

1. Vrste tla prema načinu postanka.

Mogu biti rezidualna i transportovana (gravitacija – koluvijum, voda – aluvijalna, estuarna, lakustrinska, marinska tla, glečeri – morene).

2. Rezidualna tla. Transportovana tla.

Tla, kakva se nalaze u prirodi, spadaju u klasu poznatu pod nazivom transportovana tla, ili alternativno, kao rezidualna tla.

Transportovana tla su nastala na jednom mestu, a zatim su transportovana i deponovana na drugo.

Rezidualna tla su ostala na mestu gde su nastala raspadnjem stene.

3. Frakcije zrna tla i njihove granice.

Krupnozrno tlo(zrna preko 50% većih od 0.075mm) :

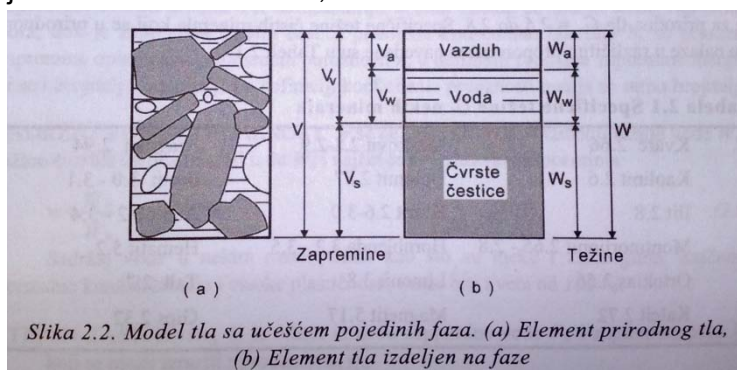
- pesak($d=0.06-2\text{mm}$),
- šljunak ($d=2-60\text{mm}$),
- obluci ($d>60\text{mm}$);

Sitnozrno tlo(zrna preko 50% manjih od 0.075mm) :

- gline ($d=0.0002-0.002\text{mm}$),
- prašine ($d=0.002-0.06\text{mm}$).

4. Faze u tlu i odnosi faza.

Tlo se sastoji od tri faze: čvrsta zrna, voda i vazduh.



Odnosi faza su iskazani različitim pokazateljima: specifična težina, poroznost, vlažnost, zasićenost, sadržaj vazduha...

5. Vlažnost, definicija i način određivanja. Step en zasićenja, definicija.

Vlažnost w je odnos između težine vode W_w i težine čvrstih čestica u uzorku W_s i izražava se u [%].

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \text{ [%]}$$

w se u nekim materijalima kao što su meke i žitke gline najčešće normalno konsolidovane u visoke plastičnosti može biti i veća od 100%.

Koeficijent zasićenja S_r je odnos između zapremine vode V_w i zapremine pora V_v koji se može izraziti u [%].

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \text{ [%]}$$

$$S_r = \frac{V_w/\gamma_w}{V_v/\gamma_w} \times 100 = \frac{W_w}{W_{w,z}} \times 100 \text{ [%]}$$

$$S_r = \frac{W_w/W_s}{W_{w,z}/W_s} \times 100 = \frac{w}{w_s} \times 100 \text{ [%]}$$

S_r se još može izraziti i preko vlažnosti w , koeficijenta poroznosti e i specifične težine

G_s :

