

# Uzorkovanje tla u geotehničkom istražnom bušenju

---

Ivčević, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:351874>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

HRVOJE IVČEVIĆ

UZORKOVANJE TLA U GEOTEHNIČKOM ISTRAŽNOM BUŠENJU

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2021.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva  
za 16.09.2021. u 9. sa  
Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred  
ispitnim povjerenstvom u Vijećnici  
Varaždin, 02.09.2021.

Predsjednik  
ispitnog povjerenstva:

izr. prof. dr. sc. Saufa Korović

Članovi povjerenstva

- 1) izr. prof. dr. sc. Boris Kanur
- 2) Dr. sc. Jasmin Jug
- 3) Prof. dr. sc. Srećan Štelec

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

UZORKOVANJE TLA U GEOTEHNIČKOM ISTRAŽNOM BUŠENJU

KANDIDAT:

HRVOJE IVČEVIĆ



MENTOR:

Izv.prof.dr.sc. BORIS KAVUR

KOMENTOR:

Dr.sc. JASMIN JUG, mag.ing.geoing.

VARAŽDIN, 2021.



## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: HRVOJE IVČEVIĆ

Matični broj: 2864 - 2018./2019.

### NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

UZORKOVANJE TLA U GEOTEHNIČKOM ISTRAŽNOM BUŠENJU

- Rad treba sadržati:
1. Uvod
  2. Uzorkovanje tla tijekom bušenja i iskopa
  3. Rukovanje, prijevoz i pohrana uzoraka
  4. Zaključak
  5. Literatura
  6. Popis slika
  7. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 09.03.2021.

Rok predaje: 02.09.2021.

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Boris Kavur

Drugi mentor/komentor:

  
Dr.sc. Jasmin Jug

Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Sanja Kovač



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

### **Uzorkovanje tla u geotehničkom istražnom bušenju**

---

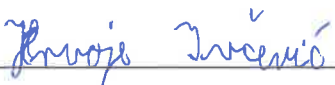
rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Izv.prof.dr.sc. Borisa Kavura** i komentorstvom **Dr.sc. Jasmina Juga**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 31. 08. 2021.

Hrvoje Ivčević

(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

## IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom:

### **Uzorkovanje tla u geotehničkom istražnom bušenju**

---

pregledan anti-plag programskim paketom Plag Scan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu 31.08.2021.

Izv.prof.dr.sc. Boris Kavur

(Mentor)



(Vlastoručni potpis)

## **SAŽETAK**

Geotehnički istražni radovi (GIR) provode se radi dobivanja geotehničkog profila tla koji mora dati uvid u litološki sastav i mehanička svojstva tla na određenoj lokaciji. U ovom radu obrađena je problematika istražnog geotehničkog bušenja i metoda uzorkovanja tla i stijena prilikom bušenja. U drugom poglavlju prikazane su standardne metode i načini dobivanja poremećenih i neporemećenih uzoraka u različitim tipovima tla i stijena. Norma ISO 22475-1 razlikuje 3 glavne kategorije metoda uzorkovanja: A, B i C kategoriju. Pod A kategoriju spadaju uzorci dobiveni odgovarajućim postupkom uzorkovanja primjenom uzorkivača prikladne konstrukcije s obzirom na tip tla i stanje u kojem se tlo nalazi (čvrstoća, stupanj prekonsolidacije), te je njome moguće dobiti uzorke najviših klasa kvalitete 1 ili 2. Jedino uzorci A kategorije i najviše klase kvalitete 1 se mogu koristiti za ispitivanja čvrstoće, krutosti i konsolidacijskih svojstava tla. Pod B kategoriju spadaju uzorci dobiveni iz bušaćih alatki (jednostruke jezgrene cijevi) ili SPT-a, koji sukladno normi mogu biti klase kvalitete 3 do 5. Ovi uzorci mogu se koristiti za klasifikacijska ispitivanja i eventualno za ispitivanja vlažnosti pod uvjetom da se mogu uvrstiti pod klasu 3. U C kategoriju spadaju uzorci dobiveni destruktivnim bušenjem na temelju kojih se eventualno može dobiti samo redoslijed slojeva u tlu. U trećem poglavlju prikazano je rukovanje uzorcima, te načini njihove zaštite u prijevozu i pohrani.

## **KLJUČNE RIJEČI:**

uzorkovanje tla, neporemećeni uzorak, kategorija uzorkovanja, klasa kvalitete uzorka



## **ABSTRACT**

Geotechnical investigation and testing are conducted to provide a geotechnical soil profile that can give us insight into the lithological composition and mechanical soil properties of a specific location. The bachelor thesis presents the problems of geotechnical exploratory drilling, soil and rock sampling methods while drilling. Standard methods and means of recovering of disturbed and undisturbed samples in different soil and rock types are presented in chapter 2. The ISO 22475-1 standard differentiates between 3 main categories of soil sampling methods: A, B and C. Category A consists of samples that are obtained using relevant procedures of sampling using samplers that are of adequate structure with regards to a soil type and soil condition ( firmness, overconsolidation ratio) while having the ability to obtain samples of quality class 1 or 2 which are the highest classes. Only category A samples and samples of quality class 1 can be used for testing firmness, rigidity and consolidation properties of soil. Category B consists of samples that are obtained by using drilling rigs ( a single-tube core barrel ) or SPT, which are of quality classes 3 through 5 according to the ISO standard. These samples can be used for classification, and humidity tests provided they can be classified as quality class 3. Category C consists of samples obtained by using destructive drilling, which can only determine the sequence of different soil layers. The handling, and the methods of preservation of samples during transport and storage are presented in chapter 3.

## **KEYWORDS:**

soil sampling, undisturbed sample, category of soil sampling, quality class of a sample

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. UZORKOVANJE TLA TIJEKOM BUŠENJA I ISKOPA</b> .....	6
2.1. Domena norme ISO 22475-1 .....	6
2.2. Bušači stroj, bušaće alatke i opći zahtjevi prije uzorkovanja .....	6
2.3. Metode i kategorije uzorkovanja .....	7
2.3.1. Uzorkovanje bušenjem (kontinuirano uzorkovanje) .....	9
2.3.2. Uzorkovanje pomoću uzorkivača .....	13
2.4. Analiza procesa uzorkovanja .....	24
<b>3. RUKOVANJE, PRIJEVOZ I POHRANA UZORAKA</b> .....	27
3.1. Materijali za očuvanje i spremnici za uzorke .....	27
3.2. Rukovanje uzorcima .....	28
3.3. Označavanje uzoraka .....	30
3.4. Prijevoz uzoraka .....	31
3.5. Priprema spremnika za pohranu i transport .....	35
3.6. Pohrana uzoraka .....	35
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	36
<b>5. LITERATURA</b> .....	37
<b>6. POPIS SLIKA</b> .....	38
<b>7. POPIS TABLICA</b> .....	39

# 1. UVOD

Geotehnički istražni radovi mogu se definirati kao radnje i postupci koji se poduzimaju radi prikupljanja i obrade potrebnih podataka o tlu na lokaciji buduće građevine. Glavni cilj geotehničkih istražnih radova je dobivanje geotehničkog profila tla, koji treba prikazati relevantna mehanička svojstva tla na toj lokaciji.

Postupci koji se najčešće koriste kod geotehničkih terenskih istražnih radova su: daljinsko otkrivanje, istražna bušenja i istražne jame, uzimanje neporemećenih uzoraka tla, in - situ ispitivanja i geofizička ispitivanja. [2]

Istražne jame se obično kopaju manjim hidrauličkim rovokopačem i koriste se za dobivanje poremećenih i neporemećenih uzoraka tla odnosno za dobivanje uvida u građu terena kada je dubina istraživanja ograničena na plitke slojeve, npr. 3 do maksimalno 5 m dubine od površine terena. Ovaj rad će se prvenstveno osvrnuti na problematiku uzorkovanja tla u istražnom bušenju. [2]

Ciljevi istražnog bušenja su ustanoviti geološki profil terena, uzeti poremećene i neporemećene uzorke tla i stijena, prikupiti što je više moguće podataka o podzemnoj vodi kao i iskoristiti mogućnost ugradnje mjerne opreme u istražnu bušotinu. Istražne bušotine se rade kako bi se ustanovio raspored i građa slojeva tla te kako bi se mogli uzeti uzorci tla za laboratorijska ispitivanja. [1]



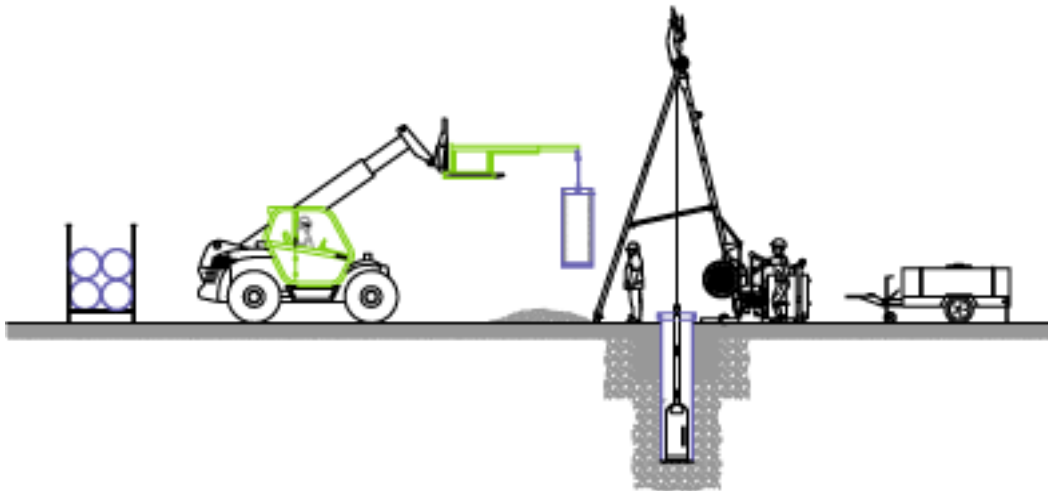
**Slika 1** - Geotehničko istražno bušenje [1]

U istražnom bušenju moguće je koristiti različite metode izrade bušotine, kao na primjer [2]:

- a) udarno bušenje
- b) svrdlanje
- c) rotacijsko bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem

### a) Udarno bušenje

Udarno bušenje predstavlja najstariju metodu bušenja koja se u našoj geotehničkoj praksi vrlo rijetko koristi. S obzirom da je postupak ovog bušenja prilično grub nije moguće precizno vidjeti uslojenost jer su uzorci tla poremećeni. [2]

