

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

**STATISKĀS ZONDĒŠANAS METODES IZMANTOŠANA
ORGANOĢĒNO UN SMILŠAINO
GRUNŠU ĪPAŠĪBU NOTEIKŠANĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: Juris Markvarts

Stud. apl. jm12037

Darba vadītāja: Sigita Dišlere

Maģ. ģeol.

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Markvarts J. "Statiskās zondēšanas metodes izmantošana organogēno un smilšaino grunšu īpašību noteikšanā". Bakalaura darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, 2015.

Bakalaura darba mērķis ir izpētīt likumsakarības un noteikt korelāciju starp organogēno un smilšaino grunšu fizikāli-mehānisko īpašību raksturlielumiem, veicot pētījumus ar statiskās zondēšanas (CPT) metodi un rezultātus korelējot ar laboratoriski noteiktiem šo grunšu fizikāli-mehānisko īpašību raksturlielumiem. Bakalaura izstrādes gaitā tika veikti statiskās zondēšanas un urbšanas darbi Rīgā, Pulkveža Brieža ielā 35. Urbšanas gaitā paņemtajiem traucētas un netraucētas struktūras paraugiem tika veiktas tā sastāva, fizikālo un mehānisko īpašību pārbaudes, ietverot organisko vielu saturu, granulometriskā sastāva, kompresijas testus un bīdes pretestības pārbaudes. Pēc lauka un laboratorijas pārbaudēm tika veikta to korelatīva salīdzināšana gan ar grunts sastāvu un fizikālajām īpašībām, gan ar stiprības un deformējamības raksturlielumiem. Noteiktas likumsakarības un rezultāti salīdzināti ar ģeotehniskās izpētes darbu rezultātiem pētījuma teritorijā un spēkā esošiem ģeotehniskās izpētes standartu korelācijas koeficientiem.

Atslēgas vārdi: *statiskā zondēšana, statiskās zondēšanas rezultātu korelācija, grunts laboratorijas pārbaudes, grunts bīdes pretestības pārbaudes, grunts kompresijas pārbaudes*

ANNOTATION

Markvarts J. "Cone penetration test as method for determination properties of organic and sandy soils". Bachelor paper. Riga, University of Latvia, faculty of Geography and Earth Sciences, 2015.

The aim of the bachelor paper is to research and to determine correlation between organogenic and sandy soils physical and mechanical properties in order with cone penetration (CPT) method and correlate results with physical and mechanical properties of soils, that was determined in laboratory analysis. There have been done the cone penetration tests and the drilling works in Riga, Pulkveža Brieža street 35 performing the bachelor paper. During the geological drilling works soil samples of disturbed and undisturbed structure were taken and later the laboratory tests was done to determine soils content, physical and mechanical properties including determination of organic content, grading composition, compression and shear strength tests. After the field works and laboratory tests correlative comparison was done between soils content, physical properties, strength parameters and deformation properties. The Certain regularities was carried out and the results were compared with previous geotechnical research results in area and also with existing geotechnical research standards.

Key words: cone penetration test, correlation of cone penetration results, soils laboratory tests, shear strength tests, soils compression tests

SATURS

IEVADS.....	6
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	8
1.1. Statiskās zondēšanas metodes pielietošana.....	8
1.1.1. Zondēšanas pielietošanas metodes vēsture.....	9
1.1.2. Statiskās zondēšanas aprīkojums un iegūstamie parametri.....	10
1.1.3. Grunšu klasifikācija un īpašības	12
1.1.4. CPT rezultātu interpretācija	13
1.1.5. Statiskās zondēšanas pētījumi Latvijas teritorijā.....	15
1.2. Pētījuma teritorijas ģeomorfoloģiskais raksturojums un ģeoloģiskā uzbūve.....	16
2. MATERIĀLI UN METODES.....	20
2.1. Statiskā zondēšana.....	20
2.2. Ģeoloģiskā urbšana.....	20
2.3. Laboratorijas pētījumi.....	22
2.3.1. Grunts cieto daļiņu blīvuma noteikšana.....	23
2.3.2. Grunts dabiskā mitruma noteikšana.....	24
2.3.3. Grunts plasticitātes un konsistences rādītāju noteikšana.....	24
2.3.4. Grunts granulometriskā sastāva noteikšana.....	25
2.3.5. Grunts organisko vielu satura noteikšana.....	27
2.3.6. Grunts kompresijas pārbaudes.....	27
2.3.7. Grunts bīdes pretestības pārbaudes.....	32
2.3.8. Rezultātu korelācija.....	35
3. REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA.....	36
3.1. Grunts klasifikācijas izvēle.....	36
3.2. Lauka darbu rezultāti.....	36
3.3. Laboratorijas pētījumu rezultāti.....	41
3.4. Iegūto rezultātu korelācija un interpretācija.....	47
DISKUSIJA.....	56
SECINĀJUMI.....	57
PATEICĪBAS.....	58
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS.....	59
PIELIKUMI.....	63
1. Pielikums. Statiskās zondēšanas rezultāti.....	64

2. Pielikums. Granulometriskā sastāva analīžu rezultāti.....	79
3. Pielikums. Kompresijas pārbaudes rezultātu aprēķins.....	85
4. Pielikums. Kompresijas pārbaudes rezultāti.....	86
5. Pielikums. Kompresijas pārbaudes rezultāti.....	87
6. Pielikums. Statiskās zondēšanas rezultātu statistiskā apstrāde.....	93

IEVADS

Jebkura būvniecības objekta drošas projektēšanas, celtniecības un ekspluatācijas priekšnoteikums ir ģeotehniskās izpētes kvalitatīva veikšana, kas ietver grunšu tipa, saguluma un to izplatības likumsakarību paredzētajā būvniecības vietā un šo grunšu fizikāli-mehānisko īpašību noteikšanu. Galvenais minētās informācijas ieguves veids ir *in situ* lauka pārbaudes un laboratorijas pārbaudes.

Ja laboratorijas pārbaudes metožu pielietošanā attiecīgo grunšu parametru noteikšanā valda zināma vienprātība, tad mazliet citādāk ir ar *in situ* pārbaudēm. Neskatoties uz metožu tehnoloģisko attīstību un pieejamo lielo informācijas datu bāzi, vēl joprojām brīžiem tiek kultivēts mīts par to, ka grunšu mehānisko īpašību noteikšanā var izmantot cilvēka intuīciju un sestās maņas spējas. Tas izpaužas kā realizēti būvniecības objekti, kuru inženiertehniskie aprēķini realizēti uz „ģeotehniskās” izpētes pārskatiem, kas ietver tikai urbšanas darbus un, neskatoties uz to, ir noteiktas grunts slāņu mehāniskās īpašības.

Atbilstoši spēkā esošajiem normatīviem dispersām un sīkdispersām gruntīm ir izmantojamas tādas lauka pārbaudes metodes kā dinamiskā zondēšana „DP” (LVS EN ISO 22476-2), svarzondēšana „WST” (LVS EN ISO/TS 22476-10), statiskā zondēšana „CPT” (LVS EN ISO/TS 22476-1⁵) u.c. Katrai izmantojamai metodei ir savi trūkumi un priekšrocības. Pielietojamā zondēšanas metode ir atkarīga no pētāmo grunšu ģenēzes, tipa un izplatības dziļuma. Smilšaino un biogēno grunšu stratifikācijas un īpašību noteikšanā pašlaik vispopulārākā metode ir statiskā zondēšana - CPT (*cone penetration test*).

Ņemot vērā celtniecības vispārējo attīstību, apbuvētas tiek arī no būvniecības viedokļa nelabvēlīgās teritorijas – palieņu ielejas, purvu masīvi un Piejūras zemiens, ko veido Litorīnas jūras (mQ^{lit}) un Ancilus ezera (mQ_4^{anc}) vāji litificētie nogulumi, kur vairumā gadījumos pamatbūves risinājumam pielieto pāļus. Pāļu projektējamās nestspējas aprēķins nav veicams bez statiskās zondēšanas pielietošanas kā Latvijas, tā arī Eiropas Savienības (turpmāk tekstā – ES) attiecīgos normatīvos.

Bakalaura darba mērķis ir izpētīt likumsakarības un noteikt korelāciju starp organogēno un smilšaino grunšu fizikāli-mehānisko īpašību raksturlielumiem, veicot pētījumus ar statiskās zondēšanas (CPT) metodi un nosakot tos laboratoriski.

Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti vairāki darba **uzdevumi**:

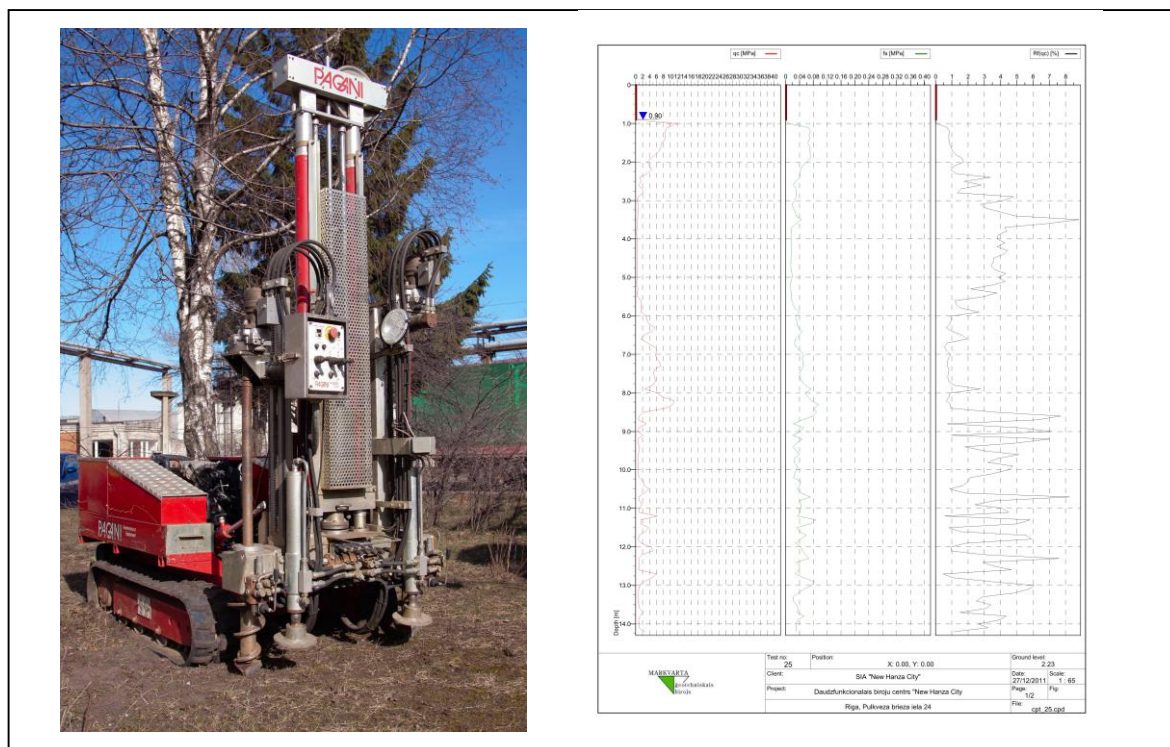
- iepazīties ar pieejamo publicēto un nepublicēto literatūru par statiskās zondēšanas metodes pielietošanu un pielietošanas vēsturi;
- iepazīties ar literatūru par statiskās zondēšanas rezultātu interpretēšanu;

- iepazīties ar literatūras avotiem par pētījuma vietas ģeoloģisko uzbūvi;
- piedalīties lauka darbu veikšanā un paraugu noņemšanā;
- veikt noņemto paraugu laboratorijas analīzes;
- veikt iegūto CPT un laboratorijas rezultātu statistisko apstrādi, korelāciju un analīzi;
- noteikt likumsakarības starp CPT rezultātiem un laboratoriski noteiktiem grunšu fizikāli-mehāniskiem raksturlielumiem un izdarīt secinājumus.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Statiskās zondēšanas metodes pielietošana

Statisko zondēšanu (*Cone Penetration Test*), sauktu arī par zondēšanu ar Holandes (holandiešu) konusu, pielieto grunts stiprības parametru iegūšanai, kā arī grunts saguluma neviendabības raksturošanai. Statiskās zondēšanas procesa gaitā zondes konusveida uzgalis tiek spiests gruntī ar konstantu ātrumu. Zondēšanas gaitā tiek iegūti tādi grunts īpašību raksturojoši parametri kā pretestība zondes konusam (q_c), sānu berze (f_s), sānu berzes un pretestības konusam attiecība (R_f) un citi parametri, kas raksturo zondes stāvokli testa izpildes laikā (skat. 1.1 attēlu). Pielietojot speciālizētus uzgaļus atkarībā no zondēšanas mērķa papildus var iegūt tādus parametrus kā poru ūdens spiedienu (u), elektrisko pretestību (R) u.c.



1.1 attēls Statiskās zondēšanas iekārta PAGANI TG63-150 (autora foto, 2012.g.) un statiskās zondēšanas rezultātu grafiskais attainojums ar q_c , f_s , R_f vērtībām (SIA „Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2011)

1.1.1. Zondēšanas pielietošanas metodes vēsture

Zondēšanas metožu pielietošanas pirmssākumi, domājams, ir cieši saistīti ar celtniecības un civilizācijas attīstību kopumā. Kaut arī literatūras avotos nav skaidri definētas pielietotās metodes, bet ir diezgan skaidri saprotams, ka bez atbilstošas grunšu īpašību noskaidrošanas nebūtu iespējama monumentālo, sakrālo vai sabiedrisko būvju celtniecība, kas saglabājusies līdz pat mūsdienām.

Literatūras avotos (Ziemelis, 1938) minēts romiešu būvinženieris Vitruviuss, kas 13. gadā aprakstījis metodiku pamatbūvei un noteica grunts “sliktos” un “cietos” slāņus purvainā apvidū, lai zinātu cik dziļi jādzen apdedzināti alkšņa vai olīvkoka pāļi. Metode nav aprakstīta, bet domājams, kaut kāda metode tika izmantota, lai noteiktu cik dziļi jādzen pāļis. Līdzīga metodika varētu būt pielietota, kad Cēzara leģions forsēja Reinas upi. Citā literatūrā (Sanglerat, 1974) atrodami fakti par Šarla O. Kulona grunts pārbaudēm lielgabalu izvietošanai Marseļas ostā imperatora Napoleona (tad vēl ģenerāļa) vajadzībām ap 1782.g.

Vēsturiski pirmās statistiskās zondēšanas pārbaudes, kas līdzīgas mūsdienās lietojamām, datējam ar 1917.gadu, kad tika veikti pirmie statistiskās zondēšanas mēģinājumi Zviedrijas dzelzceļa tīkla būvniecības vajadzībām un vēlāk arī Dānijas dzelzceļa tīkliem 1927. gadā (Meigh, 1987).

1932.gadā holandiešu inženieris P.Barentsens veica pirmos mehāniskos statistiskās zondēšanas testus, pielietojot vienkāršu gāzes cauruli un metāla stieni ar konusveida uzgali. Uzgalis ar 10cm² laukumu un 60° ir prototips visām vēlākām zondes modifikācijām. Maksimālais zondēšanas dziļums bija 10 – 12 m, un grunts pretestība konusam tika nolasīta no manometra (Lunne, 1997). Vēlāk, ņemot par pamatu Barentsena prototipu, metode vairākkārtīgi tika uzlabota, galvenokārt, no funkcionālā viedokļa.

Būtisks pavērsiens statistiskās zondēšanas metodes attīstībā saistāms ar 1953.gadu, kad Begemans (*Begemann*) pilnveidoja iekārtu un papildus konusa pretestībai bija iespējami sānu berzes mērījumi. (Lunne, 1997).

Pirmā statistiskās zondēšanas elektriskā modifikācija tika izveidota 1948.gadā, un tā ļāva parametrus nolasīt ar devēju palīdzību, bet plašākā lietošanā elektriskā zonde (penetrometrs) nonāca 1965.gadā (Meigh, 1987).

1974.gadā ierīce tika papildināta ar iespēju mērīt poru ūdens spiedienu un tā izkliedi statistiskās zondēšanas laikā (Lunne, 1997), kas ļāva aprēķināt grunts konsolidācijas koeficientu.

1.1.2. Statiskās zondēšanas aprīkojums un iegūstamie parametri

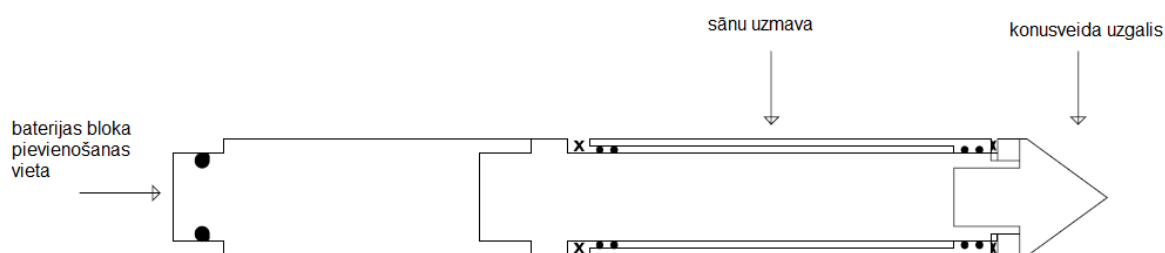
Statiskās zondēšanas aprīkojumu atbilstoši spēkā esošiem standartiem (LVS EN ISO 22476-12⁶, LVS EN ISO 22476-1⁵) var iedalīt divos tipos: mehāniskās (CPTM) un elektriskās (CPT/CPTU) zondes. Abu sistēmu galvenā atšķirība ir datu nolasīšanas veidā. Mehānisko sistēmu gadījumā datu nolasījumu veic zondēšanas operators no manometra, bet, lietojot elektrisko sistēmu, dati caur kabeli zondes korpusā tiek raidīti uz datu uztvērēju, kur tiek pārraidīti tālāk uz datora *interfeisa* bloku un, izmantojot atbilstošu datorprogrammu, tiek saglabāti atmiņā.

Galvenā elektrisko penetrometru priekšrocība ir iespēja uz datora ekrāna sekot līdzi visiem raksturlielumiem CPT veikšanas laikā. Vēl tiek pielietota akustiskā datu pārraide, kas atvieglo procesa izpildi, jo nav nepieciešams kabelis (Lunne, 1997). Elektriskās sistēmas papildus ir iespējams aprīkot ar papildierīcēm, kas ļauj mērīt poru ūdens spiedienu (CPTU).

Statiskās zondēšanas gaitā zonde tiek hidrauliski iespiesta gruntī, izmantojot tam piemērotu tehniku, procesa laikā nodrošinot nemainīgu iespiešanas ātrumu $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$ (Lunne, 1997). Iespiešanas aprīkojumam parasti izmanto speciāli aprīkotas pašgājēju iekārtas ar enkurošanu (skat. 1.1 attēlu) vai urbšanas un speciāli pielāgotu smago tehniku.

Pētījumā tika lietota Zviedrijā ražota „Geotech” 35,6 mm CPT zonde ar akustisko datu pārraidi (skat. 1.2 attēlu) ar šādiem tehniskiem raksturlielumiem:

- konusa uzgaļa virsmas laukums 10 cm^2 ar leņķi 60° ;
- berzes uzdeva 15 cm ar uzdevas laukumu 150 cm^2 ;
- maksimālā pretestība konusam 50 MPa;



1.2 attēls CPT elektriskā zonde ar akustisko datu pārraidi (pēc „Geotech” lietotāja rokasgrāmatas)

Elektriskās zondēšanas procesa izpildes gaitā tiek iegūti šādi grunts īpašības raksturojoši raksturlielumi:

Pretestība konusam (q_c) – tiek aprēķināta no kopējās pretestības uz konusu Q_c , kas tiek dalīta uz konusa lakumu A_c (Lunne, 1997). Mērvienības izteiktas MPa.

Īpatnējā pretestība konusam q_c tiek mērīta, sagraujot grunti, un tas ir grunts stiprības rādītājs. Grunts pretestība konusam ir atkarīga no grunts sasaistes c , iekšējā berzes leņķa ϕ un kopējā deformācijas moduļa E , kas savukārt ir atkarīgs no grunts sastāva (Фурмонавичюс, 1975). Atbilstoši Latvijas spēkā esošajiem normatīviem (LBN005-99) q_c raksturlielumus kompleksā ar laboratorijas pārbaudēm var izmantot grunšu fizikāli-mehānisko īpašību noteikšanā (grunts blīvums, grunts daļiņu blīvums, stiprības raksturlielumi u.c).

Sānu berze (f_s) – tiek aprēķināta no kopējā spēka, kas tiek radīts uz berzes uznavu F_s , kas tiek izdalīts ar kopējo uznavas laukumu A_s (Lunne, 1997). Mērvienības izteiktas KPa vai MPa.

Sānu berzes koeficients (R_f) – tiek aprēķināts sānu berzi f_s izdalot ar pretestību konusam q_c , rezultātu reizinot ar 100 (Lunne, 1987). Koeficients tiek izteikts procentos. Koeficientam ir raksturīga maza vērtība smilšainās gruntīs un salīdzinoši lielāka vērtība saistīgās gruntīs (Meigh, 1987).

Poru ūdens spiediens (u) – tiek aprēķināts, zondi apstādinot vajadzīgajā slānī un mērot poru spiediena izkliedi laikā (Lunne, 1997). Mērījuma veikšanai nepieciešams speciāli sagatavot aprīkojumu saskaņā ar zondes ekspluatācijas instrukciju. Veicot poru ūdens spiediena mērījumus, ir nepieciešams pārrēķināt arī iegūtās pretestības konusam (q_c) vērtības uz koriģēto pretestību konusam (q_t).

Papildus galvenajiem raksturlielumiem tiek iegūti dati par zondes stāvokli, pēc kuriem var spriest par testa izpildes kvalitāti:

Zondēšanas dziļums – zondēšanas gaitā tiek mērīts zondēšanas dziļums. Standarta zondēšanas tests tiek veikts ar ātrumu 2 cm/sekundē, līdz ar to tiek ierakstīts dziļums ik pēc 2 cm intervāla (Enģele, 2014).

Zondes vertikālās nobīdes leņķis – penetrācijas testu uzsākot, zondēšanas iekārtai jābūt pēc iespējas tuvu vertikālai pozīcijai. Zondēšanas laikā novirze no vertikālās ass nedrīkst pārsniegt 2° (Lunne, 1997). Šis raksturlielums atkarīgs no zondes sākotnējā vertikālā stāvokļa, uzsākot zondēšanu, kā arī no grunts sastāva. Pēc zondēšanas operatoru praktiskās pieredzes, vertikālais nobīdes leņķis zondēšanu uzsākot parasti atrodas robežās $0,3 - 1,0^\circ$. Ja pirms zondēšanas tiek pielietota līderurbšana cauri uzbērtajām gruntīm, nobīdes leņķis var sasniegt 2° , tāpēc atsevišķos gadījumos līderurbumus aizber ar smilts materiālu. Vertikālais nobīdes leņķis var palielināties līdz ar zondēšanas dziļumu un ir atkarīgs no ģeoloģiskās uzbūves.

Zondējumos, kuru dziļums pārsniedz 15 m, ir ieteicams veikt vertikālās nobīdes mērījumus, lai būtu iespējams veikt zondējuma dziļuma korekciju (Lunne, 1997).

Mērījumus ietekmējošie faktori

Lai statistiskās zondēšanas mērījumi būtu korekti, regulāri ir jāpārbauda zondēšanas aprīkojuma nolietojums, kas galvenokārt attiecas uz konusa uzgaļa un berzes uznavas nodilumu. Nekonstatējot vizuālus vai tehniskus bojājumus, „Geotech” ražotāja prasība ir kalibrēt zondi pēc katriem nozondētiem 1500 m.

1.1.3. Grunšu klasifikācija un īpašības

Pētījuma teritorija atrodas Daugavas labā krasta palieņu ielejā ar raksturīgu smilšaino un dūņaino grunšu izplatību. Spēkā esošie būvnormatīvi LBN 207-01 „Ģeotehnika. Būvju pamati un pamatnes”, LBN 214-03 „Ģeotehnika. Pāļu pamati un pamatnes” un LBN 005-99 „Inženierizpētes noteikumi būvniecībā” nosaka obligātu zondēšanas datu izmantošanu būvju pamatu un pamatņu aprēķinos. Kā vienu no zondēšanas veidiem normatīvi paredz statisko zondēšanu. Normatīvi paredz arī pamatnes grunts klasificēšanu atbilstoši standartam Nr. LVS 437:2002 „Būvniecība. Gruntis. Klasifikācija”. Saskaņā ar to, smilšainās gruntis ietilpst nesaistīto nogulumu grupas smilšaino grunšu apakšgrupā, bet dūņas un dūņainas mālainas gruntis pieder vāji saistīto nogulumu grupas biogēno grunšu apakšgrupai.

Smilšainās gruntis

Nesaistīto grunšu struktūras galvenais rādītājs ir cieto (minerālo) sastāvdaļu izmēri. Pēc izmēriem tuvas grunts sastāvdaļas apvieno grupās, kuras sauc par granulometriskajām frakcijām. Sastāvdaļu izmērus izsaka milimetros, bet ar atsevišķu frakciju saturu gruntī, ko izsaka procentos no grunts kopējās masas sausā stāvoklī, raksturo grunts granulometrisko sastāvu (Indāns, 1986). Atbilstoši klasifikācijai smilšainās gruntis iedala tipos atkarībā no noteiktiem grunts daļiņu izmēriem, to procentuālā sastāva grunts sastāvā un grunts granulometriskā sastāva neviendabīguma pakāpes C_u . Saskaņā ar LVS 437:2002 smilts frakcijā ietilpst visas tās grunts sastāvdaļas, kuru izmēri ir no 2 līdz 0,05 mm. Savukārt Eiropas normatīvos (LVS EN 1997-2) granulometriskā sastāva noteikšanai izmanto tā saucamo “2-6” sistēmu, ar cieto daļiņu izmēriem smilts frakcijai 2 – 0,63 mm, putekļu frakcijai 0,63 – 0,002 mm, māla frakcijai <0,002 mm, ņemot vērā smilts neviendabīguma pakāpi C_u .

Saskaņā ar LBN005-99 un LVS EN 1997-2, izmantojot statistiskās zondēšanas konusa pretestības (q_c) rezultātus, ar atšķirīgām korelatīvām sakarībām smilts gruntīm var noteikt sekojošus raksturlielumus:

- Relatīvo blīvumu (I_D)
- blīvumu (ρ)
- bīdes pretestību (τ)
- stiprības raksturlielumus (c un φ)
- deformācijas moduli (E)

Smiltsiežu deformējamību nosaka to porainība (n), kas dabiskā saguluma stāvoklī atkarībā no granulometriskā sastāva un sablīvētības ir 30 – 50 %. Porainību ietekmē arī smilts graudiņu forma. Atkarībā no transportējošās vides, smilts gruntīm var būt noapaļa forma vēja akumulatīvas darbības rezultātā un šķautņaina forma ūdens vidē transportētiem.

Biogēnās gruntis

Atbilstoši LVS 437:2002 biogēnās gruntis iedalās vairākos tipos – dūņas, sapropelis, pārkūdrota smilts un kūdra. Ģenētiski organogēno un organogēni-minerālo vāji litificēto nogulumu tipi raksturojas ar līdzīgiem veidošanās apstākļiem – ūdens piesātinātā vai pārmitrā vidē, ar tur notiekošiem sarežģītiem mikrobioloģiskiem un bioķīmiskiem sadalīšanās procesiem un to produktu uzkrāšanos anaerobos apstākļos (Амарян, 1990).

Visas minētās biogēnās gruntis atbilstoši LBN005-99 tiek pieskaitītas pie būvniecībai nelabvēlīgām un apzīmētas kā vājās gruntis. Minētajām gruntīm raksturīga liela porainība un mitrums, liela saspiežamība, ilgstoša konsolidācija un vāja nestspēja. Dūņu tipu izdala pēc plastiskuma skaitļa (I_p) un sīkāk iedala mālsmilts, smilšmāla vai māla dūņās. Dūņu veids sīkāk tiek iedalītas pēc porainības koeficienta (e) vērtībām – smilšainas dūņas $e > 1$, mālainām dūņām $e > 1,5$. Dabiskajā sagulumā dūņām dabiskais mitrums (W) pārsniedz plūstamības robežas mitrumu (W_L) un tās atrodas slēpti plūstošā stāvoklī.

1.1.4. CPT rezultātu interpretācija

Smilts un dūņu nogulumiem piemīt savas specifiskās īpašības, kuras atspoguļojas CPT zondēšanas rezultātos. Šos rezultātus var pielietot grunts griezuma stratifikācijā un īpašību raksturošanā, kas galvenokārt tiek pielietota būvju pamatu projektēšanā.

Smiltīm raksturīga augsta pretestība konusam (q_c) ar zemām sānu berzes koeficienta (R_f) vērtībām. Bet dūņas, kūdras un materiālu ar organiskā materiāla piejaukumu var raksturot ar

zemu pretestību konusam (q_c) pie salīdzinoši lielām berzes koeficienta (R_f) vērtībām (Meigh, 1987). Neskatoties uz iepriekš minēto, CPT zondēšanas raksturlielumu (q_c , f_s un R_f) drošai interpretācijai ir nepieciešama dublēšana ar urbšanas darbiem, ar paraugu noņemšanu un testēšanu laboratorijā.

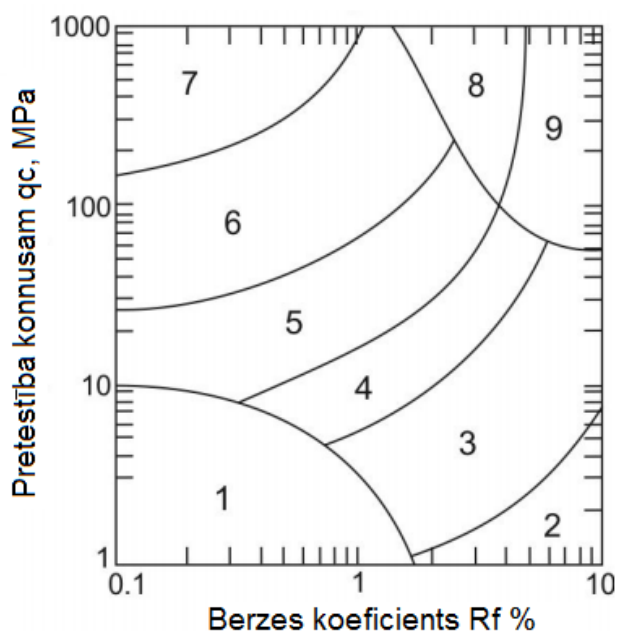
CPT zondēšanas rezultātus var izmantot kā netiešu korelatīvu metodi grunts fizikālo, stiprības un deformējamības īpašību noteikšanā attiecībā pret tiešajām šo īpašību noteikšanas metodēm – pārbaudes ar spiedogu, pressiometru, spārniņgriezi un laboratorijas pārbaudēm. Tās pielietojanas vēsturē ir savākts liels daudzums salīdzinoša materiāla, kuru rezultātu atšķirības ir nelielas (Фурмонавичюс, 1975). LBN005-99 4. pielikumā ir atrodamas stiprības un deformējamības tabulas, kurās deformācijas moduļa (E) vērtības var noteikt atkarībā no konusa pretestības (q_c) (skat. 1. tabulā). Normatīvā nav norādīta šo sakarību izstrādes pamatojums, bet visdrīzāk dati izstrādāti uz korelatīvi salīdzinošo pētījumu pamata.

1.tabula

Smilts grunšu deformācijas modulis (LBN005-99 4.pielikuma 5.tabula)

Nr. p.k.	Grunts raksturojums	Deformācijas modulis E (MPa) atkarībā no q (MPa)							
		2	4	6	8	10	12	14	16
1.	Vidēji rupja smilts:								
1.1.	vāji mitra un mitra	11	20	26	31	37	41	46	50
1.2.	piesātināta ar ūdeni	9	16	21	25	30	33	37	40
2.	Smalka smilts:								
2.1.	vāji mitra un mitra	10	17	22	29	35	40	45	> 45
2.2.	piesātināta ar ūdeni	8	14	18	23	28	32	36	> 36
3.	Putekļaina smilts:								
3.1.	vāji mitra un mitra	7	14	20	26	31	36	41	> 41
3.2.	piesātināta ar ūdeni	6	12	17	22	26	30	34	> 34

Pēc CPT zondēšanas q_c un R_f rādījumiem grunts klasificēšanu var veikt pēc Robertsona izstrādātās diagrammas (Lunne, 1997) (skatīt 1.3 attēlu).



Zona	Grunts tips	Zona	Grunts tips	Zona	Grunts tips
1.	Mainīga, smalkgraudaina	4.	Putekļu maisījums; mālais puteklis līdz puteklains māls	7.	Granšaina smilts līdz smilts
2.	Organogēnas grunts - kūdras	5.	Smilts maisījums; puteklaina smilts līdz smilšaini putekļi	8.	Sīksta smilts līdz mālaina smilts
3.	Māls - puteklains māls līdz māls	6.	Smilts; tīra smilts līdz puteklaina smilts	9.	Sīksta smalkgraudaina smilts

1.3 attēls Grunts klasifikācija pēc CPT rezultātiem (pēc Lunne, 1997)

1.1.5. Statiskās zondēšanas pētījumi Latvijas teritorijā

Statiskā zondēšanas pētījumi Latvijā tiek veikti kopš XX gadsimta 70. gadiem, kad Latvijas, Igaunijas un Lietuvas teritorijās institūcijās „Enerģotīkluprojekts”, „Siltumenerģoprojekts”, „Estonprojekts” tika lietota PSRS „Fundamentprojekta” izveidota mehāniskā statiskā zondēšanas iekārta „S-979” ar zondes diametru 35,7 mm. Ar ierīces palīdzību varēja veikt konusa pretestības (q_c) un sānu berzes summārās (visiem zondēšanas stieņiem) vērtības mērījumus. (Арбейтер, 1977; Вилкаушс, 1975).

1973. gadā Latvijas teritorijā (Lietuvā kopš 1965.g.) tika lietota institūta „VSEGINGEO” izstrādātā zonde „SPK Penikārs”. Zondes konusa diametrs bija 50,5 mm, konusa leņķis 30° un to varēja izmantot arī gamma-gamma un neitronu starojumu mērījumiem – grunts blīvuma, grunts daļiņu blīvuma un tilpuma ūdenssatura noteikšanai (Вилкаушс, 1975).

Kopš XX gadsimta 80.gadu sākuma līdz 90. gadiem Baltijā statiskās zondēšanas vajadzībām tika lietota PSRS ražota elektriskā zonde PIKA un tās dažādas modifikācijas (PIKA-9 līdz PIKA-14). Zondes galvenās priekšrocības bija iespēja uz kvēldiegu indikatora atsevišķi nolasīt konusa pretestības (Q_c) un stieņu berzes (F_s) rādījumus (п/о Гипрострой-материалы, 1983).

Sākot ar 21. gs. sākumu līdz mūsdienām galvenokārt ģeotehniskās izpētes vajadzībām tiek izmantotas mehāniskās CPTM Begemann zondes (SIA „BGMS”, 2010) un akustiskās CPT/CPTU zondes (SIA „ĢEO”, 01.2007; SIA „Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2011).

Pēdējos gados veikti arī vairāki pētījumi par statiskās zondēšanas metodes pielietojanu dažādu grunšu pētīšanā. Autori apskata statiskās zondēšanas rezultātu korelācijas iespējas ar grunšu granulometrisko sastāvu, organisko vielu saturu un citām īpašībām (Grava, 2010; Eņģele, 2014).

1.2. Pētījuma teritorijas ģeomorfoloģiskais raksturojums un ģeoloģiskā uzbūve

Pētījuma teritorija atrodas Rīgas pilsētas Pētersalas-Andrejsalas mikrorajonā (Rīgas pilsētas apkaimes) Pulkveža Brieža ielā 35 (skat 1.3 attēlu), kas ģeomorfoloģiski ietilpst Piejūras zemienes Rīgavas līdzenumā (LVGD Dabas apvidi).



1.3 attēls Ortofoto ar pētījuma vietu Rīgā, Pulkveža Brieža ielā 35 (Rīgas ortofoto karte).

Rīgavas līdzenums piekļaujas Rīgas jūras līča dienvidu krastam un ietver kā bijušo Litorīnas jūras lagūnu ar reliktajiem ezeriem (Lilastes, Lielais, Mazais Baltezers, Ķīsezers, Juglas ezers), tā arī Daugavas lejteci un Rīgas un tās tuvākās apkārtnes teritoriju. Litorīnas jūras senais krasts tagad atrodas ap 5 m vjl. un ir minēto ezeru, kā arī Daugavas pamatkrasts. Zemes

virsmā ir līdzena, bieži pārpurvota, ar atsevišķām līdz 10-15 m augstām kāpām un kāpu masīviem. Līdzenuma ziemeļdaļa atrodas plašā zemkvartāra virsmas pazeminājumā, kas turpinās Rīgas jūras līča akvatorijā (Brangulis, 2000).

Izpētes teritorija atrodas Daugavas labā krasta palieņu ielejā ar relatīvi līdzenu dabīgo reljefu 0,5 – 1,0 m vjl. robežās. Izpētes teritorija un tai pieguļošās teritorijas pārsvarā ir tehnogēni pārveidotas (uzbērtas) ar virsmas atzīmi 2 – 4 m vjl., galvenokārt, mazstāvu (2st.) un daudzstāvu (5-12 st.) ēku celtniecības rezultātā, kā arī vispārējas teritorijas infrastruktūras attīstības rezultātā.

Pēc daudziem inženierģeoloģiskās un ģeotehniskās izpētes pārskatiem laika periodā no XX gadsimta 70. gadiem līdz mūsdienām (Latgiprodortrans, 1968-1970; SIA „ĢEO”, 01.2007; SIA „ĢEO”, 02.2007; SIA „Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2011) par tuvāko apkaimi var secināt, ka subkvartāro virsmu veido augšdevona Franas stāva Amatas (D_{3amt}) un Pļaviņu (D_{3pl}) svītas pamatieži. Amatas svītas pamatieži pārstāvēti ar sarkanbrūnu, puscietu līdz cietu mālu, ar plānām smilšakmens un aleirolīta starpkārtām, un vāji līdz vidēji cementētiem smilšakmeņiem un aleirolītiem ar māla starpkārtām. Amatas svītas pamatiežu virsmas dziļums ir 34 – 35 m (abs. atzīmju -24 līdz -30 m robežās). Mālainā materiāla dominance iezīmē Franas stāva transgresīvā etapa beigu posmu ar būtisku hidrodinamisko apstākļu maiņu.