$$S_r = \frac{wG_s}{e}$$

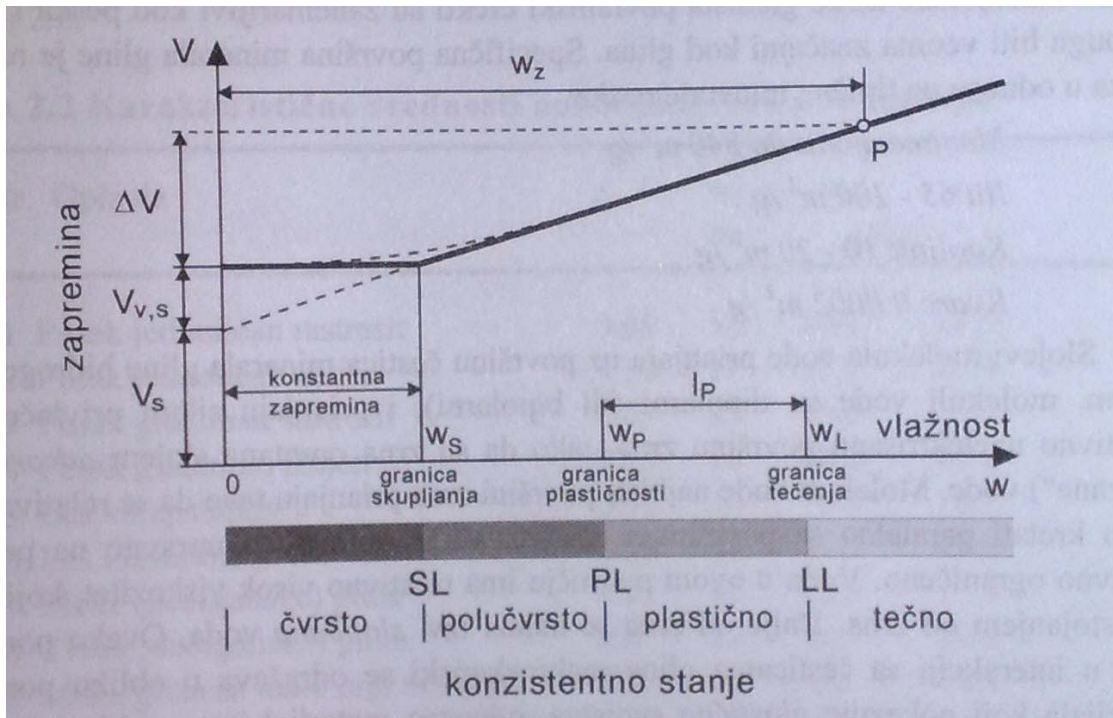
Moguća su tri karakteristična stanja uzorka koja se opisuju ovim pokazateljima:

$S_r=0$	suvo tlo
$0 < S_r < 100\%$	nezasićeno ili delimično zasićeno tlo
$S_r=100\%$	zasićeno tlo

6. Specifična površina zrna tla, značaj.

7. Aterberg, granice tečenja, plastičnosti, skupljanja, definicija i način određivanja.

Aterbergove granice konzistencije, često se koristi i uži termin - granice plastičnosti ili granice konzistentnih stanja. Ove granice se odnose isključivo na sitnozrna tla. Aterbergove granice služe da se bliže definišu, na indirektan način, osobine glinovitih komponenti u tlu. Za glinovite materijale je karakteristično da menjaju konzistentno stanje pri promeni sadržaja vode.



Zamislamo da smo izvesnu količinu glinovitog tla izmešali u znatnoj količini vode koja odgovara vlažnosti w_z , (tačka P na Slici), tako da dobijemo žitku tečnost koja po gustini primera radi, asocira na krem-supu, čija je smičuća čvrstoća jednaka nuli.

Ako bi na primer, ovoj masi smanjivali sadržaj vode, omogućavajući joj da se voda isparava, uz povremenu homogenizaciju mešanjem, ukupna zapremina bi se smanjila, masa postala gušća, povećao bi se viskozitet tako da bi pri nekoj vlažnosti materijal dobio izvesnu, istina sasvim malu ali merljivu smičuću čvrstoću reda veličine od $1.6 - 2 \text{ kN/m}$, kakvu, na primer, ima zubna pasta, tada možemo reći da materijal ima vlažnost na **granici tečenja w_L** , ili **LL**.