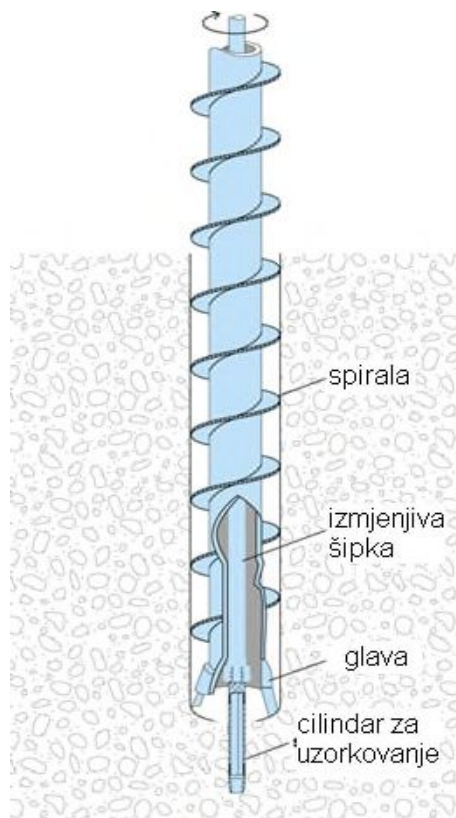


**Slika 2** - Primjer postupka udarnog bušenja [6]

### b) Svrdlanje

Predstavlja postupak bušenja bušotine spiralom u obliku svrdla. Spiralom je moguće dobiti samo potpuno poremećene i pregnječene uzorke tla. Svrdlanje sa šupljom cijevi na koju je pričvršćena spirala se češće koristi. S obzirom da tijekom vađenja bušačkog pribora (bušaće šipke sa spiralom na donjem kraju) iz bušotine može doći do njenog urušavanja, potrebno je bušotinu zaštititi

ugradnjom čelične cijevi koju kolokvijalno nazivamo kolonom. Ovaj postupak bušenja može biti vrlo učinkovit i moguće je njime dobiti neporemećene i poremećene uzorke tla. Ovaj način bušenja je primjenjiv u sitnozrnatom tlu, a u krupnozrnatom i naročito kod pojave samaca (veći komadi stijene) nije preporučljiv. Može se koristiti do dubine od cca 60 m. [2]

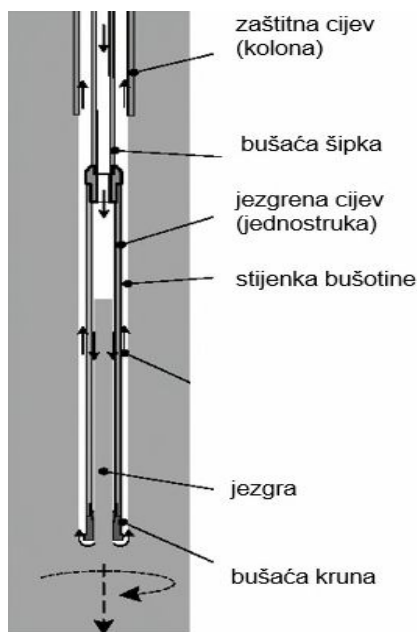


**Slika 3** - Primjer spiralnog svrdla za rotacijsko bušenje [6]

### **c) Rotacijsko bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem**

Ova metoda bušenja se najčešće koristi u našoj geotehničkoj praksi, kako u tlu tako i u stijenama. Bušaći alat ovdje predstavlja jezgrena cijev koja se pričvrsti na niz šupljih bušaćih šipki. Na dnu jezgrene cijevi se nalazi tzv, bušaća kruna. Bušaća kruna sadrži rezne elemente od tvrdog metala (widia) ili pak sintetičke dijamante kojima se obavlja bušenje oko jezgre. Jezgrena cijev može biti jednostruke, dvostruke ili trostruke konstrukcije. Da bi se umanjio mehanički poremećaj dobivene jezgre, zbog rotiranja bušaćih alatki, koristi se dvostruka ili eventualno trostruka jezgrena cijev kod koje je spriječen kontakt jezgre s rotirajućim alatkama. [2]

Tijekom bušenja, u jezgenu cijevi ulazi nabušeni materijal, tj. jezgra od izbušenog tla ili stijene, cilindričnog oblika. Jezgra se zatim sprema u već pripremljene drvene sanduke kako bi se mogla dalje pregledavati i uzimati kao poremećeni uzorak tla za laboratorijska ispitivanja. Ako se takav uzorak tla, odmah nakon što je izvađen, pravilno zaštititi od gubitka vlage i odnese u laboratorij mogu se na njemu obaviti laboratorijski pokusi kojima se određuje prirodna vlažnost, Atterbergove granice, granulometrijski sastav itd. [2]



**Slika 4** - Rotacijsko bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem [1]  
( jezgrovanje s jednostrukom jezgenom cijevi )

### Vađenje neporemećenih uzoraka tla

Uzorkovanje u bušotinama i iskopima se obično radi nakon svake promjene sloja ili pak prema unaprijed zadanom programu uzorkovanja (uzimanje neporemećenog uzorka u sitnozrnatom tlu na svakih 1,5 m dubine). Uzimanju neporemećenog uzorka pomoću prikladnog uzorkivača se pristupa ako je bušotina u sitnozrnatom tlu. U krupnozrnatom tlu pak, u pravilu se koristi tzv. SPT cilindar i pri tome se provodi pokus njegovog zabijanja u tlo kroz tri sukcesivna intervala, svaki po 15 cm dubine. Rezultat SPT pokusa se prikazuje kao broj zbroj udaraca SPT malja u drugom i trećem intervalu dubine. [1]

Vađenje ili uzimanje neporemećenih uzoraka tla je vrlo važan postupak jer se jedino na taj način mogu dobiti valjani uzorci za provedbu laboratorijskih ispitivanja čvrstoće i krutosti tla. Naime uslijed deformacije uzorka koja je posljedica promjene naprezanja, promjene temperature, vlažnosti itd. dolazi i do promjene mehaničkih svojstava tla. Ako cijev uzorkivača (cilindar) ima tanje stijenke i relativno veći promjer, te ako je kut noža na dnu cijevi oštrije, poremećenje uzorka bi trebalo biti manje. [2]



**Slika 5** - Primjer neporemećenog uzorka koherentnog tla dobivenog isjecanjem bloka tla [7]

## **2. UZORKOVANJE TLA TIJEKOM BUŠENJA I ISKOPA**

### **2.1. Domena norme ISO 22475-1**

Norma ISO 22475-1 daje tehničke principe uzorkovanja tla, stijena i podzemne vode, kao i mjerenja podzemnih voda, u kontekstu geotehničkih istraživanja i ispitivanja.

Ciljevi takvih podzemnih istraživanja su [3]:

- a)** dobivanje uzoraka tla i stijena dovoljne kvalitete da bi se procjenila opća prikladnost terena za potrebe geotehničkih zahvata i kako bi se odredile nužne značajke tla i stijena u laboratoriju
- b)** prikupiti informacije o slijedu, debljini i orijentaciji slojeva te sustava pukotina i rasjeda u stjenskoj masi
- c)** ustanoviti vrstu, sastav i stanje slojeva
- d)** prikupiti informacije o uvjetima podzemnih voda te uzeti uzorke vode za procjenu međudjelovanja podzemne vode, tla, stijena i građevnih materijala.

Na kvalitetu uzoraka utječu geološki i hidrogeološki uvjeti terena, te izbor i izvedba bušaćih metoda te metoda uzorkovanja, rukovanja, prijevoza i pohrane uzoraka.

### **2.2. Bušaći stroj, bušaće alatke i opći zahtjevi prije uzorkovanja**

Bušaći stroj i bušaće alatke (bušaće šipke, obložne cijevi-kolone, jezgrene cijevi, bušaće krune, uzorkivači) trebaju biti odabrani tako da se sva potrebna uzorkovanja i ispitivanja u bušotinama mogu obaviti u skladu sa potrebnom dubinom bušotine i kategorijom uzorkovanja. [3]



## **Izbor tehnika i metoda**

Tehnike i metode uzorkovanja trebaju biti odabrane ovisno o potrebama istraživanja u odnosu na očekivane geološke i hidrogeološke uvjete.

Tehnike uzorkovanja, prijevoz uzoraka i postupak pohrane uzoraka trebaju biti odabrani na temelju potrebne klase kvalitete uzorka prema normi EN 1997-2, te potrebne mase i promjera uzorka ovisno o vrsti laboratorijskog ispitivanja koje treba obaviti.

Može se očekivati manja ili veća poremećenost uzorka korištenjem različitih metoda uzorkovanja. Klasa kvalitete uzetog uzorka sa istim tipom uzorkivača može varirati ovisno o tipu tla kojeg uzorkujemo, prisutnosti podzemne vode i provedbi zahvata uzorkovanja. [3]

Metode bušenja i uzorkovanja mogu dovesti do sljedećih poremećenja uzorka:

- mehanička poremećenost uzorka zbog kompresije, posmika, ispiranja ili vibracija tijekom bušenja ili iskopa;
- poremećenost uzorka zbog promjene in situ naprezanja i elastičnog povrata deformacije (relaksacija uzorka nakon istiskivanja iz cijevi)
- promjene u materijalu i kemijskim sastojcima kao što su udio vode i plinova.

Promjer uzorka tla koje sadrži velike čestice treba biti odabran ovisno o veličini najveće čestice uzorkovanog materijala. [3]

### **2.3. Metode i kategorije uzorkovanja**

U istražnom bušenju razlikujemo dvije metode uzorkovanja [3]:

- a)** uzorkovanje bušenjem (kontinuirano uzorkovanje)
- b)** uzorkovanje pomoću uzorkivača

Ponekad je potrebno i kombinirati ove metode uzorkovanja zbog prisutnih geoloških uvjeta na terenu i zbog same svrhe istraživanja.

Norma ISO 22475-1 razlikuje 3 kategorije uzorkovanja tla: A, B i C, te ukupno 5 klasa kvalitete uzorka s obzirom na stupanj poremećenosti tla. Pri tome klasa 1 podrazumijeva najmanju poremećenost, a najniža klasa 5 najveću.

Kategorije uzorkovanja odnose se dakle na najbolje klase kvalitete uzoraka tla koje je moguće očekivati s obzirom na primijenjenu tehniku uzorkovanja, kao što je prikazano u Tablici 1 i Tablici 2. [3]

- **kategorijom uzorkovanja A** mogu se dobiti uzorci klase 1 do 5

- **kategorijom uzorkovanja B** mogu se dobiti uzorci klase 3 do 5

- **kategorijom uzorkovanja C** mogu se dobiti samo uzorci klase 5.

