

PEDOLOGIJA I MIKROBIOLOGIJA TLA

Vježbe iz Pedologije

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

Vježba 1

BOJA TLA

Boju tla (*morfološko svojstvo*) određuje kemijski i mineraloški sastav tla. Sve boje su kombinacija tri osnovne: **crne, crvene i bijele**.

1. *siva, tamnosiva, crna* i ponekad *tamno smeđa* rezultat su višeg sadržaja humusa;
2. do različitog stupnja hidratizirani ili bezvodni oksidi trovalentnog željeza daju tlu nijanse *smeđe, žute i crvene boje*;
3. bijela boja je uvjetovana prisustvom SiO_2 , CaCO_3 , kaolina te hidroksida aluminija ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times n \text{H}_2\text{O}$);
4. spojevi divalentnog željeza (ferosulfati, ferofosfati) daju *zelenkaste, sivoplave i plavkaste nijanse*.

2

Munsell Color Charts

1. **Hue** - osnovna boja
2. **Value** - osvijetljenost
3. **Chroma** - intenzitet

Munsell Colour System

<http://betopandao.com/wp-content/uploads/2014/01/page-from-the-munsell-color-chart-book-soil-test-trench-157002.jpg>

3

Hue

5Y 5YR 5R 5RP 5G

Određivanje boje (Munsell sistem)

Value

8/

7/

6/

5/

4/

3/

2/

- **Hue** (npr., 5R) označava *osnovnu boju* (10 = apsolutno crna tla, a 10 = apsolutno bijela).
- **Value** (npr., 10R 5/) označava *osvijetljenost* : (0 je najtamnija). Može biti indikator vlažnosti tla (tamno = vlažno) i/ili sadržaja organske tvari. Svijetla tla = 7 ili više; srednje svijetla = 5 - 6, a tamna tla = 4 i manje.
- **Chroma** (npr., 10R 5/8) označava *intenzitet boje*. Indikator hidrološkog režima tla (dobra drenaža = h, O_2 = visok ili jaki intenzitet)

1/ 2/ 3/ 4/ 6/ 8/ Chroma

4

Vježba 2

TEKSTURA TLA

TEKSTURA (mehanički sastav tla) je kvantitativni odnos mehaničkih elemenata tla.

Mehanički element (čestica tla) je svaka individualna čestica čvrste faze tla. Medusobno se razlikuju prema dimenzijama, formi, strukturi, kemijskom i mineraloškom sastavu te gustoći.

Frakcije mehaničkih elemenata su grupe čestica određenih dimenzija.

Za determinaciju teksturne klase na terenu najpogodnija je metoda probom prstima (*Feel Method*).

5

Frakcije čestica tla

(Atterberg, 1912.):

	Frakcija	Efektivni promjer, mm
SKELET	kamen	> 20,00
	šljunak	2,00 - 2,00
SITNICA	krupni pijesak	2,00 - 0,20
	sitni pijesak	0,20 - 0,02
	prah	0,02 - 0,002
	glina	< 0,002*

* 0,002 mm = $2 \times 10^{-3} \text{ mm} = 2 \mu\text{m} = 2.000 \text{ nm}$

Soil Survey Staff (1993.):

Frakcija	Efektivni promjer, mm
šljunak	> 2,00
pijesak	2,00 - 0,050
prah	0,050 - 0,002
glina	< 0,002

6

TEKSTURNE KLASE – prema postotnom udjelu frakcija:

* **Pijesak (gruba tekstura)**

- Pijesak (P), Ilovasti Pijesak (IP)

* **Ilovača (srednja tekstura)**

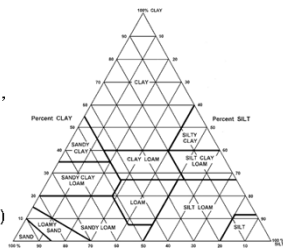
- Pjeskovita Ilovača (PI), Ilovača (I), Prah (Pr), Praškasta Ilovača (PrI)

- Glinasta Ilovača (GI), Pjeskovito Glinasta Ilovača (PGI)

- Praškasto Glinasta Ilovača (PrG)

* **Glina (fina tekstura)**

- Pjeskovita Glina (PG), Praškasta Glina (PrG), Glina (G)



7

Feel Method
(Irrigated wheat, FAO, 2000.)

Za lakše određivanje teksturne klase tlo ne smije biti suho, najpovoljnija je vlažnost drobnice konzistencije (malo ispod donje granice plastičnosti) kada je ljepljivost minimalno izražena.

A - Pijesak = čestice tla ostaju nevezane, ne mogu se valjanjem oblikovati nikakve forme.