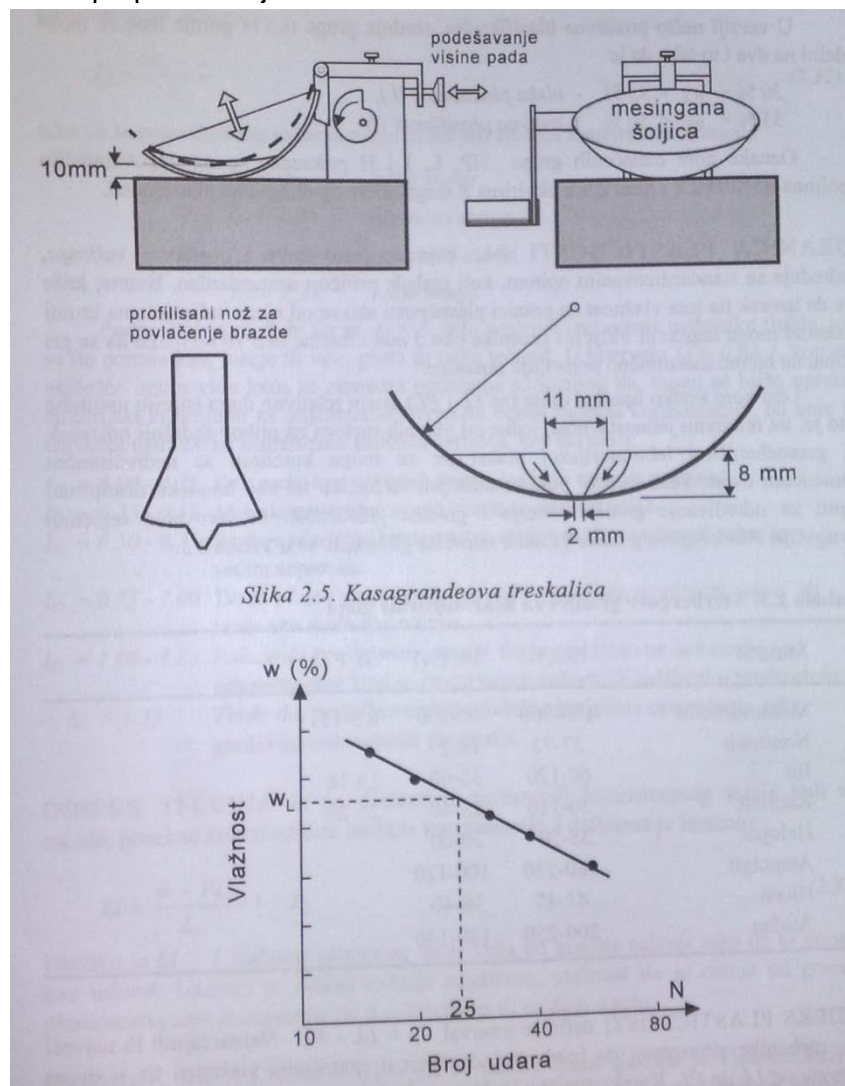
Pri daljem smanjivanju sadržaja vode masa postaje još gušća, sve do granice pri kojoj se oblik mase ne može menjati bez na-rušavanja kontinuiteta materijala, jer se pri deformisanju pojavljuju pukotine, pa se kaže da je materijal na **granici plastičnosti w_p** , ili **PL** i smičuću čvrstoću reda veličine od $170 - 200 \text{ kN/m}$. U intervalu vlažnosti od LL do PL materijal je *plastičan*, kao na primer, margarin na sobnoj temperaturi, te nakon deformisanja zadržava nametnut deformisani oblik i posle prestanka delovanja opterećenja.

Ako se sušenje nastavi, smanjuje se zapremina do stanja kada se zrna počnu međusobno oslanjati na način da se zapremina više ne menja i voda se evakuiše iz pora bez promene zapremine skeleta. Kaže se da zapremina skeleta tla, koju čine zapremina čvrstih čestica i zapremine pora, ostaje približno konstantna pri svim vlažnostima manjim od **granice skupljanja w_s ili SL** .

Kada je vlažnost sitnozrnog tla u intervalu između PL i SL , materijal ima konzistenciju tvrdog sira, plastično se deformiše pri opterećivanju, ali se na njemu pri tome pojavljuju pukotine. Ukoliko je vlažnost sitnozrnog tla manja od granice skupljanja, tlo ima tvrdi konzistenciju, drobi se pri deformisanju kao tvrda bombona.