Uzorci najviših klasa kvalitete 1 ili 2 mogu biti dobiveni isključivo koristeći metode uzorkovanja iz **kategorije A**, a ova kategorija podrazumijeva primjenu uzorkivača odgovarajućeg tipa i konstrukcije s obzirom na tip tla i njegovo stanje (čvrstoću i krutost). Ovom kategorijom uzorkovanja moguće je dobiti uzorke u kojima nije došlo do većeg poremećenja tla. Sadržaj vode i omjer pora u tlu odgovaraju onome kakvog nalazimo pri in situ ispitivanjima. Ne očekuje se promjena kemijskog sastava tla. Određene nepredviđene okolnosti, kao što su različiti geološki uvjeti mogu dovesti do snižavanja klase kvalitete uzorka. [3]

Metode uzorkovanja tla iz **kategorije B** daju uzorke klase kvalitete 3 do 5. Ove klase kvalitete uzorka nisu dakle prihvatljive za ispitivanje čvrstoće i krutosti tla. Kategorija B se dobiva jednostrukom jezgrenom cijevi u tlu bez (upotrebe uzorkivača) ili iz SPT uzorkivača. Cilj ovih metoda uzorkovanja je dobiti uzorke koji sadrže sve sastavnice in situ tla u njihovim izvornim razmjerima te da tlo zadrži svoj prirodni sadržaj vode. U uzorku se može identificirati općeniti razmještaj različitih slojeva tla ili njegovih sastavnica, dok struktura tla biva dosta poremećena ovom metodom uzorkovanja. Neke nepredviđene okolnosti

kao što su raznolikost geoloških slojeva, mogu dovesti do niže klase kvalitete uzoraka koje dobivamo. [3]

Metode uzorkovanja tla iz **kategorije C** daju uzorke najniže klase kvalitete 5. Ova kategorija uzorkovanja se odnosi na destruktivno bušenje svrdlanjem gdje se uzorak uzima sa svrdla ili iz isplačnog fluida koji iznosi nabušeni materijal iz bušotine. Općeniti razmještaj različitih slojeva tla ili njegovih sastavnica biva promijenjen na način da se in situ slojevi ne mogu precizno identificirati, dok sadržaj vode uzorka vjerojatno neće točno predstavljati prirodni sadržaj vode uzorkovanog sloja tla. [3]

**Tablica 1** - Klase kvalitete uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja po kategorijama uzorkovanja [3]

Klase kvalitete uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja	1	2	3	4	5
Kategorije uzorkovanja	<b>A</b>				
			<b>B</b>		
					<b>C</b>

### 2.3.1. Uzorkovanje bušenjem (kontinuirano uzorkovanje)

Ova metoda uzorkovanja omogućava [3]:

- identifikaciju i opis tla na terenu zahvaćenog bušotinom
- razlikovanje različitih slojeva tla i promjene u materijalu tla
- uzorkovanje kao i istraživanja i ispitivanja uzoraka iz svih slojeva i dubina

Kontinuirano uzorkovanje odgovarajućim uzorkivačem u kombinaciji sa metodom uzorkovanja iz kategorije A obično daje najvrijednije informacije o uvjetima tla.

#### **a) Uzorkovanje rotacijskim jezgrenim bušenjem na suho**

Pri uzorkovanju tla rotacijskim jezgrenim bušenjem na suho, niz bušaćih šipki sa jezgrenom cijevi i bušačom krunom na svojem donjem dijelu rotira i prodire u tlo pod potiskom od bušaćeg postrojenja. Uzorkovanje tla se obično obavlja jednostrukom jezgrenom cijevi sa preferiranim promjerom bušotine od 100 do 200 mm ili sa šupljim teškim svrdlom za udarno bušenje uže tom sa željenim promjerom bušotine od 100 do 300 mm. Ne koristi se nikakav medij za ispiranje.

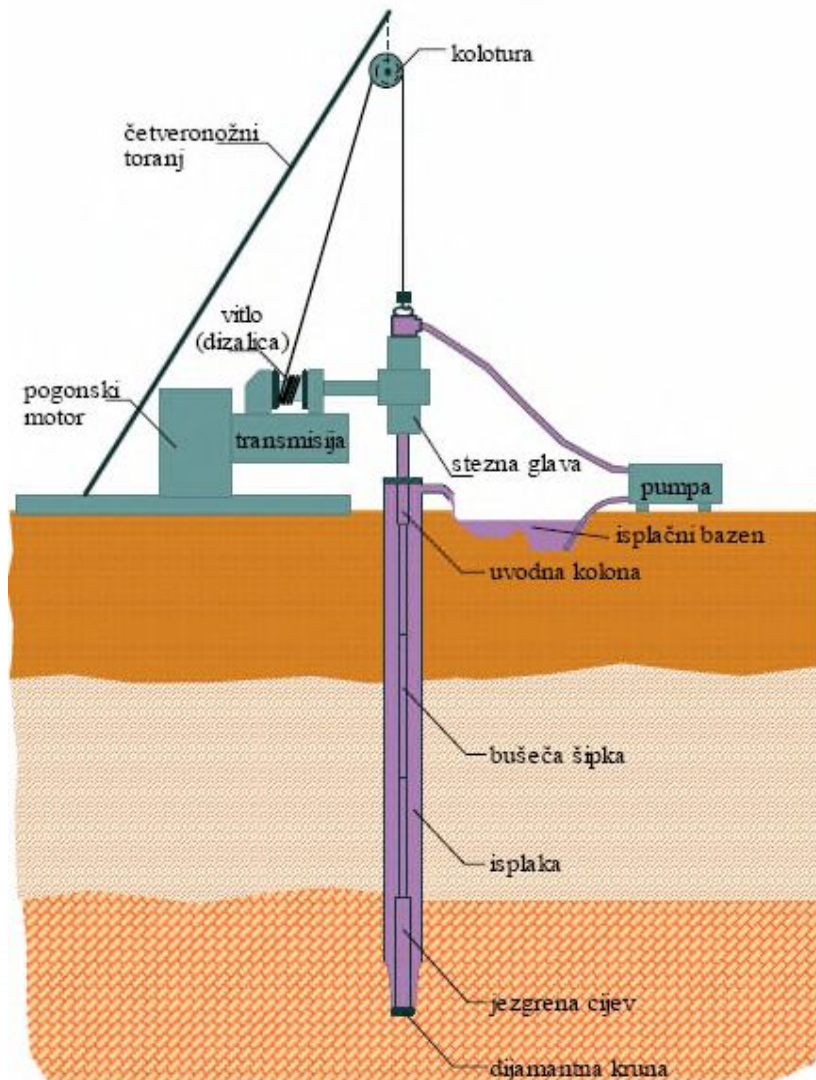
Ova tehnika bušenja se obično koristi u glinama, prahu i finom pijesku. [3]



**Slika 6** - Primjer hidrauličnog bušaćeg postrojenja (marka CLIVIO) smještenog na terensko vozilo (Mercedes 4x4), Pregrada RH (autor: J. Jug, 2021.)

## b) Uzorkovanje rotacijskim jezgrenim bušenjem (mokro)

Provodi se na isti način kao i u slučaju prethodno opisanog bušenja na suho. Uzorkivač može biti jednostruka, dvostruka ili trostruka cijev. Najpoželjniji promjer bušotine je između 100 i 200 mm. U ovoj metodi koristi se medij za ispiranje. [3]

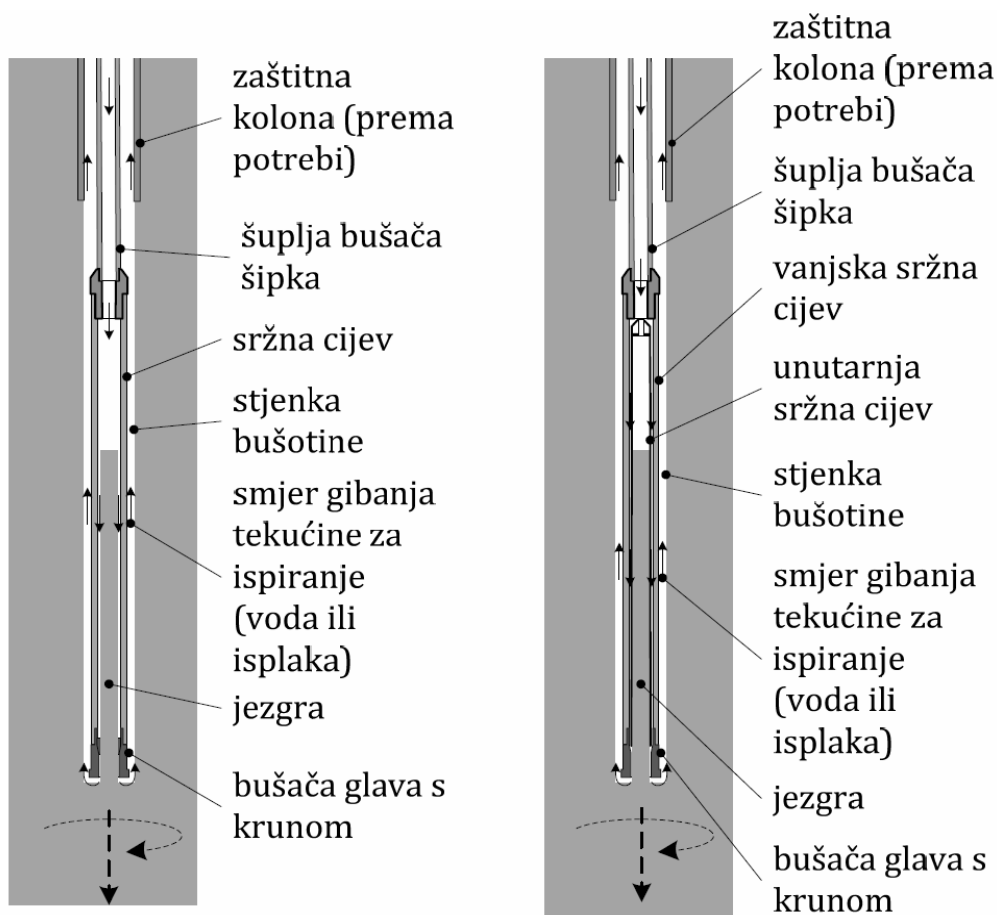


Slika 7 - Primjer rotacijskog jezgrenog bušenja [6]

**Jednostruka jezgrena cijev** sastoji se od jezgrene cijevi sa bušačom krunom na svojem donjem dijelu i od glave jezgrene cijevi koja se natakne na laku bušaću šipku na svom gornjem kraju. Hvatač jezgre može biti stavljen između krune i jezgrene cijevi ili direktno unutar krune. Medij za ispiranje prolazi između

unutrašnjosti jezgrene cijevi i dobivene jezgre tla, kontinuirano ispirući cijelu dužinu dobivenog uzorka.

**Dvostruka jezgrena cijev** sastoji se od dvije koncentrične cijevi i ležaja u glavi jezgrene cijevi koji dopušta unutarnjoj cijevi da ostane stacionarna dok vanjska cijev rotira zajedno s nizom bušaćih šipki. Medij za ispiranje prolazi kroz prstenasti prostor između unutarnjih i vanjskih cijevi štiteći dobivene uzorke jezgre od oštećenja. Dvostruka jezgrena cijev također može biti ugrađena sa produžetkom unutarnje cijevi koja prolazi kroz i izvire malo ispred bušaće krune za korištenje u veoma mekim tlima.



