sucha gleba może być: luźna, miękka, lekko twarda, twarda, bardzo twarda i ekstremalnie twarda. Konsystencję określa się poprzez ściśnięcie kawałka gleby. Luźne cząstki gleby nie są

ze sobą połączone, natomiast kawałek twardej gleby jest odporny na nacisk i nie rozpada się pod wpływem siły. Zbyt twarde gleby lub ich warstwy utrudniają rozwój korzeni.

Konsystencja mokrego gruntu charakteryzuje się lepkością i plastycznością. Lepkość jest to właściwość adhezyjna gleby w stosunku do innego przedmiotu. Lepkość gleby w warunkach naturalnych jest różna w zależności od zawartości części spławialnych, ilości wody w glebie i stopnia degradacji struktury.

Plastyczność gleby jest to zdolność gleby do stopniowej zmiany kształtu i utrzymania go pod wpływem obciążenia. W warunkach polowych plastyczność gleby określa się poprzez skręcanie próbki gleby w dłoniach do momentu powstania "wałeczka" o średnicy ~3mm. Plastyczność gleb można sklasyfikować jako: mało plastyczną, mało plastyczną, plastyczną, bardzo plastyczną. Gleby suche i bardzo wilgotne nie wykazują plastyczności. Większą plastyczność obserwuje się w drobnych cząstkach gleby. Gleby piaszczyste nie charakteryzują się plastycznością, natomiast gleby gliniaste mają znaczną konsystencję - są zarówno lepkie jak i plastyczne.

2.5. WILGOTNOŚĆ GLEBY

Woda dostaje się do gleby z opadami atmosferycznymi i bardzo rzadko - w wyniku podsiąki wód gruntowych. Wysokość roślinności w istotny sposób wpływa na ilość przyjmowanych opadów. Ma na to wpływ wskaźnik powierzchni liści wyrażany jako powierzchnia liści w m² / powierzchnia gruntu w m². Korony drzew dzięki dużej powierzchni zatrzymują wilgoć, która zaczyna parować nawet podczas deszczu. Krople deszczu mają tendencję do zbiegania się na liściach drzew, przez co spadają cięższe i większe na ziemię, przez co mogą zagęszczać glebę odsłoniętą pod koronami drzew, oraz stwarzać ryzyko erozji wodnej.

Infiltracja wody w glebie zależy od składu granulometrycznego gleby, w tym od topografii terenu (równina, zbocze, itp.). Na dużym spadku woda deszczowa spływa do podnóża zbocza, nie infiltrując w głąb gleby. Wchłanianie może być również zakłócone przez nadmierne zagęszczenie gruntu, natomiast na powierzchniach asfaltowych i betonowych wchłanianie prawie nie występuje. Parowanie wilgoci z gleby pod koronami drzew jest znacznie mniejsze niż na terenach otwartych, gdzie roślinność jest nieliczna, a gleba odsłonięta. Warstwa roślinności zapobiega przedostawaniu się energii słonecznej do gleby, przez co zmniejsza się również wielkość parowania. Zawartość wody w glebie jest ściśle związana z jej składem granulometrycznym i zawartością próchnicy. Przykładowo gleby piaszczyste mają małą powierzchnię właściwą w przeliczeniu na 1 gram gleby. Takie gleby charakteryzują się dużą ilością pustych przestrzeni pomiędzy cząstkami stałymi gleby. Z kolei gleby gliniaste mają dużą powierzchnię w przeliczeniu na 1 gram gleby i małe przestrzenie pomiędzy cząstkami. Wnikająca do gleby woda wypełnia wolne przestrzenie pomiędzy cząstkami stałymi. W glebach piaszczystych jest dużo wolnej przestrzeni i woda pozostaje tylko na powierzchniach cząstek stałych, natomiast w glebach gliniastych wypełnia całą wolną przestrzeń. Woda zawarta w glebie nie zawsze jest dostępna dla roślin, np. gęste gleby gliniaste o niskiej zawartości substancji organicznych mogą zawierać dużo wody, a rośliny są w stanie wykorzystać tylko niewielką jej część ponieważ brakuje tlenu do odychania. Z kolei gleby piaszczyste, bogate w materię organiczną i dobrze napowietrzone sprawiają, że prawie cała woda zawarta w glebie jest dostępna dla roślin. Gleby o dużej zawartości materii organicznej są w stanie wchłoniąć większe ilości wody.

2.6. TEMPERATURA GLEBY

Temperatura gleby jest jedną z cech gleby, który wpływa na życie roślin i fauny glebowej. Gleba odbiera ciepło od energii słonecznej, a jego ilość zależy od położenia geograficznego, nachylenia terenu, ekspozycji i barwy gleby. Na przykład całkowita ilość ciepła odbieranego przez stoki południowe i północne w ciągu roku znacznie się różni. Innym źródłem ciepła jest atmosfera i opady atmosferyczne. Jeżeli są one cieplejsze od gleby, to część ciepła jest oddawana glebie. Charakterystyka termiczna gleby zależy od ilości docierającego do niej promieniowania słonecznego oraz od rodzaju gleby. Gleba odsłonięta i ciemna nagrzewa się szybciej. Jest ona chroniona przed przegrzaniem przez roślinność. Ciepło wnika do najgłębszych warstw gleby dzięki jej przewodnictwu cieplnemu. Wahania temperatury obserwuje się do głębokości 10-15 cm, natomiast głębiej temperatura jest stała. Temperatura gleby wpływa na różne procesy: ścieranie skał, aktywność mikrobiologiczną, procesy chemiczne, takie jak nityfikacja azotu, wilgotność gleby itp.

Charakterystyka termiczna gleby i jej wahania mogą być zmienione w pewnych granicach przez następujące działania:

- obecność szaty roślinnej (obecność i zmienny kolor okrywy roślinnej, wpływa na odparowywanie wilgoci obniżając temperaturę a liście ocieniają glebę);
- drenaż gleby (gleba szybciej się nagrzewa);
- ściółkowanie gleby (obniża lub podwyższa temperaturę w zależności od materiału, z którego wykonana jest ściółka);
- nawadnianie gleby (obniża temperaturę);
- montaż stref ochrony roślin, zmniejsza straty ciepła pod wpływem wiatru.

2.7. EROZJA GLEBY

Erozja gleby jest naturalnym procesem geologicznym. Działalność gospodarcza człowieka może sprzyjać, ograniczać lub powstrzymywać erozję gleby. Istnieją trzy różne rodzaje erozji gleby:

- erozja wodna;
- erozja wietrzna;
- erozja mechaniczna.

Erozja wodna gleby spowodowana jest przepływem wód na powierzchni gleby. Może to być spowodowane rozbryzgami kropel deszczu, stałym spływem wody po powierzchni ziemi lub skupianiem się wody w liniowe strumienie. Większe procesy erozji geologicznej zachodzą w bardziej zróżnicowanym terenie - w wyniku erozji wodnej strumienie wody tworzą rowy i jary. O odporności gleby na erozję wodną decydują różne czynniki, takie jak skład granulometryczny gleby, zdolność infiltracji wody, nachylenie stoku itp. Najbardziej odporne na erozję wodną są osady żwirowe, natomiast najbardziej podatne na erozję są gleby gliniaste. Na prawdopodobieństwo wystąpienia erozji wodnej wpływa również roślinność: gleby w ekosystemach leśnych mają najniższy potencjał erozji wodnej, natomiast gleby odłonięte - najwyższy.