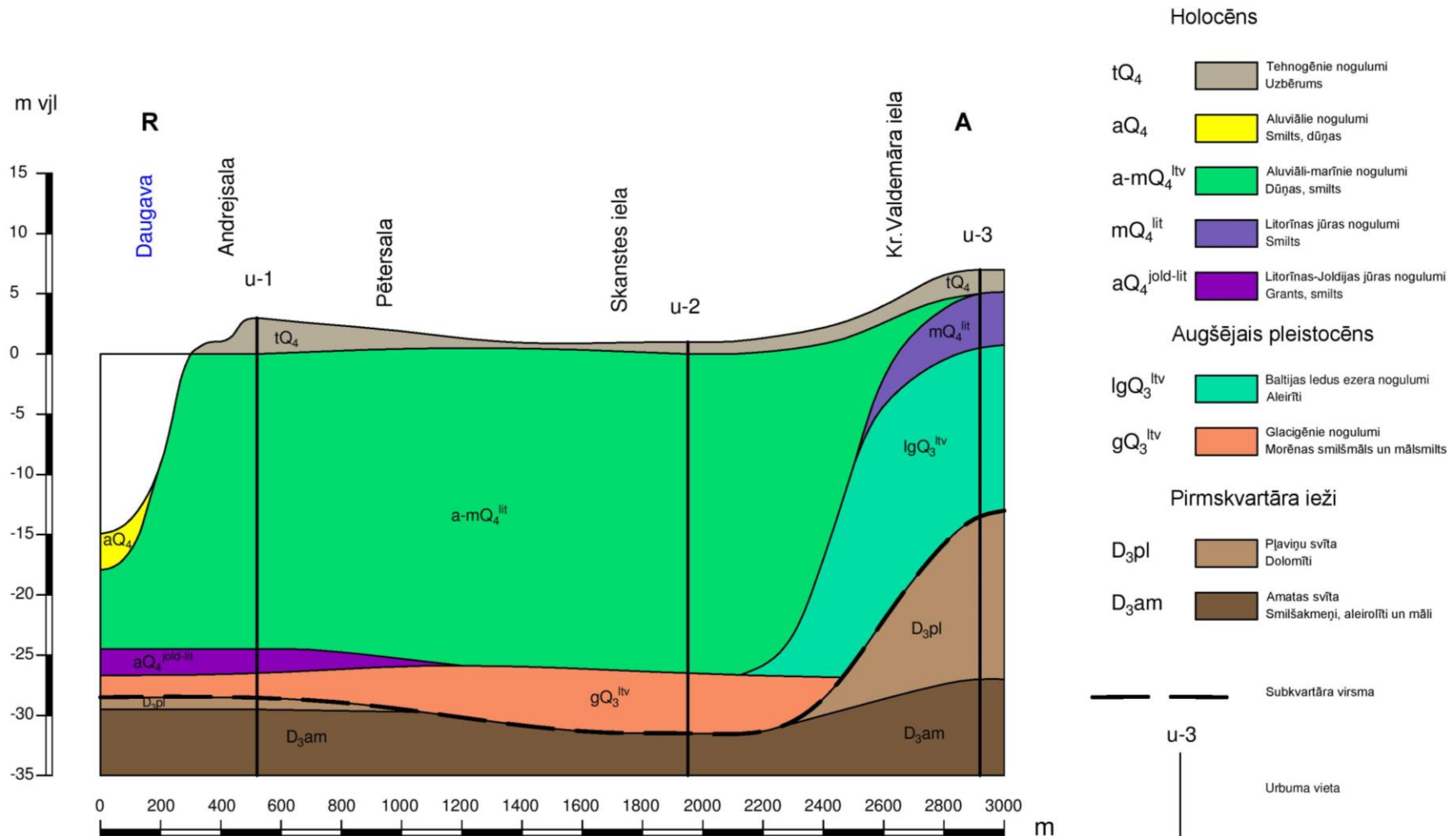
Virs Amatas svītas pamatiežiem griezumu veido Pļaviņu svītas dolomīti, merģeļi un vietām māli. Pļaviņu svītas nogulumu veidošanās iezīmēja būtiskas sedimentācijas apstākļu izmaiņas Galvenajā devona laukā, tajā skaitā arī Latvijas teritorijā – klastisko sedimentāciju, kura dominēja jau no paša devona sākuma, nomainīja pārsvarā karbonātisko nogulumu izgulsnēšanās, kas raksturīga turpmākajai Franas laikmeta attīstībai (Brangulis, 2000). Slāņkopas plaisaino dolomītu ar sīkām māla starpkārtnēm biežums apkārtnes teritorijās ir mainīgs – ap 3,0 m Andrejsalas mikrorajonā un pakāpeniski samazinās virzienā uz Z un ZA līdz pilnīgi izzūd Pētersalas un Skanstes ielu rajonā ledāja erozijas rezultātā. Svītas atlikušo daļu lielākā daļā sedz tās elūvijs – dolomīta milti ar dolomīta šķembām un gabaliem 0,2 – 1,2 m biežumā. Elūvijs konstatēts arī vietām virs Amatas svītas, domājams, transportēts ledāja darbības rezultātā. Robeža starp Pļaviņu un Amatas svītu šķērso teritoriju P.Brieža ielā 35 (LVGD Pirmskvartāra), kurā veikti pētījumi bakalaura darba ietvaros. Pļaviņu svītas iežu sastāvs un mālainā materiāla klātbūtne liecina par piederību Kokneses ridai.

Kvartāra nogulumu kompleksu virs pamatiežiem pētījuma teritorijas apkārtņē veido neizturēts glaciģēnas ģenēzes morēnas mālsmilts un smilšmāla slānis (gQ_4^{lv}) 0,5 – 5,0 m biežumā 28 – 30 m dziļumā, vietām ar lokālu izplatību. Vietām virs morēnas nogulumiem iegul vidējgraudainas līdz rupjgraudaina smilts un grants slāņi ar oļu piejaukumu, kas pēc ģenēzes varētu būt atskalota un pārskalota morēna ($alQ_4^{jold-anc}$).

Virš tiem ģeoloģisko griezumu pārsvarā veido smilšu, dūņaino smilšu, dūņu un organisko mālu un smilšmālu slāņmija. Šo nogulumu mālainā frakcija sastāv no dūņām, dūņaina, plūstoši plastiskas un mīksti plastiskas konsistences māla, ar smilts piejaukumu dažāda biezuma slāņšos, vietām ar organiskā materiāla piejaukumu un kūdras kārtiņām. Nogulumu maksimālais biezums ir līdz 29,8 m (SIA „BMGS”, 2010). Kompleksa sarežģītais sastāvs, lielais biezums un izplatība būtu saistāma ar Daugavas paleodeltas un Litorīnas jūras lagūnas apstākļiem, kas būtu dēvējami par aluviāli-marīniem (a-mQ₄) vai aluviāli-limniskiem (a-lQ₄) nogulumiem. To apstiprina ģeotehniskās izpētes darbu ietvaros (Термо, 1996.) uzņemtās dūņu paraugu fotogrāfijas, kur redzams dūņu, dūņaina māla un smilšmāla materiāls, kas caurslāņojas ar sīkām smilts starpkārtiņām, kas var būt sezonas pārplūšanas rezultāts lagunāros un limniskos deltas apstākļos. Šie dūņainie un mālainie slāņi pēc saguluma nosacīti sadalāmi trīs izturētos slāņos, kas mijas ar vismaz 2 biežākiem smilts starpslāņiem, kas var būt tipiski aluviāli nogulumi Daugavas gultnes izmaiņu rezultātā.

Griezuma augšdaļu no abs. atzīmēm 1,0 – 4,0 m pētījuma vietai pieguļošajās teritorijās veido tehnogēnais slānis, kas sastāv no dažāda rupjuma, pārsvarā smalkām un vidēji rupjām, uzskatotām smiltīm, kā arī sabērtām smiltīm ar organikas un būvgružu piejaukumu. Sabērtās gruntis iegul līdz 2,0 – 7,5 m dziļumam (inst. „Latgiprodortrans”, 1970; SIA „GEO”, 02.2007). Pēc apkārtnes novērojumiem teritorijas dabīgais reljefs sastopams tikai atsevišķās neapbūvētās vietās (pļavās) uz abs. atz. 0,0 līdz 1,0 m robežās ar dažiem vecupju reliktiem un vēl neaizbērtiem dīķiem līdz $\approx 2 - 3$ m dziļumam. Pētījuma teritorijas ģeoloģiskās uzbūves principiālais griezumš 1.4 attēlā.

Apzīmējumi



1.4 attēls Andrejsalas-Pētersalas apkārtnes principiālās ģeoloģiskās uzbūves griezumā (sagatavojis J.Markvarts pēc Eberhards, 1972; Аpxarov, 1980; SIA “ĢEO”, 2006; SIA “ĢEO”, 01.2007 materiāliem)

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Statiskā zondēšana

Statiskās zondēšanas darbi tika veikti ar SIA „GEO” īpašumā esošo zondēšanas iekārtu PAGANI TG 63-150 (skat. 1.1 attēlu) un SIA „Markvarta ģeotehniskais birojs” īpašumā esošu kalibrētu *Geotech* zondi ar akustisko signāldevēju. Zondes parametrus skatīt sadaļā 1.1.2. Statiskās zondēšanas testi tika veikti atbilstoši *International reference test procedure for cone penetration test (CPT)*.

Kopumā tika veikta zondēšana trīs izpētes punktos kvartāra ģenēzes nogulumos 25,3 – 27,2 m dziļumā līdz zondes tehnisko iespēju robežām. Zondēšanas parametru reģistrācija notika ik pēc 10 cm.

Statiskās zondēšanas process sākas ar zondēšanas iekārtas enkuru iestiprināšanu virsējā gruntis slānī un iekārtas nolīmeņošanu ar trīs atbalsta „kāju” palīdzību. Tad, ņemot vērā lielo zondēšanas dziļumu, ar papildus enkurstieņu palīdzību enkuri tika nostiprināti aptuveni 2 m dziļumā, lai nodrošinātu iekārtas nekustīgu stāvokli zondēšanas laikā.

Pēc enkurošanas tiek veikta galveno sistēmu pārbaude – hidraulikas slēdžu pozīcijas un dziļummērītāja auklas pareiza nostiprināšana. Tā kā griezuma augšējo daļu veido uzbērtas gruntis, tad tika veikta līderurbšana ≈ 1 m dziļumā. Pēc tam tika veikta portatīvā datora pieslēgšana *interfeisa blokam*, *CPT-log* programmas ieslēgšana un zondes sinhronizācijas pirmā posma veikšana. Pēc nulles testa veikšanas tika uzsākta zondēšana. Pēc zondēšanas pabeigšanas tiek veikts atkārtots nulles tests, kura laikā automātiski tiek veikta zondes sensoru nominālo vērtību salīdzināšana ar nulles testu pirms darba sākšanas.

Statiskās zondēšanas rezultāti katram zondējumam tiek apkopoti datu atskaitēs skaitļu kolonnu un grafiku veidā datu vizualizācijai *CPT-log* programmā ar testos iegūtām q_c , f_s un R_f vērtībām.

2.2. Ģeoloģiskā urbšana

Lauka darbu laikā pētījuma teritorijas grunšu litoloģiskā sastāva noteikšanai, kā arī traucēta un netraucēta saguluma grunts paraugu noņemšanai tika izmantota urbšanas iekārta UGB-50M uz a/m GAZ-66 bāzes. Šīs iekārtas tehniskās iespējas paredz hidroģeoloģiskās un inženierģeoloģiskās izpētes urbšanu līdz 50 m dziļumam ar urbuma diametru 92 – 230 mm (Ребрик, 1973). Neskatoties uz to, ka iekārta ir tehniski un morāli novecojusi un vietām jau iemantojusi iesauku „urbjošā vecmāmiņa”, tā joprojām tiek plaši izmantota minēto darbu vajadzībām.

Urbšanas darbi ar autora tiešo līdzdalību kopumā tika veikti 3 vietās 32,8 – 32,9 m dziļumā. Grunšu litoloģiskā satāva noteikšanai un traucētu paraugu noņemšanai tika lietots \varnothing 135 mm 1500 mm spirālurbis. Urbšanai pamatiežos tika izmantota serdes urbšana ar apvalkcaurulēm. Urbšana tika veikta pēc statistiskās zondēšanas darbiem, aptuveni 1 m no zondēšanas punkta, lai būtu iespējama kvalitatīva netraucētas struktūras paraugu noņemšana. Lai precīzāk novērtētu grunšu saguluma apstākļus, urbšana tika veikta ar nelielu rotācijas ātrumu un reisa dziļumu 1,5 – 3 m, kas tika izvēlēts galvenokārt, balstoties uz statistiskās zondēšanas rezultātiem, kas iepriekš ļauj novērtēt smilšaino un dūņaino grunšu izplatības robežas.

Urbšanas gaitā tika veikta rūpīga urbušanas procesa dokumentācija, kas sevī ietver urbšanas datumu, grunts paraugu detalizētu aprakstu, numerāciju ar dziļuma intervāliem un gruntsūdens līmeņa dziļumu.

Bakalaura darba pētījuma vajadzībām tika noņemti 8 traucētas struktūras kvartāra nogulumu paraugi – 5 rupjdisperso grunšu paraugi un 3 sīkdisperso grunšu paraugi. Paraugi tika ievietoti noslēgtā paraugu maisiņā, kurš ievietots vēl vienā paraugu maisiņā ar samitrinātu papīra fragmentu, lai novērstu parauga dabiskā mitruma izmaiņas.

Urbšanas gaitā tika noņemti arī 4 netraucētas struktūras dūņu un dūņaino grunšu monolīti no 2,4 līdz 11,6 m dziļumam. Netraucētas struktūras iežu monolītu noņemšanai lieto speciālus uzgaļus – gruntstverus, kuru diametram jābūt vismaz 10 – 12,5 cm, augstumam vismaz 25 cm (Indāns, 1986). Paraugu noņemšanā tika pielietots FURSA 2M tipa gruntstveris (skat. 2.1 attēlu) ar \varnothing 105 mm, garumu 985 mm. Urbšanas gaitā bija nepieciešams veikt secīgu pasākumu kopumu, lai netraucēto paraugu struktūra tiešām būtu netraucēta un netiktu sabojāti paraugošanas instrumenti.



2.1 attēls **FURSA 2M tipa gruntstveris ar paraugu gredzenu** (autora foto 2014.g.)

Pirms urbšanas darbu uzsākšanas pēc statistiskās zondēšanas rezultātiem tika noteikts vēlamais netraucētā parauga ņemšanas dziļums. Tika sagatavots gruntstveris un speciālie paraugu gredzeni ar iekšējo \varnothing 98 mm, h 100 mm (skat. 2.1 attēlu). Tālāk sekoja urbšana ar spirālurbi līdz nepieciešamā dziļuma augšējai robežai, apsegcauruļu nostiprināšana urbumā ar sekojošu urbuma tīrīšanu ar speciālu iespiežamu cauruli ar „lapiņu” aizslēgu galā, lai nebojātu grunšu struktūru, no kuras tiek noņemti monolīti (skat. 2.1 attēlu). Parasti šādu funkciju veikšanai tiek izmantots dubļu kauss, bet tā lietošanas gaitā notiek nevēlama dinamiska iedarbe uz grunti. Gruntstveris ar paraugu gredzeniem ar urbšanas stieņu palīdzību tika ievadīts urbumā. Sasniedzot vēlamo dziļumu, gruntstveris tiek spiests gruntī atbilstoši paraugotāja garumam, to nedaudz pārsniedzot, jo tā augšdaļa ir atvērta. Monolītu neizkrišanu nodrošina spārniņi gruntstvera pieres daļā, kas aizveras, ceļot paraugu arā.

Lai izņemtu paraugu, gruntstverim tika atskrūvēta apakšējā noslēdzošā daļā un augšdaļa. Paraugu gredzeni tiek pakāpeniski izbīdīti un ar metāla stīgu tiek atdalīti viens no otra. Pēc tam no augšas un apakšas tie tiek hermētiski noslēgti ar atbilstošiem vāciņiem un izolācijas lenti. Tika novērota dažu paraugu uzbriešana, tāpēc vāciņi tika nostiprināti arī vertikāli. Hermētiskums nodrošina paraugu pret dabiskā mitruma izmaiņām un uzbriešanu, kas raksturīga šīm saistīgām gruntīm pie dabiskās slodzes noņemšanas.

Pēc atbilstošas iekonservēšanas un paraugu dokumentēšanas tika veikta visu paraugu transportēšana uz LU ĢZZF inženierģeoloģijas laboratorijas telpām. Transportēšanas laikā monolītu paraugus nedrīkst pakļaut straujas temperatūras vai dinamiskām iedarbēm (Чаповский, 1975). Tāpēc transportēšana tika veikta, ietinot paraugus porolona materiālā, kas nodrošināja amortizējošu funkciju. Traucētas struktūras paraugi tika nosvērti un sagatavoti to īpašību noteikšanai. Netraucētas struktūras paraugu pareiza iekonservēšana ļauj uzglabāt paraugu ilgāku laiku līdz to fizikāli-mehānisko īpašību pārbaudēm.

2.3. Laboratorijas pētījumi

Statiskās zondēšanas rezultātu izvērtēšanai un interpretācijai ir nepieciešams veikt grunts laboratoriskās pārbaudes, lai klasificētu grunts atbilstoši to sastāvam un īpašībām. Ģeoloģiskās urbšanas gaitā statistiskās zondēšanas laikā noteiktā intervāla ietvaros tika noņemti 8 traucētas struktūras un 3 netraucētas struktūras grunts paraugi, lai atbilstoši to granulometriskajam sastāvam, fizikālajām un mehāniskajām īpašībām iedalītu grunts atbilstoši spēkā esošajiem standartiem.

Laboratoriskās analīzes grunts paraugiem tika veiktas no 2015.g. aprīļa līdz maijam LU ĢZZF inženierģeoloģijas laboratorijā. Izmantojot laboratorijas aprīkojumu, visiem paraugiem tika noteikts dabīgais mitrums, granulometriskais sastāvs, organisko vielu saturs un grunts cieto daļiņu blīvums. Mālainām gruntīm tika noteikta plasticitāte, konsistence un veikta saspiežamības pārbaude kompresijas iekārtā. Mālaino grunšu bīdes pretestības pārbaudes tika veiktas SIA “Junikons” inženierģeoloģiskās laboratorijas iekārtā sadarbībā ar laboratorijas speciālistiem.

2.3.1. Grunts cieto daļiņu blīvuma noteikšana

Grunts cieto daļiņu blīvums (ρ_s) ir grunts cieto daļiņu un cieto daļiņu tilpuma (V_s) attiecība. Daļiņu blīvums ir atkarīgs grunts veidojošo minerālu blīvuma un organisko vielu daudzuma. Grunts cieto daļiņu blīvums smilšaini-mālainām gruntīm ir intervālā starp 2,5 un 2,8 g/cm³. Mazāka nozīme ρ_s vērtībām ir humusvielu klātbūtnei, bet lielāka – minerālajā sastāvā esošajiem smagajiem minerāliem (pirīts, dzelzs oksīdu minerāli) (Чапковский, 1974). Cieto daļiņu blīvuma noteikšanai tika izmantota piknometra metode saskaņā ar GOST-5180.

Grunts cieto daļiņu blīvuma noteikšanai tiek ņemts neliels daudzums (≈ 10 g) izžāvēta grunts materiāla un piknometrs. Svarīgi ir pārbaudi veikt uzreiz pēc izžāvēšanas, lai paraugs neuzņemtu mitrumu no apkārtējās vides, kas dotu kļūdainu rezultātu. Katram paraugam tiek veiktas trīs pārbaudes. Paraugu un piknometru tiek nosvērts ar precizitāti līdz 0,001 g. Svēršanai tika izmantoti svāri *Precisa* ES 225SM-DR ar precizitāti +1 mg. Grunts materiāls tiek ievietots piknometrā, pieļaujot nelielu daudzumu ūdens. Piknometrs tiek karsēts uz plītiņas smilšu peldē līdz ūdens sasniedz vārīšanās temperatūru un tiek vārīts aptuveni 10 minūtes. Ūdens vārīšanās procesā no grunts izdalās gāzveida komponente. Piknometrs tiek noņemts no plīts un atdzesēts līdz istabas temperatūrai. Pēc tam trauks tiek uzpildīts ar ūdeni līdz 100 ml atzīmei un tiek nosvērts. Pēc ūdens blīvuma aprēķināšanas tiek aprēķināta ūdens masas daļa piknometrā. Pēc visu parametru aprēķināšanas tiek aprēķināts grunts cieto daļiņu blīvums, izmantojot formulu 2.1:

$$\rho_s = m_s / V_s \quad (2.1)$$

m_s – cieto daļiņu masa (g); V_s – cieto daļiņu tilpums (cm³)

2.3.2. Grunts dabiskā mitruma noteikšana

Visiem paraugiem tika noteikts grunts dabiskais mitrumu (W), kas ir ūdens masas (m_w) gruntī attiecība pret grunts cieto daļiņu masu (m_s). Izmantota testēšanas metode, kas noteikta standartā LVS CEN ISO/TS 17892-1. Tiek ņemts neliels daudzums grunts parauga - iesvars (30g) un likts žāvēties $105^{\circ}\text{C} \pm 5$. Žāvēšanai tika izmantota Электродело ražojuma krāsns Nr.6320. Pēc četrstundu žāvēšanas paraugs tiek atdzesēts līdz istabas temperatūrai un nosvērts. Pēc tam paraugs tiek likts žāvēties vēl uz stundu. Ja parauga masa starp žāvēšanās cikliem neatšķiras, tad var pieņemt, ka tas ir zaudējis visu mitrumu un tam var noteikt dabisko mitrumu, izmantojot 2.2 formulu:

$$W = m_w / m_s \quad (2.2)$$

W - dabīgais mitrums; m_w - ūdens masa (g); m_s - cieto daļiņu masa (g).

2.3.3. Grunts plasticitātes un konsistences rādītāju noteikšana

Plasticitāte ir grunts spēja ārējās slodzes iedarbībā bez sabrukšanas un plaisāšanas izmainīt formu un saglabāt iegūto formu arī pēc ārējo spēku darbības izbeigšanas (Indāns, 1986). Šis raksturlielums ir atkarīgs no mālaino daļiņu procentuālā sastāva. Grunts plasticitāti raksturo ar plastiskuma skaitli (I_p), kurš norāda grunts mitruma intervālu, kurā grunts būs plastiska. Plastiskuma skaitļa aprēķināšanai nepieciešams noteikt grunts mitrumu drupšanas (W_p) un tecēšanas (W_L) robežā. Drupšanas robeža atbilst grunts mitrumam, kuru mazliet samazinot grunts pāriet no plastiska stāvokļa puscieta, bet tecēšanas robeža atbilst tādā grunts mitrumam, kuru nedaudz palielinot grunts pāriet no plastiska stāvokļa plūstošā. Parametru aprēķina, izmantojot 2.3 formulu:

$$I_p = W_L - W_p \quad (2.3)$$

W_L – tecēšanas robeža; W_p – drupšanas robeža

Vāji saistīto mālaino grunšu mehāniskās īpašības ir atkarīgas no ūdens satura gruntī, un raksturojas ar konsistenci (I_L). Atkarībā no mitruma un plasticitātes skaitļa gruntij var būt dažādas konsistences vērtības – cieta ($I_L < 0$), plastiska ($I_L = 0 - 1$), plūstoša ($I_L > 1$), kā arī pārejas formas – puscieta, sīksti plastiska, mīksti plastiska un plūstoši plastiska (Indāns, 1986). Konsistenci aprēķina, izmantojot 2.4 formulu:

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (2.4)$$

W – grunts dabiskais mitrums; W_p – drupšanas robeža; I_p – plastiskuma skaitlis

Raksturlieluma noteikšanai tika izmantota metode saskaņā ar GOST-5183. Tecēšanas robeža tika noskaidrota, izmantojot vāji saistīto nogulumu paraugu ($\approx 100\text{g}$), kuru izberž caur $1,0\text{ mm}$ sietu. Ja paraugs ir acīmredzami sauss, tad pievieno mazliet ūdeni un rūpīgi samaisa. Pēc parauga sagatavošanas to ievieto speciālā trauciņā, aizpildot līdz augšējai malai. Parauga virsma tiek nolīdzināta līdz ar trauciņa malām, un virs parauga tiek novietots speciāls konuss ar masu 76 g . Ja konuss 5 sekunžu laikā iegrimst paraugā 10 mm dziļumā, tad var uzskatīt, ka grunts mitrums atbilst tecēšanas robežai. Ja konuss iegrimst dziļāk par 10 mm , tad tecēšanas robeža ir pārsniegta, un ir nepieciešams paraugu malziet pažāvēt pirms atkārtota mēģinājuma. Ja konuss neiegrimst 10 mm dziļumā, tad var uzskatīt, ka tecēšanas robeža vēl nav sasniegta, un ir nepieciešams paraugu mazliet samitrināt. Pēc tecēšanas robežas noskaidrošanas no trauciņa tiek nosvērts grunts paraugs ($\approx 20\text{ g}$) un tas tiek likts žāvēties krāsni 105° C temperatūrā. Pēc izžāvēšanas paraugs tiek nosvērts un, izmantojot 2.2 formulu, tiek noteikts ūdens saturs paraugā.

Drupšanas robeža tiek noskaidrota ar rullēšanas metodi, izmantojot paraugu, kas izmantots iepriekšējā testa veikšanai. Paraugu vispirms mazliet pažāvē, izmantojot krāsni vai mīcot rokās. Pēc tam uz kādas nelielas cietas virsmas, vēlams stikla, neliels parauga daudzums tiek rullēts līdz 3 mm lielumam. Ja paraugā esošais mitrums atbilst drupšanas robežai, tad turpinot rullēšanu paraugs sāk pārklāties ar plaisiņām un sadalās $3 - 10\text{ mm}$ garos gabaliņos. Ja tas nenotiek un plaisiņas neparādās, tad grunts ir par mitru, un ir nepieciešams paraugu vēl pažāvēt. Ja paraugu nevar izrullēt līdz 3 mm , jo tas sabrūk, tad parauga mitrums ir mazāks par drupšanas robežu un ir nepieciešams paraugu mazliet samitrināt. Pēc drupšanas robežas noskaidrošanas tiek nosvērts $\approx 20\text{ g}$ grunts parauga un likts žāvēties. Pēc izžāvēšanas paraugs tiek nosvērts un izmantojot 2.2 formulu, tiek noteikts ūdens saturs paraugā.

2.3.4. Grunts granulometriskā sastāva noteikšana

Irdeno grunšu struktūras galvenais rādītājs ir minerālo sastāvdaļu izmēri. Pēc izmēriem tuvas grunts sastāvdaļas apvieno grupās, kuras sauc par granulometriskajām frakcijām. (Indāns, 1986). Atbilstoši LVS 437:2002 “Būvniecība, Gruntis, Klasifikācija” smilšaino grunšu apakšgrupā grunts tips tiek iedalīts atkarībā no grunts granulometriskā sastāva un neviendabīguma pakāpes, bet vāji saistīto nogulumu apakšgrupā mālainās gruntis tiek iedalītas pēc organisko vielu satura un grunts fizikālo īpašību parametriem – plastiskuma skaitļa un porainības koeficienta. Granulometriskā sastāva noteikšanai tiek izmantotas divas metodes:

nesaistītiem nogulumiem mehānisko (sietu) analīze, mālu gruntīm – areometriskā analīze. Pētījuma gaitā katram grunts paraugam tika veikta granulometriskā sastāva noteikšana pielietojot sietu un areometrisko metodi. Metode tika pielietota vadoties pēc standarta LVS CEN ISO/TS 17892-4:2004 “Ģeotehniskā izpēte un testēšana. Augsnes testēšana laboratorijā. 4. daļa: Granulometriskā sastāva noteikšana”. Tika veiktas arī nelielas atkāpes no standarta, konkrēti sietu izvēlē, jo LU ĢZZF rīcībā nav sietu ar standartā paredzētajiem acs izmēriem.

Pirms granulometriskā sastāva noteikšanas visiem paraugiem tika veikta organisko vielu atdalīšana (metode aprakstīta p. 2.3.5.). Pēc organisko vielu ekstrahēšanas grunts paraugs ($\approx 100\text{g}$) tiek mazgāts caur 2 mm sietu, kas uzlikts uz 0,063 mm sieta ar uztveramo trauku pamatnē. Tādā veidā grunts paraugs tiek sadalīts smilšu frakcijā (2 – 0,063 mm) un putekļu un mālu frakcijā ($0,063 \leq 0,002$ mm). Procedūra tiek veikta tik ilgi, kamēr putekļu un mālu frakcija tiek pilnībā izskalota no smilts – pielietais ūdens uztveramajā traukā ietek tīrs. Pēc mazgāšanas nodalītā smilts un putekļu/mālu frakcija tiek likta žāvēties krāsnī. Pēc žāvēšanas paraugi tiek nosvērti, un tad var veikt granulometriskā sastāva noteikšanu.

Smilts frakciju (2 – 0,063 mm) granulometriskā sastāva noteikšanai tika izmantota *Endecotts Octagon digital* iekārta. Parauga materiāls tiek ielikts aukšējā sietā, un sāka sijāšanas procedūra. Sijāšana tiek veikta 10 min, pēc tam tiek nosvērts parauga atlikums uz katra sieta. Rezultātus attēlo grafiski, uzzīmējot kumulatīvo līkni.

Putekļu un mālu daļiņu granulometriskā sastāva noteikšanai tika izmantota areometra (hidrometra) iekārta *Geotest E-198-3*. Paraugs tiek nosvērts un ievietots 1000 ml mērcilindrā. Paraugam tiek pielietots 100 ml ūdens, un pievienota dispersējoša viela ($\approx 4\text{g}$ (NaPO_3)₆), kas novērš saķepšanu un agregātu veidošanos. Viss rūpīgi jāsamaisa līdz visas māla un putekļa daļiņas pāriet suspensijā. Mērcilindrs tiek ievietots hidrometra vannā. Šī procedūra tiek veikta ar visiem paraugiem. Pirms testa veikšanas visi mērcilindri jāuzpilda ar ūdeni līdz 1000 ml atzīmei, nepārsniedzot to. Ja atzīme tiek pārsniegta, tad liekais ūdens daudzums atdalāms tikai iztvaikošanas ceļā. Vienlaicīgi hidrometra vannā var veikt analīzi 7 paraugiem. Paralēli paraugu mērcilindriem ir jāsatgavo mērcilindrs tikai ar 100 ml dispersējošo vielu un ūdeni 900 ml.

Testa procedūras veikšana sākas ar to, ka cilindrs ar paraugu spēcīgi jauzduļķo, lai viss materiāls aiziet suspensijā un var tikt sākta laika atskaite. Mērījumi tiek veikti ar precizitāti līdz 0,001 g/ml laika intervālos 15 s, 30 s, 1 m, 2 m, 4 m, 8 m, 30 m, 60 m, 120 m, 24 h. Procedūras sākumā ir jānolasa mērījums tukšajam traukam ar precizitāti līdz 0,001 g/ml. Hidrometra vannas ūdens temperatūra ir jānolasa pirmo reizi pēc 15 minūtēm un pēc tam pēc katra mērījuma. Ja temperatūras atšķirības pārsniedz 1°C, tad ir jānolasa mērījums tukšajam traukam. Testa rezultāti tiek attēloti tabulas veidā vai grafiski, uzzīmējot kumulatīvo līkni.

2.3.5. Grunts organisko vielu satūra noteikšana

Pētījuma teritorijas ģeoloģisko uzbūvi pārsvarā veido kvartāra ģenēzes izteikti slāņainas smilšainas un mālainas gruntis ar būtisku organiskā materiāla piejaukumu. Tāpēc ņemto paraugu korektai granulometriskā sastāva analīzei ir nepieciešama organisko vielu ekstrahēšana. Visvienkāršākā pielietojamā metode ir dedzināšana, kad pie augstas temperatūras speciālā krāsnī (>440°C) paraugs tiek dedzināts 6-8 h. Tomēr dedzināšanas procesā papildus organiskās vielas degšanai notiek arī karbonātisko un sulfīdu minerāldaļiņu sadegšana, kas var atstāt iespaidu uz granulometriskā sastāva analīzi, tāpēc organisko vielu izņemšana granulometriskā sastāva analīzēm tika veikta ar ūdeņraža peroksīda metodi, šķīdinot organiskās vielas. Paralēli tika veikta arī organisko vielu ekstrahēšana ar dedzināšanas metodi, metožu salīdzināšanas nolūkā.

Ūdeņraža peroksīda metode: izžāvēts granulometriskā sastāva noteikšanai paredzētais paraugs (≈ 100g) tiek ievietots 300 ml kolbā. Pirms procedūras kolba un paraugs tiek nosvērts ar precizitāti līdz 0,01 g. Paraugam nelielās devās (20 ml) ar 5 minūšu intervālu tiek pievienots reaģents – 30 % ūdeņraža peroksīda šķīdums (H₂O₂). Pārsniedzot devu, paraugiem ar lielu organiskā materiāla piejaukumu, piemēram, kūdrainām gruntīm reakcija notiks pārāk strauji un ūdeņraža peroksīda šķīdums kopā ar parauga daļiņām izplūdis no trauka un ietekmēs gala rezultātu. LVS CEN ISO/TS 17892-4:2004 paredz 150 ml reaģenta daudzumu uz vienu paraugu, tāpēc ņemot vērā paraugu skaitu, dažu paraugu masa tika samazināta līdz 60 g ar attiecīgi mazāku reaģenta devu. Trauks rūpīgi jāsamaisa un jāatstāj uz 8 stundām nostāvēties. Pēc testa procedūras beigām trauks ar paraugu tiek izžāvēts un nosvērts. Masas starpība pirms un pēc testa veikšanas norāda uz organiskās vielas daudzumu.

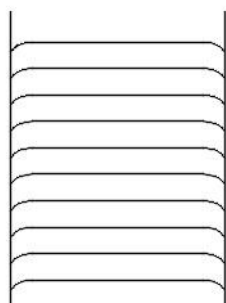
Dedzināšanas metode: izžāvēts neliels parauga iesvars (≈ 20g) tiek ielikts iepriekš nosvērtā tīģeļa traukā. Kad visi pārbaudēm nepieciešamie paraugi bija salikti tīģeļtraukos, tie tika ievietoti *SNOL* ražojuma mufelkrāsnī. Mufelkrāsnī pakāpeniski stundas laikā tiek paaugstināta temperatūra līdz 440°C, un tā paraugi tiek karsēti 6-8 stundas. Pēc dedzināšanas procesa pabeigšanas tīģeļi tiek atdzesēti līdz istabas temperatūrai un nosvērti. Masas starpība pirms un pēc testa veikšanas norāda uz organiskās vielas zudumu. Pārbaude tika veikta saskaņā ar ASTM D2974:2000.

2.3.6. Grunts kompresijas pārbaudes

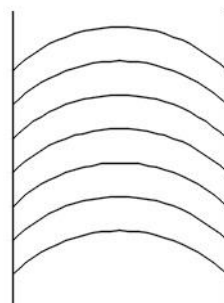
Netraucētas struktūras grunts paraugiem, jo īpaši mālaini-organogēnām gruntīm, lai noteiktu to deformācijas īpašības, tiek veiktas pārbaudes kompresijas (odometru) iekārtās ar ierobežotas sānu izplešanās iespējām. Minētās gruntis ir polidispersas daudzfāžu sistēmas

(Амарян, 1990). Testa izpildes laikā slodžu pakāpeniskas pielikšanas gaitā grunts parauga sēšanās var notikt, tikai samazinoties gāzveida fāzei un izspiežot porūdeni, t.s. filtrācijas konsolidācija. Tā kā slogotā parauga horizontālā deformēšanās ir novērsta, tad grunts apstākļus kompresijas iekārtā var attiecināt uz grunts sānu spiedienu dabiskos apstākļos. Kompresijas rezultāti ļauj spriest par grunšu deformējamību un aprēķināt saspiežamības koeficientu (m_v), no tā atvasināto deformācijas moduli (E_{oed}) un konsolidācijas koeficientu (C_v), kas ir nepieciešami būvju konstrukciju pamatu un pamatņu aprēķinos.

Pētījuma ietvaros korekti noņemtiem 3 netraucētas struktūras mālaini-organogēniem paraugiem tika veikti kompresijas testi YEPМ3 Hidroprojekta ražojuma (1988.g.) kompresijas iekārtās. Procedūras gaitā vispirms grunts cilindrs ir uzmanīgi jāizstumj no paraugotāja gredzena tieši tik daudz, cik nepieciešams ievietošanai kompresijas iekārtā. Dotās kompresijas iekārtas gredzena parametri – $h=25$ mm, $\varnothing=87$ mm, kas atbilst standartam LVS CEN ISO/TS 17892-5. Pēc minētā standarta gredzena diametra un augstuma attiecība nedrīkst būt mazāka par 2,5. Paraugs ar plānas drātiņas palīdzību tiek nogriezts vajadzīgajā lielumā. Ar bīdmēru kompresijas gredzena izmēri tiek nomērīti ar precizitāti līdz 0,1 mm. Ņemot vērā grunts sagulumu dabiskajā vidē, kompresijas gredzens lēnām tiek spiests nogrieztajā paraugā, ik pa brīdim nogriežot liekās parauga daļas. No atgriezumū slāņojuma tekstūras var spriest par iegūtā parauga kvalitāti (skat. attēlu 2.2). Ja slāņi ir izliekti vienā virzienā viscaur gar griezumumu, tad var pieņemt, ka viss paraugs tā noņemšanas laikā ir bijis pakļauts nevēlamajai bīdes deformācijai un kompresijas rezultāti nebūs objektīvi. Ir pieļaujamas tikai nelielas bīdes deformācijas pie parauga sieniņām (Craig, 2001). No atgriezumiem tiek noteikts parauga sākotnējais mitrums (w_0). Kad paraugs ir ievietots kompresijas gredzenā, tas tiek nosvērts un ievietots kompresijas iekārtā. Kad caur speciālām caurulītēm tiek pieliets ūdens, var sākt kompresijas pārbaudi.



Mehānisko īpašību noteikšanai derīgs paraugs



Mehānisko īpašību noteikšanai nederīgs paraugs

2.2 attēls Mehānisko īpašību noteikšanai pieņemams un nepieņemams paraugs (pēc Craig, 2001)

Parauga sloģošona notiek saskaņā ar minēto standartu, pieliekot vismaz 6 sloģošanas pakāpes un katras slodzes pakāpes laikā ar iekārtas indikatoriem mērot parauga augstuma izmaiņas. Mērijumu intervāli secīgi ir 10 s, 20 s, 30 s, 40 s, 50 s, 60 s, 2 m, 4 m, 8 m, 15 m, 30 m, 60 m, 2 h, 4 h, 8 h un 24 h. Saskaņā ar metodiku katra nākamā slodze, kas tiek pielikta, ir divreiz lielāka par iepriekšējo. Tā kā pētījuma paraugi ir stipri saspieģamas gruntis, tad kā sākuma slodze tika pieņemta 10 kPa, kas atbilst iekārtas rāmja radītai slodzei (skat. 1. tabulu).

1. tabula

Pielikto slodžu pakāpes (autora dati)

Slodzes pakāpe	Pieliktā slodze kg	Slodze uz paraugu
1.	rāmis	10 KPa
2.	+ 1,27 kg	25 KPa
3.	+ 1,5 kg	50 KPa
4.	+ 3 kg	100 KPa
5.	+ 6 kg	200 KPa
6.	+ 12 kg	400 KPa

Kompresijas pārbaudes gaitā datu salīdzināšanas un korelācijas ērtumam visiem paraugiem tiks piemērotas vienādas sākuma un pieliktās slodzes neatkarīgi no paraugu ņemšanas dziļuma. Ir vērts atzīmēt, ka parasti praktiskās ģeotehniskās izpētes ietvaros pirmā sloģojuma lielumu pieņem, ņemot vērā grunts dabīgo noslodzi dabiskajā sagulumā, un nākamo noslodžu lielumi atbilst paredzamajām spriegumu robeģām būvobjekta būvniecības un ekspluatācijas laikā, tos nedaudz pārsniedzot (Craig, 2001).

