



**LATVIJAS
UNIVERSITĀTE**

Augstākās kvalitātes grunts paraugu ņemšana Ventspilī ar “Šelbī” paraugošanas cauruli.

Latvijas Universitātes 82. zinātniskā konference

sesija „Lietišķā ģeoloģija”

2024. gada 26. janvāris

Romāns Arhipenko





IEVADS

«Šelbī» caurule interneta plašumos



Interneta plašumos vai literatūrā stāstītais ir drīzāk metodes reklāma, kas neiedziļinās visos aspektos, nestāsta par riskiem, nenodrošina veiksmīgu metodes pielietošanas uzsākšanu, pārāk shematisks un paviršs.



VĒSTURISKAIS IESKATS



- Jau 1964. gada arhīva ĢI atskaitē par Ventspils grunti var lasīt ka gruntij piemīt kautkādas nezināmās “struktūrsaītes”, kas ir uz vietas (in-situ) un par kurām nevar vairs spriest, skatoties uz izcelto grunts «paraugu»;
- 1999. ... 2001. gadā Ventspilī notika 2 nelaimes – sāka kustēties (deformēties) 2 tikko uzbūvētās piestātnes, kopumā ap 1 km garas;
- 2008. gada izpēte, dubļi, “feķaska” paraugus mēģināja ņemt ar šneku;
- 2014. gada izpēte, 14 urbumi (kopgarums 168 m) ar šneku, 2 paraugi;
- 2015. gada izpēte, 3 urbumi ar šneku, 10 paraugi, no kuriem 5 veikti klasifikācijas testi (daļiņu izmēru sadalījums, plasticitātes rādītāji);
- 2016. gadā notika vēl viena piestātnes nelaime (labais krasts, blakus paceļamajam tiltam, jūras pusē): segums pēc noslogošanas ar beramkravām nosēdies par 60 – 70 cm un piestātnes konstrukcija pakustējās uz ūdens pusi par apt. 15 cm.

‘FEĶASKA’

Gadu desmiti neveiksmīgas paraugu ņemšanas Ventspilī.
Pārliecība, ka grunts nav ņemama. Grunts kas izslīd no rokām (‘feķaska’).



'FEKASKA'



dz. 3,1-3,3 m



dz. 4,1-4,3 m



dz. 6,4-6,6 m

2008



'FEKASKA'



dz. 8,7-8,9 m



dz. 10,5-10,7 m



dz. 12,0-12,2 m

2008



'FEKASKA'



dz. 14,6-14,8 m



dz. 16,8-17,1 m

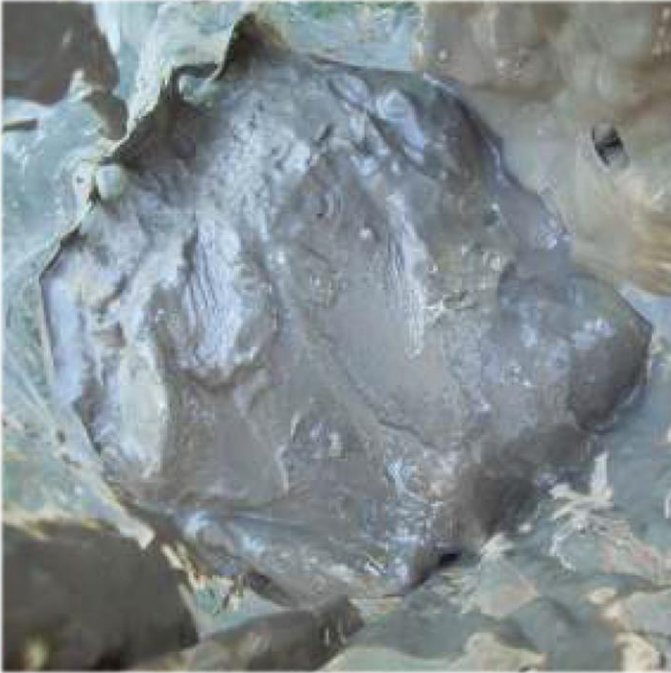


dz. 18,8-19,0 m

2008



'FEKASKA'



dz. 20,7-20,9 m



dz. 23,0-23,2 m



dz. 24,1-24,3 m

2008



'FEKASKA'



dz. 24,7-24,9 m



dz. 25,9-26,1 m



dz. 26,7-26,9 m

2008



'FEKASKA'



dz. 28,5-28,7 m

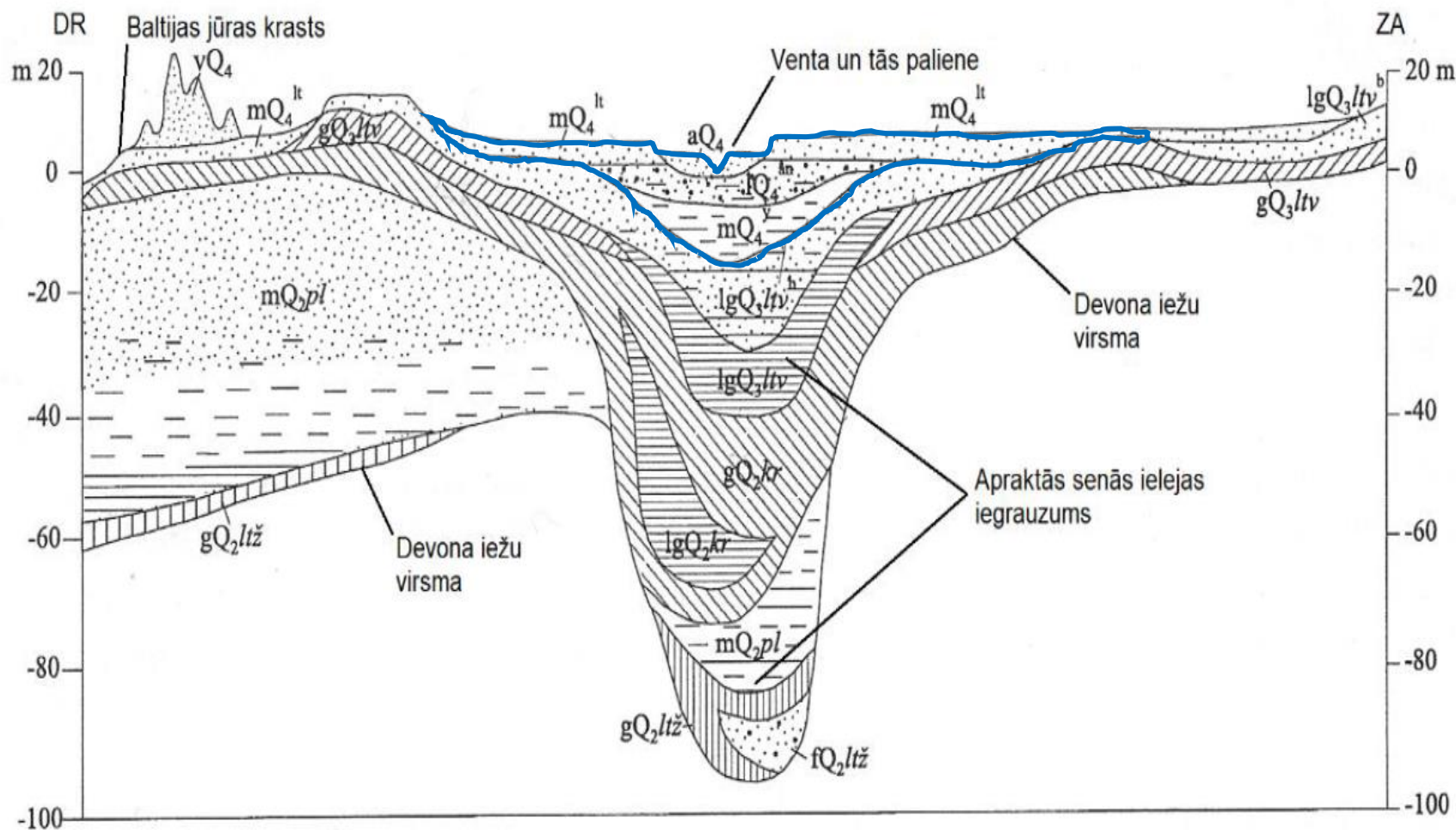


dz. 29,5-29,7 m

2008



VENTSPILS GRUNTS



Grunts ir:

a) JAUNA

b) NORMĀLI KONSOLIDĒTA

$q_c = 0,6$ MPa augšā,
 $q_c = 2,3$ MPa lejā, vienmērīgi
pieaug
 $c_u = 30 \dots 60$ kPa

Litorīnas jūra

7500 - 4500
sālūdens

Ancilus ezers

9500 - 7500
saldūdens

Joldijas jūra

10300 - 9500
sālūdens

Augšā rupjāka grunts, apakšā smalkāka grunts līdz pat mālam ap 40 m dziļumu.