Erozja wodna nie tylko zmniejsza żyzność gleby, ale może również ograniczyć jej wykorzystanie. W celu uniknięcia erozji wodnej można podjąć różne środki zapobiegawcze:

- uprawa gleby bez odwracania darni;
- kształtowanie tarasu w układzie poziomnicowym;
- rekultywacja terenów zdegradowanych;
- ochrona lasów;
- właściwa uprawa gleby (w poprzek spadku zbocza).

Erozja wietrzna gleby powstaje w wyniku interakcji pomiędzy wiatrem a cząsteczkami znajdującymi się w wierzchniej warstwie gleby. Na występowanie erozji wietrznej mają wpływ różne czynniki:

- skład granulometryczny gleby (np. większe ryzyko erozji na glebach o składzie pylastym);
- wielkość i położenie danego miejsca w krajobrazie (większe ryzyko erozji wiatrowej w otwartych krajobrazach),
- wilgotność gleby (wilgotne gleby nie są podatne na erozję wietrzną);
- obecność naturalnych przeszkód (służą jako wiatrochrony);
- pokrywa glebowa (erozja wietrzna jest mało prawdopodobna w ekosystemach leśnych i trawiastych).

Erozja wietrzna może mieć różne negatywne skutki, takie jak zmniejszenie żyzności gleby, zanieczyszczenie środowiska pyłem i cząstkami stałymi, zatkanie systemu odwadniającego, zanieczyszczenie wody.

Ważnymi środkami ograniczającymi erozję wietrzną jest zakładanie wiatrochronnych nasadzeń, uprawa gleby bez odwracania darni, płodozmian lub stosowanie różnych metod rolno-leśnych.

Erozja mechaniczna gleby to przemieszczanie się gleby w wyniku jej uprawy lub innych działań mechanicznych. Do tego typu erozji gleb zalicza się szkody w glebie spowodowane zabiegami agrotechnicznymi, działaniami wojennymi, osuwiskami, a także eksploatacją górnictw (np. żwirownie) a w terenach zurbanizowanych przede wszystkim pracami budowlanymi.

3. WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEBY

3.1. SKŁADNIKI MINERALNE W GLEBIE

O składzie i właściwościach chemicznych gleby decyduje wiele czynników: składniki mineralne, skład granulometryczny gleby, procesy glebotwórcze, działalność człowieka, materia organiczna, warunki klimatyczne i wilgotnościowe, a także czynniki biologiczne. W kształtowaniu się właściwości chemicznych gleby kluczową rolę odgrywa skład chemiczny skorupy ziemskiej. Decyduje on o całkowitej zawartości tych składników oraz ich dostępności dla roślin.

Pierwiastki niezbędne dla życia roślin dzielimy umownie na **makroelementy**, których jest powyżej 0,1% s.m. i **mikroelementy** występujące w ilości poniżej 0,1% w suchej masie roślin. Ponadto mamy składniki do których zaliczamy węgiel, tlen i wodór pozyskiwane z wody i powietrza. W warunkach naturalnych składniki mineralne są pobierane z gleby i od jej składu chemicznego zależy odżywienie roślin.

Część mineralną gleby dzieli się na drobną frakcję glebową (cząstki mniejsze niż 2 mm) i szkielet glebowy (cząstki większe niż 2 mm - gruby żwir, otoczaki, kamienie). Stała część gleby składa się z różnego rodzaju odłamków skalnych i minerałów. Minerale to jednorodne, krystaliczne, nieorganiczne substancje, powstałe w wyniku procesów fizykochemicznych. Charakteryzują się strukturą krystaliczną. Minerale pierwotne są gruboziarniste i zachowały się w glebie z pierwotnej skały magmowej lub metamorficznej. Minerale wtórne powstają w glebie, gdy minerale pierwotne ulegają przemianom chemicznym i biologicznym, tworząc nowe minerale. Minerale glebowe decydują o składzie granulometrycznym gleby lub o podziale gleby ze

względem na wielkość cząstek mineralnych. Skład granulometryczny jest podstawowym wskaźnikiem żyzności gleby.

Skład granulometryczny gleby determinuje:

- właściwości fizyczne gleby;
- przepuszczalność powietrza przez glebę;
- pojemność cieplną gleby;
- ilość wody zawartej w glebie;
- ilości składników odżywczych dla roślin.

System klasyfikacji gleb Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) stosuje następującą klasyfikację składu gleb o drobnej strukturze:

- ił: <0,002 mm;
- pył drobny: 0,002 - 0,02 mm;
- pył gruby: 0,02 - 0,05 (0,063) mm;
- piasek bardzo drobny: 0,05 (0,063) - 0,125 mm;
- piasek drobny: 0,125 - 0,200 mm;
- piasek średni: 0,20 - 0,63 mm;
- piasek gruby: 0,63-1,25 mm;
- piasek bardzo gruboziarnisty: 1,25 - 2,00 mm;

Cząstki gleby każdej wielkości charakteryzuje określony zestaw właściwości fizycznych i chemicznych, które odgrywają ważną rolę w tworzeniu i utrzymaniu żyzności gleby. Na przykład, gleby zdominowane przez cząstki ilaste mają zwiększoną pojemność sorpcyjną i wilgotnościową, ale spowolnioną infiltrację wody.

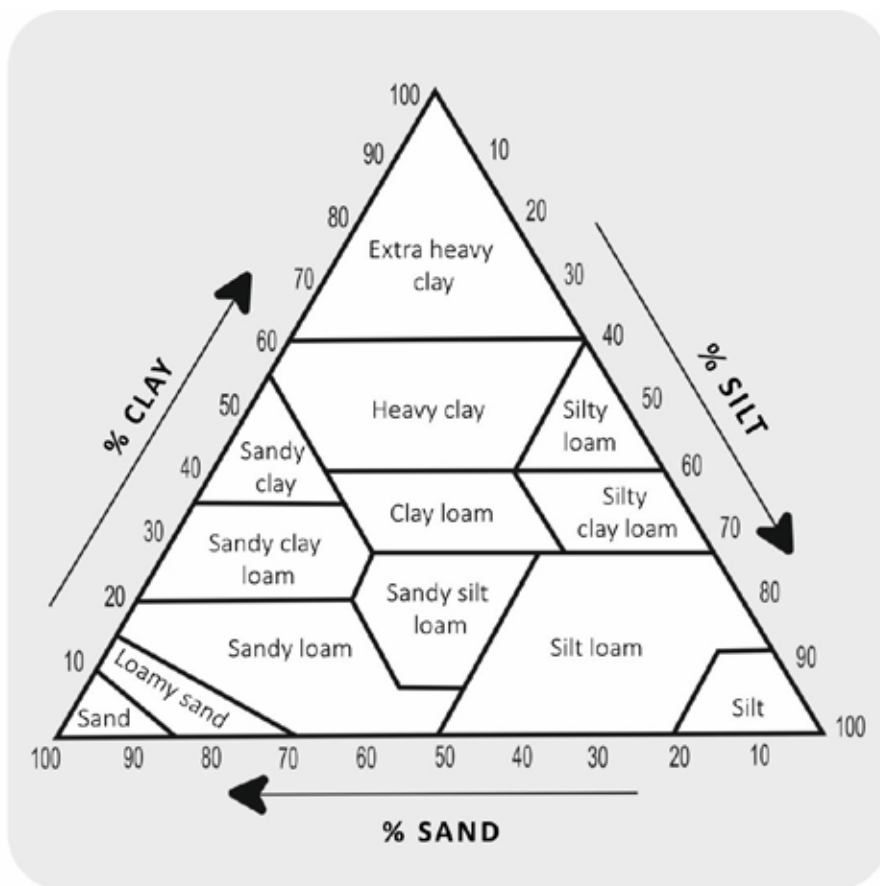
Właściwości gleby są wyrażone przez trójskładnikową klasyfikację reprezentowaną przez diagram składu granulometrycznego gleby (rysunek 6). W diagramie tym w lewym rogu znajduje się 100% piasku, w szczycie 100% gliny, a w prawym rogu 100% iłu. Przy pomocy tego diagramu wyróżnia się następujące podstawowe grupy składu granulometrycznego gleby: piasek,