Granice između konzistentnih stanja nisu oštre. One su arbitrarno definisane pokazateljima koji se određuju standardizovanim opitima na frakciji zrna koja su manja od 0.425mm.

GRANICA TECENJA LL se određuje standardizovanim opitom u Kasagrandeovoj treskalici koja je prikazana na Slici 2.5. Kaže se da je vlažnost uzorka tla na granici tečenja w_l ako se on, nakon obrade profilisanim nožem u standardizovanoj posudi sasferičnim dnom, spoji na dužini od 10 do 11 mm posle 25 udaraca generisanih uzastopnim udarcima pri padovima posude sa visine od 10 mm i brzini od 2 udarca u sekundi. Opit se izvodi sa različitim vlažnostima, rezultati se nanose na polulogaritamski dijagram sa kojeg se očitava tražena vlažnost za propisani broj udaraca.



Pomoću ovog pokazatelja, koji se označava sa LL ili w_L , sitnozme frakcije tla mogu se podeliti na sledeće osnovne grupe:

$w_L < 20\%$ - *mplastično (NP)*

$20\% < w_L < 50\%$ - *niskaplastičnost(L)*

$w_L > 50\%$ - *visoka plastičnost (H)*.

U verziji nešto proširene klasifikacije, srednja grupa (L) iz gornje liste se može deliti na dve i to tako da je

$20\% < w_L < 35\%$ - *niskaplastičnost(L)*,

$35\% < w_L < 50\%$ - *srednja plastičnost (I)*.

GRANICA PLASTIČNOSTI PL , koja se često zove i *granicom valjanja*, određuje se standardizovanim opitom, koji izgleda prilično nestandardan. Naime, kaže se da uzorak tla ima vlažnost na granici plastičnosti ako se od njega valjanjem na krutoj podlozi mogu napraviti valjčići prečnika oko 3 mm i dužine oko 70 mm tako da se pri tome na njemu mestimično pojavljuju pukotine.

GRANICA SKUPLJANJA $w_s = SL$ sa fizicke tačke gledišta je vlažnost koja je dovoljna da vodom popuni sve pore kada je sitaozno tlo neopterećeno spoljnim naponima, (u uslovima normalnog atmosferskog pritiska), dostiglo minimalnu zapreminu pri sušenju. Drugim rečima, to je najmanja vlažnost pri kojoj se neopterećeno tlo može potpuno zasititi vodom. Pri vlažnosti koja je manja od granice skupljanja, ne dolazi do promene zapremine tla pri daljem isušivanju. Pri vlažnostima većim od granice skupljanja, svaka promena vlažnosti mora izazvati i promenu zapremine tla.

Laboratorijski opit za određivanje granice skupljanja se sastoji iz merenja težine uzorka i njegove zapremine pre i posle sušenja. Granica skupljanja se može izračunati pomoću izraza:

$$w_s = \frac{W_w - \Delta V \gamma_w}{W_s}$$

gde je

ΔV promena zapremine uzorka između dva opisana stanja,

W_s težina čvrstih čestica.

8. Indeks plastičnosti, definicija.

INDEKS PLASTIČNOSTI definiše interval $I_p = LL - PL$. Najznačajniji ili najveći deo mehanike sitnozrnog tla bavi se područjem u granicama vlažnosti tla u ovom rasponu od LL do PL . Karakteristično je da se nedrenirana smičuća čvrstoća prerađenog uzorka tla u ovom intervalu vlažnosti menja za *oko 100 puta*, ili sasvim orijentaciono, smičuća čvrstoća prerađenog uzorka tla sa vlažnošću na granici plastičnosti je za dva reda veličine veća od smičuće čvrstoće istog sitnozrnog tla u prerađenom stanju sa vlažnošću na granici tečenja.

