



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Laurynas Gabrys

**PAGRINDO SLUOKSNIŲ SUTANKINIMO RODIKLIO IR
DEFORMACIJOS MODULIO NUSTATYMO METODŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Dr. Donatas Aviža

PANEVĖŽYS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**PAGRINDO SLUOKSNIŲ SUTANKINIMO RODIKLIO IR
DEFORMACIJOS MODULIO NUSTATYMO METODŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (621J80001)

Vadovas

Dr. Donatas Aviža

2018-01-09

Recenzentas

Doc. Dainius Vaičiulis

Projektą atliko

Laurynas Gabrys

2018-01-09

PANEVĖŽYS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo

(Fakultetas)

Laurynas Gabrys

(Studento vardas, pavardė)

Statyba, 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Pagrindo sluoksnių sutankinimo rodiklio ir deformacijos modulio nustatymo metodų tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. sausio 9 d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Lauryno Gabrio**, baigiamasis projektas tema „Pagrindo sluoksnių sutankinimo rodiklio ir deformacijos modulio nustatymo metodų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Laurynui Gabriui Grupė PMS-6
1. Darbo tema:
Lietuvių kalba: Pagrindo sluoksnių sutankinimo rodiklio ir deformacijos modulio nustatymo metodų tyrimas
Anglų kalba: Research of methods for determining the compaction ratio and deformation modulus of base courses

Patvirtinta 2017 m. lapkričio mėn. 7 d. dekano potvarkiu Nr. V25-13-18

2. Darbo tikslas: *Tyrimo metu nustatyti kokie yra pagrindo sluoksnių stiprumo matavimo metodai ir kokia yra bandymo rezultatų tarpusavio priklausomybė. Praktiškai palyginti gautus rodiklius.*

3. Reikalavimai ir sąlygos: *Ištirti žemės sankasą, skaldos pagrindą ir apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį. Darbas turi būti atliktas laikantis galiojančių standartų, bei baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodinių reikalavimų.*

4. Projekto struktūra. *Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.*

Magistro baigiamojo darbo projektas susideda iš gruntų ir pagrindų sutankinimo ir deformacijos modulio nustatymo metodų parinkimo, aktualumo, bei problemos analizės. Projekte tyrinėjama, vadovaujantis moksliniais metodais, galiojančiais tarptautiniais ir nacionaliniais standartais.

Apžvalginė dalis:

- *Reikalavimai Lietuvoje ir užsienyje, atlikti tyrimai;*
- *Matavimo metodų apžvalga.*

Tyrimų metodikos:

- *Tyrimų objektas;*
- *Tyrimo metodai.*

Tyrimų rezultatai:

- *Tyrimai atlikti ant skaldos pagrindo sluoksnių;*
- *Tyrimai atlikti ant šalčiui atsparaus sluoksnio;*
- *Tyrimai atlikti ant žemės sankasos*

Išvados

Darbo apimtis: 47 psl., 14 lentelių su duomenimis ir rezultatais, 18 paveikslėlių. Literatūros sąrašą sudaro 22 šaltiniai.

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas	<u>2018-01-09</u> (data)
Užduotį gavau: _____	<u>2017-09-04</u> (data)
(studento vardas, pavardė, parašas)	
Vadovas: _____	<u>2017-09-04</u> (data)
(pareigos, vardas, pavardė, parašas)	

TURINYS

SANTRAUKA	6
SUMMARY	7
ĮVADAS.....	8
1. APŽVALGA	9
1.1. Kelio konstrukcija ir medžiagos	9
1.2. Dangos stiprumo vertinimas	13
1.3. Gruntų sutankinimo vertinimas	16
2. TYRIMŲ METODIKOS	21
2.1. Tyrimo objektas	21
2.2. Tyrimų metodai.....	23
2.2.1. Bandymas štapu	23
2.2.2. Dinaminis deformacijos modulis	25
2.2.3. Grunto sutankinimo koeficientas D_{Pr}	26
2.3. Sutankinimo rodiklio D_{Pr} ir deformacijos modulio tarpusavio priklausomybės	33
3. TYRIMŲ REZULTATAI.....	36
3.1. Tyrimai atlikti ant skaldos pagrindo sluoksnių.....	36
3.2. Tyrimai atlikti ant šalčiui atsparaus sluoksnio.....	38
3.3. Tyrimai atlikti ant žemės sankasos	42
IŠVADOS	45
LITERATŪRA.....	46
PRIEDAI.....	48

Gabrys, Laurynas. PAGRINDO SLUOKSNIŲ SUTANKINIMO RODIKLIO IR DEFORMACIJOS MODULIO NUSTATYMO METODŲ TYRIMAS. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Donatas Aviža; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija, 621J80001

Reikšminiai žodžiai: *sutankinimo rodiklis, deformacijos modulis, pagrindo sluoksniai.*

Panevėžys, 2018. 47 p.

SANTRAUKA

Šiame darbe apžvelgiami sutankinimo ir deformacijos modulio reikalavimai įrengiant kelių, takų, aikštelių žemės sankasas ir pagrindo sluoksnius, užpilant tranšėjas, vandens pralaidas. Nagrinėjami žemės sankasoms ir pagrindams taikomi sutankinimo rodiklio, dinaminio deformacijos modulio ir statinio deformacijos modulio nustatymo metodai.

Kadangi sutankinimo rodiklis ir deformacijos modulis gali būti nustatomas įvairiais metodais, bandomuosiuose kelio ruožuose buvo atlikti šių rodiklių nustatymo bandymai skirtingais metodais ant skirtingų kelio konstrukcijos sluoksnių. Buvo įvertinta šių rodiklių, teorinė ir praktinė, tarpusavio priklausomybės.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, tiksliausias sutankinimo rodiklio nustatymo metodas yra tankio nustatymas žiedu. Nustatyti deformacijai, greičiausiai atliekamas yra dinaminio deformacijos modulio nustatymo bandymas. Nustatyta, kad statinis ir dinaminis deformacijos modulis kinta dėsningai. Vertinant sutankinimą netiesiogiai, nustatyta, kad koreliacija tarp deformacijų modulių santykių ir sutankinimo rodiklio yra silpna.

Laurynas Gabrys. RESEARCH OF METHODS FOR DETERMINING THE COMPACTION RATIO AND DEFORMATION MODULUS OF BASE COURSES. *Master's thesis in Construction / supervisor assoc. prof. Donatas Aviža. Panevėžys Faculty of Technologies and Business, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Building Technology, Technology Science

Key words: *compaction ratio, deformation modulus, base courses.*

Panevezys, 2018. 47 p.

SUMMARY

This work presents the overview of the requirements for the compaction and deformation module while installing roads, paths, ground landings and substrates of the ground, filling the trench, water-permeable. The methods for determination of compaction ratio, dynamic deformation modulus and static deformation modulus used for landings and foundations are being analyzed.

Since the compaction ratio and the deformation modulus can be determined by various methods, different test methods for determining these parameters were implemented in test road stretches on different road pavements. The evaluation of interdependency of these indicators, theoretical and practical, was made.

According the received results, the most accurate method for determining the compaction ratio is the density determination using ring. In order to determine the deformation most likely to be performed is the test for determining the dynamic deformation module. It has been stated that the static and dynamic deformation modulus changes accordingly. While evaluating the compaction indirectly, it was found that the correlation between the deformation modulus ratio and the compaction ratio is weak.

ĮVADAS

Tiesiant kelius, įrengiant automobilių stovėjimo aikšteles, užpilant tranšėjas, pralaidas labai svarbu tinkamai sutankinti atitinkamų sluoksnių supilamas medžiagas, kad būtų pasiektas reikalaujamas sutankinimo rodiklis D_{Pr} ir deformacijos modulis E_{V2} . Tinkamai įrengus visus konstrukcijos sluoksnius, bus išvengiama dangos nusėdimų, pleišėjimų bei nesutriks vandens nuvedimas.

Šiame darbe tiriami trys kelio konstrukcijos sluoksniai: žemės sankasa, apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis ir skaldos pagrindas.

Kiekvieno sluoksnio deformacijos modulis nustatomas naudojant statinę siją (štampą). Bandymas atliekamas pagal standartą LST 1360.5:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Bandymas štampu“ (1).

Dinaminis deformacijos modulis E_{vd} matuojamas atliekant dinaminį bandymą pagal dokumentą „Automobilių kelių sankasos ir pagrindo sutankinimo bandymo dinaminiais prietaisais instrukcija“ (2).

Statybos aikštelėje sausasis tankis ρ_d nustatomas žiedo metodu pagal standartą LST 1360.6:1995 (V-1) „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Grunto tankio nustatymas“ (3).

Proktoro tankis ρ_{Pr} nustatomas atlikus bandymą pagal standartą LST EN 13286-2 „Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 2 dalis. Bandymo metodai laboratoriniam atskaitos tankiui ir vandens kiekiui nustatyti. Proktoro tankinimas“ (4).

Uždaviniai:

1. Kiekvienam sluoksniui bandomuosiuose ruožuose atlikti bandymus štampu, apskaičiuoti statinę deformacijos modulį E_{V2} ir santykį E_{V2}/E_{V1} . Dinaminiais prietaisais nustatyti dinaminį deformacijos modulį E_{vd} , ir pervesti į statinę deformacijos modulį E_{V2} .
2. Laboratoriniais bandymais nustatyti žemės sankasos ir šalčiui atsparaus sluoksnio sausąjį tankį ρ_d , Proktoro tankį ρ_{Pr} ir apskaičiuoti sutankinimo koeficientą D_{Pr} .
3. Nustatyti, kokia yra sutankinimo rodiklių bandymų rezultatų tarpusavio priklausomybė.
4. Nustatyti kaip kinta statinis ir dinaminis deformacijos modulis.

1. APŽVALGA

Kai kurios kelių dangos pažaidos atsiranda ir vystosi dėl sluoksnių medžiagų ir nepakankamos kelių tiesybos darbų kokybės, pasireiškiančios mažesniu kelių dangos konstrukcijos vienodumu ir didesne jos savybių sklaida. Lietuvoje, atsižvelgiant į kelio reikšmę, taikomi skirtingi reikalavimai kelio dangos konstrukcijos kokybei (kelio dangos konstrukcijos sluoksnių medžiagų sutankinimo rodikliui, sluoksnių storio sklaidai, bitumo ir mineralinių medžiagų komponentų santykinės dalies asfaltbetonyje nuokrypiams (%) nuo asfaltbetonio projektinės sudėties, dangos lygumui (jį įrengus) ir kt., kurie lemia magistralinių, krašto ir rajoninių kelių skirtingas eksploatacines savybes jau iš karto, įrengus asfaltbetonio dangą, taip pat lemia skirtingą šių savybių kitimą, eksploatuojant asfaltbetonio dangą ir kelio dangos konstrukciją.

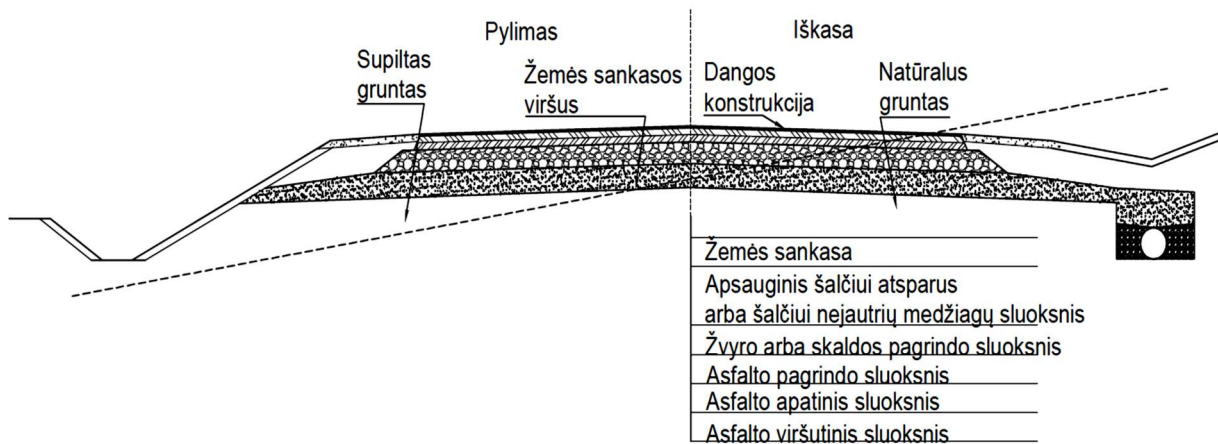
Amerikos (JAV) kelių ir transporto pareigūnų asociacijos AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad 15 % *geriausios* kelių dangos ruožų gali funkcionuoti 6–10 kartų ilgiau nei 15 % *blogiausios* kelių dangos ruožų, esančių pagal tą patį projektą nutiestame tame pačiame kelyje. Imant kelių dangos funkcionavimo vidutinį laikotarpį $T = 10$ metų, *blogiausi* jos ruožai funkcionuotų apie 3–4 metus, o *geriausi* – apie 25–30 metų. Taigi netgi tokia pati kelio dangos konstrukcija, tie patys standartai, technologijos, transporto priemonių eismas ir aplinkos sąlygos negali užtikrinti identiškos kelių dangos irties (Ekdahl 2000) (5).

1.1. Kelio konstrukcija ir medžiagos

Lietuvoje tinkama kelio konstrukcija, atsižvelgiant į paskirtį, transporto priemonių apkrovas, vietos gruntus ir drėkinimo sąlygas, parenkama pagal kelių techninį reglamentą „Automobilių keliai“ (KTR 1.01:2008) [6] ir Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 07 (7).

Kelio konstrukcija – statinys, kurio visumą sudaro žemės sankasa, pagrindas ir danga. Skiriamos dvi pagrindinės dalys:

- dangos konstrukcija – pagrindo sluoksnis (-iai) ir danga. Dangos pagrindas turi priimti ir atlaikyti transporto priemonių eismo ir dangos sluoksnių apkrovą bei ją tolygiai paskirstyti žemės sankasoje;
- žemės sankasa – grunto statinys, atliekantis dangos konstrukcijos pagrindo funkcijas. Jis turėtų būti vientisas ir stabilus, įrengiamas iš atvežto grunto ir (arba) neišjudinto natūraliojo grunto. Sluoksnių padėtis, pavadinimai nurodyti 1 paveiksle.



1 pav. Kelio konstrukcijos pavyzdinė struktūra

Danga gali būti sudaryta iš asfalto (viršutinio, apatinio ar pagrindo sluoksnio), betono, trinkelų, plytelių dangos.

Pagrindo sluoksnis gali būti sudarytas iš:

- apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio (AŠAS) arba šalčiui nejautrių medžiagų sluoksnio (ŠNS). Tinkamai sutankinus šis sluoksnis turi būti pralaidus vandeniui;
- skaldos pagrindo sluoksnio (SPS) arba žvyro pagrindo sluoksnio (ŽPS). Šiam sluoksniui įrengti turi būti naudojami tinkamos granulometrinės sudėties mineralinių medžiagų, mišiniai (8).

Dangos konstrukcija funkcionuoja konkrečiomis (vietinėmis) sąlygomis, kurios priklauso nuo dangos bei pagrindo sluoksnių medžiagų ir žemės sankasos gruntų savybių, šių sluoksnių storio ir jų sutankinimo lygio, klimato veiksnių, transporto priemonių apkrovų bei nuo vietos sąlygų (gruntinio vandens lygio, vietovės drėkinimo sąlygų).

Tai dar kartą įrodo būtinybę tiesiant kelius užtikrinti kuo geresnį kiekvieno kelių dangos konstrukcinio sluoksnio homogeniškumą ir žemės sankasos grunto kokybės rodiklių vienodumą (5).

Automobilių kelių žemės darbų atlikimo ir žemės sankasos įrengimo taisyklėse IT ŽS 17, patvirtintose Lietuvos automobilių kelių direkcijos, išdėstyti reikalavimai žemės darbams, atliekamiems valstybinės reikšmės keliuose. Taisyklės taip pat gali būti taikomos vietinės reikšmės keliams (gatvėms), kitoms eismo zonoms. Pagal šias taisykles žemės sankasai įrengti gali būti naudojama gruntai ir uolienos, statybinės medžiagos, RC statybinės medžiagos, pramoninės gamybos gretutiniai produktai, geosintetika, lengvosios medžiagos (pvz., pemza, putplastis), rišikliai, cheminiai priedai, vandens nuleidimo, drenavimo, filtravimo, hidroizoliavimo bei kitos medžiagos, reikalingos kai kuriems darbams (9).

Gruntų tinkamumas pylimui ar kelio dangos konstrukcijai gali būti įvertintas pagal standartą LST 1331 (10). Šiame standarte gruntai grupuojami pagal panašią jų sudėtį ir panašias geotechnines savybes: atsparumą šlyčiai, tanklumą, stiprumą, pralaidumą, atsparumą erozijai, jautrumą šalčiui. Pagal techninį tinkamumą gruntai grupuojami į gruntus, skirtus gruntiniams ir laikiniams keliams, kelių ir geležinkelių sankasoms, pylimams, drenažui įrengti.

