

Primljen / Received: 30.5.2014.

Ispravljen / Corrected: 20.7.2014.

Prihvaćen / Accepted: 10.8.2014.

Dostupno online / Available online: 10.10.2014.

Europska klasifikacija tla za inženjerske potrebe

Autori:



Prof.dr.sc. **Meho Saša Kovačević**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Zavod za geotehniku
msk@grad.hr



Doc.dr.sc. **Danijela Jurić-Kačunić**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Zavod za geotehniku
djk@grad.hr

Prethodno priopćenje

Meho Saša Kovačević, Danijela Jurić-Kačunić

Europska klasifikacija tla za inženjerske potrebe

U radu se predlaže nova europska klasifikacija tla (ESCS) za inženjerske potrebe koja koristi opis i simbole označavanja tla prema europskoj normi EN ISO 14688-1, a koju su se, kao članice CEN-a, obvezale implementirati 34 europske zemlje. ESCS je razvijena na načelima klasifikacije tla prema europskoj normi EN ISO 14688-2 i okvirno slijedi smjernice definirane USCS klasifikacijom prema američkoj normi ASTM D 2487. Prikazana je procedura za provedbu predložene klasifikacije i dani su primjeri usporedbe rezultata klasificiranja tla sa USCS klasifikacijom.

Ključne riječi:

klasifikacija tla, inženjerstvo, norma, granulometrijski sastav tla, plastičnost

Scientific paper - Preliminary note

Meho Saša Kovačević, Danijela Jurić-Kačunić

European soil classification system for engineering purposes

This paper proposes the new European Soil Classification System (ESCS) for engineering purposes which uses soil description and symbols according to European standard EN ISO 14688-.1, and which 34 countries are bound to implement, as CEN members. ESCS is developed on principles for soil classification according to the European standard EN ISO 14688-.2, and it generally complies with guidelines defined by the USCS soil classification system in accordance with the US standard ASTM D 2487. The procedure for the use of proposed classification, and examples of comparison with the USCS classification system, are presented.

Key words:

soil classification, engineering, standard, particle size distribution, plasticity

Vorherige Mitteilung

Meho Saša Kovačević, Danijela Jurić-Kačunić

Europäische Bodenklassifizierung für den Ingenieurbedarf

In dieser Arbeit wird eine neue europäische Bodenklassifizierung (ESCS) für den Ingenieurbedarf vorgeschlagen, bei der Beschreibungen und Symbole zur Kennzeichnung von Böden nach der europäischen Norm EN ISO 14688-1 angenommen werden, die in 34 europäischen CEN-Mitgliedstaaten implementiert werden muss. Die ESCS ist im Einklang mit der europäischen Norm EN ISO 14688-2 und den entsprechenden Grundsätzen der Bodenklassifizierung entwickelt und folgt annähernd den Richtlinien der USCS Klassifizierung gemäß der amerikanischen Norm ASTM D 2487. Die Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens ist dargestellt und Beispiele der Bodenklassifizierung im Vergleich zur USCS Klassifizierung sind gegeben.

Schlüsselwörter:

Bodenklassifizierung, Ingenieurwesen, Normen, granulometrische Bodenzusammensetzung, Plastizität

1. Uvod

Klasifikacija tla je skup procedura pomoću kojih se velik broj različitih vrsta tla koja se nalaze u prirodi razvrstava u grupe sličnih mehaničkih karakteristika i ponašanja pod djelovanjem opterećenja. Dakle, tlo koje se ispituje, svrstavanjem u pojedinu unaprijed definiranu grupu, inženjerima širom svijeta olakšava proučavanje i razumijevanje dobivenih rezultata ispitivanja tla te međusobnu komunikaciju i usporedbu rezultata dobivenih u različitim laboratorijima. Klasifikacija omogućava da se u grubim crtama ocijeni o kakvom se materijalu radi i u kojem rasponu se može očekivati da će se njegove mehaničke karakteristike kretati. Počeci inženjerskog klasificiranja tla vezani su isključivo na podjelu prema veličini zrna odnosno granulometrijskom sastavu tla [1]. Takvi sustavi zasnivali su se na teksturi tla odnosno relativnim odnosima udjela pijeska, praha i gline u ukupnoj masi ispitivanog tla. Teksturane klasifikacije tla prvi je detaljno istražio Atterberg početkom 20. stoljeća [2, 3]. Najpoznatija teksturna klasifikacija je USDA (eng. *U.S. Department of Agriculture*). Razvijena je 1938. godine i do danas je nekoliko puta modificirana [4]. Zasniva se na korištenju trokutastog klasifikacijskog dijagrama [5]. Danas se više primjenjuje u poljoprivredi, a manje u geotehničkom inženjerstvu. Atterberg je u svojim radovima upozorio na činjenicu da se teksturne klasifikacije tla mogu uspješno primjenjivati u poljoprivredi ali da je za geotehničke potrebe nužno uključiti i neke druge parametre gline i praha.

Za potrebe projektiranja zračnih luka u USA tijekom II. svjetskog rata Arthur Casagrande razvio je klasifikaciju ACS (eng. *Airfield Classification System*) razvio je klasifikaciju koja je uključivala granulometrijski sastav i granice konzistencije koherentnih čestica tla [6]. Modificiranjem ACS klasifikacije nastala je 1952. godine USCS (eng. *Unified Soil Classification System*) klasifikacija tla, koja je sastavni dio američkih normi ASTM D 2487-11 [7]. Prilagodбом ACS klasifikacije mehaničkim svojstvima tla koja prevladavaju u UK, razvijena je 1981. godine BSCS (eng. *British Soil Classification System*) klasifikacija tla [8, 9], koja je sastavni je dio britanskih normi BS 5930:1999 [10]. Na sličan način razvijena je 1988. godine DIN (Deutsches Institut für Normung) klasifikacija tla, koja je sastavni dio njemačkih normi DIN 18196:2011-05, [11].

U najvećem broju europskih zemalja dugi niz godina korištene su neke od navedenih klasifikacija tla ili su razvijene njihove modificirane verzije, ovisno o lokalnim uvjetima u tlu. Radi povećanja kvalitete, sigurnosti, pouzdanosti, efikasnosti, kompatibilnosti i komunikacije između stručnjaka iz područja geotehnike, ISO (International Standards Organisation) i CEN (Comité Européen de Normalisation) razvili su norme za opis i identifikaciju tla te definirali načela klasifikacije tla, koje se po načinu označavanja tla bitno razlikuju od onih, do tada primjenjivanih, nacionalnih klasifikacija. Tehnički odbor ISO/TC 182 "Geotechnics" u suradnji sa Tehničkim odborom CEN/TC 341 "Geotechnical Investigation and Testing" pripremio je 2002. godine normu koja se odnosi na opis tla pod nazivom: Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description

(EN ISO 14688-1:2002) [12]. Amandman na tu normu usvojen je 2013. godine (EN ISO 14688-1:2002/A1:2013) [13]. Isti odbor je 2004. godine pripremio normu koja se odnosi na načela klasifikacije tla pod nazivom: Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 2: Principles for a classification (EN ISO 14688-2:2004) [14]. Amandman na tu normu usvojen je 2013. godine (EN ISO 14688-1:2004/A1:2013) [15].