Pirmie paraugi (2021. jūnijs)



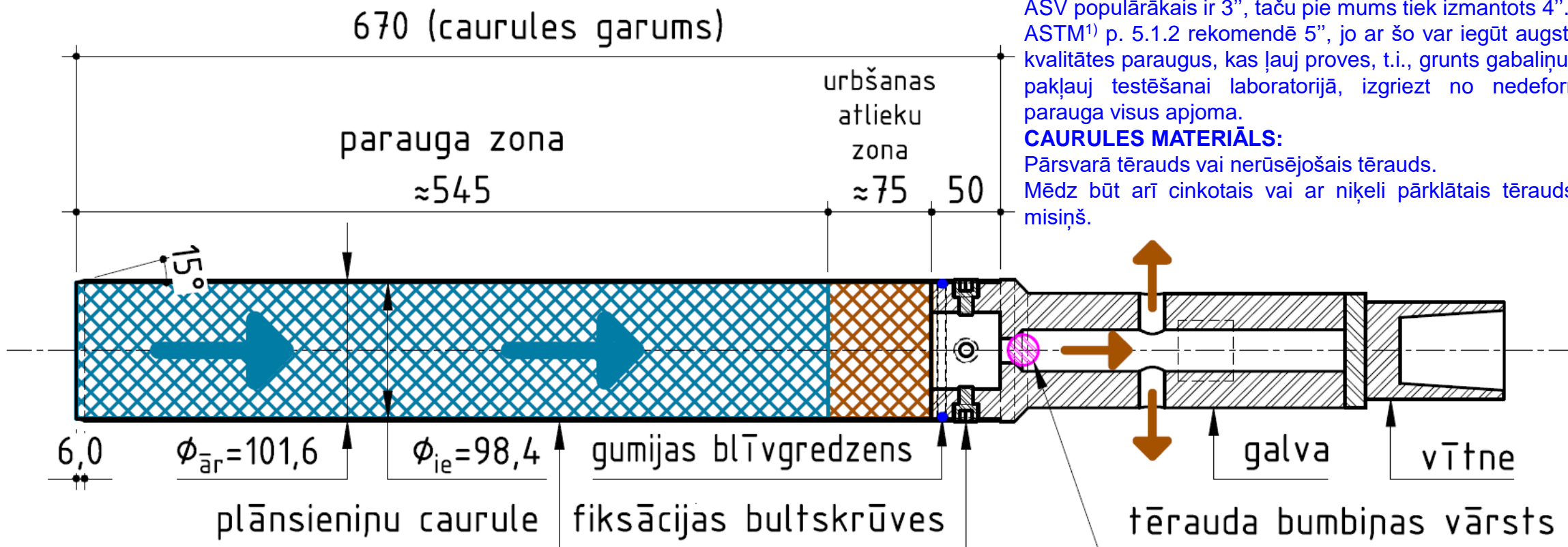
Ņēmis ūdenslidējs uz
-16 m atzīmes





PARAUGOTĀJA KONSTRUKCIJA

GRIEZUMS



GARUMS:

Tipisks garums ir 750 mm, taču pie mums izmanto 670 mm. Rekomendējamais garums pēc ASTM¹⁾ ir 1,0 m (3' diametrs) – tāpat, te vēl būtu kurp garināt.

DIAMETRS:

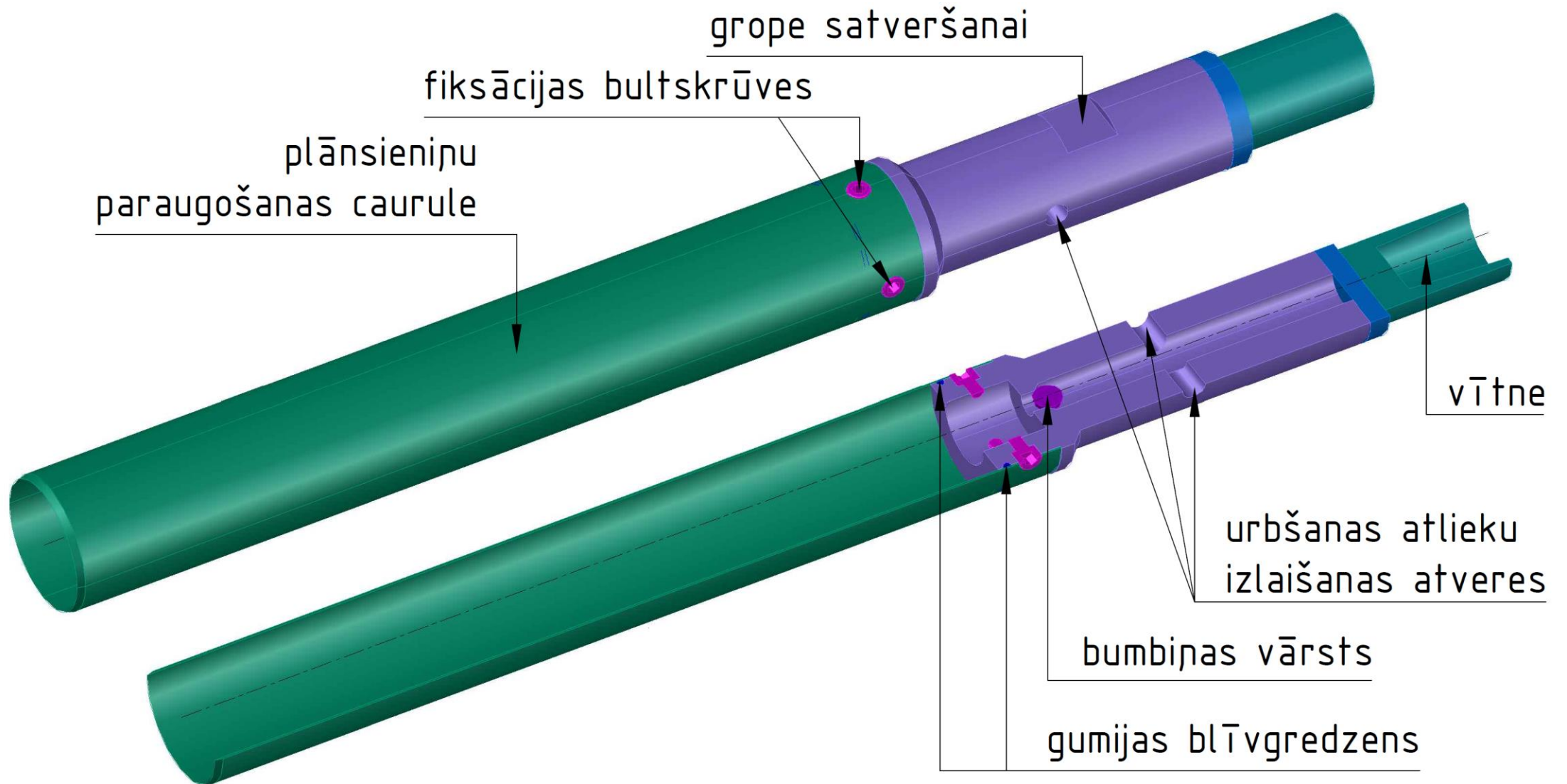
ASV populārākais ir 3", taču pie mums tiek izmantots 4". ASTM¹⁾ p. 5.1.2 rekomendē 5", jo ar šo var iegūt augstākas kvalitātes paraugus, kas ļauj proves, t.i., grunts gabaliņus, ko pakļauj testēšanai laboratorijā, izgriezt no nedeformētā parauga visus apjoma.

CAURULES MATERIĀLS:

Pārsvarā tērauds vai nerūsējošais tērauds.