Kiekvienos smulkiagrūdžių arba įvairiagrūdžių gruntų grupės atitinkamos savybės gali skirtis nuo drėgnio, o stambiagrūdžių arba įvairiagrūdžių gruntų – nuo sutankinimo laipsnio.

Klasifikuojant stambiagrūdžius ir įvairiagrūdžius gruntus, jų pagrindinis sudėties sandas nustatomas pagal granuliometrinę sudėtį:

- žvyras (Ž) – kai dalelių ≤ 2 mm kiekis yra < 60 %;
- smėlis (S) – kai dalelių ≤ 2 mm kiekis yra ≥ 60 %.

Stambiagrūdžiai gruntai klasifikuojami atsižvelgiant į jų vienodumo koeficientą C_u ir sanklodos rodiklį C_c . Pagal tai gruntai skirstomi į:

- blogos sanklodos gruntą (B);
- geros sanklodos gruntą (G);
- įvairios sanklodos gruntą (P).

Įvairiagrūdžiai gruntai klasifikuojami atsižvelgiant į jų smulkiųjų dalelių, kurių skersmuo $\leq 0,063$ mm, kiekį:

- mažai dulkingas arba mažai molingas gruntas (D arba M) – kai dalelių $\leq 0,063$ mm kiekis yra nuo 5 iki 15 %;
- dulkingas arba molingas gruntas (D_0 arba M_0) – kai dalelių $\leq 0,063$ mm kiekis yra > 15 iki 40 %.

Smulkiagrūdžiai gruntai klasifikuojami atsižvelgiant į takumo drėgnį W_L ir plastiškumo rodiklį I_p . Smulkiagrūdžiai gruntai, turintys organinių priemaišų (žymimi raide O).

Smulkiagrūdžių gruntų klasifikavimas pagal takumo drėgnį W_L :

- mažo plastiškumo gruntas (L) – kai takumo drėgnis < 35 %;
- vidutinio plastiškumo gruntas (V) – kai takumo drėgnis yra nuo 35 iki 50 %;
- didelio plastiškumo gruntas (M) – kai takumo drėgnis > 50 %.

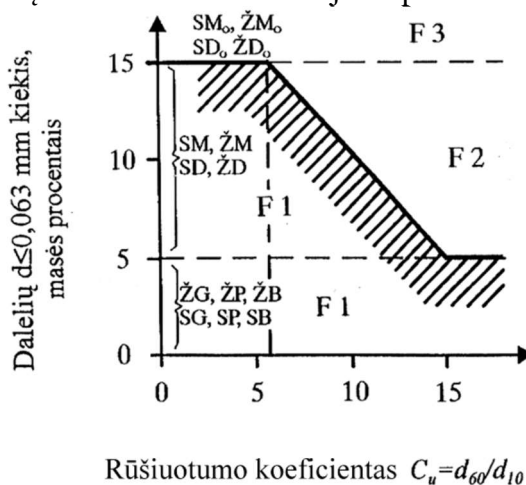
Gruntų skirstymas pagal granuliometrinę sudėtį ir plastiškumą yra klasifikavimo pagal jautrumą šalčiui pagrindas. Gruntų klasifikavimas, atsižvelgiant į vienodumo koeficientą ir dalelių ne didesnių nei 0,063 mm kiekį, klasifikavimas pateiktas 1 lentelėje.

1. lentelė. Gruntų grupių klasifikacija pagal jautrį šalčiui (IT ŽS 17)

Jautrio šalčiui klasė	Gruntų jautris šalčiui	Gruntų grupės
F1	nejautrūs	ŽG, ŽB, ŽP, SG, SB, SP, ŽD*, ŽM*, SD*, SM*
F2	mažai ir vidutiniškai jautrūs	ŽD, ŽM, SD, SM, MR, OH, OK, OM
F3	labai jautrūs	ŽD ₀ , ŽM ₀ , SD ₀ , SM ₀ , DL, DV, DR, ML, MV, OD

*PASTABA Gruntų grupių paskirstymą gruntų jautrio šalčiui klasėms iliustruoja grafikas, iš kurio matyti, kad gruntų grupės, surašytos žemiau laužtinės, priskiriamos F1 klasei, t. y., kai grunto smulkiųjų dalelių ($d \leq 0,063$ mm) masė:

- 1) neviršija 5 %, o rūšiutumo koeficientas $C_u > 15$,
- 2) neviršija 15 %, o rūšiutumo koeficientas $C_u \leq 6,0$,
- 3) viršija 5 %, bet neviršija 15 %, o rūšiutumo koeficientas $6 < C_u < 15$, šiuo atveju žvaigždute pažymėtų gruntų grupių priskyrimą F1 klasei rekomenduojama patikrinti grafiniu būdu.



čia:

d_{60} ir d_{10} – skersmuo dalelių, kurių grunte (atitinkamai) mažiau negu 60 % ir 10 % (grunto masės vienetais).

Automobilių kelių mineralinių medžiagų mišinių, naudojamų sluoksniams be rišiklių, techninių reikalavimų apraše TRA SBR 07 (11) išdėstyti reikalavimai nesurištiesiems mišiniams ir gruntams, naudojamiems tiesiamų kelių ir gatvių bei kitų eismo zonų dangos konstrukcijos sluoksniams be rišiklių.

Apsauginiams šalčiui atspariems sluoksniams ir šalčiui nejautrių medžiagų sluoksniams gali būti naudojami:

- nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai – 0/2, 0/4, 0/8, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32, 0/45, 0/56, 0/63;
- gruntai pagal LST 1331 – ŽB, ŽG, ŽP, SB, SG, SP.

Pagal LST EN 933-1 (12) nustatytų mineralinių dulkių $< 0,063$ mm didžiausias kiekis nesurištuosiuose mineralinių medžiagų mišiniuose ir gruntuose negali viršyti 5 %, o įrengtame sluoksnyje negali viršyti 7% mišinio masės.

Nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių ir gruntų pralaidumas vandeniui, nustatytas pagal standartą LST CEN ISO/TS 17892-11 (13), turi atitikti šiuos reikalavimus:

- AM ir I kategorijos keliams pralaidumo vandeniui koeficientas – $k \geq 2,0 \times 10^{-5}$ m/s;
- II–IV kategorijos keliams pralaidumo vandeniui koeficientas – $k \geq 1,5 \times 10^{-5}$ m/s;
- V kategorijos keliams pralaidumo vandeniui koeficientas – $k \geq 1,0 \times 10^{-5}$ m/s (17).

Pagal TRA SBR 07 (11) nesurištiesiems mineralinių medžiagų mišiniams galioja šie bendrieji reikalavimai:

- žvyro ir skaldos pagrindo sluoksniams gali būti naudojami 0/32, 0/45, 0/56 nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai.
- pagal LST EN 933-1 [12] nustatytų mineralinių dulkių $< 0,063$ mm didžiausias kiekis nesurištuosiuose mineralinių medžiagų mišiniuose ir gruntuose negali viršyti 5 %, įrengtame sluoksnyje negali viršyti 7 % mišinio masės.
- nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių granulimetrinė sudėtis turi atitikti GB kategorijos reikalavimus. Bendrosios normuojamos granulimetrinės sudėties ribos yra platesnės, nei tiekėjo deklaruojamos granulimetrinės sudėties ribos.

1.2. Dangos stiprumo vertinimas

Iš pastaruoju metu pasaulinėje praktikoje taikomų metodų kelio dangos stiprumui įvertinti pats veiksmingiausias būdas paremtas įlinkių matavimu. Įvairių šalių mokslo tiriamuosiuose darbuose išaiškintos priklausomybės tarp apkrovos, kelio dangos tampriojo įlinkio ir dangos sluoksnių storių tamprumo modulių. Šios priklausomybės, nustatytos naudojant vienodo didumo apkrovą, gali būti naudojamos įvertinant kelio konstrukcijos stiprumą (14).

Automobilių kelių, gatvių, aerodromų, įvairios paskirties aikštelių, pėsčiųjų takų konstrukcijos stiprumas Lietuvoje reglamentuojamas statiniu deformacijos modulių, kuris nustatomas naudojant statinę siją (štampą). Deformacijos modulis nustatomas atlikus bandymą pagal standartą LST 1360.5:1995 „Automobilių kelių grunta. Bandymo metodai. Bandymas štampu“.

Matuojant statine sija (štampu), dangos konstrukcijos sluoksniui spaudimo plokšte laipsniškai apkraunamas ir nukraunamas, paskui bandymas vėl kartojamas. Šį bandymą galima taikyti stambiagrūdžiams, įvairiagrūdžiams, kietiems smulkiagrūdžiams gruntams.

Deformacijos modulį taip pat galima nustatyti atliekant bandymus dinaminiais prietaisais. Bandymas dinaminiais prietaisais skiriasi nuo matavimo statine sija (štampu). Dinaminiam deformacijos moduliui nustatyti naudojamas prietaisas su krintančiu cilindru ir 300 mm skersmens apkrovos plokšte. Apkrova sudaroma krintančio masyvaus cilindro slėgiu. Apkrovos trukmė siekia apie 18 ms. Tai sukelia grunto deformaciją. Šiuo bandymo metodu galima nustatyti dinaminį deformacijos modulį E_{vd} .

Lietuvoje, įrengiant dangos konstrukcijas valstybinės reikšmės keliuose, gatvėse, vietinės reikšmės keliuose, kitose eismo zonose, deformacijos moduliui, ant šalčiui nejautrios žemės sankasos, priklausomai nuo dangos konstrukcijos klasės, taikomas deformacijos modulio reikalavimas $E_{V2} = (80 - 120) \text{ MN/m}^2$ arba $E_{vd} = (40 - 65) \text{ MN/m}^2$

Ant šalčiui jautrios žemės sankasos viršaus taikomas deformacijos modulio reikalavimas: $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ [9].

Statinis deformacijos modulis E_{V2} matuojamas atliekant bandymą pagal standartą LST 1360.5, o dinaminis deformacijos modulis E_{vd} matuojamas atliekant dinaminį bandymą pagal Automobilių kelių sankasos ir pagrindo sutankinimo bandymo dinaminiais prietaisais instrukciją (2).

Kai įrengtos žemės sankasos viršaus deformacijos modulio E_{V2} vertė turi būti ne mažesnė kaip 45 MPa, tada apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulio E_{V2} vertė turi būti ne mažesnė kaip 120 MPa.

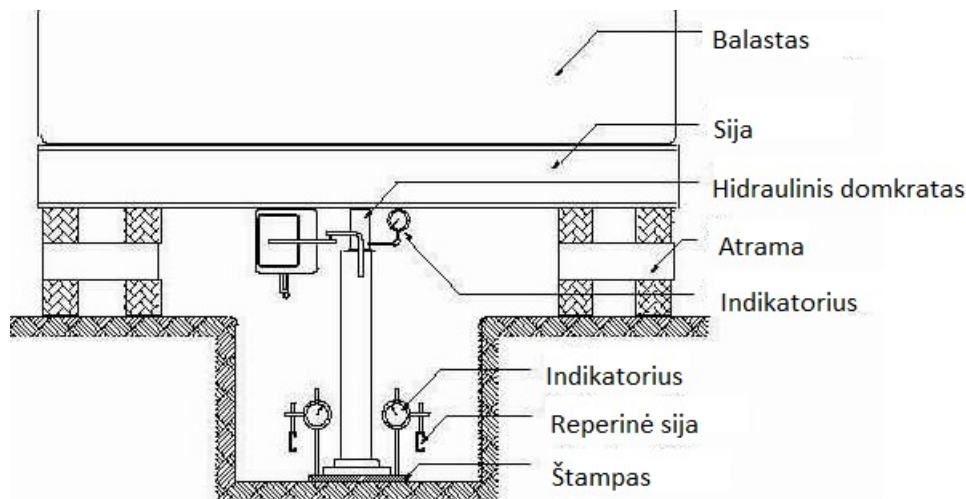
Tačiau techninėse specifikacijose galima numatyti apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio mažiausią deformacijos modulio vertę $E_{V2} = 100 \text{ MPa}$, jeigu po to virš šio sluoksnio tankinant įrengtą dangos konstrukcijos žvyro arba skaldos pagrindo sluoksnį, bus pasiekama žvyro arba skaldos pagrindo sluoksnio reikalaujama deformacijos modulio E_{V2} vertė.

V, VI klasės dangų konstrukcijose apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulio E_{V2} vertė turi būti ne mažesnė kaip 100 MPa arba 80 MPa (7).

Žvyro ar skaldos pagrindo sluoksniui, priklausomai nuo sluoksnio storio ir dangos konstrukcijos klasės, taikomas reikalavimas $E_{V2} = (120 - 150) \text{ MN/m}^2$.

Pėsčiųjų ir dviračių takuose, su asfalto, trinkelėlių arba plytelių dangomis, žvyro ar skaldos pagrindo sluoksniui deformacijos modulio E_{V2} vertė turi būti ne mažesnė kaip 80 MPa (7).

Gruntų deformacinės savybės (deformacijų modulis) nustatomas įvairiais lauko metodais. Vienas iš labiausiai paplitusių grunto deformacinių savybių (deformacijų modulio) nustatymo metodų – bandomųjų apkrovų metodas arba bandymas statine plokšte (štampinis bandymas). Bandymo statine plokšte schema parodyta 2 paveiksle (15).



2 pav. Bandymo statine plokšte schema

Metodo esmė – apvali ar kvadratinė plokštė (štampas) palaipsniui apkraunama vis didesnėmis apkrovomis ir matuojamas nuosėdis nuo kiekvieno apkrovos laipsnio. Pagal bandymų duomenis nubraižomas grafikas (15).

Bandomųjų apkrovų statine plokšte metodo modifikacijos parinkimas priklauso ir nuo tiriamos aikštelės inžinerinių geologinių sąlygų, ir nuo būsimo statinio apkrovų, ir nuo numatomo pamatų tipo bei jų įgilinimo. Paprastai gruntų įtempimų epiūros zona po plokšte (arba gruntų reakcijos į apkrovą gylis) plokštės skersmens dydį viršija ne daugiau kaip 1–1,5 karto. Pagal pasaulinėje praktikoje naudojamų plokščių dydžius, maksimalus grunto reakcijos į apkrovą gylis nuo plokštės yra iki 2,5 m. O, įtempimų epiūra, susidaranti po statinio pamatu, siekia kur kas didesnius gylius. Taigi, atlikdami statinės plokštės bandymus šurfuose ar kasiniuose, galime iširti tik viršutinę statybinės aikštelės gruntų dalį. Todėl, norint iširti gruntų deformacinės savybes giliau, reikia atlikti bandymus statine plokšte grėžiniuose ar bandymus įsukama statine plokšte (15).

Bandymai statine plokšte yra vieninteliai natūriniai bandymai, kurie leidžia gauti tiesioginius ir patikimus gruntų spūdumo rodiklius, naudojamus projektuojant juostinius ar plokščius pamatus. Laboratoriniai gruntų deformacinių savybių tyrimai, kurie atliekami su nedidelio dydžio bandiniais, paimtais iš kasinių ar grėžinių, ne visada duoda geriausių ir patikimiausių rezultatus. O kai kuriais atvejais bandinių iš viso neįmanoma paimti (vandeningi smėliniai ar silpni, plastiški moliniai, organogeniniai gruntai) (15).

Šiandien bandymų statine plokšte metodiką nustato daugelio šalių standartai (JAV – ASTM D1194–72, Didžiosios Britanijos – BS 1377:1990 (Part 9), Rusijos – ГОСТ 20276–99, Europos – EN ISO 22476–13 ir kt.). (15)

Pagrindo sluoksnių iš nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių ir plonų asfalto sluoksnių kokybės užtikrinimui ir stiprumo tyrimams gali būti naudojamas lengvas dinaminis prietaisas (angl. Light Weight Deflectometer). Atliekant matavimus dinaminio prietaisu, apkrova sukeliama krintančio cilindro smūgiu per labai trumpą laiko tarpą į tam tikrą plotą. Dinaminė apkrova sukelia dangos konstrukcijos įlinkius. Gali būti parenkami skirtingų svorių krintantys cilindrai, nuo standartinio 10 kg iki 15 ar 20 kg. Apkrovos plokštės diametras taip pat gali būti parenkamas skirtingo diametro nuo 300 iki 150 mm. Bandymus lengvais dinaminiais prietaisais nustato standartai JAV - ASTM 2583, Didžiosios Britanijos IAN73 standartas taip pat Danijos bei Italijos standartai, skirti modulio ir medžiagos sutankinimui nustatyti.

Pasaulyje plačiai naudojami statinis ir dinaminis neardomieji dangų konstrukcijų deformacijos modulio nustatymo metodai. Neseniai buvo atlikti palyginamieji lengvo dinaminio prietaiso LWD ir Benkelmano sijos bandymai žemo intensyvumo kelyje Indijoje. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad statinis ir dinaminis deformacijos moduliai gerai koreliuoja tarpusavyje (16).