Europske zemlje, koje su se kao članice CEN-a preko svojih nacionalnih organizacija za normizaciju obvezale prihvatiti i implementirati europske norme jesu: Austrija, Belgija, Bugarska, Cipar, Češka Republika, Danska, Estonija, Finska, Francuska, Grčka, Hrvatska, Irska, Island, Italija, Latvija, Litva, Luksemburg, Mađarska, Makedonija, Malta, Nizozemska, Norveška, Njemačka, Poljska, Portugal, Rumunjska, Slovačka, Slovenija, Španjolska, Švedska, Švicarska, Turska i Velika Britanija.

Hrvatski zavod za norme na prijedlog Tehničkog odbora HZN/TO 182/PO 2, "Geotehničke konstrukcije" prihvatio je 2008. godine europske norme EN ISO 14688-1:2002 i EN ISO 14688-2:2004 u izvorniku na engleskom jeziku kao hrvatske norme pod oznakama HRN EN ISO 14688-1:2008 [16] i HRN EN ISO 14688-2:2008 [17]. Na prijedlog istog odbora prihvaćeni su 2013. godine i amandmani na norme, tako da sadašnje norme u Hrvatskoj nose oznake HRN EN ISO 14688-1:2008/A1:2013 en [18] i HRN EN ISO 14688-2:2008/A1:2013 en [19].

U Hrvatskoj su se do prihvaćanja europskih normi za identifikaciju i klasifikaciju tla primjenjivale neke od starijih verzija USCS klasifikacije tla prilagođene usvojenim europskim normama za veličine otvora na situ. Nakon prihvaćanja europskih normi nije došlo do naglog niti do postupnog prelaska na novi način opisivanja, identificiranja i klasificiranja tla. Razlozi za to su subjektivne i objektivne prirode. Subjektivni razlozi leže u otežanom prihvaćanju novog načina označavanja tla (npr. prah se ne označava sa M nego sa Si) te u velikoj prisutnosti američkih knjiga i časopisa u okruženju što dovodi do dominacije USCS klasifikacije. Objektivni razlozi leže u činjenici da su u europskim normama prikazana samo načela klasifikacije ali i ne klasifikacija tla u cjelini. Ostavljena je mogućnost razvoja cjelovite klasifikacije temeljene na prikazanim načelima na nacionalnoj ili projektnoj razini. U takvoj situaciji inženjeri u praksi nemaju mogućnost provesti klasificiranje tla prema europskoj normi pa se i dalje oslanjaju na neke od prije usvojene nacionalne norme. Da bi se prevladali subjektivni i objektivni razlozi, u ovom radu se predlaže cjelovita europska klasifikacija tla ESCS (eng. *European Soil Classification System*), koja je razvijena na načelima europske norme, a okvirno slijedi smjernice definirane u USCS klasifikaciji. Prikazana je i procedura za provedbu ESCS klasifikacije i dani su primjeri usporedbe rezultata klasificiranja tla sa USCS klasifikacijom.

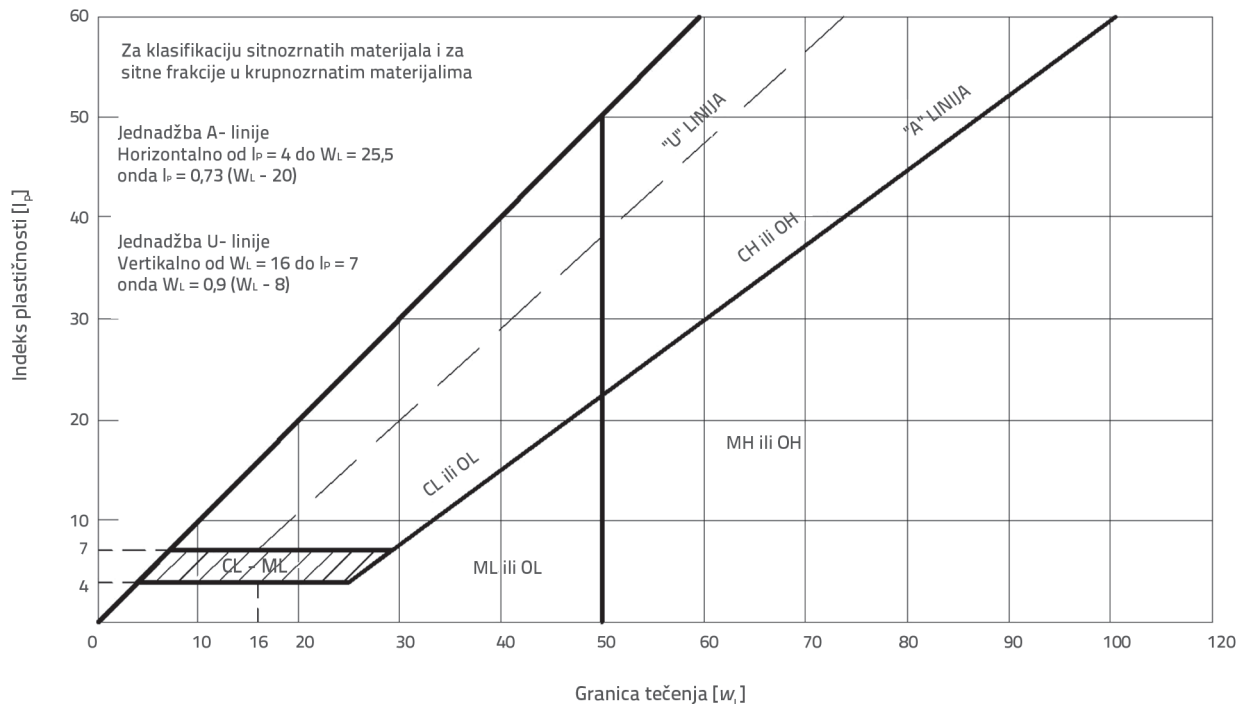
2. USCS klasifikacija tla prema ASTM D 2487

Prema USCS klasifikaciji tlo se dijeli na: krupnozrno tlo, sitnozrno tlo i visoko organsko tlo. Za klasificiranje tla koriste se granulometrijski sastav tla i granice konzistencije.