Pēc kompresijas pārbaudes beigām kompresijas gredzena paraugs tiek nosvērts un izģāvēts, nosakot beigu mitruma pakāpi (w_f). Kompresijas rezultātus attaino kompresijas līknes veidā lineārā vai puslogaritmiskā mērogā, kur uz x ass tiek atlikts efektīvais spriegums (σ'), bet uz y ass tiek atlikts porainības koeficients (e). Tiek aprēģināts saspieģamības koeficients (m_v), deformācijas modulis (E_{oed}) un, ja nepiecieģams, konsolidācijas koeficients (C_v). Visi aprēģini tika veikti sekoģoģi:

No grunts atģriezumiem tiek aprēģināts parauga sākuma mitrums (w_0), izģmantoģot formulu 2.2. Tiek noteģkts minerālo daļiņu blģvums (ρ_s), izģmantoģot formulu 2.1. Pēc tam tiek aprēģināts parauga sākuma blģvums, izģmantoģot 2.5 formulu:

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \quad (2.5)$$

m – parauga masa (g), V – parauga gredzena tilpums (cm³)

Tiek aprēķināts sausas grunts blīvums (ρ_d), izmantojot 2.6 formulu:

$$\rho_d = \frac{\rho_0}{1000 + w_0} \quad (2.6)$$

ρ_0 – parauga sākuma blīvums (g/cm^3); w_0 – parauga sākuma mitrums (%)

Tiek aprēķināta parauga sākuma porainības koeficients, izmantojot 2.7 formulu:

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho_d - 1} \quad (2.7)$$

ρ_d – sausas grunts blīvums (g/cm^3); ρ_s – grunts cieto daļiņu blīvums (g/cm^3)

Pēc minēto raksturlielumu aprēķināšanas var aprēķināt parauga mitruma pakāpi (S_r) un aizņemto daļiņu augstumu (angl. *v – equivalent height of solid particles*) gredzenā (H_s), izmantojot 2.8 un 2.9 formulas:

$$S_r = \frac{w_0 * \rho_s}{e} \quad (2.8)$$

w_0 – parauga sākuma mitrums (%); ρ_s – grunts cieto daļiņu blīvums (g/cm^3); e – porainības koeficients

$$H_s = \frac{H_{gr}}{(1+e)} \quad (2.9)$$

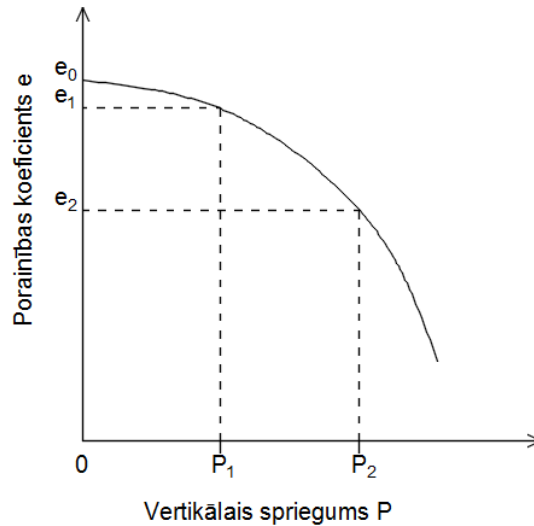
H_{gr} – parauga gredzena augstums (mm); e – porainības koeficients

Pēc kompresijas pārbaudes beigām, izmantojot nolasījumus no indikatoriem, pie katras slodzes intervāliem tiek aprēķināta parauga kopējā deformācija (ΔH), relatīvā deformācija (ε), un konsolidētā parauga augstums (H). Tad tiek aprēķinātas porainības koeficienta izmaiņas (e_f) pie katras slodzes, izmantojot 2.10 formulu:

$$e_f = \frac{H - H_s}{H_s} \quad (2.10)$$

H – konsolidētā parauga augstums (mm); H_s – daļiņu augstums gredzenā (mm)

Pēc tam tiek konstruēta grunts kompresijas līkne, uz x ass atliekot sprieguma un uz y ass porainības koeficienta izmaiņas lineārā vai puslogaritmiskā mērogā (skat. 2.3 attēlu).



2.3 attēls Porainības koeficienta izmaiņas atkarībā no pieliktās slodzes logaritmiskajā mērogā (pēc LVS 17892-5)

Saspiežamības koeficienta aprēķināšana, izmantojot 2.11 formulu:

$$m_v = \frac{H_i - H_f}{H_i} * \frac{1000}{\sigma'_{v2} - \sigma'_{v1}} \quad (2.11)$$

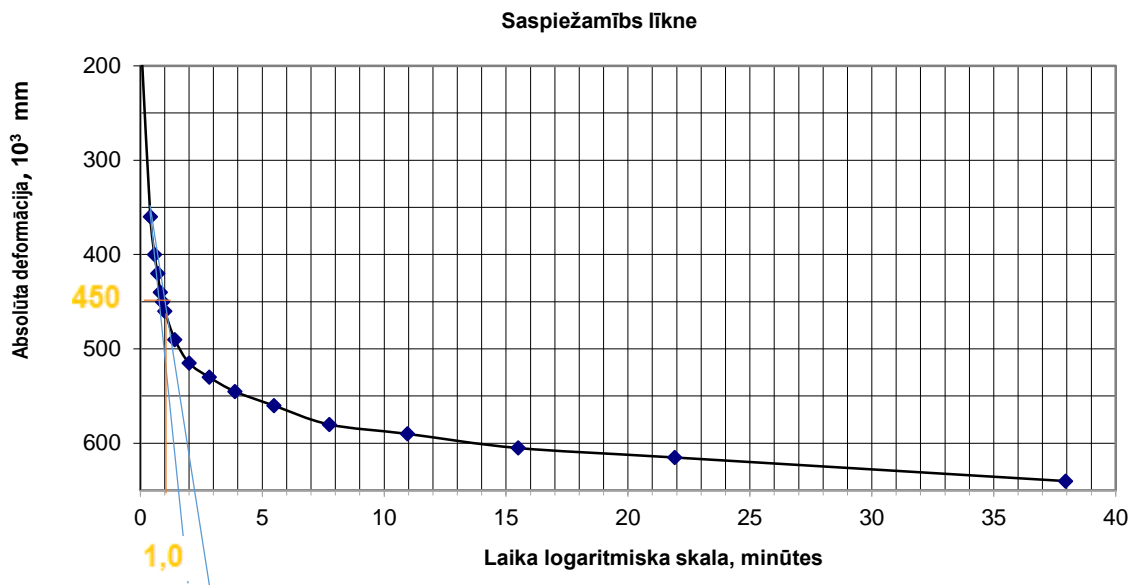
H_i – parauga augstums pirms pieliktās slodzes pakāpes (mm); H_f – parauga augstums pēc pieliktās slodzes pakāpes (mm); σ'_{v1} – iepriekšējā slodzes pakāpe (MPa); σ'_{v2} – pieliktā slodzes pakāpe (MPa)

Odometra deformācijas moduļa aprēķināšana, izmantojot 2.12 formulu:

$$E_{oed} = \frac{\delta P_v}{\delta \epsilon_v} \quad (2.12)$$

δP_v – pieliktās slodzes pakāpes starpība ar iepriekšējo slodzi (MPa); $\delta \epsilon_v$ – relatīvā deformācija starp slodžu pakāpēm (mm)

Ja nepieciešams, var aprēķināt konsolidācijas koeficientu (C_v), bet tādām nolūkam ir nepieciešams konstruēt saspiežamības līkni, uz ordinātu ass atliekot laika vērtības logaritmiskajā mērogā, bet uz abscisa ass absolūto deformāciju (skatīt 2.4 attēlu).



2.4 attēls Saspiežamības līkne: logaritmiskā metode (pēc LVS 17892-5)

Rezultāts tiek noteikts, novelkot līniju pie iespējami taisnākās līknes sākuma posma, kas nozīmē vislielāko deformāciju pie konkrētās slodzes. No līnijas sākumpunkta novelk otru līniju, kas šķērso abscisa asi ar vērtību lielāku par 15%, salīdzinot ar pirmo līniju. Vieta, kurā otra līnija šķērso līkni uz y ass atzīmē t.s. 90% kompresijas punktu (d_{90}) un uz x ass laika vērtību (t_{90}). Minētās vērtības ļauj aprēķināt konsolidācijas koeficienta vērtības (C_v , $m^2/gadā$), izmantojot 2.13 formulu:

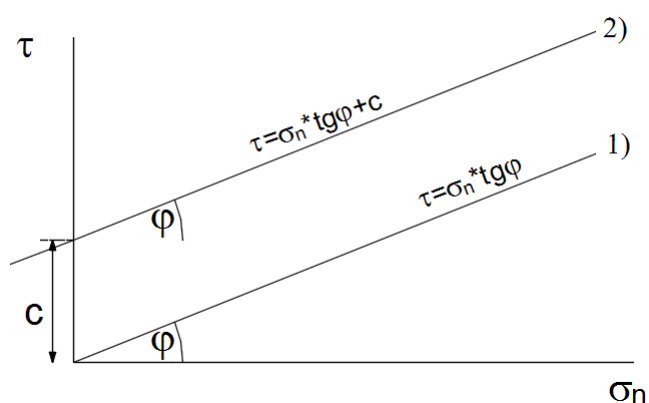
$$C_v = \frac{0,848 \cdot L^2}{t_{90}} \quad (2.13)$$

L^2 – filtrācijas ceļa garums paraugā pie konkrētās slodzes (mm); t_{90} – nolasītā laika vērtība (minūtes);

2.3.7. Grunts bīdes pretestības pārbaudes

Projektējot dažāda mēroga būves, inženiertehniskos aprēķinos ir nepieciešams iekļaut grunts mehānisko īpašību raksturlielumu vērtības. Šos raksturlielumus var iegūt lauka vai laboratorijas pārbaudēs. Viena no grunšu stiprības raksturlielumu iegūšanas metodēm ir laboratorijas pārbaudes, nosakot to pretestību bīdei speciālās iekārtās. Bīde ir process, kad grunts tiek deformēta un sagrauta, plaknē nobīdot vienu tās daļu attiecībā pret otru (Чаповский,

1975). Testa procedūras rezultātā tiek iegūti tiešie grunts stiprības raksturlielumi – pretestība bīdei (τ), sasaiste (c), grunts iekšējā berzes leņķa koeficients ($\text{tg}\varphi$), iekšējās berzes leņķis (φ). Bīdes pretestību var noteikt dažādos režīmos: nedrenētā jeb ātrā bīde pie maksimālā porūdens spiediena zem konkrētās slodzes un drenētā jeb lēnā bīde pie porūdens spiediena izlīdzināšanas zem konkrētās slodzes. Bīdes pretestības noteikšanai tiek pielietots Mora-Kulona likums, kura būtība nosaka, ka grunts bīdes pretestība ir tieši proporcionāla normālajam spiedienam (σ_n). Šo sakarību var izteikt ar Kulona vienādojumu (skat. 2.5 attēlu).



2.5 attēls Smilts (nesaistītas) grunts (1) un mālainas (vāji saistītas) grunts (2) bīdes diagramma (pēc Чаповский, 1975)

Pētījuma ietvaros 3 netraucēta saguluma paraugiem tika veiktas ātrās bīdes pretestības pārbaudes ar PSRS ražojuma iekārtu VSV-25 SIA “ZPĢC “Junikons”” laboratorijā. Pirms testa veikšanas ir nepieciešama paraugu sagatavošana līdzīgi kā kompresijas pārbaudēm - paraugs, cik nepieciešams, tiek izstumts no paraugošanas gredzena un nogriezts. Iekārtai paredzētos paraugu gredzenus (izmēri $H=35$ mm, $\varnothing 71,5$ mm) lēnām spiež iekšā paraugā, un rīkojas tāpat kā ar kompresijas pārbaudēm paredzētiem gredzeniem. Kad paraugi ir sagatavoti, tad katram gredzenam atsevišķi no atgriezumiem tiek noteikts dabiskais mitrums un konsistences rādītājs (I_L), kurus ņem vērā, nosakot normālā sprieguma apjomu pakāpes. Paraugiem ar konsistences vērtībām no 0,5 – 1,0 slodzes pakāpes tiek liktas attiecīgi 0,05, 0,1 un 0,15 MPa, bet paraugiem ar konsistenci $I_L \geq 1$ slodžu vērtības ir 0,025, 0,075 un 0,125. Lai uz bīdes diagrammas iegūtu grunts stiprību raksturojošu taisni, katram grunts veidam tiek veiktas minimums 3 pārbaudes.

Normālo un tangenciālo slodzi mēra ar speciāli nokalibrētiem dinamometriem, pēc kuru korekcijas (kalibrācijas) koeficientiem mērījuma dati tiek koriģēti. Pārbaudes beigās tiek aprēķināti grunts stiprības raksturlielumi.

Pēc sākuma normālā spiediena pielikšanas 2 minūšu laikā ir jāveic parauga pakāpeniska nobīde, griežot rokas sviru. Sākot parauga “bīdīšanu” ir jāuzņem laiks un jāmēra parauga horizontālo pārvietojumu. Optimālais pārvietojums, pie kura var uzskatīt, ka parauga struktūra ir izjaukta (nobīde ir notikusi), ir 5mm, bet praksē šo lielumu pārsniedz, vadoties pēc maksimāliem horizontālā sprieguma rādītājiem, kuru paraugs var izturēt. Pēc testa pabeigšanas no nogrieztā parauga tiek noteikts beigu mitrums (w_f). Testa procedūra tiek atkārtota nākošajam analogi sagatavotam paraugam, pieliekot nākamo slodzes pakāpi.

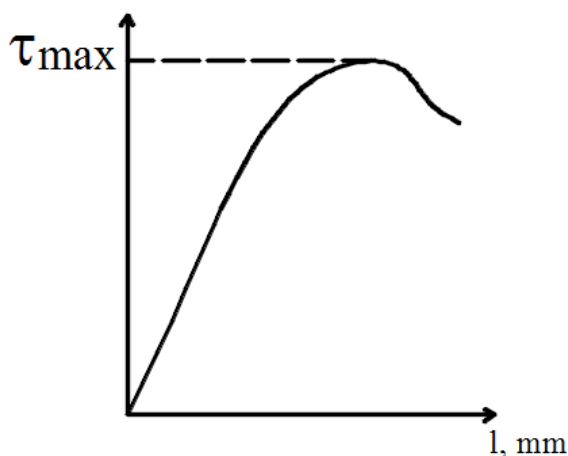
Pēc testa laikā veiktajiem mērījumiem tiek aprēķināta bīdes pretestība (τ) un sprieguma vērtības (σ), izmantojot 2.14 un 2.15 formulas:

$$\tau = 10 \frac{Q}{A} \quad (2.14)$$

$$\sigma = 10 \frac{F}{A} \quad (2.15)$$

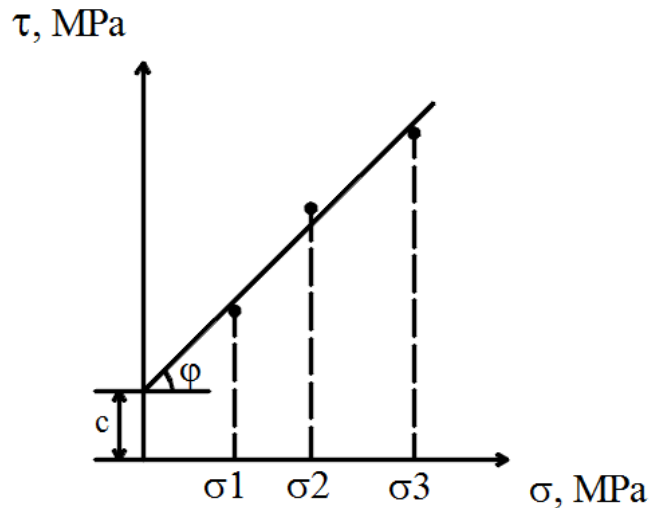
Q – pieliktais horizontālais spiediens (KN); Q – pieliktais horizontālais spiediens (KN); F – pieliktais vertikālais spiediens (KN); A – parauga laukums (cm^2)

Tiek konstruēts grafiks ar atliktām bīdes pretestības (τ) un attāluma (l) vērtībām (skat. 2.6 attēlu).



2.6 attēls Bīdes pretestības grafiks $l=f(\tau)$ (pēc GOST 12248)

Tiek noteikts maksimālais bīdes pretestības lielums (τ_{\max}). Pēc tam tiek konstruēts grafiks ar atliktām bīdes pretestības (τ) un horizontālā spiediena (σ) vērtībām (skat. 2.7 attēlu).



2.7 attēls Bīdes pretestības grafiks $\tau=f(\sigma)$ (pēc Чаповский, 1975)

Pēc grafika konstruēšanas iekšējā berzes leņķa koeficienta ($\tan\varphi$) un sasaistes (c) vērtības aprēķina, izmantojot 2.16 un 2.17 formulas:

$$\tan\varphi = \frac{n\sum\tau_i\sigma_i - \sum\tau_i\sum\sigma_i}{n\sum(\sigma_i)^2 - (\sum\sigma_i)^2} \quad (2.16)$$

$$c = \frac{\sum\tau_i\sum\sigma_i^2 - \sum\sigma_i\sum\tau_i\sigma_i}{n\sum(\sigma_i)^2 - (\sum\sigma_i)^2} \quad (2.17)$$

Tika izmantota testēšanas metode saskaņā ar GOST-12248.

2.3.8. Rezultātu korelācija

Lauku un laboratorijas darbu rezultāti tiek apstrādāti korelācijas analīzē, izmantojot Pīrsona korelācijas koeficientu (r), kuru var izmantot empīrisko datu salīdzināšanai. Ar minēto metodi var noteikt korelācijas ciešumu, kur korelācijas koeficients r ir robežās no -1 līdz 1, nosakot vienu parametra atkarību no otra. Ja $r=0$, tad korelācijas nav, ja modulis $|r| = 0 - 0,2$, tad korelācija ļoti vāja, ja $|r| = 0,2 - 0,4$ tad korelācija ir vāja, ja $|r| = 0,4 - 0,7$ un $0,7 - 1,0$, tad korelācija vidēji stipra un ļoti stipra. Korelācijas analīzi parasti veic pārbaudēm viena grunts veida robežās, pētot pāru sakarības starp stiprības un deformējamības pārbaudēm laboratorijā un grunšu fizikālajām īpašībām un sastāvu: dabīgo mitrumu, blīvumu, organisko vielu saturu, plūstamības robežu u.c. Lauku pārbaudēs – starp statistiskās un citu veidu zondēšanu un citām lauka metodēm (spārņņgriezi, pārbaudēm ar spiedogu u.c.). Korelācija aprēķināta datorprogrammā *MS Excel*.

3. REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA

Lauka un laboratorijas darbu veikšanas gaitā tika izmantotas vairākas metodes un iegūto rezultātu ērtai pārskatāmībai un bakalaura darba mērķa sasniegšanai rezultātu sadaļa tika iedalīta četros posmos:

- 1) grunts klasifikācijas izvēle;
- 2) lauka darbu rezultāti;
- 3) laboratorisko pētījumu rezultāti;
- 4) iegūto rezultātu korelācija.

3.1. Grunts klasifikācijas izvēle

Lauku darbu rezultātu atspoguļošana lielā mērā ir atkarīga no tā, kādu uzdevumu un mērķu sasniegšanai rezultāti tiks izmantoti, un kādi normatīvi nosaka darbu metodes, kas arī nosaka, kāda grunšu klasifikācija ir jāizmanto. LR teritorijā spēkā esošais būvnormatīvs LBN 207-01 "Ģeotehnika. Būvju pamati un pamatnes" pagaidām nosaka, ka būvju inženiertehniskos aprēķinos jāizmanto LBN 005-99 "Inženierizpētes noteikumi būvniecībā", bet grunšu klasifikācijā jāizmanto spēkā esošie standarti. Pašlaik spēkā ir divas klasifikācijas, ko reglamentē LVS 437 "Būvniecība. Gruntis. Klasifikācija" un "Eirokekss 7: Ģeotehniskā projektēšana – 2. daļa: Būvpamatnes izpēte un pārbaudes". Sakarā ar drīzu jaunā būvnormatīva LBN 207-15 "Ģeotehniskā projektēšana" spēkā stāšanos, būs spēkā tikai viena standartu sistēma – Eirokekss, un iepriekš aprakstītā kārtība vairs nebūs spēkā. Ir paredzēts, ka ģeotehniskās izpētes veikšanā grunšu klasifikācijā tiks izmantoti EN ISO 14688-1 un EN ISO 14688-2 ar būtiskām atšķirībām no LVS 437, tādām kā granulometrisku frakciju robežu izmaiņas, grunts nosaukuma veidošanas kritēriji u.c, saglabājot grunts stratificēšanas principus pēc relatīvā blīvuma (I_D) atkarībā no statistiskās zondēšanas konusa pretestības (q_c) vērtībām. Ņemot vērā nozares aktualitātes un to, ka lauku darbos un laboratorijas pārbaudēs lielākoties izmantotas metodes, kas ir saskaņā ar Eirokeksu, šā pētījuma rezultātu atspoguļošanā tiks izmantoti EN ISO 14688-1 un EN ISO 14688-2 klasifikācijas kritēriji.

3.2. Lauka darbu rezultāti

Lauka darbu gaitā statistiskās zondēšanas rezultātu interpretācijai un paraugu noņemšanai pētījuma teritorijā tika izurbti trīs urbumi kvartāra un pamatiežu ģenēzes gruntīs 32,8 līdz 34,0 m dziļumā. Izmantojot statistiskās zondēšanas un urbšanas darbu rezultātus, tika uzzīmēts viens inženierģeoloģiskais griezum (skat. 3.1 attēlu). Urbumu un statisko zondējumu izvietojumu

pētījuma teritorijā skatīt 1.3 attēlā. Inženierģeoloģiskā griezumā zīmēšanai tika izmantota rasēšanas programma *AutoCad 2015*.

Nogulumu slāņu robežas izdalītas atbilstoši pieņemtās klasifikācijas principiem, kā prioritāti izmantojot statistiskās zondēšanas rezultātus, jo urbšanas gaitā izceltā grunts materiāla dziļums uz spirālurbja ne vienmēr atbilst saguluma dziļumam. Zondēšanas rezultātus ar izdalītiem slāņiem un vidējām q_c , f_s un R_f vērtībām skatīt pielikumā Nr.1.

Tehnogēnie nogulumi (tQ₄). Visos urbumos dziļumā līdz 1,6 – 2,0 m konstatētas uzbērtas/pārraktas grunts, kas sastāv galvenokārt no neviendabīgi izplatītas tumši brūnas smilts ar organisko vielu un māla piejaukumu un dažāda lieluma būvgružu un grants piejaukumu. Urbumā Nr. 1 konstatētas arī naftas piesārņojuma pazīmes, kas izplatīts arī nelielā dziļumā grunts dabīgajos slāņos. Slāņa saguluma blīvums pārsvarā ļoti irdens ar statistiskās zondēšanas q_c vērtībām 0,6 – 1,7 MPa robežās. Uz mālainā materiāla piejaukumu norāda arī vietām paaugstinātās R_f vērtības 1,5 – 4,5. Pēc klasifikācijas pieņemtais nosaukums un apzīmējums – *cogrorclmsaMg* (rupja grants, organiski mālaina vidēji rupja smilšaina uzbērtā grunts), ģeotehniskajā griezumā apzīmējums saīsināts uz *Mg*.

Aluviāli marīnie (a-mQ₄^{lit}) un aluviāli limniskie nogulumi (a-lQ₄^{lit}). Zem uzbērto nogulumu kompleksa ģeoloģisko griezumu veido smilts, dūņainas smilts un organisko mālsmilts un smilšmālu slāņmija līdz pat 24,4 – 27,2 m dziļumā. Ģeoloģiskais griezumā samērā sarežģīts ar raksturīgu anizotropiju vertikālā virzienā, bet nogulumu izplatību nosacīti var izdalīt trīs izturētos smilšaini dūņainā smilšmāla un mālsmilts slāņos, kas mijas ar mainīga biezuma smilts slāņiem.

Pirmais izdalāmais smilšaini dūņainais smilšmāla slānis ieguļ tieši zem uzbērto grunšu kompleksa. Slāņa biezums mainīgs, 1,4 – 2,6 m. Slāņa maksimālais izplatības dziļums 3,4 – 4,6 m. Vietām tajā konstatēts kūdras piejaukums, kas būtiski palielina slāņa organisko vielu saturu (9,3 %). Pēc laboratorijas pārbaužu rezultātiem slāņa augšdaļā bez konstatētām kūdras pazīmēm organisko vielu saturs sastāda vien 0,9 %. Saguluma blīvums ļoti irdens ($q_c = 0,7 – 1,2$ MPa) ar R_f vērtību robežām 0,9 – 3,3. Mālaino daļiņu procentuālais saturs slānī $\approx 35\%$. Plastiskuma skaitlis (I_p) paņemtajiem paraugiem vērtībās 11 – 15 (vidēja plasticitāte). Pieņemtie apzīmējumi – *saCl* un *saClOr* (smilšains māls; smilšaini mālains organisks materiāls).

Zem dūņu slāņa pagulošie smilšainie nogulumi ieguļ līdz 7,5 – 8,5 m dziļumā un sastāv pārsvarā no pelēcīgi dzeltenas smalkgraudainas smilts ar sīkiem koku atlieku fragmentiem, kas vietām caurslāņota ar sīkām dūņu starpkārtiņām un starpslānīšiem. Slāņa izplatības maksimālais biezums griezumā areālā 2,9 – 4,3 m. Nogulumu saguluma blīvums no ļoti irdena ($q_c \leq 2,5$ MPa) līdz vidēji blīvam ($q_c = 6,6 – 8,0$ MPa). Urbšanas laikā noņemtajiem smilts paraugiem pārsvarā nebija acīmredzamu organikas piejaukuma pazīmes, bet laboratorijas

pārbaudēs, neskatoties uz augstu smalkgraudainās smilts procentuālo saturu ($> 90 \%$) tika konstatēta neliela organisko vielu klātbūtne 0,3 – 0,6% apjomā. Pieņemtais apzīmējums – FSa (smalkgraudaina smilts).

Otrais organogēnais slānis izplatīts līdz 13,2 – 15,8 m dziļumam un sastāv galvenokārt no pelēcīgi brūngana dūņaina smilšmāla. Slāņa maksimālais biezums 5,7 – 6,9 m. Organisko vielu saturs 4,2 %. Slāņa apakšdaļā Urb.1 un Urb.2 pieaug smilts materiāla procentuālais saturs, kas atspoguļojas arī statistiskās zondēšanas rezultātos, q_c vērtības 2,5 – 6,8 MPa ar salīdzinoši mazākām sānu berzes koeficienta vērtībām ($R_f = 1,7 - 2,46$). Pieņemtie apzīmējumi – cIOr (mālaini organisks materiāls), saCl (smilšains māls), FSa (smalkgraudaina smilts).

Dziļāk griezumu veido smalkgraudaina pelēcīgi dzeltenīga smilts ar izplatības dziļumu 17,9 – 18,7 m. Slāņa izplatības biezums 2,5 – 4,7 m. Grunts saguluma blīvums no ļoti irdena līdz blīvam stāvoklim ($q_c = 1,5 - 15$ MPa). Slāņa apakšdaļā Urb.2 un Urb.3 iezīmējas dūņaino mālsmilts un smilšmāla starpslāņi 0,2 – 0,4 m biezumā ar R_f vērtībām 1,6 – 5,4. Pieņemtie apzīmējumi – FSa (smalkgraudaina smilts), cISa (mālaina smilts).

Trešais organogēnais slānis ieguļ līdz 23,3 – 23,5 m dziļumam un sastāv galvenokārt no vidējas plasticitātes ($I_p = 25,0$) dūņaina māla ar vidēji augstu organisko vielu saturu – 9,5 % (SIA “Markvarta ģeotehniskais birojs, 2014). R_f vērtības pārsvarā robežās 2,3 – 2,5. Pieņemtie apzīmējumi – cIOr (mālaini organisks materiāls), saCl (smilšains māls).

Augstāk aprakstīto aluviālas ģenēzes nogulumu kompleksa izplatību noslēdz pelēcīgi dzeltenīgas smalkas smilts slānis ar dūņu starpkārtām. Slāņa izplatības maksimālais dziļums līdz 25,3 – 27,2 m dziļumam ar biezumu 1,8 – 3,9 m. Slāņa vidusdaļā novērojams būtisks dūņainā/mālainā materiāla piejaukums. Smilts saguluma blīvums no irdena līdz blīvam ($q_c = 3,5 - 13,7$ MPa). Smilšaino dūņu starpslāņu R_f vērtības 2,6 – 3,1. Pieņemtie apzīmējumi – FSa (smalkgraudaina smilts), cISa (mālaina smilts).

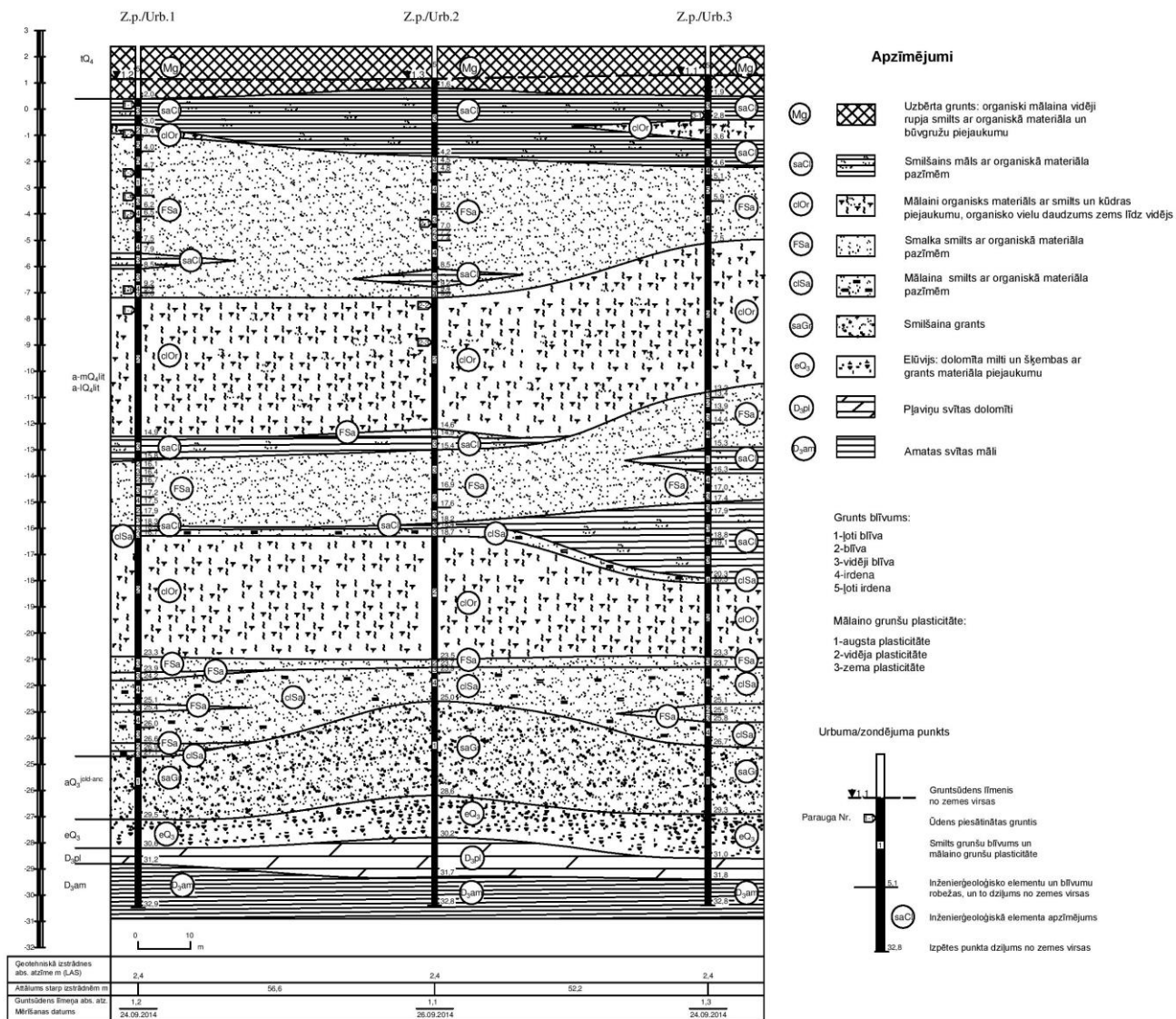
Kvartāra nogulumu apakšējo daļu veido *aluviālas* ($aQ_4^{\text{old-anc}}$) ģenēzes grants un smilts nogulumu slānis, kas varētu būt pārskalots morēnas materiāls. Slāņa maksimālais izplatības dziļums 28,6 – 29,5 m ar biezumu 2,4 – 3,6 m. Statiskās zondēšanas rezultāti pieejami tikai par Urb.1 un Urb.2 augšdaļas pirmajiem 10-20 cm, jo statistiskā zondēšana grants nogulumos pārsniedz iekārtas tehniskās iespējas. Pieņemtais apzīmējums – saGr (smilšaina grants).

Subkvartāro virsmu sedz *eluviālie* nogulumi (eQ_3) dolomīta miltu un dolomīta šķembu slānis ar būtisku grants un smilts piejaukumu, kas radušies ledāja erozijas rezultātā, pārveidojot Pļaviņu svītas dolomītus.

Pamatieži – Franas stāva Pļaviņu svītas dolomīti (D_{3pl}) pētījuma ietvaros veiktajos urbumos atsedzas 30,2 līdz 31,0 m dziļumā. Slāņa izplatības biezums relatīvi neliels (0,6 – 1,5 m biezumā). Pēc izceltajiem serdes paraugiem slāņa augšdaļa šķembaina, stipri saplaisājusi.

Robeža ar elūvija daļu nav viennozīmīgi nosakāma. Slāņa lejasdaļa mazāk plaisaina, pārsvarā monolīta ar sīkplātņaina dolomītmerģeļa un māla starpkārtnām. Mālainā materiāla klātbūtne norāda uz piederību Kokneses ridai.

Zem Pļaviņu svītas dolomītiem iegūļ sarkanīgi brūnie *Amatas svītas* (D₃pl) konsolidētie cietie māli. Māli atsegti 1,1 – 1,7 m biezumā. To izplatības dziļums pētījuma urbumos nav konstatēts, bet domājams, ka Amatas svītas mālu robeža ar aleirolītiem un smilšakmeņiem atrodas nedaudz dziļāk, spriežot pēc netālu veiktajiem urbumiem (SIA “Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2014).



3.1 attēls Pētījuma vietas inženierģeoloģiskais griezum (zondējumu/urbumu izvietojumu skatīt 1.3 attēlā) (izstrādājis autors, 2015)

3.3. Laboratorijas pētījumu rezultāti

Lai noteiktu grunts īpašības, visiem paraugiem tika veiktas laboratoriskās pārbaudes, izmantojot piejamās iekārtas un metodes. Tās šajā apakšnodaļā tiks uzrādītas secīgi pēc to veikšanas kārtības.

Pēc paraugu nogādāšanas LU ĢZZF laboratorijā pirmās tikai veiktas grunts fizikālo īpašību analīzes – dabiskā mitruma (W) noteikšana un grunts daļiņu blīvuma noteikšana. Pēc tam mālainiem paraugiem tika noteiktas Aterberga robežas (W_p , W_L). Pēc iegūtajiem rezultātiem aprēķināts plastiskuma skaitlis (I_p) un konsistence (I_L) (rezultātus skatīt 1. tabulā).

1. tabula

Laboratorijas pētījumi rezultāti (autora dati, 2015)

Urbuma Nr.	Parauga Nr.	Parauga ņemšanas dziļums m	Grunts apraksts	Cieto daļiņu blīvums ρ_s (g/cm ³)	Grunts dabiskais mitrums W (%)	Plūstamības robeža W_L (%)	Drupšanas robeža W_p (%)	Plastiskuma skaitlis I_p (%)	Konsistence I_L
1	1-1	2,0-2,4	Dūņas ar smilts starpkārtiņām, tumši pelēkas, ūdenspiesātinātas	2,63	30,5	31,0	19,7	11,2	0,96
1	1-2	3,3-3,4	Dūņas ar kūdras un smilts piejaukumu, pelēkbrūnas, ūdenspiesātinātas	2,47	64,2	61,3	45,3	16,0	1,18
1	1-3	4,7-5,0	Smalka smilts ar dūņu starpkārtiņām, tumši pelēka, ūdens piesātināta	2,68	21,9				
1	1-4	5,5-5,8	Smilts smalka ar sīkām dūņu starpkārtiņām, tumši pelēka, ūdens piesātināta	2,69	23,1				
1	1-5	6,0-6,7	Smalka smilts ar sīkām dūņu starpkārtiņām, tumši pelēka, ūdens piesātināta	2,66	28,1				
1	1-6	9,0-9,5	Smalka smilts ar sīkām dūņu starpkārtiņām, tumši pelēka, ūdens piesātināta	2,63	25,3				
1	1-7	10,0-10,5	Dūņas pelēkbrūnas ar smilts piejaukumu, ūdens piesātinātas	2,63	45,3	37,3	27,6	9,7	1,82
2	2-1	6,0-7,0	Smalka smilts ar dūņu starpkārtiņām, tumši pelēka, ūdens piesātināta	2,59	23,4				
2	2-2	9,6-10,0	Dūņas ar smilts piejaukumu, pelēkbrūnas, ūdens piesātinātas	2,63	34,2	35,46	28,9	6,6	0,81
2	2-3	11,3-11,4	Dūņas pelēkbrūnas ar smilts piejaukumu, ūdens piesātinātas	2,67	30,7	36,9	24,6	12,3	0,49
3	3-1	2,5-2,6	Dūņas pelēkbrūnas ar smilts piejaukumu, ūdens piesātinātas	2,63	30	33,4	17,8	15,6	0,78

Rezultāti uzrāda, ka organiskā materiāla klātbūtne paraugā būtiski samazina cieta daļiņu blīvumu un ietekmē dabisko mitrumu. Kūdrainā materiāla dabiskā mitruma (W) vērtības var sasniegt pat 300 – 400 % un pat neliels tās piejaukums paraugam dod būtiski lielākas W vērtības attiecībā pret līdzīga sastāva paraugiem, kuros kūdra nav konstatēta.

Organisko vielu saturs. Pirms granulometriskā sastāva noteikšanas paraugiem tika veikta organisko vielu izņemšana, izmantojot divas metodes – dedzināšanu 440°C un ūdeņraža peroksīda metodi. Lai salīdzinotu abu metožu rezultātus, pēc organisko vielu izņemšanas atsevišķiem paraugiem tika veikta atkārtota ūdeņraža peroksīda procedūra, jo reaģenta lietošanas laikā dažiem paraugiem tika novērota pārk stipra reakcija ar organisko materiālu un sekoja parauga izplūšana no trauka. Atkārtotās pārbaudēs tika izmantots mazāks daudzums materiāla un saudzīgākas reaģenta devas (rezultātus skatīt 2. tabulā).