**Slika 8** - Rotacijsko bušenje ili bušenje s jezgrovanjem; jezgrovanje s jednostrukom i dvostrukom sružnom cijevi [6]

**Trostruka jezgrena cijev** je slična u konstrukciji dvostrukoj jezgrenoj cijevi, ali je standardno opremljena sa dodatnom trećom cijevi unutar nutarnje cijevi. Ta treća cijev je čelična tanke stijenke i uzdužno podijeljena napola, tako da kad se ukloni iz nutarnje cijevi, gornji dio može biti uklonjen kako bi se lakše oslobodio

uzorak. U nekim slučajevima, podijeljena nutarnja cijev može biti zamijenjena plastičnom oblogom. Trostruka jezgrena cijev također može biti opremljena sa produžetkom na nutarnju cijev koja prolazi kroz i izbija neposredno ispred bušaće krune za korištenje u veoma mekim tlima. [3]

Uzorkovanje rotacijskim jezgrenim bušenjem obično je prikladno za primjenu u glini, glinovitom i cementiranom tlu koje može uključivati i velike samce, ali nije prikladno za sva nekoherentna tla.

Nakon vađenja jezgrene cijevi na površinu, dobivenom jezgrom treba pažljivo rukovati da se očuva njeno prirodno stanje. Istiskivanje jezgre treba obaviti u horizontalnom položaju sa prikladnim istiskivačem i to u istom smjeru u kojem je jezgra ušla u cijev. [3]

### **2.3.2. Uzorkovanje pomoću uzorkivača**

Uzorkovanje pomoću uzorkivača može se koristiti u kombinaciji sa raznim bušaćim metodama. Promjer bušenja treba biti izabran tako da se uzorkivač može spustiti na dno bušotine bez zapinjanja.

Ovisno o uvjetima tla mogu se koristiti razni tipovi uzorkivača. Obično se uzorkovanje pomoću uzorkivača koristi u kombinaciji sa bilo kojom bušaćom metodom koristeći bušaću isplaku ili obložne cijevi (kolone) kako bi stabilizirali bušotinu. Bušaća metoda i tehnika trebaju biti izabrane na takav način da se spriječi neprihvatljiva poremećenost uzoraka tla.

Unutrašnjost cijevi uzorkivača ili dodatne zaštitne košuljice (obloge) treba biti čista i glatka bez bilo kakvih izbočina ili nepravilnosti na rubovima, koje mogu uzrokovati poremećenost uzorka. [3]

Bušenje sa udarnim zabijanjem zaštitne cijevi nije dopušteno do pune dubine uzorkovanja u slučaju kategorije uzorkovanja A. Proces udaranja treba biti zaustavljen barem 0,25 m prije nego dosegne dubinu uzorkovanja.

Ako se kolone koriste u osjetljivim glinama, kolona ne smije biti spuštена bliže od 2,5 promjera bušotine između vanjskog ruba kolone i dubine početka uzorkovanja, kako bi se smanjila poremećenost. U drugim vrstama tla kolona može biti spuštена na dno bušotine. Uzorci trebaju biti izvađeni iz neporemećenog tla ispod kolone u unaprijed obloženoj ili cementnom kašom stabiliziranoj bušotini, malo većeg promjera od promjera uzorkivača. [3]

Kada se koristi bušača isplaka, njezine karakteristike trebaju biti izabrane ovisno o bušačoj metodi, uvjetima tla i uvjetima podzemne vode potrebnim da bi se dobila stabilna bušotina.

Prije uzimanja neporemećenih uzoraka sa dna bušotine, bilo kakav višak materijala ili poremećeni materijal treba biti uklonjen. U slučaju čišćenja dna bušotine pomoću cirkulirajuće isplake i rotacije bušačih alatki potreban je veliki oprez, a cirkulacija fluida treba biti smanjena dok bušača kruna ne dosegne dubinu uzorkovanja. Preostali višak materijala treba biti uklonjen na kontrolirani način. [3]

Za dobivanje uzoraka iz bušotina u koherentnim, pjeskovitim i organskim tlima, mogu se koristiti uzorkivači otvorenog tipa (cijev) ili klipni uzorkivači (sa stacionarnim klipom). Ovi uzorkivači obično se sastoje od otvorene cijevi sa ili bez klipa, i glave uzorkivača spojene na produžnu šipku. Uzorkivač u obliku otvorene cijevi, tankih stijenki ili eventualno debelih stijenki, može biti korišten u bušotinama, dok se klipni uzorkivač može utisnuti direktno u meka do srednje kruta tla.

Unutarnji promjer cijevi uzorkivača se obično kreće između 50 i 120 mm, ali i veći promjeri do 250 mm se koriste za posebne uvjete u tlu. Donji dio cijevi treba biti oštar.

Dužina cijevi za uzorkovanje ne bi smjela biti veća od 20 promjera uzorka. Efektivna dužina uzorka od 0,45 m do 1,00 m smatra se dostatnom za uobičajeno ispitivanje tla. Duže cijevi mogu se koristiti, ako se primjenjuju sustavi za smanjenje trenja.



Materijal cijevi za uzorkovanje mora biti krut, otporan na koroziju i glatke površine. Debljina stijenke cijevi treba biti izabrana na takav način da cijev bude otporna na izvijanje pod potiskom koji je nužan za utiskivanje u tlo. [3]

**Tablica 2 - Uzorkovanje tla uzorkivačima [3]**

1	2	3	4	5	6	7	8
Vrsta uzorkivača <sup>b</sup>	Željene dimenzije uzoraka		Korištena tehnika	Primjene i ograničenja		Kategorija uzorkovanja tla za stupac 6 <sup>a</sup>	Ostvarena klasa kvalitete <sup>a</sup>
	Promjer (mm)	Duljina (mm)		Nije prikladno za	Preporučeno za		
tankostijeni (OS-T/W)	70 do 120	250 do 1000	statički ili dinamički potisak	šljunak, rastresit pijesak ispod razine podz. vode, čvrsta	koherentna ili organska tla meke ili čvrste konzistencije	A	1
				koherentna tla, tla sa krupnim česticama	(srednje) zbijeni pijesak ispod razine vode	B (A)	3 (2)
					koherentna ili organska tla čvrste konzistencije	A	2 (1)
debelostijeni (OS-TK/W)	>100	250 do 1000	dinamički potisak	šljunak, pijesak ispod razine vode, ljepljiva i čvrsta koherentna ili organska tla, tla sa krupnim česticama	koherentna ili organska tla meke do čvrste konzistencije, uključujući krupne čestice	B (A)	3 (2)
tankostijeni	50 do 100	600 do	statički potisak	šljunak, jako restresiti i zbijeni	kohezivna ili organska tla	A	1

(PS-T/W)		800		pijesci, polučvrsta i čvrsta  koherentna ili organska tla tla sa krupnim česticama	ljepljive ili čvrste konzi-stencije, osjetljiva tla  pijesak iznad razine podz. vode			B	3
debelo- stijeni  (PS- TK/W)	50 do 100	600 do 1 000	statički poti-sak	šljunak, pijesak ispod razine vode, ljepljiva i čvrsta kohe- rentna ili organska tla, tla sa krupnim česticama	koherentna ili organska tla meke do čvrste konzi-stencije, osjetljiva tla			B (A)	2 (1)
cilindri-čni (LS)	250	350	Statički potisak i rotaci-ja	pijesak	glina, prah			A	1
cilindri-čni (S-SPT)	35	450	dina- mički poti-sak (zabijanj e)	krupni šljunak blokovi	pijesak, prah, gline			B	4
otvore-ni	44 do 98	1 500 ili 3 000	statički ili dina- mički poti-sak	pijesak, šljunak	prah, glina			C	5

### Legenda:

<sup>a</sup> Kategorije uzorkovanja i ostvarive klase kvalitete dane u zagradama mogu jedino biti ostvarene u naročito povoljnim uvjetima tla, koji će u tom slučaju biti naznačeni.

<sup>b</sup> OS-T/W -> uzorkivači otvorenog tipa, tanko-stijeni

OS-TK/W -> uzorkivači otvorenog tipa, debelo-stijeni

PS-T/W -> klipni uzorkivači, tanko-stijeni

PS-TK/W -> klipni uzorkivači, debelo-stijeni

LS -> veliki uzorkivač

S-SPT SPT -> uzorkivač (standardnog penetracijskog pokusa)

## **Priprema cijevi**

Prije uzorkovanja, uzorkivač i njegovi sastavni dijelovi trebaju biti detaljno pregledani, naročito vršni rub cijevi (nož). Neispravni ili oštećeni dijelovi moraju se popraviti ili zamijeniti. Kako bi se uzorak što manje poremetio tijekom vađenja, prijevoza i rukovanja u laboratoriju, preporuča se korištenje uzorkivača sa krutom oblogom niskog trenja.

Unutrašnjost cijevi za uzorkovanje ili eventualno korištene košuljice (obloge) treba biti čista i glatka bez ikakvih rubova koji strše ili ikakvih nepravilnosti, koje mogu uzrokovati poremećenost u uzorku. Cijevi i obloge moraju imati glatke stijenke da smanje trenje u tlu na minimum. Cijevi koje su korodirale iznutra ili koje imaju oštećen rub (nož) ne smiju se koristiti. [3]

## **Postupak na terenu**

Uzorkivač treba biti utisnut u tlo. Ako se koristi dinamički potisak (udarcima malja), malj treba djelovati direktno na glavu uzorkivača, a njegova masa treba biti dovoljna za potrebno prodiranje cijevi sa minimalnim brojem udaraca sa male visine.

Prije uzorkovanja, sa dna bušotine treba ukloniti rahli ili poremećeni materijal. Uzorkivač treba pažljivo spustiti u bušotinu odmah nakon što je dno bušotine očišćeno. Cijev uzorkivača treba biti utisnuta barem do 200 mm ispod bilo kakvog poremećenog materijala u razini ili ispod razine baze bušotine. Ako se koriste kolone, uzorci će biti uzeti iz neporemećenog tla ispod kolona. [3]

Dubina bušotine i pozicija uzorkivača trebaju biti provjereni točno u trenutku ulaska uzorkivača u bušotinu. Uzorkivač neće uzimati tlo na dnu nakon što se napuni do kraja.

