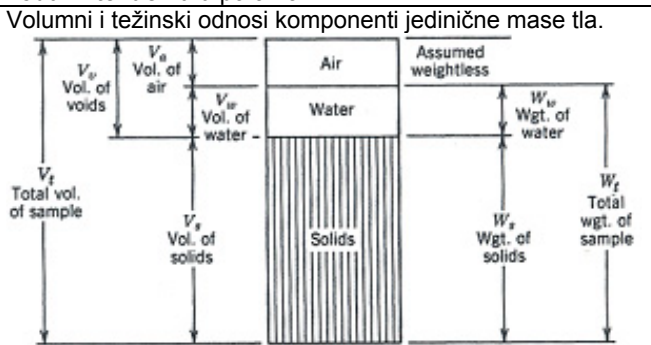


5 FIZIČKA SVOJSTVA TLA

VOLUMNI I TEŽINSKI ODNOSI

Tlo se sastoji od tvari u 3 agregatna stanja: **čvrste čestice** (mineralna tvar +/- organska tvar); **zrak ili plin** u porama; i **voda ili tekućina** u porama.



Na temelju volumnih i težinskih odnosa određuju se određena fizička svojstva. Određivanjem deskriptivnih svojstava određuju se inženjerska svojstva tla. Osnovna deskriptivna svojstva tla su: jedinična težina ili gustoća tla; specifična težina (eng. *gravity*); porozitet; koeficijent pora; vlažnost; saturiranost.

(a)	$\gamma_m = \frac{W_t}{V_t} = \frac{W_w + W_s}{V_v + V_s}$	JEDINIČNA TEŽINA ili gustoća tla γ = težina materijala / volumen materijala γ_m = vlažna jedinična težina tla
(b)	$\gamma_d = \frac{W_t}{V_t} = \frac{W_s}{V_v + V_s}$	γ_d = suha jedinična težina (težina potpuno osušenog tla, u pećnici) γ_{sat} = saturirana jedinična težina (težina potpuno saturiranog tla)
(c)	$\gamma_{sat} = \frac{W_t}{V_t} = \frac{W_w + W_s}{V_v + V_s}$	γ_w = jedinična težina vode = 62.4 lb/ft ³ (1 ft ³ vode teži 62.4 lb)

JEDINIČNA TEŽINA

Važan faktor u inženjerskim proračunima. Pomoću nje može se kontrolirati stupanj vlažnosti tla za vrijeme građenja nasipa i drugih inženjerskih radova. Često se koristi maksimalno suha jedinična težina ili gustoća (γ_{max}); određuje se u laboratoriju.

Kadkada je potrebna prirodna gustoća ili jedinična težina tla u prirodnom stanju (to je obično vlažna težina) koju je potrebno odrediti na terenu.

SPECIFIČNA TEŽINA

Specifična težina (G_s) = težina jediničnog volumena tla / težina jediničnog volumena vode (voda na 4°C).

U sebi sadrži i težinu i volumen; omogućava da se mjerenjem težine odrede svojstva tla koja su definirana volumnim odnosima (u labosu lakše izvagati materijal nego odrediti volumen).

RELATIVNI POROZITET I KOEFICIJENT PORA

Relativni porozitet (n) = (volumen pora / ukupni volumen)*100. Varira u rasponu 0-1.

Koeficijent pora (e) = volumen pora / volumen čvrstih čestica. Veći je od 0 i manji od beskonačno.

Pomoću specifične težine, moguće je na temelju mjerenja težine odrediti volumne odnose, tk. n i e .

VLAŽNOST

Određivanje količine vode u tlu važno za mnoge inženjerske probleme zbog toga jer se na temelju vlažnosti može procijeniti PONAŠANJE TLA.

Vlažnost (W) = (težina vode / težina čvrstih čestica)*100 Izražava se u %; raspon vrijednosti od nula do beskonačno. Standardnim pokusima može se odrediti optimalna vlažnost (w_o); to je vlažnost koja daje maksimalnu suhu gustoću tla u uvjetima određenog opterećenja.

STUPANJ ZASIĆENOSTI ILI SATURIRANOST

Saturiranost (S) = volumen vode/volumen šupljina Definiira proporciju ukupnog volumena u tlu koji sadrži vodu.