2. tabula

Organisko vielu saturs paraugos (autora dati, 2015)

Urbuma Nr.	Parauga Nr.	Organisko vielu saturs % ar dedzināšanu 440° C	Organisko vielu % saturs ar H ₂ O ₂	Atkārtots organisko vielu saturs ar H ₂ O ₂	Organisko vielu vidējais saturs %
1	1-1	1,21	4,23	0,58	0,90
1	1-2	8,8	9,67		9,24
1	1-3	0,72	0,46		0,59
1	1-4	0,65	0,16		0,41
1	1-5	0,49	0,70		0,60
1	1-6	0,29	0,33		0,31
1	1-7	4,92	36,42	3,4	4,16
2	2-1	0,38	1,73		1,06
2	2-2	4,35	18,45	2,61	3,48
2	2-3	1,81	14,64	2,05	1,93
3	3-1	1,84	1,20		1,52

Atkārtots mēģinājums deva salīdzinoši tuvākus rezultātus starp abām metodēm, bet joprojām ar visnotaļ būtiskām atšķirībām. Kā norādīts literatūrā (Schumacher, 2002) ūdeņraža peroksīda metode parasti uzrāda mazākus rezultātus, jo reaģents nespēj pilnībā tikt galā ar makroskopiskām (sataustāma lieluma) organikas atliekām, kas, izmantojot dedzināšanas metodi, tiek pilnībā degradētas. Būtiski ir atzīmēt, ka metodes salīdzināšana nenotika no vienāda sastāva paraugiem, proti, pirms testa veikšanas paraugs netika rūpīgi samaisīts viendabīgā masā un tad paņemti šķietami vienādi paraugi organisko vielu izņemšanai, kas ļautu salīdzinošu analīzi veikt kvalitatīvāk. Korelācijas vajadzībām tika paņemts vidējais rādītājs no abām pielietotajām metodēm.

Granulometriskā sastāva noteikšana. Pēc organisko vielu izņemšanas visiem paraugiem tika veikta granulometriskā sastāva analīze. Vispirms paraugs tika skalots caur 0,063 mm sietu, lai nodalītu smilts frakciju no putekļiem un māla. Tad smilts frakcija tika sijāta atbilstoši aprakstītai metodei caur sietiem, bet putekļu un māla frakcijas procentuālais saturs tika testēts hidrometrā. Jāatzīmē, ka hidrometra metodē izmantotais parauga iesvars ne vienmēr sasniedza nepieciešamo apjomu, kā paredz metode. Mazākais testētais paraugs bija 3,04 g, bet nepieciešamais parauga lielums ir ap 30g. Tāpēc iegūtie rezultāti hidrometra metodē, izmantojot iepriekš pārbaudītās aprēķinu metodikas, uzrādīja anomālas kļūdas rezultātos – rezultātu iesvaru suspensijā aprēķinos uzrādīja 120 – 170 % no sākotnējā iesvara. Bet, izvērtējot rezultātus un pielietojot koriģētus aprēķinus, tika iegūts putekļu un māla frakcijas procentuālais saturs. Apvienojot mehāniskās un hidrometra analīzes rezultātus vienā tabulā (skat. 3.2 attēlu), tika uzzīmētas kumulatīvas līknes (izmantojot *MS Excel*) testētajiem smilts grunts paraugiem (skat. pielikumu Nr.2), bet mālaino grunšu paraugu granulometriskā sastāva sadalījums tika vizualizēts *GRADISTAT* programmas variācijas līknē (skat. pielikumu Nr.2).

3. tabula

Paraugu granulometriskais sastāvs un organisko vielu saturs (autora dati, 2015)

Nr. pēc kārtas	Zondēju ma/urbuma Nr.	Parauga Nr.	Granulometriskais sastāvs %, daļiņu izmēri mm							Org. vielu saturs %
			Smilts					Putekļaina smilts	Māls	
			2,0 - 1,0	1,0 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,063			
			0,063 - 0,02	< 0,002						
1.	1	1-1	0,06	0,46	6,76	24,03	13,98	19,42	35,01	0,90
2.	1	1-2	0,12	2,54	8,65	31,54	15,80	5,08	37,30	9,26
3.	1	1-3	0,09	0,53	26,60	57,07	6,82	3,87	4,71	0,59
4.	1	1-4	0,03	0,34	41,44	49,60	3,15	1,81	3,74	0,40
5.	1	1-5	0,06	0,16	11,06	79,40	3,61	3,00	3,24	0,60
6.	1	1-6	0,11	0,19	6,53	87,49	2,05	2,40	1,62	0,31
7.	1	1-7	0,15	0,75	1,58	4,96	10,60	24,42	56,69	4,16
8.	2	2-1	0,07	0,31	13,42	56,31	4,11	14,90	11,10	1,05
9.	2	2-2	0,14	0,44	1,85	10,85	13,85	17,29	55,69	3,48
10.	2	2-3	0,02	0,14	3,33	66,93	9,54	3,23	17,75	1,93
11.	3	3-1	0,05	0,31	7,20	41,26	14,68	13,35	22,25	1,52

Grunts kompresijas pārbaudes

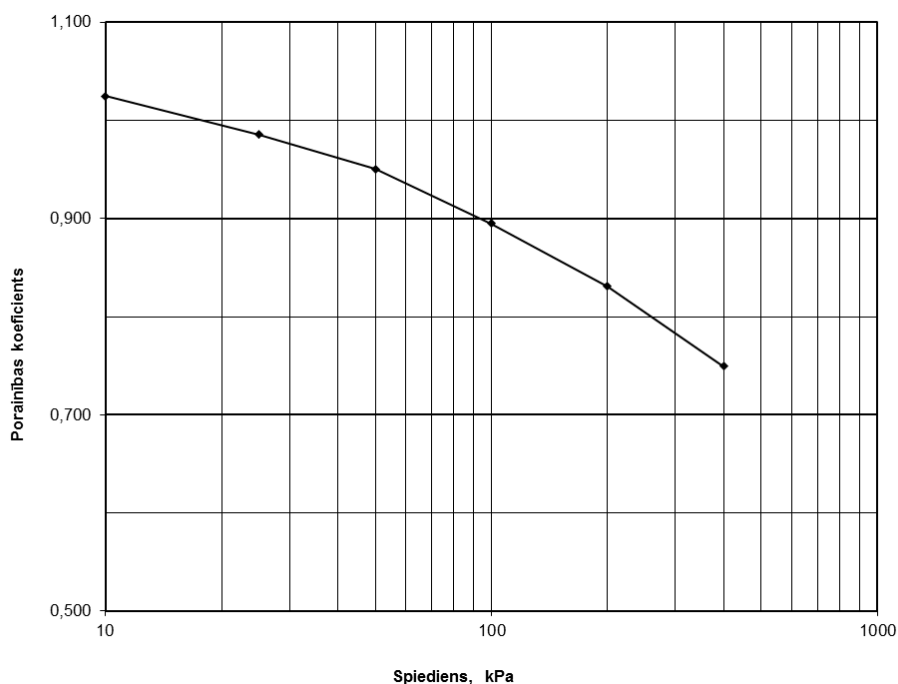
Pēc kompresijas pārbaudes beigām tika aprēķināti visi nepieciešamie lielumi (skatīt pielikumu Nr.3), būtiskākie no tiem apskatāmi 4. tabulā.

Testējamo paraugu fizikālās īpašības

	Sākuma mitrums $W_0\%$	Plastiskuma skaitlis I_p	Konsistence I_L	Parauga sākuma blīvums ρ_0	Ūdens piesātinātība S_r	Porainības koeficients e	Mitrums pēc testa $W_f\%$	Porainības koeficients pēc testa e_f
Paraugs Nr.3-1	30	15,6	0,79	1,84	0,92	0,85	25,6	0,589
Paraugs Nr.2-3	30,7	12,3	0,49	1,71	0,79	1,038	39,1	0,75
Paraugs Nr.1-2	64,2	16	1,18	1,61	1,05	1,505	38,2	0,945

Paraugam Nr.2-3 beigu mitrums pārsniedz pirms kompresijas pārbaudes veiktā mitruma vērtības. Tas liecina, ka paraugs nav bijis pilnībā ūdenspiesātināts vai arī, iespējams, zaudējis savu mitrumu uzglabāšanas laikā, to apstiprina arī mitruma pakāpes (S_r) lielums.

Kompresijas rezultātu atainošanai katram testētajam paraugam tiek konstruēta kompresijas līkne (skat. 3.2 attēlu). Pārējo paraugu kompresijas līknes skatīt pielikumā Nr.4.



3.2 attēls Parauga Nr.2-3 porainības koeficienta izmaiņas atkarībā no pieliktā spiediena, puslogaritmiskā mērogā (autora dati, 2015)

Tika aprēķinātas saspiežamības koeficienta un deformācijas moduļa vērtības visiem paraugiem (skat. 5. tabulu).

Kompresijas pārbaudes rezultāti ar iegūtām saspiežamības koeficienta (m_v) un deformācijas moduļa (E_{oed} , MPa) vērtībām

Slodze KPa	Parauga Nr.3-1		Parauga Nr.2-3		Parauga Nr.1-2	
	m_v	E_{oed}	m_v	E_{oed}	m_v	E_{oed}
10	0,32	3,13	0,644	1,56	0,847	1,19
25	1,18	0,86	1,314	0,78	2,671	0,39
50	0,38	2,72	0,719	1,45	0,631	1,69
100	1,09	1,00	0,585	1,84	1,459	0,78
200	0,15	7,14	0,349	3,18	0,560	2,16
400	0,28	4,22	0,233	5,00	0,335	3,85
Vidējais aritmētiskais paraugam	0,57	3,18	0,64	2,30	1,08	1,68

Iegūtie rezultāti uzrāda, ka deformējamība ir salīdzinoši lielāka paraugiem ar lielāku organisko vielu procentuālo saturu.

Tika uzzīmēta konsolidācijas līknes (Parauga Nr.2-3 līkne skatīt 2.4 attēlā 2.3.6 punktā) katra parauga katram slodžu intervālam un noteiktas d_{90} un t_{90} vērtības un tika izrēķinātas konsolidācijas koeficientu (C_v) vērtības (skat. 6. tabulu). Pārējo paraugu konsolidācijas lielumu attiecība pret laiku skatīt pielikumā Nr.5.

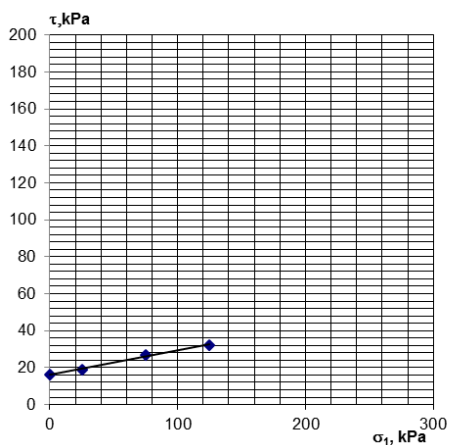
Konsolidācijas koeficienta (C_v) vērtības

Slodze KPa	Paraugs Nr. 3-1	Paraugs Nr.2-3	Paraugs Nr.1-2
	C_v m ² /gadā	C_v m ² /gadā	C_v m ² /gadā
10	4,32	35,17	26,872
25	7,05	67,17	8,369
50	12,46	38,29	31,676
100	4,07	27,45	1,755
200	2,22	47,93	6,417
400	2,16	31,69	9,229
Vidējais aritmētiskais paraugam	5,38	41,28	14,05

No rezultātiem izriet, ka paraugam ar vislielāko māla un organikas piejaukumu nebūs vislielākā konsolidācija. Bet, apskatot līknes (pielikums Nr.5), var secināt, ka C_v aprēķins saskaņā ar metodiku var nebūt piemērojams nevienādabīgai gruntij, jo vietām līknes pirmā krituma posma sēšanos “piebremzē” smilts starpslānīši, un tas ietekmē t_{90} nolāstījuma vietas.

Grunts bīdes pretestības pārbaudes

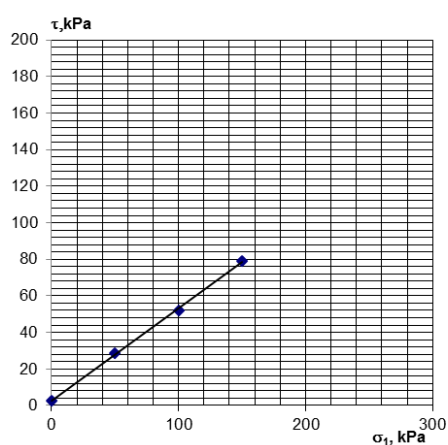
Pēc punktā 2.3.7 aprakstītās metodes tika veiktas bīdes pretestības pārbaudes 3 paraugiem, kas tika sadalīti 6 paraugu gredzenos. Tika uzzīmētas trīs bīdes pretestības diagrammas ar iegūtajiem bīdes pretestības (τ), iekšējās berzes leņķa (φ) un sasaistes (c) vērtībām (skat. 3.3 attēlu).



Paraugs Nr.1-2

$c = 16$ KPa

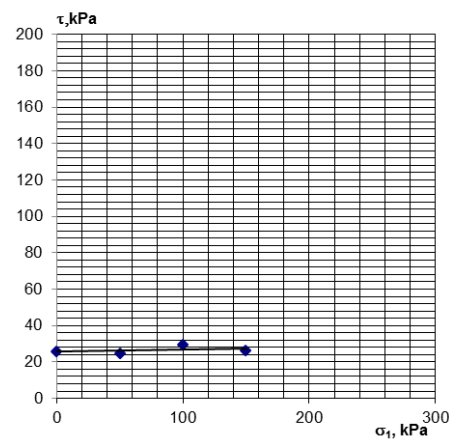
$\varphi = 8^\circ$



Paraugs Nr.2-3

$c = 2,5$ KPa

$\varphi = 27^\circ$



Paraugs Nr.3-1

$c = 25,7$

$\varphi = 1^\circ$

3.3 attēls **Bīdes pretestības diagrammas ar iegūtajiem stiprības raksturlielumiem** (autora dati, 2015)

Iegūtie rezultāti, salīdzinot ar vērtībām no ģeotehniskās izpētes materiāliem (SIA “Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2014) nav pretrunā ar līdzīga sastāva grunšu rezultātiem, izņemot paraugu Nr 3-1, kura pārbaudes uzrāda, ka bīdes pretestības vērtības gandrīz nav atkarīgas no pieliktā vertikālā spiediena. Tādus gadījumus var novērot mālainām gruntīm pie maksimālā poru spiediena. Neskatoties uz parauga sīkslāņoto uzbūvi, paraugs visas trīs reizes ir ticis nobīdīts pa mālaino starpslāni.

Pētījuma vietas ģeoloģiskā uzbūve un ģenēze ļauj secināt, ka šāda tipa grunts paraugiem, kas caurslāņotas ar sīkiem smilts slāņiem ir nepieciešams veikt salīdzinoši vairāk pārbaudes, jo, veicot testu, paraugs var tikt “nobīdīts” pa smilts starpslānīti, kas dod atšķirīgus rezultātus.

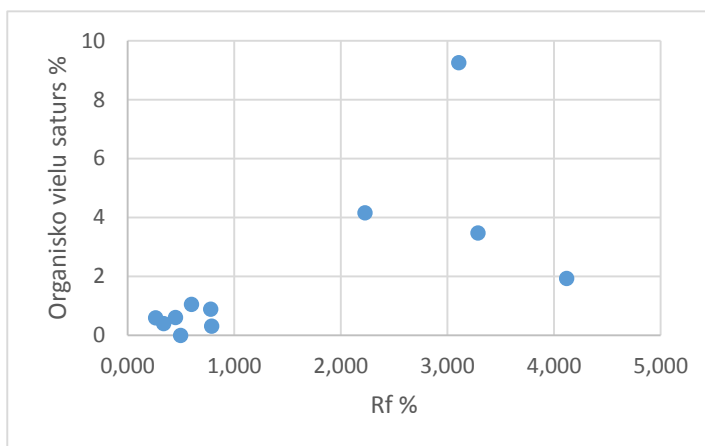
3.4. Iegūto rezultātu korelācija un interpretācija

Rezultātu korelācijas vajadzībām tika izdalīti statistiskās zondēšanas rādījumi (q_c , R_f) no paraugu ņemšanas dziļuma intervāliem, un tiem noteikts vidējais aritmētiskais, standartnovirze un variācijas koeficienti, kas raksturo mērījumu izkliedi (skat. pielikumu Nr. 6).

Ņemot vērā to, ka netraucētās struktūras paraugu ņemšanas intervāls nepārsniedza 10 cm, tad tika veikta arī statistiskās zondēšanas dziļuma korekcija paraugam Nr.2-3. Parauga ņemšanas dziļums 11,3 – 11,4 m, vertikālais nobīdes leņķis vērtībai 11,4 m dziļumā $4,7^\circ$. Izmantojot trigonometriskos aprēķinus, tika iegūts reālais zondēšanas dziļums 11,36 m. Ņemot vērā to, ka zondēšanas procesā vērtības tika reģistrētas ik pēc 10 cm, tad tika atstāti vidējie zondēšanas rādījumi 11,3 – 11,4 m dziļumā.

Laboratorijas gaitā iegūtās fizikāli-mehāniskās īpašības tika korelētas gan savā starpā, gan ar statistiskās zondēšanas vērtībām (q_c , R_f).

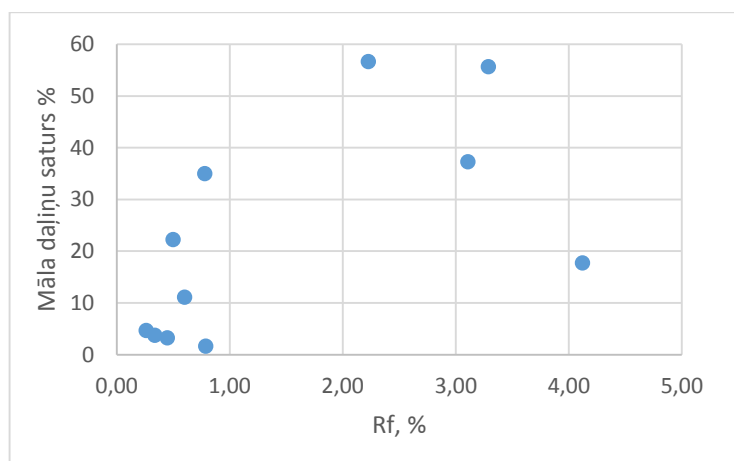
Sānu berzes koeficienta korelācija ar organisko vielu saturu % (skatīt 3.4 attēlu).



3.4 attēls Korelācija starp organisko vielu saturu % un R_f % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,6$, kas vērtējams kā vidēji stipra korelācija. Organisko vielu klātbūtne tika konstatēta visos testējamajos paraugos. Tās % saturs paraugos paaugstina grunts pielīpšanas īpašības.

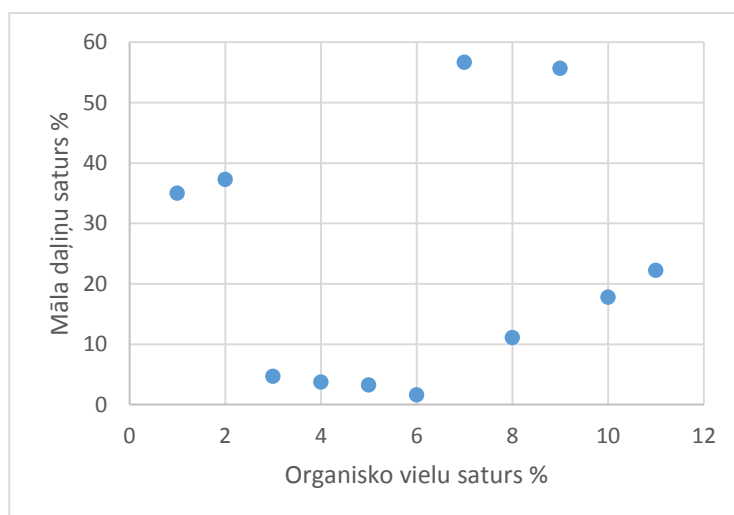
Sānu berzes koeficienta korelācija ar māla daļiņu % saturu (skatīt 3.5 attēlu).



3.5 attēls Korelācija starp māla daļiņu % saturu un Rf % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,6$, kas vērtējams kā vidēji stipra korelācija. Vērtējot šī pāra sakarību, jāņem vērā, ka testējamo paraugu sastāvā bija gan organiskās vielās, gan māls, tāpēc korelācijas koeficients būtu objektīvāks, ja tiktu vērtēti grunts paraugi ar organikas vai māla piejaukumu, bet bez abām komponentēm kopā, kas var ietekmēt korelāciju.

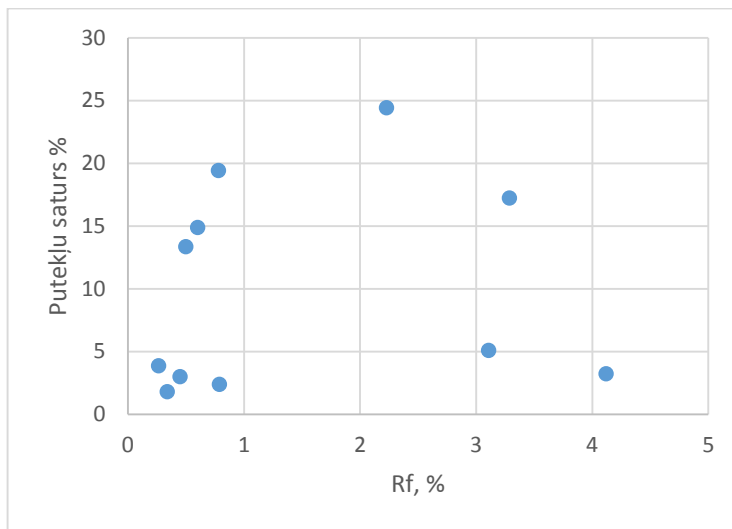
Māla daļiņu % satura korelācija ar organisko vielu saturu % (skatīt 3.6 attēlu).



3.6 attēls Korelācija starp māla daļiņu % saturu un organisko vielu saturu % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,6$ – vidēji stipra korelācija. Korelācija laba, bet pēc laboratorijas rezultātiem redzams, ka māla daļiņu lielais % saturs dotajos paraugos ne vienmēr nozīmē arī proporcionāli lielāku organisko vielu saturu vai otrādi. Tomēr lielākajā daļā paraugu sakarība ir novērojama.

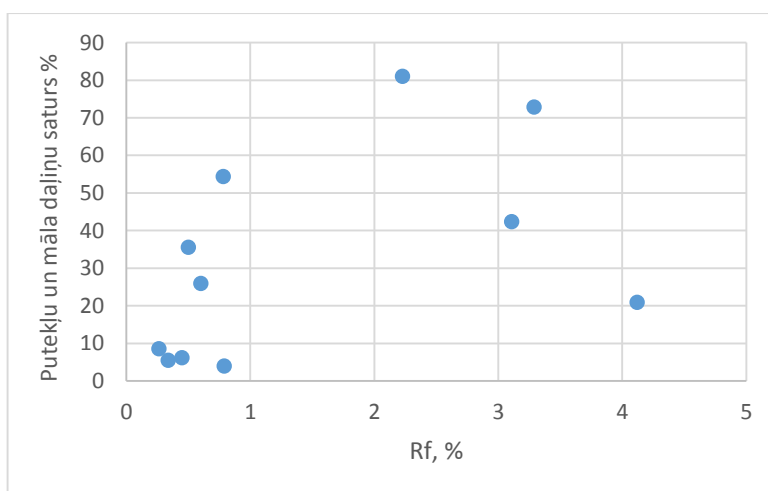
Sānu berzes koeficienta korelācija ar putekļu izmēra daļiņu saturu % (skatīt 3.7 attēlu).



3.7 attēls Korelācija starp putekļu izmēra daļiņu % saturu un Rf % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,1$ – ļoti vāja korelācija. Grafikā redzami atsevišķu vērtību sakopojumi, kas norāda kaut kādu likumsakarību, kuru visdrīzāk ietekmē māla procentuālais saturs paraugos, bet cieša sakarība nepastāv, jo dažos paraugos (Paraugi Nr.1-2, 2-3) ar augstu māla daļiņu saturu putekļainā frakcijas daudzums ir salīdzinoši neliels.

Sānu berzes koeficienta korelācija ar putekļu un māla izmēra daļiņu saturu % (skatīt 3.8 attēlu).

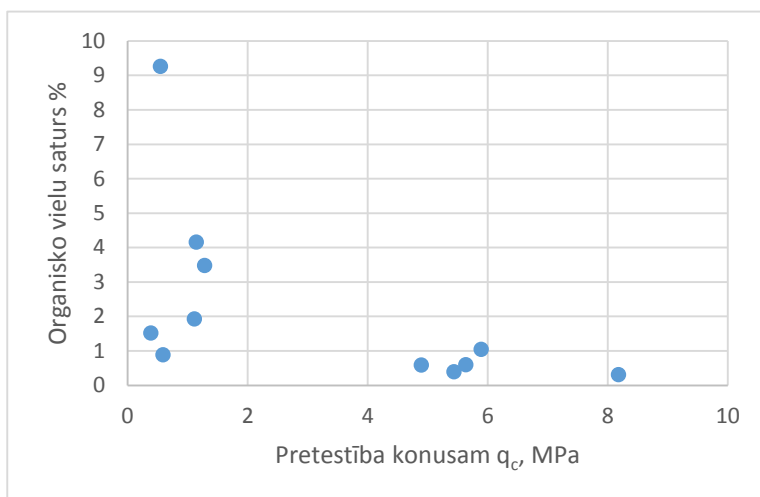


3.8 attēls Korelācija starp putekļu un māla izmēra daļiņu saturu % ar Rf % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,5$ – vidēji stipra sakarība. Korelācija vājāka, nekā korelējot tikai māla daļiņas un Rf%. Visticamāk korelāciju pavājina putekļaino daļiņu klātbūtne. Kā jau

iepriekš minēts, sakarību objektīvāk varētu izvērtēt testējot viena sastāva gruntis, šinī gadījumā putekļainu smilti.

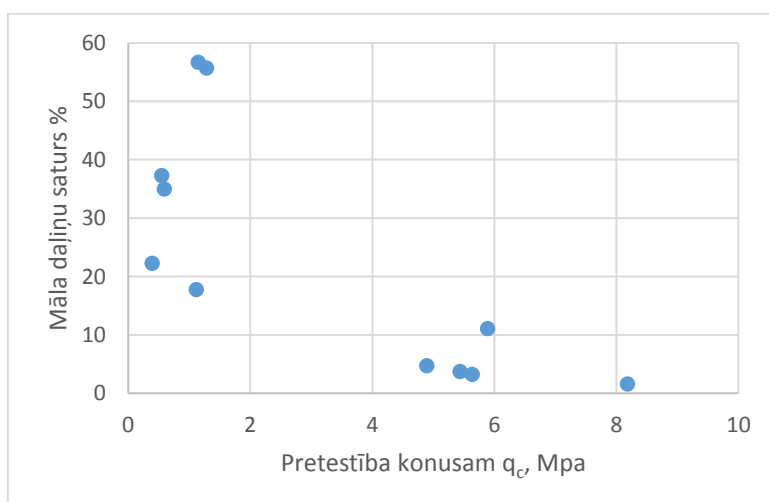
Pretestība konusam (q_c) korelācija ar organisko vielu saturu % (skatīt 3.9 attēlu).



3.9 attēls **Korelācija starp organisko vielu saturu % un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,6$ – vidēji stipra korelācija. Atbilst vispārīgi pieņemtajiem uzskatiem inženierģeoloģijā, ka organisko vielu klātbūtne pasliktina grunts īpašības.

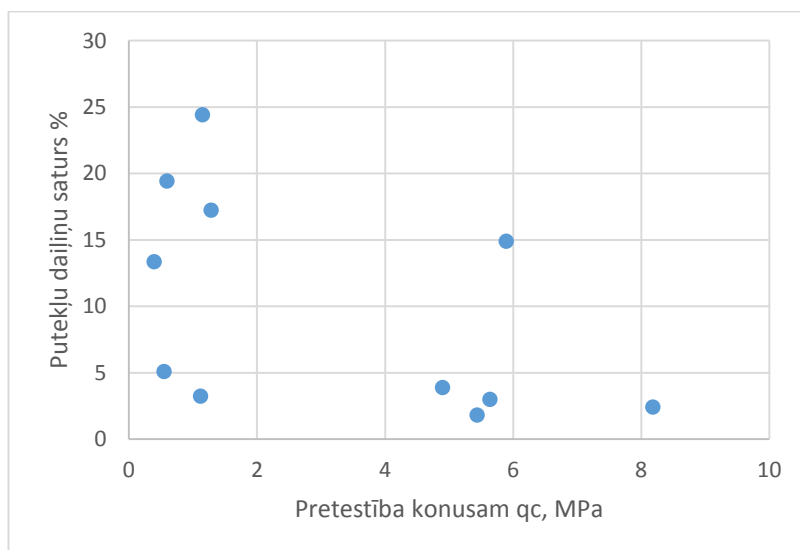
Pretestības konusam (q_c) korelācija ar māla izmēra daļiņu saturu % (skatīt 3.10 attēlu).



3.10 attēls **Korelācija starp māla izmēra daļiņu saturu % un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Koeficients $r=0,8$ – ļoti stipra korelācija.

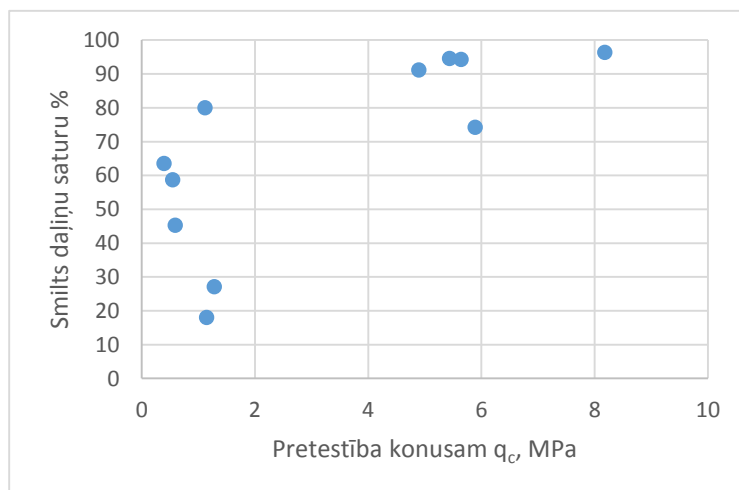
Pretestības konusam (q_c) korelācija ar putekļu izmēra daļiņu saturu % (skatīt 3.11 attēlu).



3.11 attēls **Korelācija starp putekļu izmēra daļiņu saturu % un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Koeficients $r=0,5$ – vidēji stipra korelācija. Korelāciju visdrīzāk paaugstina māla daļiņu piejaukums paraugos.

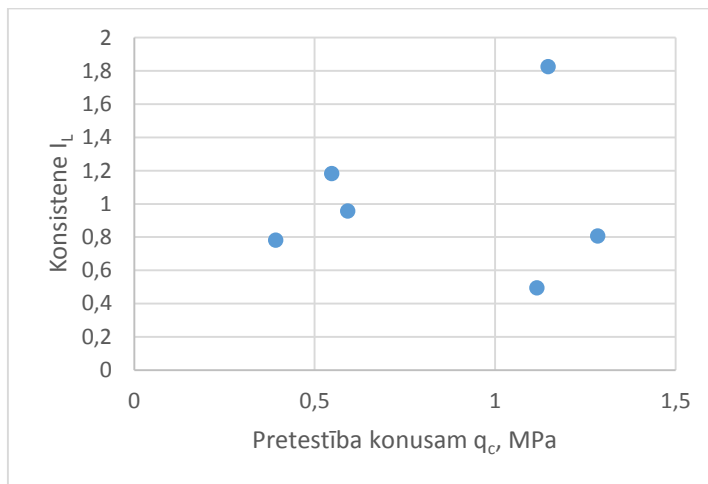
Pretestības konusam (q_c) korelācija ar smilts izmēra daļiņu saturu % (skatīt 3.12 attēlu).



3.12 attēls **Korelācija starp smilts daļiņu % saturu un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,7$ – ļoti stipra korelācija. q_c vērtības paaugstinās pie smilts daļiņu procentuāla satura pieauguma.

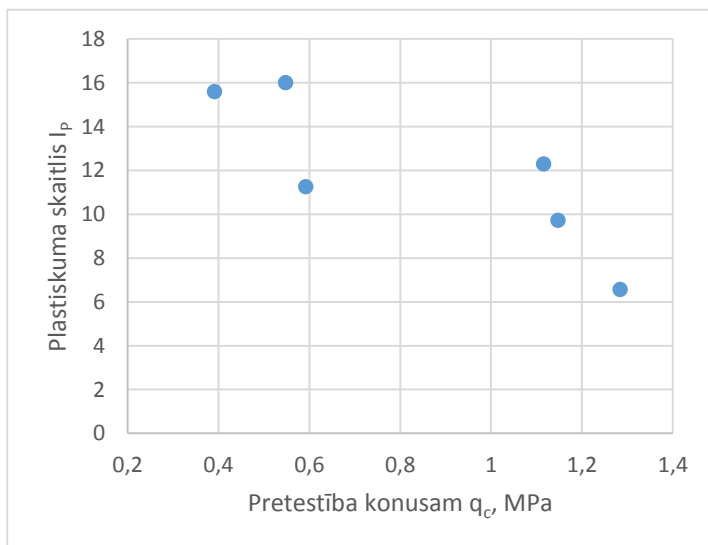
Pretestības konusam (q_c) korelācija ar konsistenci (I_L) (skatīt 3.13 attēlu).



3.13 attēls **Korelācija starp konsistenci (I_L) un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,1$ – nav korelācijas. Var novērot atsevišķus datu sakojumus, bet, ņemot vērā visus paraugus, korelācijas nav.

Pretestības konusam (q_c) korelācija ar plastiskuma skaitli (skatīt 3.14 attēlu).

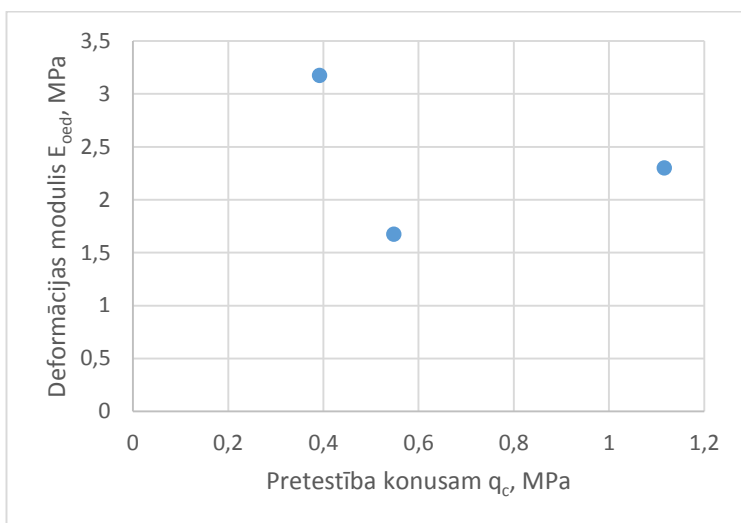


3.14 attēls **Korelācija starp plastiskuma skaitli (I_p) un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,8$ – ļoti stipra korelācija.

Tālāk tiek apskatītas korelācijas starp grunts stiprības-deformējamības īpašībām, statistiskās zondēšanas rezultātiem un grunts sastāvu. Deformācijas moduļa (E_{oed}) vērtības tika aprēķinātas kā vidējais aritmētiskais no visa testējamā parauga visu pielikto slodžu intervālos.

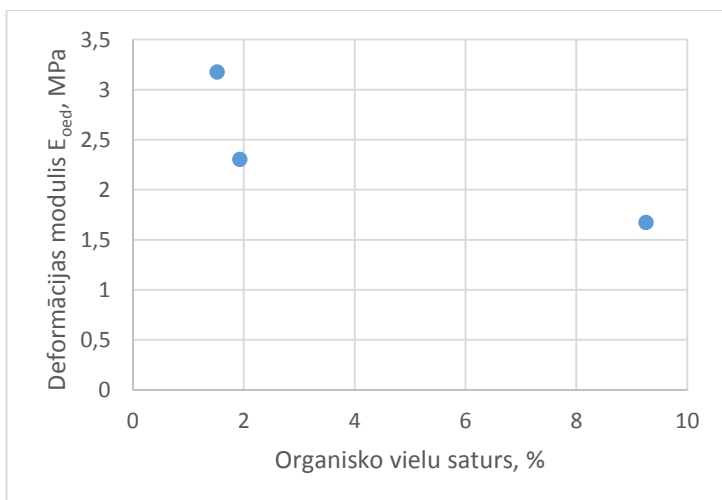
Deformācijas moduļa (E_{oed}) korelācija ar pretestību konusam q_c (skatīt 3.15 attēlu).



3.15 attēls **Korelācija starp deformācijas moduli (E_{oed}) un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,3$ – vāja korelācija. Testējamie paraugi tika klasificēti kā organisks materiāls ar māla un smilts piejaukumu ar zemu līdz vidēju organisko vielu saturu, izņemot paraugu 3-1, kurā organisko vielu un māla daļiņu procentuālais saturs bija salīdzinoši mazāks. Salīdzinošai analīzei, nomainot paraugu 3-1 deformācijas moduļa rezultātus ar pētījuma teritorijā testētu paraugu (SIA “Markvarta ģeotehniskais birojs”, 2014) no tā paša urbuma ar augstāku organisko vielu saturu (7%) un atbilstošiem q_c rezultātiem, korelācijas koeficients pieaug līdz 7,4, kas ļauj secināt par ciešu sakarību starp org. vielu saturu un parauga deformējamības īpašībām, bet q_c vērtības ir pakārtotas.

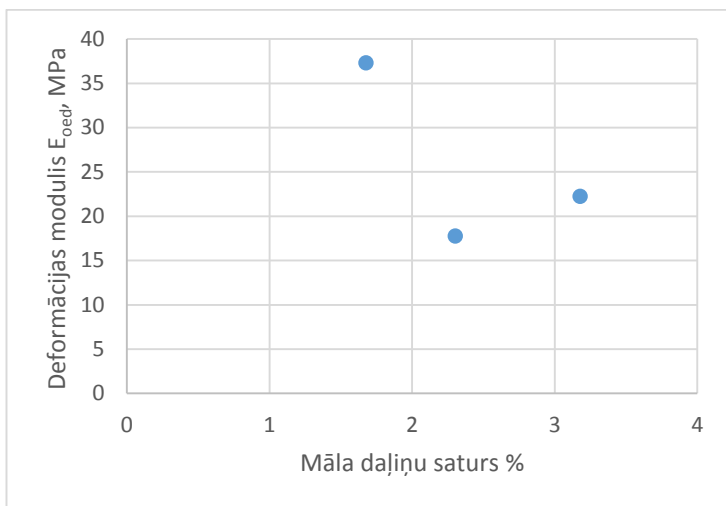
Deformācijas moduļa (E_{oed}) korelācija ar organisko vielu saturu % (skatīt 3.16 attēlu).