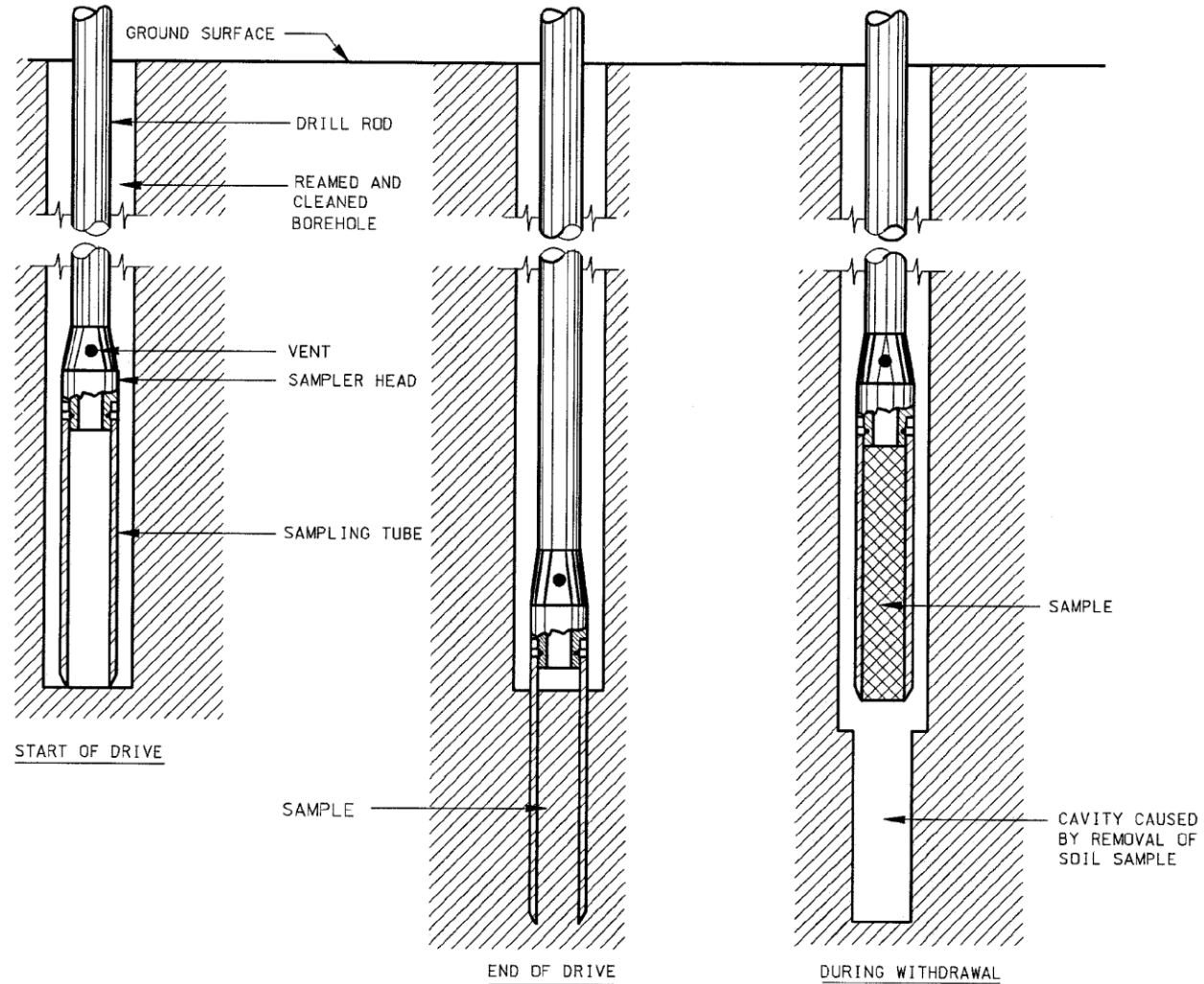
Mēdz būt arī cinkotais vai ar niķeli pārklātais tērauds vai misiņš.

1) - ASTM D1587/D1587M – 15 Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Fine-Grained Soils for Geotechnical Purposes.



Paraugošanas caurule tiek atdalīta no galvas pēc parauga noparaugošanas, jo tā vienlaicīgi ir arī konteineris, kurā grunts tiek transportēta.

Paraugošanas koncepcija





Caurules nazis





Savienojuma mezgls





Paraugotāja galva





Blīvgredzens



Blīvgredzens ātri nodilst un tas regulāri un savlaicīgi jāmaina.



Urbšanas atlieku atspiešanas kanāls



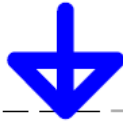


Caurules galu vāki

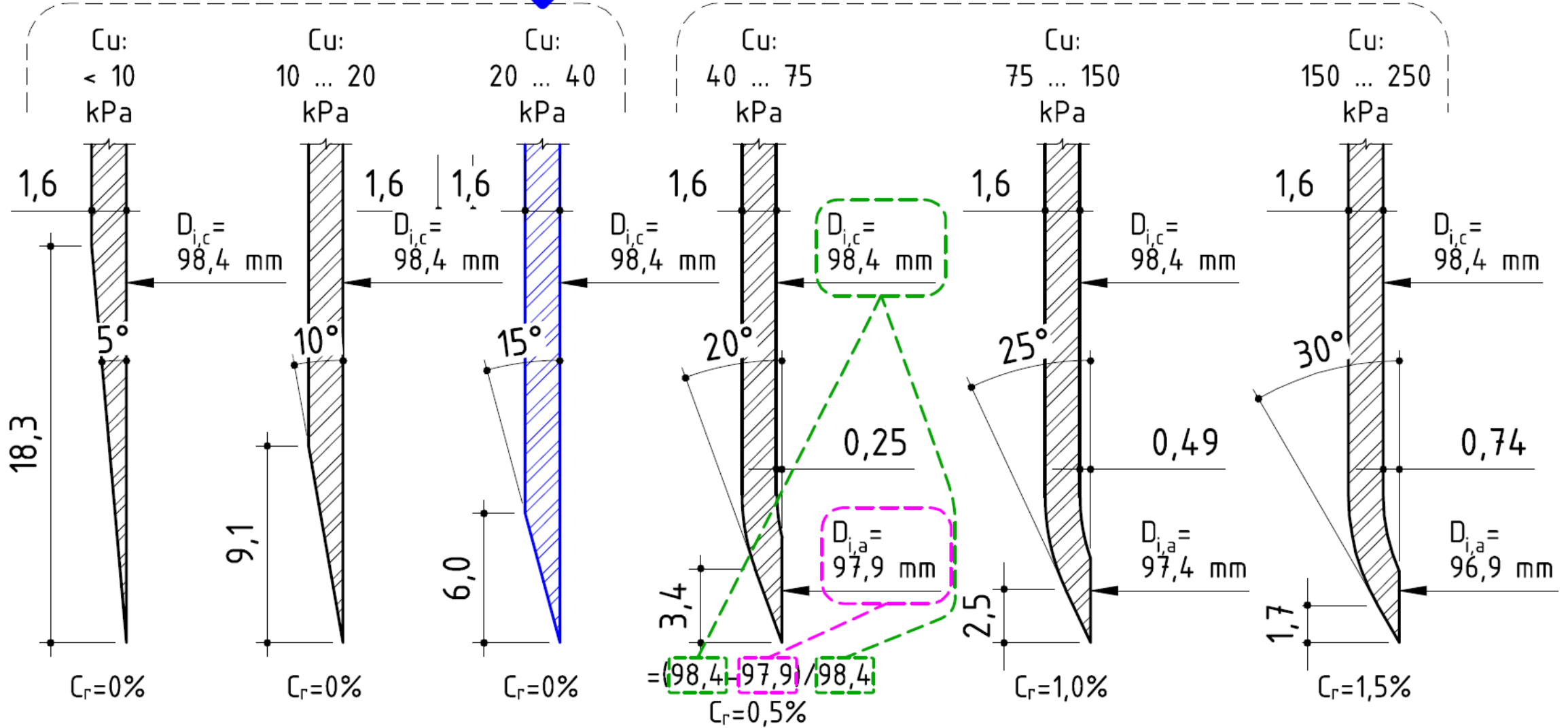




Mīkstas gruntis



Vidēji cietas un cietākas gruntis





DARBĪBAS PRINCIPS

Grunts spriegumstāvoklis

Vertikālie efektīvie spriegumi

$\sigma'_v = f(\text{grunts efektīvais blīvums, slāņu biezums})$

Efektīvie spriegumi ir spriegumi grunts skeletā, starp daļiņām. Tie rodas no grunts efektīvā pašsvara ūdenī.

Horizontālie efektīvie spriegumi

$$\sigma'_{h;0} = \sigma'_v \times K_0$$

LVS EN 1997-1:2005, p.9.5.2(3)

- $K_0 = (1 - \sin \phi') \times \sqrt{\text{OCR}}$
- pie $\phi' = 30^\circ$ un $\text{OCR} = 1,05$, $K_0 = (1 - 0,5) \times 1,025 = \mathbf{0,512}$

Minētā likumsakarība attiecināma gan smiltij gan mālam.

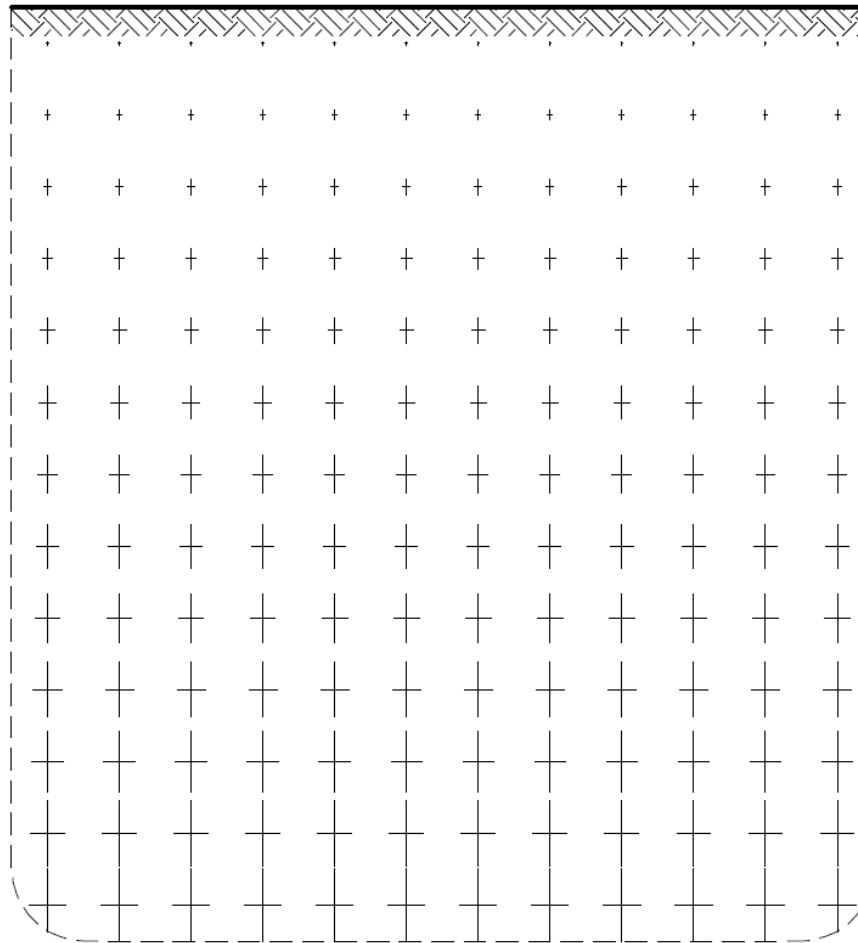
$$\text{tātad: } \sigma'_{h;0} = \mathbf{0,512} \sigma'_v$$



Grunts spriegumstāvoklis

Dziļums	σ'_v	$\sigma'_{h;0}$
[m]	[kPa]	[kPa]
0	0	0
4	32	16
8	72	37
12	112	57
16	152	78
20	192	98
24	232	119
28	272	139
32	312	160
36	352	180
40	392	201
44	432	221
48	472	242

Spriegumu lauks grunts masīvē



Var redzēt, ka horizontālie efektīvie spriegumi 40 m dziļumā sastāda apt. 20 tn/m². Ļoti liels lielums, kas 10 reizes pārsniedz ierasto transporta slodzi uz piestātnes segumu (2 tn/m²).