Tablica 1. USCS klasifikacijska tla prema ASTM D 2487

Kriteriji za dodjeljivanje simbola i naziva pojedinim grupama tla na osnovi laboratorijskih ispitivanja ^A			Klasifikacija tla		
			Simbol	Naziv grupe ^B	
KRUPNOZRNA TLA (više od 50 % ostaje na situ br. 200 - 0,075 mm)	Šljunak (više od 50 % ostalo je na situ br. 4 - 4,75 mm)	Čisti šljunak (manje od 5 % sitnih čestica ^E)	$c_u \geq 4$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	GW	Dobro graduiran šljunak ^D
			$c_u < 4$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	GP	Slabo graduiran šljunak ^D
	Šljunak sa sitnim česticama (više od 12 % sitnih čestica ^F)	Sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	GM	Prašinasti šljunak ^{D,F,G}	
		Sitne čestice se klasificiraju kao CL ili CH	GC	Glinoviti šljunak ^{D,F,G}	
	Pijesak (50 % ili više prolazi kroz sito br. 4 - 4,75 mm)	Čisti pijesak (manje od 5 % sitnih čestica)	$c_u \geq 6$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	SW	Dobro graduiran pijesak ^H
			$c_u < 6$ i/ili $1 > c_c > 3^C$	SP	Slabo graduiran pijesak ^H
Pijesak sa sitnim česticama (više od 12 % sitnih čestica)		Sitne čestice se klasificiraju kao ML ili MH	SM	Prašinasti pijesak ^{F,G,H}	
	Sitne čestice se klasificiraju kao CL ili CH	SC	Glinoviti pijesak ^{F,G,H}		
SITNOZRNA TLA (50 % ili više prolazi kroz sito br. 200 - 0,075 mm)	Prahovi i gline (granica tečenja manja od 50 %)	Anorganski	$I_p > 7$ i na ili iznad A-linije ^I	CL	Posna glina ^{K,L,M}
			$I_p < 4$ ili ispod A-linije ^I	ML	Prah ^{K,L,M}
	Organski	(Granica tečenja - sušenje u peći) / (Granica tečenja - bez sušenja u peći) < 0,75	OL	Organska glina ^{K,L,M,N} Organski prah ^{K,L,M,O}	
	Prahovi i gline (granica tečenja veća od 50 %)	Anorganski	I_p na ili iznad A-linije	CH	Masna glina ^{K,L,M}
			I_p ispod A-linije	MH	Elastični prah ^{K,L,M}
		Organski	(Granica tečenja - sušenje u peći) / (Granica tečenja - bez sušenja u peći) < 0,75	OH	Organska glina ^{K,L,M,P} Organski prah ^{K,L,M,Q}
Visoko organsko tlo	Primarno organska materija, tamne boje i organskog mirisa	PT	Treset		

^AZasnovano na materijalima koji su prošli sito 3-in, 75 mm.
^BAko uzorci tla na terenu sadržavaju komade ili blokove ili oboje nazivu grupe tla treba dodati "s komadima" ili "s blokovima" ili "s komadima i blokovima".
 $c_c = D_{60}/D_{10}$; $c_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$
^DAko tlo sadrži ≥ 15 % pijeska, nazivu grupe tla treba dodati «s pijeskom».
^EŠljunci sa 5 do 12 % sitnih čestica dobivaju dvojne simbole:
 GW-GM dobro graduirani šljunak s prahom,
 GW-GC dobro graduirani šljunak s glinom,
 GP-GM slabo graduirani šljunak s prahom,
 GP-GC slabo graduirani šljunak s glinom.
^FAko se sitne čestice klasificira kao CL-ML, treba koristiti dvojne simbole GC-GM ili SC-SM.
^GAko su sitne čestice organske, nazivu grupe tla treba dodati "s organskim sitnim česticama".
^HAko tlo sadrži ≥ 15 % šljunka, nazivu grupe tla treba dodati "sa šljunkom".
^IPijesci sa 5 do 12 % sitnih čestica dobivaju dvojne simbole:
 SW-SM dobro graduirani pijesak s prahom,
 SW-SC dobro graduirani pijesak s glinom,
 SP-SM slabo graduirani pijesak s prahom,
 SP-SC slabo graduirani pijesak s glinom.
^JAko se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi unutar šrafranog područja ($4 < I_p < 7$), tlo se označava sa CL-ML, kao prašinasta glina.
^KAko tlo sadrži 15 do 30 % materijala iznad sita br. 200 - 0,075 mm, nazivu grupe tla treba dodati "s pijeskom" ili "sa šljunkom", ovisno o tome koji je od ta dva materijala zastupljeniji.
^LAko tlo sadrži ≥ 30 % materijala iznad sita br. 200 - 0,075 mm i prevladava li pijesak, nazivu grupe tla treba dodati "pjeskoviti".
^MAko tlo sadrži ≥ 30 % materijala iznad sita br. 200 - 0,075 mm i prevladava li šljunak, nazivu grupe tla treba dodati "šljunkoviti".
^N $I_p \geq 4$ i na A-liniji ili iznad nje.
^O $I_p < 4$ ili ispod A-linije.
^P I_p na A-liniji ili iznad nje.
^Q I_p ispod A-linije.



Slika 1. Dijagram plastičnosti za USCS klasifikaciju prema ASTM D 2487

Osnovna ideja klasificiranja je označavanje tla simbolima koji se sastoje od dva slova. Iznimka su slučajevi kada se tlo označava dvojnimi simbolima koji se sastoje od četiri slova.

Prvo slovo u simbolu krupnozrnog tla predstavlja oznaku glavnih grupa tla:

- G – šljunak (engl. *gravel*),
- S – pijesak (engl. *sand*).

Drugo slovo u simbolu krupnozrnog tla opisuje karakteristike glavne grupe:

- W – dobro graduirani (engl. *well graded*) pijesak ili šljunak,
- P – slabo graduirani (engl. *poorly graded*) pijesak ili šljunak,
- M – prašnasti (engl. *silty*) pijesak ili šljunak,
- C – glinoviti (engl. *clayey*) pijesak ili šljunak.

Prvo slovo u simbolu sitnozrnog tla predstavlja oznaku glavnih grupa tla:

- M – prah (švedski *mjåla*, engl. *silt*),
- C – glina (engl. *clay*),
- O – organsko tlo (engl. *organic*).

Drugo slovo u simbolu sitnozrnog tla opisuje karakteristike glavne grupe:

- L – niske plastičnosti (engl. *low plasticity*), posna za glinu (engl. *lean*),
- H – visoke plastičnosti (engl. *high plasticity*), masna za glinu (engl. *fat*),
elastični za prah (engl. *elastic*).

Visoko organsko tlo ima dvoslojni simbol glavne grupe tla:
PT – treset (engl. *peat*).

USCS klasifikacija tla prikazana je u tablici 1. Osim tablice 1., za klasifikaciju tla koristi se i dijagram plastičnosti prikazan na slici 1.

2.1. Procedura za USCS klasifikaciju tla prema ASTM D 2487

2.1.1. Procedura za preliminarnu klasifikaciju tla

1. Tlo se klasificira kao krupnozrno (nekoherentno tlo) ako više od 50 % ukupne količine suhog uzorka ostane na situ br. 200 - 0,075 mm.
2. Tlo se klasificira kao sitnozrno (koherentno tlo) ako više od 50 % ukupne količine suhog uzorka prođe kroz sito br. 200 - 0,075 mm.