Napredak uzorkivača mora biti postignut u jednom kontinuiranom pokretu na unaprijed određenoj dubini, a duljina napredovanja treba biti izmjerena. Ova duljina se mora procijeniti za svaku vrstu uzorkivača. Poželjno je da se ne koristi više od 90% efektivne duljine i nije dozvoljen napredak veći od efektivne duljine. [3]

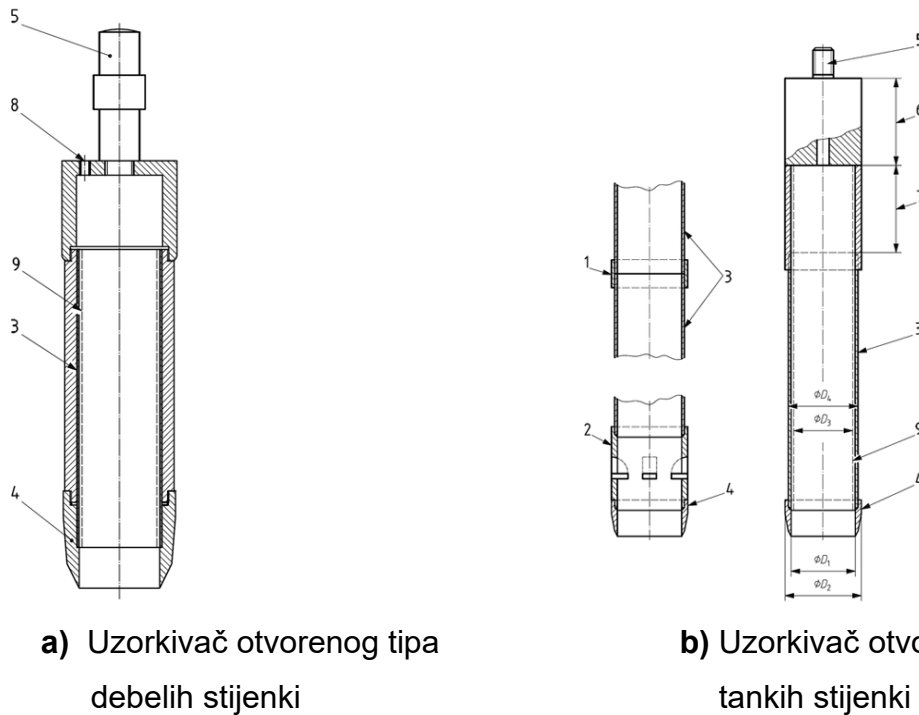
Nakon zabijanja, uzorak mora biti odsječen na donjem rubu cijevi za uzorkovanje na način da se rotiraju šipke ili da se polako podiže uzorkivač. Uzorkivač treba biti pažljivo izvađen bez ikakvih vibracija ili udara kako bi uzorak ostao neporemećen. Često je preporuka da se zadrži uzorak u poziciji nekoliko minuta kako bi se stvorila dovoljna adhezija između uzorka i cijevi za uzorkovanje ili obloge.

Nakon izvlačenja, uzorkivač treba biti rastavljen i uzorak treba biti pažljivo istisnut bez ikakvih savijanja ili torzija na uzorku. Također treba provjeriti da li postoje bilo kakve deformacije na cijevi za uzorkovanje i nožu. Ukoliko su pronađene deformacije, trebaju biti zabilježene i unesene u zapisnik uzorka. Pojava oslabljenih zona ili strugotina u gornjem dijelu također treba biti provjerena i unesena u zapisnik o uzorkovanju. Postupak uzorkovanja može poremetiti tlo ispod uzorkivača te taj utjecaj treba uzeti u obzir. [3]

#### **a) Uzorkovanje uzorkivačem otvorenog tipa**

Uzorkivači otvorenog tipa se sastoje od cijevi uzorkivača i glave uzorkivača sa nepovratnim ventilom. Cijev uzorkivača treba biti nešto dulja od duljine uzorkovanja tako da u taj prostor može ući poremećeni materijal iz bušotine. Nepovratni ventil (kuglica i sjedište) treba biti primjerene veličine tako da omogućí nesmetani prolaz vode i zraka koji su zajedno s uzorkom ušli u cijev. Prilikom izvlačenja uzorkivača na površinu, nepovratni ventil treba zatvoriti

sjedište, tako da se u cijevi tijekom izvlačenja javi podtlak koji sigurno drži uzorak od ispadanja u bušotinu. Na gornjem dijelu, cijev za uzorkovanje ima navoj za dodatak nastavka (produžetak) za prihvat mulja. [3]



**Slika 9** - Shematski prikazi uzorkivača otvorenog tipa [3]

**Legenda:**

D<sub>1</sub> - unutarnji promjer noža

D<sub>2</sub> - najveći vanjski promjer noža

D<sub>3</sub> - unutarnji promjer cijevi za uzorkovanje ili obložne cijevi

D<sub>4</sub> - vanjski promjer cijevi za uzorkovanje

1 - utor za vijak

2 - hvatač uzorka

3 - cijev za uzorkovanje

4 - nož

5 - spoj na lake bušaće šipke ili klizni malj

6 - nepovratni ventil

7 - dodatni prostor u cijevi uzorkivača

8 - ventil

9 - kratka obložna cijev

Uzorkovanje pomoću uzorkivača otvorenog tipa sa tankom stijenkom obično se smatra za kategoriju A ili B, ovisno o uvjetima tla.

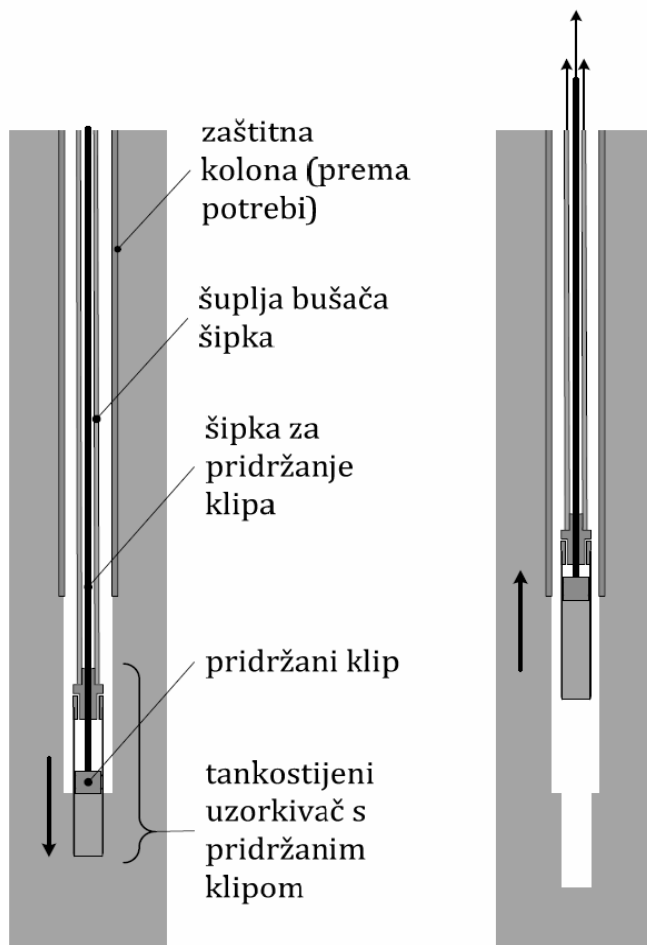
Uzorkivači otvorenog tipa sa debelom stijenkom su većinom pogodni za kruta i zbijena tla te za tla koja sadrže krupne čestice. Za tipove tla koje je teško uzorkovati nužni su uređaji koji mogu zatvoriti (npr. klapna) ili zadržati (hvatač) uzorak. Ovaj tip uzorkivača se obično koristi kod metode uzorkovanja iz kategorije B. [3]

### **b) Uzorkovanje klipnim uzorkivačem**

Klipni uzorkivač se može koristiti za sitnozrnata mekana tla, prahove i gline, uključujući i osjetljive gline. Može se koristiti u bušotinama ili može biti direktno utisnut u tlo do dubine uzorkovanja.

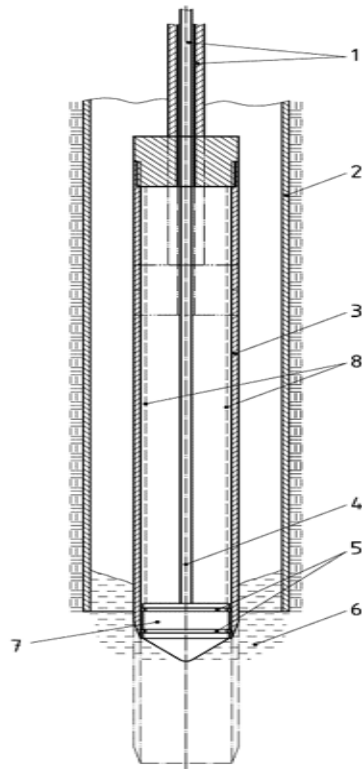
Klipni uzorkivač sastoji se od cijevi za uzorkovanje koju zatvara klip koji je na donjem kraju izveden s blagim konusom. Cijev za uzorkovanje pričvršćena je na glavu uzorkivača, dok je klip pričvršćen na zasebne šipke. [3]

Uzorkivačem se rukuje pomoću zasebnih šipki s površine terena. Konstrukcija uzorkivača omogućava klipu da bude stacionaran tijekom uzorkovanja, a cijev uzorkivača se zasebnim polugama povlači mimo klipa tako da obuhvati uzorak tla ispod stacionarnog klipa, koji je prije uzorkovanja držao cijev uzorkivača zatvorenom, a tijekom uzorkovanja cijev uzorkivača klizi ispod klipa i zarobljava uzorak tla. Duljina napredovanja uzorkivača ne smije biti veća od namijenjene duljine uzorka kako bi se spriječilo gnječenje uzorka.



**Slika 10** - Utiskivanje tankostijenog uzorkivača s pridržanim klipom u dno bušotine i vađenje uzorka na površinu [6]

Uzorkovanje klipnim uzorkivačem se obično smatra **kategorijom A**. U odgovarajućim uvjetima klipni uzorkivač može biti korišten u pijescima u kombinaciji s prikladnim hvatačem jezgre. Uzorkovanje u ovom slučaju se obično smatra kategorijom B. Kod uzorkovanja u glini, korištenje hvatača jezgre se izbjegava zbog rizika od poremećaja, međutim ako se hvatač ipak koristi to treba obavezno registrirati u zapisniku uzorkovanja. [3]



**Slika 11** - Shematski prikaz klipnog uzorkivača tankih stijenki kod operacije uzorkovanja sa dna bušotine [3]

**Legenda:**

- 1 - uređaj za zaključavanje lake bušaće šipke iznad površine terena
- 2 - zaštitna cijev
- 3 - cijev za uzorkovanje
- 4 - otvor za ispuh
- 5 - prsten za brtvljenje
- 6 - poremećeno tlo
- 7 - klip
- 8 - kratka zaštitna cijev

Na temelju iskustva u uzorkovanju, korisne upute za ispravni odabir uzorkivača i smanjenje mehaničkih poremećaja uzorka dali su Ladd i DeGroot [8]. Oni su predložili korištenje uzorkivača sa omjerom dimenzija  $B/t$  ( $B$ -vanjski promjer i  $t$ -debljina stijenske cijevi) većim od 40 i omjerom površine poprečnog presjeka cijevi uzorkivača i ukupne površine poprečnog presjeka uzorka manjim od 10%.