piasek gliniasty, glina piaszczysta, glina, glina pylasta, ił, glina piaszczysta, glina ilasta, glina

pylasta, glina piaszczysta, glina ciężka, glina bardzo ciężka.

Tabela 1. Zawartość makro- i mikroelementów w glebie.

Tlen (O) - najpowszechniej występujący pierwiastek w skorupie ziemskiej i glebie. Znajduje się w minerałach, materii organicznej, wodzie glebowej.	Żelazo (Fe) - drugi co do częstości występowania metal w litosferze, ważny w procesach glebotwórczych i metabolizmie roślin. Wchodzi w skład wielu minerałów.
Związki krzemu (Si) - większość związków krzemu tworzy podstawową masę skorupy ziemskiej. Występuje w minerałach.	Mangan (Mn) - jeden z najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków śladowych litosfery. Ważny w procesie fotosyntezy.
Glin (Al) - najbardziej rozpowszechniony metal w skorupie ziemskiej i glebie, tworzy ponad 350 minerałów.	Miedź (Cu) - występuje w prawie 200 minerałach. Zmniejsza występowanie chorób grzybowych w roślinach.
Wapń (Ca) - metal występujący w wielu znanych skałach i minerałach, takich jak dolomit, gips. Ważny dla wzrostu roślin.	Cynk (Zn) - występuje w 66 minerałach. Pobieranie cynku przez rośliny zależy od ilości fosforu, manganu i żelaza w glebie. Cynk jest ważny w metabolizmie roślin.
Magnez (Mg) - występuje w skałach iglastych. Ważny w procesie fotosyntezy.	Kobalt (Co) - występuje w glinokrzemianach glebowych. Wpływa na zdolność roślin strączkowych do wiązania azotu atmosferycznego.
Potas (K) - ważny dla rozwoju gleby i wzrostu roślin, gdyż bierze udział w procesach metabolicznych: syntezie węglowodanów i białek.	Bor (B) - występuje w kwaśnych skałach iglastych i jest łatwo wymywany z gleby. Ważny w procesach metabolicznych roślin.
Sód (Na) - występuje w glebach jako składnik krzemianów i glinokrzemianów.	Molibden (Mo) - związany z granitem i innymi kwaśnymi skałami iglastymi. Ważny w procesach metabolicznych roślin.
Azot (N) - jest obecny w organicznej materii gleby. Ważny dla wzrostu roślin.	Selen (Se) - jest obecny w minerałach siarczkowych. Rośliny mają zazwyczaj niedobór selenu w kwaśnych glebach.



Rysunek 6. Diagramm składu granulometrycznego gleby.

3.2. MATERIA ORGANICZNA GLEBY

Glebova materia organiczna jest składnikiem gleby, który powstaje z resztek roślinnych, zwierzęcych i mikroorganizmów w różnych stadiach rozkładu. Ilość materii organicznej w glebach mineralnych może wynosić od 0,5% do 5%, natomiast w glebach bogatych w materię organiczną - nawet do 100%. Ilość materii organicznej w glebie zależy od czynników, które ją formują: klimatu, roślinności, wody, podłoża glebowego, topografii i czasu.

Najważniejszymi producentami glebowej materii organicznej są resztki powierzchniowe roślin, obumarłe korzenie roślin, zwierzęta glebowe

i mikroorganizmy. W glebach rolniczych źródłem materii organicznej w glebie jest nawożenie obornikiem, w tym wprowadzanie do gleby nawozów zielonych i resztek roślinnych.

Materia organiczna gleby jest jednym z najważniejszych składników wpływających na właściwości i procesy glebowe, ponieważ w procesie humifikacji ulega przekształceniu w próchnicę glebową. Materia organiczna poprawia właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Substancje organiczne zawierają wszystkie istotne dla roślin mikro- i makroelementy, które po rozkładzie związków organicznych stają się łatwo dostępną dla roślin. Obecność substancji organicznej poprawia strukturę gleby - zwiększa się jej

porowatość, zmniejsza się adhezja cząstek, zwiększa się udział powietrza glebowego. Wraz ze wzrostem ilości glebowej materii organicznej poprawia się zaopatrzenie mikroorganizmów glebowych w składniki pokarmowe, co ogólnie wpływa na poprawę właściwości biologicznych gleby. Substancje organiczne zwiększają odporność gleby na różne niekorzystne czynniki i procesy, np. absorbują metale ciężkie, pestycydy, chronią glebę przed zamarzaniem i erozją. Skład glebowej materii organicznej jest zróżnicowany, ale dominują w nim pozostałości ligniny, celulozy, hemicelulozy, pektyn, a także różne związki drobnocząsteczkowe - węglowodany, białka, lipidy, woski, kwasy karboksylowe itp. Materię organiczną w glebie dzieli się w zależności od stopnia jej rozkładu na próchnicę i resztki organiczne. W wyniku skomplikowanych procesów biochemicznych z części materii organicznej powstaje próchnica która jest bardzo stabilna, natomiast resztki organiczne to niehumusowe resztki roślinne i zwierzęce. Substancje humusowe w dużych ilościach zawierają takie materiały jak torf, sapropel, węgiel brunatny, które są w stanie wchłonać duże ilości wody i zawierają węgiel kopalny.

Na powstawanie substancji humusowych lub przebieg humifikacji ma wpływ temperatura, ilość wody, mikroorganizmy w glebie, odczyn, a także stosunek tlenu i węgla w rozkładalnych resztkach organicznych.