1.3. Gruntų sutankinimo vertinimas

Mechaninės gruntų savybės – kerpamasis stipris ir spūdumas, o kartu ir pagrindo stipris – labai priklauso nuo gruntų tankumo. Purūs, silpni gruntai labai suspaudžiami, pagrindo iš tokių gruntų stiprumas menkas, ant jų pastatyti pastatai nusėda daug ir nevienodai (17).

Purių, silpnų gruntų mechanines savybes pagerinti ir pagrindo iš tokių gruntų stiprumą padidinti galima juos sutankinant. Tyrimai ir statybos patirtis rodo, kad sutankinus gruntą, pagrindo stiprumas padidėja 2 - 3 kartus, jam galima perduoti didelius slėgius (17).

Gruntai, kurie sutankinami, taikant dinامينius poveikius, vadinami tankliais. Tanklūs gruntai yra natūraliai slūgsantys, piltiniai purūs ir vidutinio tankumo, nepaisant jų drėgnio smėliai, išskyrus vandens prisotintus dulkinguosius smėlius. Tanklūs yra ir piltiniai moliniai gruntai, kurių natūralusis drėgnis w mažesnis už plastiškumo drėgnį w_p . (17)

Gruntai, kurie nesutankėja, taikant dinامينius poveikius, vadinami netankliais. Netanklūs gruntai yra natūraliai slūgsantys ir piltiniai moliniai gruntai, kurių gamtinis drėgnis w didesnis už plastiškumo drėgnį w_p , vandens prisotinti dulkingieji smėliai, durpės ir gruntai su organinės medžiagos priemaiša, taip pat dumblas. Dinamiškai jų sutankinti negalima, jie tankinami tik ilgalaikė statine apkrova arba iškasami ir išvežami, vietoje jų pripilamas ir sutankinamas tanklus gruntas (17).

Gruntai tankinami dviem būdais – dinamiškai ir ilgalaike statine apkrova. Dažniausiai gruntai tankinami dinamiškai, nes toks tankinimas efektyvesnis ir spartesnis. Ilgalaike statine apkrova tankinami vandens prisotinti lėtai tankėjantys gruntai – durpės, dumblas, gruntai su organinės medžiagos priemaiša, moliai (17).

Dinamiškai tankinti galima įvairios sudėties gruntuos – smėlius ir molius, kurių natūralusis drėgnis mažesnis už plastiškumo drėgnį. Gruntų su organinės medžiagos priemaiša ir durpių dinamiškai tankinti negalima. Vandeningi sankabieji gruntai nuo dinaminio poveikio praskysta (17).

Dinaminio tankinimo efektyvumas priklauso ir nuo grunto soties laipsnio S_r (porų tūrio užpildymo vandenių laipsnio), nes gruntas tankėja mažėjant jo porų tūriui. Gerai tankėja gruntai, kurių soties laipsnis ne didesnis nei 0,7 (tai yra kurių bent 30 % porų tūrio neužpildyta vandenių) (17).

Išankstinę statinę apkrovą galima suteikti ir pažeminant gruntinio vandens lygį. Šiuo atveju mažėja porų tūris, didėja tankis ir stiprumo rodikliai. Taip tankinami smėliai ir kai kurie priesmėliai, kurių porose vanduo yra laisvas. Pažeminus gruntinio vandens lygį, panaikinamas grunto daleles veikiantis vandens atsveriantis poveikis, jų masė padidėja.

Gruntai geriausiai tankėja, kai jų drėgnis optimalus. Jis nustatomas kiekvienam gruntui laboratoriniais tyrimais Proktoro bandymu (17).

Proktoro tankis ρ_{Pr} surandamas atlikus bandymą pagal standartą LST EN 13286-2 „Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 2 dalis. Bandymo metodai laboratoriniam atskaitos tankiui ir vandens kiekiui nustatyti. Proktoro tankinimas“ (4). Standarto taikymo sritis - šiame Europos standarte nurodomi bandymo metodai, taikomi nesurištųjų arba hidrauliškai surištų mišinių, sutankintų nurodytomis bandymo sąlygomis atliekant Proktoro tankinimą, vandens kiekio ir sausojo tankio santykiui nustatyti. Tai leidžia įvertinti mišinio tankį, kuris gali būti pasiektas statybvietėje, ir nurodo atskaitos parametą sutankinto mišinio sluoksnio tankiui gauti. Šis Europos standartas taikomas nesurištiesiems ir hidrauliškai surištiesiems užpildų mišiniams, naudojamiems kelių tiesimo ir civilinės inžinerijos darbams. Bandymo rezultatai taip pat leidžia daryti išvadą dėl vandens kiekio, kuriam esant mišiniai gali būti tinkamai sutankinti, ir pasiektų reikiamą sausąjį tankį.

Dinaminiam tankinimui mechanizmai ir tankinimo technologija parenkami atsižvelgiant į tankinamą gruntą ir reikalingą sutankinimo gylį. Kai norima sutankinti storesnį grunto sluoksnį, tankinama pasluoksniui. Gruntui dinamiškai tankinti yra įvairių mechanizmų. Tankinama plūktuvais ir vibraciniais volais. Mažus plotus, tranšėjas, sunkiai prieinamas vietas - vibracinėmis plokštėmis. Dinaminis tankinimas žymiai padidina tankinimo poveikį. Gali būti taikomi keli vibracijos būdai. Būgnai vibruoja horizontaliai (vyksta osciliacija) arba vertikalčiai (vibracija). Vibracijos dažnis, volo pravažiavimų skaičius turi būti parenkamas atsižvelgiant į tankinamo sluoksnio storį, medžiagą ir jos drėgmę. Plastiškiems, takiai plastiškiems bei takiems priemoliams ir moliams, taip pat dulkingiems

priesmėliams ir dulkingiems smėliams, taikomas statinis volavimo būdas nes nuo vibracijos gruntas gali praskysti (17).

Buvo atlikti tyrimai, kurių metu nustatyta, kad sutankinimo kokybė labai priklauso nuo tankinamo ploto ir gylio. Didėjant tankinimo plotui mažėja tankinimo energija, todėl mažėja sluoksnio tankis, o didėjant sluoksnio storiui viršutinė sluoksnio dalis lyginant su apatine sutankėja geriau. Taip pat priklausomai nuo parinktų laboratorinių tankinimo metodų gali skirtis sutankinimo rodiklis gautas objekte (18).

Labai svarbu žinoti ir kontroliuoti sluoksnio tankį tankinimo metu ir pabaigus tankinimo darbus. Lietuvoje gruntų, skirtų automobilių keliams, gatvių žemės sankasoms, aerodromams, įvairios paskirties aikštelėms, pėsčiųjų takams ir kitiems transporto įrenginiams, tankis vietovėje nustatomas pagal standartą LST 1360.6 (3). Šis standartas taikomas visiems gruntams, iš kurių laboratorijoje galima paruošti geometriškai taisyklingos formos bandinius, nekeičiant jų tankio. Standartas taikomas ir grunto tankui nustatyti vietovėje. Standartas taikomas visų rūšių gruntams, kuriuose galima iškasti neužslenkančias duobes bandiniams imti. Minkštiesiems rišliams gruntams ir puriai supiltiems nerišliams gruntams šis metodas netikslus.

Remiantis šiuo standartu bandinio grunto tankio nustatymą vietovėje galima atlikti šiais bandymo metodais: žiedo metodu, pakeitimo smėliu metodu, baliono metodu, pakeitimo skysčiu metodu, pakeitimo gipsu metodu, šurfo metodu.

Atlikus bandymus pateikiami šie rodikliai: grunto tankis ρ ; sauso grunto tankis ρ_d ; grunto drėgnis W ; grunto dalelių tankis ρ_s ; tūrio nustatymo standarto žymuo; didžiausių dalelių skersmuo d ir bandinio tūris, kai $d > 6$ mm.

Panašūs bandymai atliekami ne tik Lietuvoje, bet ir kitose užsienio šalyse. Standartai ir atliekami bandymai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Grunto tankio nustatymo standartai užsienio šalyse

Bandymo metodas	Šalis	Standarto žymuo
Baliono metodas	Vokietija	DIN 18125-2
	JAV	ASTM D 2167
Pakeitimo smėliu metodas	Vokietija	DIN 18125-2
	JAV	ASTM D 1556
	Didžiosioji Britanija	BS 1377
Tankio nustatymas žiedo metodu	JAV	ASTM D 7263 - 09
	Didžiosioji Britanija	BS 1377:9

Nustačius statybos aikštelėje sausąjį tankį ρ_d ir šio grunto Proktoro tankį ρ_{Pr} galima apskaičiuoti sutankinimo koeficientą D_{Pr} .

Kelių ir takų žemės sankasų natūralūs ir supilti gruntai turi būti taip sutankinti, kad būtų įvykdyti šie reikalavimai:

- Viršutinė dalis iki 1,0 m gylio pylimuose ir 0,5 m gylio iškasose, kai naudojamos ŽG, ŽP, ŽB, SB, SG, SP, ŽD, ŽM, SD, SM gruntų grupės, sutankinimo rodiklis $D_{Pr} \geq 100\%$.
- Apatinė pylimo dalis nuo 1,0 m gylio iki pylimo pado, kai naudojamos ŽG, ŽP, ŽB, SB, SG, SP, ŽD, ŽM, SD, SM gruntų grupės, sutankinimo rodiklis $D_{Pr} \geq 98\%$.
- Viršutinė dalis iki pylimo pado pylimuose ir 0,5 m gylio iškasose, kai naudojamos ŽD_o, ŽM_o, SD_o, SM_o, D, M, OK gruntų grupės, sutankinimo rodiklis $D_{Pr} \geq 97\%$.
- Vandens pralaidų, užpilant pamatų duobes ir vamzdynų tranšėjas sutankinimo rodiklis $D_{Pr} \geq 97\%$ [12].
- Pastatų ir statinių pamatų pagrindai, pagrindai sunkiai technologinei įrangai ir grindims su tolygiai išskirstyta apkrova, didesne nei 0,15 MPa, rekomenduojamos sutankinimo rodiklio D_{Pr} reikšmės 0,98 – 0,95.
- Pastatų ir statinių pamatų pagrindai, pagrindai vidutinio svorio technologinei įrangai ir grindims su tolygiai išskirstyta 0,05–0,15 MPa apkrova, taip pat pagrindams po vidinių konstrukcijų pamatais, rekomenduojamos sutankinimo rodiklio D_{Pr} reikšmės 0,95–0,92.
- Pastatų ir statinių pamatų pagrindai, pagrindai lengvai technologinei įrangai ir grindims su tolygiai išskirstyta apkrova, mažesne kaip 0,05 MPa, rekomenduojamos sutankinimo rodiklio D_{Pr} reikšmės 0,92–0,90 (17).

Ant esamo apatinio sluoksnio naujai rengti kitą sluoksnį galima tik tada, kai esamas apatinis sluoksnis tenkina reikalaujamas sąlygas, t. y. pastovumo, laikomosios galios, profilio atitikties, lygumo.

Apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis arba šalčiui nejautrus sluoksnis turi būti taip įrengiami ir sutankinami, kad jų laikomosios ir deformacinės savybės būtų kaip galima labiau vienodos. Be to, nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai arba gruntai turi būti taip išpilami ir paskleidžiami, kad neišsiskirstytų frakcijomis (neįvyktų kenksminga segregacija). Tinkamumo bandymais turi būti nustatytas toks nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių arba gruntų drėgnis, kad įrengiant sluoksnį būtų galima pasiekti reikalaujamą sutankinimo rodiklį D_{Pr} .

AŠAS arba ŠNS turi būti taip sutankinami, kad būtų pasiektas sutankinimo rodiklis D_{Pr} , ne mažesnis už nurodytą 3 lentelėje;

Kai AŠAS sutankinimo rodiklis D_{Pr} įvertinamas netiesiogiai, pakeičiant į spaudimą štampu, tai esant numatytai sutankinimo rodiklio $D_{Pr} \geq 103\%$ vertei SV ir I-V klasių dangų konstrukcijoms deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} vertė neturi būti didesnė kaip 2,2. Esant reikalaujamai sutankinimo rodiklio $D_{Pr} < 103\%$ vertei, santykio E_{V2}/E_{V1} vertė neturi būti didesnė kaip 2,5.

3 lentelė. Mažiausi nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių ir gruntų, naudojamų apsauginiams šalčiui atspariems arba šalčiui nejautrių medžiagų sluoksniams, sutankinimo rodiklio D_{Pr} reikalavimai (IT SBR 07)

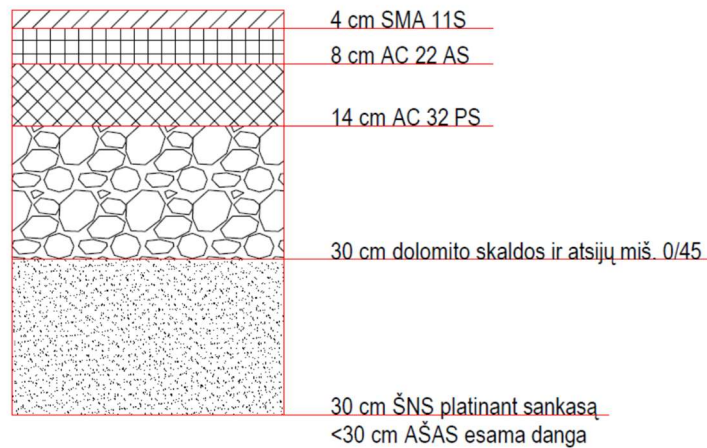
Sluoksnio pavadinimas	Nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai ir gruntai pagal TRA SBR 07	D_{Pr} procentais	
		Dangų konstrukcijų klasės	
		SV ir I-V	VI
1. AŠAS viršutinė dalis iki 0,20 m storio	0/2 ²⁾ , 0/4 ²⁾ ir nuo 0/8 iki 0/63 nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai bei ŽG, ŽP, SG, SP gruntai	103	100
2. AŠAS, storesnio kaip 0,20 m, apatinė dalis ir ŠNS	0/2, 0/4 ir nuo 0/8 iki 0/63 nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai bei ŽG, ŽP, ŽB, SG, SP, SB gruntai	100	

Apžvelgus deformacijos ir sutankinimo rodiklių nustatymo būdus ir reikalavimus pagrindo sluoksniams, bei žemės sankasai, galima daryti išvadą, kad plačiausiai naudojama statinė sija (štampos), nes jos pagalba galima nustatyti deformacijos modulį. Taip pat netiesiogiai galima įvertinti sutankinimo rodiklį D_{Pr} , iš deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} . Tiksliausias sutankinimo rodiklio D_{Pr} nustatymo metodas yra tankio nustatymas žiedu. Greičiausiai nustatyti deformacijos modulį, galima atliekant bandymą su dinaminiu prietaisu (bandymo trukmė apie 3 min.).

2. TYRIMŲ METODIKOS

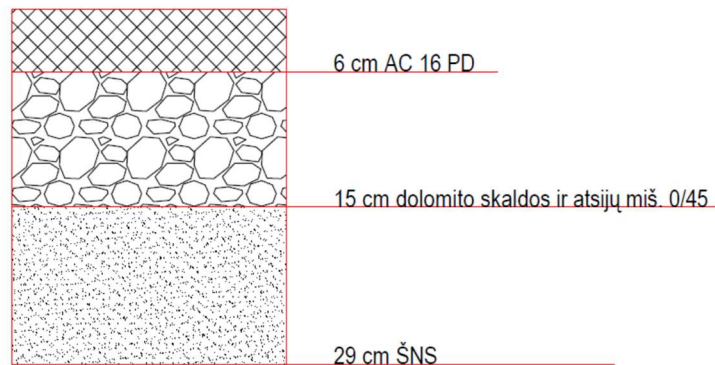
2.1. Tyrimo objektas

Tyrimui buvo parinkti keturi objektai su skirtingomis dangų konstrukcijomis. Visi tirti sluoksniai jau buvo tinkamai suprofiluoti, sutankinti ir atitiko nustatytus geometrijos reikalavimus. Tiriant skaldos pagrindo sluoksnius buvo nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} ir statinis deformacijos modulis E_{V2} . Skaldos pagrindo sluoksnio tyrimai buvo atlikti valstybinės reikšmės magistraliniame ir vietinės reikšmės keliuose. Valstybinės reikšmės magistralinis kelias buvo rengiamas pagal IIa kategorijos reikalavimus. Kelio konstrukcija ant esamos dangos ir platinant sankasą – I dangos konstrukcijos klasės. Projektinė kelio dangos konstrukcija pavaizduota 3 paveiksle. Bandomo ruožo ilgis 1 kilometras, plotis 8,5 metro.