Također, navedeni autori ne preporučaju da uzorkivač ima unutarnji zazor i predlažu da kut oštrice noža bude manji od 10 stupnjeva. Nadalje, preporučili su izbjegavanje korištenja krajeva uzorka pri vrhu i dnu cijevnih uzorkivača (oko 1,5 B) za ispitivanje mehaničkih svojstava tla zbog velikog stupnja poremećenosti. Tlo sa vrha i dna uzorka treba biti korišteno samo u svrhu klasifikacije. [4]

**Tablica 3** - Primjeri metoda uzorkovanja s obzirom na kategoriju uzorkovanja u različitim vrstama tla [3]

Tip tla	Prikladnost ovisi o	Metoda uzorkovanja		
		Kategorija A	Kategorija B	Kategorija C
Glina	krutosti ili osjetljivosti na poremećenje	PS-PU OS-T/W-PU <sup>b</sup> OS-T/W-PE <sup>a</sup> OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> CS-DT, CS-TT LS, S-TP, S-BB	OS-T/W-PE OS-TK/W-PE CS-ST HSAS AS <sup>a</sup>	AS
Prah	krutosti ili osjetljivosti na poremećenje, razini podzemne vode	PS OS-T/W-PU <sup>b</sup> OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> LS, S-TP	CS-DT, CS-TT OS-TK/W-PE HSAS	AS CS-ST
Pijesak	veličini čestica i gustoći, razini podzemne vode	S-TP OS-T/W-PU <sup>b</sup>	OS-TK/W-PE <sup>b</sup> CS-DT, CS-TT HSAS	AS CS-ST
Šljunak	veličini čestica i gustoći, razini podzemne vode	S-TP	OS-TK/W-PE <sup>a, b</sup> HSAS	AS CS-ST
Organsko tlo	stanju raspadanja	PS OS-T/W-PU <sup>b</sup> S-TP	CS-ST HSAS AS <sup>a</sup>	AS

## **Legenda:**

<sup>a</sup> Moguće koristiti samo u povoljnim uvjetima.

<sup>b</sup> Vidi 2.3.2. za detaljnu geometriju.

OS-T/W-PU -> uzorkivači otvorenog tipa, tanko-stijeni / utisnuti

OS-T/W-PE -> uzorkivači otvorenog tipa, tanko-stijeni / udarni

OS-TK/W-PE -> uzorkivači otvorenog tipa, debelo-stijeni / udarni

PS -> klipni uzorkivači

PS-PU -> klipni uzorkivači, utisnuti

LS -> veliki uzorkivači

CS-ST -> uzorkovanje rotacijskim jezgrenom bušenjem, jednostruka cijev

CS-DT, CS-TT -> uzorkovanje rotacijskim jezgrenom bušenjem, dvostruka ili trostruka cijev

AS -> svrdlanje

HSAS -> svrdlanje šupljim teškim svrdlom

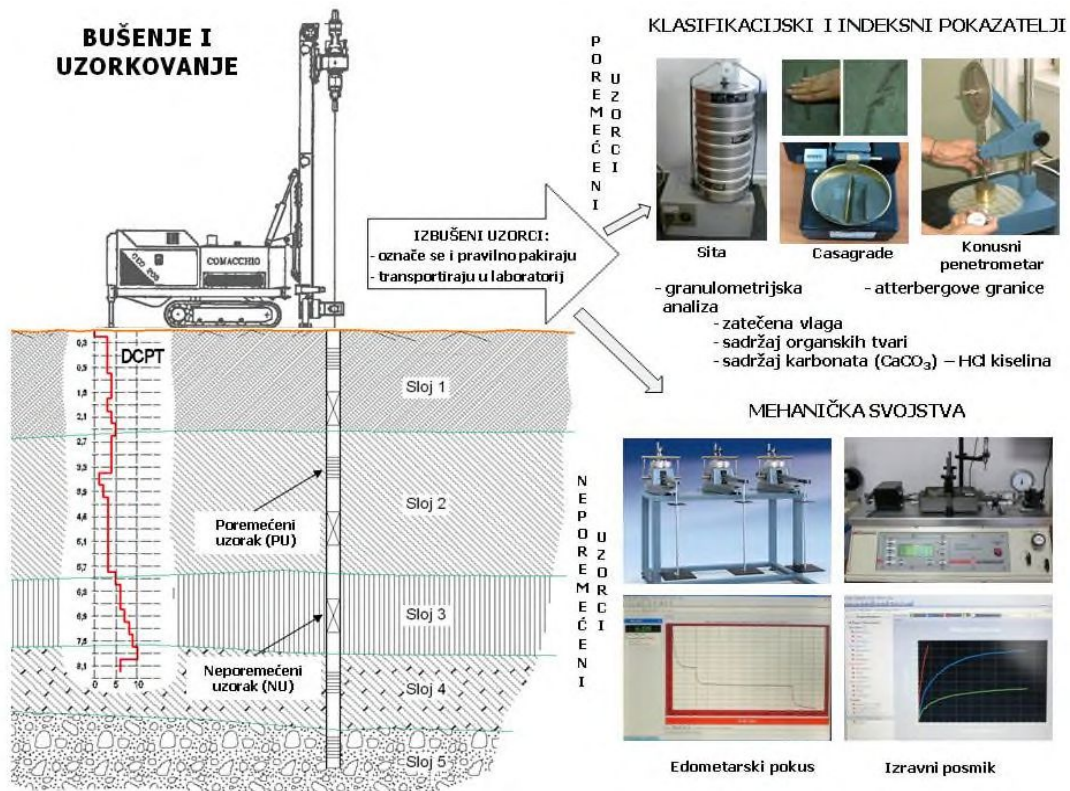
S-TP -> uzorkovanje iz probnih jama

S-BB -> uzorkovanje sa dna bušotine

## **2.4. Analiza procesa uzorkovanja**

Tipični proces uzorkovanja i ispitivanja tla se u svrhu analize promjena stanja naprezanja u uzorku može podijeliti u 9 faza [4]:

1. bušenje
2. utiskivanje uzorkivača (cijevi)
3. vađenje uzorkivača uzorkivača s uzorkom
4. pakiranje (izolacija)
5. prijevoz
6. pohrana
7. istiskivanje uzorka iz uzorkivača (cijevi)
8. priprema ispitnog uzorka
9. laboratorijsko ispitivanje



**Slika 12** - Tipični proces bušenja, uzorkovanja i ispitivanja tla u svrhu laboratorijskih analiza [6]



**Slika 13** - Uzorak bloka stijene u laboratoriju prije isjecanja ispitnog uzorka [7]

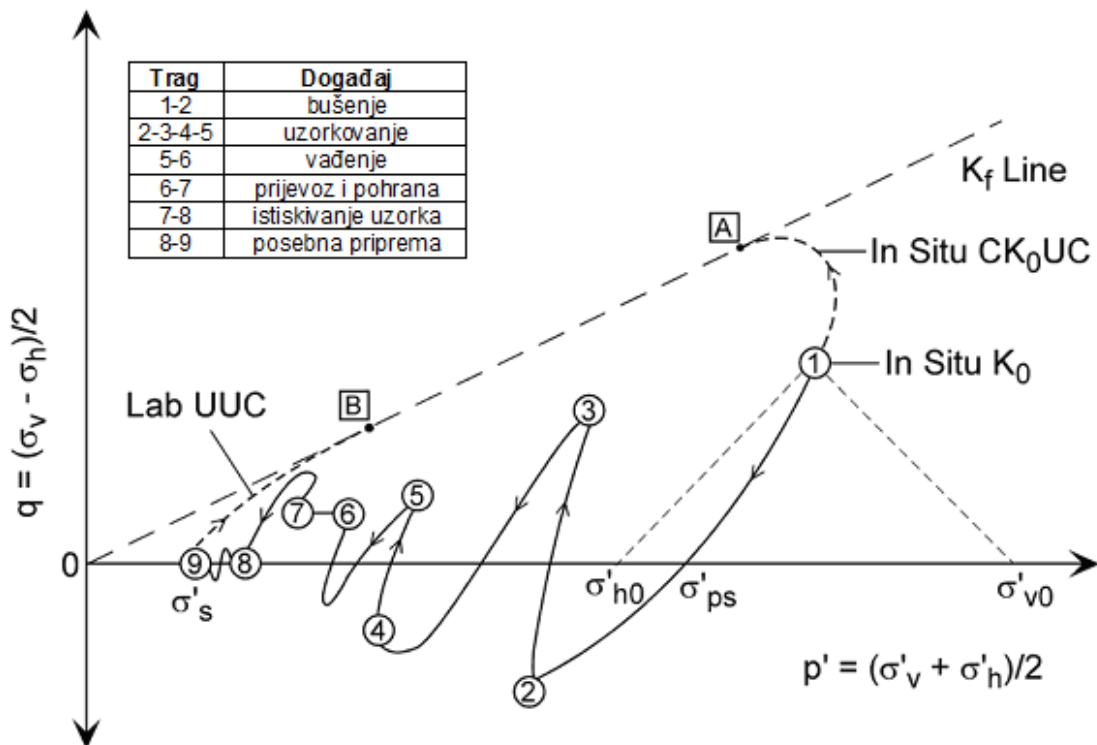
Ovaj proces je praćen promjenama stanja napreznja koje su hipotetski prikazane na **slici 14**. Kao što je vidljivo na **slici 14**, uzorkovanjem tla smanjuje se srednje efektivno in situ napreznje,  $p'_{in-situ}$ , čak i ako je poremećenje tla reducirano korištenjem odgovarajuće opreme i tehnike uzorkovanja.

Nažalost, svaka faza u procesu uzorkovanja može izazvati neki stupanj poremećenosti koji uzrokuje daljnju promjenu naprezanja kao i promjenu strukture prirodnog tla. Do koje razine svaka faza u procesu uzorkovanja doprinosi ukupnoj poremećenosti u određenom tlu je teško procijeniti. [4]

Poremećenost tla povezana je sa [4]:

- promjenama u stanju naprezanja tla
- mehaničkim deformacijama
- preraspodjelom vlažnosti
- kemijskim reakcijama
- miješanjem i razdvajanjem sastavnica tla.

Smanjenje srednjeg efektivnog naprezanja  $p'$  uzrokuje smanjenje nedrenirane posmične čvrstoće i stišljivosti tla. Stoga je nužna valjana inženjerska procjena za odabir prikladne tehnike uzorkovanja s obzirom na lokalne geološke uvjete tla i raspoloživost odgovarajuće tehnike na predmetnoj lokaciji. [4]



**Slika 14** - Hipotetski trag naprezanja tijekom uzorkovanja cijevnim uzorkivačem u glini niskog stupnja prekonsolidacije [4]

### 3. RUKOVANJE, PRIJEVOZ I POHRANA UZORAKA

Prema normi **ISO 22475-1** rukovanje uzorkom započinje kada uzorak izađe iz alata za uzorkovanje.

Potrebno je očuvati bitne karakteristike uzoraka tla i stijene koje su bile prisutne nakon što je uzorak izašao iz alata za uzorkovanje.

Državni propisi za sigurnost moraju biti ispoštovani tijekom prijevoza uzoraka za koje se zna ili sumnja da sadrže opasni materijal.