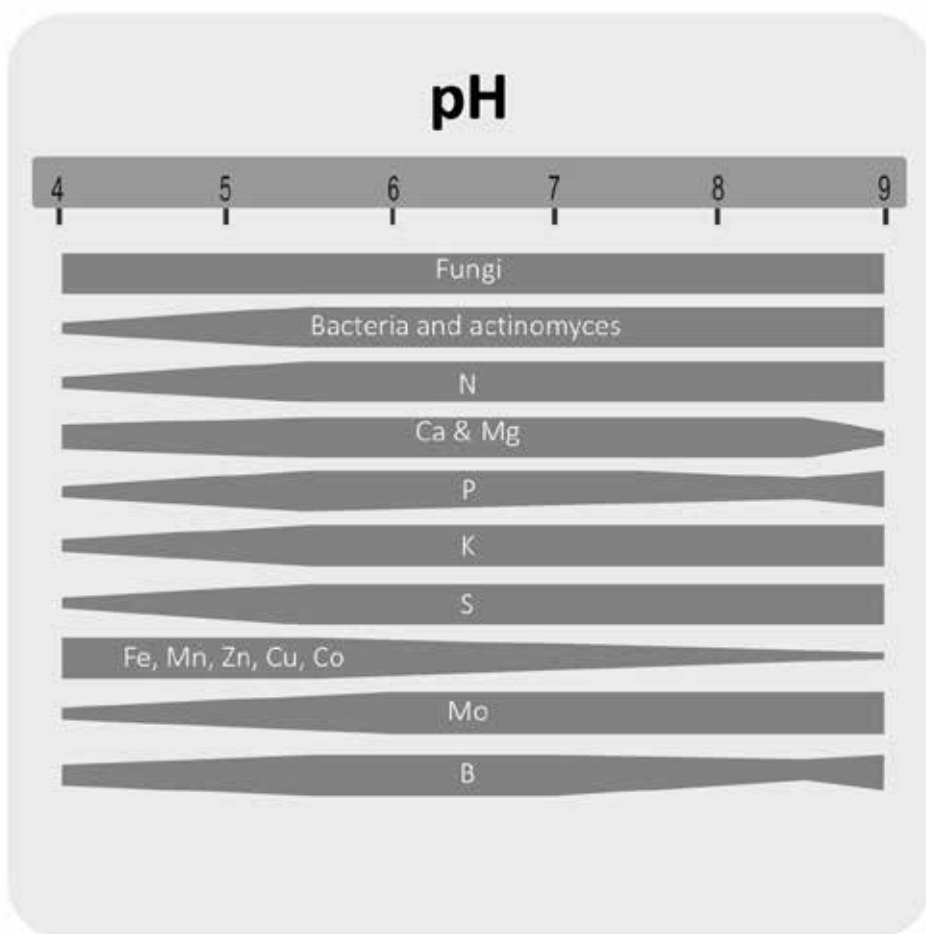
3.3. pH GLEBY

Odczyn gleby określamy na podstawie pomiaru lub jej pH, to które jest ujemnym logarytmem stężenia jonów wodorowych ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$). Odczyn roztworu glebowego jest obojętny, jeśli $\text{pH} = 7$, roztwór staje się bardziej kwaśny, jeśli pH jest mniejsze niż 7, a roztwór staje się zasadowy lub zasadowy, jeśli pH jest większe niż 7. **W gleboznawstwie gleby o pH poniżej 6,5 są klasyfikowane jako kwaśne, w zakresie 6,6-7,2 obojętne, a powyżej 7,3 zasadowe.**

Odczyn gleby jest jedną z istotnych właściwości, które wpływają na wzrost roślin. Każda roślina ma swój własny optymalny zakres pH. Dla większości roślin uprawianych na glebach gliniastych i ilastych optymalne pH gleby wynosi 6,5 - 7, natomiast na glebach piaszczystych i gliniasto-piaszczystych 6,0-6,5. Odczyn gleby wpływa na dostępność składników pokarmowych dla roślin. Przy odpowiednim pH rośliny lepiej przyswajają składniki pokarmowe z gleby. Zakres pH od 6 do 8 jest odpowiedni dla aktywności większości mikroorganizmów glebowych. W tym zakresie następuje aktywny rozkład materii organicznej, jak również aktywne są bakterie brodawkowe wiążące azot atmosferyczny. W zależności od pH gleby zmienia się dostępność różnych mikro- i makroelementów dla roślin, a także aktywność mikroorganizmów i grzybów glebowych (rys. 7).

Tabela 2. Tabela z klasami odczynu gleby.

	silnie kwaśny	kwaśny	lekko kwaśny	obojętny	zasadowy
pH_{KCL}	< 4,5	4,5 - 5,5	5,6 - 6,5	6,6 - 7,2	> 7,2
pH_{H2O}	< 5,0	5,0 - 6,0	6,1 - 6,7	6,8 - 7,4	> 7,4



Rysunek 7. Odczyn gleby wpływa na dostępność składników mineralnych dla roślin, a także na aktywność grzybów, bakterii i bakterii z rodzaju *Actinomyces* (wg Foth D. Henry, 1990)

3.4. ZANIECZYSZCZENIE GLEBY

Zanieczyszczenie gleby jest wynikiem działalności gospodarczej człowieka. Głównymi sprawcami zanieczyszczeń są przemysł, energetyka, transport i rolnictwo. Zanieczyszczenia gleby mogą mieć charakter punktowy lub rozproszony na większych obszarach. Zanieczyszczenia punktowe są powodowane np. przez wycieki ropy naftowej z rurociągów, wysypisk śmieci, stacji

benzynowych, mycia pojazdów itp. Rozproszone zanieczyszczenia gleby powstają na przykład w wyniku stosowania pestycydów na gruntach rolnych, jak również w wyniku przedostawania się różnych substancji do gleby poprzez opady atmosferyczne lub działalność przemysłową. Do najczęstszych zanieczyszczeń gleby należą metale ciężkie, pestycydy, różne oleje i produkty ropopochodne, mikroplastik i produkty spalania różnych paliw.

Metale ciężkie to te metale, których gęstość właściwa wynosi 5 g cm^{-3} lub więcej. Gleba naturalnie zawiera pewną ilość metali ciężkich, ale większość z nich dostaje się do gleby poprzez zanieczyszczenia i może być toksyczna dla dzikich zwierząt. Przyczyniają się do tego różne źródła - zakłady metalurgiczne, nawadnianie terenów ściekami, nawożenie i wysypiska śmieci, a także pojazdy. Szczególnie duże zanieczyszczenie gleb metalami ciężkimi występuje w pobliżu autostrad, w miastach i w sąsiedztwie dużych zakładów przemysłowych. Metale ciężkie mają tendencję do gromadzenia się w górnej warstwie gleby również podczas takich działań rolniczych jak stosowanie pestycydów, np. fungicydy zawierające miedź (Cu) są stosowane do zwalczania chorób grzybowych.

Podwyższone stężenia metali ciężkich w glebie wpływają negatywnie na aktywność mikroorganizmów, a tym samym na dostępność składników pokarmowych, jak również działają toksycznie na korzenie roślin i mikoryzę, co ogranicza pobieranie składników pokarmowych. Najgroźniejsze dla żywej przyrody metale ciężkie to rtęć (Hg), miedź (Cu), nikiel (Ni), ołów (Pb), kobalt (Co), kadm (Cd), arsen (As) a także srebro (Ag), beryl (Be) i cyna (Sn). Wraz ze wzrostem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi wzrasta ryzyko skażenia wód gruntowych.