B - Pjeskovita ilovača = može se oblikovati kuglica koja se lako raspada. S većim postotkom praha (C) tlo se može valjati u kratke i debele valjčice pa se tada naziva **praškasta ilovača**.

D - Ilovača = kod podjednagog omjera pijeska, praha i gline može se formirati valjčić (1-2,5 cm debljine) duljine oko 15 cm prije pucanja.

E - Glinasta ilovača = valjanjem se, kao kod ilovače, formiraju valjčici koje je moguće modelirati (valjčić se pažljivo savija u formu U bez pucanja).

F - Ilovasta glina = tlo se bez teškoća može saviti u krug s nekoliko pukotina.

G - Glina = tlo se može oblikovati kao plastelin te napraviti od valjčića (< 1 cm debljine) krug bez ikakvih pukotina.

8

Vježba 3

TRENUTAČNA VLAGA TLA

Trenutačna vlaga tla (Trv) je sadržaj vlage u tlu u trenutku uzimanja uzorka. Potrebno ju je odrediti kod utvrđivanja norme i obroka za navodnjavanje, poljskog kapaciteta tla za vodu (PVK), retencije vlage (pF), točke uvenuća (TU), donje i gornje granice plastičnosti i dr.

Metoda sušenja uzoraka u nenarušenom stanju do konstantne mase

Postupak:

- Na terenu je potrebno uzeti uzorak tla u nenarušenom stanju, u cilindre Kopečkog volumena 100 cm³.
- Nakon dolaska u laboratorij uzorke odvagati na tehničkoj laboratorijskoj vagi na slijedeći način:
 - cilindar očistiti, skinuti poklopce te na donju stranu cilindra (užu) postaviti mrežicu (sprječava gubitak tla),

9

➢ zabilježiti odvagu (m_v + tara).

- Cilindar zajedno s mrežicom staviti na sušenje u električnu sušnicu na 105 °C do postizanja konstantne mase (minimalno 5 h),
- Prenijeti ih u vakum eksikator (hlađenje) i ponovno vagati (m_s + tara),
- Očišćeni cilindar (bez uzorka) odvagati zajedno s mrežicom (tara),
- Od obje odvage oduzeti vrijednost tare tako da se dobije: masa vlažnog uzorka tla (m_v) i masa apsolutno suhog uzorka tla (m_s).

$$Trv = \frac{m_v - m_s}{V} \times 100$$

Trv = trenutačna vlaga tla, %vol.

m_v = masa vlažnog uzorka tla, g

m_s = masa apsolutno suhog uzorka tla, g

V = volumen uzorka tla, cm³

10

Vježba 4

RETENCIJSKI KAPACITET TLA ZA VODU

Retencijski kapacitet tla za vodu (Kv) je maksimalna količina vode koju tlo zadrži u kapilarnim porama nakon 24 sata pošto je prethodno bilo maksimalno zasićeno vodom.

Određuje se u laboratoriju u uzorcima u nenarušenom stanju uzetim u cilindre Kopečkog poznatog volumena (100 cm³).

Postupak:

- Cilindar s tlom i donjom mrežicom staviti na postolje obavijeno filter papirom čiji su krajevi uronjeni u vodu. Voda se ascendentno uzdiže preko filter papira i postepeno vlaži uzorak.

11

- Kada se ovlaži gornja površina uzorka tla cilindar staviti na suhi filter papir dok se ne odstrani suvišna voda s mrežice (~ 20 min). Nakon toga tlo je zasićeno do retencijskog kapaciteta tla za vodu (mikropore su zasićene vodom, a makropore zrakom).
- Uzorak (cilindar s tlom i mrežicom) odvagati (m_{av} + tara),
- Zatim cilindar zajedno s mrežicom staviti na sušenje u električnu sušnicu na 105 °C do postizanja konstantne mase (minimalno 5 h),
- Prenijeti ih u vakum eksikator (hlađenje) i ponovno vagati (m_s + tara),
- Očišćeni cilindar (bez uzorka) odvagati zajedno s mrežicom (tara),
- Od obje odvage oduzeti masu cilindra i mrežice (tara) tako da se dobije masa vlažnog uzorka tla (m_{av}) i masa apsolutno suhog uzorka tla (m_s).

12

Retencijski kapacitet tla za vodu računa se pomoću izraza:

$$K_v = \frac{m_{av} - m_s}{V} \times 100$$

K_v = retencijski kapacitet tla za vodu, (% vol.)
 m_{av} = masa apsolutno vlažnog uzorka tla, g
 m_s = masa apsolutno suhog uzorka tla, g
 V = volumen uzorka tla, cm³

Ocjena retencijskog kapacitet tla za vodu (Škorić, 1992.)