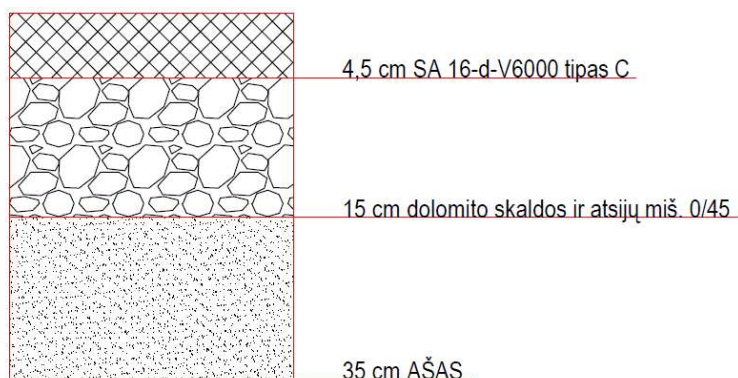
3 pav. Valstybinės reikšmės magistralinio kelio projektinė konstrukcija

Vietinės reikšmės kelias buvo rengiamas pagal IIv kategorijos reikalavimus. Kelio konstrukcija VI dangos konstrukcijos klasės. Projektinė kelio dangos konstrukcija pavaizduota 4 paveiksle. Bandymai buvo atlikti vieno kilometro ilgio bandomajame ruože, kurio plotis 5,5 metro



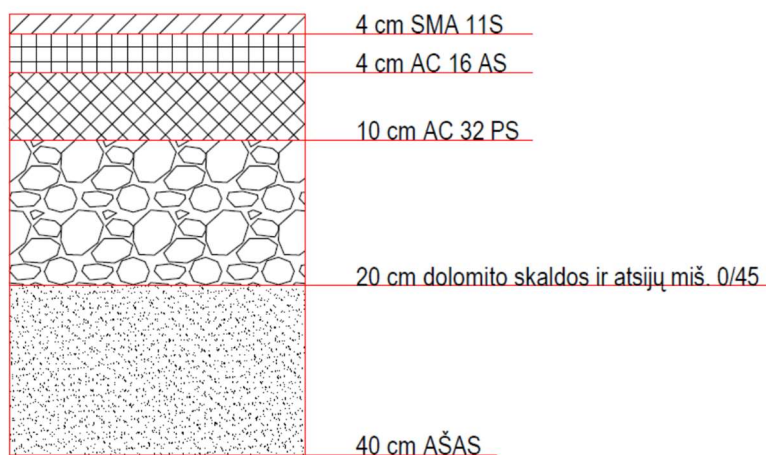
4 pav. Vietinės reikšmės kelio projektinė konstrukcija

Šalčiui atsparaus sluoksnio tyrimai buvo atlikti valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje. Tiriant šį sluoksnį buvo nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} , statinis deformacijos modulis E_{V2} ir sutankinimo koeficientas D_{Pr} . Projektinė kelio dangos konstrukcija pavaizduota 5 paveiksle. Bandymai buvo atlikti vieno kilometro ilgio ruože, plotis 4,0 metrai.



5 pav. Valstybinės reikšmės rajoninio kelio projektinė konstrukcija

Žemės sankasos tyrimai buvo atlikti valstybinės reikšmės krašto kelyje, kuris buvo rengiamas pagal III kategorijos reikalavimus. Kelio konstrukcija – III dangos konstrukcijos klasės. Tiriant šį sluoksnį buvo nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} , statinis deformacijos modulis E_{V2} ir sutankinimo koeficientas D_{Pr} . Projektinė kelio dangos konstrukcija pavaizduota 6 paveiksle. Bandymai buvo atlikti vieno kilometro ilgio ruože, iškastame lovyje kurio plotis apie 3,8 metro.



6 pav. Valstybinės reikšmės krašto kelio projektinė konstrukcija

2.2. Tyrimų metodai

2.2.1. Bandymas štampu

Kiekvieno pagrindo sluoksnio (apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio, skaldos pagrindo sluoksnio) deformacijos modulis E_{V2} ir žemės sankasos grunto deformacijos modulis E_{V2} nustatomas naudojant statinę sija (štampą). Deformacijos modulis nustatomas atlikus bandymą pagal standartą LST 1360.5:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Bandymas štampu“ (1). Standarto taikymo sritis - standartas taikomas automobilių kelių, gatvių, aerodromų, įvairios paskirties aikštelių, pėsčiųjų takų konstrukcijos stiprumui nustatyti.

Spaudimo štampu bandymui atlikti reikalinga: apkrovos atsvara (pakrautas sunkvežimis, volas arba greideris), spaudimo įrenginys, laikrodis indikatorius (matuojantis 0,01 mm tikslumu), sija. Matavimams atlikti buvo naudojama „Infratest“ firmos sija, 7 paveikslas.



7 pav. Skaldos pagrindo sluoksnio matavimai naudojant statinę sija (štampą)

Atliekant skaldos pagrindo sluoksnio matavimus, paviršius turi būti lygus, švarus. Nelygumams išlyginti naudojamas sausas, smulkus smėlis. Matuojant apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį ar žemės sankasą, viršutinė sudžiūvusi ar suardyta dalis pašalinama, tiriamojo grunto tankis turi būti nepakitęs.

Matuojant statine sija (štampu), dangos konstrukcijos sluoksnis spaudimo plokšte laipsniškai apkraunamas ir nukraunamas, paskui bandymas vėl kartojamas. Apkraunant ir nukraunant gruntą, kita apkrova uždedama tik po 120 s. Tiriant kelio konstrukcijos medžiagą, apkrovos tarpas gali būti sumažintas iki 60 s. Šį bandymą galima taikyti stambiagrūdžiams, įvairiagrūdžiams, kietiems smulkiagrūdžiams gruntams.

Grunto deformacijos modulis E_v yra grunto gebėjimo deformuotis parametrinis dydis. Jo reikšmės, turint pirmojo ir pakartotinio apkrovimo nusėdimo kreivę, apskaičiuojamos pagal kirstinės nuolydį tarp taškų $0,3 \cdot \sigma_{lmax}$ ir $0,7 \cdot \sigma_{lmax}$ pagal lygtį (1):

$$E_v = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta s}, (1)$$

čia: E_v – deformacijos modulis, MPa, r – apkrovos štampos spindulys, mm; $\Delta\sigma$ – įtempių pokytis po štampu, MPa, Δs – grunto deformacijos pokytis štampos centre, mm.

Didžiausia apkrova, kurią numatoma taikyti, arba didžiausia grunto deformacija, kurią reikia pasiekti atliekant bandymą, priklauso nuo bandymo tikslo, nuo grunto savybių ir spaudimo plokštės skersmens. Tiesiant kelius, deformacijos modulis E_v nustatomas naudojant 300 mm skersmens spaudimo plokštę. Apkrova didinama tol, kol pasiekiamas 5 mm nuosėdis arba grunto įtempiai po spaudimo plokšte yra apie 0,5 MPa. Spaudimo plokštė nukraunama didžiausią apkrovą mažinant 50 proc., 25 proc. ir visiškai nukrovus. Visiškai nukrovus spaudimo plokštę, atliekamas antrasis apkrovimo ciklas iki priešpaskutinės pirmojo ciklo apkrovos. Apskaičiuojant deformacijos modulį, vadovaujamesi grunto deformacijos kreive, kuri apibūdinama šiuo antrojo laipsnio daugianariu (2):

$$s = a_0 + a_1 \cdot \sigma_0 + a_2 \cdot \sigma_0^2, (2)$$

čia: σ_0 – grunto įtempiai po plokšte, MPa, s – deformacija plokštės centre, mm, a_0 , a_1 , a_2 – antrojo laipsnio daugianario konstantos.

Pirmojo apkrovimo ciklo deformacijos kreivės konstantai nustatyti į $s = 0$ tašką neatsižvelgiama, t.y. $a_0 = 0$.

Deformacijos modulis apskaičiuojamas pagal deformacijos kreivę iš jos $0,3 \cdot \sigma_{lmax}$ ir $0,7 \cdot \sigma_{lmax}$ ruožo kirstinės (3):

$$E_v = 1,5 \cdot r \cdot \frac{1}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{lmax}}, (3)$$

čia: r – apkrovos štampos spindulys, mm, σ_{lmax} – pirmojo apkrovimo ciklo didžiausi įtempiai, MPa.

Pirmojo apkrovimo ciklo deformacijos moduliui taikomas 1-as indeksas, antrojo apkrovimo ciklo – 2-as indeksas (1).

2.2.2. Dinaminis deformacijos modulis

Bandymas dinaminiais prietaisais taip pat atliekamas tikrinant žemės sankasos ir pagrindo sluoksnių stiprumą. Bandymas dinaminiais prietaisais skiriasi nuo matavimo statine sija (štapu) tuo, kad apkrova sudaroma krintančio masyvaus cilindro slėgiu. Matuojant dinaminiais prietaisais nereikia apkrovos atsvaros (pakrauto sunkvežimio, volo, greiderio). Matavimus galima atlikti sunkiai prieinamose vietose (tranšėjose, šalia šulinių, iškartose), vieną matavimą galima atlikti per tirs minutes.

Dinaminiam deformacijos moduliui nustatyti naudojamas prietaisas su krintančiu cilindru ir 300 mm skersmens apkrovos plokšte. Matavimams atlikti buvo naudojamas „ZORN“ firmos dinaminio deformacijos modulio nustatymo prietaisas ZFG 02, 8 paveikslas. Dinaminis deformacijos modulis E_{vd} matuojamas atliekant dinaminį bandymą pagal dokumentą „Automobilių kelių sankasos ir pagrindo sutankinimo bandymo dinaminiais prietaisais instrukcija“ (2).



8 pav. Skaldos pagrindo sluoksnio matavimai naudojant dinaminį prietaisą

Lauko sąlygomis gali būti bandomi stambiagrūdžiai, mišrūs ir smulkiagrūdžiai gruntai.

Kaip ir atliekant matavimus statine sija (štapu), paviršius turi būti lygus, švarus, viršutinė sudžiūvusi ar suardyta dalis pašalinama, tiriamojo grunto tankis turi būti nepakitęs. Jei reikia paviršius išlyginamas sausu smėliu.

Matavimas atliekamas apkrovos plokštę padėjus ant paruošto pagrindo, o plokštės centre pastatomas apkrovos įtaisas. Kreipiamasis vamzdis laikomas vertikaliai. Trimis krintančio svorio smūgiais paruošiama matavimo vieta, kad plokštė geriau priglustų prie grunto. Svoris paleidžiamas laisvai kristi iš nustatyto aukščio ir, po kiekvieno smūgio jam atšokus nuo amortizatoriaus, sugaunamas. Įjungus deformacijos matavimo prietaisą atliekami trys smūgiai ir išmatuojamos atitinkamos deformacijos (2).

Apkrova sudaroma krintančio masyvaus cilindro slėgiu (krintančio cilindro svoris 10 kg). Apkrovos trukmė siekia apie 18 ms. Tai sukelia grunto deformaciją. Šiuo bandymo metodu galima nustatyti dinaminį deformacijos modulį E_{vd} iki 125 MPa. Išmatavus grunto po apkrovos plokšte deformaciją s , modulio reikšmė randama pagal formulę (4):

$$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\delta}{s}, (4)$$

čia: r – apkrovos plokštės spindulys, cm; δ – dinaminė apkrova, lygi 0,1 MPa; s – grunto po apkrovos plokšte deformacija, mm.

2.2.3. Grunto sutankinimo koeficientas D_{Pr}

Grunto tankinimo kokybę nusako sutankinimo koeficientas D_{Pr} , laboratoriniais bandymais nustatčius grunto statybos aikštelėje sausąjį tankį ρ_d ir šio grunto Proktoro tankį ρ_{Pr} . Sutankinimo koeficientas D_{Pr} apskaičiuojamas pagal (5) formulę ir pateikiamas 0,01 tikslumu:

$$D_{Pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}}, (5)$$

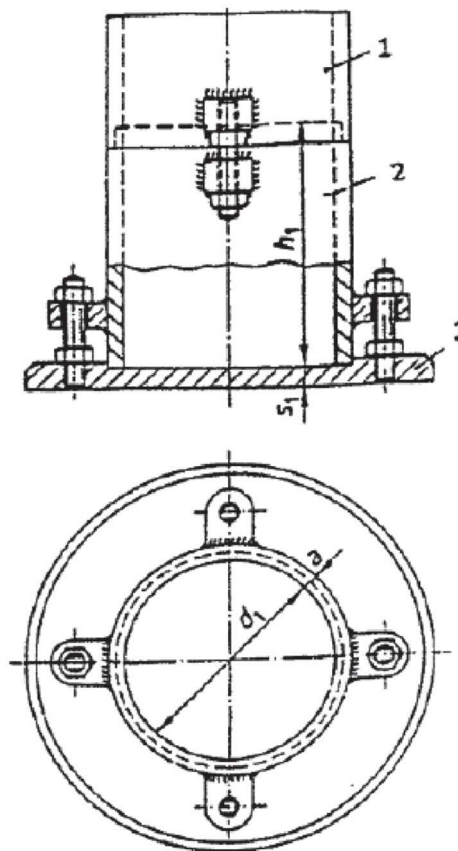
čia ρ_d – sausasis grunto tankis statybos aikštelėje, g/cm³; ρ_{Pr} – Proktoro tankis, g/cm³.

Proktoro tankis ρ_{Pr} nustatomas atlikus bandymą pagal standartą LST EN 13286-2 „Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 2 dalis. Bandymo metodai laboratoriniam atskaitos tankiui ir vandens kiekiui nustatyti. Proktoro tankinimas“ (4). Standarto taikymo sritis - šiame Europos standarte nurodomi bandymo metodai, taikomi nesurištųjų arba hidrauliškai surištųjų mišinių, sutankintų nurodytomis bandymo sąlygomis atliekant Proktoro tankinimą, vandens kiekio ir sausojo tankio santykiui nustatyti. Tai leidžia įvertinti mišinio tankį, kuris gali būti pasiektas statybvietėje, ir nurodo atskaitos parametrą sutankinto mišinio sluoksnio tankiui gauti. Šis Europos standartas taikomas

nesurištiems ir hidrauliškai surištiems užpildų mišiniam, naudojamiems kelių tiesimo ir civilinės inžinerijos darbams. Bandymo rezultatai taip pat leidžia daryti išvadą dėl vandens kiekio, kuriam esant mišiniai gali būti tinkamai sutankinti, kad pasiektų reikiamą sausąjį tankį.

Pagal šį standartą galima atlikti kelis panašius tankinimo bandymus, kurių kiekvieno procedūros skirtumai susiję su tiriamojo mišinio didžiausios dalelės dydžiu, reikiamu ėminio kiekiu ir formos dydžiu. Atliekant Proktoro bandymą naudojamas 2,5 kg plaktas. Atliekant modifikuotąjį Proktoro bandymą daug didesnis sutankinimo laipsnis pasiekiamas naudojant sunkesnius (4,5 kg arba 15 kg) plaktus arba daugiau smūgių tankinant plonesnį medžiagos sluoksnį. Tankinimo formos dydis pasirenkamas pagal D vertę. Jeigu mišinyje yra stambesniųjų dalelių, bandymai atliekami didesnėse formose.

Cilindrinės bandymo formos turi būti su ne mažesnio kaip 50 mm aukščio ilginamąja dalimi ir plienine nuimama pagrindo plokšte, kaip parodyta 9 paveiksle. Proktoro formos gali būti kelių dydžių. Proktoro formos (A) skersmuo 100 mm, didelės Proktoro formos (B) skersmuo 150 mm ir labai didelės Proktoro formos (C) skersmuo 250 mm. Formos (A) ir (B) aukštis 120 mm, o formos (C) aukštis 200 mm. Formos skersmuo turi būti mažiausiai keturis kartus didesnis už mišinio D vertę.



9 pav. Proktoro bandymo priemonės: 1 – uždedamas cilindras; 2 – bandymo cilindras; 3 – plieninė pagrindo plokštė (S. Prušinskienė)

Bandiniui sutankinti cilindre naudojamas tankintuvas, kuris turi plaktą, galintį laisvai kristi ant formoje esančios mišinio viršutinio sluoksnio dalies. Tankintuvai taip pat yra trijų dydžių (A), (B) ir (C) su atitinkamo svorio plaktais (2,5 kg, 4,5kg ir 15 kg). Plaktas turi būti su įrenginiu, nustatančiu kritimo aukštį iki mišinio, esančio formoje, viršutinio sluoksnio paviršiaus.

Taip pat bandymui reikalingos svarstyklės, metalinis medžiagos maišymo indas, mentelė, peilis, liniuotė ir įranga vandens kiekiui nustatyti, atitinkanti LST EN 1097-5 (20) standarto reikalavimus. Tinkamam bandinio sutankinimui reikalingas stabilus pagrindas.

Būtinai ūminio kiekis ir bandymo formos dydis turi būti parinkti pagal mišinio didžiausios dalelės matmenį.