Grunts izspiešanās no caurules pēc paraugošanas pēc vertikālo spriegumu noņemšanas



Grunts no apt.
40 m dziļuma

Parauga vertikālā izplēšanās pēc paraugošanas pēc vertikālo spriegumu noņemšanas

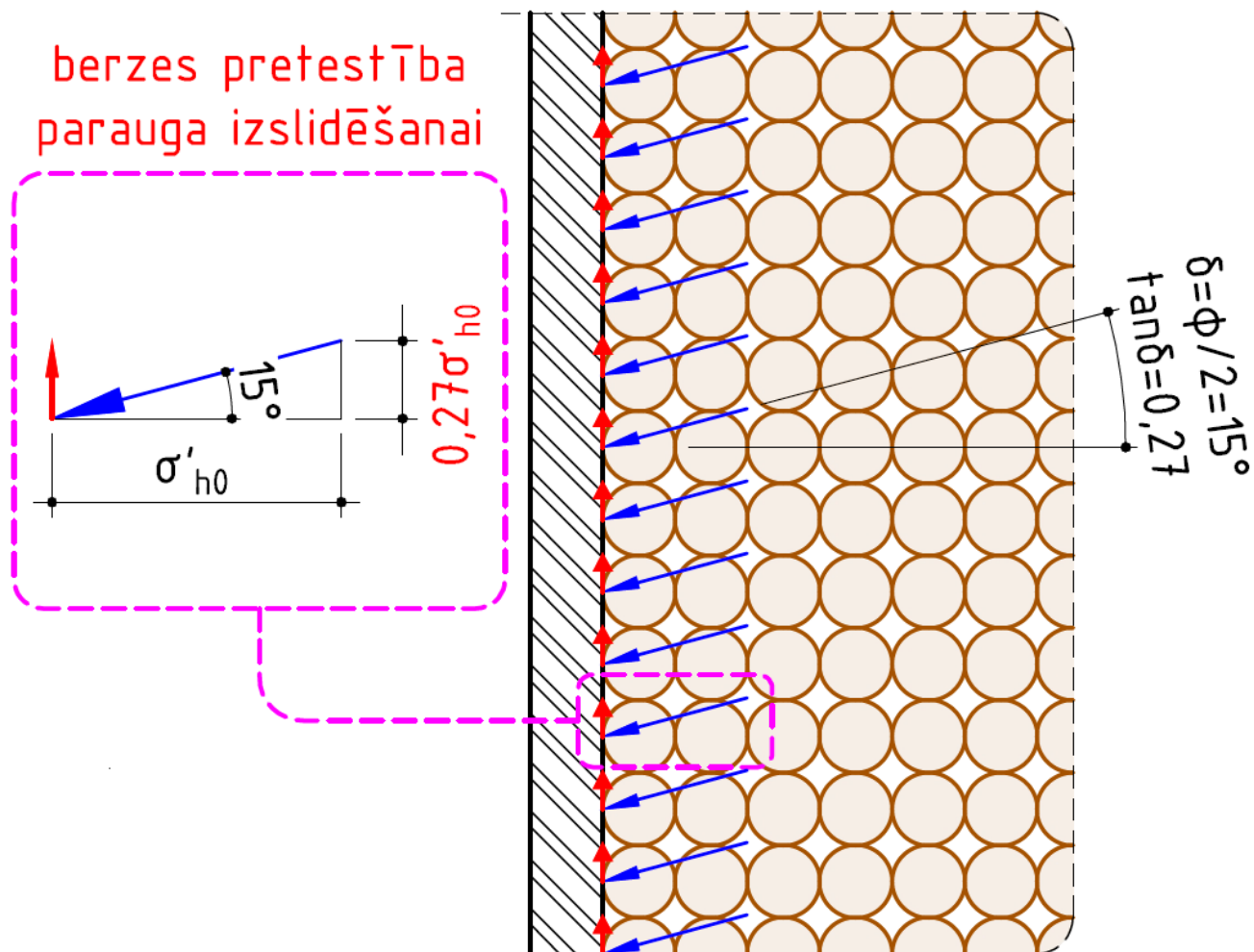


Parauga vertikālā izplēšanās notiek arī horizontālo spriegumu iespaidā, grunts horizontālām kārtām zaudējot noturību (vertikālo spriegumu noņemšanas dēļ) un izliecoties uz caurules apakšējā gala pusi.

Grunts aizķeršanās caurulē

Ja parauga masa ir 9,4 kg (4,7 litri, pilnībā aizpildīta caurule)			
Dziļums	$\sigma'_{h,0}$	$0,27 \sigma'_{h,0}$	H*
[m]	[kPa]	[kPa]	[cm]
0	0	0	-
4	16	4	6,90
8	37	10	3,06
12	57	15	1,97
16	78	21	1,45
20	98	27	1,15
24	119	32	0,95
28	139	38	0,81
32	160	43	0,71
36	180	49	0,63
40	201	54	0,56
44	221	60	0,51
48	242	65	0,47

* H - IDEĀLAS SAĶERES joslas minimālais augstums



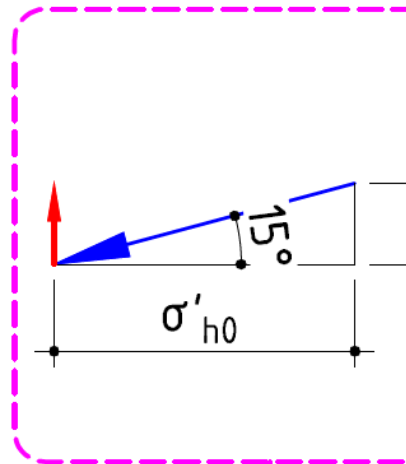


Grunts aizķeršanās caur

Ja parauga masa ir 9,4 kg (4,7 litri, pilnībā aizpildīta caurule)			
Dziļums	$\sigma'_{h;0}$	$0,27 \sigma'_{h;0}$	H*
[m]	[kPa]	[kPa]	[cm]
0	0	0	-
4	16	4	6,90
8	37	10	3,06
12	57	15	1,97
16	78	21	1,45
20	98	27	1,15
24	119	32	0,95
28	139	38	0,81
32	160	43	0,71
36	180	49	0,63
40	201	54	0,56
44	221	60	0,51
48	242	65	0,47

* H - IDEĀLAS SAĶERES joslas minimālais augstums

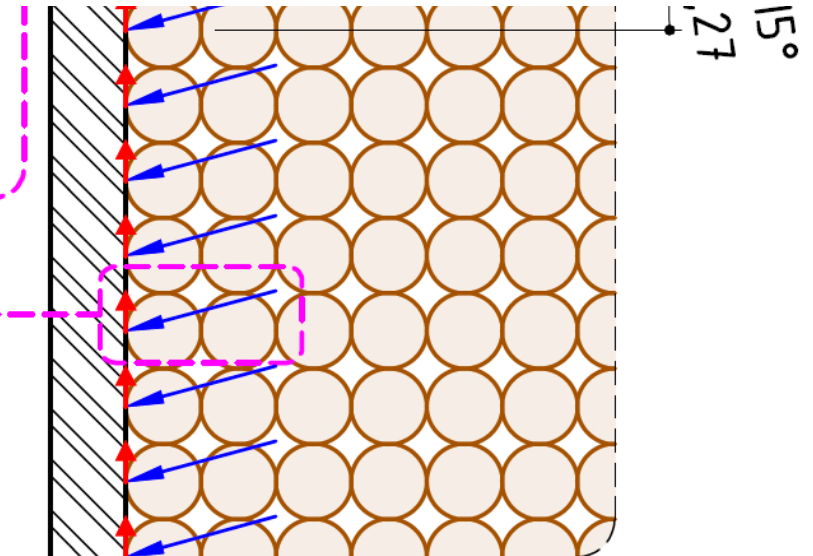
berzes pretestī
parauga izslidēš.