3.16 attēls **Korelācija starp deformācijas moduli (E_{oed}) un organisko vielu saturu %** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,8$. Grafiks apstiprina iepriekš teikto par organisko vielu nozīmi deformējamības īpašību raksturlielumos. Tas arī ļauj secināt, ka dabiskais mitrums % arī stipri korelē ar deformējamību, jo paraugos proporcionāli organisko vielu saturam, pieaug arī dabiskā mitruma vērtības.

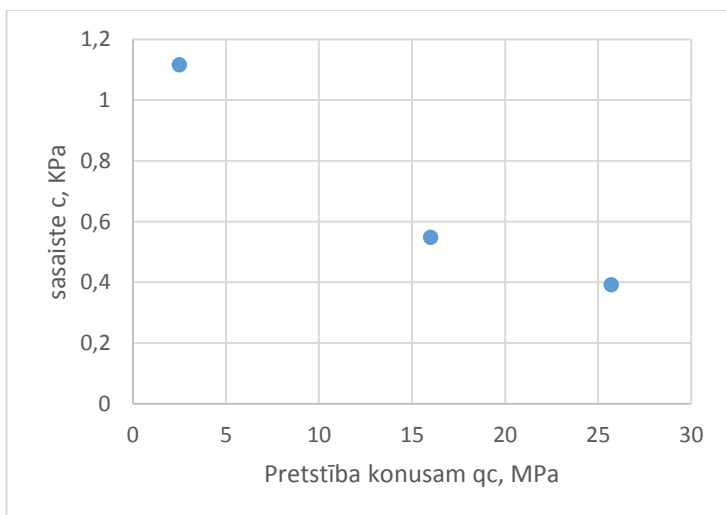
Deformācijas moduļa (E_{oed}) korelācija ar māla izmēra daļiņu % (skatīt 3.17 attēlu).



3.17 attēls Korelācija starp deformācijas moduli (E_{oed}) un māla daļiņu saturu % (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,7$ – ļoti stipra korelācija. Māla daļiņas paraugos stipri ietekmē deformējamību.

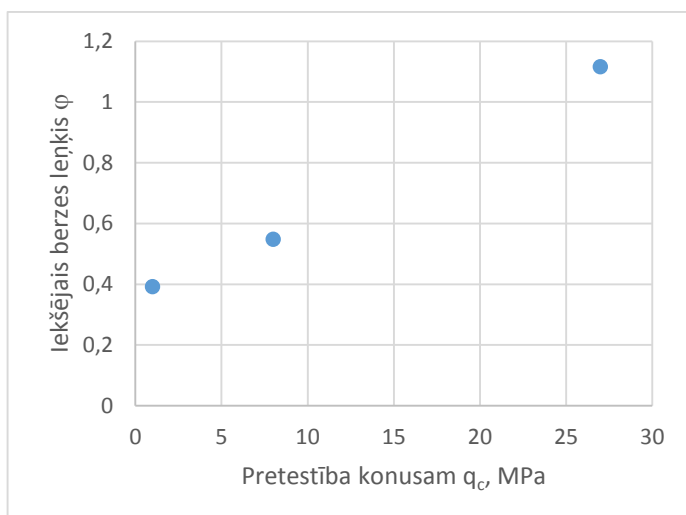
Sasaistes (c) vērtību korelācija ar grunts pretestību konusam q_c (skatīt 3.18 attēlu).



3.18 attēls Korelācija starp sasaisti (c , kPa) un q_c , MPa (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=0,97$ – ļoti stipra korelācija.

Iekšējā berzes leņķa (φ) vērtību korelācija ar grunts pretestību konusam q_c (skatīt 3.19 attēlu).



3.19 attēls **Korelācija starp iekšējo berzes leņķi (φ) un q_c , MPa** (autora dati, 2015)

Korelācijas koeficients $r=1$ – ļoti stipra korelācija.

Iekšējās berzes leņķa un sasaistes korelācija ar q_c rādījumiem uzrāda maksimāli iespējamo korelācijas vērtību un var pieņemt, ka statistiskās zondēšanas rezultāti ir izmantojami grunts stiprības raksturlielumu noteikšanā.

DISKUSIJA

Pētījuma gaitā iegūtie rezultāti ļauj spriest tikai par pētījuma teritorijā sastopamu grunšu fizikālām un mehāniskām īpašībām to paraugošanas intervālos, kā arī aptuveni spriest par šo grunšu likumsakarībām saistībā ar statistiskās zondēšanas rezultātiem.

Līdzīga satura pētījumi veikti jau iepriekš (Grava, 2010; Eņģele, 2014), kuros informācija tiek ievākta no lauku darbiem un laboratorijas pētījumiem, vai arī rezultāti tiek iegūti no gataviem ģeotehniskās izpētes pārskatiem par Rīgas un citu Latvijas pilsētu teritorijām. Kopumā autori secina, ka, izmantojot statistiskās zondēšanas rezultātus, nav iespējams smilšu gruntis iedalīt pēc granulometriskā sastāva un to ka nav iespējams precīzi noteikt organisko vielu saturu gruntī, bet ir iespējama tās konstatēšana. Arī šī pētījuma ietvaros tika izvērtēta granulometriskā sastāva korelācija ar zondēšanas rezultātiem, bet tikai atsevišķu frakciju grupu (smilts, putekļi, māli) ietvaros, kas uzrādīja noteiktas likumsakarības tikai mālu un smilts gruntīm, kas neļauj noteikt granulometrisko sastāvu. Pētījumā testēto paraugu augstāks organisko vielu saturs statistiskās zondēšanas rezultātos uzrāda augstākas R_f % vērtības, bet spriest par to procentuālo saturu nevar.

Pētījuma gaitā kompresijas un bīdes pretestības iekārtās iegūtie grunts deformējamības un stiprības rādītāji uzrāda līdzīgus rezultātus ar pētījuma teritorijā veiktajiem kompresijas un bīdes pretestības testu rezultātiem (SIA "Markvarta ģeotehniskais birojs", 2014). Deformācijas moduļa un stiprības raksturlielumi atrodas aptuveni pētījumā iegūto vērtību intervālos.

Nevar salīdzināt LBN005-99 uzrādītās korelatīvās tabulas deformācijas moduļa iegūšanai no q_c rādījumiem, jo būvnormatīvā tiek apskatītas tikai smilšu, glacigēno un limnoglaciālo mālaino grunšu raksturlielumu vērtības. Eirokodekss 7 ir pieejama korelācijas aprēķina formula ($E_{oed} = \alpha * q_c$) ar uzrādītām korelācijas koeficienta α vērtībām katram grunšu tipam ar piezīmi, ka tas jāņem vērā, pamatojoties uz vietējo pieredzi. Pētījumā iegūtiem q_c un E_{oed} rādījumiem α atbilst 2 (paraugi 2-3), 3 (paraugi 1-2) un 8 (paraugi 3-1), kas ir Eirokodeksa korelācijas koeficienta α robežās: kūdrai un stipri organiskiem māliem $\alpha = 1,5 - 4$, bet zemas plasticitātes mālam $\alpha = 3 - 8$.

SECINĀJUMI

Ņemot vērā pētījuma gaitā testēto paraugu nelielo daudzumu, dažu apskatāmo parametru ciešai vai vājai korelācijai var būt gadījuma raksturs ar veiksmes vai neveiksmes līdzdalību. Precīzākai analīzei būtu nepieciešams testēt un korelēt statistiski aprēķinātu nepieciešamo minimumu katram grunts tipam ar visām šajā pētījumā veiktajām laboratorijas metodēm, veicot paraugu sastāva rūpīgu dokumentāciju, jo pat vismazākais māla starpslānītis var ietekmēt grunts stiprību. Vai arī veikt rūpīgu jau iegūtu rezultātu apkopošanu un pārbaudi, izvērtējot gan statistiskās zondēšanas, gan laboratorijas pētījumu veikšanas kvalitāti. Balstoties uz šā pētījuma rezultātiem var izdarīt sekojošus secinājumus:

- pēc sānu berzes koeficienta R_f % var konstatēt māla daļiņu vai organisko vielu klātbūtni gruntī, bet nav nosakāms tās procentuālais saturs;
- pēc sānu berzes koeficienta R_f % nevar konstatēt putekļu frakcijas klātbūtni gruntī;
- pēc q_c un R_f % rādījumiem var spriest par smilts saturu paraugā;
- pēc q_c un R_f % rezultātiem var aptuveni spriest par mālaino grunšu konsistenci;
- grunts deformējamību palielina organisko vielu un māla daļiņu procentuālais saturs;
- statistiskās zondēšanas rezultāti cieši korelē ar grunts stiprības raksturlielumiem – sasaisti (c) un iekšējās berzes leņķi (φ);

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka galvenais iemesls rezultātu atšķirībās ir testēto paraugu nevienāda sastāvs, t.i, dažāds grunts tips. Pētījumu būtu vērts turpināt, analizējot grunšu fizikāli-mehāniskās īpašības viena grunts tipa ietvaros, kas dotu objektīvākus rezultātus par konkrēto grunts tipu un labāk pakļautos korelācijas analīzei.

PATEICĪBAS

Bakalaura darba autors izsaka lielu pateicību darba vadītājai Sigitai Dišlerei par konsultācijām visā darba izstrādes procesā. Ģirtam Stinkulim par konsultācijām ģeoloģiskā griezuma izstrādāšanā un hidrometra pārbaudēs. Laimdotai Kalniņai par konsultācijām organiskās vielas izņemšanas metodēs. Kā arī īpašs paldies SIA “Latvijas Ģeotehniskā Laboratorija” vadītājai Svetlanai Terentjevai un SIA “Junikons” laboratorijas vadītājai Allai Baranovai par sniegtajām konsultācijām kompresijas un bīdes pretestības pārbaudēs.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētā literatūra

- Indāns, A., Ošiņa, J., Zobena, A. 1986. *Inženierģeoloģija*. Zvaigzne, Rīga, 240
- Lunne, T., Robertson, P., Powell, J.J.M. 1997. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice* Blackie Academic & Professional, London 312
- Meigh, A.C. 1987. *Cone Penetration Testing: Methods and Interpretation* CIRIA, London. 3 – 15
- Sanglerat, G. 1974. *Penetration testing in France*, Eur.Symp. Penetration Testing Stockholm 47-58
- Schumacher, B.A. 2002. *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments* U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 23
- Ziemelis, E. 1938. *Pāļu pamati* LU izdevniecība, Rīga 14
- Амарян, Л.,С. 1990. *Свойства слабых грунтов и методы их изучения*. Москва. Недра. 5
- Архарова, Т., В., Круминя, И., К., Майоре М., К. 1980 *Подземные воды СССР, ТОМ I, буровые на воду скважины, Книга 5, Рижский район, г. Рига, Юрмала*.Объединение „Союзгеолфонд”, Москва. 266
- Эберхард, Г., Я. 1972. *Строение и развитие долин бассейна реки Даугава*. Zinātne, Rīga 67
- Фурмонавичюс, Л., Юкнюс, А. 1975. *Применение и перспективы развития статического зондирования для инженерно-геологических изысканий. Инженерные изыскания для строительства (Материалы семинара изыскателей Прибалтики)*. Моклас. Viļņa. 19
- Ребрик, Б.М. 1973. *Бурение скважин при инженерно-геологических изысканиях*. Недра. Москва. 66 – 67
- Чаповский, Е. Г. 1974. *Справочник по инженерной геологии* Недра. Москва. 46

Normatīvie akti

ASTM D2974:2000, Pārbaudes metodes grunts mitruma, pelnu un organiskās komponentes noteikšanai kūdrās un citās organogēnās gruntīs.

LVS EN 1997-2:2007 A 7. *Eirokodekss. Ģeotehniskā projektēšana. 2. daļa: Pamatnes grunts izpēte un testēšana*

LVS 437:2002 *Būvniecība. Gruntis. Klasifikācija*

LVS CEN ISO/TS 17892-1:2005 *Ģeotehniskā izpēte un testēšana - Augsnes testēšana laboratorijā - 1.daļa: Ūdens satūra noteikšana*

LVS CEN ISO/TS 17892-4:2004 *Ģeotehniskā izpēte un testēšana. Augsnes testēšana laboratorijā. 4. daļa: Granulometriskā sastāva noteikšana*

LVS CEN ISO/TS 17892-5 *Ģeotehniskā izpēte un testēšana. Augsnes testēšana laboratorijā. 5.daļa: Oedometra tests ar augošu slodzi*

LVS EN ISO 22476-1⁵ *Ģeotehniskā izpēte un pārbaudes – lauka pētījumi – 1. Daļa: Statiskā zondēšana ar mēriekārtām un elektrisku rādījumu nolasīšanu grunts porūdēns spiediena noteikšanai*

LVS EN ISO 22576-12⁶ *Ģeotehniskā izpēte un pārbaudes – lauka pētījumi – 12. Daļa: Statiskā zondēšana ar mehānisku rādījumu nolasīšanu*

LVS CEN ISO/TS 22476-10:2005 *Ģeotehniskā izpēte un testēšana - Lauka izmēģinājumi - 10.daļa: Svarzondēšana*

LBN005-99 *Inženierizpētes noteikumi būvniecībā*

LBN 207-01 *Ģeotehnika. Būvju pamati un pamatnes*

LBN 214-03 *Ģeotehnika. Pāļu pamati un pamatnes*

ГОСТ 5180-84 *Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик*

ГОСТ 5183-77 *Грунты. Методы лабораторного определения границ текучести и раскатывания*

ГОСТ 12248—2010 *Грунты методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости*

Kartogrāfiskie materiālie

Brangulis, A., Kuršs, V., Misāns, J., Stinkulis, Ģ. 2000. *Latvijas ģeoloģiskā karte M 1:500 000. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, Valsts ģeoloģijas dienests.* 34

Brangulis, A., Juškevičs, V., Kondratjeva, S., Gavēna, I., Pomeranceva, R. 2000. *Latvijas ģeoloģiskā karte* M 1:200 000 43. lapa – Rīga. Paskaidrojuma teksts un kartes. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 14 – 16

LVGD Dabas apvidi. *Latvijas dabas apvidu karšu mozaīka* M 1:200 000. LU ĢZFF WMS. Skat. 30.12.2014. Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>. Atsauce tekstā (LVGD Dabas apvidi).

LVGD Pirmskvartāra. *Pirmskvartāra nogulumu karšu mozaīka* M 1:200 000. LU ĢZFF WMS. Skat. 18.01.2015. Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>. Atsauce tekstā (LVGD Pirmskvartāra).

Rīgas pilsētas apkaimju plāns. *Rīgas domes pilsētas attīstības departaments*. Skat. 30.12.2014. Pieejams: http://www.rdpad.lv/apkaimju_projekts/apkaimes_liels.jpg. Atsauce tekstā (Rīgas pilsētas apkaimes)

Rīgas ortofoto karte. Izšķirtspēja 0,1 m. 2007.g. LU ĢZFF WMS. Skat. 30.12.2014. Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv>. Atsauce tekstā (Rīgas ortofoto karte).

Nepublicētā literatūra

Enģele, G. 2014. *Biogēno grunšu raksturošana, izmantojot statistiskās zondēšanas datus* Rīga, LU Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Grava, M. 2008. *Statiskās zondēšanas metodes pielietošanas iespējas smilšu grunts klasificēšanā*: Maģistra darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Latvijas Universitāte.

Inst. „Latgiprodrotrans”. 1968 – 1970 *Rīgas autobusu parka perspektīvais būvlaukums Vējažu salā*. Rīga

SIA „BMGS”. 2010. *Inženierģeoloģiskās izpētes darbi daudzfunkcionālajam biroju centram „New Hanza City” Pulkveža Brieža ielā 24, Rīgā*. Rīga

SIA „ĢEO”. 2007. *Pārskats par inženierģeoloģisko izpēti divu daudzstāvu biroju ēku ar pazemes autostāvvietām būvlaukumā (kad. Nr. 01000240345) Skanstes ielā, Rīgā*. Rīga (Atsauce tekstā – SIA „ĢEO”. 01.2007)

SIA „ĢEO”. 2007. *Pārskats par rekognoscējošo ģeotehnisko priekšizpēti perspektīvajā apbūves teritorijā Rīgā, Rīgas Brīvostā, Andrejostas ielā 2, 4, 4A, 6, 6A, 8A, 10, 12, 1.sējums*. Rīga (Atsauce tekstā – SIA „ĢEO”. 02.2007)

SIA „ĢEO”. 2006. *Pārskats par inženierģeoloģisko izpēti apbūves laukumā Skanstes/Grostonas ielās b/n, Rīgā*. Rīga

SIA “Markvarta ģeotehniskais birojs” 2014. *Pamatnes ģeotehniskā izpēte objektam: Ēku komplekss ar pazemes autostāvvietām Rīgā, Pulkveža Brieža ielā 35*. Rīga

SIA „Markvarta ģeotehniskais birojs”. 2011. *Ģeotehniskās izpētes papildus darbi tehniskā projekta stadijā objektam: Daudzfunkcionālais biroju centrs „New Hanza City” Rīgā, Pulkveža Brieža ielā 24.* Rīga

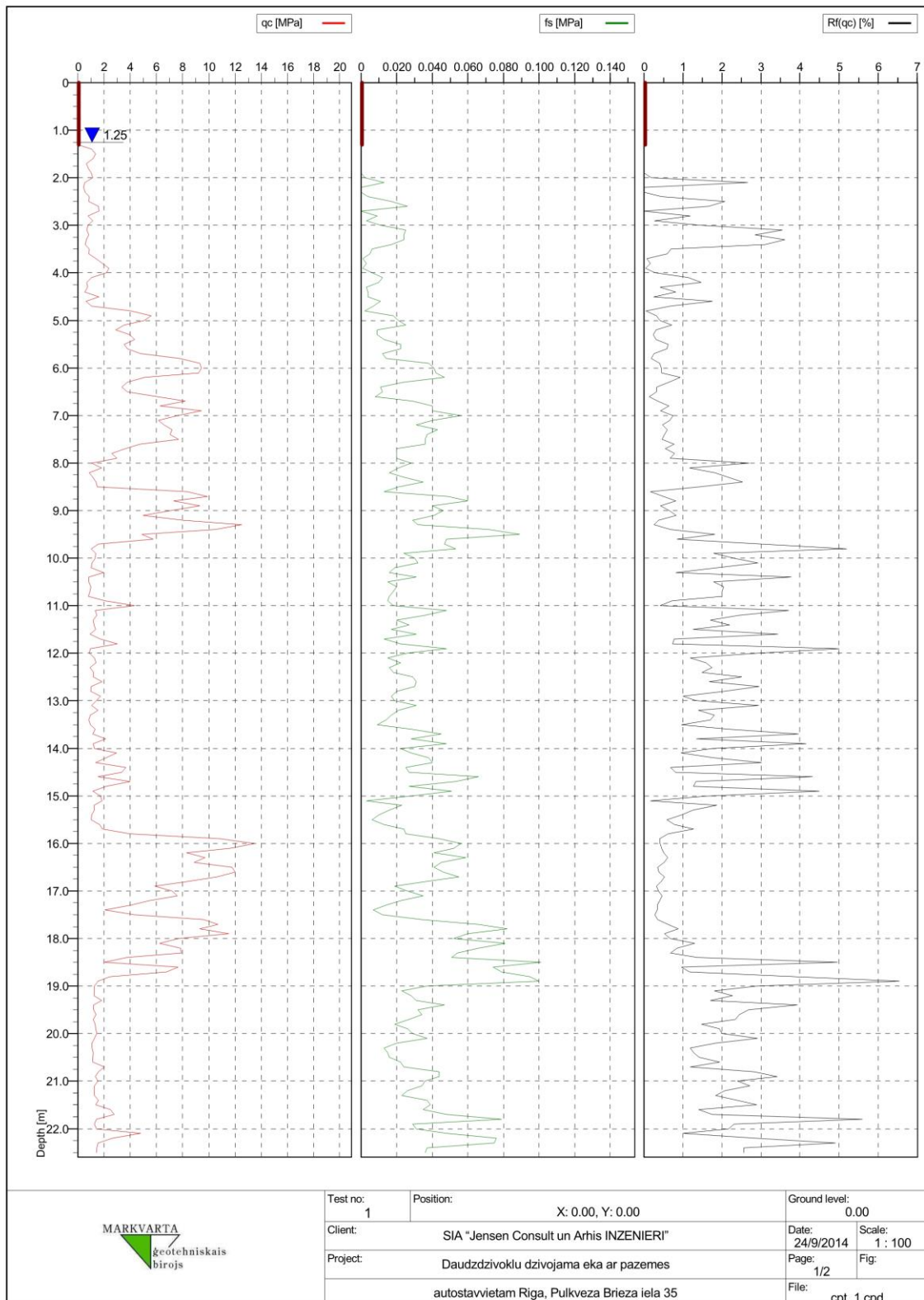
Акционерное общество „ТЕРМО”. 1968. *Промежуточные материалы геотехнических изысканий на перспективной площадке строительства „Универсальный транспортный складской комплекс в г. Риге по ул. Улриекстес”* Rīga

Арбейтер, Р. 1997. *Определение мощности сжимаемой толщи под штампом и оседания штампа.* ГПИ „Эстонпроект”

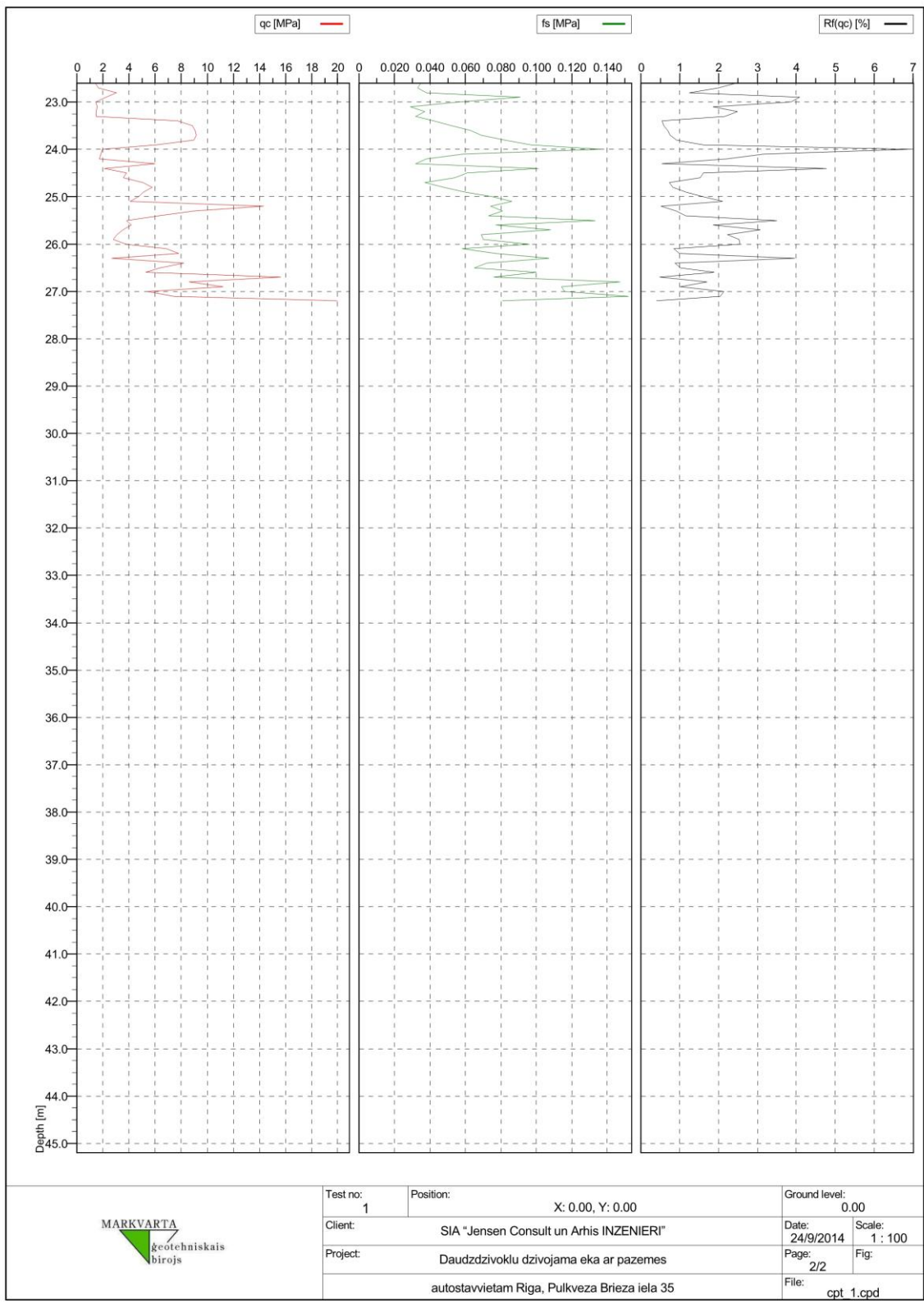
П/О Гипрострой-материалы. 1983.г. *Инженерные изыскания для реконструкции завода ФБК-3 Арматурный цех*

Вилкаушс, Р. 1975. *Опыт применения пенетрационно-каротажной установки СПК при инженерно-геологических изысканиях для гражданского строительства в Латвийской ССР. Инженерные изыскания для строительства (Материалы семинара изыскателей Прибалтики).* Моклас. Viņa. 34

PIELIKUMI



Test no: 1	Position: X: 0.00, Y: 0.00	Ground level: 0.00	
Client:	SIA "Jensen Consult un Arhis INZENIERI"	Date: 24/9/2014	Scale: 1 : 100
Project:	Daudzdzīvokļu dzīvojamā ēka ar pazemes autostāvvietām Rīga, Pulkveža Brieža iela 35	Page: 1/2	Fig: 1
		File:	cpt_1.cpd



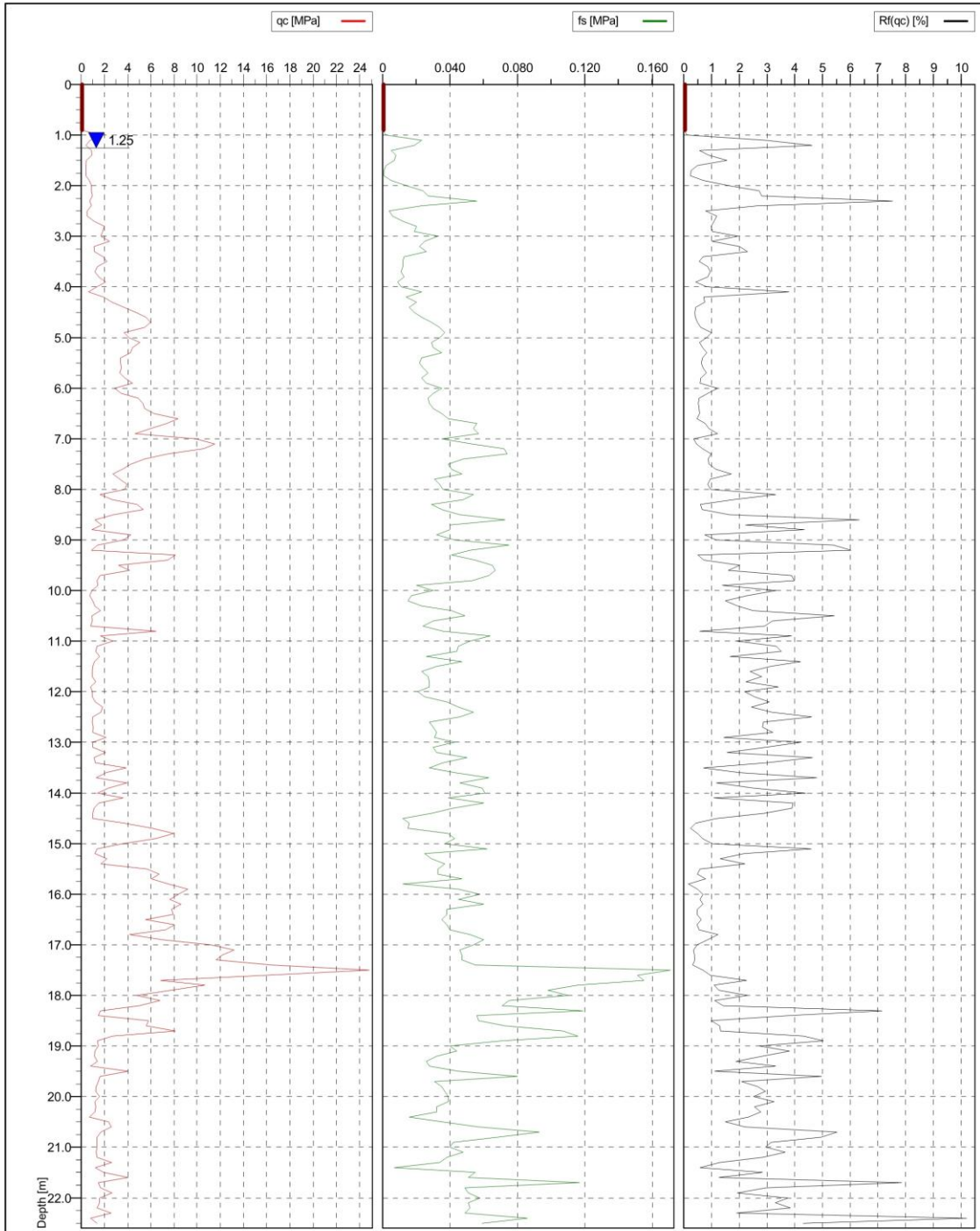
Test no: 1	Position: X: 0.00, Y: 0.00	Ground level: 0.00
Client: SIA "Jensen Consult un Arhis INZENIERI"	Date: 24/9/2014	Scale: 1 : 100
Project: Daudzdzīvokļu dzīvojamā ēka ar pazemes autostāvvietām Rīgā, Pulkveža Brieža iela 35	Page: 2/2	Fig: File: cpt_1.cpd

Statiskās zondēšanas rezultāti; Z.p.Nr.1

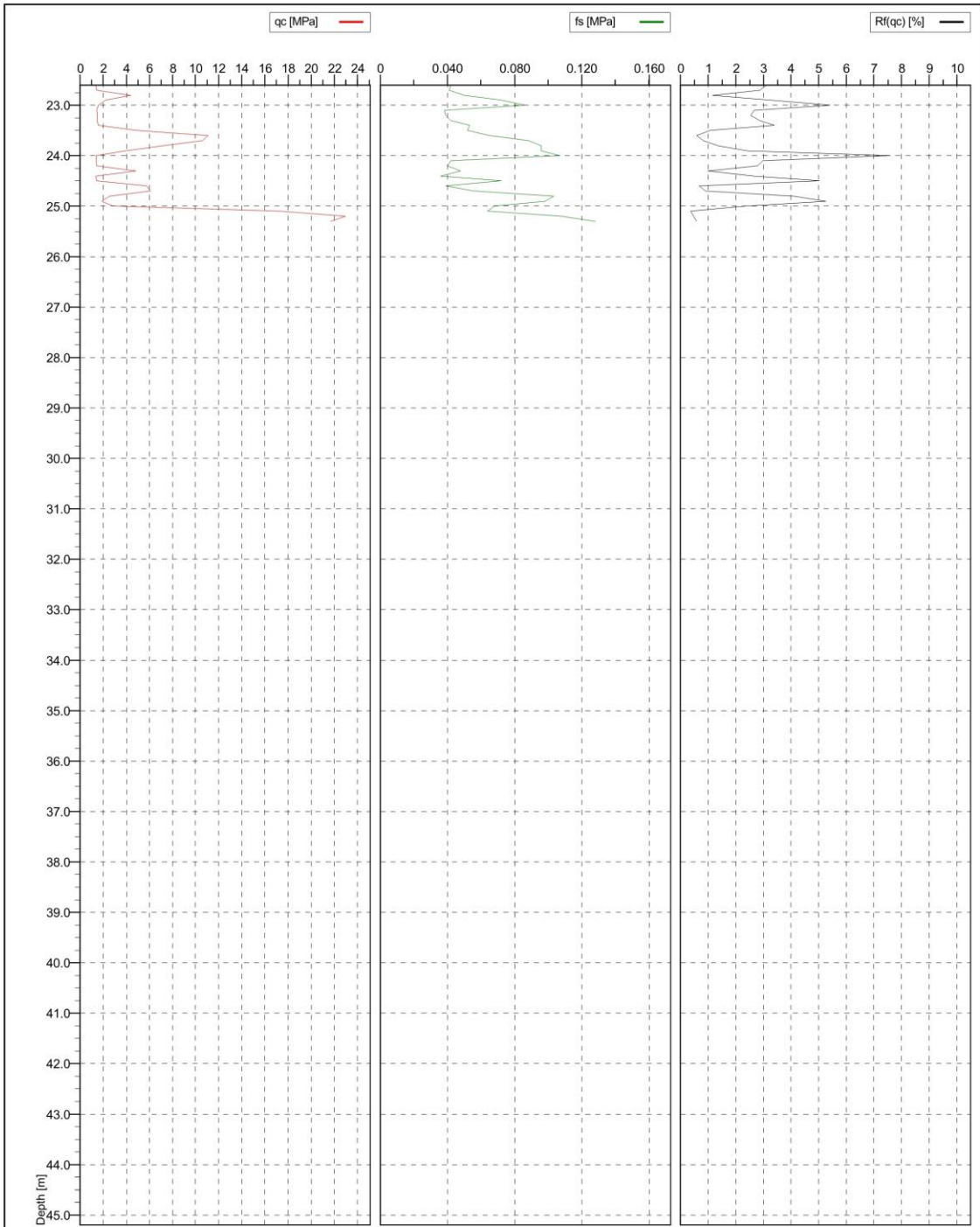
Dziļums [m]								Vidējie izdalītā slāņa rādījumi			
	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR	qc	fs	Rf	
1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,0	0	0,000			
1,400	1,057	0,000	0,000	0,001	0,7	21	0,000				
1,500	1,332	0,000	0,000	0,001	0,8	21	0,000				
1,600	1,116	0,000	0,000	0,001	0,8	21	0,000	1,70	0,00	0,03	
1,700	0,666	0,000	0,000	0,002	0,8	20	0,000				
1,800	0,803	0,000	0,000	0,001	0,8	20	0,000				
1,900	0,999	0,000	0,000	0,001	0,8	20	0,000				
2,000	1,116	0,002	-0,001	0,180	0,8	20	0,000				
2,100	0,490	0,013	-0,001	2,658	0,8	20	0,000				
2,200	0,450	0,000	-0,002	0,005	0,9	20	0,000				
2,300	0,548	0,000	-0,002	0,004	0,9	20	0,000				
2,400	0,881	0,004	-0,002	0,457	0,9	21	0,000				
2,500	0,822	0,017	-0,001	2,071	0,9	21	0,000	0,90	0,01	0,97	
2,600	1,567	0,026	-0,001	1,660	0,9	21	0,000				
2,700	1,606	0,000	-0,001	0,001	0,9	20	0,000				
2,800	0,764	0,009	-0,001	1,180	0,9	20	0,000				
2,900	1,136	0,003	-0,001	0,265	1,0	20	0,000				
3,000	0,764	0,011	-0,001	1,442	1,0	20	0,000				
3,100	0,705	0,025	-0,001	3,550	1,0	20	0,000				
3,200	0,842	0,024	-0,001	2,853	1,1	20	0,000	0,69	0,02	3,28	
3,300	0,666	0,024	-0,001	3,608	1,1	20	0,000				
3,400	0,548	0,017	-0,001	3,107	1,1	21	0,000				
3,500	0,882	0,006	-0,001	0,698	1,1	20	0,000				
3,600	0,842	0,005	-0,001	0,596	1,2	21	0,000				
3,700	1,390	0,001	-0,001	0,073	1,2	20	0,000				
3,800	1,900	0,003	-0,001	0,159	1,2	20	0,000	1,59	0,00	0,31	
3,900	2,350	0,001	-0,001	0,043	1,2	20	0,000				
4,000	2,174	0,006	-0,001	0,277	1,1	21	0,000				
4,100	1,057	0,012	-0,001	1,137	1,2	20	0,000				
4,200	0,685	0,010	-0,001	1,462	1,2	20	0,000				
4,300	0,725	0,003	-0,001	0,416	1,2	20	0,000				
4,400	0,490	0,004	-0,001	0,819	1,2	21	0,000	0,89	0,01	0,93	
4,500	1,606	0,004	-0,001	0,250	1,2	20	0,000				
4,600	0,627	0,011	-0,001	1,757	1,3	20	0,000				
4,700	1,038	0,007	-0,001	0,676	1,3	20	0,000				
4,800	4,054	0,002	-0,001	0,050	1,3	20	0,000				
4,900	5,601	0,018	-0,001	0,322	1,3	20	0,000				
5,000	5,033	0,021	0,000	0,417	1,3	21	0,000				
5,100	3,525	0,025	0,000	0,709	1,4	20	0,000				
5,200	2,898	0,009	0,000	0,311	1,4	20	0,000	4,14	0,02	0,38	
5,300	3,956	0,009	0,000	0,228	1,4	20	0,000				
5,400	4,308	0,013	0,000	0,302	1,4	21	0,000				
5,500	3,525	0,022	0,000	0,624	1,4	20	0,000				
5,600	3,760	0,022	0,000	0,585	1,4	20	0,000				
5,700	4,778	0,012	0,000	0,251	1,3	20	0,000				
5,800	7,774	0,014	0,000	0,180	1,3	19	0,000				
5,900	9,341	0,038	0,000	0,407	1,2	20	0,000				
6,000	9,419	0,041	0,001	0,435	1,2	21	0,000	8,17	0,04	0,48	
6,100	9,223	0,042	0,001	0,455	1,2	20	0,000				
6,200	5,111	0,047	0,001	0,919	1,3	20	0,000				
6,300	3,760	0,024	0,001	0,638	1,4	20	0,000				
6,400	3,329	0,011	0,000	0,330	1,4	21	0,000	3,62	0,01	0,43	
6,500	3,760	0,012	0,000	0,319	1,4	20	0,000				
6,600	6,110	0,008	0,000	0,131	1,4	20	0,000				
6,700	8,186	0,029	0,001	0,354	1,4	20	0,000				
6,800	6,266	0,040	0,001	0,638	1,4	19	0,000				
6,900	9,419	0,040	0,001	0,425	1,4	20	0,000				
7,000	7,578	0,056	0,001	0,739	1,5	20	0,000	7,22	0,04	0,50	
7,100	6,129	0,040	0,001	0,652	1,4	20	0,000				
7,200	6,580	0,031	0,001	0,471	1,5	20	0,000				
7,300	7,187	0,043	0,001	0,598	1,7	20	0,000				
7,400	7,030	0,037	0,001	0,526	1,8	20	0,000				
7,500	7,696	0,036	0,001	0,468	1,8	20	0,000				
7,600	4,700	0,036	0,001	0,766	1,7	20	0,000				
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR				
7,700	3,642	0,020	0,001	0,549	1,7	20	0,000	3,48	0,02	0,69	
7,800	2,585	0,020	0,001	0,773	1,7	20	0,000				
7,900	2,977	0,020	0,001	0,671	1,8	20	0,000				
8,000	1,038	0,028	0,001	2,695	1,8	20	0,000				
8,100	1,802	0,021	0,001	1,164	1,8	20	0,000				
8,200	0,881	0,016	0,001	1,814	1,8	20	0,000	1,29	0,02	1,96	
8,300	1,116	0,024	0,001	2,149	1,8	20	0,000				
8,400	1,390	0,035	0,001	2,516	1,8	21	0,000				
8,500	1,488	0,021	0,001	1,410	1,8	19	0,000				
8,600	8,362	0,013	0,001	0,155	1,9	20	0,000				
8,700	9,909	0,049	0,001	0,494	2,0	20	0,000				
8,800	7,343	0,060	0,002	0,817	2,0	19	0,000				
8,900	9,321	0,040	0,002	0,429	2,1	20	0,000	7,86	0,04	0,53	
9,000	7,069	0,046	0,002	0,650	2,0	21	0,000				
9,100	4,954	0,041	0,002	0,827	2,0	20	0,000				
9,200	8,048	0,029	0,002	0,360	2,0	19	0,000				
9,300	12,533	0,032	0,002	0,255	2,0	20	0,000	11,51	0,05	0,47	
9,400	10,477	0,072	0,002	0,687	2,1	20	0,000				