Zanieczyszczenie gleby produktami ropopochodnymi występuje podczas wypadków związanych z wyciekami ropy naftowej, np. z rurociągów, terminali przeładunkowych, terenów kolejowych. Na stacjach benzynowych i w ich pobliżu, w magazynach ropy naftowej oraz na opuszczonych terenach wojskowych. Produkty ropopochodne obejmują paliwa, olej napędowy, ciężki olej opałowy, oleje smarowe, a także różne produkty uboczne rafinacji ropy naftowej, takie jak smoła siarkowa.

Na migrację produktów benzynowych w glebie ma wpływ skład gleby i właściwości drenażowe.

Na przykład w przypadku rozlania benzyny w glebie piaszczystej, produkty benzyny mogą w krótkim czasie dotrzeć do warstw o głębokości nawet 8 m, stwarzając również ryzyko skażenia wód gruntowych. Głównym źródłem zanieczyszczenia gleby pestycydami jest intensywne rolnictwo i leśnictwo. Pestycydy to specjalnie syntetyzowane związki chemiczne, które wywołują toksyczne działanie na organizmy żywe. Pestycydy fosforoorganiczne są stosunkowo nietrwałe i szybko rozkładają się w glebie, dlatego są obecnie szeroko stosowane w rolnictwie i leśnictwie. Pestycydy chloroorganiczne, takie jak DDT, są trwałymi zanieczyszczeniami. Niektóre z tych pestycydów są zakazane w Unii Europejskiej i w innych krajach rozwiniętych, ale w niektórych częściach Afryki i Azji są nadal stosowane w rolnictwie.

Skażenie gleby izotopami promieniotwórczymi jest spowodowane próbami jądrowymi, awariami w elektrowniach jądrowych, przetwarzaniem i wzbogacaniem skał zawierających uran i inne izotopy promieniotwórcze oraz niewłaściwym składowaniem odpadów promieniotwórczych. Jedną z największych awarii elektrowni jądrowych w historii świata miała miejsce 26 kwietnia 1986 r. w elektrowni jądrowej w Czarnobylu, w wyniku której doszło do skażenia izotopami promieniotwórczymi terenów większości państw europejskich. Skażenie gleby izotopami promieniotwórczymi może stanowić zagrożenie dla dzikich zwierząt, istnieje też ryzyko skażenia wód gruntowych.

4. EKOLOGIA GLEBY

4.1. MIKROORGANIZMY I ZWIERZĘTA GLEBOWE ORAZ ICH ROLA

Biota glebowa, czyli część żywa, składa się z różnych organizmów żywych - bakterii, pierwotniaków, grzybów, glonów glebowych, różnych zwierząt, a także korzeni roślin. Różnorodność organizmów żywych w glebie przewyższa różnorodność organizmów słodkowodnych i lądowych. Mikroorganizmy glebowe - grzyby i bakterie rozkładają materię organiczną w procesach biochemicznych. Większe zwierzęta glebowe zapewniają mechaniczne rozdrabnianie, rozluźnianie i transport materii organicznej. Humus powstaje w wyniku współdziałania mikroorganizmów i zwierząt glebowych.

Istotne procesy zachodzące w glebie są realizowane przez różne mikroorganizmy glebowe. Bakterie aktywnie rozkładają glebową materię organiczną. Komórki bakterii mogą pobierać z gleby tylko wodę i proste substancje organiczne - cukry proste, aminokwasy, kwasy tłuszczowe, glicerynę itp. W celu pozyskania składników pokarmowych bakterie uwalniają enzymy, dzięki czemu w procesach chemicznych rozkładają również związki wielkocząsteczkowe - celulozę, chitynę, białka. Bakterie glebowe są zróżnicowane i zdolne do rozkładu prawie wszystkich związków organicznych występujących w glebie.

Bakterie glebowe są podzielone na różne grupy według funkcji:

- bakterie saprotroficzne, które rozkładają resztki roślinne i zwierzęce, jak również są wykorzystywane w remediacji gleby;
- bakterie symbiotyczne, które ściśle współpracują z roślinami i pomagają w absorpcji azotu

(np. rośliny bobowate symbiotyzują z bakteriami brodawkowymi bakterie gumowe, także ołsa biała);

- bakterie chorobotwórcze, które powodują uszkodzenia i choroby roślin, jak również choroby zwierząt;
- litotroficzne lub hemoautotroficzne bakterie lub archeony, które realizują swoje procesy życiowe poprzez chemiczną zmianę pierwiastków nieorganicznych, przekształcając w ten sposób chemicznie skały;
- *actinomycetes*, które rozkładają chitynę i celulozę, a także wydzielają w środowisku charakterystyczny zapach kompostu lub humusu. Faunę glebową, czyli zwierzęta, można podzielić na trzy kategorie:
- Mikrofauna (<0,2 mm)
- Mezofauna (0,2-10 mm)
- Makrofauna (> 10 mm)

Do mikrofauny glebowej należą różne jednokomórkowe zwierzęta mikroskopijne (*Protozoa*), niesporczaki (*Tardigrada*), wrotki (*Rotatoria*). Przedstawicielami mezofauny są robaki, np. nicienie (*Nematoda*) i wazonkowcowate (*Enchytraeidae*), mięczaki (*Mollusca*), a także najpospolitszy rodzaj w mezofaunie glebowej - stawonogi (*Arthropoda*). Charakterystycznymi owadami glebowymi są prymitywne i bezskrzydłe - skoczogonki (*Collembola*), pierwogonki (*Protura*), widłogonki (*Diplura*) i szczeciogonki (*Thysanura*), natomiast w glebie rozwijają się larwy owadów uskrzydłych - zwłaszcza larwy chrząszczy (*Coleoptera*) i muchówek (*Diptera*). Jedynymi skorupiakami występującymi w glebie są stonogi (*Oniscoidea*).

Makrofauna glebowa tworzona jest przez różne większe zwierzęta, które drążą w glebie jamki

i tunele, wpływając w istotny sposób na strukturę gleby. Do makrofauny należą różne pająki, wije (*Myriapoda*), ślimaki lądowe i dżdżownice, a także szeroka gama owadów: mrówki, osy kopaczki, pluskwiaki, biegaczowate, skarabeusze, sprężkowate, omarlicowate, różne komary i muchówki.

4.2. MIKORYZA, GLONY GLEBOWE I GRZYBY

Mikoryza jest to symbiotyczny związek między grzybami i korzeniami roślin. Powstaje on poprzez wnikanie strzępek grzybni do komórek korzeni roślin, zwiększając w ten sposób ich powierzchnię chłonną. W procesie mikoryzy, rośliny wchłaniają wodę i minerały z gleby bardziej efektywnie przy pomocy grzybów, podczas gdy grzyby otrzymują węglowodany z procesu fotosyntezy roślin. Mikoryza występuje u 80-95% gatunków roślin. Jej rozwój jest ściśle związany z koncentracją roślinnych składników pokarmowych w glebie. Mikoryza rzadziej występuje w glebach bogatych w składniki pokarmowe, jak i suchych, choć rośliny na glebach suchych często są w stanie przetrwać właśnie dzięki mikoryzie, która zwiększa odporność na suszę. Mikoryza ma również inne ważne funkcje ekologiczne. Oprócz systemu korzeniowego roślin, mikoryza tworzy rozgałęzioną sieć strzępek, które wiążą cząstki gleby i pomóż kształtowania struktury gleby. Strzępki grzybów mikoryzowych są w stanie gromadzić metale ciężkie, a tym