9. Stanja konsistencije, indeks konsistencije, indeks tečenja.

INDEKS KONZISTENCIJE je pokazatelj kojim se numerički definiše stanje konsistencije izrazom:

$$I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$$

tako da se pomoću ovog indeksa mogu definisati sledeća konzistentna stanja: $I_c < 0$ *tečno stanje*

$0 < I_c < 1.00$	<i>plastično stanje</i>
$1 < I_c < 1.25$	<i>polutvrdo stanje</i>
$I_c > 1.25$	<i>tvrdost stanje</i>

Podrazumeva se da bi tlo sa $I_c < 0$ bilo predmet izučavanja mehanike fluida, jer se tlo ponaša kao, manje ili više, gusta ili retka tečnost. U intervalu $I_c = 0$ do 1 , koji se najčešće ima u vidu kada se razmatra ponašanje sitnozrnog tla, mogu se bliže opisati empirijski kriterijumi za orijentacionu terensku ocenu indeksa konsistencije, od koje u najvećoj meri zavisi nedrenirana smičuća čvrstoća, kao što sledi:

$I_c = 0.00 - 0.25$	<i>Vrlo meko konzistentno stanje, može se utisnuti pesnica.</i>
$I_c = 0.25 - 0.50$	<i>Meko konzistentno stanje, može se utisnuti palac.</i>
$I_c = 0.50 - 0.75$	<i>Srednjeplastično konzistentno stanje, može se utisnuti palac sa većim naporom.</i>
$I_c = 0.75 - 1.00$	<i>Tvrdo-plastično konzistentno stanje, ne može se utisnuti palac, ali može vrh zaoštrene olovke.</i>
$I_c = 1.00 - 1.25$	<i>Polutvrdo konzistentno stanje, tlo se praktično ne deformiše pod opterećenjima koja se mogu naneti rukom, ili zašiljenim predmetom.</i>
$I_c > 1.25$	<i>Tvrdo tlo, praktično nedeformabilno za tipična opterećenja od građevina uobičajenih dimenzija.</i>

INDEKS TEČENJA LI je alternativni pokazatelj konzistentnog stanja koji se, takođe, ponekad koristi umesto indeksa konsistencije i definisan je izrazom:

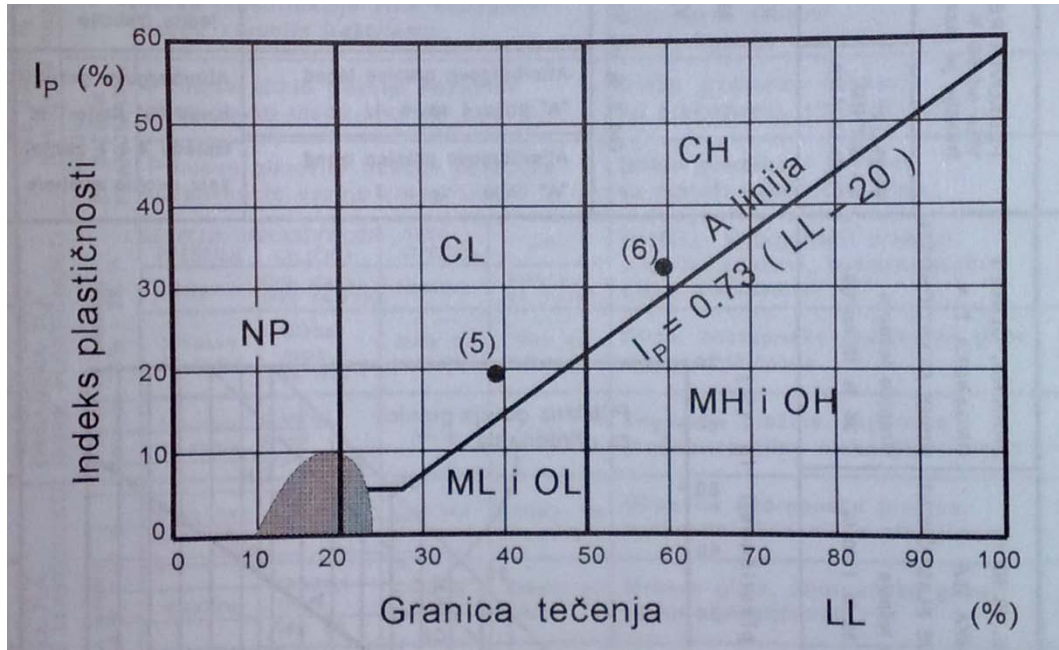
$$LI = \frac{w - PL}{I_p} = 1 - I_c$$

Ukoliko je $LI > 1$ vlažnost prirodnog tla je veća od granice tečenja tako da se ponaša kao tečnost. Ukoliko je indeks tečenja negativan, vlažnost tla je manja od granice plastičnosti i zato je sitnozrno tlo u polutvrdom ili tvrdom stanju.

10. Kasagrandeov dijagram plastičnosti.

Sitnozrna tla, tj. ona koja sadrže preko 50% zrna manjih od $0,075\text{ mm}$, ne klasifikuju se primenom pokazatelja granulometrijske kompozicije.

Prvo slovo klasifikacionog simbola je *C* ili *M* ili *O*, a drugo slovo je ili *L* ili (*I*) ili *H*. Oba slova, koja zajedno čine klasifikacioni simbol sitnozrnog tla, proističu isključivo iz pokazatelja granica konzistentnih stanja prema Kasagrandeovom dijagramu plastičnosti.



11. Koloidalna aktivnost gline po Skemptonu.

KOLOIDALNA AKTIVNOST GLINE A ili kraće aktivnost, indirektna je mera specifične površine izražena empirijskim pokazateljem koji je definisao Skempton neimenovanim brojem u obliku:

$$A = \frac{I_p}{CF}$$

gde je *CF* procenat zrna gline, tj. zrna manjih od $0,002\text{ mm}$.

Klase aktivnosti:

- $A < 0,75$ neaktivne gline
- $0,75 - 1,25$ normalne gline
- $A > 1,25$ aktivne gline.

12. Poroznost i koeficijent poroznosti.

POROZNOST ili **RELATIVNA POROZNOST**, n je odnos zapremine pora i ukupne zapremine uzorka, ponekad se množi sa **100** i izražava u procentima:

$$n = \frac{V_v}{V}$$

KOEFICIJENT POROZNOSTI e predstavlja odnos između zapremine pora i zapremine čvrstih čestica:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Očigledno, s obzirom na prikazane definicije, između e i n mora da postoji jednoznačna veza. Može se pokazati da je:

$$n = \frac{e}{1 + e} (\times 100\%)$$

$$e = \frac{n}{1 - n} (\times 100\%)$$

13. Specifična težina, definicija i način određivanja.

SPECIFIČNA TEŽINA G_s u mehanici tla je naziv za odnos između jedinične težine čvrstih čestica γ_s i jedinične težine vode γ_w , te je, uprkos neadekvatnom nazivu, neimenovan broj:

$$G_s = \frac{W_s/V_s}{\gamma_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

gde je:

W_s težina suvog uzorka tla

V_s zapremina čvrstih čestica

Iz gornje definicije sledi da bi korektniji naziv za veličinu G_s bio "relativna gustina", naziv koji se povremeno počinje koristiti u novijoj literaturi.

Jedinična težina čvrstih čestica je:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = G_s \gamma_w$$

14. Zapreminska težina tla, metode određivanja.

JEDINIČNA TEŽINA TLA ili **zapreminska težina tla** γ je odnos između ukupne težine uzorka W i njegove ukupne zapremine V :

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_w + V_a} \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

15. Suva i zasićena zapreminska masa tla.

U slučaju **potpuno suvog tla**, kada je $W_w = 0$ i $V_w = 0$, jedinična težina uzorka tla u suvom stanju γ_d je odnos između težine čvrstih čestica W_s i ukupne zapremine V :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{V_s + V_a} \quad [kN/m^3]$$