K_v , %vol.	Ocjena
< 25	vrlo malen
25 - 35	malen
35 - 45	osrednji
45 - 60	velik
> 60	vrlo velik

13

Vježba 5:

GUSTOĆA TLA

Gustoća tla (ρ) je omjer mase i volumena tla.

- > **volumna gustoća tla, ρ_v**
- > **gustoća čvrste faze tla, ρ_s**

Vrijednosti se izražavaju u g cm⁻³ ili Mg m⁻³.

Određivanje volumne gustoće tla

- Na terenu uzeti uzorke tla u nenarušenom stanju (prirodni izvadak tla) u cilindre Kopeckog poznatog volumena (100 cm³),
- U laboratoriju cilindar očistiti, skinuti poklopce, na donju stranu cilindra (užu) postaviti mrežicu (sprječava gubitak tla),

14

- Cilindar zajedno s mrežicom staviti na sušenje u električnu sušnicu na 105 °C do postizanja konstantne mase (minimalno 5 h), prenijeti ih u vakum eksikator (hlađenje) i vagati (m_s + tara),
- Očišćeni cilindar (bez uzorka) odvagati zajedno s mrežicom (tara),
- Od odvage (m_s + tara) oduzeti taru kako bi se dobila masa apsolutno suhog uzorka tla (m_s).

$$\rho_v = \frac{m_s}{V}$$

ρ_v = volumna gustoća tla, g cm⁻³
 m_s = masa apsolutno suhog tla, g
 V = volumen cilindra Kopeckog, cm³

Ocjena zbijenosti tla indirektno putem volumne gustoće (Harte, citat: Hazelton, Murphy, 2007.)

ρ_v , g cm ⁻³	Ocjena
< 1,0	vrlo niska
1,0 - 1,3	niska
1,3 - 1,6	srednja
1,6 - 1,9	visoka
> 1,9	vrlo visoka

15

Određivanje gustoće čvrste faze tla Albert-Bogsovom metodom

Postupak:

- U odmjernu tikvicu volumena 50 ml odvagati 20 g apsolutno suhog uzorka tla. Ako se u postupak uzima zračno suho tlo tada kod izračuna treba oduzeti higroskopsnu vlagu.
- U odmjernu tikvicu s tlom iz birete ($V = 50$ ml) dodavati čisti ksilol uz povremeno mućkanje,
- Kada je odmjerna tikвица do oznake (50 ml) nadopunjena ksilolom potrebno je očitati volumen preostalog ksilola (volumen tla, V).
- Izračun gustoće čvrste faze tla:

$$\rho_s = \frac{m_s}{V}$$

ρ_s = volumna gustoća tla, g cm⁻³
 m_s = masa apsolutno suhog tla, g
 V = (ukupni ksilol - utrošeni ksilol), cm³

16

Vježba 6:

UKUPNA POROZNOST TLA

Pore u tlu predstavljaju slobodne prostore između agregata tla i unutar njih, ili između mehaničkih elemenata kada su tla bestrukturna.

Postoji nekoliko klasifikacija pora prema veličini. Najčešće se koristi podjela po Gračaninu na:

- mikropore - veličine < 0,25 mm
- makropore - veličine > 0,25 mm

Ukupni sadržaj pora u tlu (ukupna poroznost tla) je zbroj svih šupljina tla ispunjenih zrakom i vodom.

17

Izračun se vrši prema slijedećem obrascu:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_s} \right) \times 100$$

P = ukupna poroznost tla, % vol.
 ρ_v = volumna gustoća tla, g cm⁻³
 ρ_s = gustoća čvrste faze tla, g cm⁻³

Ocjena tla prema ukupnoj poroznosti (Škorić, 1992.)

P , %vol.	Ocjena tla
< 30	vrlo slabo porozno
30 - 45	slabo porozno
46 - 60	porozno
> 60	vrlo porozno

18

Vježba 7

KAPACITET TLA ZA ZRAK

Kapacitet tla za zrak predstavlja količinu zraka u tlu kada je ono zasićeno do retencijskog kapaciteta tla za vodu.

Tada su makropore ispunjene zrakom, a mikropore vodom.

Izračun je prema obrascu:

$$Kz = P - Kv$$

Kz = kapacitet tla za zrak, % vol.

P = ukupna poroznost, % vol.

Kv = retencijski kapacitet tla za vodu, % vol.

19

Vježba 8

MEHANIČKA ANALIZA TLA

Tlo, kao polidisperzni sustav, čine čestice različitih dimenzija.

Kvantitativni odnos čestica predstavlja teksturu, odnosno mehanički sastav tla.

Cilj mehaničke analize je izdvajanje skupina (frakcija) čestica tla.