Norint nustatyti reikiamą mažiausią mišinio masę, ūminio paruošimo metodą ir naudojamos formos tipą, naudojant sijojimo procedūras pagal LST EN 933-1 (12), nustatomas apytikslis mišinio dalelių, prabyrančių per 16 mm, 31,5 mm arba 63 mm bandymo sietus, masės procentinis kiekis ūminyje.

Jei mišinys visiškai prabyra per 16 mm sietą, tai pradinis ūminys padalijamas į penkis ar daugiau reprezentatyviųjų ūminių, kurių kiekvienas, skirtas (A) formai, sveria apie 2,5 kg, o (B) formai - apie 6 kg.

Jei mišinys nevisiškai prabyra per 16 mm bandymo sietą, tačiau visiškai per 31,5 mm sietą, pradinis ūminys padalijamas į penkis ar daugiau apie 6 kg ūminių.

Siekiant, kad kiekvienas ūminys turėtų reikiamą vandens kiekį, jis kruopščiai sumaišomas su skirtingu vandens kiekiu. Vandens kiekis turi kisti taip, kad optimalus vandens kiekis, kuriam esant pasiekiamas didžiausias sausasis tankis, būtų mažiausiai tarp dviejų didesnių ir dviejų mažesnių vandens kiekio verčių.

Pradedant bandymą, mišinys maišomas su vandens kiekiu, kuris skiriasi priklausomai nuo bandomo mišinio rūšies. Paprastai smėlingiems ir žvyringiems mišiniams tinkamas nuo 4 % iki 6 % vandens kiekis.

Vandens kiekiai, įpilti į kiekvieną ūminį, turi būti tokie, kad būtų pasiekta optimali vandens kiekio vertė. Paprastai smėlingiems ir žvyringiems mišiniams tinkama didinti vandens kiekį kas 1 % - 2 %. Svarbu, kad vanduo su mišiniu būtų sumaišomas kruopščiai ir parinkus tinkamus jų kiekius, kadangi sumaišius netinkamus kiekius, gali būti gauti netikslūs bandymo rezultatai.

Jei mišinys visiškai prabyra per 16 mm sietą, tai mišiniui tankinti trimis sluoksniais Proktoro formoje (A) naudojamas 2,5 kg plaktas (A), krentantis iš 305 mm aukščio.

Proktoro forma (A) su pagrindo plokšte pasverinama 1 g tikslumu ir užrašoma masė m_1 . Jei nežinomi, vidiniai formos matmenys išmatuojami 0,5 mm tikslumu.

Ilginamoji dalis pritvirtinama ant formos ir formos sąranka padedama ant tvirto pagrindo, pvz., betoninių grindų. Sutepamas ilginamosios dalies vidinis paviršius.

Į formą įdedama tiek vieno iš paruoštų ėminių drėgno mišinio, kad sutankinus jis užimtų šiek tiek daugiau nei vieną trečdalį formos. 2,5 kg plaktu (A), krentančiu iš 305 mm aukščio virš mišinio, reguliuojant kreiptuvu atliekami 25 smūgiai. Smūgiai paskirstomi tolygiai visame paviršiaus plote užtikrinant, kad plaktas visada kristų laisvai ir nebūtų sulaikomas mišinio, esančio viduje arba ant kreiptuvo.

Aprašyta procedūra pakartojama du kartus taip, kad naudojamo mišinio kiekis būtų pakankamas formai užpildyti, o suformuotas paviršius būtų ne aukščiau nei 10 mm virš formos viršutinės briaunos.

Nuimama ilginamoji dalis, su peiliu nubraukiamas mišinio perteklius ir iki formos viršaus kruopščiai išlyginamas sutankinto mišinio paviršius. Visos stambiosios dalelės, atsiskyrusios judinant bandinį, pakeičiamos smulkesne ėminio medžiaga, ją gerai įspaudžiant.

Mišinys ir forma su pagrindo plokšte pasveriami 1 g tikslumu ir užrašoma masė m_2 .

Sutankintas mišinys išimamas iš formos ir padedamas ant metalinio padėklo, kad būtų galima nustatyti vandens kiekį w , kaip aprašyta LST EN 1097-5 (20).

Tankinimo bandymas atliekamas su kiekvienu likusiu paruoštu ėminiu, kaip aprašyta, kad būtų galima pateikti mažiausiai penkių arba, jei mišinys yra gerai žinomas, mažiausiai trijų bandymų rezultatus. Vandens kiekis turi būti toks, kad optimalus vandens kiekis, kuriam esant pasiekiamas didžiausias sausasis tankis, būtų netoli intervalo vidurio.

Jei mišinys nevisiškai prabyra per 16 mm bandymo sietą, tačiau visiškai per 31,5 mm sietą, mišiniui tankinti trimis sluoksniais didelėje Proktoro formoje (B) naudojamas 2,5 kg plaktas (A), krentantis iš 305 mm aukščio, mišinys sutankinamas atliekant 56 smūgius.

Kaip ir atliekant su bandymo forma (A), didelė Proktoro forma (B) su pagrindo plokšte pasveriami 5 g tikslumu ir užrašoma masė m_1 . Jei nežinomi, vidiniai formos matmenys išmatuojami 0,5 mm tikslumu.

Toliau, kaip ir su forma (A), sutankintas mišinys ir forma su pagrindo plokšte pasveriami 5 g tikslumu ir užrašoma masė m_2 , po to nustatomas vandens kiekis w .

Tankinimo bandymas atliekamas, kad būtų galima pateikti mažiausiai penkių arba, jei mišinys yra gerai žinomas, mažiausiai trijų bandymų rezultatus.

Atlikus bandymą ar prieš bandymą, apskaičiuojamas vidinis formos tūris V mililitrais (ml). Formos tūris nustatomas pagal tiesioginius matmenis.

Apskaičiuojamas kiekvieno sutankinto bandinio tūrinis tankis pagal 6 lygtį:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}, (6)$$

čia:

ρ - tūrinis tankis megagramais kubiniam metrui (Mg/m^3);

m_1 - formos ir pagrindo plokštės masė gramais (g);

m_2 - formos, pagrindo plokštės ir sutankinto mišinio masė gramais (g);

V - formos tūris mililitrais (ml).

Apskaičiuojamas kiekvieno sutankinto bandinio sausasis tankis ρ_d pagal 7 lygtį:

$$\rho_d = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}, (7)$$

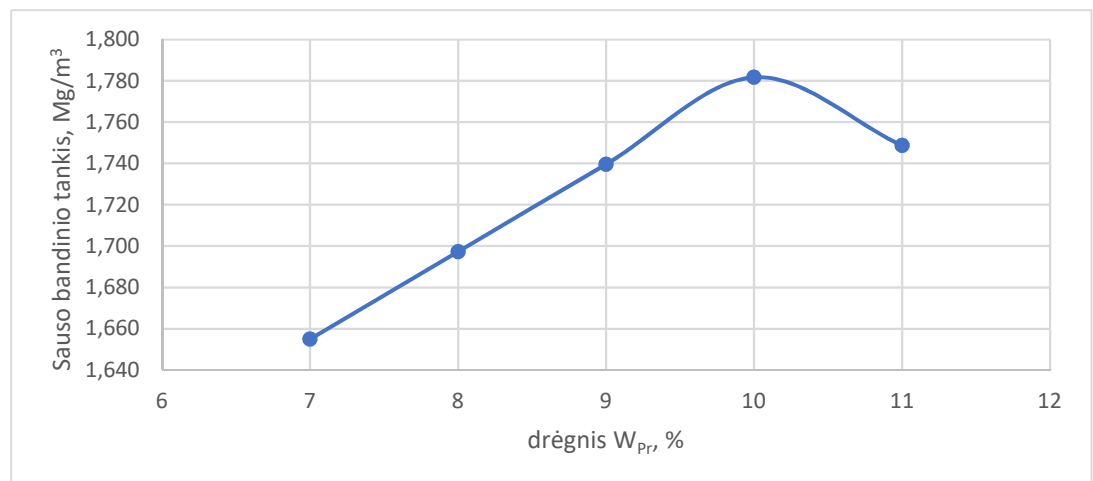
čia:

ρ_d - sausasis tankis megagramais kubiniam metrui (Mg/m^3);

ρ - tūrinis tankis megagramais kubiniam metrui (Mg/m^3);

w - mišinio vandens kiekis procentais (%).

Atlikus bandymus braižomas grafikas, 10 paveikslas. Nustatyti sausieji tankiai pavaizduojami ordinatėje, o vandens kiekiai - abscisėje. Pažymėti taškai sujungiami kreive ir nustatoma didžiausioji šios kreivės vertė. Šiame taške nustatomos sausojo tankio ir vandens kiekio vertės.



10 pav. Proktoro kreivė

Sausasis tankis ρ_d nustatomas žiedo metodu pagal standartą LST 1360.6:1995 (V-1) (3) „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Grunto tankio nustatymas“. Standarto taikymo sritis - šis standartas taikomas grunto tankiui nustatyti vietovėje. Standartas taikomas visiems gruntams,

skirtiems automobilių keliams, gatvių žemės sankasoms, aerodromams, įvairios paskirties aikštelėms, pėsčiųjų takams ir kitiems transporto įrenginiams.

Taikant žiedo metodą, naudojami šie prietaisai ir pagalbines priemonės:

- cilindrinis žiedas, pagamintas iš besiūlio plieninio vamzdžio su aštria vidine briauna. Šio cilindrinio žiedo matmenys: vidinis skersmuo - 96 mm; aukštis - 120 mm;
- dangteliai iš abiejų galų žiedui sandariai uždaryti;
- nukreipiamasis vamzdis su prie jo pritvirtinta žiedo formos pagrindo plokšte;
- antgalis;
- plaktukas (kūjis);
- kastuvas;
- peilis su tiesiais ašmenimis;
- plieninė liniuotė.

Šis metodas taikomas tiriant smulkiagrūdžius gruntus (smėlį, molį).

Kad bandymas būtų tikslus nuimamas mažiausiai 50 mm storio paviršiaus grunto sluoksnis, kad ant lygios aikštelės būtų galima padėti cilindrinį žiedą.

Aštria briauna žemyn, žiedas atsargiai statmenai įspaudžiamas į gruntą. Jeigu to padaryti neįmanoma, žiedas muštuvu, plaktuku ar kūju, kaip galima centruočiau, įkalamas tiek, kad viršutinis žiedo kraštas būtų apie 10 mm po rišliųjų gruntų paviršiumi arba ties nerišliųjų gruntų paviršiumi. Įspaudžiant žiedą į smėlį, bandinio gruntas gali būti sutankinamas arba išpurenamas, todėl bandinio paviršius nebus tame pačiame lygyje, kaip ir aplinkinio grunto paviršius. Šiuo atveju bandinio tūrį reikia sulygtinti su žiedo vidiniu tūriu.

Įspaudus žiedą į gruntą, viename jo šone, atsargiai smeigiant kastuvu, jis atkasamas. Po to gruntas žiedo apačioje lygiai nupjaunamas (tai daroma įspaudžiant arba lengvai plaktuku įkalant po žiedu aštriabriaunę skardą). Po to žiedas iškeliamas ir padedamas ant tvirto pagrindo. Virš žiedo esantis gruntas, jeigu gruntai rišlūs, pagal žiedo kraštus atsargiai plonais, įstrižais sluoksniais peiliu nupjaunamas tiek, kad bandinio paviršių plienine liniuote galima būtų sulygtinti su žiedo briauna. Jeigu kai kurios grunto dalelės išlupamos, tai šios ildubos užpildomos gruntu, jį lengvai prispaudžiant. Nuvalius žiedo šonus, ant jo galo uždedamas dangtelis. Tokiu pat būdu apdorojamas ir kitas bandinio galas. Paėmus žiedą reikia papildomai paimti grunto Proktoro tankiui ρ_{Pr} nustatyti. Žiedas, naudotos priemonės ir papildomas grunto pavyzdys parodyti 11 paveiksle.



11 pav. Grunto tankio nustatymas žiedo metodu

Atlikus bandymą ar prieš bandymą apskaičiuojamas vidinis žiedo tūris V . Bandinio grunto tūris V yra lygus cilindrinio žiedo tūriui, kuris apskaičiuojamas pagal vidutinį cilindrinio žiedo skersmenį ir aukštį. Vidinis skersmuo ir aukštis matuojami trijose tolygiai paskirstytose vietose 0,1 mm tikslumu. Vidinis formos tūris V apskaičiuojamas kubiniais centimetrais (cm^3).

Nustatoma bandinio drėgno grunto masė m . Drėgno grunto masei nustatyti bandinys sveriamas svarstyklėmis, kurių paklaida $< 0,001 \times m$ (čia m – bandinio masė g).

Bandinio sauso grunto masė m_d nustatoma gruntą išdžiovinus džiovavimo krosnelėje 105 ± 5 °C temperatūroje, kaip aprašyta LST EN 1097-5 (20), iki pastovios masės, tuo pačiu tikslumu kaip ir drėgno grunto masė.

Vandens masė apskaičiuojama pagal lygtį (8):

$$m_w = m - m_d, (8)$$

čia:

m_w – vandens masė, g;

m – bandinio drėgno grunto masė, g;

m_d - bandinio sauso grunto masė, g.

Grunto drėgnis apskaičiuojamas pagal lygtį (9):

$$W = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100, (9)$$

čia:

W – grunto drėgnis, %;

m_w – vandens masė, g;

m_d – sauso grunto masė, g.

Apskaičiuojamas grunto tankis pagal lygtį (10):

$$\rho = \frac{m}{V}, (10)$$

čia:

ρ – grunto tankis, g/cm³;

m – drėgno grunto masė, g;

V – cilindro tūris, cm³.

Sauso grunto tankis apskaičiuojamas pagal lygtį (11):

$$\rho_d = \frac{m_d}{V}, (11)$$

ρ_d – sauso grunto tankis, g/cm³;

m_d – bandinio sauso grunto masė, g.

Sutankinimo koeficientas D_{Pr} apskaičiuojamas pagal lygtį (12) ir pateikiamas 0,01 tikslumu:

$$D_{Pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}}, (12)$$

čia:

ρ_d – sauso grunto tankis, g/cm³;

ρ_{Pr} – Proktoro tankis, g/cm³

2.3. Sutankinimo rodiklio D_{Pr} ir deformacijos modulio tarpusavio priklausomybės

Įrengiant žemės sankasą natūralieji ir supiltiniai gruntai turi būti taip sutankinami, kad būtų pasiektos reikalaujamos sutankinimo rodiklio D_{Pr} vertės. Priklausomai nuo grunto rūšies ir tankinamos žemės sankasos dalies gali būti reikalaujama, kad sutankinimo rodiklis D_{Pr} būtų nuo 95 % iki 100 %, o žemės sankasos deformacijos modulio E_{V2} reikšmė būtų ne mažesnė kaip 45 MPa (45 MN/m²). Vandens pralaidų ir vamzdinių tranšėjose, esančiose žemės sankasoje ir už jos ribų, gali būti reikalaujama, kad gruntų sutankinimo rodiklis būtų $D_{Pr} = 97,0$ % (9).

Taikant statinį grunto sutankinimo bandymą štampu pagal LST 1360.5:1995, galima naudotis 4 ir 5 lentelių duomenimis (9).