2.1.2. Procedura za klasifikaciju krupnozrnog tla

3. Tlo se klasificira kao šljunak ako je više od 50 % materijala od ukupne mase suhog uzorka ostalo na situ br. 4 - 4,75 mm (uključujući sito br. 200 - 0,075 mm).
4. Tlo se klasificira kao pijesak ako je 50 % ili više materijala od ukupne mase suhog uzorka prošlo kroz sito br. 4 - 4,75 mm (uključujući sito br. 200 - 0,075 mm).
5. Ako je manje od 5 % mase uzorka prošlo kroz sito br. 200 - 0,075 mm iz granulometrijske krivulje je potrebno izračunati koeficijent jednoličnosti c_u i koeficijent zakrivljenosti c_c .
5.1. Ako je koeficijent jednoličnosti c_u jednak ili veći od 4 za šljunak odnosno jednak ili veći od 6 za pijesak, a

- koeficijent zakrivljenosti c_c jednak 1 i nije veći od 3, tlo se klasificira kao dobro građuirani šljunak, GW, odnosno dobro građuirani pijesak, SW.
- 5.2. Ako koeficijent jednoličnosti i i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro građuirana tla, tlo se klasificira kao slabo građuirani šljunak, GP, odnosno slabo građuirani pijesak, SP.
6. Ako je više od 12 % mase uzorka prošlo kroz sito br. 200 - 0,075 mm, tlo se treba smatrati krupnozrnim materijalom sa sitnim česticama. Pritom treba odrediti da li sitne čestice čine gline ili prahovi, a to se određuje iz dijagrama plastičnosti pomoću indeksa plastičnosti i granice tečenja.
- 6.1. Tlo se klasificira kao glinoviti šljunak, GC, odnosno glinoviti pijesak, SC, ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi iznad A-linije i ako je I_p veći od 7.
- 6.2. Tlo se klasificira kao prašinsti šljunak, GM, odnosno prašinsti pijesak, SM, ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije i ako je I_p manji od 4.
- 6.3. Ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi u području CL-ML i ako je I_p veći od 4 a manji od 7, tlo se klasificira kao prašinsto glinoviti šljunak, GC-GM, prevladava li šljunak u ukupnoj masi uzorka, odnosno kao prašinsto glinoviti pijesak, SC-SM, ako se radi o pijesku.
7. Ako je kroz sito br. 200 - 0,075 mm prošlo 5 do 12 % sitnih čestica tlu se dodaju dvojni simboli. Iz granulometrijske krivulje je potrebno izračunati koeficijent jednoličnosti c_u i koeficijent zakrivljenosti c_c . Pritom treba odrediti da li sitne čestice čine gline ili prahovi a to se određuje iz dijagrama plastičnosti pomoću indeksa plastičnosti i granice tečenja.
- 7.1. Prva grupa simbola se podudara s grupom kod koje šljunak ili pijesak imaju manje od 5 % sitnih čestica (GW, GP, SW, SP) a druga grupa simbola se podudara sa grupom kod koje šljunak ili pijesak imaju više od 12 % sitnih čestica (GC, GM, SC, SM).
- 7.2. Grupni simbol se podudara s prvom grupom, ali se još dodaje naziv "s glinom" ili "s prahom" koji označava plastična svojstva sitnih čestica. Na primjer: dobro građuirani šljunak s glinom, GP-GC, slabo građuirani pijesak s prahom, SP-SM.
8. Ako u ukupnoj masi uzorka tla prevladava pijesak ili šljunak ali sadrži 15 % ili više drugog krupnozrnog materijala, grupnom simbolu se dodaje naziv "sa šljunkom" ili "s pijeskom". Na primjer: slabo građuirani šljunak s pijeskom, GP, glinoviti pijesak sa šljunkom, SC.
9. Ako uzorak tla na terenu sadrži komade ili blokove ili jedno i drugo, grupnom simbolu se dodaje naziv "s komadima" ili "s blokovima" ili "s komadima i blokovima". Na primjer: prašinsti šljunak s komadima, GM. Isto vrijedi i za sitnozrne materijale.

2.1.3. Procedura za klasifikaciju sitnozrnog tla

10. Tlo je anorganska glina ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje, indeks plastičnosti je veći od 4 i prisutnost organskog materijala ne utječe na određivanje granice tečenja prema točki 12.2.
- 10.1. Tlo se klasificira kao posna glina, CL, ako je granica tečenja manja od 50 %.
- 10.2. Tlo se klasificira kao masna glina, CH, ako je granica tečenja veća od 50 %.
- 10.3. Tlo se klasificira kao prašinsto glina, CL-ML, ako se par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi na A-liniji ili iznad nje, a vrijednost indeksa plastičnosti se kreće od 4 do 7.
11. Tlo je anorganski prah ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije ili je indeks plastičnosti manji od 4 a prisutnost organskog materijala ne utječe na određivanje granice tečenja prema točki 12.2.
- 11.1. Tlo se klasificira kao prah, ML, ako je granica tečenja manja od 50 %.
- 11.2. Tlo se klasificira kao elastični prah, MH, ako je granica tečenja veća od 50 %.
12. Tlo je organska glina ili prah ako je organska materija prisutna u dovoljnoj količini da utječe na određivanje granice tečenja prema točki 12.2.
- 12.1. Ako tlo ima tamnu boju i organski miris kada je vlažno ili toplo, ispitivanje druge granice tečenja provodi se na uzorku koji se tijekom noći sušio u pećnici na temperaturi $110 \pm 5^\circ\text{C}$, do konstantne težine.
- 12.2. Tlo je organski prah ili organska glina ako je granica tečenja nakon sušenja u pećnici manja od 75 % granice tečenja izvornog uzorka određenog prije sušenja u pećnici.
- 12.3. Tlo se klasificira kao organska glina ili kao organski prah, OL, ako je granica tečenja (nije sušena u pećnici) manja od 50 %. Tlo se klasificira kao organski prah ako se par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi ispod A-linije, a indeks plastičnosti je manji od 4. Tlo se klasificira kao organska glina ako se par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi na A-liniji ili iznad nje, a indeks plastičnosti je veći od 4.
- 12.4. Tlo se klasificira kao organska glina ili kao organski prah, OH, ako je granica tečenja (nije sušena u pećnici) veća od 50 %. Tlo se klasificira kao organski prah ako se par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi ispod A-linije. Tlo se klasificira kao organska glina ako se par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi A-liniji ili iznad nje.
13. Ako je na situ br. 200 - 0,075 mm ostalo više od 15 % ali manje od 30 % krupnozrnog materijala od ukupne količine uzorka, grupnom simbolu dodaje se naziv "sa šljunkom" ili "s pijeskom" (ovisno o tome kojeg ima u većoj količini). Na primjer: posna glina s pijeskom, CL, prah sa šljunkom, ML. Ako su šljunak i pijesak prisutni u istoj količini, prednost se daje pijesku i koristi se naziv "s pijeskom".
14. Ako je na situ br. 200 - 0,075 mm ostalo jednako ili više od 30 % materijala od ukupne količine uzorka, grupnom

simbolu dodaje se naziv "pjeskoviti" ili "šljunkoviti". Naziv "pjeskoviti" se koristi kada je 30 % ili više uzorka koji se ispituje ostao na situ br. 200 - 0,075 mm a od krupnozrnog materijala prevladava pijesak. Naziv "šljunkoviti" se koristi kada je 30 % ili više uzorka koji se ispituje ostao na situ br. 200 - 0,075 mm a od krupnozrnog materijala prevladava šljunak. Na primjer: pjeskovita mršava glina, CL; šljunkovita debela glina, CH, pjeskoviti prah, ML. Ako su šljunak i pijesak prisutni u istoj količini, prednost se daje pijesku i koristi se naziv "pjeskoviti".