Uz svaku pošiljku mora biti dostupan zasebni **zapis praćenja** kako bi se uzorak mogao pratiti od mjesta prikupljanja do mjesta pošiljke i laboratorija.

Tijekom prijevoza uzoraka, osoba koja predaje kao i osoba koja prihvaća uzorak moraju dati svoj potpis, zabilježiti datum i vrijeme te provjeriti zapis praćenja. Svaki uzorak tla i stijene mora biti u svakom trenutku zaštićen od sunčeve svjetlosti, topline, mraza i kiše. [3]

#### 3.1. Materijali za očuvanje i spremnici za uzorke

Vrste materijala za očuvanje i spremnika za uzorke ovise o kategorijama uzorkovanja (A, B i C), klimi, vrsti prijevoza i udaljenosti.

Materijali za očuvanje i spremnici za uzorke uključuju [3]:

- a) vosak za brtvljenje, npr. mikrokristalni vosak
- b) metalne diskove, cca 2 mm debele
- c) ljepljivu traku otpornu na vodu
- d) zatvarače od plastike, gume ili metala, koji trebaju biti stavljani preko krajeva cijevi tankih stijenki zajedno sa trakom ili voskom
- e) O-prsten (brtva) koji se koristi za zatvaranje krajeva uzoraka unutar cijevi tankih stijenki mehaničkom ekspanzijom O-prstena naspram stijenske cijevi
- f) staklenke sa poklopcem, npr. 500 ml

- g) plastične kante
- h) staklene teglice
- i) aluminijsku foliju
- j) plastične vreće
- k) materijal za pakiranje, za zaštitu protiv vibracija i udara
- l) izolaciju protiv temperaturnih promjena, npr. zrnca (živa), pjena
- m) spremnike za pošiljku, cilindričnog oblika ili u obliku kutije prikladne građe kako bi pružili zaštitu protiv vibracija, udara i elementarnih nepogoda do potrebne razine.



**Slika 15** - Uzorci tla u staklenkama sa poklopcem [9]

### **3.2. Rukovanje uzorcima**

Plastične vreće trebaju biti priljubljene oko uzorka što je čvršće moguće.

Poklopci plastičnih kanti i teglica ili staklenih teglica trebaju biti stavljeni oko uzorka što je čvršće moguće da ne bi propuštali zrak, dok je kod staklenih teglica nepropusnost za zrak riješena pomoću prstenova za brtvljenje. Krajevi uzoraka unutar cijevi trebaju biti zatvoreni pomoću plastičnih potrošnih pakera ili pomoću ispune tlom i poklopcima na krajevima kako bi se zadržali uvjeti za naznačeni period. [3]

Za dugotrajno zatvaranje može se koristiti mikrokristalni vosak, parafin ili smola kako bi se izbjegle pukotine nastale sakupljanjem.

Cilindrični, kubični ili uzorci drugih vrsta stijena omotani u plastičnu ili aluminijsku foliju mogu se još dodatno zaštititi sa 3 sloja voska. [3]

U praksi je obično malo pažnje posvećeno aspektima kao što su metode osiguranja, prijevoza i pohrane uzoraka unatoč njihovom potencijalu da imaju značajni utjecaj na mjerena (ispitivana) svojstva tla. Zaštita uzorka rastaljenim voskom ili tzv. parafiniranje uzorka je najčešći postupak korišten u praksi zbog svoje jednostavnosti i niskog troška. Međutim, temperaturni gradijenti izazvani parafiniranjem tijekom brtvljenja cijevi uzorkivača mogu dovesti do značajnih poremećaja u tlu. Gradijent se smanjuje sa protokom vremena dok otvrdnjava, ali dovodi do porasta pornog tlaka u nedreniranim uvjetima. Ovo može uzrokovati značajnu preraspodjelu vlažnosti unutar uzorka gline, što nije lako unaprijed predvidjeti. Nažalost, preporučena temperatura za lijevanje parafina (koji ponekad nije ni uključen u lokalne standarde) nije uvijek kontrolirana na licu mjesta tako da su uzorci tla često izloženi temperaturama mnogo većim od točke taljenja parafina koje dostižu i vrijednosti do 80°C. [4]

### **Rukovanje uzorcima vode**

Spremnici uzoraka vode obično trebaju biti čuvani u mraku, ispunjeni, termoizolirani ili hlađeni, bez ikakvog kontakta sa materijalima koji bi mogli utjecati na kvalitetu vode. Potrebno ih je svakodnevno prevoziti do laboratorija. [3]

### 3.3. Označavanje uzoraka

Svi uzorci trebaju odmah biti numerirani, dokumentirani, označeni i zatvoreni nakon uzorkovanja.

Njihova oznaka treba pokazivati sljedeće informacije [3]:

- a) oznaku projekta
- b) oznaku probne jame, bušotine itd.
- c) datum uzorkovanja
- d) oznaku uzorka
- e) kategoriju uzorkovanja
- f) dubinu uzorka u odnosu na referentnu razinu



**Slika 16** - Označavanje neporemećenih uzoraka tla na terenu [10]

Uzorci trebaju biti označeni, na način da nema dvojbi oko gornjeg i donjeg dijela uzorka. Ako je moguće oznaka mora naznačiti vrstu tla i stijene, nagib i moguće diskontinuitete koristeći se vizualnom identifikacijom.



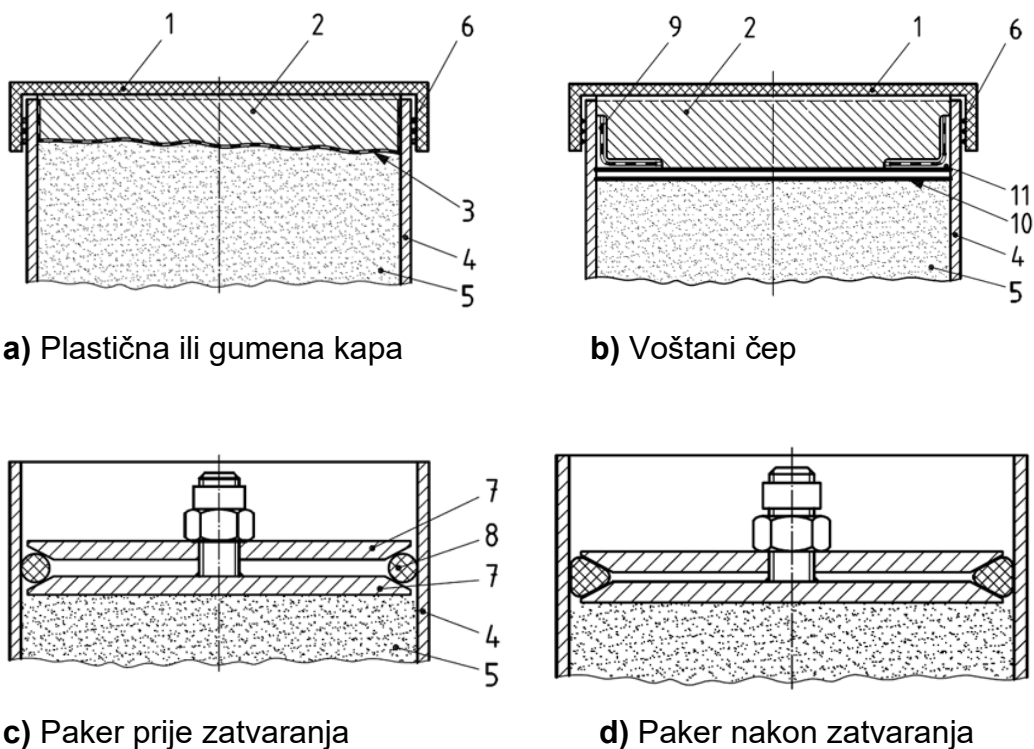
### 3.4. Prijevoz uzoraka

#### PRIJEVOZ UZORAKA TLA

##### Kategorija uzorkovanja A

Uzorci tla dobiveni A kategorijom uzorkovanja trebaju biti čuvani u njihovim cilindrima ili spremnicima. Uzorci u drvenim kutijama za čuvanje jezgre trebaju biti horizontalno transportirani.

Uzorci stijena i posebni uzorci bez cijevi trebaju biti omotani u prikladnu plastičnu ili aluminijsku foliju te premazani sa nekoliko slojeva voska ili zatvoreni u nekoliko slojeva gaze i voska. [3]



**Slika 17** - Primjeri valjanog zatvaranja i osiguravanja uzoraka [3]

##### Legenda:

- 1 - plastični ili gumeni poklopac
- 2 - tlo za ispunu praznog prostora između kraja cijevi i uzorka
- 3 - plastična oplata

- 4 - cijev za uzorkovanje
- 5 - uzorak
- 6 - brtve
- 7 - metalna ploča
- 8 - gumeni zatvarač
- 9 - ljepljiva vrpca
- 10 - dva sloja otopljenog voska
- 11 - voštani čep

Uzorci trebaju biti zaštićeni od vibracija, udara i ekstremnih temperatura te trebaju biti smješteni isključivo u čvrste kutije u koje oni taman stanu tako da su nepomični da se spriječi udaranje, kotrljanje, ispadanje itd.

Za sve ostale metode prijevoza uzoraka, zatvoreni uzorci trebaju biti smješteni u prikladne spremnike za pošiljku koji sadrže sloj za amortiziranje i izolaciju za uzorak ili spremnik.

Materijal za amortiziranje udara (piljevina, guma, polistiren, uretanska pjena ili materijal sa sličnom izdržljivošću) treba u potpunosti zatvoriti uzorke na takav način da ne postanu poremećeni tijekom prijevoza.

Zadovoljavajući sloj za amortiziranje između uzoraka i stijenki spremnika za pošiljku treba imati minimalnu debljinu od 25 mm. Minimalna debljina od 50 mm može biti prisutna na dnu spremnika. Spremnik za pošiljku može biti izrađen od drva, metala, plastike ili stirena i treba udovoljiti zahtjevima za točnu vrstu prijevoza uzorka. [3]

### **Kategorija uzorkovanja B**

Uzorci tla dobiveni kategorijom uzorkovanja B trebaju biti čuvani i transportirani u zatvorenim spremnicima zaštićenim od vlage te trebaju imati dovoljnu debljinu i čvrstoću kako bi spriječili lom i gubitak vlage.

Mogu biti korištene sljedeće vrste spremnika [3]:

- voodootporno staklo ili plastične posude
- cijevi tankih stijenki, lajneri ili prsteni
- kapice ili poklopci.

Cilindrični i kockasti uzorci biti će omotani u prikladnu plastičnu ili aluminijsku foliju te će biti premazani sa nekoliko slojeva voska, ili zatvoreni u nekoliko slojeva gaze i voska. Ovi uzorci trebaju biti transportirani u velikim spremnicima za pošiljke kao npr. torbama, zdjelama ili drvenim kutijama pomoću dostupne vrste prijevoza.