samym mniej metali ciężkich dotrze do roślin. Mikoryza jest wykorzystywana do poprawy warunków wzrostu roślin drzewiastych, do umacniania wydm oraz w rekultywacji ekologicznej. W glebie występują również grzyby pasożytnicze, saprofityczne i inne. Grzyby saprofityczne uczestniczą w rozkładzie materii organicznej - grzyby te uwalniają do środowiska zewnętrznych enzymy, które rozkładają złożoną materię organiczną, a przez ściany strzępek pobierają proste substancje organiczne i składniki mineralne. Grzyby saprofityczne biorą bezpośredni udział w tworzeniu próchnicy. Grzyby pasożytnicze występują w glebie w stanie uśpienia i w postaci zarodników. Grzyby pasożytnicze wywołują choroby roślin i zwierząt, takie jak mączniak prawdziwy, zgnilizna korzeni i szyjki korzeniowej, fuzariozy itp. W glebie występują grzyby workowe (takie jak *Gyromitra* i smardze), śluzowce oraz sprężniaki, a także podstawczaki (takie jak pieprzniki i różnegrzyby kapeluszowe), które są powszechnie spożywane przez ludzi. W glebie występują również śluzowce oraz różne glony. Glony same syntetyzują materię organiczną w procesie fotosyntezy. Glony powierzchniowe namnażają się na wilgotnej i odsłoniętej glebie, tworząc zieloną błonę lub skórę. Istnieją również glony, które zamieszkują wodę glebową lub samą glebę. Większość glonów glebowych to organizmy mikroskopijne, ale gdy się rozmnożą, można je dostrzec gołym okiem (np. na polach lub na gruzach budowlanych). Najczęściej spotykane w glebie są różne gatunki zielenic (*Chlorophyta*).



II.

Ocena gleby

1. POTRZEBA OCENY GLEBY

Badania glebowe i geologiczne są niezbędne przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac związanych z zagospodarowaniem lub poprawą jakości terenów zielonych. Ocena gleby pozwala poznać jej właściwości i warunki, w tym ewentualne czynniki ograniczające, które mogą mieć wpływ na wzrost drzew. Znając właściwości gleby, można podjąć decyzję o zastosowaniu różnych środków poprawiających właściwości gleby, a także wybrać rośliny, które są bardziej odpowiednie dla określonych warunków glebowych. Ocenę gleby można wykonać zarówno

metodami wizualnymi, jak i poprzez pobranie próbek gleby i wykonanie szczegółowych analiz w laboratoriach.

Pobór prób glebowych zależy od zróżnicowania terenu i celu badań. Analizę gleby wykonuje się na dwa sposoby:

- pobieranie próbek gleby z górnej warstwy ornej, w której rozwija się większość korzeni roślin,
- na podstawie oceny profilu glebowego poprzez wykonanie odkrywek glebowych do analizy warstw glebowych.

2. METODY POBIERANIA PRÓBEK GLEBY

Pobranie próbek gleby z górnych warstw (około 20 - 30 cm głębokości) umożliwia analizę składu gleby, ilości i dostępności składników odżywczych, ilości materii organicznej, a także identyfikację ewentualnych problemów roślin drzewiastych. Próbkę gleby pobiera się za pomocą

specjalnego narzędzia - świdra glebowego (rys. 8) lub - za pomocą łopaty. Ekspert decyduje, ile próbek należy zebrać, przy czym przyjmuje się, że należy pobrać co najmniej 10 różnych próbek na obszarze 100 m². Jeśli obszar badań jest duży, dzieli się go na mniejsze powierzchnie



o podobnych cechach, np. obszary o różnym zagospodarowaniu, obszary o różnym składzie granulometrycznym gleby (gleby piaszczyste i gliniaste), obszary o różnym położeniu geograficznym (np. depresja, zbocze, wzgórze), a także miejsca o różnej roślinności. Jeżeli próbka jest pobierana za pomocą sondy glebowej lub łopaty, ważne jest, aby usunąć pokrywę roślinną i resztki roślin, tak aby w próbce znalazła się tylko gleba. Część gleby należy przewiercić lub wykopać łopatą i umieścić w worku polietylenowym w celu dostarczenia do laboratorium. Jeżeli objętość próbek zebranych na danym obszarze jest zbyt duża, aby można je było zebrać do worka, próbki łączy się w plastikowym wiadrze i miesza do uzyskania średnich. Z takiej mieszaniny pobiera się właściwą próbkę reprezentacyjną. Najlepszy

czas na pobieranie próbek nie jest określony, ale zwykle odbywa się to wiosną przed rozpoczęciem wegetacji. Należy unikać pobierania próbek po obfitych deszczach. Pobieranie próbek gleby powinno być zaplanowane w odniesieniu do konkretnego problemu drzew, na przykład, jeśli drzewa rosnące obok ulicy, która jest solona zimą, wykazują oznaki stresu, wówczas próbki gleby powinny być pobrane w strefie korzeniowej tych drzew, jak również w miejscach, gdzie drzewa są zdrowe. Takie zróżnicowanie próbek pozwoli na porównanie i obserwację różnych warunków glebowych, w tym zanieczyszczeń, takich jak sól (NaCl). Odkrywki glebowe powinno się wykonywać wczesną wiosną, gdy poziom wód gruntowych jest najwyższy.



Rysunek 8. Pobieranie próbek gleby za pomocą: A. sondy glebowej; B. łopaty

3. OCENA PROFILU GLEBOWEGO

Ocena profilu glebowego służy do określenia właściwości gleby w warstwach pionowych. Ocena taka pozwala określić historyczne zagospodarowanie miejsca uprawy drzew oraz obecność różnych zakłóceń, takich jak gruz budowlany, zagęszczenie gleby itp. Profil glebowy jest łatwo dostępny w miejscach gdzie wykonano wykopy podczas budowy, np. drogi lub zagospodarowania terenu. Jednak takie odłonięte obszary będą rzadko dostępne. Do oceny pionowego profilu gleby stosuje się

specjalne narzędzie - świder glebowy (Rysunek 8), którego mechanizm umożliwia pobranie próbki cylindrycznej na różnych głębokościach. Profil glebowy ocenia się zwykle na głębokości od 1 do 2 m. Próbkę sondy umieszcza się kolejno i na odpowiedniej głębokości, aby ocenić właściwości gleby. Jeśli na badanym obszarze występują ewidentnie różne warunki glebowe, wówczas sondowanie wykonuje się w kilku miejscach, np. na suchym wzniesieniu i w wilgotnym obniżeniu.

4. PARAMETRY ANALIZY GLEBY

Ocena gleby może być wykonywana wizualnie, w warunkach polowych, natomiast zebrane próbki glebowe analizuje się w laboratorium, oceniając różne właściwości. Do najczęściej stosowanych parametrów oceny gleby należą: struktura, gęstość, tekstura, zawartość wody i materii organicznej, pH, zawartość składników mineralnych, EC (przewodność elektryczna) oraz aktywność mikrobiologiczna.