Metode se zasnivaju na sljedećim načelima:

- prosijavanje pomoću garniture sita s otvorima različitih dimenzija,
- sedimentacija u mirnoj vodi,
- sedimentacija u tekućoj vodi (elutacija),
- centrifugiranje.

20

Postupci pripreme uzoraka prije analize mogu biti:

- višekratno tretiranje uzorka s 50 ml 6% H₂O₂ u cilju odstranjivanja organske tvari,
- dekalcijacija uzorka tla s HCl,
- primjena različitih dispergenata tla: NaOH, Na₄P₂O₇ x 10 H₂O (natrijev pirofosfat) i sl.

U našim pedološkim laboratorijima najčešće se primjenjuje **pipet metoda** (djelomično prosijavanje, a djelomično sedimentacija u mirnoj vodi).

Određuju se sljedeće frakcije:

Frakcija čestica tla	Dijametar, mm
krupni pijesak	2,0 – 0,2
sitni pijesak	0,2 – 0,02
prah	0,02 – 0,002
glina	< 0,002

21

Postupak:

- Odvagati 10 g zračno suhog tla u plastičnu bocu (V = 500 ml),
- Preliti s 25 ml 0,4 n otopine Na₄P₂O₇ x 10 H₂O, promućkati i ostaviti stajati preko noći,
- Slijedeći dan dodati 250 ml destilirane vode i mućkati 6 sati na rotacijskoj mućkalici,
- Za određivanje stabilnosti mikrostrukturnih agregata tla potrebno je odvagati još jednom 10 g uzorka u drugu plastičnu bocu (V = 500 ml) i preliti s 25 ml destilirane vode. Slijedeći dan se doda 250 ml destilirane vode i mućka 6 sati na rotacijskoj mućkalici.
- Nakon toga se u oba uzorka određuju frakcije čestica tla.

22

Određivanje frakcije krupnog pijeska (2,0 - 0,2 mm)

- Suspenziju tla nakon mućkanja kvantitativno prenijeti u cilindar za sedimentaciju preko sita s otvorima promjera 0,2 mm.
- Na situ ostanu čestice krupnog pijeska koje treba prenijeti u porculansku zdjelicu i otpariti na vodenoj kupelji.
- Nakon otparavanja treba ih osušiti u električnoj sušnici na 105°C do postizanja konstantne mase (min 5 h), ohladiti u vakuum eksikatoru i odvagati (**m₁**).

$$KP = \frac{m_1}{m_s} \cdot 100$$

KP = frakcija krupnog pijeska, %

m₁ = masa ostatka na situ, g

m_s = masa apsolutno suhog tla uzetog u postupak, g (preračunati zračno suho na apsolutno suho tlo)

Napomena: formula se koristi za izračun % KP u vodi i Na-pirofosfatu.

23

Određivanje frakcije praha i gline (< 0,02 mm)

- ✓ Suspenziju tla preko sita prenijeti u cilindar za sedimentaciju i dopuniti volumen do 1000 ml destiliranom vodom.
- ✓ Nakon toga cilindar zatvoriti čepom i mućkati 1 min uvijek u istom smjeru (lijevo-desno ili gore-dolje) zbog homogenizacije uzorka (10 ml suspenzije sadrži 1/100 uzorka tla, odnosno 0,1 g).
- ✓ Cilindar spustiti na stol i izvaditi čep. Odvija se proces sedimentacije čestica (krupnije se talože brže, a sitnije sporije).
- ✓ Čestice dimenzija < 0,02 mm prelaze put duljine 10 cm za 4 min i 48 sec. Po isteku navedenog vremena pipetom s dubine 10 cm uzeti 10 ml suspenzije.
- ✓ Suspenziju iz pipete prenijeti u porculansku lončić, otpariti na vodenoj kupelji, sušiti u električnoj sušnici na 105 °C,
- ✓ Prenijeti u vakuum eksikator (hlađenje) i vagati (**m₂**), 5

24

Izračun frakcije praha i gline (u natrijevom pirofosfatu):

$$(Pr + G)_{Na} = \frac{m_2 - 0,0068}{0,1} \times 100$$

$(Pr + G)_{Na}$ = frakcija praha i gline, %
 m_2 = masa mehaničkih elemenata u 10 ml suspenzije, g
 $0,0068$ = masa $Na_4P_2O_7 \times 10 H_2O$ u 10 ml suspenzije, g
 $0,1$ = količina zračno suhog uzorka tla (g) u 10 ml suspenzije (preračunati na apsolutno suho tlo)

Izračun frakcije praha i gline (u vodi):

$$(Pr + G)_{H_2O} = \frac{m_3}{0,1} \times 100$$

$(Pr + G)_{H_2O}$ = frakcija praha i gline, %
 m_3 = masa mehaničkih elemenata u 10 ml suspenzije, g
 $0,1$ = količina zračno suhog uzorka tla (g) u 10 ml suspenzije (preračunati na apsolutno suho tlo)

25

Određivanje frakcije gline (< 0,002 mm)

- ✓ Cilindar sa suspenzijom ponovno mučkati 1 min, a zatim ostaviti u mirovanju.
- ✓ Nakon 8 sati s 10 cm dubine (ili 4 sata s 5 cm) pipetirati 10 ml suspenzije, otpariti ju na vodenoj kupelji, osušiti na 105°C, hladiti i vagati (m_4).