9,500	4,896	0,089	0,002	1,817	2,1	20	0,000			
9,600	5,738	0,048	0,002	0,836	2,1	21	0,000	5,32	0,07	1,33
9,700	1,567	0,047	0,002	2,996	2,1	20	0,000			
9,800	1,018	0,053	0,002	5,200	2,1	20	0,000			
9,900	1,351	0,024	0,002	1,774	2,1	20	0,000			
10,000	1,312	0,030	0,002	2,283	2,2	21	0,000			
10,100	1,097	0,032	0,002	2,913	2,2	20	0,000			
10,200	1,018	0,019	0,002	1,863	2,2	20	0,000			
10,300	1,958	0,016	0,002	0,816	2,2	20	0,000			
10,400	0,822	0,031	0,002	3,765	2,2	21	0,000			
10,500	0,842	0,015	0,002	1,777	2,1	20	0,000			
10,600	0,979	0,020	0,003	2,037	2,4	21	0,000			
10,700	0,901	0,018	0,003	1,991	2,4	20	0,000			
10,800	0,803	0,016	0,003	1,985	2,4	20	0,000			
10,900	2,076	0,015	0,003	0,720	2,4	20	0,000			
11,000	4,328	0,018	0,003	0,415	2,5	20	0,000			
11,100	1,292	0,048	0,003	3,709	2,6	20	0,000			
11,200	1,469	0,036	0,003	2,446	2,6	19	0,000			
11,300	1,175	0,020	0,003	1,697	2,6	20	0,000			
11,400	1,234	0,027	0,003	2,183	2,6	21	0,000			
11,500	1,351	0,017	0,003	1,255	2,6	20	0,000	1,34	0,03	2,14
11,600	0,901	0,031	0,004	3,429	2,6	21	0,000			
11,700	1,704	0,013	0,004	0,759	2,6	20	0,000			
11,800	2,996	0,022	0,004	0,732	2,6	20	0,000			
11,900	0,960	0,048	0,004	4,987	2,6	20	0,000			
12,000	0,881	0,026	0,004	2,941	2,6	21	0,000			
12,100	1,273	0,015	0,004	1,173	2,7	20	0,000			
12,200	1,390	0,022	0,004	1,578	2,7	19	0,000			
12,300	0,920	0,016	0,004	1,731	2,7	20	0,000			
12,400	1,214	0,018	0,004	1,477	2,8	20	0,000			
12,500	1,155	0,029	0,004	2,503	2,8	20	0,000			
12,600	1,860	0,031	0,004	1,663	2,8	21	0,000			
12,700	1,018	0,030	0,004	2,938	2,9	20	0,000			
12,800	0,979	0,020	0,004	2,035	2,9	20	0,000			
12,900	1,704	0,017	0,004	0,994	2,9	20	0,000			
13,000	1,430	0,019	0,004	1,324	2,9	20	0,000			
13,100	1,057	0,031	0,004	2,924	2,9	20	0,000			
13,200	1,508	0,021	0,004	1,388	2,9	20	0,000			
13,300	0,940	0,017	0,004	1,800	2,9	20	0,000			
13,400	0,822	0,014	0,004	1,694	2,9	20	0,000			
13,500	0,940	0,009	0,004	0,951	2,9	20	0,000			
13,600	1,292	0,028	0,005	2,159	3,0	20	0,000			
13,700	1,136	0,045	0,005	3,949	3,1	20	0,000			
13,800	2,095	0,028	0,005	1,332	3,1	20	0,000			
13,900	1,155	0,048	0,005	4,144	3,1	20	0,000			
14,000	1,253	0,022	0,006	1,747	3,1	20	0,000			
14,100	2,957	0,028	0,006	0,944	3,1	20	0,000			
14,200	2,135	0,038	0,006	1,775	3,1	20	0,000			
14,300	1,332	0,040	0,006	2,992	3,1	20	0,000			
14,400	3,682	0,025	0,006	0,677	3,2	20	0,000			
14,500	3,349	0,027	0,006	0,803	3,2	20	0,000	2,47	0,04	2,06
14,600	1,527	0,066	0,006	4,311	3,2	20	0,000			
14,700	3,975	0,053	0,006	1,331	3,2	20	0,000			
14,800	2,135	0,027	0,006	1,260	3,2	20	0,000			
14,900	1,136	0,051	0,006	4,474	3,2	20	0,000			
15,000	1,723	0,028	0,006	1,619	3,2	20	0,000			
15,100	1,860	0,003	0,006	0,157	3,2	20	0,000			
15,200	1,234	0,023	0,006	1,854	3,2	19	0,000			
15,300	1,273	0,016	0,006	1,249	3,2	20	0,000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR	1,75	0,02	1,01
15,400	1,038	0,010	0,006	0,954	3,2	21	0,000			
15,500	1,018	0,006	0,006	0,581	3,2	20	0,000			
15,600	1,665	0,013	0,007	0,774	3,2	20	0,000			
15,700	1,900	0,024	0,007	1,257	3,2	20	0,000			
15,800	3,995	0,025	0,007	0,623	3,2	19	0,000			
15,900	10,810	0,044	0,008	0,406	3,4	20	0,000			
16,000	13,492	0,056	0,009	0,414	3,6	20	0,000	11,97	0,05	0,42
16,100	11,593	0,052	0,009	0,447	3,6	20	0,000			
16,200	8,303	0,041	0,009	0,492	3,6	19	0,000			
16,300	9,713	0,059	0,009	0,606	3,6	20	0,000	8,97	0,05	0,53
16,400	8,891	0,045	0,009	0,505	3,6	20	0,000			
16,500	11,769	0,041	0,009	0,347	3,6	20	0,000			
16,600	12,004	0,046	0,010	0,382	3,6	20	0,000	11,46	0,05	0,42
16,700	10,594	0,055	0,010	0,518	3,6	19	0,000			
16,800	8,440	0,037	0,010	0,437	3,6	19	0,000			
16,900	5,894	0,019	0,010	0,320	3,6	20	0,000			
17,000	7,167	0,026	0,009	0,361	3,8	20	0,000	6,91	0,03	0,40
17,100	7,598	0,035	0,010	0,459	3,9	20	0,000			
17,200	5,444	0,022	0,010	0,402	3,9	20	0,000			
17,300	4,073	0,014	0,010	0,340	3,9	20	0,000			
17,400	2,076	0,007	0,010	0,331	3,9	20	0,000	3,49	0,01	0,32
17,500	4,328	0,012	0,010	0,274	3,9	20	0,000			
17,600	9,615	0,034	0,010	0,352	3,9	20	0,000			
17,700	10,712	0,066	0,010	0,615	4,0	19	0,000	10,30	0,06	0,59
17,800	9,321	0,082	0,010	0,878	4,1	19	0,000			
17,900	11,554	0,060	0,010	0,518	4,0	20	0,000			
18,000	7,698	0,052	0,010	0,674	4,0	21	0,000			
18,100	6,227	0,081	0,010	1,298	4,0	19	0,000	7,41	0,06	0,87
18,200	7,833	0,066	0,010	0,841	3,9	19	0,000			
18,300	7,892	0,054	0,010	0,682	3,9	20	0,000			

18,400	3,740	0,051	0,010	1,359	3,9	20	0,000				
18,500	2,037	0,101	0,010	4,943	3,9	20	0,000				
18,600	7,657	0,074	0,012	0,964	4,0	20	0,000				
18,700	6,736	0,079	0,012	1,170	4,0	20	0,000	2,89	0,08	3,15	
18,800	2,428	0,095	0,012	3,899	4,1	19	0,000				
18,900	1,527	0,100	0,012	6,519	4,1	20	0,000				
19,000	1,273	0,037	0,012	2,885	4,1	21	0,000				
19,100	1,273	0,023	0,012	1,789	4,1	20	0,000				
19,200	1,234	0,028	0,012	2,249	4,1	19	0,000				
19,300	1,821	0,031	0,012	1,690	4,1	20	0,000				
19,400	1,195	0,047	0,012	3,906	4,1	20	0,000				
19,500	1,195	0,032	0,012	2,655	4,1	20	0,000				
19,600	1,390	0,034	0,013	2,426	4,2	20	0,000				
19,700	1,155	0,027	0,013	2,314	4,2	20	0,000				
19,800	1,292	0,019	0,013	1,453	4,2	20	0,000				
19,900	1,351	0,026	0,013	1,906	4,3	20	0,000				
20,000	1,449	0,029	0,013	1,984	4,3	20	0,000				
20,100	1,273	0,037	0,013	2,883	4,4	20	0,000				
20,200	1,097	0,020	0,013	1,801	4,4	20	0,000				
20,300	1,097	0,013	0,013	1,165	4,4	20	0,000				
20,400	1,175	0,015	0,013	1,258	4,4	21	0,000				
20,500	1,136	0,016	0,013	1,388	4,4	20	0,000				
20,600	1,136	0,022	0,013	1,914	4,5	21	0,000				
20,700	2,037	0,024	0,013	1,168	4,5	20	0,000	1,61	0,04	2,35	
20,800	1,567	0,044	0,014	2,787	4,5	20	0,000				
20,900	1,292	0,044	0,014	3,378	4,5	20	0,000				
21,000	1,508	0,036	0,014	2,368	4,5	20	0,000				
21,100	1,253	0,034	0,014	2,688	4,6	20	0,000				
21,200	1,253	0,026	0,014	2,053	4,6	19	0,000				
21,300	1,253	0,023	0,014	1,814	4,6	20	0,000				
21,400	1,547	0,037	0,014	2,372	4,6	21	0,000				
21,500	1,351	0,039	0,014	2,863	4,7	20	0,000				
21,600	2,507	0,035	0,015	1,386	4,5	20	0,000				
21,700	2,761	0,048	0,015	1,728	4,6	20	0,000				
21,800	1,410	0,079	0,015	5,567	4,6	19	0,000				
21,900	1,253	0,029	0,015	2,289	4,7	20	0,000				
22,000	1,430	0,031	0,015	2,146	4,8	21	0,000				
22,100	4,778	0,048	0,015	1,000	4,9	20	0,000				
22,200	2,663	0,076	0,015	2,841	4,8	20	0,000				
22,300	1,527	0,075	0,016	4,879	4,8	20	0,000				
22,400	1,449	0,037	0,016	2,529	4,8	21	0,000				
22,500	1,410	0,036	0,016	2,528	4,8	20	0,000				
22,600	1,430	0,035	0,017	2,422	4,9	20	0,000				
22,700	1,665	0,033	0,017	1,962	4,9	19	0,000				
22,800	3,055	0,038	0,017	1,234	4,9	20	0,000				
22,900	2,232	0,091	0,017	4,056	4,9	20	0,000				
23,000	1,449	0,056	0,017	3,833	4,9	21	0,000				
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR				
23,100	1,567	0,029	0,017	1,830	4,9	20	0,000				
23,200	1,488	0,037	0,018	2,460	5,0	20	0,000				
23,300	1,488	0,032	0,018	2,126	5,0	20	0,000				
23,400	7,716	0,042	0,018	0,541	5,1	21	0,000				
23,500	8,851	0,052	0,018	0,585	5,2	20	0,000				
23,600	9,086	0,063	0,019	0,690	5,1	20	0,000				
23,700	9,145	0,069	0,019	0,751	5,3	20	0,000	8,31	0,07	0,84	
23,800	8,949	0,082	0,019	0,913	5,4	19	0,000				
23,900	6,090	0,097	0,019	1,587	5,4	20	0,000				
24,000	1,958	0,136	0,019	6,908	5,5	21	0,000				
24,100	1,860	0,059	0,019	3,147	5,4	20	0,000	1,85	0,08	4,08	
24,200	1,723	0,038	0,019	2,183	5,4	20	0,000				
24,300	5,973	0,032	0,019	0,531	5,4	20	0,000				
24,400	2,115	0,101	0,019	4,748	5,5	21	0,000				
24,500	3,799	0,061	0,019	1,597	5,5	21	0,000				
24,600	3,544	0,054	0,020	1,514	5,6	20	0,000	4,47	0,06	1,64	
24,700	5,072	0,037	0,020	0,724	5,7	20	0,000				
24,800	5,757	0,048	0,021	0,828	5,7	19	0,000				
24,900	5,131	0,060	0,020	1,163	5,8	20	0,000				
25,000	4,719	0,075	0,021	1,581	5,8	20	0,000				
25,100	4,093	0,086	0,021	2,091	5,8	20	0,000				
25,200	14,335	0,074	0,021	0,514	5,9	19	0,000				
25,300	8,969	0,081	0,023	0,899	6,0	20	0,000	9,86	0,08	0,86	
25,400	6,286	0,073	0,023	1,155	6,1	20	0,000				
25,500	3,799	0,133	0,023	3,485	6,1	19	0,000				
25,600	4,171	0,077	0,023	1,835	6,1	20	0,000				
25,700	3,525	0,108	0,023	3,048	6,1	19	0,000	3,52	0,09	2,60	
25,800	3,094	0,069	0,023	2,215	6,2	19	0,000				
25,900	2,781	0,070	0,024	2,498	6,2	20	0,000				
26,000	3,779	0,096	0,024	2,526	6,2	20	0,000				
26,100	6,874	0,058	0,024	0,838	6,2	20	0,000				
26,200	7,794	0,077	0,024	0,983	6,2	20	0,000				
26,300	2,702	0,107	0,024	3,936	6,3	20	0,000	6,20	0,08	1,59	
26,400	8,186	0,072	0,024	0,875	6,2	20	0,000				
26,500	6,345	0,065	0,024	1,018	6,3	20	0,000				
26,600	5,307	0,100	0,025	1,875	6,3	21	0,000				
26,700	15,627	0,076	0,025	0,484	6,4	20	0,000				
26,800	8,597	0,147	0,025	1,704	6,4	19	0,000	11,82	0,11	1,07	
26,900	11,221	0,114	0,025	1,012	6,6	20	0,000				
27,000	5,444	0,116	0,025	2,121	6,6	20	0,000	6,44	0,13	2,08	
27,100	7,441	0,152	0,025	2,036	6,6	20	0,000				
27,200	19,952	0,081	0,025	0,404	6,6	20	0,000	19,95	0,08	0,40	



Test no: 2	Position: X: 0.00, Y: 0.00	Ground level: 0.00
Client:	SIA "Jensen Consult un Arhis INZENIERI"	Date: 26/9/2014
Project:	Daudzdzīvokļu dzīvojamā ēka ar pazemes autostāvieta Rīga, Pulkveža Brieva iela 35	Scale: 1 : 100
		Page: 1/2
		File: cpt_5.cpd



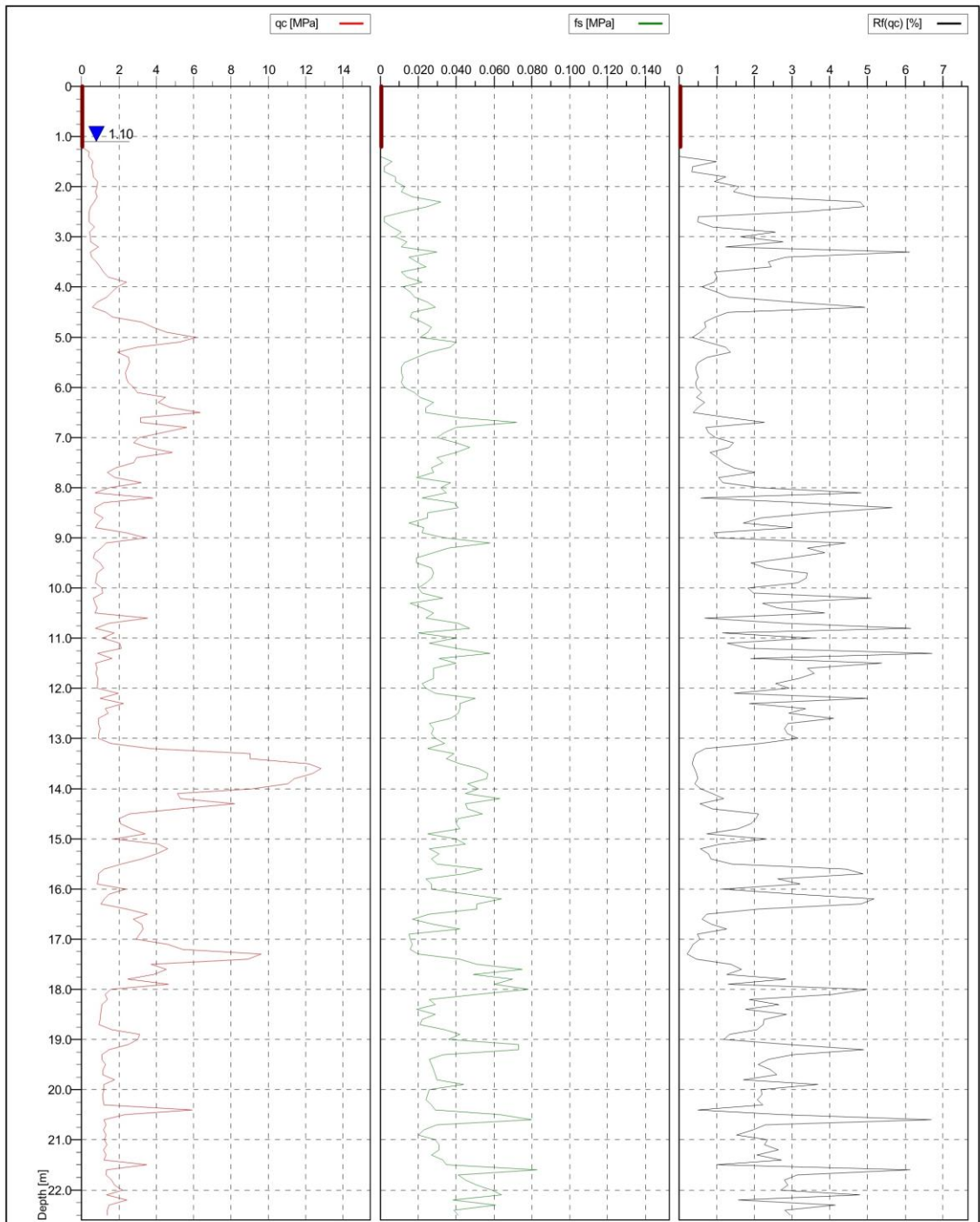
Test no: 2	Position: X: 0.00, Y: 0.00	Ground level: 0.00	
Client: SIA "Jensen Consult un Arnis INZENIERI"	Date: 26/9/2014	Scale: 1 : 100	
Project: Daudzdzivoklu dzivojama eka ar pazemes autostavvietam Riga, Pulkveza Brieza iela 35	Page: 2/2	Fig:	
	File: cpt_5.cpd		

Statiskās zondēšanas rezultāti; Z.p.Nr.2

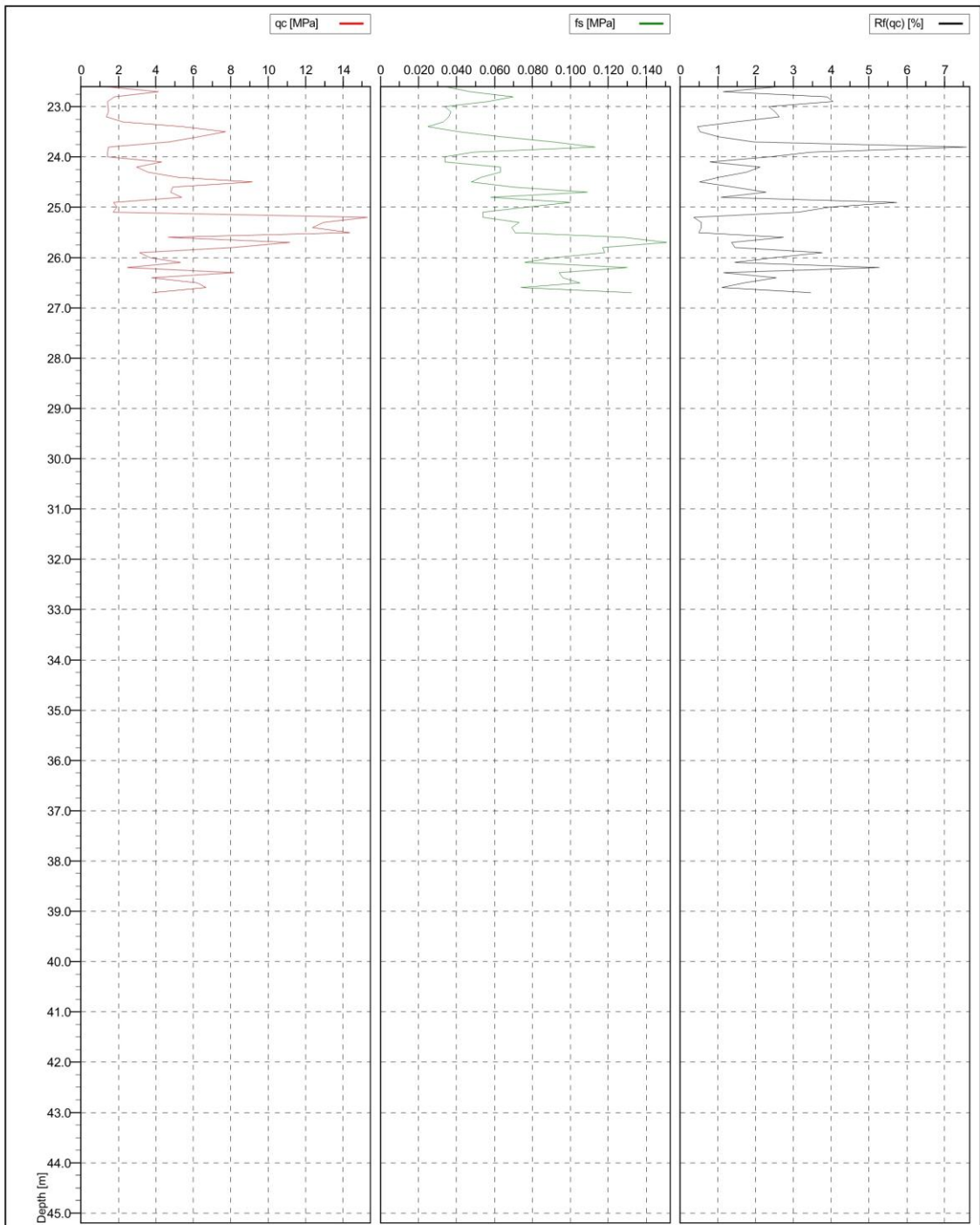
Dziļums [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR	Vidējie izdalītā slāņa rādījumi		
								qc	fs	Rf
0.900	0.000	0.000	0.000	100,000	0,0	0	0,000			
1.000	1.606	0.002	0.002	0.123	1,9	20	0,000			
1.100	0.783	0.023	0.011	2.905	1,7	19	0,000			
1.200	0.411	0.019	0.011	4.543	1,7	20	0,000	0,78	0,01	1,56
1.300	0.881	0.005	0.012	0.548	1,7	20	0,000			
1.400	0.901	0.008	0.013	0.866	1,8	19	0,000			
1.500	0.450	0.007	0.013	1.504	1,7	20	0,000			
1.600	0.411	0.002	0.013	0.443	1,8	20	0,000			
1.700	0.392	0.001	0.013	0.213	1,8	20	0,000			
1.800	0.411	0.001	0.013	0.203	1,8	20	0,000			
1.900	0.705	0.005	0.013	0.682	1,8	20	0,000			
2.000	0.862	0.014	0.013	1.597	1,8	20	0,000			
2.100	0.881	0.024	0.014	2.688	1,8	20	0,000			
2.200	0.960	0.027	0.014	2.779	1,7	20	0,000			
2.300	0.744	0.056	0.014	7.449	1,7	20	0,000			
2.400	0.862	0.023	0.014	2.632	1,7	20	0,000			
2.500	0.509	0.004	0.014	0.745	1,7	20	0,000			
2.600	0.509	0.006	0.014	1.134	1,7	21	0,000			
2.700	1.097	0.012	0.014	1.073	1,7	19	0,000			
2.800	2.017	0.020	0.004	0.988	1,7	20	0,000			
2.900	1.841	0.019	0.004	1.029	1,7	20	0,000			
3.000	1.684	0.033	0.013	1.944	1,7	20	0,000			
3.100	2.448	0.025	0.013	1.013	1,8	20	0,000	1,24	0,02	1,53
3.200	1.097	0.022	0.013	1.982	1,8	20	0,000			
3.300	1.136	0.026	0.022	2.248	1,8	20	0,000			
3.400	1.860	0.013	0.021	0.682	1,8	19	0,000			
3.500	2.213	0.012	0.021	0.529	1,9	20	0,000			
3.600	1.390	0.012	0.022	0.839	2,0	20	0,000			
3.700	1.155	0.011	0.023	0.921	2,0	20	0,000			
3.800	1.508	0.013	0.023	0.839	2,0	20	0,000			
3.900	2.076	0.009	0.023	0.418	2,0	21	0,000			
4.000	1.351	0.011	0.023	0.789	2,0	20	0,000			
4.100	0.607	0.023	0.023	3.689	2,0	20	0,000			
4.200	1.919	0.014	0.024	0.711	2,0	20	0,000			
4.300	2.663	0.020	0.024	0.738	2,1	20	0,000			
4.400	3.682	0.016	0.023	0.426	2,1	19	0,000	3,69	0,02	0,52
4.500	4.719	0.019	0.024	0.396	2,1	20	0,000			
4.600	5.561	0.023	0.024	0.408	2,1	20	0,000			
4.700	5.953	0.029	0.024	0.482	2,1	20	0,000	5,65	0,03	0,50
4.800	5.444	0.034	0.024	0.618	2,1	21	0,000			
4.900	3.701	0.037	0.024	0.989	2,2	20	0,000			
5.000	4.152	0.034	0.024	0.810	2,2	20	0,000			
5.100	5.072	0.029	0.025	0.565	2,3	19	0,000			
5.200	4.465	0.030	0.025	0.664	2,4	20	0,000			
5.300	4.210	0.035	0.025	0.822	2,4	20	0,000			
5.400	3.388	0.023	0.025	0.668	2,2	19	0,000			
5.500	3.407	0.022	0.025	0.635	2,3	20	0,000			
5.600	3.466	0.024	0.025	0.682	2,3	20	0,000			
5.700	3.309	0.027	0.025	0.805	2,4	20	0,000	3,90	0,03	0,74
5.800	3.740	0.023	0.025	0.605	2,4	20	0,000			
5.900	4.426	0.026	0.026	0.579	2,4	21	0,000			
6.000	2.879	0.035	0.026	1.201	2,6	20	0,000			
6.100	3.505	0.030	0.026	0.845	2,6	20	0,000			
6.200	4.935	0.027	0.026	0.540	2,6	19	0,000			
6.300	5.326	0.028	0.026	0.519	2,7	20	0,000			
6.400	5.464	0.030	0.026	0.542	2,7	19	0,000			
6.500	6.286	0.035	0.027	0.551	2,7	20	0,000			
6.600	8.342	0.039	0.027	0.463	2,7	20	0,000	6,66	0,04	0,66
6.700	7.383	0.056	0.027	0.753	2,8	19	0,000			
6.800	5.953	0.054	0.027	0.900	2,8	20	0,000			
6.900	4.641	0.057	0.027	1.218	2,9	20	0,000			
7.000	9.870	0.035	0.028	0.351	2,9	20	0,000			
7.100	11.495	0.053	0.028	0.458	2,9	19	0,000	11,02	0,06	0,57
7.200	10.535	0.072	0.028	0.680	2,9	19	0,000			
7.300	7.481	0.074	0.028	0.983	3,0	20	0,000	6,47	0,06	0,93
7.400	5.464	0.048	0.028	0.871	3,1	19	0,000			
7.500	4.269	0.039	0.028	0.903	3,2	20	0,000			
7.600	3.544	0.041	0.028	1.144	3,2	20	0,000			
7.700	2.742	0.047	0.028	1.695	3,2	19	0,000			
7.800	3.290	0.031	0.028	0.929	3,3	20	0,000			
7.900	3.956	0.034	0.028	0.849	3,3	21	0,000	3,53	0,04	1,30
8.000	3.760	0.036	0.028	0.946	3,3	20	0,000			
8.100	1.625	0.054	0.029	3.279	3,3	20	0,000			
8.200	2.722	0.048	0.029	1.743	3,5	20	0,000			
8.300	4.798	0.029	0.029	0.596	3,6	20	0,000			
8.400	5.366	0.035	0.029	0.644	3,6	19	0,000			
8.500	2.800	0.046	0.029	1.624	3,7	20	0,000			

8.600	1,155	0,073	0,030	6,226	3,7	20	0,000			
8.700	1,802	0,040	0,030	2,186	3,8	20	0,000			
8.800	0,920	0,040	0,030	4,254	3,8	20	0,000	2,01	0,05	3,68
8.900	4,289	0,032	0,030	0,736	3,9	19	0,000			
9.000	3,662	0,043	0,030	1,161	4,0	20	0,000			
9.100	1,390	0,075	0,030	5,325	4,0	20	0,000			
9.200	0,862	0,052	0,031	5,906	4,0	20	0,000			
9.300	8,107	0,041	0,031	0,500	4,0	20	0,000	7,78	0,05	0,62
9.400	7,461	0,055	0,032	0,731	3,9	18	0,000			
9.500	3,212	0,065	0,032	2,004	4,1	20	0,000	3,70	0,07	1,79
9.600	4,191	0,067	0,032	1,585	4,2	20	0,000			
9.700	1,625	0,063	0,032	3,824	4,3	19	0,000			
9.800	1,332	0,053	0,032	3,913	4,3	20	0,000			
9.900	1,449	0,020	0,032	1,342	4,3	21	0,000			
10.000	0,901	0,030	0,032	3,242	4,3	20	0,000			
10.100	0,744	0,017	0,032	2,196	4,3	19	0,000			
10.200	0,999	0,015	0,033	1,443	4,3	20	0,000			
10.300	1,175	0,023	0,033	1,903	4,4	20	0,000			
10.400	1,645	0,041	0,034	2,448	4,4	20	0,000			
10.500	0,901	0,049	0,034	5,315	4,5	21	0,000			
10.600	0,940	0,030	0,034	3,104	4,5	20	0,000			
10.700	0,822	0,024	0,034	2,824	4,5	20	0,000			
10.800	6,443	0,036	0,035	0,551	4,6	20	0,000			
10.900	1,645	0,064	0,034	3,835	4,6	20	0,000			
11.000	2,742	0,052	0,035	1,872	4,6	20	0,000			
11.100	1,351	0,045	0,035	3,267	4,6	20	0,000			
11.200	1,253	0,044	0,035	3,440	4,7	20	0,000			
11.300	1,567	0,026	0,035	1,618	4,7	20	0,000			
11.400	1,116	0,047	0,036	4,121	4,8	21	0,000			
11.500	1,018	0,032	0,036	3,059	4,8	20	0,000	1,60	0,04	2,71
11.600	0,960	0,023	0,036	2,317	4,9	20	0,000			
11.700	0,960	0,027	0,036	2,727	5,0	20	0,000			
11.800	1,253	0,028	0,037	2,174	5,0	19	0,000			
11.900	0,822	0,028	0,037	3,294	5,1	20	0,000			
12.000	0,960	0,021	0,037	2,109	5,1	20	0,000			
12.100	0,979	0,025	0,037	2,472	5,2	20	0,000			
12.200	1,234	0,038	0,037	3,008	5,2	20	0,000			
12.300	1,841	0,045	0,037	2,401	5,2	20	0,000			
12.400	1,704	0,054	0,037	3,116	5,2	19	0,000			
12.500	0,999	0,046	0,038	4,492	5,2	20	0,000			
12.600	0,979	0,028	0,038	2,771	5,2	20	0,000			
12.700	1,057	0,030	0,038	2,756	5,2	19	0,000			
12.800	0,999	0,032	0,038	3,111	5,2	20	0,000			
12.900	2,154	0,031	0,038	1,408	5,3	20	0,000			
13.000	1,018	0,043	0,039	4,116	5,3	20	0,000			
13.100	1,018	0,030	0,039	2,858	5,3	19	0,000			
13.200	2,076	0,032	0,039	1,508	5,3	19	0,000			
13.300	1,077	0,050	0,039	4,535	5,3	20	0,000			
13.400	1,214	0,036	0,040	2,889	5,5	19	0,000			
13.500	3,897	0,028	0,040	0,703	5,5	20	0,000			
13.600	2,135	0,043	0,040	1,977	5,5	20	0,000			
13.700	1,312	0,063	0,040	4,709	5,5	19	0,000			
13.800	3,956	0,046	0,041	1,146	5,6	19	0,000			
13.900	2,370	0,059	0,041	2,452	5,5	20	0,000			
14.000	1,390	0,061	0,041	4,303	5,6	20	0,000			
14.100	3,603	0,039	0,041	1,064	5,6	19	0,000			
14.200	1,527	0,060	0,041	3,856	5,6	20	0,000			
14.300	1,077	0,042	0,041	3,797	5,6	20	0,000			
14.400	0,999	0,029	0,043	2,804	5,7	20	0,000			
14.500	1,018	0,012	0,043	1,110	5,7	20	0,000			
14.600	3,721	0,016	0,043	0,414	5,7	20	0,000			
14.700	6,129	0,015	0,043	0,236	5,7	19	0,000			
14.800	7,990	0,039	0,043	0,481	5,7	19	0,000	6,83	0,03	0,46
14.900	6,384	0,043	0,044	0,663	5,7	20	0,000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR			
15.000	3,544	0,037	0,044	1,024	5,7	20	0,000			
15.100	1,351	0,062	0,044	4,493	5,7	20	0,000	1,99	0,04	2,20
15.200	1,155	0,025	0,045	2,086	5,7	20	0,000			
15.300	2,213	0,029	0,045	1,276	5,7	20	0,000			
15.400	1,684	0,037	0,046	2,141	5,8	0	0,000			
15.500	5,659	0,033	0,046	0,572	5,8	20	0,000			
15.600	6,717	0,033	0,046	0,482	5,9	20	0,000			
15.700	6,051	0,047	0,047	0,765	5,9	19	0,000			
15.800	7,559	0,012	0,047	0,151	5,9	19	0,000			
15.900	9,204	0,045	0,047	0,482	5,9	20	0,000			
16.000	8,381	0,058	0,047	0,684	5,9	20	0,000			
16.100	7,618	0,045	0,047	0,582	5,9	19	0,000	7,17	0,04	0,60
16.200	8,577	0,060	0,048	0,691	6,0	20	0,000			
16.300	7,813	0,038	0,048	0,478	6,0	20	0,000			
16.400	7,931	0,038	0,049	0,471	6,1	20	0,000			
16.500	5,542	0,035	0,049	0,619	6,1	20	0,000			
16.600	8,048	0,038	0,049	0,464	6,2	20	0,000			
16.700	7,265	0,040	0,049	0,541	6,3	19	0,000			
16.800	4,191	0,052	0,049	1,221	6,3	19	0,000			
16.900	6,971	0,060	0,050	0,850	6,3	20	0,000			

17,000	11,201	0,054	0,050	0,476	6,3	20	0,000			
17,100	13,160	0,046	0,050	0,344	6,4	19	0,000			
17,200	12,141	0,047	0,050	0,382	6,5	19	0,000			
17,300	11,632	0,047	0,050	0,398	6,6	20	0,000	15,03	0,08	0,51
17,400	16,371	0,055	0,051	0,332	6,7	19	0,000			
17,500	24,850	0,171	0,056	0,685	6,9	19	0,000			
17,600	15,882	0,151	0,055	0,945	7,4	19	0,000			
17,700	6,854	0,155	0,054	2,245	7,6	19	0,000			
17,800	10,692	0,116	0,054	1,077	7,8	19	0,000			
17,900	7,755	0,098	0,053	1,252	7,9	20	0,000			
18,000	4,778	0,110	0,053	2,279	7,9	19	0,000	6,98	0,10	1,56
18,100	6,795	0,075	0,054	1,091	7,9	19	0,000			
18,200	4,994	0,071	0,054	1,403	7,9	20	0,000			
18,300	1,665	0,119	0,054	7,019	8,0	20	0,000	1,57	0,09	5,36
18,400	1,469	0,056	0,059	3,706	8,1	0	0,000			
18,500	5,777	0,057	0,059	0,971	8,3	20	0,000			
18,600	5,601	0,073	0,059	1,285	8,3	20	0,000	6,49	0,08	1,19
18,700	8,088	0,107	0,060	1,310	8,4	19	0,000			
18,800	2,683	0,116	0,059	4,260	8,6	20	0,000			
18,900	1,410	0,071	0,060	4,903	8,7	20	0,000			
19,000	1,469	0,040	0,060	2,632	8,8	20	0,000			
19,100	1,155	0,044	0,060	3,672	8,8	19	0,000			
19,200	1,136	0,032	0,060	2,698	8,9	19	0,000			
19,300	1,390	0,026	0,061	1,787	8,9	20	0,000			
19,400	0,842	0,028	0,063	3,143	9,0	18	0,000			
19,500	4,054	0,045	0,063	1,085	9,1	20	0,000			
19,600	1,606	0,080	0,063	4,860	9,1	20	0,000			
19,700	1,488	0,031	0,063	1,999	9,1	19	0,000			
19,800	1,312	0,035	0,063	2,562	9,2	20	0,000			
19,900	1,253	0,037	0,063	2,837	9,2	20	0,000			
20,000	1,547	0,039	0,064	2,432	9,2	20	0,000			
20,100	1,195	0,039	0,064	3,134	9,2	19	0,000			
20,200	1,253	0,032	0,064	2,444	9,2	20	0,000			
20,300	1,155	0,032	0,064	2,647	9,3	20	0,000			
20,400	0,685	0,016	0,065	2,142	9,4	0	0,000			
20,500	2,350	0,035	0,065	1,441	9,5	20	0,000			
20,600	2,585	0,057	0,065	2,154	9,5	20	0,000			
20,700	1,684	0,093	0,065	5,395	9,5	19	0,000			
20,800	1,371	0,068	0,065	4,814	9,5	19	0,000			
20,900	1,332	0,042	0,065	3,037	9,6	20	0,000			
21,000	1,351	0,040	0,065	2,849	9,7	20	0,000			
21,100	1,312	0,048	0,065	3,531	9,7	19	0,000			
21,200	1,332	0,038	0,066	2,740	9,7	19	0,000			
21,300	2,624	0,034	0,067	1,253	9,7	20	0,000	1,78	0,05	2,57
21,400	1,214	0,007	0,070	0,496	9,8	0	0,000			
21,500	1,939	0,055	0,070	2,754	9,8	20	0,000			
21,600	4,054	0,051	0,070	1,229	9,8	20	0,000			
21,700	1,488	0,117	0,070	7,665	9,8	19	0,000			
21,800	1,645	0,049	0,070	2,880	9,9	19	0,000			
21,900	2,644	0,051	0,071	1,877	10,0	20	0,000			
22,000	1,547	0,058	0,071	3,629	10,0	20	0,000			
22,100	1,547	0,051	0,071	3,184	10,0	20	0,000			
22,200	1,351	0,052	0,071	3,710	10,0	20	0,000			
22,300	2,585	0,049	0,071	1,843	10,1	20	0,000			
22,400	0,842	0,086	0,075	9,766	10,3	0	0,000			
22,500	1,371	0,059	0,075	4,149	10,3	20	0,000			
22,600	1,351	0,042	0,076	2,976	10,4	20	0,000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPDR			
22,700	1,430	0,041	0,076	2,746	10,4	20	0,000			
22,800	4,387	0,050	0,076	1,111	10,4	20	0,000			
22,900	2,232	0,072	0,076	3,143	10,4	20	0,000			
23,000	1,586	0,086	0,076	5,266	10,4	20	0,000			
23,100	1,430	0,038	0,076	2,541	10,4	20	0,000			
23,200	1,527	0,039	0,077	2,445	10,4	20	0,000			
23,300	1,469	0,042	0,077	2,740	10,4	20	0,000			
23,400	1,567	0,053	0,082	3,253	10,5	0	0,000			
23,500	4,876	0,052	0,082	1,039	10,5	20	0,000			
23,600	11,084	0,065	0,083	0,576	10,7	20	0,000	10,84	0,08	0,70
23,700	10,594	0,088	0,083	0,819	10,7	20	0,000			
23,800	7,128	0,096	0,083	1,327	10,7	19	0,000	5,52	0,10	1,87
23,900	3,917	0,096	0,083	2,405	10,7	20	0,000			
24,000	1,410	0,107	0,083	7,348	10,7	20	0,000			
24,100	1,410	0,042	0,083	2,842	10,7	20	0,000			
24,200	1,430	0,040	0,084	2,665	10,7	20	0,000			
24,300	4,857	0,048	0,084	0,961	10,8	20	0,000			
24,400	1,351	0,036	0,086	2,525	11,0	0	0,000			
24,500	1,430	0,072	0,086	4,848	11,1	20	0,000	2,81	0,06	3,11
24,600	5,738	0,039	0,087	0,658	11,1	20	0,000			
24,700	6,110	0,056	0,087	0,894	11,1	19	0,000			
24,800	2,507	0,103	0,086	4,013	11,1	20	0,000			
24,900	1,860	0,098	0,087	5,119	11,1	20	0,000			
25,000	2,820	0,068	0,087	2,346	11,1	20	0,000			
25,100	17,233	0,064	0,088	0,365	11,1	19	0,000			
25,200	22,970	0,108	0,088	0,465	11,1	19	0,000	20,61	0,10	0,47
25,300	21,641	0,128	0,088	0,586	11,1	19	0,000			