### **Kategorija uzorkovanja C**

Uzorci dobiveni prema kategoriji uzorkovanja C mogu biti prevezeni u bilo kojoj vrsti spremnika pomoću dostupne vrste prijevoza. Ako se treba odrediti prirodni sadržaj vlažnosti uzoraka, trebaju biti korišteni spremnici koji ne propuštaju vodu, tj. zadržavaju je unutar sebe. [3]

### **PRIJEVOZ UZORAKA STIJENE**

Treba biti detaljno ispunjen dnevnik na bušačem terenu u slučajevima gdje je velika mogućnost da kod uzorka stijene dođe do propadanja ili nekih drugih promjena prije ponovnog pregleda uzorka. [3]

### **Kategorija uzorkovanja A**

Uzorci stijene dobiveni kategorijom uzorkovanja A trebaju biti smješteni pojedinačno u čvrste spremnike. Ako uzorci nisu bili dobiveni cijevima, odmah moraju biti u potpunosti omotani folijom ili filmom. Moraju biti zaštićeni od vibracije, udara, topline, hladnoće i temperaturnih promjena. Uzorci trebaju biti prevezeni u vodoravnom položaju i pohranjeni u prikladne spremnike za pošiljku

napravljenih od drveta, metala ili drugog materijala, te moraju osigurati termalnu izolaciju i amortizirati udare za svaki uzorak i spremnik. Stijene osjetljive na promjene u sadržaju vlage biti će zatvorene sa voskom ili sličnim materijalom.

Materijal za ublažavanje udara (piljevina, guma, polistiren, uretan pjena, ili materijal slične otpornosti) treba u potpunosti obložiti uzorke na takav način da ne postanu poremećeni tijekom prijevoza.

Zadovoljavajući sloj za ublažavanje udara između uzoraka i stijenki spremnika za pošiljku treba imati minimalnu debljinu od 25 mm, dok pod spremnika može biti minimalne debljine od 50 mm. [3]

### **Kategorija uzorkovanja B**

Uzorci stijene dobiveni kategorijom uzorkovanja B trebaju biti pojedinačno smješteni u čvrste spremnike. Ako uzorci nisu bili dobiveni cijevima, treba ih se u potpunosti omotati folijom ili filmom. Trebaju biti zaštićeni od vibracije, šoka, topline, hladnoće i temperaturnih promjena. Uzorci će biti prevezeni u vodoravnom položaju. [3]

### **Kategorija uzorkovanja C**

Uzorci stijene dobiveni prema kategoriji uzorkovanja C trebaju biti smješteni i prevezeni u sigurnim kutijama za jezgru. Trebaju biti smješteni u ovisnosti o in-situ sloju te biti presvučeni filmom ili folijom. Biti će prevezeni i pohranjeni u vodoravnom položaju. [3]

## **PRIJEVOZ UZORAKA VODE**

Uzorci vode trebaju biti preveženi unutar 24 sata do laboratorija nakon uzorkovanja te ih treba zaštititi od topline, mraza, svjetlosti i oštećenja. [3]

### 3.5. Priprema spremnika za pohranu i transport

Kutije za jezgru trebaju biti izrađene tako da budu dovoljno čvrste kako bi spriječile deformiranje jezgre dok se kutija podiže za njene krajeve. Poklopac treba imati čvrste šarke i snažnu kopču ili vijak za zatvaranje, a čavli ne smiju biti zabijeni u poklopac. Graničnici za jezgru trebaju biti smješteni na kraju svakog manevra u bušenju. Lomljenje jezgre kako bi stala u kutiju za jezgru treba biti zabilježeno u zapisnik. Dubine vrha i dna jezgre u kutiji trebaju biti označene sa vodootpornim markerom blizu krajeva jezgre i na odgovarajućim kutevima kutije. Ako precizno znamo i srednju dubinu, to također treba biti zabilježeno. Efektivna dužina kutija za jezgru treba biti 5% duža od dužine jezgre (npr. za jezgru duljine 100 cm prikladna je kutija duljine 105 cm ). [3]



**Slika 18** - primjer kutije za odlaganje jezgre tla/stijene [5]

### 3.6. Pohrana uzoraka

Pojedinačni uzorci u spremnicima za uzorke i uzorci jezgre u kutijama za jezgru trebaju biti pohranjeni na takav način da se mehanički bitne karakteristike tla i stijene ovih uzoraka ne promijene. Uzorci trebaju biti čvrsto zatvoreni sa folijom te treba izbjegavati nepotrebno rukovanje istima. Uzorci obično ne smiju biti izloženi mrazu, ali trebaju biti pohranjeni u hladnom okruženju. Za posebne namjene, temperatura u sobi za pohranu treba biti jednaka temperaturi tla (+6 °C do +12 °C) , a sadržaj vlage treba biti između 85% i 100%. Ukoliko postoji sumnja da je uzorak postao poremećen tijekom pohrane, treba staviti napomenu u laboratorijske obrasce. [3]

## 4. ZAKLJUČAK

Uzorkovanje tla je postupak uzimanja uzoraka na određenoj lokaciji u svrhu dobivanja relevantnih podataka i karakteristika tog sloja tla ili stijene radi klasifikacije i prema potrebi određivanja čvrstoće, krutosti, konsolidacijskih svojstava, vlažnosti, gustoće itd. Uzorak je nužno uzeti prilikom svake promjene sloja tla ili nakon unaprijed definiranog razmaka koji obično iznosi 1,5 m. U slučaju nehomogeno uslojenog tla je nužno uzimati uzorke u kratkim razmacima ili kontinuiranim jezgrovanjem u kombinaciji s uzimanjem neporemećenih uzoraka primjenom odgovarajućeg uzorkivača. Metoda uzorkovanja i prikladan alat odabiru se s obzirom na tip tla ovisno radi li se o koherentnim tlima (glina, prah) ili o nekoherentnim tlima (šljunak, pijesak).

Rotacijsko istražno bušenje se koristi za koherentna i za nekoherentna tla pri čemu se stabilnost stjenki bušotine obično osigurava privremenom ugradnjom obložnih cijevi (kolona). U koherentnom, sitnozrnatom tlu, neporemećeni uzorci se obično mogu dobiti korištenjem uzorkivača otvorenog tipa ili bolje pomoću klipnih uzorkivača.

Može se zaključiti da je uzorkovanje tla i odabir metoda uzorkovanja vrlo važan u procesu geotehničkih istražnih radova, jer upravo o tome ovisi kvaliteta dobivanja i odabira reprezentativnih uzoraka koji su neporemećeni ili minimalno poremećeni te koji onda mogu dati kvalitetne rezultate u laboratorijskim ispitivanjima.

## 5. LITERATURA

- [1] B. Kavur, Geotehnički istražni radovi, Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, 2021
- [2] V. Szavits-Nossan, Mehanika tla i stijena, Geotehnički terenski istražni radovi
- [3] Geotechnicaldesign, ISO 22475-1 Sampling by drilling and excavation and groundwater measurements. Part 1: Technical principles of execution. Članak, dostupno na: <https://geotechnicaldesign.info/iso22465-1.html#c4> [31.10.2006.]
- [4] A. V. Da Fonseca, J. A. Pineda, Getting high-quality samples in "sensitive" soils for advanced laboratory tests, članak iz "Innovative Infrastructure Solutions, prosinac 2017.
- [5] Geoportaal, History of sorting out old drill cores. Članak, dostupno na: <https://geoportaal.maaamet.ee/eng/Spatial-Data/Geological-Data/Drill-core-database/History-of-sorting-out-old-drill-cores-p355.html>
- [6] Strelec, Stjepan (2013): Podpovršinski istražni radovi - Interna skripta, Geotehnički fakultet, Varaždin
- [7] Indepth Geotechnical, Geotechnical lab testing. Članak, dostupno na: <https://indepth-geotechnical.com/services/geotechnical-lab-testing/>
- [8] Ladd, CC, DeGroot, DJ (2003), Recommended practice for soft ground site characterization. In: The Arthur Casagrande Lecture, 12th Pan. Conf. on Soil Mech. and Geotech. Eng, MIT, vol 1, pp 3-57
- [9] Research Gate, Group 1 of soil samples. Članak, dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Group-1-of-Soil-Samples\\_fig1\\_287707312](https://www.researchgate.net/figure/Group-1-of-Soil-Samples_fig1_287707312)

[10] Research Gate, Labelling of the undisturbed soil samples on site. Članak, dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Labelling-of-the-undisturbed-soil-samples-on-site\\_fig37\\_283119691](https://www.researchgate.net/figure/Labelling-of-the-undisturbed-soil-samples-on-site_fig37_283119691)



## 6. POPIS SLIKA

- Slika 1** - Geotehničko istražno bušenje [1]
- Slika 2** - Primjer postupka udarnog bušenja [6]
- Slika 3** - Primjer spiralnog svrdla za rotacijsko bušenje [6]
- Slika 4** - Rotacijsko bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem [1]
- Slika 5** - Primjer neporemećenog uzorka koherentnog tla dobivenog isjecanjem iz bloka stijene [7]
- Slika 6** - Primjer hidrauličnog bušačkog postrojenja (marka CLIVIO) smještenog na terensko vozilo (Mercedes 4x4), Pregrada RH (autor: J. Jug, 2021.)
- Slika 7** - Primjer rotacijskog jezgrenog bušenja [6]
- Slika 8** - Rotacijsko bušenje ili bušenje s jezgrovanjem; jezgrovanje s jednostrukom i dvostrukom sržnom cijevi [6]
- Slika 9** - Primjeri uzorkivača otvorenog tipa za dobivanje uzoraka iz bušotina [3]
- Slika 10** - Utiskivanje tankostijenog uzorkivača s pridržanim klipom u dno bušotine i vađenje uzorka na površinu [6]
- Slika 11** - Shema statičnog uzorkivača tanke stijenske za uzorkovanje sa dna bušotine [3]
- Slika 12** - Tipični proces bušenja, uzorkovanja i ispitivanja tla u svrhu laboratorijskih analiza [6]
- Slika 13** - Uzorak bloka stijene u laboratoriju prije isjecanja [7]
- Slika 14** - Hipotetski put naprezanja tijekom uzorkovanja cijevima u glinama niskog koeficijenta prekonsolidiranosti [4]
- Slika 15** - Uzorci tla u staklenkama sa poklopcem [9]
- Slika 16** - Označavanje neporemećenih uzoraka tla na terenu [10]
- Slika 17** - Primjeri zatvaranja i osiguravanja uzoraka [3]
- Slika 18** - primjer kutije za odlaganje jezgre tla/stijene [5]

## 7. POPIS TABLICA

**Tablica 1** - Klase kvalitete uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja po kategorijama uzorkovanja [3]

**Tablica 2** - Uzorkovanje tla uzorkivačima [3]

**Tablica 3** - Primjeri metoda uzorkovanja s obzirom na kategoriju uzorkovanja u različitim vrstama tla [3]