Izračun frakcije gline (u natrijevom pirofosfatu):

$$G_{Na} = \frac{m_4 - 0,0068}{0,1} \times 100$$

m_4 = masa mehaničkih elemenata u 10 ml suspenzije, g
 $0,0068$ = masa $Na_4P_2O_7 \times 10 H_2O$ u 10 ml suspenzije, g
 $0,1$ = masa zračno suhog uzorka tla (g) u 10 ml suspenzije (preračunati na apsolutno suho tlo)

Izračun frakcije gline (u vodi):

$$G_{H_2O} = \frac{m_5}{0,1} \times 100$$

m_5 = masa mehaničkih elemenata u 10 ml suspenzije, g
 $0,1$ = masa zračno suhog uzorka tla (g) u 10 ml suspenzije (preračunati na apsolutno suho tlo)

26

Izračun frakcije praha (0,02 - 0,002 mm)

$$Pr = (G + Pr) - G$$

Izračun frakcije sitnog pijeska (0,2-0,02mm)

$$SP = 100 - (KP + Pr + G)$$

Preračunavanje mase zračno suhog u masu apsolutno suhog tla

Rezultate laboratorijskih analiza zračno suhих uzoraka treba množiti s koeficijentom higroskopiciteta (K_{hig}) kako bi se dobio rezultat izražen na masu apsolutno suhog tla.

$$K_{hig} = \frac{100}{100 - Hy}$$

27

Vježba 9: HIGROSKOPNA VLAGA TLA

U uzorcima za mehaničku analizu određuje se higroskopska vlaga (Hy) U staklene posudice s brušenim poklopcem (prethodno osušene na 105 °C do konstantne mase i odvagane) treba odvagati 2 - 10 g zračno suhog tla. Posudice se stavljaju u električni sušionik na način da poklopci ostanu koso položeni zbog nesmetanog gubitka vlage iz uzorka. Sušenje se obavlja na 105 °C neprekidno 5 sati (konstantna masa). Tada se posudice prenose u vakum eksikator na hlađenje i važu.

Vrijednost higroskopske vlage dobije se računski pomoću formule:

$$Hy = \frac{b - c}{c - a} \times 100$$

Hy = higroskopska vlaga tla, % mas.
 a = masa staklene posudice s poklopcem, g
 b = masa staklene posudice s poklopcem i zračno suhog uzorka tla, g
 c = masa staklene posudice s poklopcem i apsolutno suhog uzorka tla, g

28

Vježba 10: STABILNOST AGREGATA TLA

Struktura tla je način nakupljanja mehaničkih elemenata tla u veće nakupine ili strukturne agregate tla.

Stabilnost strukturnih agregata je otpornost strukturnih agregata prema promjenama, najčešće uslijed vlaženja ili gaženja teškim oruđima. Posljedice su: povećana zbijenost, razaranje strukture, uništavanje sekundarnih agregata i pora.

Tla stabilnih strukturnih agregata (stabilne strukture) imaju povoljne vodno-zračne odnose.

Prema veličini strukturne agregate tla dijelimo na:

- makrostrukturne agregate > 0,25 mm
- mikrostrukturne agregate < 0,25 mm

29

Određivanje stabilnosti makroagregata tla

- Petrijevu zdjelicu do polovine napuniti destiliranom vodom
- staviti u zdjelicu 2 - 3 grudve neusitnjenog tla (makrostrukturnih agregata)
- pratiti intenzitet i brzinu raspadanja strukturnih agregata.