3. ESCS klasifikacija tla prema načelima EN ISO 14688-2

Prema predloženoj ESCS klasifikaciji tlo se dijeli na: krupnozrno tlo, sitnozrno tlo i organsko tlo. Za klasificiranje tla koriste se granulometrijski sastav tla i granice konzistencije.

Osnovna ideja klasificiranja je označavanje tla simbolima koji predstavljaju glavnu i sekundarne frakcije od kojih se tlo sastoji. Glavna frakcija tla određuje inženjerska svojstva tla. Sekundarne frakcije ne određuju, ali utječu na inženjerska svojstva tla.

Glavna frakcija krupnozrnih tla označava se simbolima koji se sastoje od dva slova, od kojih je prvo veliko:

- Gr – šljunak (engl. *gravel*),
- Sa – pijesak (engl. *sand*).

Sekundarna frakcija koja najviše utječe na inženjerska svojstva tla označava se simbolima koji se sastoje od dva mala slova, a pišu se ispred glavne frakcije:

- saGr – pjeskoviti šljunak, siGr – prašinski šljunak, ciGr – glinoviti šljunak,
- grSa – šljunkoviti pijesak, siSa – prašinski pijesak, ciSa – glinoviti pijesak.

Druga sekundarna frakcija koja utječe na inženjerska svojstva tla također se označava simbolima koji se sastoje od dva mala slova, a pišu se ispred prve sekundarne i glavne frakcije.

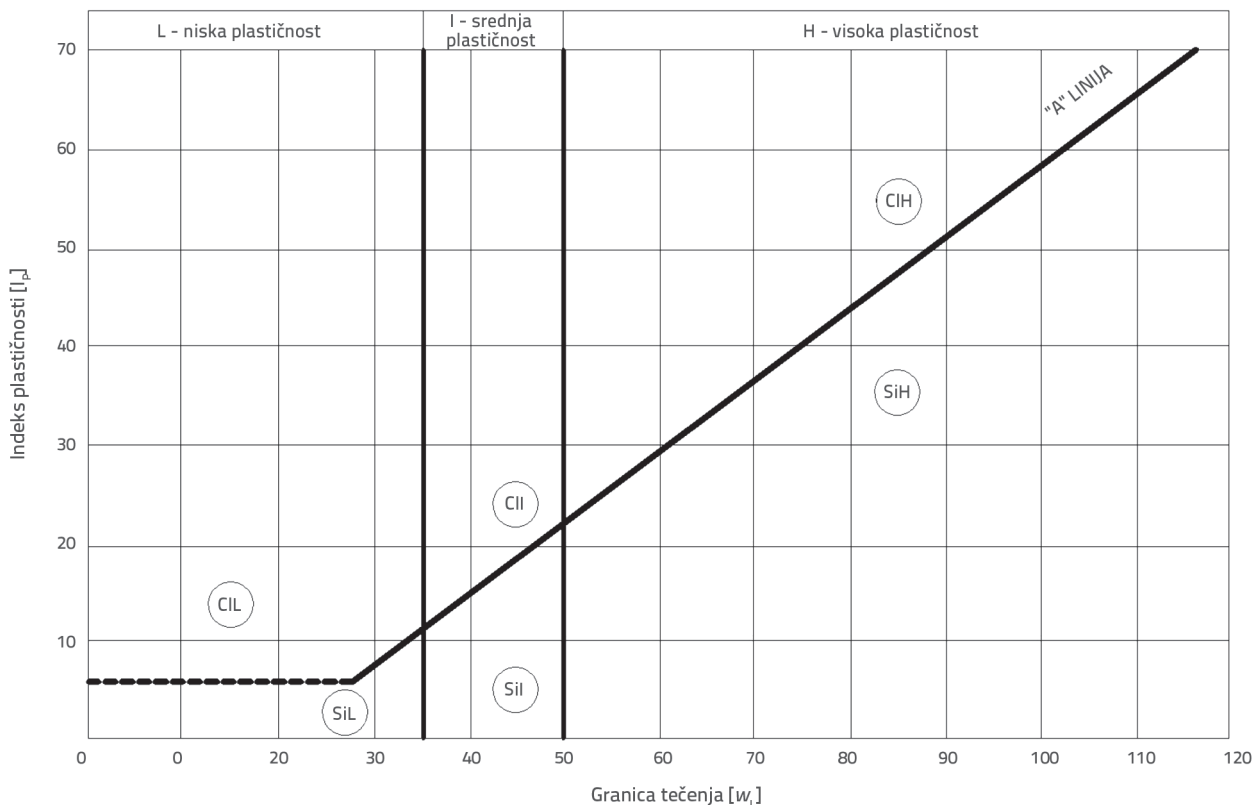
Krupnozrna tla se dodatno označavaju s obzirom na stupanj graduiranosti. Iza oznake glavne frakcije dodaje se veliko slovo:

- W – dobro graduirani (engl. *well graded*) pijesak ili šljunak,
- M – srednje graduirani (engl. *medium graded*) pijesak ili šljunak,
- P – slabo graduirani (engl. *poor graded*) pijesak ili šljunak.

Glavna frakcija sitnozrnih tla označava se simbolima koji se sastoje od dva slova, od kojih je prvo veliko:

- Si – prah (engl. *silt*),
- Cl – glina (engl. *clay*),
- Or – organsko tlo (engl. *organic*).

Sekundarna frakcija koja najviše utječe na inženjerska svojstva tla označava se simbolima koji se sastoje od dva mala slova, a pišu se ispred glavne frakcije:



Slika 2. Dijagram plastičnosti za ESCS klasifikaciju tla prema načelima EN ISO 14688-2