4 lentelė. Stambiagrūdžių gruntų sutankinimo rodiklių D_{Pr} ir deformacijos modulių E_{V2} orientacinės tarpusavio priklausomybės vertės (IT ŽS 17)

Gruntų grupės	Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	Deformacijos modulis E_{V2} , MPa (MN/m ²)
ŽG, ŽP	≥ 100	≥ 100
	≥ 98	≥ 80
	≥ 97	≥ 70
ŽB, SB, SG, SP	≥ 100	≥ 80
	≥ 98	≥ 70
	≥ 97	≥ 60

5 lentelė. Santykio E_{V2}/E_{V1} priklausomybės nuo sutankinimo rodiklio D_{Pr} orientacinės vertės

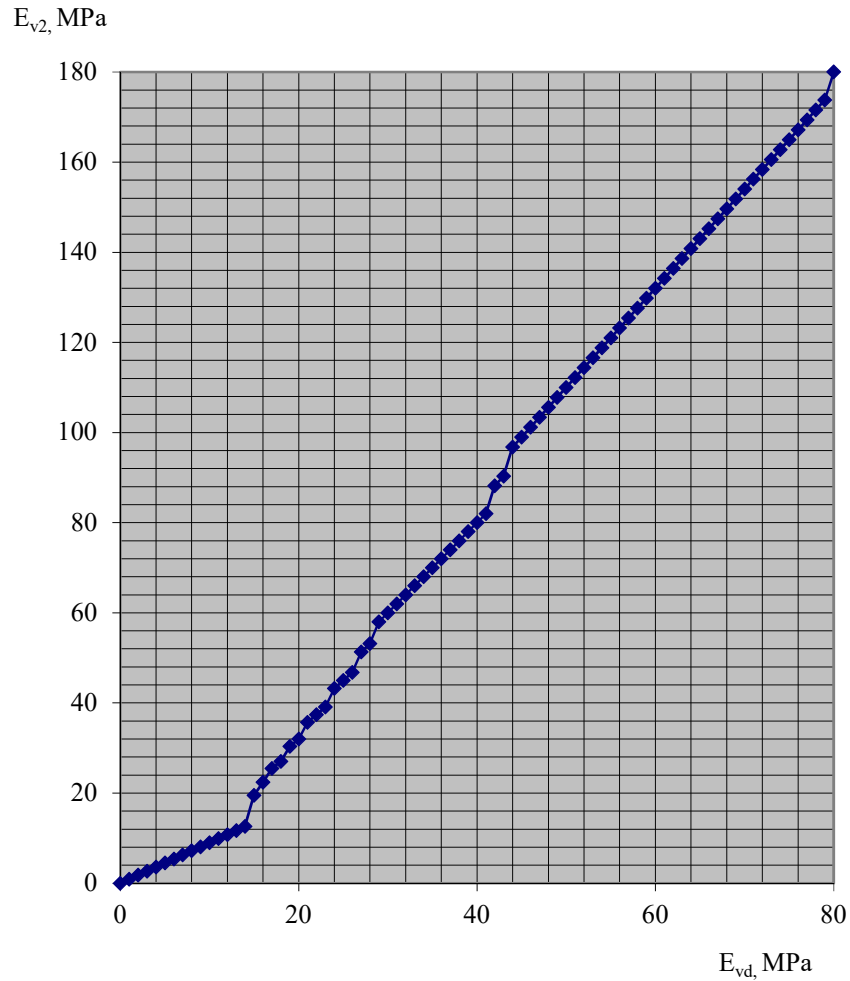
Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	E_{V2}/E_{V1}
≥ 100	$\leq 2,3$
≥ 98	$\leq 2,5$
≥ 97	$\leq 2,6$

Įrengiant apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį iš smėlio gali būti reikalaujama, kad būtų pasiektas sutankinimo rodiklis D_{Pr} nuo 100% iki 103%, o deformacijos modulio E_{V2} vertė nuo 80 MPa iki 100 MPa.

Įrengiant žvyro ar skaldos pagrindo sluoksnius dažniausiai sutankinimo rodiklis D_{Pr} turi būti didesnis kaip 103%, o deformacijos modulio E_{V2} vertės priklausomai nuo sluoksnio storio ir medžiagos gali būti nuo 100 MPa iki 150 MPa.

Kai apsauginio šalčiui atsparaus, skaldos ar žvyro pagrindo sluoksnio sutankinimo rodiklis D_{Pr} įvertinamas netiesiogiai, pakeičiant į spaudimą štampu pagal LST 1360.5:1995, tai esant numatytai sutankinimo rodiklio $D_{Pr} \geq 103\%$ vertei deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} vertė neturi būti didesnė kaip 2,2. Esant reikalaujamai sutankinimo rodiklio $D_{Pr} < 103\%$ vertei, santykio E_{V2}/E_{V1} vertė neturi būti didesnė kaip 2,5 (8).

Atliekant matavimus, dinaminio prietaisu nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} . Rekomenduojamos dinaminio deformacijos modulio E_{vd} pervedimo į statinį deformacijos modulį E_{V2} reikšmės pateiktos 12 paveikslėlyje, o sutankinimo rodiklio D_{Pr} ir deformacijos modulio E_{vd} reikšmės pateiktos 6 lentelėje (2).



12 pav. Dinaminio deformacijos modulio E_{vd} ir statinio deformacijos modulio E_{v2} priklausomybės vertės (ZFG 02 instrukcija)

6 lentelė. Sutankinimo rodiklio D_{Pr} bei deformacijos modulio E_{v2} priklausomybės vertės

Grunto tipas	D_{Pr} , %	E_{v2} , MPa
ŽG, ŽP	≥ 100	≥ 100
	≥ 98	≥ 80
	≥ 97	≥ 70
SG, SP, ŽB, SB	≥ 100	≥ 80
	≥ 98	≥ 70
	≥ 97	≥ 60

Vertinant sutankinimo rodiklį D_{Pr} netiesiogiai, o remiantis dinaminio prietaisu gautomis deformacijos modulio vertėmis, reikia atkreipti dėmesį į grunto tipą, nes esant smulkesniam ar prastos granulometrijos gruntui sutankinimo rodiklio D_{Pr} vertės bus didesnės esant mažesniai deformacijos moduliui E_{v2} .

3. TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Tyrimai atlikti ant skaldos pagrindo sluoksnių

Valstybinės reikšmės magistraliniame kelyje, bandomajame ruože ant skaldos pagrindo sluoksnio iš dolomito skaldos ir atsijų mišinio 0/45 atlikti matavimai su statine sija (štapu) ir dinaminiais prietaisais. Matavimų rezultatai pateikti 7 lentelėje. Pagrindo sluoksnio storis 30 cm, mišinio granulimetrinės kreivės pateiktos 1 ir 2 priede.

7 lentelė. Pagrindo sluoksnio matavimų rezultatai valstybinės reikšmės magistraliniame kelyje

Matavimų vieta	Bandymų statine sija (štapu) rezultatai		Bandymų dinaminiais prietaisais rezultatai	
	E_{V2}, MPa	E_{V2}/E_{V1}	E_{vd}, MPa	E_{vd} perverstas į E_{V2}, MPa
Nr. 1	151,1	1,91	73,3	159
Nr. 2	172,0	1,99	77,3	171
Nr. 3	167,6	2,1	86,5	195
Nr. 4	211,7	1,86	88,2	198
Nr. 5	162,3	2,11	91,5	206
Nr. 6	233	2,2	82,1	185

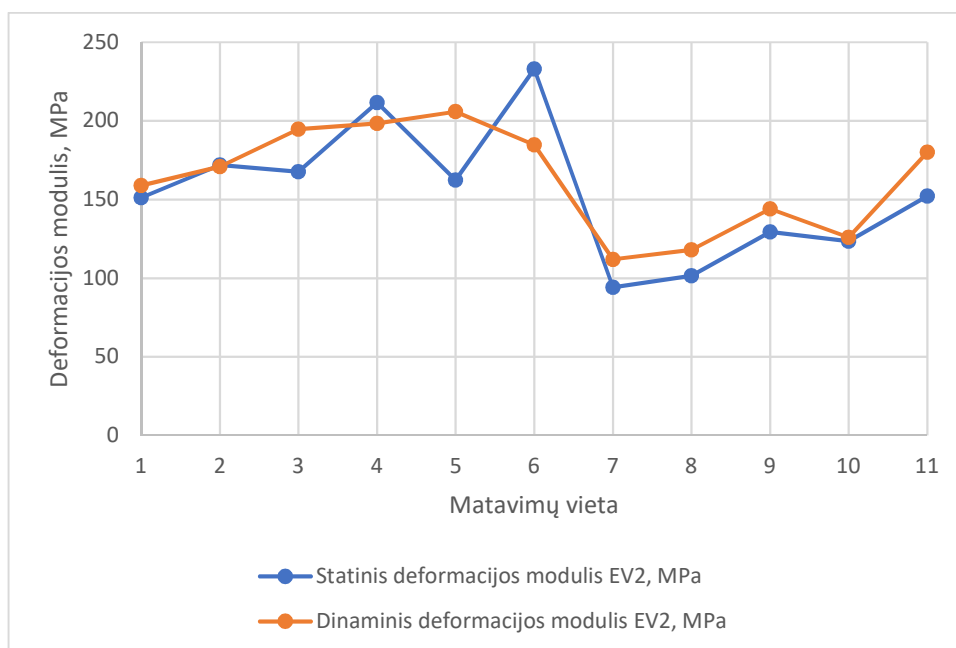
Skaldos pagrindo sluoksnio, vietinės reikšmės kelyje, matavimų rezultatai su statine sija (štapu) ir dinaminiais prietaisais pateikti 8 lentelėje. Pagrindo sluoksnis įrengtas iš dolomito skaldos ir atsijų mišinio 0/45, sluoksnio storis 15 cm, mišinio granulimetrinė kreivė pateikta 3 priede.

8 lentelė. Pagrindo sluoksnio matavimų rezultatai vietinės reikšmės kelyje

Matavimų vieta	Bandymų statine sija (štapu) rezultatai		Bandymų dinaminiais prietaisais rezultatai	
	E_{V2}, MPa	E_{V2}/E_{V1}^*	E_{vd}, MPa	E_{vd} perverstas į E_{V2}, MPa
Nr. 7	94,2	2,2	51	112
Nr. 8	101,6	2,07	54,1	118
Nr. 9	129,4	2,1	66,8	144
Nr. 10	123,6	2,0	57,7	126
Nr. 11	152,3	2,22	79,8	180

Palyginus gautus matavimų rezultatus (13 paveikslas) nustatyta, kad statinis deformacijos modulis E_{V2} (MPa) ir dinaminis deformacijos modulis E_{vd} (perverstas į E_{V2}) skirtingose matavimo

vietose kinta dėsningai. Geresni bandymų rezultatai gauti, kai pagrindo sluoksnis storesnis. Kadangi abiejuose ruožuose deformacijos modulių santykis E_{V2}/E_{V1} neviršijo 2,2 reikšmės, tai sutankinimas pagal D_{Pr} bus didesnis arba lygus 103 %. Atliktų matavimų analizė parodė, kad dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė yra 5,59 % didesnė už statine sija išmatuotą deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę. Koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra stipri ($r = 0,82$).



13 pav. Skaldos pagrindo sluoksnio deformacijos modulio rezultatų palyginimas, išmatavus statine sija ir dinaminium prietaisu

Dviejose vietose matavimo rezultatai išsiskyrė. Taškuose Nr. 4 ir Nr. 6 išmatuotos dinaminio deformacijos modulio vidurkio reikšmės, lyginant su statine sija yra 13,8 % mažesnės. Tam įtakos turėjo aukštas deformacijos modulis gautas matuojant su statine sija. Taške Nr. 4 gauta reikšmė $E_{V2} = 211,7$ MPa ir taške Nr. 6 $E_{V2} = 233$ MPa. Kadangi tiksliausi deformacijos modulio rezultatai gaunami su dinaminium prietaisu reikšmių intervale nuo 20 iki 180 MPa, todėl ant kieto pagrindo rezultatai nebėra tokie tikslūs.

Neatsižvelgiant į taškų Nr. 4 ir Nr. 6 reikšmes, dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė bus 12,48 % didesnė už statine sija išmatuotą deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę, tačiau koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra didesnė ($r = 0,92$).

3.2. Tyrimai atlikti ant šalčiui atsparaus sluoksnio

Šalčiui atsparaus sluoksnio tyrimai buvo atlikti valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje. Tiriant šį sluoksnį buvo nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} , statinis deformacijos modulis E_{V2} ir sutankinimo koeficientas D_{Pr} . Sluoksnio storis 35 cm.

Pirminio tyrimo metu buvo nustatyta, kad sluoksnis dar nėra pakankamai sutankintas, todėl D_{Pr} , deformacijos modulis E_{V2} ir santykis E_{V2}/E_{V1} neatitiko projektinių reikalavimų. Ištyrus medžiagą buvo nustatyta, kad sluoksniui įrengti buvo naudojamas, vadovaujantis standartu LST 1331, žvyras ŽP (Ž – žvyras, P - periodinės sanklodos granulimetrinė kreivė, kai nėra vienos arba kelių frakcijų dalelių). Medžiagos granulimetrinė kreivė pateikta 4 priede. Buvo atliktas Proktoro bandymas, rezultatai pateikti 5 priede. Matavimų rezultatai su statine sija (štapu) ir dinaminiais prietaisais pateikti 9 lentelėje. Tankio nustatymo (žiedo metodu) rezultatai pateikti 10 lentelėje.

9 lentelė. Šalčiui atsparaus sluoksnio matavimų rezultatai valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

Matavimų vieta	Bandymų statine sija (štapu) rezultatai		Bandymų dinaminiais prietaisais rezultatai	
	E_{V2}, MPa	E_{V2}/E_{V1}	E_{vd}, MPa	E_{vd} pervestas į E_{V2}, MPa
Nr. 1	40,3	2,58	21,4	35

10 lentelė. Šalčiui atsparaus sluoksnio sutankinimo rodiklio rezultatai valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

Matavimų vieta	Grunto tankis (žiedo metodu)			Proktoro bandymas		Sutankinimo rodiklis
	Drėgno grunto tankis ρ , g/cm^3	Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm^3	Grunto drėgnis W , %	Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm^3	Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	D_{Pr} , %
Nr. 1	2,214	2,089	6,0	2,235	7,3	93,5

Palyginus gautus matavimų rezultatus, statinis deformacijos modulis (MPa) gautas 13,2 % didesnis už dinaminį deformacijos modulį. Žemą sutankinimo rodiklį $D_{Pr}=93,5$ % patvirtino aukštas santykis $E_{V2}/E_{V1}=2,58$ ir maža deformacijos modulio vertė gauta dinaminiais prietaisais.

Atlikus pakartotinius stiprumo bandymus, po papildomų sluoksnio tankinimo darbų, gauti rezultatai tenkino projekto reikalavimus. Atliktų matavimų su statine sija (štapu) ir dinaminiais prietaisais rezultatai pateikti 11 lentelėje. Papildomai buvo atliktas dar vienas Proktoro bandymas,

rezultatai pateikti 8 priede. Nustatyta granulimetrinė sudėtis pateikta 7 priede. Paimti trys bandiniai sutankinimui nustatyti, žiedo metodu. Tankio nustatymo (žiedo metodu) rezultatai pateikti 12 lentelėje.

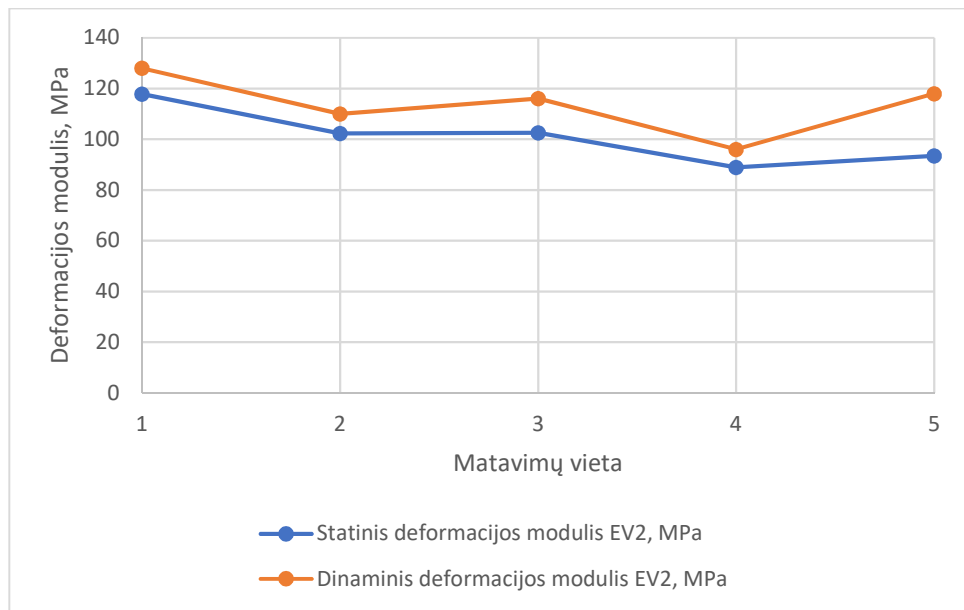
11 lentelė. Šalčiui atsparaus sluoksnio matavimų rezultatai valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

Matavimų vieta	Bandymų statine sija (štampu) rezultatai		Bandymų dinaminiais prietaisais rezultatai	
	E_{V2}, MPa	E_{V2}/E_{V1}	E_{vd}, MPa	E_{vd} pervestas į E_{V2}, MPa
Nr. 1	117,8	1,90	58,7	128
Nr. 2	102,3	1,68	50,4	110
Nr. 3	102,6	1,81	53,1	116
Nr. 4	88,9	2,00	44,4	96
Nr.5	93,4	1,87	53,6	118

12 lentelė. Šalčiui atsparaus sluoksnio sutankinimo rodiklio rezultatai valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

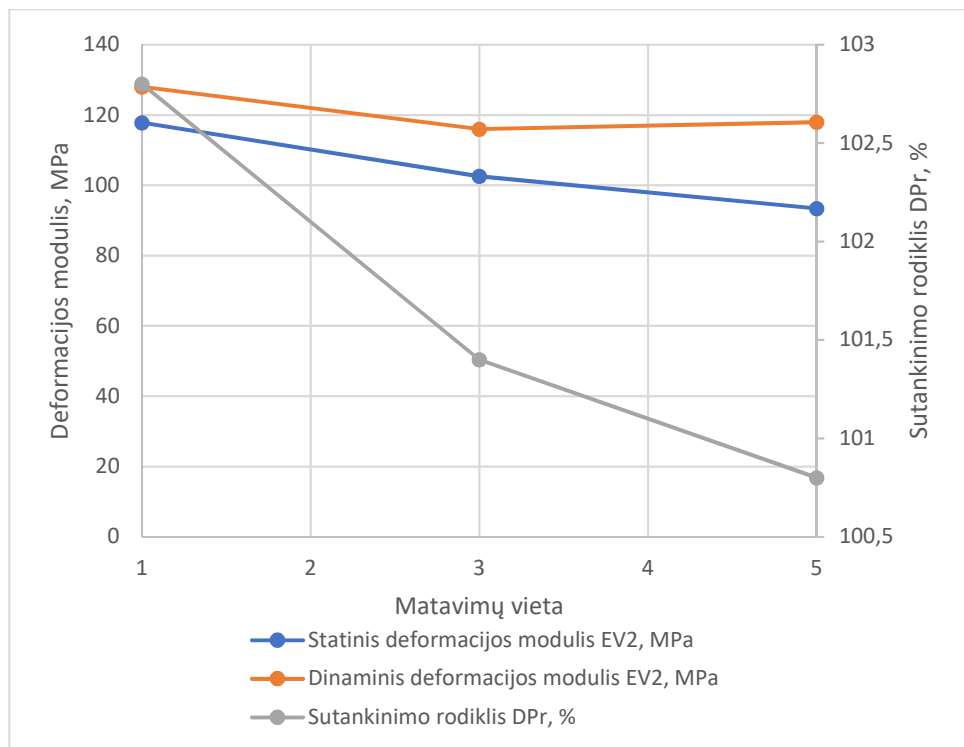
Matavimų vieta	Grunto tankis (žiedo metodu)			Proktoro bandymas		Sutankinimo rodiklis
	Drėgno grunto tankis ρ , g/cm^3	Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm^3	Grunto drėgnis W , %	Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm^3	Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	D_{Pr} , %
Nr. 1	2,452	2,298	6,7	2,235	7,3	102,8
Nr. 3	2,379	2,215	7,4	2,185	8,2	101,4
Nr. 5	2,359	2,203	7,1	2,185	8,2	100,8

Palyginus gautus matavimų rezultatus (14 paveikslas) nustatyta, kad statinis deformacijos modulis E_{V2} (MPa) ir dinaminis deformacijos modulis E_{vd} skirtingose matavimo vietose kinta dėsningai. Atliktų matavimų analizė parodė, kad dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė yra 12,48 % didesnė už statine sija išmatuotą deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę. Koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra stipri ($r = 0,81$), tačiau mažesnė nei ant skaldos pagrindo sluoksnio.