Ocjena stabilnosti makrostrukturnih agregata tla

Intenzitet raspadanja	Vrijeme raspadanja	Ocjena stabilnosti
potpuno	3 min	potpuno nestabilni
potpuno	30 min	nestabilni
djelomično	6 sati	malo stabilni
nezatno	6 - 12 sati	dosta stabilni
neraspadnuti	> 12 sati	stabilni

30

Određivanje stabilnosti mikroagregata tla

Stabilnost mikroagregata tla izražava se indeksom stabilnosti (Ss) po Vageleru.

$$Ss = \frac{F_p - F_{np}}{F_p} \times 100$$

Ss = indeks stabilnosti po Vageleru, %
 Fp = glina u prepariranom uzorku tla (natrijev pirofosfat), %
 Fnp = glina u neprepariranom uzorku tla (voda), %

Ss, %	Ocjena stabilnosti
<10	potpuno nestabilni
10 - 20	nestabilni
20 - 30	vrlo malo stabilni
30 - 50	malo stabilni
50 - 70	dosta stabilni
70 - 90	stabilni
>90	vrlo stabilni

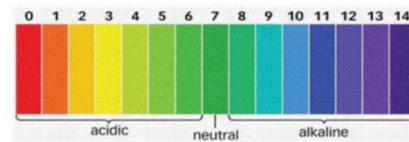
Ocjena stabilnosti mikroagregata tla

31

Vježba 11:

REAKCIJA TLA

- Reakcija tla može biti **kisela, neutralna ili alkalna**.
- Izražava se pomoću pH vrijednosti - **pH je negativan logaritam koncentracije H⁺ iona u otopini tla**.
- Otopina tla se priprema suspendiranjem tla u vodi ili otopini neutralne soli (KCl, CaCl₂) niske koncentracije.



32

- Kolorimetrijske metode** - promjenom koncentracije H⁺ iona mijenja se intenzitet i nijansa boje indikatora,
- metode prikladne za terenski i laboratorijski rad.

Postupak:

- U epruvetu staviti malo tla te dodati približno dvostruku količinu deionizirane vode, promuckati i ostaviti da se suspenzija sedimentira.
- U relativno bistru otopinu dodati nekoliko kapi indikatora.
- Nastalu boju otopine usporediti sa skalom boja za određeni univerzalni indikator.



33

- U laboratoriju treba obavezno filtrirati suspenziju te u filtrat dodati nekoliko kapi indikatora ili uroniti papir-indikator.
- Boju, kao i na terenu usporediti sa standardnom skalom koja je uz indikator.
- Određivanje reakcije tla se vrši u H₂O i KCl-u, c(KCl) = 1 mol dm⁻³



34

- Elektrometrijske metode** - mjerenje pH potenciometrijskim uređajima (pH-metrima).

- mjerenje pH u suspenziji tla s deioniziranom vodom predstavlja **aktivnu kiselost** (koncentracija H⁺ iona u otopini tla),
- neutralnim solima (K⁺, Ca²⁺) istiskuju se H⁺ ioni iz koloidnog kompleksa (kao i Fe³⁺ i Al³⁺) te raste njihova koncentracija u otopini. To je **supstitucijska (izmjenjiva) kiselost** tla koja se dobije mjerenjem pH u suspenziji tla i KCl-a

Ocjena reakcije tla (Škorić, 1992.)

pH	reakcija tla
< 4,5	jako kisela
4,5 - 5,5	kisela
5,5 - 6,5	slabo kisela
6,5 - 7,2	praktično neutralna
> 7,2	alkalna (bazična)

35

Pribor i kemikalije:

- pH-metar
- čaša (V = 50 ml)
- tehnička vaga
- stakleni štapić
- menzura (V = 25 ml)
- deionizirana voda
- otopina kalijevog klorida, c(KCl) = 1 mol dm⁻³
- puferne otopine za kalibraciju pH-metra (pH 4,00; pH 7,00 i pH 9,5)



36

Postupak:

- 10 g zračno suhog uzorka tla odvagati u čašu ($V = 50 \text{ ml}$) i preliti s 25 ml deionizirane vode, odnosno 25 ml KCl.
- Suspenziju promiješati staklenim štapićem i ostavi mirovati 30 min.
- Za to vrijeme je potrebno kalibrirati pH-metar (očitanje pH dviju pufernih otopina poznatih vrijednosti).
- Pri mjerenju kombiniranu elektrodu uređaja je potrebno uroniti u suspenziju, sačekati da se stabilizira očitavanje na monitoru (u 5 sec se ne mijenja više od 0,02 pH-jedinice).
- Rezultati se iskazuju na dvije decimale, a ocjena reakcije se donosi prema tablicama.

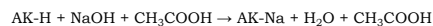
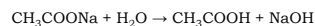
37

Vježba 12

HIDROLITIČKA KISELOST

Hidrolitička kiselost je sposobnost tla da ione adsorpcijskog kompleksa zamjenjuje s bazama iz soli jakih baza i slabih kiselina i oslobađa ekvivalentne količine kiseline.

- Dodavanjem alkalnih hidrolitičkih soli (Na-acetat ili Ca-acetat) dolazi do zamjene H^+ (i Al^{3+}) iona s adsorpcijskog kompleksa tla (AK) s baznim ionima acetata i nastanka octene kiseline (količina se utvrdi titracijom).