	Test no:	3	Position:	X: 0.00, Y: 0.00	Ground level:	0.00	
	Client:	SIA "Jensen Consult un Arnis INZENIERI"				Date:	24/9/2014
	Project:	Daudzdzivoklu dzivojama eka ar pazemes autostavietam Riga, Pulkveza Brieza iela 35				Scale:	1 : 100
						Page:	1/2
					Fig:		
					File:	cpt_9.cpd	



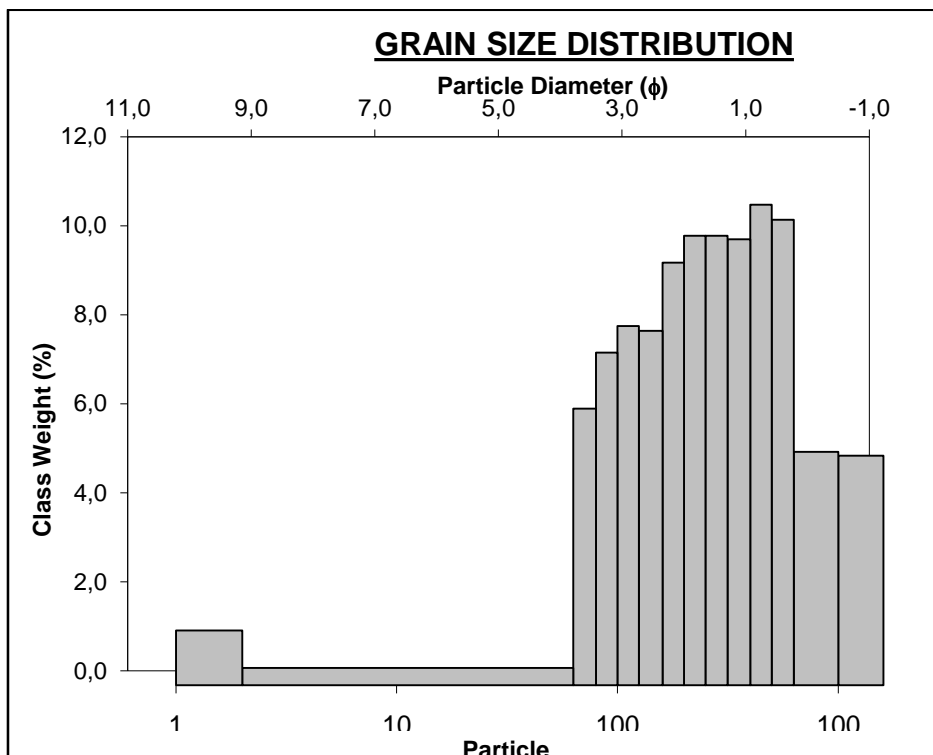
Test no: 3	Position: X: 0.00, Y: 0.00	Ground level: 0.00	
Client:	SIA "Jensen Consult un Arhis INZENIERI"		Date: 24/9/2014
Project:	Daudzdzīvokļu dzīvojamā ēka ar pazemes autostāvvietām Rīga, Pulkveža Brieža iela 35		Scale: 1 : 100
			Page: 2/2
			Fig: File: cpt_9.cpd

Statiskās zondēšanas rezultāti; Z.p.Nr.3

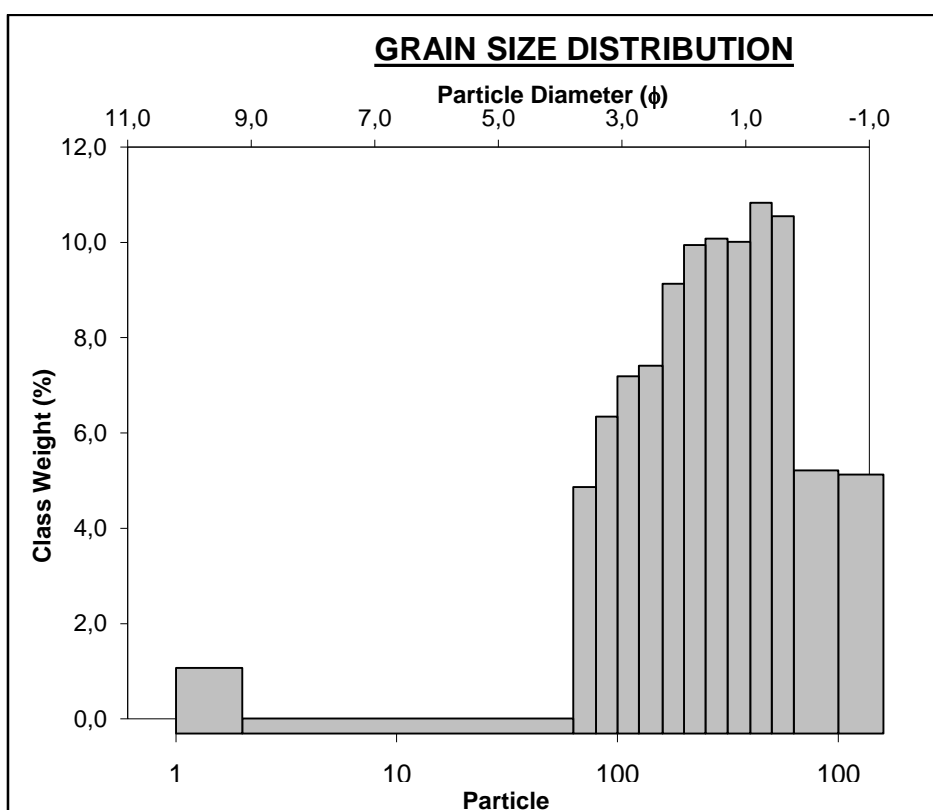
Dziļums [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR	Vidējie izdalītā slāņa rādījumi		
								qc	fs	Rf
1,300	0,411	0,000	0,003	0,002	0,5	20	0,000			
1,400	0,372	0,000	0,003	0,003	0,4	20	0,000			
1,500	0,607	0,006	0,002	0,983	0,6	20	0,000	0,58	0,00	0,55
1,600	0,548	0,002	0,002	0,360	0,5	20	0,000			
1,700	0,607	0,002	0,003	0,323	0,6	20	0,000			
1,800	0,646	0,008	0,003	1,231	0,6	20	0,000			
1,900	0,862	0,008	0,003	0,923	0,6	20	0,000			
2,000	0,822	0,013	0,003	1,575	0,6	20	0,000			
2,100	0,764	0,011	0,003	1,433	0,6	21	0,000			
2,200	0,842	0,017	0,003	2,012	0,6	21	0,000			
2,300	0,666	0,032	0,003	4,791	0,6	21	0,000			
2,400	0,509	0,025	0,003	4,893	0,6	20	0,000			
2,500	0,392	0,013	0,003	3,297	0,5	20	0,000			
2,600	0,392	0,002	0,003	0,500	0,6	20	0,000			
2,700	0,411	0,002	0,003	0,476	0,6	21	0,000			
2,800	0,685	0,006	0,003	0,869	0,6	21	0,000			
2,900	0,431	0,011	0,003	2,537	0,7	20	0,000			
3,000	0,490	0,008	0,003	1,621	0,7	20	0,000			
3,100	0,509	0,014	0,004	2,733	0,7	21	0,000			
3,200	0,901	0,011	0,003	1,215	0,5	21	0,000			
3,300	0,490	0,030	0,004	6,093	0,5	20	0,000			
3,400	0,529	0,015	0,004	2,818	0,5	20	0,000	0,92	0,02	2,13
3,500	0,803	0,019	0,003	2,358	0,6	20	0,000			
3,600	0,979	0,024	0,004	2,443	0,5	20	0,000			
3,700	1,175	0,011	0,004	0,931	0,6	21	0,000			
3,800	1,410	0,014	0,004	0,988	0,6	20	0,000			
3,900	2,409	0,022	0,004	0,911	0,6	20	0,000			
4,000	1,939	0,012	0,004	0,616	0,6	20	0,000			
4,100	1,625	0,016	0,004	0,981	0,6	21	0,000			
4,200	1,371	0,018	0,004	1,308	0,6	21	0,000			
4,300	0,822	0,025	0,004	3,030	0,6	20	0,000			
4,400	0,587	0,029	0,004	4,919	0,6	20	0,000			
4,500	1,312	0,017	0,004	1,291	0,6	20	0,000			
4,600	1,665	0,016	0,004	0,957	0,6	20	0,000			
4,700	3,212	0,022	0,004	0,683	0,6	20	0,000			
4,800	3,819	0,027	0,004	0,705	0,6	21	0,000			
4,900	4,563	0,025	0,004	0,547	0,6	20	0,000	4,60	0,03	0,61
5,000	6,129	0,021	0,004	0,342	0,6	20	0,000			
5,100	5,268	0,040	0,005	0,758	0,6	20	0,000			
5,200	3,016	0,037	0,005	1,224	0,6	20	0,000			
5,300	1,919	0,026	0,005	1,350	0,6	20	0,000			
5,400	2,526	0,019	0,005	0,749	0,6	20	0,000			
5,500	2,585	0,013	0,005	0,500	0,6	20	0,000	2,47	0,02	0,71
5,600	2,467	0,011	0,005	0,443	0,6	20	0,000			
5,700	2,350	0,011	0,005	0,465	0,6	20	0,000			
5,800	2,389	0,012	0,005	0,499	0,6	20	0,000			
5,900	2,487	0,011	0,005	0,440	0,6	20	0,000			
6,000	2,800	0,013	0,005	0,462	0,6	20	0,000			
6,100	3,016	0,018	0,005	0,594	0,6	20	0,000			
6,200	4,504	0,021	0,005	0,465	0,6	21	0,000			
6,300	4,112	0,028	0,005	0,679	0,6	20	0,000	4,26	0,02	0,51
6,400	4,739	0,024	0,005	0,505	0,6	20	0,000			
6,500	6,364	0,024	0,006	0,376	0,6	20	0,000			
6,600	3,172	0,042	0,006	1,321	0,6	20	0,000			
6,700	3,172	0,072	0,006	2,266	0,6	21	0,000			
6,800	5,620	0,040	0,006	0,710	0,6	21	0,000			
6,900	4,367	0,034	0,006	0,776	0,6	20	0,000			
7,000	3,094	0,030	0,006	0,967	0,6	20	0,000	3,63	0,04	1,18
7,100	2,781	0,040	0,006	1,435	0,6	21	0,000			
7,200	3,525	0,047	0,006	1,330	0,6	20	0,000			
7,300	4,857	0,040	0,006	0,822	0,6	20	0,000			
7,400	2,937	0,030	0,006	1,018	0,6	20	0,000			
7,500	2,800	0,033	0,006	1,175	0,6	20	0,000			
7,600	1,860	0,027	0,006	1,446	0,7	20	0,000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR			
7,700	1,390	0,028	0,006	2,006	0,6	20	0,000			
7,800	1,802	0,019	0,006	1,049	0,7	20	0,000			
7,900	3,192	0,037	0,006	1,156	0,7	20	0,000			
8,000	1,488	0,032	0,006	2,142	0,8	20	0,000			
8,100	0,725	0,035	0,006	4,802	0,8	20	0,000			
8,200	3,819	0,022	0,006	0,574	0,8	20	0,000			
8,300	1,214	0,039	0,006	3,200	0,7	20	0,000			
8,400	0,725	0,041	0,006	5,627	0,8	20	0,000			
8,500	0,685	0,025	0,007	3,623	0,8	20	0,000			
8,600	1,155	0,025	0,007	2,152	0,8	20	0,000			
8,700	0,881	0,015	0,007	1,688	0,8	21	0,000			
8,800	0,764	0,023	0,007	2,989	0,8	21	0,000			
8,900	2,389	0,022	0,007	0,916	0,8	20	0,000			
9,000	3,466	0,034	0,007	0,978	0,8	20	0,000			
9,100	1,312	0,058	0,007	4,405	0,8	20	0,000			
9,200	1,057	0,036	0,007	3,389	0,8	20	0,000			
9,300	0,725	0,028	0,007	3,836	0,8	20	0,000			

9,400	0.646	0.019	0.007	2,916	0.8	20	0.000			
9,500	0.999	0.019	0.008	1,886	0.8	20	0.000			
9,600	1.175	0.027	0.008	2,284	0.8	20	0.000	1,35	0.03	2,81
9,700	0.822	0.028	0.008	3,382	0.9	21	0.000			
9,800	0.803	0.027	0.008	3,337	0.9	20	0.000			
9,900	0.764	0.024	0.008	3,116	0.9	20	0.000			
10,000	1.097	0.020	0.008	1,809	0.9	20	0.000			
10,100	1.116	0.022	0.008	1,957	0.9	20	0.000			
10,200	0.646	0.033	0.008	5,069	0.9	20	0.000			
10,300	0.725	0.016	0.008	2,184	1.0	20	0.000			
10,400	0.842	0.022	0.008	2,592	0.9	18	0.000			
10,500	0.725	0.028	0.009	3,829	1.0	20	0.000			
10,600	3.544	0.024	0.009	0.673	0.9	20	0.000			
10,700	1.469	0.041	0.009	2,777	0.9	20	0.000			
10,800	0.764	0.047	0.009	6,109	0.9	21	0.000			
10,900	1.743	0.020	0.009	1,139	1.0	20	0.000			
11,000	1.136	0.040	0.009	3,501	0.9	20	0.000			
11,100	2.037	0.026	0.009	1,269	0.9	20	0.000			
11,200	2.154	0.040	0.009	1,849	0.9	20	0.000			
11,300	0.862	0.058	0.009	6,689	0.9	20	0.000			
11,400	1.645	0.031	0.009	1,874	1.0	17	0.000			
11,500	0.744	0.040	0.010	5,332	1.0	20	0.000			
11,600	0.822	0.028	0.010	3,376	1.0	20	0.000			
11,700	0.783	0.028	0.010	3,543	1.0	20	0.000			
11,800	0.881	0.028	0.010	3,151	1.0	20	0.000			
11,900	0.862	0.022	0.010	2,527	1.0	20	0.000			
12,000	0.822	0.024	0.010	2,891	1.0	20	0.000			
12,100	1.997	0.029	0.010	1,443	1.0	20	0.000			
12,200	0.999	0.050	0.010	4,973	1.0	20	0.000			
12,300	2.252	0.042	0.010	1,856	1.0	20	0.000			
12,400	1.253	0.042	0.010	3,332	1.0	15	0.000			
12,500	1.410	0.041	0.010	2,891	1.0	20	0.000			
12,600	0.901	0.037	0.010	4,075	1.0	20	0.000			
12,700	0.901	0.026	0.011	2,857	1.0	21	0.000			
12,800	0.999	0.028	0.010	2,780	1.0	20	0.000			
12,900	0.940	0.027	0.011	2,845	1.0	20	0.000			
13,000	0.920	0.029	0.011	3,123	1.1	20	0.000			
13,100	1.567	0.034	0.011	2,155	1.0	20	0.000			
13,200	3.642	0.025	0.011	0.682	1.1	20	0.000			
13,300	9.008	0.039	0.011	0.431	1.2	24	0.000	9,01	0,04	0,01
13,400	9.008	0.035	0.011	0.387	1.2	17	0.000			
13,500	12.161	0.042	0.012	0.344	1.3	19	0.000			
13,600	12.827	0.052	0.013	0.404	1.3	20	0.000			
13,700	12.357	0.057	0.013	0.460	1.3	21	0.000	11,95	0,05	0,42
13,800	11.358	0.056	0.013	0.491	1.3	20	0.000			
13,900	11.045	0.046	0.013	0.415	1.3	20	0.000			
14,000	9.126	0.052	0.013	0.588	1.3	20	0.000			
14,100	5.111	0.045	0.013	0.877	1.3	21	0.000			
14,200	5.287	0.063	0.013	1.188	1.3	20	0.000	6,59	0,05	0,81
14,300	8.205	0.045	0.013	0.546	1.3	20	0.000			
14,400	5.209	0.046	0.013	0.679	1.3	20	0.000			
14,500	2.565	0.054	0.013	2.095	1.3	20	0.000			
14,600	2.017	0.041	0.013	2.020	1.3	20	0.000			
14,700	2.095	0.040	0.013	1.897	1.3	20	0.000			
14,800	2.683	0.042	0.013	1.557	1.3	20	0.000	2,66	0,04	1,67
14,900	3.407	0.025	0.013	0.728	1.3	20	0.000			
15,000	1.723	0.040	0.013	2.306	1.3	20	0.000			
15,100	4.112	0.045	0.013	1.089	1.3	20	0.000			
15,200	4.602	0.026	0.013	0.561	1.3	20	0.000	4,32	0,03	0,66
15,300	4.034	0.031	0.013	0.764	1.3	20	0.000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR			
15,400	3.212	0.027	0.013	0.834	1.3	20	0.000			
15,500	2.154	0.030	0.013	1.382	1.3	20	0.000			
15,600	1.214	0.054	0.013	4.417	1.3	20	0.000			
15,700	0.901	0.044	0.013	4.839	1.3	21	0.000			
15,800	0.920	0.024	0.013	2.577	1.3	20	0.000	1,54	0,04	3,14
15,900	0.842	0.027	0.013	3.169	1.3	20	0.000			
16,000	2.370	0.027	0.013	1.130	1.4	20	0.000			
16,100	1.488	0.046	0.013	3.070	1.5	21	0.000			
16,200	1.234	0.064	0.013	5.152	1.5	21	0.000			
16,300	1.057	0.051	0.013	4.787	1.7	19	0.000			
16,400	2.428	0.051	0.013	2.090	1.8	16	0.000			
16,500	3.525	0.026	0.013	0.732	1.8	20	0.000			
16,600	2.761	0.017	0.013	0.609	1.8	20	0.000			
16,700	3.212	0.028	0.013	0.866	1.8	21	0.000	3,04	0,03	0,94
16,800	3.309	0.042	0.013	1.263	1.8	20	0.000			
16,900	3.114	0.015	0.013	0.476	1.8	20	0.000			
17,000	2.918	0.016	0.013	0.542	1.9	20	0.000			
17,100	4.622	0.017	0.013	0.364	2.1	20	0.000			
17,200	5.424	0.016	0.013	0.292	2.2	20	0.000	7,13	0,02	0,33
17,300	9.596	0.020	0.016	0.206	2.2	19	0.000			
17,400	8.891	0.042	0.016	0.470	2.2	20	0.000			
17,500	3.721	0.051	0.016	1.363	2.2	20	0.000			
17,600	4.543	0.075	0.016	1.644	2.3	20	0.000			
17,700	3.858	0.049	0.017	1.263	2.3	21	0.000	3,85	0,06	1,67
17,800	2.467	0.070	0.016	2.822	2.3	20	0.000			
17,900	4.661	0.060	0.017	1.281	2.3	20	0.000			
18,000	1.567	0.078	0.017	4.944	2.3	20	0.000			
18,100	1.253	0.051	0.017	4.033	2.3	20	0.000			

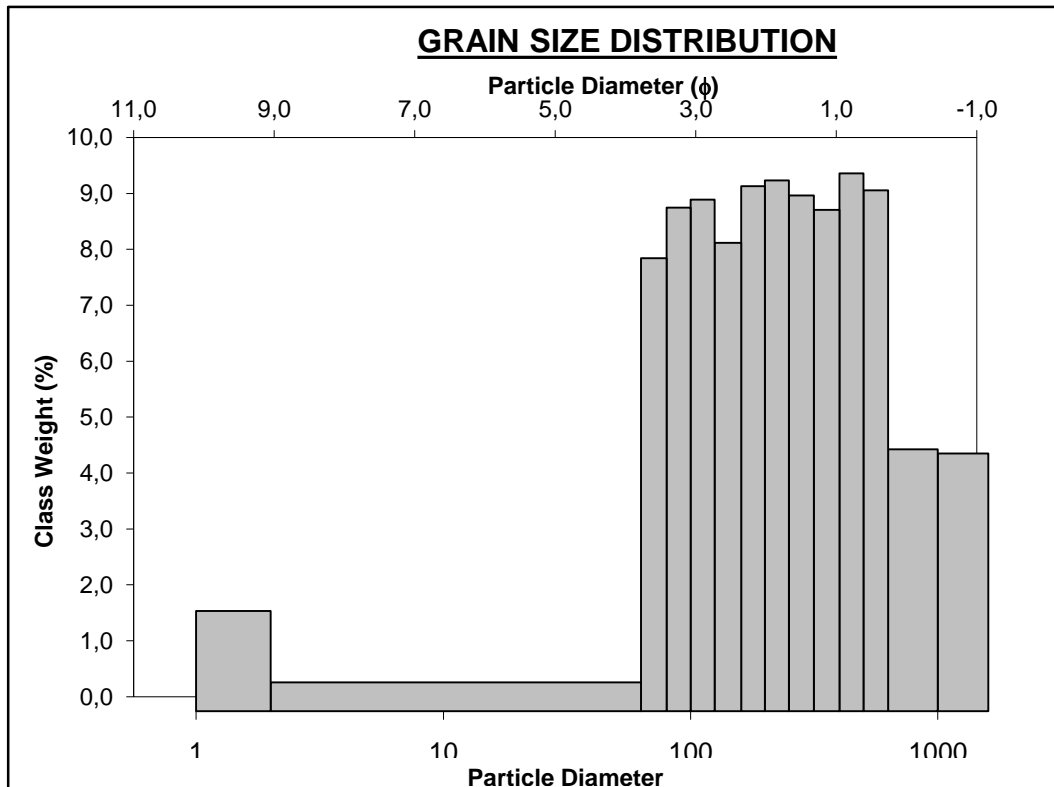
18,200	1,390	0.026	0.017	1,847	2,4	20	0,000			
18,300	1,097	0.029	0.017	2,609	2,4	20	0,000			
18,400	1,077	0.019	0.017	1,734	2,4	20	0,000	1,22	0,03	2,71
18,500	1,018	0.029	0.018	2,808	2,4	19	0,000			
18,600	0,979	0.022	0.018	2,209	2,6	20	0,000			
18,700	0,940	0.021	0.018	2,195	2,6	20	0,000			
18,800	1,645	0.034	0.018	2,045	2,7	20	0,000			
18,900	3,114	0.042	0.018	1,339	2,6	19	0,000			
19,000	3,035	0.036	0.018	1,176	2,7	20	0,000	2,89	0,05	1,80
19,100	2,507	0.073	0.018	2,895	2,5	20	0,000			
19,200	1,488	0.073	0.018	4,868	2,5	20	0,000			
19,300	1,097	0.033	0.018	2,969	2,6	19	0,000			
19,400	1,097	0.026	0.019	2,333	2,6	20	0,000			
19,500	1,292	0.027	0.020	2,059	2,6	20	0,000			
19,600	1,155	0.028	0.020	2,387	2,6	20	0,000			
19,700	1,116	0.029	0.020	2,559	2,7	21	0,000	1,24	0,03	2,59
19,800	1,762	0.030	0.020	1,682	2,7	20	0,000			
19,900	1,195	0.044	0.020	3,638	2,6	20	0,000			
20,000	1,195	0.026	0.020	2,142	2,6	20	0,000			
20,100	1,136	0.025	0.020	2,165	2,6	21	0,000			
20,200	1,155	0.024	0.020	2,043	2,6	20	0,000			
20,300	1,214	0.027	0.020	2,190	2,7	19	0,000			
20,400	5,914	0.029	0.020	0,486	2,7	19	0,000	4,11	0,05	0,02
20,500	2,311	0.063	0.020	2,707	2,7	20	0,000			
20,600	1,195	0.080	0.020	6,631	2,7	19	0,000			
20,700	1,312	0.030	0.021	2,253	2,7	20	0,000			
20,800	1,175	0.023	0.021	1,923	2,7	20	0,000			
20,900	1,312	0.020	0.021	1,496	2,8	20	0,000			
21,000	1,234	0.029	0.021	2,314	2,9	20	0,000			
21,100	1,371	0.031	0.021	2,229	2,9	21	0,000			
21,200	1,175	0.031	0.021	2,599	2,9	20	0,000			
21,300	1,312	0.027	0.021	2,026	2,9	19	0,000			
21,400	1,214	0.033	0.021	2,679	2,9	20	0,000			
21,500	3,486	0.035	0.022	0,994	3,0	19	0,000			
21,600	1,351	0.083	0.022	6,085	3,0	19	0,000			
21,700	1,312	0.041	0.022	3,085	3,0	20	0,000			
21,800	1,606	0.045	0.022	2,771	3,0	20	0,000			
21,900	1,762	0.051	0.022	2,865	3,0	20	0,000			
22,000	2,193	0.059	0.022	2,668	3,0	20	0,000	1,65	0,04	2,59
22,100	1,332	0.064	0.022	4,754	3,0	20	0,000			
22,200	2,428	0.038	0.023	1,548	3,0	20	0,000			
22,300	1,469	0.061	0.023	4,108	3,0	19	0,000			
22,400	1,390	0.039	0.023	2,768	3,0	20	0,000			
22,500	1,390	0.041	0.024	2,909	3,0	19	0,000			
22,600	1,292	0.034	0.024	2,590	3,0	20	0,000			
22,700	4,132	0.047	0.024	1,128	3,0	19	0,000			
22,800	1,802	0.070	0.024	3,848	3,0	20	0,000			
22,900	1,410	0.057	0.024	3,995	3,0	20	0,000			
23,000	1,449	0.034	0.024	2,312	3,0	20	0,000			
Depth [m]	qc	fs	u	Rf	TA	B	DPPR			
23,100	1,469	0.037	0.024	2,483	3,0	20	0,000			
23,200	1,371	0.036	0.024	2,587	3,0	20	0,000			
23,300	2,252	0.033	0.024	1,447	3,0	19	0,000			
23,400	5,405	0.025	0.024	0,456	3,0	19	0,000			
23,500	7,735	0.041	0.025	0,526	3,2	19	0,000	6,02	0,06	0,98
23,600	6,266	0.064	0.025	1,015	3,2	19	0,000			
23,700	4,680	0.091	0.025	1,934	3,3	20	0,000			
23,800	1,488	0.113	0.025	7,524	3,3	20	0,000			
23,900	1,410	0.049	0.025	3,430	3,3	19	0,000			
24,000	1,430	0.034	0.025	2,341	3,3	20	0,000			
24,100	4,328	0.034	0.025	0,777	3,3	20	0,000			
24,200	2,977	0.063	0.025	2,099	3,3	20	0,000			
24,300	3,584	0.063	0.025	1,745	3,3	19	0,000			
24,400	5,189	0.053	0.025	1,014	3,3	19	0,000	3,58	0,07	2,64
24,500	9,145	0.048	0.027	0,521	3,4	19	0,000			
24,600	4,915	0.070	0.027	1,415	3,4	19	0,000			
24,700	4,798	0.109	0.027	2,260	3,6	20	0,000			
24,800	5,385	0.058	0.027	1,069	3,5	20	0,000			
24,900	1,743	0.100	0.027	5,684	3,5	19	0,000			
25,000	1,939	0.077	0.027	3,933	3,5	20	0,000			
25,100	1,723	0.054	0.027	3,096	3,5	20	0,000			
25,200	15,294	0.054	0.028	0,351	3,5	19	0,000			
25,300	12,964	0.073	0.028	0,560	3,5	19	0,000	13,75	0,07	0,49
25,400	12,376	0.069	0.028	0,554	3,5	20	0,000			
25,500	14,354	0.071	0.029	0,492	3,5	19	0,000			
25,600	4,661	0.128	0.029	2,732	3,5	19	0,000			
25,700	11,162	0.151	0.030	1,348	3,5	19	0,000	7,97	0,13	0,03
25,800	8,088	0.117	0.030	1,440	3,5	20	0,000			
25,900	3,133	0.118	0.030	3,741	3,5	19	0,000			
26,000	3,701	0.091	0.030	2,441	3,5	19	0,000			
26,100	5,307	0.076	0.030	1,422	3,4	20	0,000			
26,200	2,467	0.130	0.030	5,230	3,4	20	0,000			
26,300	8,166	0.094	0.030	1,145	3,4	19	0,000	4,81	0,10	2,52
26,400	3,779	0.096	0.030	2,523	3,4	19	0,000			
26,500	6,227	0.105	0.031	1,677	3,5	19	0,000			
26,600	6,678	0.074	0.031	1,101	3,5	19	0,000			
26,700	3,814	0.132	0.031	3,440	3,5	19	0,000			



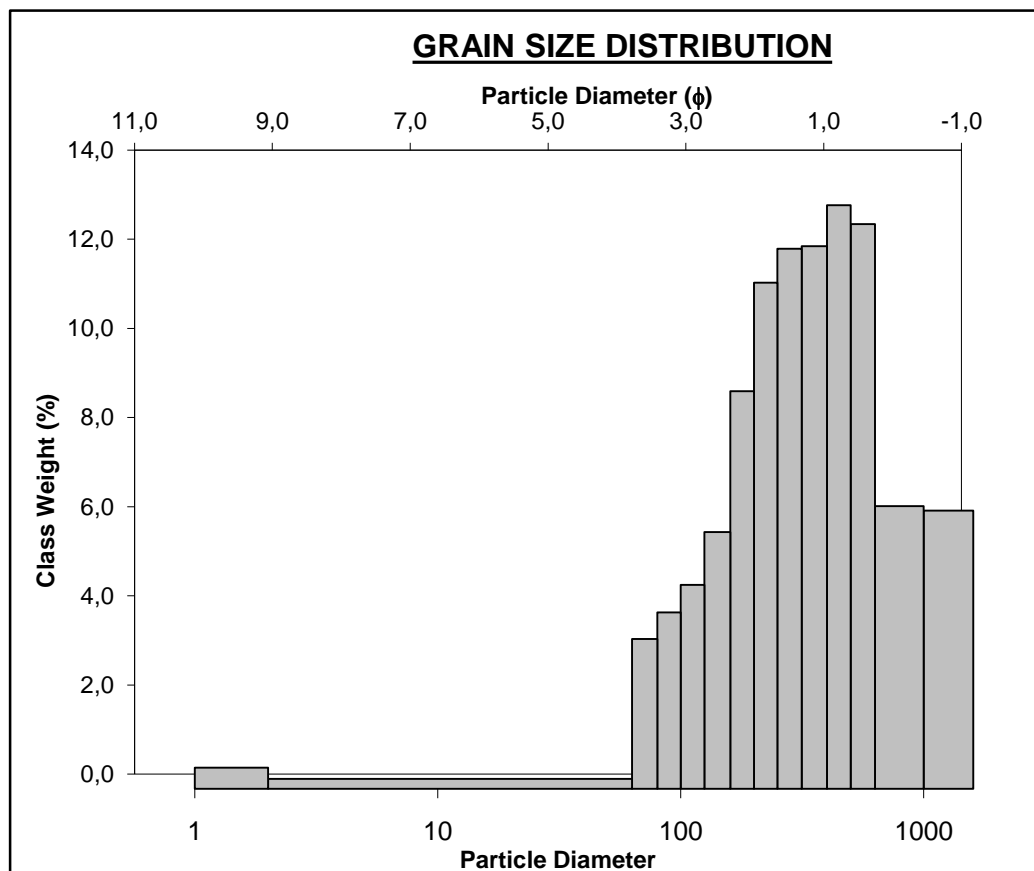
Parauga Nr.1-1 granulometriskā sastāva variācija



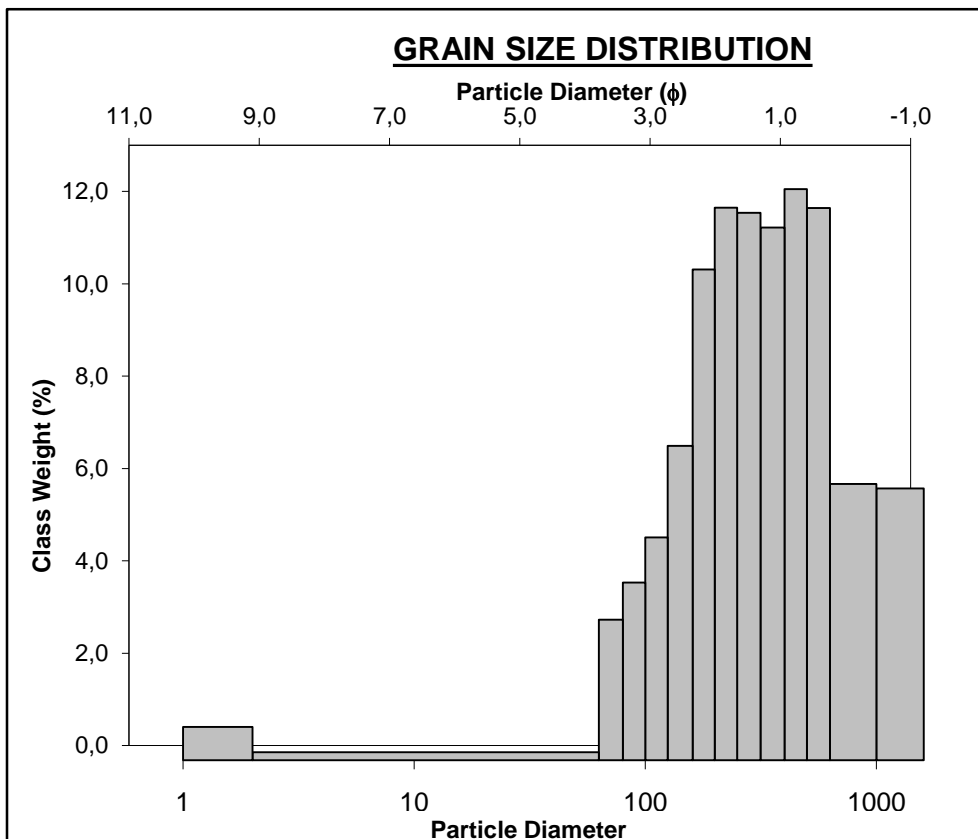
Parauga Nr.1-2 granulometriskā sastāva variācija



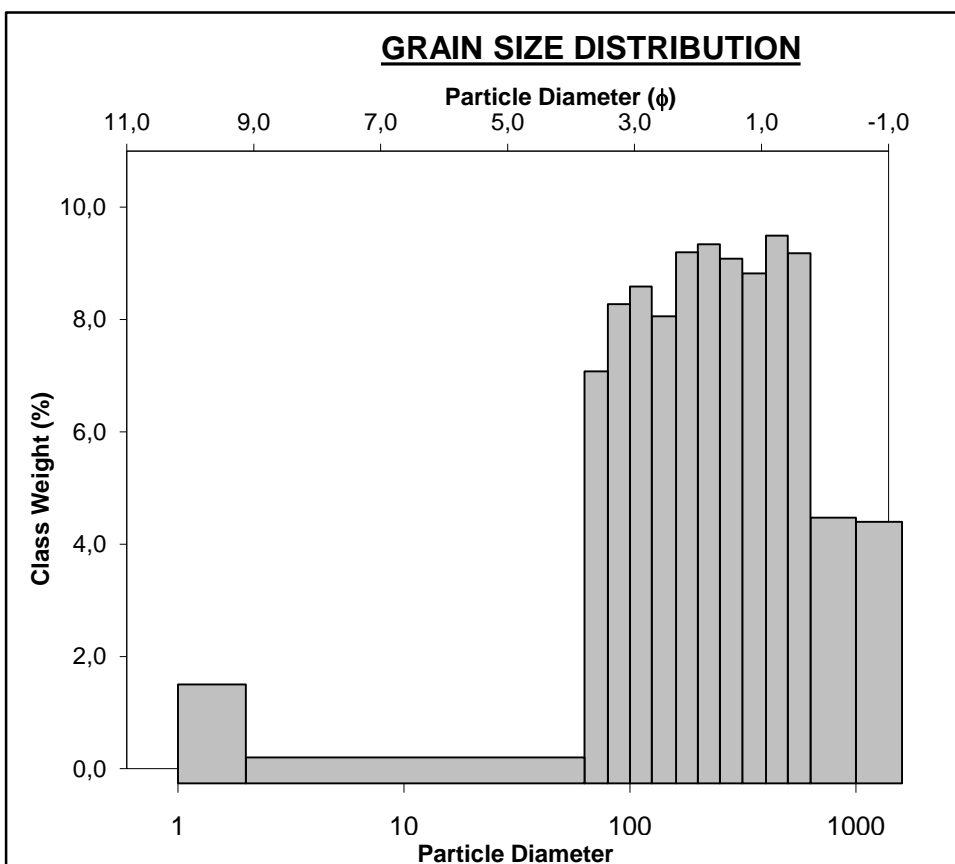
Parauga Nr.1-7 granulometriskā sastāva variācija