Tablica 2. ESCS Klasifikacija tla prema načelima EN ISO 14688-2

Kriteriji za dodjeljivanje simbola i naziva pojedinim grupama tla na osnovi laboratorijskih ispitivanja ^A			Klasifikacija tla		
			Simbol	Naziv grupe ^B	
KRUPNOZRNA TLA (više od 50 % ostaje na situ otvora 0,063 mm)	Šljunak (više od 50 % ostaje na situ otvora 2 mm)	Čisti šljunak (manje od 5 % sitnih čestica ^{E,F})	$c_u \geq 15$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	GrW	Dobro graduirani šljunak ^D
			$6 < c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	GrM	Srednje graduirani šljunak ^D
		$c_u < 6$ i/ili $c_c < 1^C$	GrP	Slabo graduirani šljunak ^D	
		Šljunak sa sitnim česticama (više od 15 % sitnih čestica ^{E,F})	Sitne čestice se klasificiraju kao siL, sil ili siH	siGr	Prašinasti šljunak ^D
	Sitne čestice se klasificiraju kao cL, cII ili cIH		cGr	Glinoviti šljunak ^D	
	Pijesak (50 % ili više prolazi kroz sito otvora 2 mm)	Čisti pijesak (manje od 15 % sitnih čestica ^{E,H})	$c_u \geq 15$ i $1 \leq c_c \leq 3^C$	SaW	Dobro graduirani pijesak ^G
			$6 < c_u < 15$ i $c_c < 1^C$	SaM	Srednje graduirani pijesak ^G
			$c_u < 6$ i/ili $c_c < 1^C$	SaP	Slabo graduirani pijesak ^G
Pijesak sa sitnim česticama (više od 15 % sitnih čestica ^{E,H})		Sitne čestice se klasificiraju kao siL, sil ili siH	siSa	Prašinasti pijesak ^G	
	Sitne čestice se klasificiraju kao cL, cII ili cIH	cSa	Glinoviti pijesak ^G		
SITNOZRNA TLA (50 % ili više prolazi kroz sito otvora 0,063 mm)	granica tečenja manja od 35 %	Anorganski ^F	Na A-liniji ili iznad nje	CIL	Glina niske plastičnosti ^I
			Ispod A-linije	SiL	Prah niske plastičnosti ^I
	granica tečenja od 35 do 50 %	Anorganski ^F	Na A-liniji ili iznad nje	CII	Glina srednje plastičnosti ^I
			Ispod A-linije	SiI	Prah srednje plastičnosti ^I
	granica tečenja veća od 50 %	Anorganski ^F	Na A-liniji ili iznad nje	CIH	Glina visoke plastičnosti ^I
			Ispod A-linije	SiH	Prah visoke plastičnosti ^I
ORGANSKO TLO	Primarno organska materija, tamne boje i organskog mirisa		Or	Organsko tlo	

^AZasnovano na materijalima koji su prošli kroz sito otvora 63 mm.
^BAko uzorak tla na terenu sadržava komade ili blokove ili oboje, potrebno je to opisno iskazati na način da se nazivu grupe tla treba dodati "s komadima" ili "s blokovima" ili "s komadima i blokovima".
 $c_u = D_{60}/D_{10}$; $c_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$
^DAko tlo sadrži ≥ 15 % pijeska, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "sa" a ispred naziva grupe "pjeskoviti".
^EŠljunci sa 5 do 15 % sitnih čestica, ovisno o graduiranosti i plastičnosti, dobivaju oznake: siGrW – prašinasti dobro graduirani šljunak, siGrM – prašinasti srednje graduirani šljunak, siGrW – prašinasti slabo graduirani šljunak, cGrW – glinoviti dobro graduirani šljunak, cGrM – glinoviti srednje graduirani šljunak, cGrW – glinoviti slabo graduirani šljunak.
^FAko sitne čestice sadrže organske sastojke, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "or" a ispred naziva grupe "organski".
^GAko tlo sadrži ≥ 15 % šljunka, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "gr" a ispred naziva grupe "šljunkoviti".
^HPijesci sa 5 do 15 % sitnih čestica, ovisno o graduiranosti i plastičnosti, dobivaju oznake: siSaW – prašinasti dobro graduirani pijesak, siSaM – prašinasti srednje graduirani pijesak, siSaW – prašinasti slabo graduirani pijesak, cSaW – glinoviti dobro graduirani pijesak, cSaM – glinoviti srednje graduirani pijesak, cSaW – glinoviti slabo graduirani pijesak.
^IAko tlo sadrži ≥ 15 % krupnozrnog materijala, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "sa" ili "gr" a ispred naziva grupe dodati "pjeskoviti" ili "šljunkoviti", ovisno o tome koji je od ta dva materijala zastupljeniji.

grSi – šljunkoviti prah, saSi – pjeskoviti prah, cSi – glinoviti prah, orSi – organski prah,
 grCl – šljunkovita glina, saCl – pjeskovita glina, siCl – prašinasta glina, orCl – organska glina,
 saOr – pjeskovito organsko tlo, siOr – prašinasto organsko tlo,
 cOr – glinovito organsko tlo.

Druga sekundarna frakcija koja utječe na inženjerska svojstva tla također se označava simbolima koji se sastoje od dva mala slova, a pišu se ispred prve sekundarne i glavne frakcije.

Sitnozrna tla se dodatno označavaju s obzirom na plastičnost. Iza oznake glavne frakcije dodaje se veliko slovo:

- L – niske plastičnosti (engl. *low plasticity*),
 I – srednje plastičnosti (engl. *medium plasticity*),
 H – visoke plastičnosti (engl. *high plasticity*).

ESCS klasifikacija tla prema načelima EN ISO 14688-2 prikazana je u tablici 2. Osim tablice 2., za ESCS klasifikaciju tla koristi se i dijagram plastičnosti prikazan na slici 2.

3.1. Procedura za ESCS klasifikaciju tla prema načelima EN ISO 14688-2

3.1.1. Procedura za preliminarnu klasifikaciju tla

- Tlo se klasificira kao krupnozrno (nekoherentno tlo) ako više od 50 % ukupne količine suhog uzorka ostane na situ otvora 0,063 mm.
- Tlo se klasificira kao sitnozrno (koherentno tlo) ako više od 50 % ukupne količine suhog uzorka prođe kroz sito otvora 0,063 mm.

3.1.2. Procedura za klasifikaciju krupnozrnog tla

- Tlo se klasificira kao šljunak ako je više od 50 % materijala od ukupne mase suhog uzorka ostalo na situ otvora 2 mm (uključujući sito otvora 0,063 mm).
- Tlo se klasificira kao pijesak ako je 50 % ili više materijala od ukupne mase suhog uzorka prošlo kroz sito otvora 2 mm (uključujući sito otvora 0,063 mm).
- Ako je manje od 5 % mase uzorka prošlo kroz sito otvora 0,063 mm, iz granulometrijske krivulje je potrebno izračunati koeficijent jednoličnosti c_u i koeficijent zakrivljenosti c_c .
 - Ako je koeficijent jednoličnosti c_u jednak ili veći od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c jednak 1 i nije veći od 3, tlo se klasificira kao dobro građirani šljunak, GrW, odnosno dobro građirani pijesak, SaW.
 - Ako je koeficijent jednoličnosti c_u veći od 6 i manji od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c manji od 1, tlo se klasificira kao srednje građirani šljunak, GrM, odnosno srednje građirani pijesak, SaM.
 - Ako koeficijent jednoličnosti c_u i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro ili srednje građirana tla, tlo se klasificira kao slabo građirani šljunak, GrP, odnosno slabo građirani pijesak, SaP.
- Ako je više od 15 % mase uzorka prošlo kroz sito otvora 0,063 mm, tlo se treba smatrati krupnozrnim materijalom sa sitnim česticama. Pritom treba odrediti da li sitne čestice čine gline ili prahovi, a to se određuje iz dijagrama plastičnosti pomoću indeksa plastičnosti i i granice tečenja.
 - Tlo se klasificira kao glinoviti šljunak, clGr, odnosno glinoviti pijesak, clSa, ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje.
 - Tlo se klasificira kao prašinski šljunak, siGr, odnosno prašinski pijesak, siSa, ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije.