- Vrijednosti hidrolitičke kiselosti (Hk) služe za izračunavanje kapaciteta adsorpcije kationa (T), stupnja zasićenosti bazama (V) i izračun potrebnih količina materijala za kalcijaciju tala.

38

Pribor i kemikalije:

- tehnička vaga
- rotacijska mučkalica
- plastična boca za izmućkavanje ($V = 250 \text{ ml}$)
- menzura i bireta ($V = 50 \text{ ml}$)
- pipeta ($V = 10 \text{ ml}$)
- Erlenmayerova tikvica ($V = 100 \text{ ml}$)
- natrijev acetat, $c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 1 \text{ mol dm}^{-3}$
- natrijev hidroksid, $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol dm}^{-3}$
- fenolftalein

Postupak:

- U plastičnu bocu za izmućkavanje ($V = 250 \text{ ml}$) odvagati 20 g zračno suhog tla i preliti s 50 ml Na-acetata.
- Suspenziju mućkati 1 sat na rotacijskoj mučkalici, a zatim filtrirati kroz naborani filter papir.

39

- Od filtrata otpipetirati 10 ml u Erlenmayerovu tikvicu, dodati 2 - 3 kapi fenolftaleina i zagrijati (uklanjanje CO_2).
- Vruću otopinu titrirati s NaOH do pojave trajne ružičaste boje.

$$\text{Hk} = \frac{a \cdot k \cdot 10 \cdot 1,75}{m}$$

Hk = hidrolitička kiselost, $\text{cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$

a = utrošak NaOH za titraciju

k = faktor lužine

1,75 = faktor korekcije (popravka za nezamijenjene H^+ ione)

m = alikvotna masa tla (masa tla u volumenu otpipetiranog filtrata)

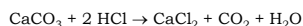
40

Vježba 13

KARBONATI U TLU

* Soli ugljične kiseline (karbonati) u mineralnom dijelu tla ponekad su prisutne u velikim količinama. Uglavnom su to karbonati kalcija (CaCO_3) i magnezija (MgCO_3), a u halomorfnim tlima i karbonati natrija (Na_2CO_3), koji se određuju posebnim metodama.

* Utvrđivanje sadržaja kalcijevog karbonata (CaCO_3) zasniva se na njegovoj reakciji s klorovodičnom kiselinom (HCl), pri čemu se oslobađa CO_2 . Tijek reakcije je slijedeći:



* CaCO_3 se može određivati na terenu (kvalitativno) i u laboratoriju (kvalitativno i kvantitativno).

* Kvalitativnim metodama se samo utvrđuje prisustvo i približna količina CaCO_3 , dok se kvantitativnim metodama utvrđuje njegova točna količina.

41

Kvalitativna metoda određivanja CaCO_3

- Uzorku tla na terenu (agregat) ili u laboratoriju (1 - 2 g zračno suhog tla na satnom staklu) dodati nekoliko kapi ~ 10 %-ne HCl.
- Na osnovu intenziteta šumljenja i pjenušanja može se približno odrediti sadržaj CaCO_3 u uzorku tla.



Sadržaj CaCO_3 u tlu na osnovu kvalitativne analize

intenzitet reakcije	CaCO_3 , %
vrlo slabo	< 1
slabo	1 - 3
jako i kratko	3 - 5
jako i dugo	> 5

- Na temelju kvalitativne probe u laboratoriju određuje se količina uzorka tla za kvantitativnu analizu.

42

Volumetrijska metoda određivanja CaCO₃

- Aparati za volumetrijsko određivanje CaCO₃ nazivaju se kalcimetri.



Scheiblerov kalcimetar

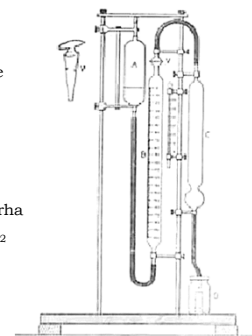
Pribor:

- Scheiblerov kalcimetar
- tehnička vaga
- ~10 %-tna HCl (razrijeđena u omjeru 1 : 3)
- termometar
- barometar
- tablica za određivanje mase CO₂

43

- Scheibler kalcimetar sastoji se od tri staklene cijevi (**A**, **B**, **C**) i bočice **D**, koje su međusobno povezane gumenim crijevima.