A) Jāpatur prātā, ka šeit tiek runāts par efektīvajiem spriegumiem, proti grunts skeleta un metāla virsmas kontaktspriegumiem.

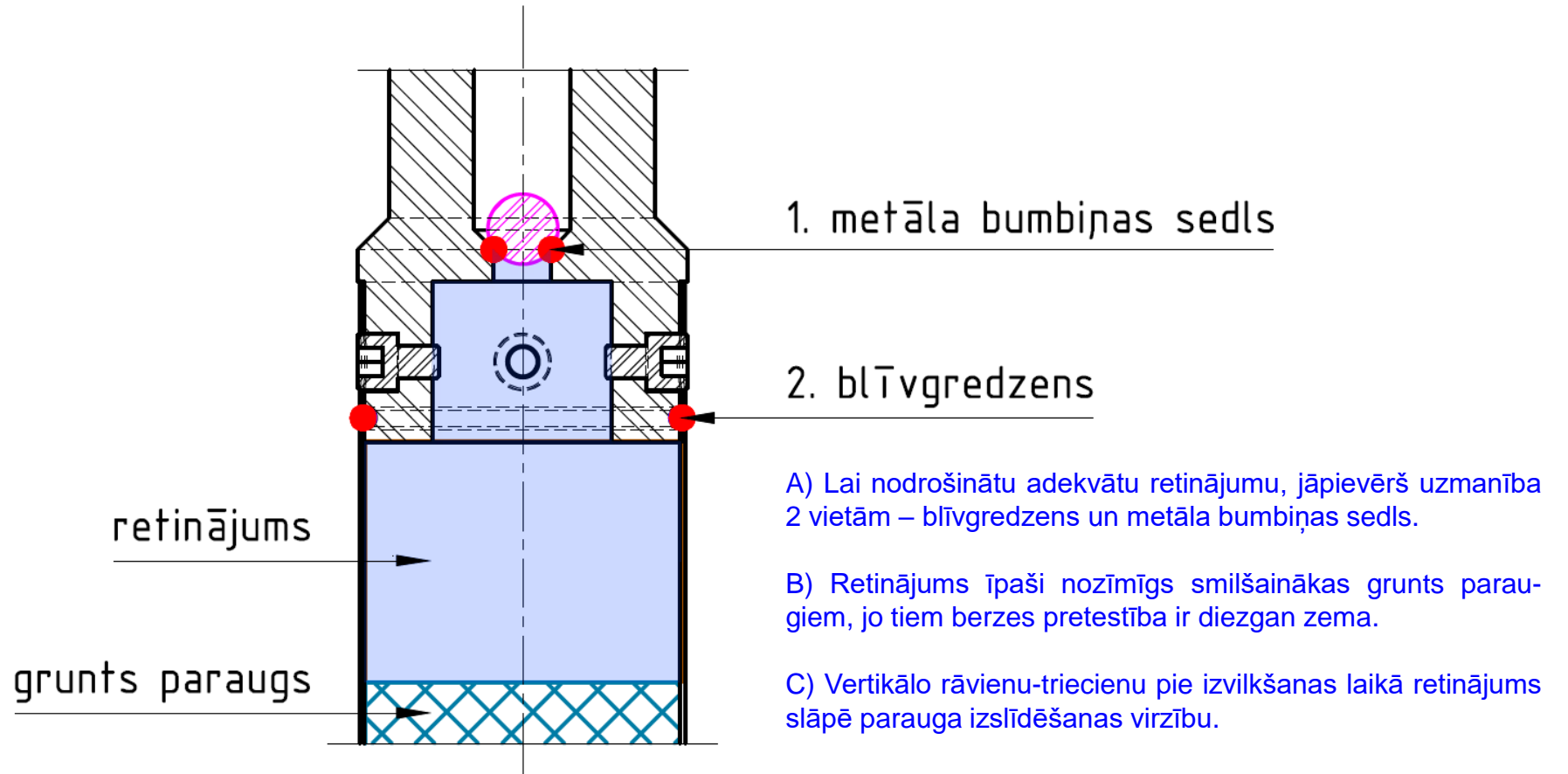
B) Minētais attiecināms mālainai un putekļainai gruntij, kuras skelets nepārkārtojas (izņemot pie pašas parauga sānu virsmas) pie caurules iespiešanas.

C) Normāli konsolidētai un irdenākai smiltij pie caurules iespiešanas skelets pārkārtojas arī tuvāk parauga centram, parauga skeletam ieņemot jau ievērojami mazāko apjomu, kā rezultātā parauga berze pret cauruli paliek krietni zemāka par 'ideālo'.



Retinājums caurules augšā

(papildus noturošais spēks)





Retinājums caurules augšā (hermētiskuma panākšana)

Sākotnējā attīrīšana no
rūsas ar buvanolu



2

Ortoforforskābes H_3PO_4
ūdensšķīdums



1

Tīrīšana pēc katras
paraugošanas



3



Retinājums caurules au (hermētiskuma panākšana

Sākotnējā attīrīšana no
rūsas ar buvanolu



2

Ortoforforskābes H_3PO_4
ūdensšķīdums



1

A) Bumbiņas vārstam jābūt tīram (gan sedlam, gan bumbiņai).

B) Sērskābe rūsas noņemšanai neder, jo slāpē dzelzi dēļ bļīvas dzelzs oksīda kārtas izveidošanas.

C) Sālsskābe: bīstami un dārgāk, nekā ar Buvanolu.

D) Buvanolā ieteicams iemērcēt galvu katras paraugošanas darbu dienas rītu. Iemērcēšanas laiks pēc paraugotāja ilgākas nelietošanas apt. 2 ... 4 stundas; ja darbi veikti arī iepriekšējā dienā, tad pietiekot ar 5 minūtēm.



3

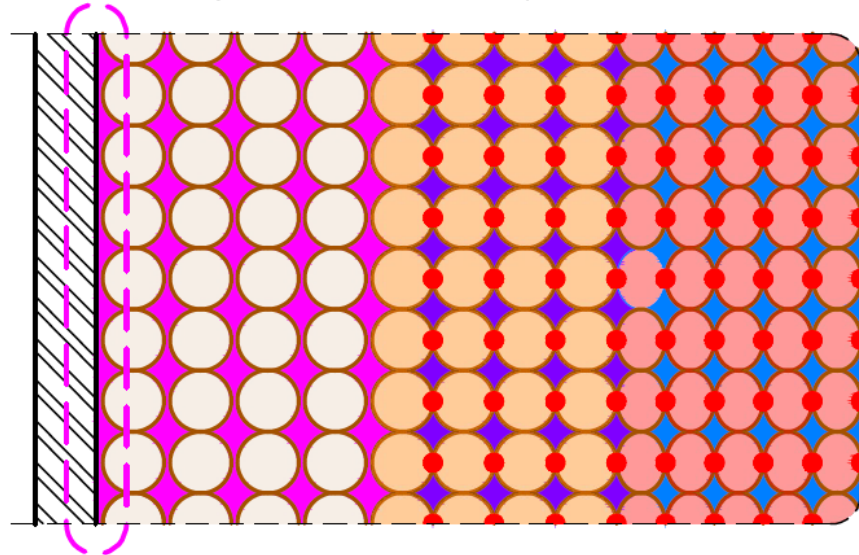


**KAS NOTIEK
ar grunti, kad caurule tiek
iespiesta?**



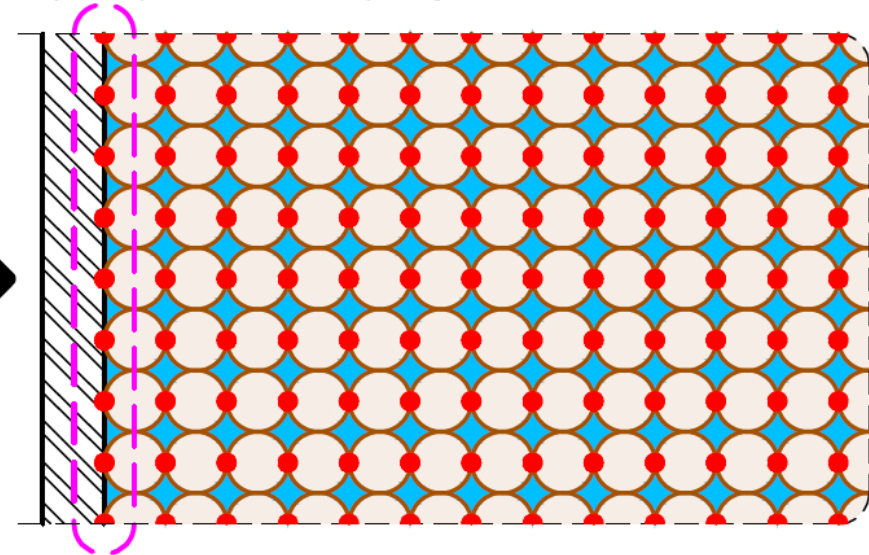
1. fāze:

Grunts skeleta atslēgšanās uzreiz pēc caurules iespiešanas



2. fāze

Grunts skeleta ieslēgšanās pēc porūdens pārspiediena disipācijas no kontakta zonas



skelets:	sablīvējas un atslēdzas	pakāpeniski nospriegojas	elastīgi saspiežas
porūdens:	loti augsts spiediens	filtrācijas zona	normāls spiediens
	1. josla	2. josla	3. josla

Jāsagaida, kamēr uzzūd ūdens spilvens (1. josla), kas darbojas kā smēviela.