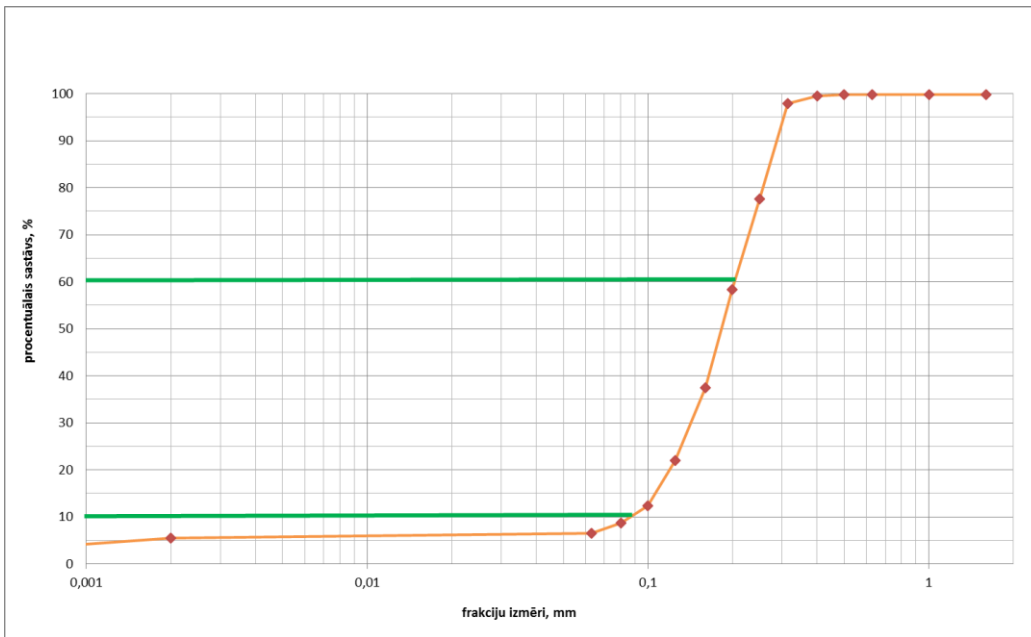
Parauga Nr.2-1 granulometriskā sastāva variācija



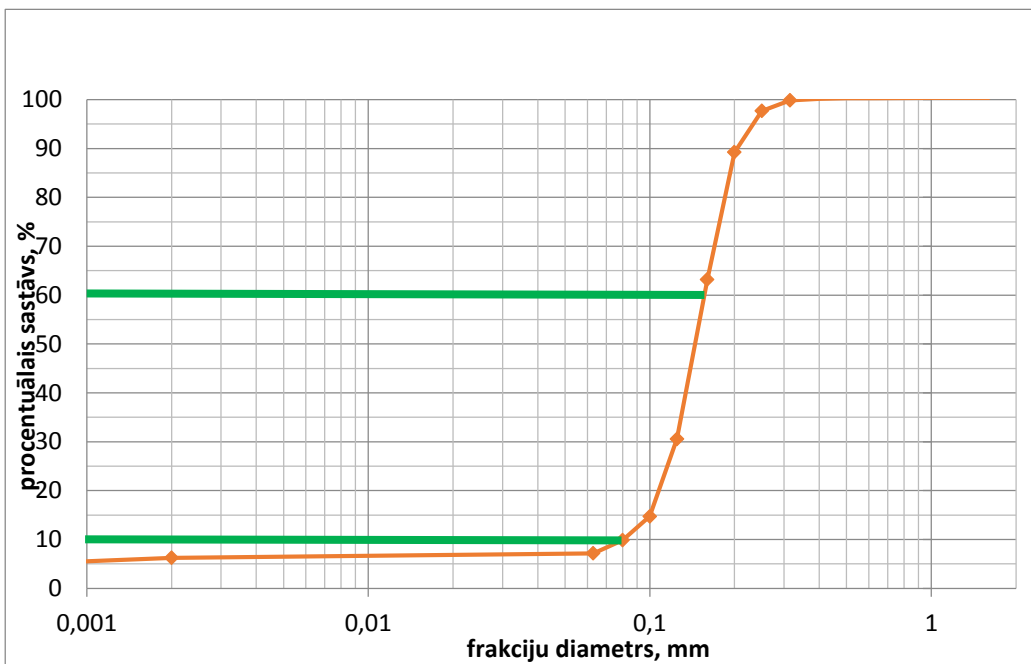
Parauga Nr.2-2 granulometriskā sastāva variācija



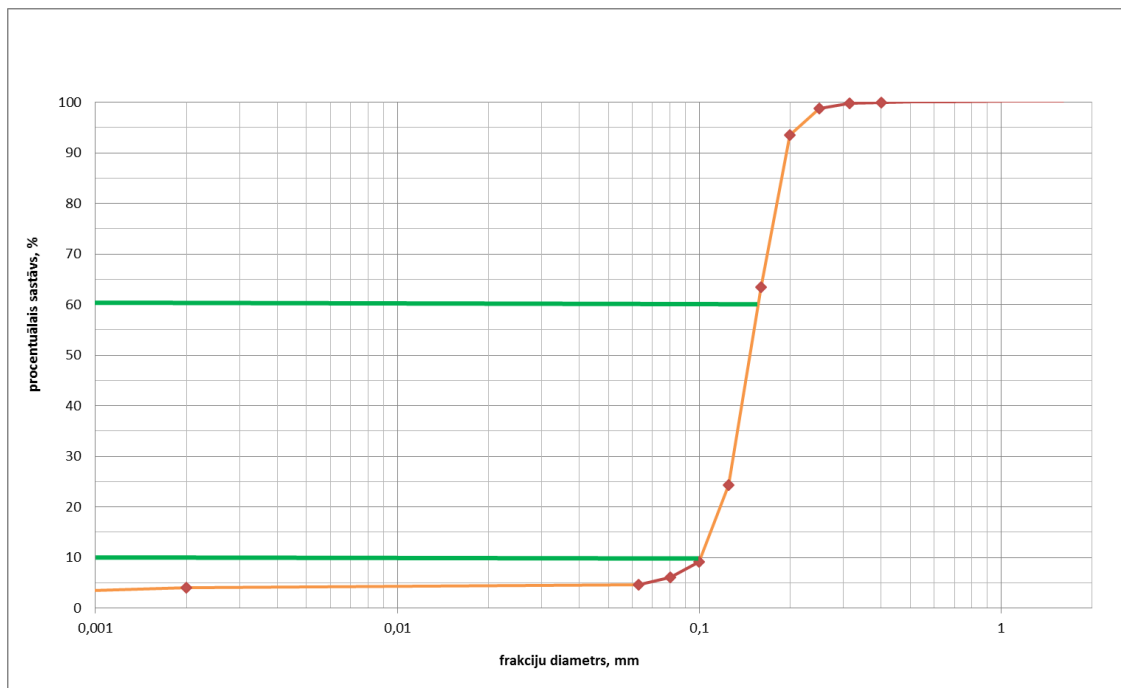
Parauga Nr.2-3 granulometriskā sastāva variācija



Parauga Nr.1-4 granulometriskā sastāva kumulatīvā līkne, nevienādības koeficients $C_u=2,3$



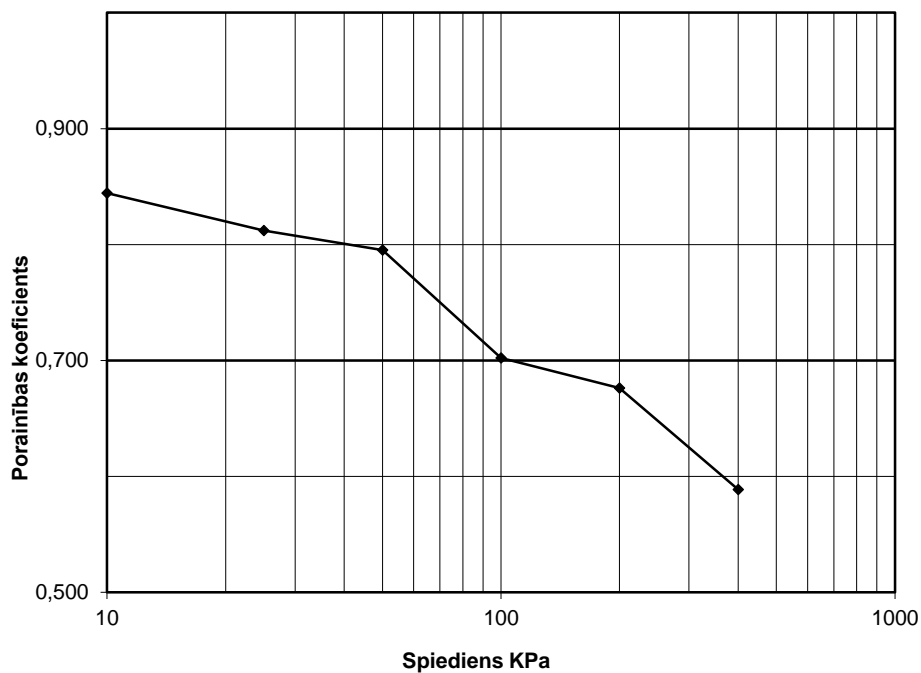
Parauga Nr.1-5 granulometriskā sastāva kumulatīvā līkne, nevienādības koeficients $C_u=2,1$



Parauga Nr.1-6 granulometriskā sastāva kumulatīvā līkne, nevienādības koeficients $C_u=1.6$

Kompresijas aprēķins

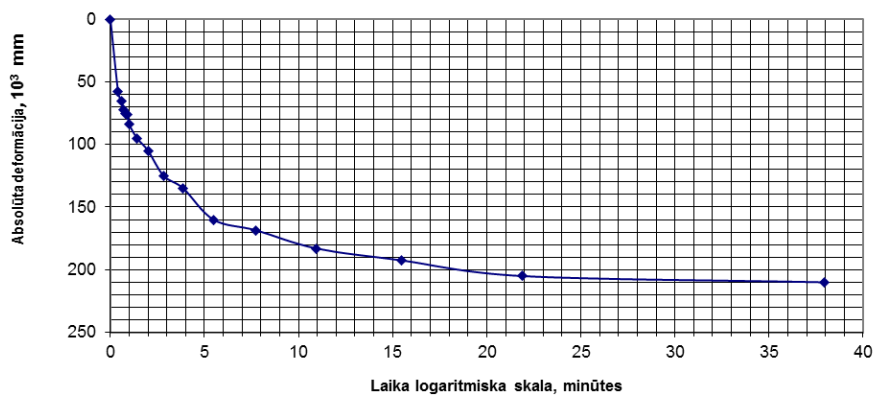
Paraugs 3-1														
ρ_s g/cm ³	W_0 %	W_f %	ρ_0 g/cm ³	ρ_d g/cm ³	e_0	S_r	H_s mm	Slodze Kpa	ΔH mm	ϵ mm	H mm	e_f	m_v	E_{oed}
2,63	30	25,6	1,84	1,42	0,85	0,92	13,51	10	0,080	0,003	24,920	0,844	0,321	3,130
								25	0,515	0,021	24,485	0,812	1,184	0,862
								50	0,745	0,030	24,255	0,795	0,379	2,717
								100	2,000	0,080	23,000	0,702	1,091	0,996
								200	2,350	0,094	22,650	0,676	0,155	7,143
								400	3,535	0,141	21,465	0,589	0,276	4,219
Paraugs 2-3														
ρ_s g/cm ³	W_0 %	W_f %	ρ_0 g/cm ³	ρ_d g/cm ³	e_0	S_r	H_s mm	Slodze Kpa	ΔH mm	ϵ mm	H mm	e_f	m_v	E_{oed}
2,67	30,7	39,1	1,71	1,31	1,038	0,79	12,27	10	0,160	0,006	24,840	1,025	0,644	1,563
								25	0,640	0,026	24,360	0,986	1,314	0,781
								50	1,070	0,043	23,930	0,950	0,719	1,453
								100	1,750	0,070	23,250	0,895	0,585	1,838
								200	2,535	0,101	22,465	0,831	0,349	3,185
								400	3,535	0,141	21,465	0,750	0,233	5,000
Paraugs 1-2														
ρ_s g/cm ³	W_0 %	W_f %	ρ_0 g/cm ³	ρ_d g/cm ³	e_0	S_r	H_s mm	Slodze Kpa	ΔH mm	ϵ mm	H mm	e_f	m_v	E_{oed}
2,47	64,2	38,2	1,61	0,98	1,505	1,05	9,98	10	0,210	0,008	24,790	1,484	0,847	1,190
								25	1,165	0,047	23,835	1,388	2,671	0,393
								50	1,535	0,061	23,465	1,351	0,631	1,689
								100	3,130	0,125	21,870	1,191	1,459	0,784
								200	4,290	0,172	20,710	1,075	0,560	2,155
								400	5,590	0,224	19,410	0,945	0,335	3,846



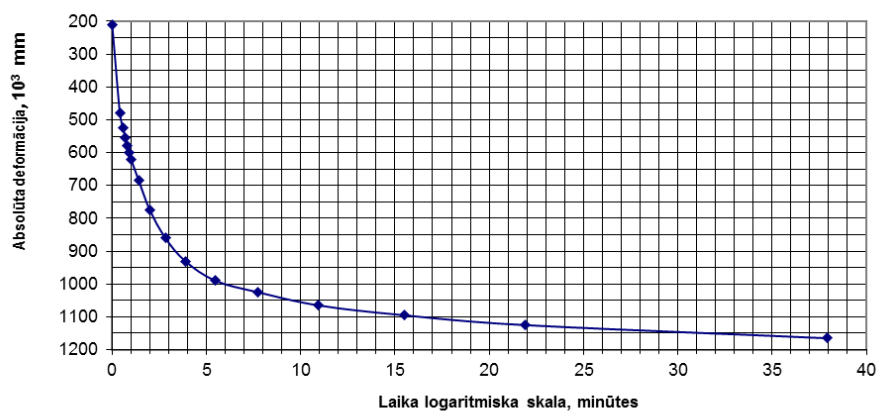
Parauga Nr.3-1 porainības koeficienta izmaiņas atkarībā no pieliktā spiediena, puslogaritmiskā mērogā



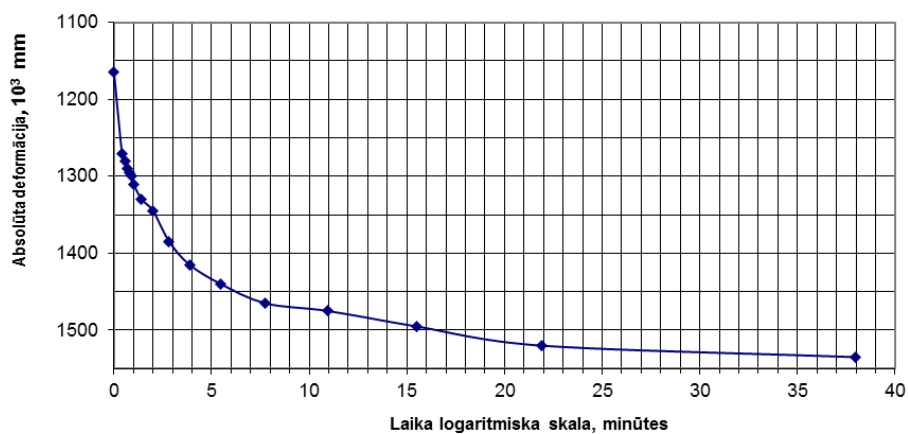
Parauga Nr.1-2 porainības koeficienta izmaiņas atkarībā no pieliktā spiediena, puslogaritmiskā mērogā



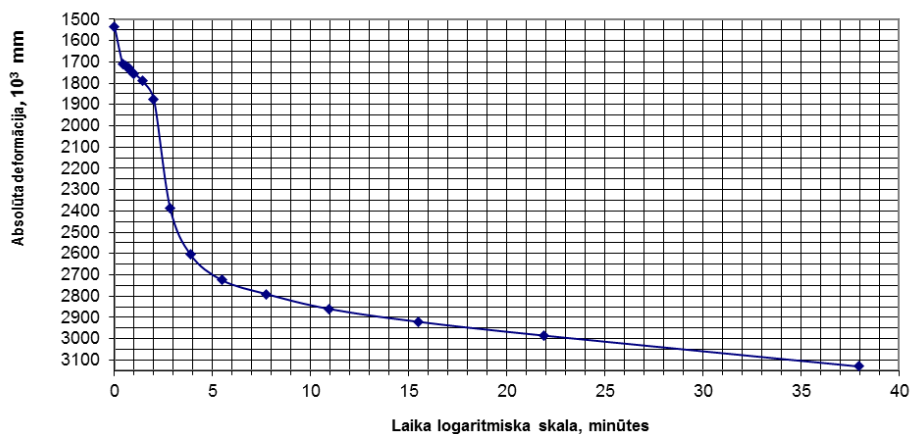
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 1. slodze



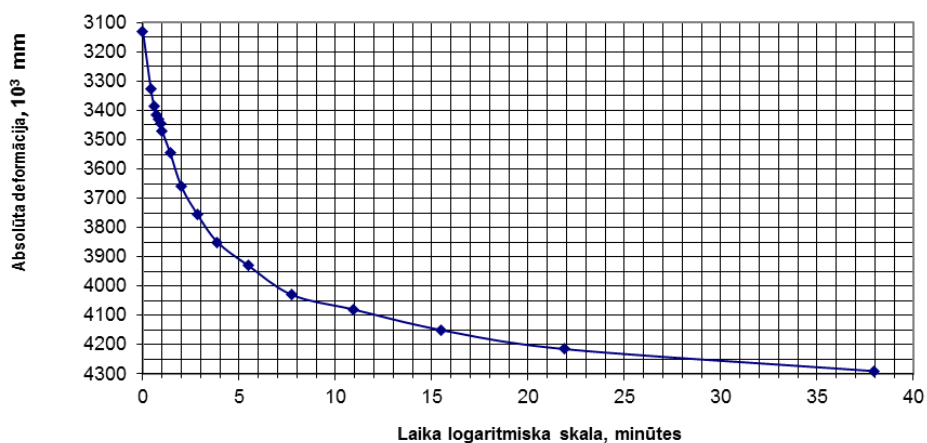
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 2. slodze



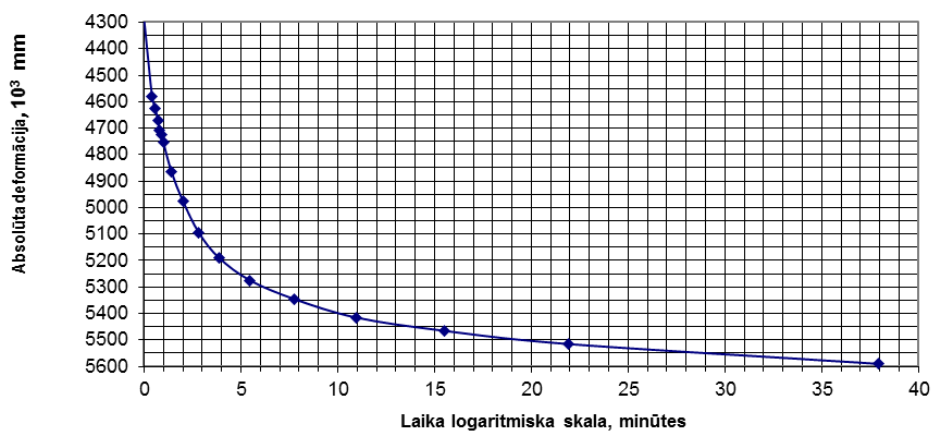
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 3. slodze



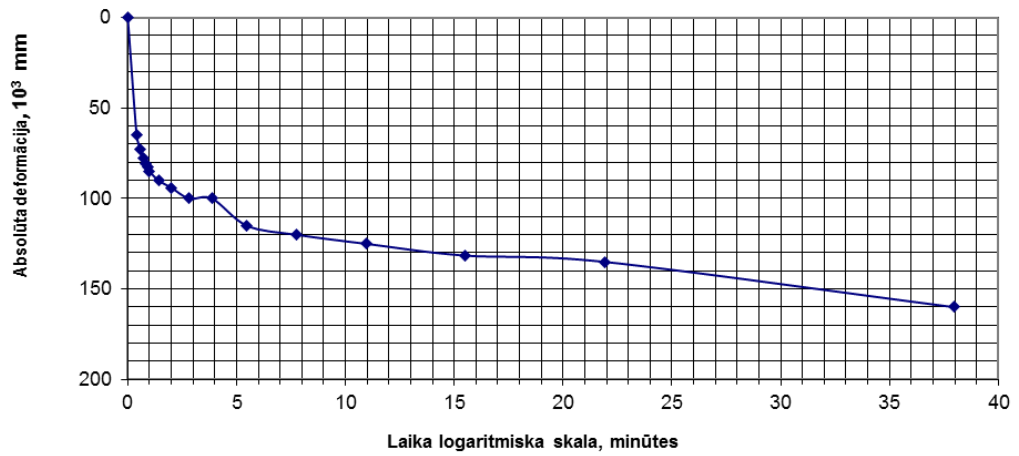
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 4. slodze



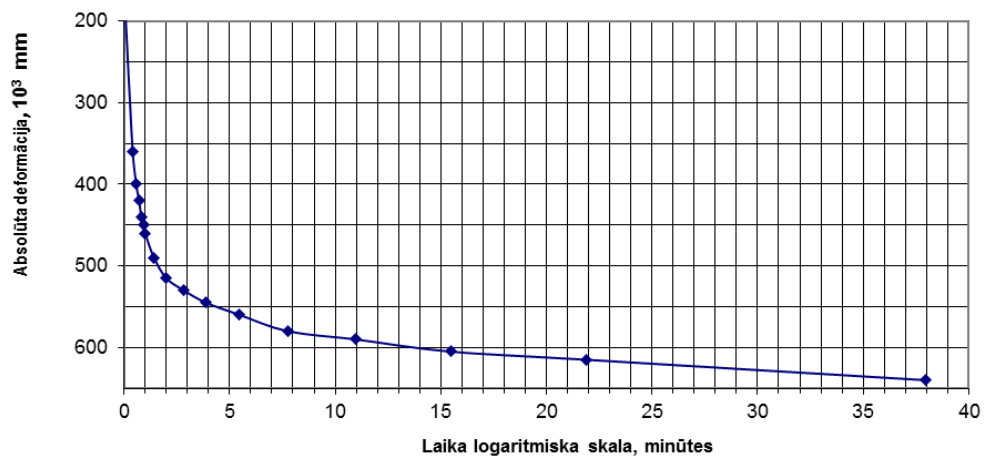
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 5. slodze



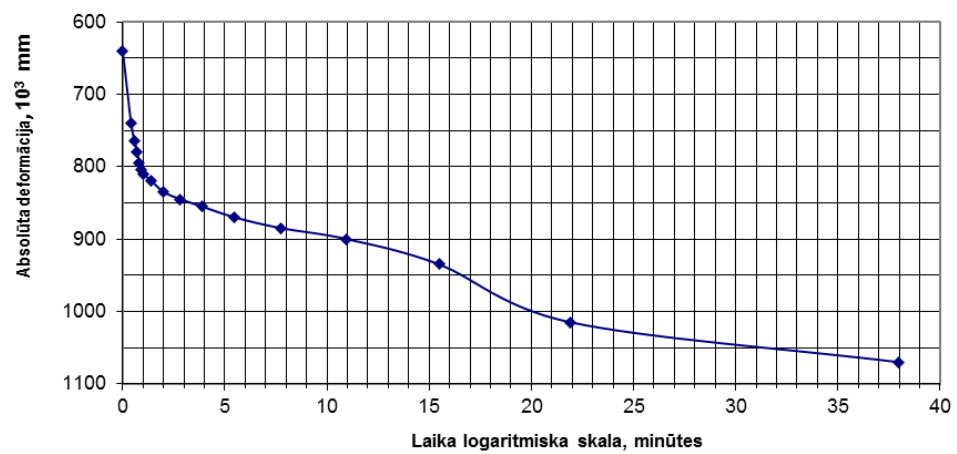
Paraugs Nr.1-2 Saspiežamības līkne, 6. slodze



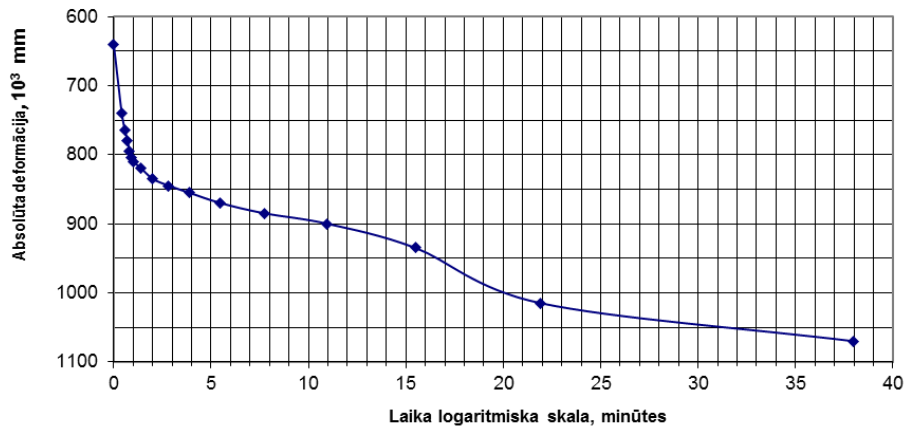
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības līkne, 1. slodze



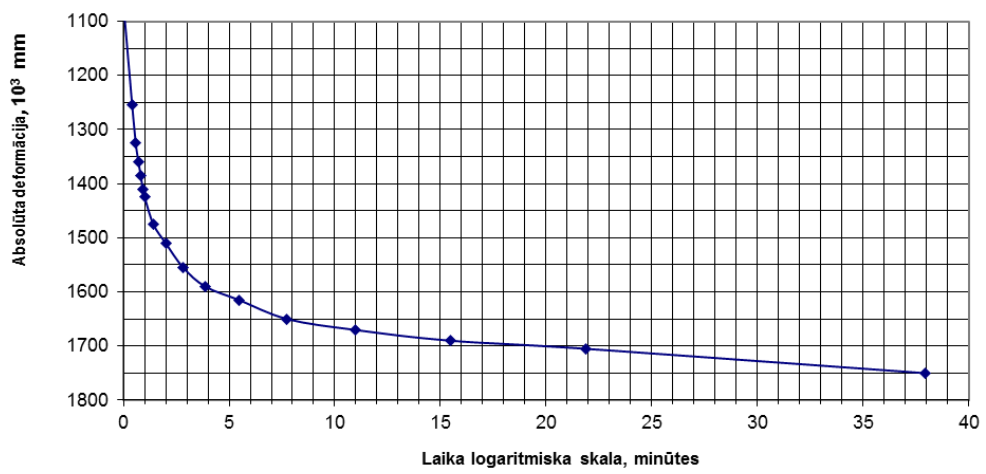
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības līkne, 2. slodze



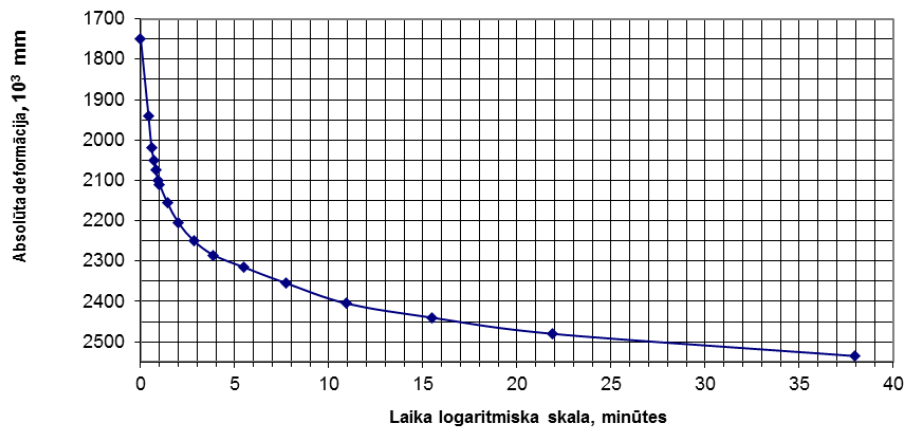
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības līkne, 3. slodze



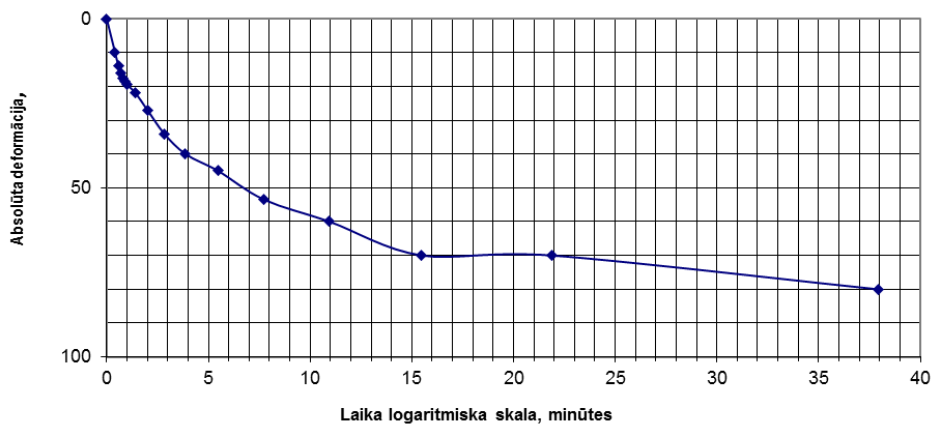
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības likne, 4. slodze



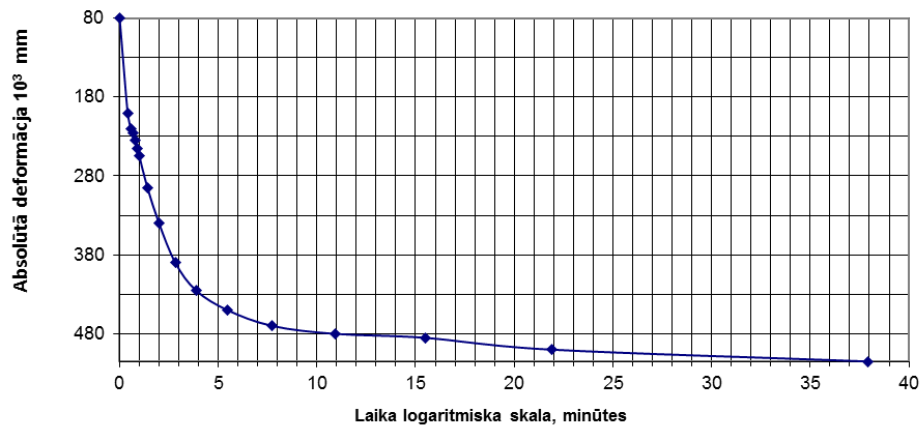
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības likne, 5. slodze



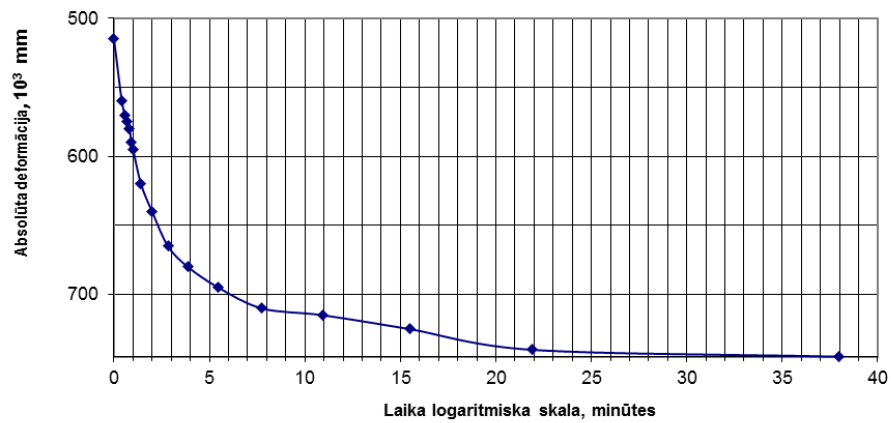
Paraugs Nr.2-3 Saspiežamības likne, 6. slodze



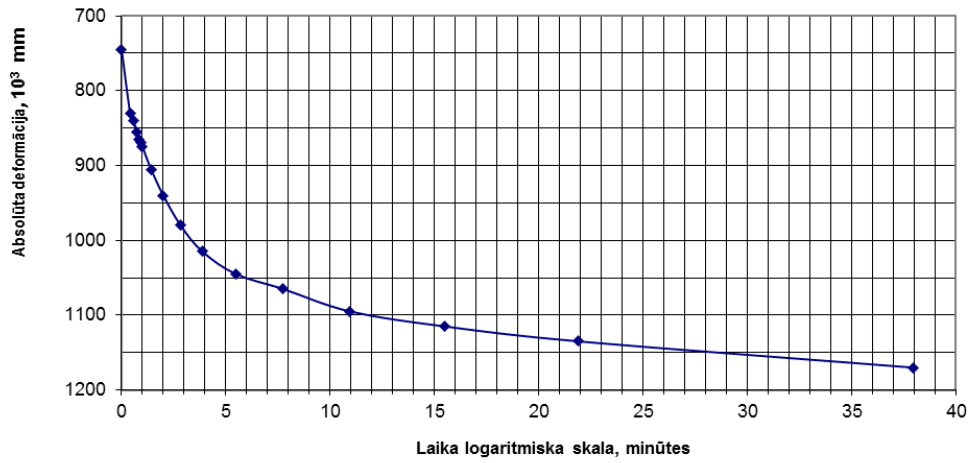
Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 1. slodze



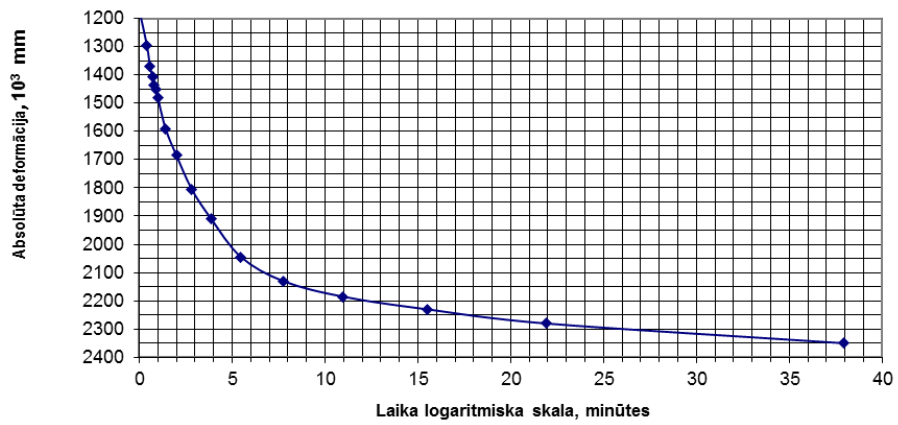
Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 2. slodze



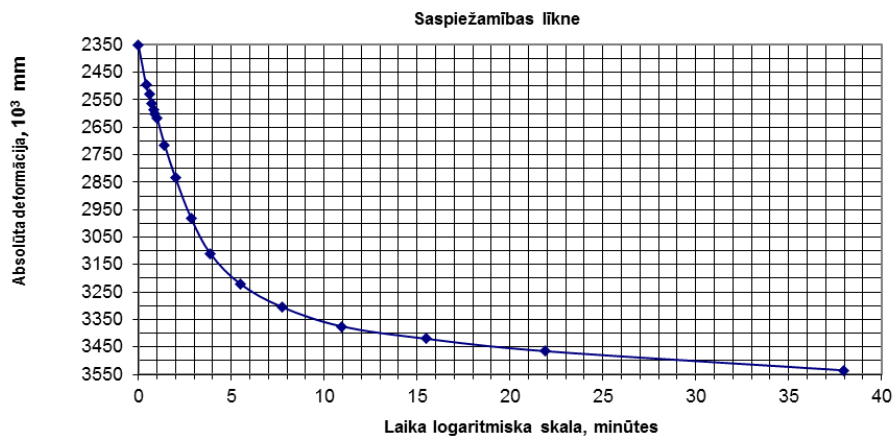
Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 3. slodze



Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 4. slodze



Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 5. slodze



Paraugs Nr.3-1 Saspiežamības likne, 6. slodze

Statiskās zondēšanas rezultātu vidējais aritmētiskais, variācijas koeficients un standartnovirze

qc	fs	Rf vērtības	Parauga Nr.	Variācijas koeficienti			Vidējais aritm.			Standartnovirze		
				qc	fs	Rf vērtības	qc	fs	Rf vērtības	qc	fs	Rf vērtības
0,49	0,013	2,658	1-1	0,0387	4E-05	1,61134	0,5923	0,0043	0,781	0,1967	0,0061	1,26938
0,45	0,000	0,005										
0,548	0,000	0,004										
0,881	0,004	0,457	1-2									
0,548	0,017	3,107										
4,054	0,002	0,050	1-3	0,6124	0,0001	0,03628	4,896	0,014	0,263	0,7825	0,0102	0,19048
5,601	0,018	0,322										
5,033	0,021	0,417										
3,760	0,022	0,585	1-4	4,3541	3E-05	0,04677	5,437	0,016	0,339	2,0866	0,0053	0,21626
4,778	0,012	0,251										
7,774	0,014	0,180										
9,223	0,042	0,455	1-5	5,3717	0,0002	0,06631	5,640	0,025	0,449	2,3177	0,0155	0,25751
5,111	0,047	0,919										
3,760	0,024	0,638										
3,329	0,011	0,330										
3,760	0,012	0,319										
6,110	0,008	0,131										
8,186	0,029	0,354	1-6	11,358	0,0007	0,38446	8,182	0,053	0,789	3,3702	0,0265	0,62005
4,954	0,041	0,827										
8,048	0,029	0,360										
12,533	0,032	0,255										
10,477	0,072	0,687										
4,896	0,089	1,817										
1,097	0,032	2,913	1-7	0,2189	7E-05	1,29049	1,147	0,023	2,227	1,0495	0,008	1,16216
1,018	0,019	1,863										
1,958	0,016	0,816										
0,822	0,031	3,765										
0,842	0,015	1,777										
3,505	0,030	0,845										
4,935	0,027	0,540	2-1	2,583	0,0001	0,01968	5,892	0,035	0,602	1,6072	0,0102	0,1403
5,326	0,028	0,519										
5,464	0,030	0,542										
6,286	0,035	0,551										
8,342	0,039	0,463										
7,383	0,056	0,753										
1,625	0,063	3,824	2-2	0,0951	0,0004	1,43144	1,285	0,043	3,288	0,3083	0,0199	1,23853
1,332	0,053	3,913										
1,449	0,020	1,342										
0,901	0,030	3,242	2-3									
1,116	0,047	4,121										
0,392	0,002	0,500	3-1									