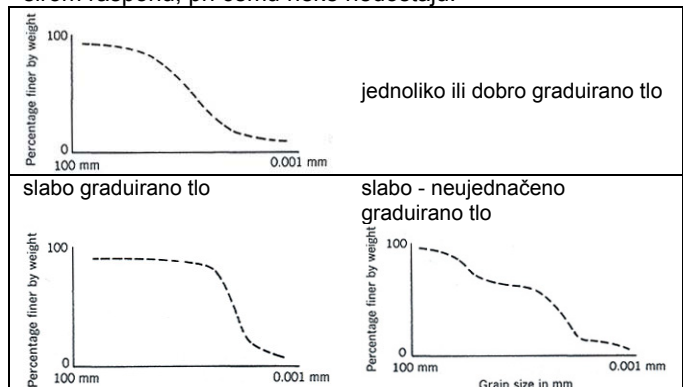
U saturiranom tlu sav volumen pora je ispunjen vodom (=100%); saturiranost može biti i 0% ukoliko je tlo potpuno suho, a pore su ispunjene zrakom.

GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA ILI GRADUIRANOST

Najjednostavniji opis tla pomoću opisa distribucije veličine čestica, tj. **graduiranosti**. Rasponi veličine čestica razlikuju se u raznim klasifikacijama, tj. znanostima.

Geology	Engineering	Soil Science
Boulders	Boulders	
- 256 mm -	- 305 mm -	
Cobbles	Cobbles	
- 64 mm -	- 76.2 mm -	- 76.2 mm -
	Gravel	
Pebbles		Gravel
- 2 mm -	- 4.75 mm -	- 2 mm -
	Sand	
Sand		Sand
- 0.062 mm -	- 0.074 mm -	- 0.050 mm -
	Silt	
Silt		Silt
- 0.004 mm -	- 0.005 mm -	
	Clay	
Clay		- 0.002 mm - Clay

Graduiranosti tla određuje se sijanjem. na granulometrijskom dijagramu se obično plota postotak tla koji je prošao kroz sito. **Dobro graduirano tlo**: jednoliko zastupljene sve čestice, od najmanjih do najvećih. **Slabo graduirano**: tlo sastavljeno uglavnom od jedne veličine čestica. **Slabo graduirano-neujednačeno**: ako su zastupljene čestice u širokom rasponu, pri čemu neke nedostaju.



Geolozi obično određuju SORTIRANOST, što je obrnuto od graduiranosti; tlo sastavljeno od jedne veličine čestica je 'dobro sortirano'; a 'slabo sortirano' je ono koje ima čestice u širokom rasponu.

KOHERENTNA I NEKOHERENTNA TLA

Svojstva tla ovise o veličini zrna, mineralnom sastavu i vlažnosti, koji su također i međusobno ovisni.

GRANICE PLASTIČNOSTI I KONZISTENCIJA TLA

Svojstvo koherentnih tala (glina i praha).

S promjenom vlažnosti tla, tlo se mijenja od krutog, preko plastičnog do tekućeg stanja. Većina prirodnih glina je plastična.

Vlažnost (w) = težina vode kao % suhe težine.

Granice konzistencije (Atterbergove granice) se definiraju na sljedeći način:

Granica plastičnosti (PL) = minimalna vlažnost pri kojoj se tla može oblikovati u valjčić promjera 3 mm.

Poremećena tla na granici plastičnosti imaju posmičnu čvrstoću oko 100 kPa.

Granica tečenja (LL) = minimalna vlažnost pri kojoj tlo teče (pod svojom vlastitom težinom).

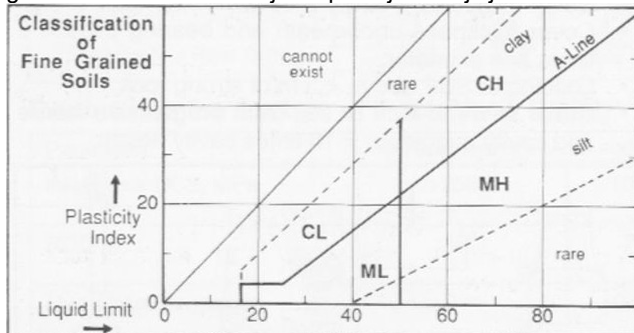
Poremećena tla na granici tečenja imaju posmičnu čvrstoću oko 1 kPa.

Indeks plastičnosti (PI) = $LL - PL$. On je pokazatelj za koliko je potrebno promijeniti vlažnost da bi se čvrstoća povećala 100 puta; odnosno to je raspon vlažnosti unutar kojega je tlo plastično ili ljepljivo.

Tla s visokim indeksom plastičnosti su manje stabilna i imaju veći potencijal bubrenja.

Indeks tečenja (LI) = $(w - PL) / PI$. To je mjera konzistencije tla i čvrstoće tla pri određenoj vlažnosti.