Grunts skeleta atpakaļ ieslēgšanās:

- notiek pēc porūdens pārspiediena izkļiedēšanas;
- porūdens pārspiediens parasti izkļiedējas 5 ... 15 minūtēs;
- Ventspils gruntij porūdens pārspiediens izkļiedējas aptuveni 5 minūtēs

5 minūtes = 1 cigarete



- ASTM: pēc grunts skeleta ieslēgšanas papildus var attīstīties grunts daļiņu adhēzija pie metāla;
- jo zemāks filtrācijas koeficients, jo ilgāk jāgaida.





PARAUGOTĀJA IESPIEŠANA



Paraugotāja iespiešana:

- iespiešanai jābūt vienmērīgai un laidenai;
- maksimāli pieļaujamais ātrums apt. 30 cm/s;
- minimālais ātrums 5 cm/s.

Parasti 76 cm garo "Šelbī" cauruli iespiež pa max. 15 sekundēm.



PARAUGA ATDALĪŠANA no pamatnes



Parauga atraušana no pamatnes:

- pirms paraugotāja pacelšanas, tajā esošo grunts paraugu korekti jāatdala no grunts pamatnes;
- vienkārši celt nedrīkst, jo paraugs var būt pietiekami stipri sasaistīts ar pamatnes grunti un var izslīdēt no paraugotāja;
- **paraugs ir jānogriež no pamatnes pagriežot paraugotāju vismaz vienu apgriezianu ap stieņu asi.**



DARBA PROCESS

URBUMA IZVEIDE



Urbuma izveide:

- primāri urbumam jābūt ar stabilām sienīņām;
- nestabilo grunšu gadījumā (visas gruntis, izņemot saistīgas gruntis virs GŪL vai cietu mālu) jāveido urbums zem bentonītmāla urbšanas šķīduma vai pielietojot **apvalkcauruli**;
- urbšanas un paraugošanas laikā urbums jāpiepilda ar ūdeni (vai urbšanas šķīdumu), kura augšējais līmenis vienmēr jāuztur līdz ar vai virs GŪL;
- urbšanas instruments (īpaši pēdējos reisos pirms paraugošanas) jāizceļ no urbuma pietiekami lēni, lai neveidotos vilce, kas var paraut urbuma apakšas grunti uz augšu.



1) Līdzīgs urbuma pamatnes «vārīšanas» efekts var veidoties pie urbto pāļu izbūves, ja netiek ievērota ūdens līmeņa uzturēšanas urbumā prasība.

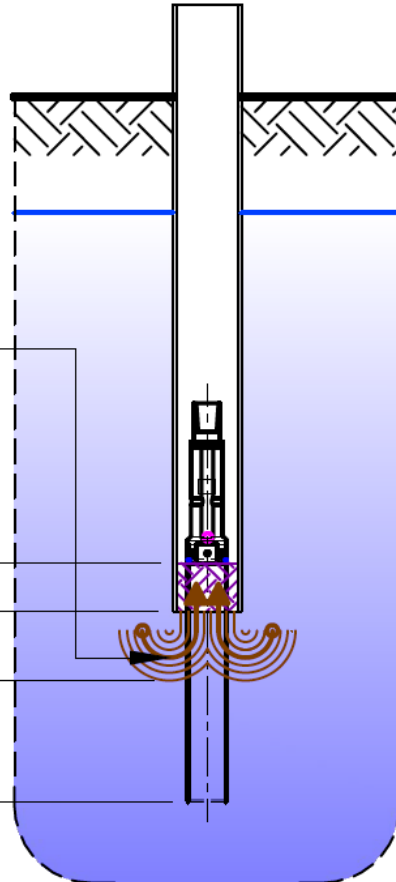
2) !!! Urbuma pamatnes «vārīšanās» var veidoties arī, kad no ar ūdeni piepildītā urbuma par ātro izvelk urbšanas instrumentu.



Urbuma pamatnes
"vārīšanās"

dub,li
Deformētā grunts:
3 un 4 k/k paraugs
1. un 2. k/k paraugs

315
180
125



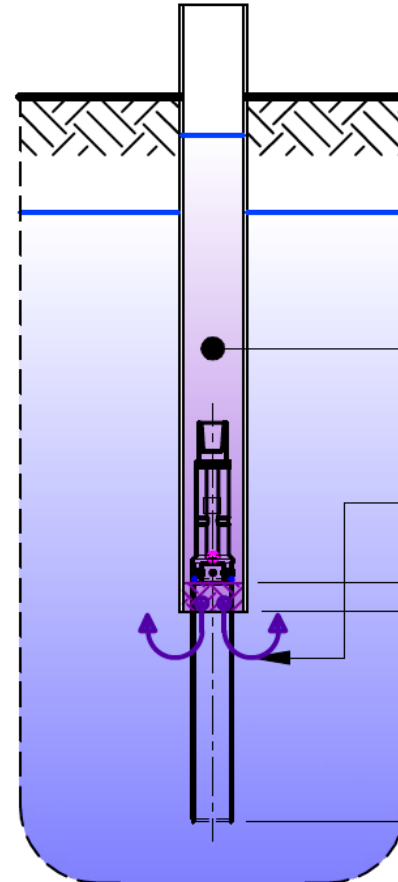
ŪL apvalkcaurulē

GŪL

Urbšanas šķidrums
(arī ūdens)

Urbšanas šķidruma
pretspiediens

75
545
dub,li (max. h=75 mm)
1. un 2. k/k paraugs





Kas notiek urbuma apakšā:



Dubļus parasti ar roku izņem laukā un aizpilda brīvu telpu ar cietāku svešgrunti, noliekot plēvi starp svešgrunti un paraugu.



PARAUGA SAGATAVOŠANA TRANSPORTĒŠANAI



Parauga sagatavošana transportēšanai :

- caurule ar paraugu tiek atdalīta no galvas;
- paraugs paliek caurulē, caurule kalpo kā parauga konteineris;
- pirms aizslēgt caurules galus ar vākiem, brīva telpa ir jāaizpilda ar atbilstošo materiālu (piem., to pašu grunti), atdalot paraugu no svešgrunts ar plēvi;
- vāks pielīmē pie caurules, nodrošinot hermētiskumu;
- caurules transportē vertikāli.



Parauga sagatavošana transportēšanai:

- caurules ar paraugiem jātransportē vertikāli:





Parauga sagatavošana transportēšanai:

- nedrīkst nogriezt izspiedušos grunti:



- tas jāiespiež atpakaļ ar spēku



Parauga sagatavošana transportēšanai:

- parauga apakšas nogriešanas sekas: paraugā veidojas tukšumi:

Paraugs no 40 m dziļuma





IEGŪTIE PARAUGI

2021. gada 13.-15. septembris

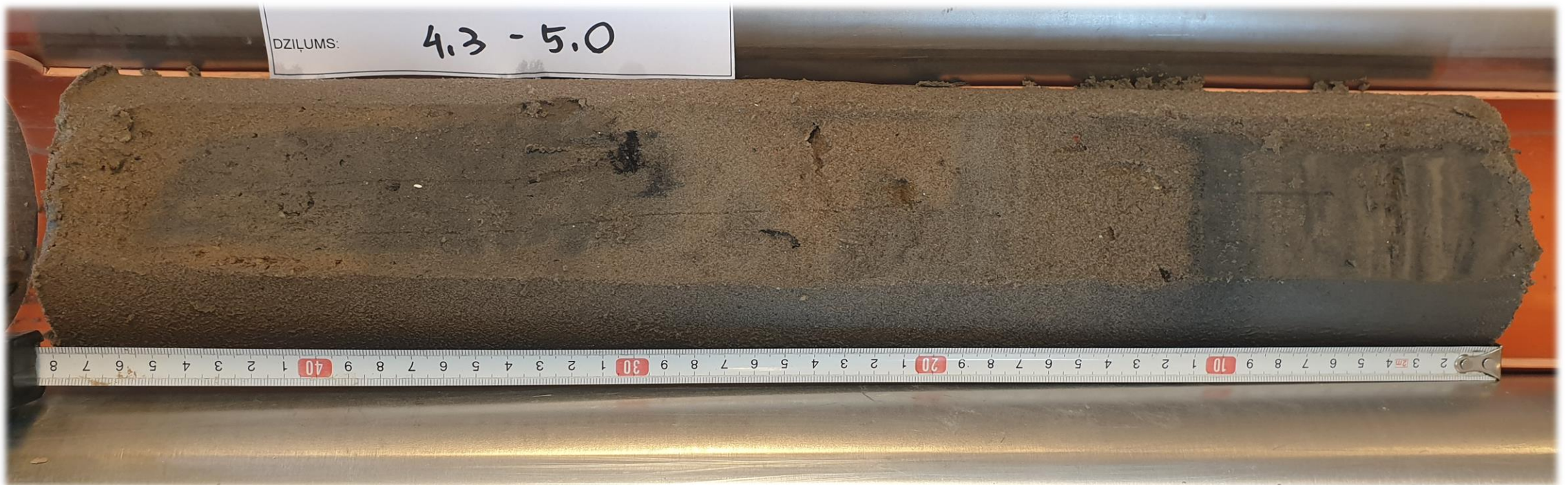
(darbus organizēja: R. Rozītis,
darbus vadīja, paraugoja: V. Smildziņš,
p.p. klātbūtne: R. Arhipenko)