W warunkach polowych **teksturę gleby** ocenia się tzw. metodą manualną, w której niewielką ilość gleby zwilża się, urabia w dłoniach, formując z niej wałeczek, a następnie mierzy się jego długość. Metoda ta jest subiektywna.

Strukturę gleby można również ocenić wizualnie, opisując cechy charakterystyczne agregatów glebowych, takie jak kształt i wielkość oraz wykonać analizę sitową.

Glebową materią organiczną (GMO) jest jednym z najważniejszych wskaźników jakości gleby. W warunkach polowych można ją ocenić na podstawie koloru: im ciemniejszy kolor, tym

większa zawartość materii organicznej w glebie. Bardziej szczegółowa analiza jest wykonywana przez większość laboratoriów. Dobrej jakości wierzchnia warstwa gleby powinna zawierać 3-5% GMO wyrażonej w procentach wagowych. Odczyn gleby wskazuje aktywność jonów wodorowych w roztworze glebowym. Aby uzyskać najlepsze wyniki pomiaru pH, zaleca się wysłanie próbek gleby do laboratorium. Do oceny w terenie można wykorzystać różne narzędzia: sondę pH gleby, papierek lakmusowy lub różne zestawy wskaźników wśród których najpopularniejszy jest kwasomierz Helliga.

Badanie aktualnej zawartości wody w glebie jest niezbędne aby zidentyfikować rośliny zestresowane z powodu niedoboru lub nadmiaru wody. Ilość wody może być mierzona na różne sposoby: szacunkowo poprzez obserwację wskaźników fizycznych, dokładnie metodą suszarkowo-wagową, za pomocą elektrycznego wilgotnościomierza glebowego, tensjometrów i innych metod.



III.

Modyfikacja i uprawa gleby

1. MODYFIKACJA GLEBY

W warunkach naturalnych gleba rozwija się w wyniku współdziałania różnych czynników, decydujących o jej właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych. Procesy te mogą jednak ulegać istotnym zmianom na terenach zurbanizowanych, gdzie naturalna różnorodność

może być wzmacniana przez czynniki antropogeniczne. Dlatego w tym rozdziale zebrano informacje o najczęściej stosowanych zabiegach uprawowych, które mogą poprawić zdrowotność i długowieczność drzew miejskich.

2. DODATKI DO GLEBY

Wprowadzenie dodatków do gleby jest stosunkowo łatwym i tanim sposobem na poprawę struktury, co zmniejsza jej zagęszczenie, a tym samym ułatwia napowietrzanie i przewodzenie wody. Dodatki do gleby mogą być zarówno organiczne jak i nieorganiczne. Materiały organiczne są stosowane w celu zwiększenia żyzności gleby, jak również promowania bioaktywności w ryzosferze i regulacji właściwości biochemicznych, i chemicznych takich jak odczyn (pH). Jednakże, żyzność i pH mogą być znacznie poprawione przez zastosowanie nieorganicznych

dodatków, które mogą ulepszyć zawartość składników mineralnych i właściwości fizyczne, np. dodatek piasku rozluźni zbyt ciężką glebę. Zastosowanie mineralnych dodatków glebowych dla drzew miejskich ze względu na poprawę właściwości mechanicznych gleby, od których zależy jej porowatość i nośność. Niemniej jednak, zastosowanie odpowiednich dodatków należy rozważyć w zależności od wymagań glebowych docelowych gatunków roślin drzewiastych, które planuje się posadzić lub odtworzyć.

3. REGULACJA pH

Jednym z ważniejszych wymagań glebowych roślin jest odczyn, którego zmiany mogą być dużym ograniczeniem w rozwoju drzew nawet w znacznie korzystniejszych warunkach uprawy. Dlatego podczas przygotowania nowych nasadzeń należy przestrzegać określonych wymagań glebowych. Efektem nieodpowiedniego pH może być długotrwały spadek żywotności

i późniejszego wzrostu. W przypadku wystąpienia objawów zaburzeń w żywieniu drzew, ocena stanu drzew znacznie poprawiłaby się po uwzględnieniu badania pH gleby, które można łatwo wykonać metodami instrumentalnymi lub chemicznymi *in situ*. Na podstawie takich informacji można dobrać odpowiednie materiały i ich ilości do zakwaszania lub alkalizowania gleby.

4. GLEBY NARAŻONE NA DZIAŁANIE SOLI

Zwiększona koncentracja soli w glebie jest częstym problemem dla drzew miejskich, szczególnie w regionach, gdzie zimą panują mrozy i gdzie na ulicach stosuje się sól, aby zapobiec tworzeniu się lodu. Jest to również problem w regionach suchych, gdzie ewapotranspiracja gleby przewyższa opady, co powoduje wytrącanie się związków mineralnych zawierających sól w górnych warstwach gleby. Istnieją jednak gatunki roślin drzewiastych, które tolerują podwyższone zasolenie gleby, dlatego mogą być sadzone na terenach o takim zagrożeniu. W przypadku, gdy podwyższone zasolenie gleby ujawni się dla istniejących drzew, można

zastosować metodę fitoremediacji. Obejmuje ona sadzenie gatunków roślin odpornych na działanie soli, które gromadzą sól lub zapewniają zacienienie górnej warstwy gleby. W ten sposób zmniejszają parowanie i zwiększają stopień infiltracji wód powierzchniowych. Jednak najbardziej skutecznym podejściem krótkoterminowym jest intensywne nawadnianie, które wypłukuje sól. Dawki czystej wody wynoszą 200-300 l/m² a warunkiem niezbędnym jest przepuszczalne podłoże umożliwiające odprowadzenie wody i soli. Musi to być połączone z dodaniem gipsu, który zwiąże sól do formy nierozpuszczalnej.

5. INOKULANTY MIKROBIOLOGICZNE

Na terenach zurbanizowanych intensywna presja antropogeniczna może również powodować zaburzenia w funkcjonowaniu mikroorganizmów glebowych, zmniejszając ich pozytywny udział w zapewnieniu odpowiednich warunków do wzrostu roślin drzewiastych. W przypadku zubożenia

gleby, możliwe jest odtworzenie zbiorowisk mikroorganizmów glebowych wraz z ogólnym wzbogaceniem gleby zarówno organicznymi, jak i nieorganicznymi dodatkami. Jednak najbardziej efektywnym sposobem jest zastosowanie specjalistycznych produktów komercyjnych, które

zawierają inokulanty mikrobiologiczne przeznaczone do określonego zastosowania - stymulacji wzrostu roślin lub ochrony przed patogenami.

Preparaty mikrobiologiczne zawierają specjalne wyselekcjonowane i namnożone mikroorganizmy.