Shematski prikaz Scheibler kalcimetra



- cijevi se nalaze na metalnom stalku
- A** je pomična i služi za izjednačavanje tlaka
- B** je graduirana, a na njoj se očitava volumen oslobođenog CO₂
- u **A** i **B** je obojena voda
- C** ima vretenasto proširenje čija je svrha usporavanje reakcije oslobađanja CO₂
- između **B** i **C** se nalazi ventil
- u **D** se stavlja mala epruveta s klorovodičnom kiselinom

44

Postupak:

- U bočicu **D** odvagati 0,50 - 5,00 g zračno suhog uzorka tla (ovisno o intenzitetu šumljenja i pjenušanja pri kvalitativnoj analizi - ako je intenzitet reakcije bio jači uzima se manja količina uzorka i obrnuto).
- Epruvetu do 2/3 napuniti s ~ 10 %-tnom HCl.
- Izjednačiti razinu obojene tekućine u cijevima **A** i **B** (u cijevi **B** mora biti na nuli). Zatvoriti ventil na cijevi **B**, te bočicu **D**. Nakon zatvaranja bočice otvoriti ventil te nagnuti bočicu kako bi se HCl izlila po uzorku.
- U reakciji se oslobađa CO₂ (laganim mućkanjem bočice reakcija se može ubrzati).
- Oslobodeni CO₂ prolazi kroz cijev **C**, kroz ventil ulazi u cijev **B** i u njoj potiskuje tekućinu prema dolje.

45

- Kada reakcija bude gotova treba pomicanjem cijevi **A** po stalku izjednačiti razine obojene tekućine u cijevima **A** i **B**.
- Nakon završetka reakcije očita se volumen oslobođenog ugljičnog dioksida (cm³) uz barometarski tlak (mm Hg) i temperaturu (°C).
- U tablici očitati masu 1 cm³ CO₂ u postojećim uvjetima.
- Količinu oslobođenog CO₂ množiti s koeficijentom 2,274* za preračunavanje u masu CaCO₃ u uzorku.
- Dobivena vrijednost izražava se u postocima.

* Koeficijent 2,274 dobije se dijeljenjem molekularnih masa CaCO₃ i CO₂ (100,08935 : 44,00995 = 2,27409) ⇒ $1 \text{ g CO}_2 = 2,274 \text{ g CaCO}_3$

46

Masa 1 cm³ CO₂ (μg) pri različitim vrijednostima tlaka i temperature zraka (volumetrijska metoda)

°C	Barometarski tlak, mm Hg												
	742	744,5	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771
28	1778	1784	1791	1797	1810	1817	1823	1828	1833	1837	1842	1847	1852
27	1784	1790	1797	1803	1816	1823	1829	1834	1839	1843	1848	1853	1858
26	1791	1797	1803	1809	1822	1829	1835	1840	1845	1849	1854	1859	1864
25	1797	1803	1810	1816	1829	1836	1842	1847	1852	1856	1861	1866	1871
24	1803	1809	1816	1822	1835	1842	1848	1853	1858	1862	1867	1872	1877
23	1809	1815	1822	1828	1841	1848	1854	1859	1864	1868	1873	1878	1883
22	1815	1821	1828	1834	1847	1854	1860	1865	1870	1875	1880	1885	1890
21	1822	1828	1835	1841	1854	1861	1867	1872	1877	1882	1887	1892	1897
20	1828	1834	1841	1847	1860	1867	1873	1878	1883	1888	1893	1898	1903
19	1834	1840	1847	1853	1866	1873	1879	1884	1889	1894	1899	1904	1909
18	1840	1846	1853	1859	1872	1879	1885	1890	1895	1900	1905	1910	1915
17	1846	1853	1860	1866	1879	1886	1892	1897	1902	1907	1912	1917	1922
16	1853	1860	1866	1873	1886	1892	1898	1903	1908	1913	1918	1922	1928
15	1859	1866	1872	1879	1892	1899	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935
14	1865	1873	1878	1885	1899	1906	1912	1917	1922	1927	1932	1937	1942
13	1872	1878	1885	1892	1906	1913	1919	1924	1929	1934	1939	1944	1949

47

PRIMJER:

- odvaga tla = 1,5 g
- V(CO₂) = 21,5 cm³ = 0,0215 l
- t = 23°C
- tlak = 748 mm Hg
- masa CO₂ (iz tablice) = 1822 μg = 1,822 g l⁻¹

$$\text{CaCO}_3 \% = \frac{V \cdot m \cdot 2,274 \cdot 100}{p} \quad \begin{array}{l} V = \text{volumen CO}_2 \text{ u uzorku, l} \\ m = \text{masa CO}_2, \text{ g l}^{-1} \\ p = \text{masa uzorka tla, g} \end{array}$$

$$\text{CaCO}_3 = \frac{0,0215 \cdot 1,822 \cdot 2,274 \cdot 100}{1,5} = 5,94 \%$$

48