AUGŠA

dziļums 4,3 – 5,0 m

APAKŠA

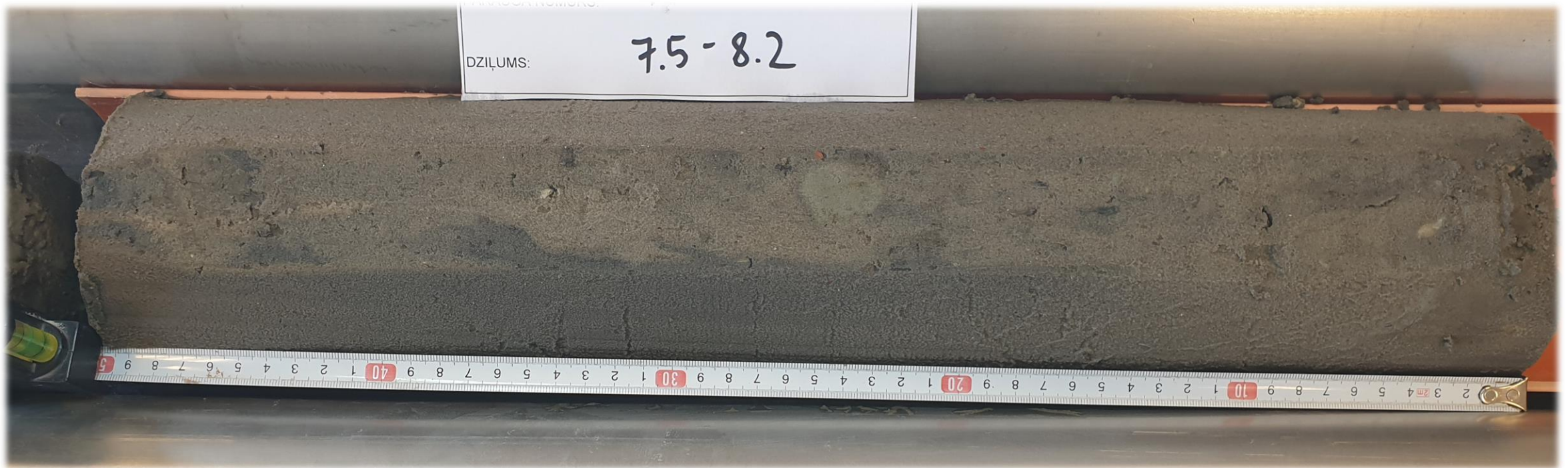




AUGŠA

dziļums 7,5 – 8,2 m

APAKŠA





AUGŠA

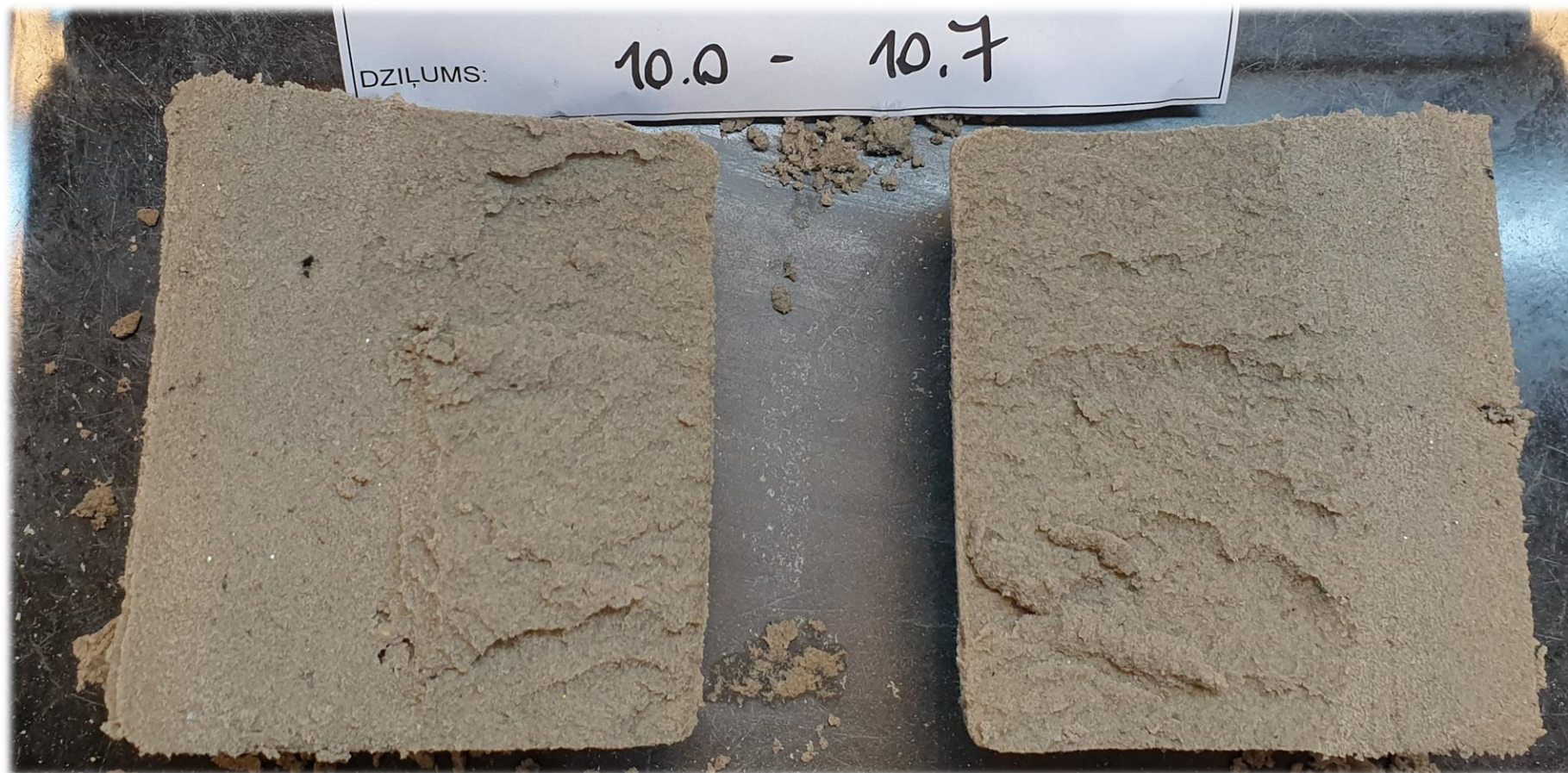
dziļums 10,0 – 10,7 m

APAKŠA





dziļums 10,0 – 10,7 m



Sausā blīvuma noteikšanai
paredzētās probes pusgriezuma-
puslūzuma aina.



AUGŠA

dziļums 21,8 – 22,5 m

APAKŠA





dziļums 21,8 – 22,5 m



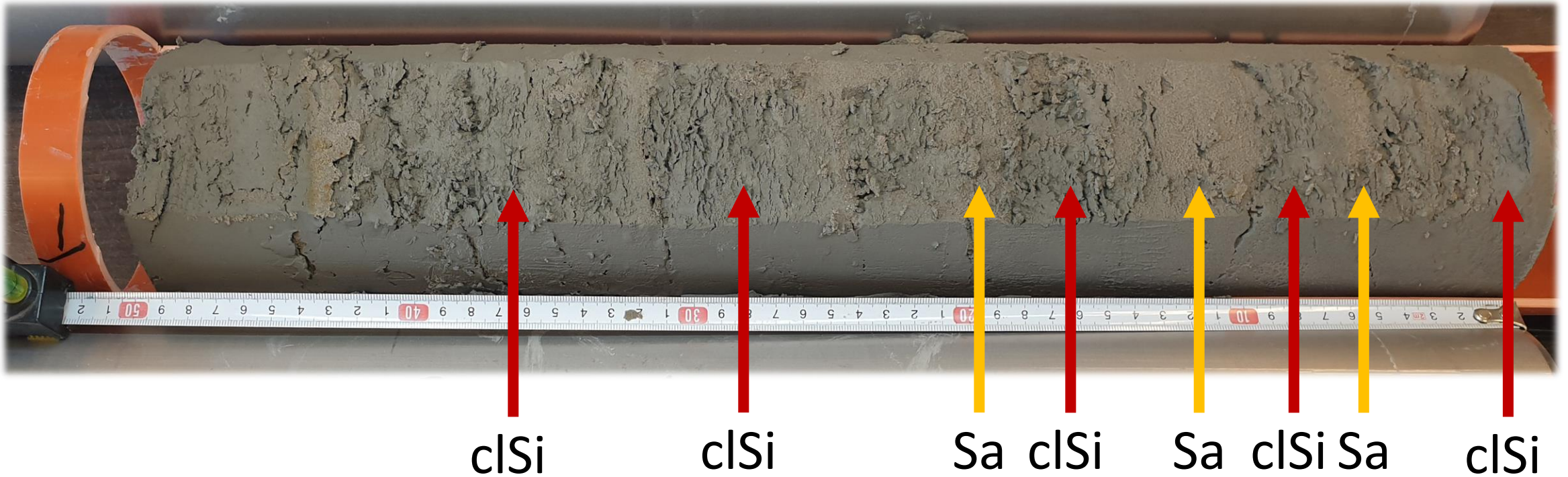
Sausā blīvuma noteikšanai
paredzētās probes pusgriezuma-
puslūzuma aina.