Tla se klasificiraju na osnovi veličine zrna i plastičnosti. A-linija odvaja tla koja se vizualno vrlo slična. Potpuna geomehanička klasifikacija tla puno je detaljnija.



Indeks konzistencije (I_c) = $(LL - w) / PI$. Karakterizira odnos između prirodne vlažnosti materijala i one na granicama konzistencije.

TERMIN	INDEKS KONZISTENCIJE (I_c)
VRLO MEKO (engl. very soft)	<0,25
MEKO (engl. soft)	0,25-0,50
ČVRSTO (engl. firm)	0,50-0,75
KRUTO (engl. stiff)	0,75-1,00
VRLO KRUTO ili TVRDO (engl. very stiff)	>1,00

MINERALI GLINA

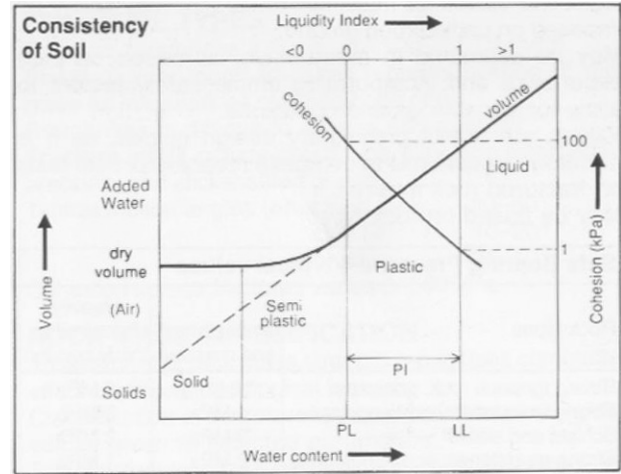
Plastičnost i svojstva glinovitih tala ovise o udjelu i vrsti minerala glina. Tla s <25% minerala glina u pravilu su jača, imaju manji PI, a $\phi < 20$.

Aktivnost glina = $PI / \% \text{sitnozrnatih čestica (promjer } < 0.002 \text{ mm)}$. Tla s visokom udjelom glinovite frakcije i visokom aktivnosti mogu zadržati veliku količinu vode, zbog koje im je niska čvrstoća i propusnost.

Aktivnost uglavnom ovisi o vrsti minerala glina; najnestabilnija je glina koja sadrži smektit (montmorilonit).

mineral glina	aktivnost	indeks plastičnosti (PI)	ϕ
kaolinit	0.4	30	15
ilit	0.9	70	10
smektit	>2	400	5

PI vrijedi za tla s više od 75% glinovite frakcije



RELATIVNA GUSTOĆA/ZBIJENOST

Svojstvo nekoherentnih tala (pijeska i šljunka).

Relativna gustoća značajka je krupnozrnatih nekoherentnih tala. Indeks relativne gustoće (I_D) odnos je između razlike maksimalnog i stvarnog koeficijenta pora i razlike maksimalnog i minimalnog koeficijenta pora:

$$I_D = (e_{\max} - e_0) / (e_{\max} - e_{\min})$$

gdje je: e_0 – koeficijent pora tla u prirodnom stanju;

e_{\max} – koeficijent pora uzorka u najrahlijem stanju;

e_{\min} – koeficijent pora uzorka u najgušćem stanju.

Indeks relativne gustoće računa se na temelju laboratorijski određenih koeficijenata pora. Terminologija za opis stanja materijala pomoću indeksa relativne gustoće.

TERMIN	RELATIVNA GUSTOĆA (%)
VRLO RAHLO	<20
RAHLO	20-40
SREDNJE ZBIJENO	40-60
ZBIJENO	60-80
VRLO ZBIJENO*	>80

*obično su slabo cementirani

Relativna gustoća krupnozrnatih tala također se može procijeniti iz rezultata standardnog penetracijskog pokusa (SPP).

Terminologija za opis gustoće tla s pripadajućim vrijednostima broja udaraca (N)

TERMIN	br. udaraca/300 mm penetracije
VRLO RAHLO	0-4
RAHLO	4-10
SREDNJE ZBIJENO	10-30
ZBIJENO	30-50
VRLO ZBIJENO	>50

Za brzu terensku procjenu relativne gustoće koriste se priručni identifikacijski pokusi

TERMIN	VRSTA POKUSA
RAHLO	Može se kopati lopatom. Drveni kolac promjera 50 mm moguće je lako zabiti u tlo.
ZBIJENO	Za kopanje je potrebna motika. Drveni kolac promjera 50 mm moguće je teško zabiti u tlo.
SLABO CEMENTIRANO	Vizualna procjena. Motikom se mogu odlamati komadi.