- Ako je kroz sito otvora 0,063 mm prošlo 5 do 15 % sitnih čestica, iz granulometrijske krivulje je potrebno izračunati koeficijent jednoličnosti c_u i koeficijent zakrivljenosti c_c te odrediti da li sitne čestice čine gline ili prahovi, a to se određuje iz dijagrama plastičnosti pomoću indeksa plastičnosti i i granice tečenja.

- Ako je koeficijent jednoličnosti c_u jednak ili veći od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c jednak 1 i nije veći od 3, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje, tlo se klasificira kao dobro građirani glinoviti šljunak, clGrW, odnosno dobro građirani glinoviti pijesak, clSaW.
- Ako je koeficijent jednoličnosti c_u jednak ili veći od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c jednak 1 i nije veći od 3, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije, tlo se klasificira kao dobro građirani prašinski šljunak, siGrW, odnosno dobro građirani prašinski pijesak, siSaW.
- Ako je koeficijent jednoličnosti c_u veći od 6 i manji od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c manji od 1, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje, tlo se klasificira kao srednje građirani glinoviti šljunak, clGrM, odnosno srednje građirani glinoviti pijesak, clSaM.
- Ako je koeficijent jednoličnosti c_u veći od 6 i manji od 15, a koeficijent zakrivljenosti c_c manji od 1, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije tlo se klasificira kao srednje građirani prašinski šljunak, siGrM, odnosno srednje građirani prašinski pijesak, siSaM.
- Ako koeficijent jednoličnosti c_u i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro ili srednje građirana tla, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje, tlo se klasificira kao slabo građirani glinoviti šljunak, clGrP, odnosno slabo građirani glinoviti pijesak, clSaP.
- Ako koeficijent jednoličnosti c_u i zakrivljenosti ne zadovoljavaju kriterije za dobro ili srednje građirana tla, te ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A-linije tlo se klasificira kao slabo građirani prašinski šljunak, siGrP, odnosno slabo građirani prašinski pijesak, siSaP.
- Ako u ukupnoj masi uzorka tla prevladava pijesak ili šljunak ali sadrži 15 % ili više drugog krupnozrnog materijala, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "sa" ili "gr", a ispred naziva grupe "pjeskoviti" ili "šljunkoviti". Na primjer: saGrW - pjeskoviti dobro građirani šljunak, grSaM - šljunkoviti srednje građirani pijesak, sasiGr - pjeskovito prašinski šljunak.
- Ako sitne čestice sadrže organske sastojke, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "or" a ispred naziva grupe "organski". Na primjer: orSaP - organski slabo građirani pijesak, orclSa - organski glinoviti pijesak, orsaGrW - organski dobro građirani pjeskoviti šljunak.

10. Ako uzorak tla na terenu sadrži komade ili blokove ili jedno i drugo, potrebno je to opisno iskazati na način da se nazivu grupe tla doda "s komadima ili blokovima ili oboje".

3.1.3. Procedura za klasifikaciju sitnozrnog tla

11. Tlo je glina ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi na A-liniji ili iznad nje.

11.1. Tlo se klasificira kao glina niske plastičnosti, CL, ako je granica tečenja manja od 35 %.

11.2. Tlo se klasificira kao glina srednje plastičnosti, CI, ako je granica tečenja veća ili jednaka 35 % i manja od 50 %.

11.3. Tlo se klasificira kao glina visoke plastičnosti, CH, ako je granica tečenja veća ili jednaka 50 %.

12. Tlo je prah ako se par vrijednosti (w_L , I_p) u dijagramu plastičnosti nalazi ispod A linije.

12.1. Tlo se klasificira kao prah niske plastičnosti, SiL, ako je granica tečenja manja od 35 %.

12.2. Tlo se klasificira kao prah srednje plastičnosti, Sil, ako je granica tečenja veća ili jednaka 35 % i manja od 50 %.

12.3. Tlo se klasificira kao prah visoke plastičnosti, SiH, ako je granica tečenja veća ili jednaka 50 %.

13. Ako je na situ otvora 0,063 mm ostalo više ili jednako 15 % materijala od ukupne količine uzorka, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "sa" ili "gr", a ispred naziva grupe "pjeskoviti" ili "šljunkoviti", ovisno o tome koji je od ta dva materijala zastupljeniji. Ako su oba materijala jednako zastupljena, prednost treba dati pijesku. Na primjer: saCH – pjeskovita glina visoke plastičnosti, grSiL – šljunkoviti prah niske plastičnosti.

14. Ako sitne čestice sadrže organske sastojke, ispred simbola naziva grupe treba dodati malim slovima oznaku "or" a ispred naziva grupe "organski". Na primjer: orSiL – organski prah srednje plastičnosti, orCH – organska glina visoke plastičnosti, orsaSiL – organski pjeskoviti prah niske plastičnosti.

4. Primjeri usporedbe ESCS klasifikacije tla sa USCS klasifikacijom

Da bi se olakšao prijelaz za USCS klasifikacije tla prema ASTM D 2487 na ESCS klasifikaciju prema načelima EN ISO 14688-2 i istaknule razlike u dobivenim rezultatima klasificiranja, prikazani su primjeri klasificiranja krupnozrnog i sitnozrnog tla. Radi usporedbe uzeto je da su dobiveni isti postotci prolaza materijala na odgovarajućim sitima koja prema različitim normama razdvajaju pijeske od šljunka kao i krupnozrne od sitnozrnih materijala.

Primjer 1.

Sijanjem su dobiveni sljedeći rezultati:

- postotak prolaza kroz sito 3-in. (75 mm) odnosno sito otvora 63 mm iznosi 100 %,
- postotak prolaza kroz sito br. 4 (4,75 mm) odnosno sito otvora 2 mm iznosi 98 %,

- postotak prolaza kroz sito br. 200 (0,075 mm) odnosno sito otvora 0,063 mm iznosi 34 %.

Granica tečenja i granica plastičnosti iznose $w_L = 38$ % i $w_p = 26$ %.

Rješenje:

Budući da je na situ br. 200 (0,075 mm) odnosno situ otvora 0,063 mm ostalo 100 – 34 = 66 % materijala, što je više od 50 % ukupne mase tla, radi se o krupnozrnog tlu.

Kako je kroz sito br. 4 (4,75 mm) odnosno sito otvora 2 mm prošlo 66 – 2 = 64 % materijala, što je više od 50 % mase krupnozrnog materijala ($66/2 = 33$ %), radi se pijesku.

S obzirom na to da je više od 15 % mase uzorka prošlo kroz sito br. 200 (0,075 mm) odnosno sito otvora 0,063 mm (34 %), tlo se treba smatrati krupnozrnim materijalom sa sitnim česticama.