AUGŠA

dziļums 33,0 – 33,7 m

APAKŠA

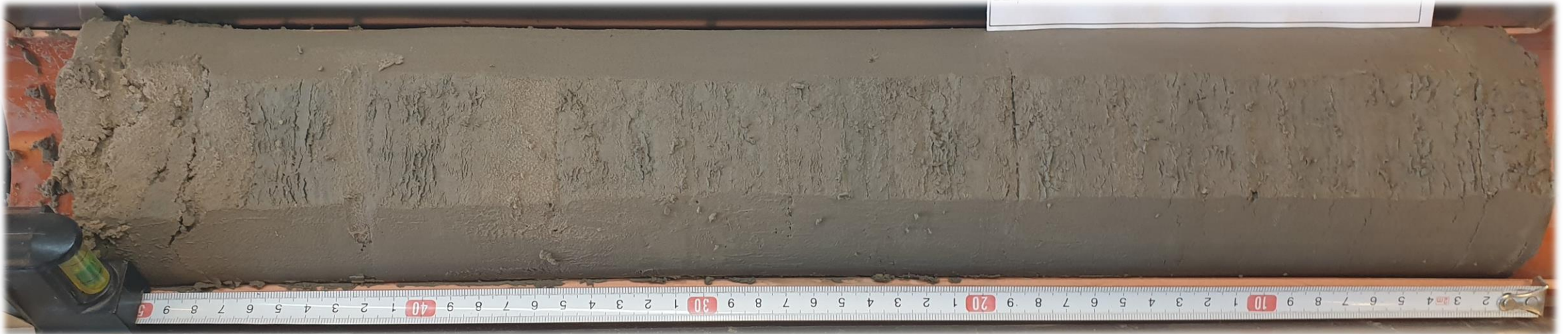




AUGŠA

dziļums 40,0 – 40,7 m

APAKŠA





dziļums 40,0 – 40,7m



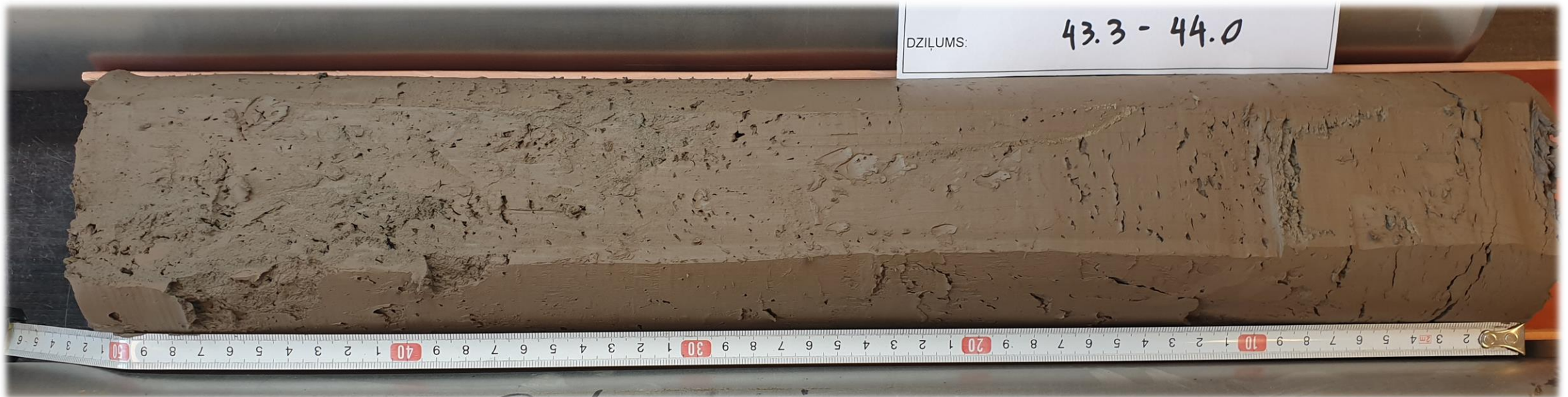
Sausā blīvuma noteikšanai
paredzētās probes pusgriezuma-
puslūzuma aīna.



AUGŠA

dziļums 43,3 – 44,0 m

APAKŠA





dziļums 43,3 – 44,0 m

Sausā blīvuma noteikšanai
paredzētās probes pusgriezuma-
puslūzuma aina.



Laukā pārļauztā parauga aina

Paraugu faktiskā kvalitāte

Parauga Nr.	Parauga noņemšanas dziļums, m		Grunts parauga intervāls, cm												
			Parauga augša							Parauga apakša					
	no	līdz	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
.1	4.30	5.00	-	-	-	-	IV	IV	IV	II	II	II	II	I	I
2	7.50	8.20	-	-	-	IV	III	III	III	II	II	II	II	II	II
.3	10.00	10.70	-	-	-	-	IV	IV	IV	II	II	I	I	I	I
-4	12.70	13.50	-	IV	IV	III	III	III	III	III	I	I	II	II	II
-5	15.30	16.00	-	IV	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	I	I	I
6	18.80	19.50	-	-	IV	IV	IV	IV	IV	I	II	II	II	-	-
7	21.80	22.50	-	-	II	II	II	II	I	I	I	I	I	I	I
8	25.80	26.50	-	-	-	III	III	III	III	II	II	I	I	I	I
9	29.50	30.20	-	-	-	-	-	-	-	III	III	II	II	II	II
10	33.00	33.70	-	-	-	IV	II	II	II	II	I	I	I	I	I
11	40.00	40.70	-	-	-	IV	II	II	I	I	I	I	I	I	I
12	43.30	44.00	-	-	-	IV	IV	IV	III	III	II	II	I	I	I
13	46.00	46.70	-	-	-	V	V	V	V	V	V	V	IV	IV	II
14	48.00	48.30	-	-	-	-	-	-	-	IV	IV	IV	IV	IV	IV
			Grunts kvalitātes klase, I-V												



PARAUGA

izņemšana no caurules

LABORATORIJĀ



Divi veidi kā to darīt :

1. izspiežot no caurules ar ekstrūderi virzienā uz parauga augšu, spiežot uz parauga apakšu;
2. ļoti mīkstas grunts gadījumā, lai nepārslogotu paraugu izspiešanas laikā, cauruli pārgriež uz pusēm un izceļ paraugu sāniski.



PRIEKŠROČĪBAS



PRIEKŠROCĪBAS

- 1) salīdzinājumā ar SPT paraugotāju, Šelbī caurule ļauj iegūt krietni netraucētāku grunts paraugu, ko pieļaujams pakļaut mehānisko īpašību noteikšanas testiem;
- 2) salīdzinājumā ar dubulto vai trīskāršo paraugošanas cauruli, paraugā pēc paraugošanas saglabājas sāniskie spriegumi un līdz ar to parauga transportēšana līdz laboratorijai paliek drošāka;
- 3) salīdzinājumā ar virzuļveida paraugotāju (piston sampler), Šelbī caurule ir krietni lētāka, vienkāršāka pēc konstrukcijas un robustāka darbā.



TRŪKUMI



TRŪKUMI

- 1) Salīdzinājumā ar virzuļveida paraugotājiem (piston samplers), metode neļauj precīzi kontrolēt paņemamā grunts parauga kvalitāti paraugošanas brīdī – **paraugotājs var iespieties urbumā apakšā urbšanas stieņu svāra ietekmē, ko var nesaprast;**
- 2) iepriekšminētais rada grunts pārspiešanas risku, t.i., kad iespiež par daudz (nesaprotot, ka jau līdz šim paraugotājs bija iespiesies), iespiežot standarta garumu. Iespiežot par daudz, tiek sablīvēts (saspiests vertikālā virzienā) grunts paraugs, kā rezultātā tas uzrādīs lielāku blīvumu, stingumu, OCR, c_u , ϕ' ;
- 3) atšķirībā no virzuļveida paraugotājiem metode prasa kvalitatīvu urbuma apakšas tīrīšanu no grunts paliekām, kas prasa papildus laiku un ir grūti kontrolējama;
- 4) atšķirībā no virzuļveida paraugotājiem metode neļauj droši kontrolēt retinājumu, dēļ kā ir jāstrādā ātri, bet maigi, kas zināmā mērā ir izaicinājums. Parasti parauga izvilksana no lielāka dziļuma bez rāvieniem vai triecieniem nesanāk, jo jāskrūvē nost urbšanas stieņi un pirms to atskrūvēšanas stieņu virkne jāpiekarina, balstot uz apvalkcaurules augšu, kas parasti notiek ar triecienu.



Paldies par uzmanību!