6. ŚCIÓŁKOWANIE

Ściółkowanie uważane jest za najszerzej stosowaną metodę w utrzymaniu jakości gleby na terenach zieleni. Materiał do ściółkowania jest łatwy do pozyskania i zastosowania, jednak musi być wolny od domieszek umożliwiających przenoszenie patogenów, szkodników lub chwastów. Wraz z osiągnięciem głównego celu ściółkowania jakim jest eliminacja chwastów i ograniczenie ewaporacji, rozwój niektórych patogenów może być ograniczony przez zastosowanie odpowiedniego materiału ściółkującego (np. uzyskanego z kory lub drewna niektórych gatunków roślin drzewiastych). Grubość ściółki musi być zgodna z pożądanym rezultatem, takim jak zapobieganie zachwaszczeniu lub zatrzymanie wody w glebie, co wymaga zastosowania grubszych warstw. Jednakże, zwalczanie chwastów przed

ściółkowaniem i wystarczające podlewanie/opady deszczu pozwoliłyby na wykonanie cieńszych warstw ściółki. Należy pamiętać, że grubsze warstwy ściółki spowalniają tempo oddychania gleby, jak również korzeni, dlatego też ściółkowanie należy wykonywać rozważnie. Podstawową ściółką jest kora, która nie powinna mieć bezpośredniego kontaktu z pniem drzewa pod którym jest układana.

Nawożenie

W wielu przypadkach nawożenie następuje wraz z zastosowaniem dodatków glebowych i mulczu. Można jednak stosować specyficzne związki zwiększające żyzność gleby, zgodnie z wynikami badań składników pokarmowych.



7. NAPOWIETRZANIE I SPULCHNIANIE

Niewystarczające napowietrzanie jest jednym z najczęstszych problemów gleb miejskich, które jest spowodowane zbyt małą aktywnością mikroorganizmów glebowych i kompaktacją mechaniczną spowodowaną ruchem pieszych i pojazdów.. Radzenie sobie z tym problemem może odbywać się za pomocą różnych metod technicznych, zaadaptowanych z rolnictwa lub greenkeepingu z pól golfowych. Jednak takie zabiegi mogą powodować znaczne uszkodzenia systemów korzeniowych miejskich roślin drzewiastych, dlatego należy ocenić potencjalny wpływ każdej z tych technik.

7.1. METODY MECHANICZNE

Mechaniczne spulchnianie gleby jest wysoce efektywną metodą poprawy porowatości, napowietrzania i infiltracji wody przez glebę. Jednak o skuteczności takiego zabiegu decyduje stosunkowo głęboka penetracja, która może być szkodliwa dla systemów korzeniowych roślin drzewiastych. Dlatego mechaniczne spulchnianie gleby należy wykonywać przed sadzeniem drzew. Można tutaj zastosować ciężkie kultywatory – grubery, mogące spulchniać glebę nawet do 1 m. Takie maszyny można wykorzystać przy większych arealach i nasadzeniach liniowych. Gdy jest mało miejsca, to trzeba wykonać duże doły i sadzić w nich drzewa.

Wykop promieniowy i mulczowanie pionowe
Tworzenie rowów promieniowych od obwodu rzutu korony w kierunku pnia drzewa może skutecznie poprawić właściwości napowietrzania gleby i infiltracji wody bez powodowania

poważnych uszkodzeń korzeni pod warunkiem ostrożnego wykonania zabiegu. Często takie rowy są wypełniane przepuszczalnymi, organicznymi lub nieorganicznymi dodatkami, które mogą urozmaicić strukturę gleby i dostarczyć składników odżywczych.

7.2. METODA PNEUMATYCZNA

W obrębie stref korzeniowych istniejących drzew do spulchniania gleby zaleca się stosowanie metody pneumatycznej, gdyż uważa się, że takie postępowanie jest mniej szkodliwe dla korzeni od prac mechanicznych. Pod wpływem sprężonego powietrza gleba ulega wzruszeniu i rozluźnieniu, korzenie średnie i grube nie są uszkodzane, ale korzenie włosnikowe i wierzchołki korzeni mogą zostać uszkodzone. Dlatego należy unikać stosowania tej metody w strefach wzrostu korzeni, czyli zlokalizowanych na krawędzi rzutu korony.

7.3. SZCZELINOWANIE POD CIŚNIENIEM

Szczelinowanie pod ciśnieniem w zagęszczonych gruntach, zwane również iniekcjami powietrznymi, może być wykonywane za pomocą specjalnie zaprojektowanych urządzeń, które mogą pracować na różnych głębokościach gruntu. Szczelinować można i należy warstwy bardzo zagęszczone i stwardniałe, jednak iniekcje pneumatyczne uważane są za rozwiązanie krótkoterminowe, zwłaszcza dla wierzchniej warstwy gleby (Rysunek 9).



Rysunek 9. Szczelinowanie gleby pod ciśnieniem. Fot. J. Ozols/LABIE KOKI

8. NAWADNIANIE

Precyzyjne nawadnianie jest kluczowym zabiegiem w zarządzaniu drzewami w miastach. Obecnie dostępna jest duża różnorodność metod i rozwiązań technicznych, począwszy od worków z wodą aż po zautomatyzowane systemy nawadniania. Istnieje jednak kilka aspektów, których należy przestrzegać, aby zachować skuteczność. Ważne jest, aby przywrócić odpowiedni stan nawodnienia drzew przed aktywną fazą transpiracji, czyli przed południem. Dlatego też podlewanie powinno odbywać się w fazie nocnej, kiedy to wchłonięta przez glebę woda może zostać pobrana przez włosniki i zmagazynowana

w tkankach, aby odpowiedzieć na zapotrzebowanie atmosferyczne następnego dnia. Dawkę nawodnieniową zwiększa się w zależności od temperatury powietrza, wielkości drzewa i dostępnej pojemności wodnej gleby. Jednak w przypadku ograniczonych zasobów wodnych, precyzyjne podlewanie może być wykonywane zgodnie z ekofizjologicznymi pomiarami poziomu deficytu wodnego. Ogólnie rzecz biorąc, podlewanie należy skoncentrować na strefach korzeni włosnikowych, utrzymując wilgotność warstw gleby do 25-50 cm, ale unikając zalewania, które może spowodować niedotlenienie.

9. ODWODNIENIE

Zalanie gleby uniemożliwia jej prawidłowe napowietrzanie, przez co rośliny narażone są na wędnięcie w warunkach beztlenowych. Aby uniknąć takich problemów, można wykonać kilka podstawowych działań, takich jak ograniczenie podlewania i zmiana mikrografii w celu stworzenia możliwości spływu dla wód powierzchniowych. W wielu przypadkach

należy zainstalować drenaż na większych obszarach, łącząc sąsiednie systemy. Takie działania zarządcze mogą być bardzo kosztowne. Najlepszym rozwiązaniem dla takich warunków jest dobór odpowiednich gatunków roślin drzewiastych w tworzeniu zieleni na terenach o stale wysokim poziomie wód gruntowych.

LITERATURA:

1. Roberts J., Jackson N., Smith M. 2006. Tree Roots in the Built Environment. Arboricultural Association, UK, 488p.
2. Scharenbroch B.C., Smiley E.T., Kocher W. 2014. Soil Management for Urban Trees. International Society of Arboriculture (ISA), USA, 38 p.
3. Nikodemus, O. (2008) Augšnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. Latvijas Universitāte, 256 lpp.



Instytut Drzewa Sp. z o.o.

www.instytut-drzewa.pl

tel.: 789-032-424, e-mail: biuro@instytut-drzewa.pl

© Copyright Latvian Arboriculture Society

© Copyright Instytut Drzewa Sp. z o.o.

Wrocław 2021

Projekt realizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach Programu Erasmus+:
Partnerstwa strategiczne w obszarze edukacji i kształcenia zawodowego