Jedinična težina tla u zavisnosti od vlažnosti:

$$\gamma = (1 + w)\gamma_d$$

Kada su **sve pore ispunjene vodom**, ($S_r = 1$), jedinična težina tla u zasićenom stanju je:

$$\gamma_z = \frac{W_z}{V} = \frac{W_s + W_{w,z}}{V_s + V_w} \quad [kN/m^3]$$

Ako je $w = w_z$, tada je težina tla u zasićenom stanju:

$$\gamma_z = (1 + w_z)\gamma_d$$

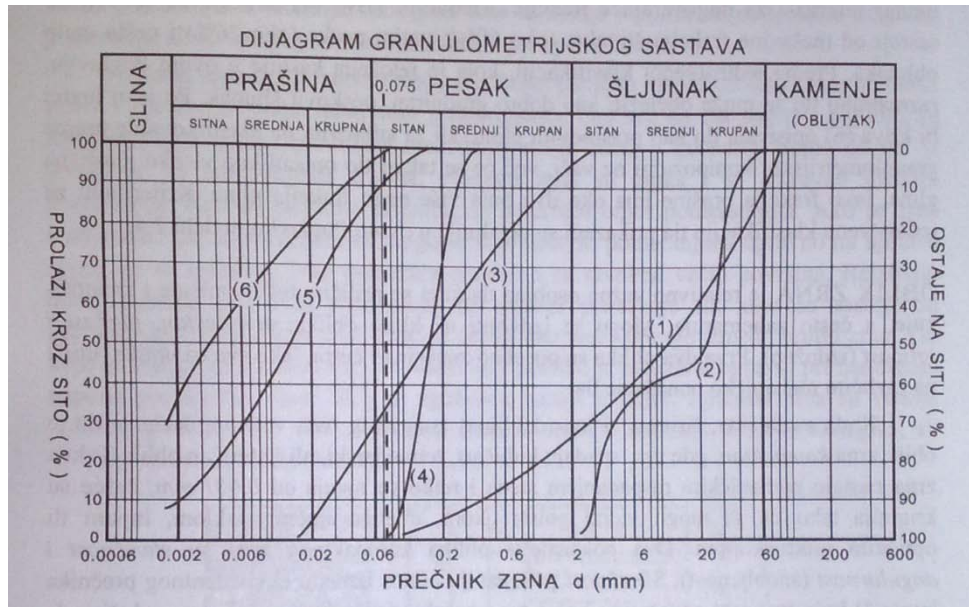
gde je w_z vlažnost uzorka tla (decimalni broj) u stanju potpunog zasićenja.

Efektivna zapreminska težina tla pri potapanju u vodu sledi iz Arhimedovog zakona, tako da je *potopljena težina tla*:

$$\gamma' = \gamma_z - \gamma_w$$

16. Granulometrijski sastav tla i metode određivanja.

Granulometrijski sastav je definisan krivom koja opisuje sadržaj zrna različite veličine izražen u procentima težine. Ovaj klasifikacioni sistem je jednostavan jer za definisanje graničnih veličina frakcija zrna, (šljunak, pesak, prašina), i njihovih relativnih veličina, (sitan, srednji, krupan), primenjuje samo brojeve 2 i 6, što se lako pamti. Međutim, realna tla se sastoje od mešavine raznih frakcija u različitim proporcijama, tako da se vrste tla, prema granulometrijskom sastavu, moraju preciznije razlikovati.



Zbog oblika mora se arbitramo definisati mera veličine zrna. Veličina zrna, koje se vide golim okom, tj. pesak i krupnija zrna, opisuje se "prečnikom" koji se pripisuje zrnima koje može da prođe kroz skup sita sa različitim otvorima kvadratnog oblika. "Prečnik", koji se pripisuje zrnima, je prečnik najveće kuglice, koja može da prođe kroz kvadratni otvor sita iste veličine kroz koji prolazi i zrnima.

Koriste se opiti sejanja (krupnija zrna), opiti hidrometrisanja i aerometrisanja.

17. Kombinovana metoda za određivanje granulometrijskog sastava tla.