Indeks plastičnosti iznosi $I_p = w_L - w_p = 38 - 26 = 12$ %.

Na slikama 1. i 2. par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi se ispod A-linije, pa se tlo klasificira kao prah.

S obzirom na to da postotak šljunka iznosi 2 %, što je manje od 15 %, količina šljunka ne utječe na naziv grupe tla.

Prema USCS klasifikaciji, tlo se klasificira kao "prašnasti pijesak" s oznakom SM.

Prema ESCS klasifikaciji, tlo se klasificira kao "prašnasti pijesak" s oznakom siSa.

Primjer 2.

Sijanjem su dobiveni sljedeći rezultati:

- postotak prolaza kroz sito 3-in. (75 mm) odnosno sito otvora 63 mm iznosi 100 %,
- postotak prolaza kroz sito br. 4 (4,75 mm) odnosno sito otvora 2 mm iznosi 100 %,
- postotak prolaza kroz sito br. 200 (0,075 mm) odnosno sito otvora 0,063 mm iznosi 58 %.

Granica tečenja i granica plastičnosti iznose $w_L = 49$ % i $w_p = 28$ %.

Rješenje:

Budući da je kroz sito br. 200 (0,075 mm) odnosno kroz otvor 0,063 mm prošlo 58 % materijala što je više od 50 % ukupne mase tla, radi se o sitnozrnog tlu.

Granica tečenja w_L je veća od 35 % a manja od 50 %.

Indeks plastičnosti iznosi $I_p = w_L - w_p = 49 - 28 = 21$ %.

Kako se na slikama 1. i 2. par vrijednosti (w_L , I_p) nalazi ispod A-linije, tlo se klasificira kao prah.

S obzirom na to da je na situ br. 200 odnosno situ otvora 0,063 mm ostalo više od 30 % materijala od ukupne količine uzorka ($100 - 58 = 42$ %), a da postotak šljunka iznosi 0 %, prevladava pijesak, pa se grupnom simbolu dodaje naziv "pjeskoviti".

Prema USCS klasifikaciji, tlo se klasificira kao "pjeskoviti prah" s oznakom ML.

Prema ESCS klasifikaciji, tlo se klasificira kao "pjeskoviti prah srednje plastičnosti" s oznakom saSiM.

5. Zaključak

Klasificiranje tla koje se provodi za građevinske potrebe omogućava inženjerima širom svijeta lakše proučavanje i razumijevanje dobivenih rezultata ispitivanja tla te olakšava međusobnu komunikaciju i usporedbu rezultata dobivenih u različitim laboratorijima. ISO i CEN su razvili norme za opis i identifikaciju tla EN ISO 14688-1, te načela klasifikacije tla EN ISO 14688-2, koje se po načinu označavanja tla bitno razlikuju od onih do tada primjenjivanih, nacionalnih klasifikacija i najviše korištene američke USCS klasifikacije, od koje su sve nacionalne klasifikacije i nastale. Za sada su se 34 europske zemlje, među kojima i Hrvatska, kao članice CEN-a, preko svojih nacionalnih organizacija za normizaciju, obvezale prihvatiti i implementirati europske norme.

Radi prelaska na novi način označavanja tla, uzimajući u obzir zadana načela klasifikacije tla, u ovom radu je predložena cjelovita ESCS klasifikacija tla koja omogućava inženjerima u praksi klasificiranje tla prema usvojenim europskim normama. Prikazana je i procedura za provedbu ESCS klasifikacije i dani su primjeri usporedbe rezultata klasificiranja tla s USCS klasifikacijom. Iz prikazanih primjera je vidljivo da su postupci za klasificiranje tla približno jednaki jer ESCS klasifikacija okvirno slijedi smjernice definirane USCS klasifikacijom prema ASTM D 2487 normi i načela klasificiranja tla prema europskoj normi EN ISO 14688-2, sve do konačnog naziva grupe tla, gdje se nazivi grupa tla djelomično razlikuju, dok su simboli potpuno različiti.

LITERATURA

- [1] Child, G.H.: Soil descriptions - Quo Vadis?, *Site Investigation Practice: Assessing BS 5930*, ed. Hawkins A.B., Eng. Geol. Special Pub. No. 2, Geological Society, pp. 73-81, 1986.
- [2] Atterberg, A.: Die rationale Klassifikation der Sande und Kiese, *Chem. Ztg.*, 29, pp. 195-198, 1905.
- [3] Atterberg, A.: Die Konsistenz und die Bindigkeit der Boden, *Int. Mitt. Bodenkunde.*, 2, pp. 148-189, 1912.
- [4] Soil Survey Staff: *Soil Survey Manual*, U.S. Dep. Agric. Handb., vol. 18, 503 pp., U.S. Gov. Print. Off., Washington, D. C. 1951.
- [5] Davis, R. O. E., Bennet, H.H.: *Grouping of soils on the basis of mechanical analysis*, Dep. Circ. 419, U.S. Dep. of Agric., Washington, D. C. 1927.
- [6] Casagrande, A.: Classification and identification of soils, *Proc. ASCE*, 73 (6), pp. 783-810, 1947.
- [7] ASTM D2487-11: *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.
- [8] Dumbleton, M.J.: *The classification and description of soils for engineering purposes: a suggested revision of the British system*, Ministry of Transport, RRL Report LR 182, Road Research Laboratory, Crowthorne, Berks. 1968.
- [9] Dumbleton, M.J.: *The British soil classification system for engineering purposes: its development and relation to other comparable systems*, TRRL Report LR 1030, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berks. 1981.
- [10] BS 5930:1990: *British Standard. Code of practice for site investigations*. British Standards Institute, London, 1990.
- [11] DIN 18196:2011-05: *Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke*. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011.
- [12] EN ISO 14688-1:2002: *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description*. Comité Européen de Normalisation. Brussels, 2002.
- [13] EN ISO 14688-1:2002/A1:2013: *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description – Amendment 1*. Comité Européen de Normalisation. Brussels, 2013.
- [14] EN ISO 14688-2:2004: *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 2: Principles for a classification*. Comité Européen de Normalisation. Brussels, 2004.
- [15] EN ISO 14688-2:2004/A1:2013: *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 2: Principles for a classification – Amendment 1*. Comité Européen de Normalisation. Brussels, 2004.
- [16] HRN EN ISO 14688-1:2008 en: *Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 1. dio: Identifikacija i opis*. Zagreb, Hrvatski zavod za norme. 2008.
- [17] HRN EN ISO 14688-2:2008 en: *Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 2. dio: Načela klasifikacije*. Zagreb, Hrvatski zavod za norme. 2008.
- [18] HRN EN ISO 14688-1:2008/A1:2013 en: *Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 1. dio: Identifikacija i opis – Amandman 1*. Zagreb, Hrvatski zavod za norme. 2013.
- [19] HRN EN ISO 14688-2:2008/A1:2013 en: *Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Identifikacija i klasifikacija tla – 2. dio: Načela klasifikacije – Amandman 2*. Zagreb, Hrvatski zavod za norme. 2013.