14 pav. Šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulio rezultatų palyginimas, išmatavus statine sija ir dinaminiais prietaisais valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

Šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulio ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} rezultatų analizė rodo, kad tarp abiejų rodiklių yra stipri priklausomybė (15 paveikslas). Koreliacija tarp matavimo rezultatų gautų atliekant bandymą su statine sija (štapu) ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} yra didesnė ($r = 1,0$) nei tarp rezultatų gautų su dinaminiais prietaisais ($r = 0,90$).



15 pav. Šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulio ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} rezultatų palyginimas valstybinės reikšmės rajoniniame kelyje

Šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijos modulių santykis E_{V2}/E_{V1} neturi viršyti 2,2, jeigu reikalaujamas sutankinimo rodiklis $D_{Pr} \geq 103\%$, tačiau iš gautų rezultatų matosi, kad reikalaujama vertė nepasiekta. Vidutinis santykis $E_{V2}/E_{V1} = 1,86$, tačiau vidutinė vertė $D_{Pr} = 101,7\%$. Koreliacija tarp deformacijų modulių santykių E_{V2}/E_{V1} ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} yra vidutinė ($r = 0,53$).

3.3. Tyrimai atlikti ant žemės sankasos

Žemės sankasos tyrimai buvo atlikti valstybinės reikšmės krašto kelyje. Tiriant šį sluoksnį buvo nustatomas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} , statinis deformacijos modulis E_{V2} ir sutankinimo koeficientas D_{Pr} .

Buvo atlikti trys Proktoro bandymai, rezultatai pateikti 12, 14 ir 16 priede. Matavimų rezultatai su statine sija (štampu) ir dinaminiais prietaisais pateikti 13 lentelėje. Tankio nustatymo (žiedo metodu) rezultatai pateikti 14 lentelėje.

13 lentelė. Žemės sankasos matavimų rezultatai valstybinės reikšmės krašto kelyje

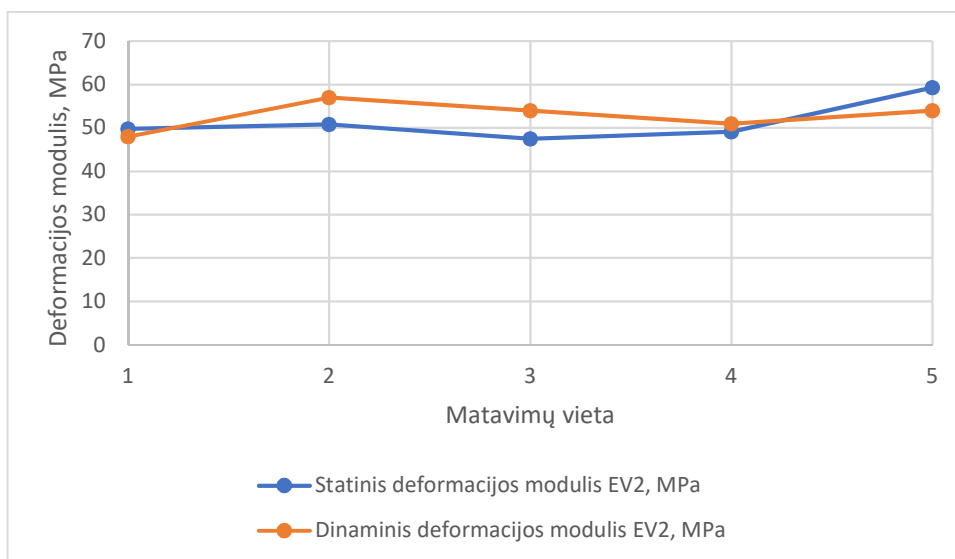
Matavimų vieta	Bandymų statine sija (štampu) rezultatai		Bandymų dinaminiais prietaisais rezultatai	
	E_{V2}, MPa	E_{V2}/E_{V1}	E_{vd}, MPa	E_{vd} pervestas į E_{V2}, MPa
Nr. 1	49,8	2,34	25,7	48
Nr. 2	50,8	1,85	28,5	57
Nr. 3	47,5	1,89	27,8	54
Nr. 4	49,1	2,03	27,4	51
Nr. 5	59,3	2,12	30,4	54

14 lentelė. Žemės sankasos sutankinimo rodiklio rezultatai valstybinės reikšmės krašto kelyje

Matavimų vieta	Grunto tankis (žiedo metodu)			Proktoro bandymas		Sutankinimo rodiklis
	Drėgno grunto tankis ρ , g/cm^3	Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm^3	Grunto drėgnis W , %	Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm^3	Opimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	D_{Pr} , %
Nr. 1	2,139	1,910	12,0	1,970	11,9	97,0
Nr. 3	2,139	1,910	12,0	1,959	12,2	97,5
Nr. 5	2,150	1,920	11,7	1,950	12,0	98,5

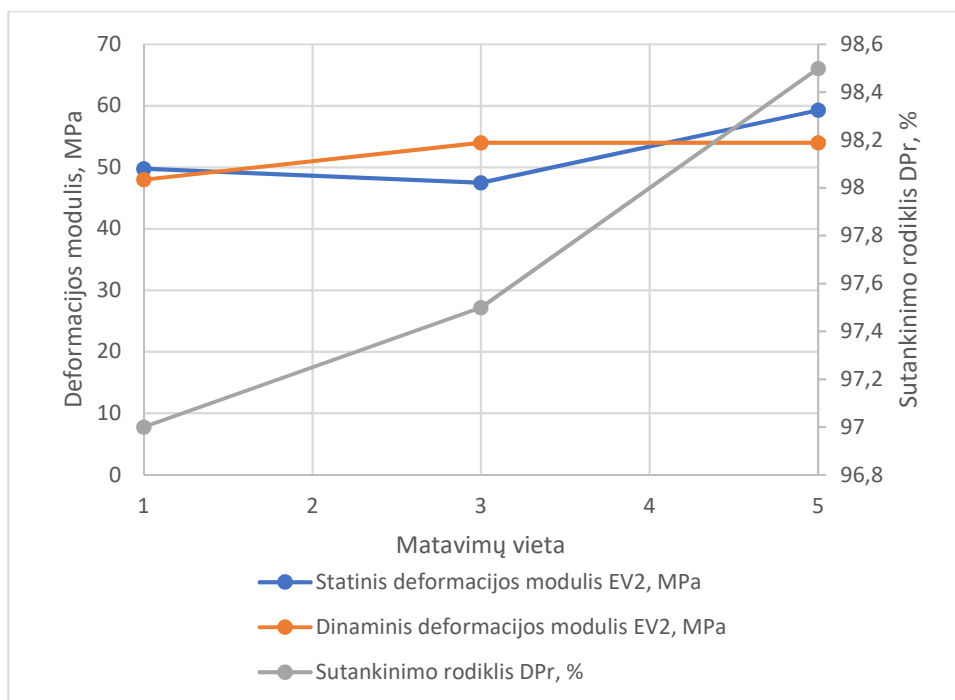
Palyginus ant žemės sankasos gautus matavimų rezultatus (16 paveikslas) nustatyta, kad statinis deformacijos modulis E_{V2} (MPa) ir dinaminis deformacijos modulis E_{vd} kinta mažiau dėsningai nei ant skaldos pagrindo ar ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio. Atliktų matavimų analizė parodė, kad dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė yra 2,92 % didesnė už statine sija išmatuotą

deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę, tačiau koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra silpna ($r = 0,22$).



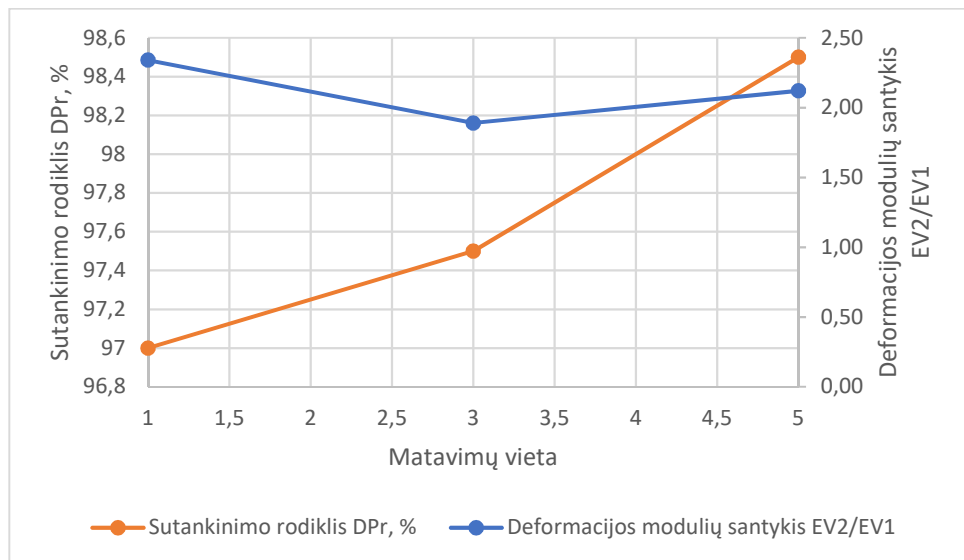
16 pav. Žemės sankasos deformacijos modulio rezultatų palyginimas, išmatavus statine sija ir dinaminio prietaisu valstybinės reikšmės krašto kelyje

Žemės sankasos deformacijos modulio ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} rezultatų analizė rodo, kad tarp abiejų rodiklių ir stipri priklausomybė (17 paveikslas). Koreliacija tarp matavimo rezultatų gautų atliekant bandymą su statine sija (štampu) ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} yra didesnė ($r = 0,87$) nei tarp rezultatų gautų su dinaminio prietaisu ($r = 0,76$).



17 pav. Žemės sankasos deformacijos modulio ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} rezultatų palyginimas valstybinės reikšmės krašto kelyje

Žemės sankasos, kai D_{Pr} turi būti $\geq 100\%$, deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} orientacinė vertė $\leq 2,3$. Kai $D_{Pr} \geq 98$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5$. Iš gautų rezultatų (18 paveikslas) matyti, kad reikalaujama deformacijos modulių santykio vertė pasiekta - $E_{V2}/E_{V1} = 2,12$, tačiau faktinis vidutinis sutankinimo rodiklis $D_{Pr} = 97,7\%$ yra mažesnis nei rekomenduojama orientacinė vertė. Koreliacija tarp deformacijų modulių santykių E_{V2}/E_{V1} ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} yra silpna ($r = -0,32$).



18 pav. Žemės sankasos sutankinimo rodiklio D_{Pr} ir deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} rezultatų palyginimas valstybinės reikšmės krašto kelyje

IŠVADOS

1. Matavimų rezultatų analizė rodo, kad dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė matuojant skaldos pagrindą yra 5,59 %, o šalčiui atsparaus sluoksnio yra 12,48 % didesnė už statine sija išmatuotą deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę. Koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra stipri. Dinaminio deformacijos modulio vidutinė reikšmė ant žemės sankasos yra 2,92 % didesnė už statine sija išmatuotą deformacijos modulio vidutinę skaitinę reikšmę, tačiau koreliacija tarp atskirų matavimo prietaisų rezultatų yra silpna ($r = 0,22$).

2. Deformacijos modulio ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} rezultatų analizė rodo, kad tarp abiejų rodiklių yra stipri priklausomybė. Matuojant šalčiui atsparų sluoksnį, koreliacija tarp matavimo rezultatų gautų atliekant bandymą su statine sija (štapu) ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} yra didesnė ($r = 1,0$), nei tarp rezultatų gautų su dinaminiais prietaisais ($r = 0,90$).

3. Atlikus matavimus ant žemės sankasos, koreliacija tarp matavimo rezultatų gautų atliekant bandymą su statine sija (štapu) ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} taip pat yra didesnė ($r = 0,87$), nei tarp rezultatų gautų su dinaminiais prietaisais ($r = 0,76$).

4. Šalčiui atsparaus sluoksnio, kai $D_{Pr} \geq 103\%$, deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} vertė turi būti $\leq 2,2$. Tyrimo metu nustatyta, kad nors ir santykis buvo 1,86, tačiau vidutinis $D_{Pr}=101,7\%$, t.y. 1,3 % mažesnė vertė, nei rekomenduojama.

5. Žemės sankasos, kai D_{Pr} turi būti $\geq 100\%$, rekomenduojama deformacijos modulių santykio E_{V2}/E_{V1} vertė turi būti $\leq 2,3$. Tyrimo metu nustatyta, kad santykis buvo 2,12, tačiau vidutinis $D_{Pr}=97,7\%$, t.y. 2,3 % mažesnė vertė, nei rekomenduojama.

Šalčiui atsparaus sluoksnio deformacijų modulių santykių E_{V2}/E_{V1} ir sutankinimo rodiklio D_{Pr} koreliacija yra vidutinė ($r = 0,53$), o žemės sankasos – silpna ($r = -0,32$).

6. Esant žemam šalčiui atsparaus sluoksnio sutankinimo rodikliui $D_{Pr}=93,5\%$ ir aukštam deformacijos modulių santykiui $E_{V2}/E_{V1}=2,58$ dinaminis deformacijos modulis gautas 13,2 % mažesnis už statinį deformacijos modulį. Taip pat matuojant skaldos pagrindo sluoksnį, taškuose Nr. 4 ir Nr. 6, dinaminio deformacijos modulio vidurkio reikšmės gautos 13,8 % mažesnės, lyginant su statine sija. Tam įtakos turėjo aukštas pagrindo sluoksnio stiprumas, t.y. statinis deformacijos modulis E_{V2} buvo didesnis kaip 200 MPa.

LITERATŪRA

1. LST 1360.5. Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Bandymas štampu. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1995.
2. Automobilių kelių sankasos ir pagrindo sutankinimo bandymo dinaminiais prietaisais instrukcija. VĮ „Problematika“, 1997.
3. LST 1360.6 (V-1). Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Grunto tankio nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1995.
4. LST EN 13286-2. Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 2 dalis. Bandymo metodai laboratoriniam atskaitos tankiui ir vandens kiekiui nustatyti. Proktoro tankinimas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2010.
5. BULEVIČIUS, Matas. Kelių tampriosios dangos konstrukcijų savybių įtaka jų viršutinio sluoksnio eksploataciniams rodikliams: daktaro disertacija. Vilnius: Technika, pp. 26-43. ISBN 978-609-457-582-2.
6. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008 „Automobilių keliai“: 2008 m. sausio 9 d. Nr. D1-11/3-3 [žiūrėta 2018-10-06]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.3383DAEA9386/wCZfuPLRoC>
7. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 07: 2008 m. sausio 21 d. Nr. V-7 [žiūrėta 2018-10-18]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.8C9E801C9DBE/mDwFkvMsBc>
8. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių be rišiklių įrengimo taisyklės IT SBR 07: 2007 m. sausio 30 d. Nr. V-18 [žiūrėta 2018-10-02]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E5B3D5F99FCB/VepdtjuUZV>
9. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. Automobilių kelių žemės darbų atlikimo ir žemės sankasos įrengimo taisyklės IT ŽS 17: 2017 m. balandžio 3 d. Nr. V-111 [žiūrėta 2018-10-08]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2f779570186111e79800e8266c1e5d1b>
10. LST 1331. Gruntai, skirti keliams ir jų statiniams. Klasifikacija. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2015.
11. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. Automobilių kelių mineralinių medžiagų mišinių, naudojamų sluoksniams be rišiklių, techninių reikalavimų aprašas TRA SBR 07: 2007 m. sausio 30 d. Nr. V-17 [žiūrėta 2018-10-02]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.6B217EEB2461>

12. LST EN 933-1. Bandymai užpildų geometrinėms savybėms nustatyti. 1 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2012.
13. LST CEN ISO/TS 17892-11. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 11 dalis. Pralaidumo vandeniui nustatymas esant pastoviam ir kintančiam spūdžiui. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2005.
14. BARTULIENĖ, Lina. Automobilių kelių konstrukcijos pagrindo sluoksnių stiprumo nustatymo metodų vertinimas, tyrimai ir taikymas: daktaro disertacija. Vilnius: Technika, 2011. ISBN 978-609-457-019-3
15. GADEIKIS Saulius, KLIZAS Petras, MOKRIK Robert, JOKŠAS Kęstutis. Geoinžineriniai lauko tyrimų metodai: mokomoji knyga. Vilnius, 2012. ISBN 978-609-459-087-0.
16. SUNNY Deol Guzzarlapudi, VINOD Kumar Adigopula, RAKESH Kumar. Comparative studies of lightweight deflectometer and Benkelman beam deflectometer in low volume roads, Journal of traffic and transportation engineering(englishedition) 2016; 3(5): 438 – 447.
17. SLIŽYTĖ Danutė, MEDZVIECKAS Jurgis, MACKEVIČIUS Rimantas. Pamatai ir pagrindai: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2012. pp. 197- 204. ISBN 978-609-457-176-3.
18. ATEMIMI Yahya K. Relationship between Compaction Ratio (RC) and Compacted Layer Thickness, Journal of Engineering and Technology. DOI:10.21276/sjeat.2016.1.4.2.
19. PRUŠINSKIENĖ, Sabina. Smėlio gruntų ypatumai ir jų tyrimo metodai: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012. ISBN 978-609-457-201-2.
20. LST EN 1097-5. Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 5 dalis. Vandens kiekio nustatymas džiovinant ventiliuojamoje krosnyje. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2008.
21. Operating manual. Light Drop – Wight Tester ZFG 02 ZFG 06. Corresponding to the German Technical Specification for Soil and Rock in Road Construction TP BF – StB Part B 8.3
22. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. Automobilių kelių inžinerinių geologinių ir geotechninių bei statinio tyrimų rekomendacijas R IGGT 15: 2015 m. birželio 3 d. Nr. V(E)-9 [žiūrėta 2018-10-12]. Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a7d085d009f011e588da8908dfa91cac>

PRIEDAI

GRANULIOMETRINĖS SUDETIES REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 933-1

Paėmimo vieta:

Valstybinės reikšmės magistralinis kelias, matavimo vieta Nr. 1, skaldos pagrindo sl.

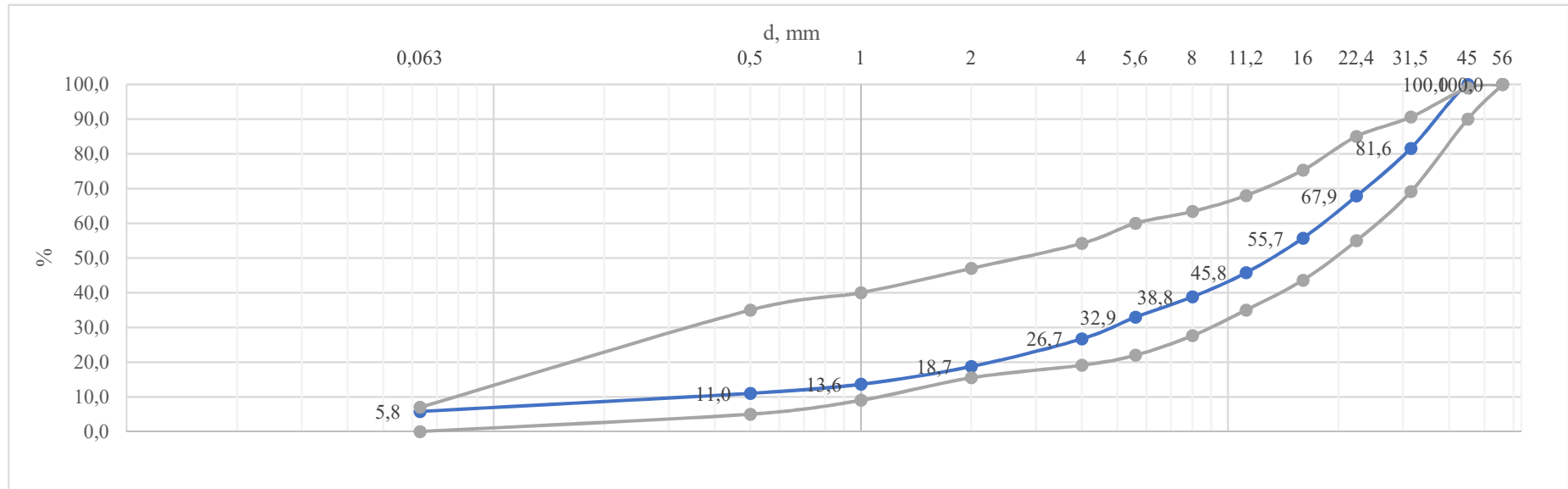
Medžiagos pavadinimas:

Dolomito skaldos ir atsijų mišinys 0/45

Bandinio masė, g

21721

Sietų akučių dydis , mm	<0,063	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56
Dalinė liekana ant sieto , g	1257,3	1132,2	569,3	1113,4	1728,5	1354,7	1273,1	1508,8	2165,5	2638,4	2982,2	3997,3	0,0	0,0
Dalinė liekana ant sieto , %	5,8	5,2	2,6	5,1	8,0	6,2	5,9	6,9	10,0	12,1	13,7	18,4	0,0	0,0
Visa liekana ant sieto , %	100,0	94,2	89,0	86,4	81,3	73,3	67,1	61,2	54,2	44,3	32,1	18,4	0,0	0,0
Prabyra pro sietą , %	0,0	5,8	11,0	13,6	18,7	26,7	32,9	38,8	45,8	55,7	67,9	81,6	100,0	100,0



GRANULIOMETRINĖS SUDĖTIES REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 933-1

Paėmimo vieta:

Valstybinės reikšmės magistralinis kelias, matavimo vieta Nr. 3, skaldos pagrindo sl.

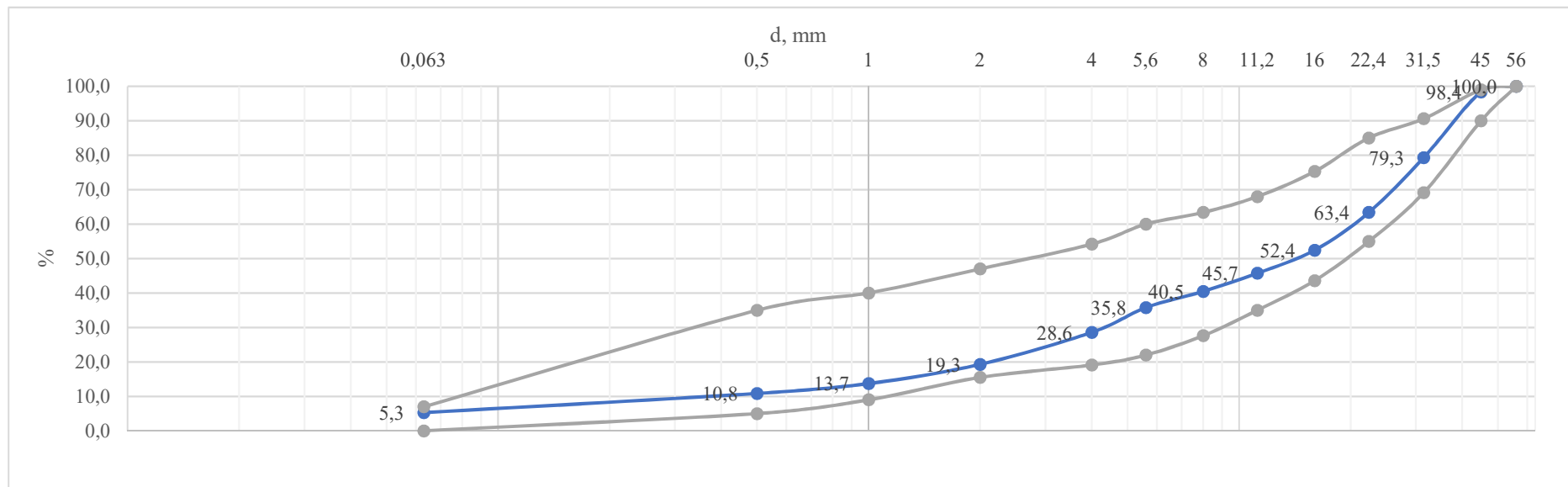
Medžiagos pavadinimas:

Dolomito skaldos ir atsijų mišinys 0/45

Bandinio masė, g

21739

Sietų akučių dydis , mm	<0,063	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56
Dalinė liekana ant sieto , g	1146,7	1210,7	624,7	1211,6	2019,7	1561,5	1022,3	1144,4	1457,1	2383,9	3455,1	4153,7	347,9	0
Dalinė liekana ant sieto , %	5,3	5,6	2,9	5,6	9,3	7,2	4,7	5,3	6,7	11,0	15,9	19,1	1,6	0,0
Visa liekana ant sieto , %	100,0	94,7	89,2	86,3	80,7	71,4	64,2	59,5	54,3	47,6	36,6	20,7	1,6	0,0
Prabyra pro sietą , %	0,0	5,3	10,8	13,7	19,3	28,6	35,8	40,5	45,7	52,4	63,4	79,3	98,4	100,0

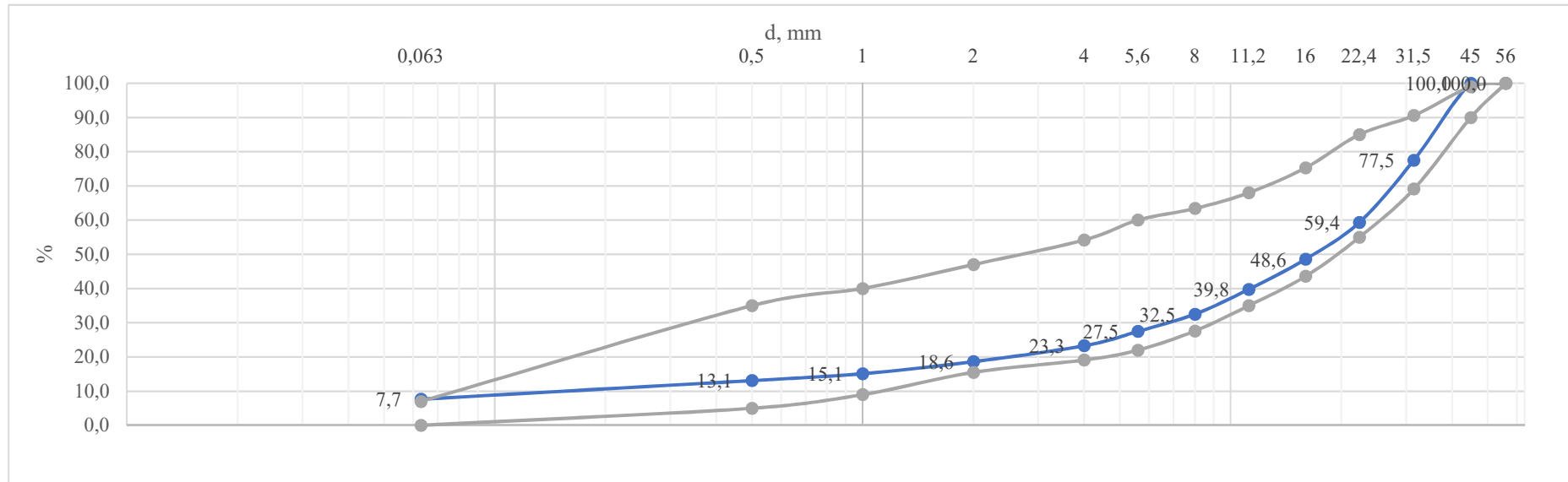


GRANULIOMETRINĖS SUDĖTIES REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 933-1

Paėmimo vieta: Vietinės reikšmės kelias, matavimo vieta Nr. 1, skaldos pagrindo sl.
Medžiagos pavadinimas: Dolomito skaldos ir atsijų mišinys 0/45

Bandinio masė, g 21935

Sietų akučių dydis , mm	<0,063	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56
Dalinė liekana ant sieto , g	1679,5	1190,4	441,8	773	1020	920,4	1105,9	1591,4	1937	2361,1	3978,7	4935,4	0	0
Dalinė liekana ant sieto , %	7,7	5,4	2,0	3,5	4,7	4,2	5,0	7,3	8,8	10,8	18,1	22,5	0,0	0,0
Visa liekana ant sieto , %	100,0	92,3	86,9	84,9	81,4	76,7	72,5	67,5	60,2	51,4	40,6	22,5	0,0	0,0
Prabyra pro sietą , %	0,0	7,7	13,1	15,1	18,6	23,3	27,5	32,5	39,8	48,6	59,4	77,5	100,0	100,0



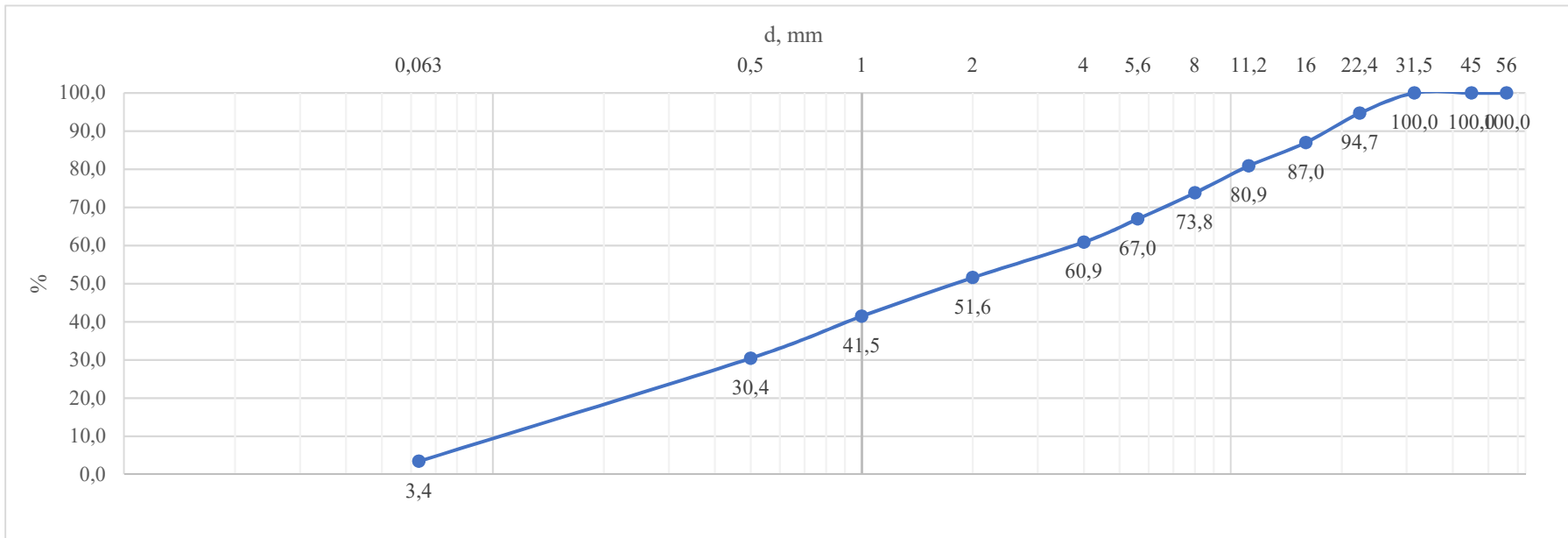
GRANULIOMETRINĖS SUDĖTIES REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 933-1

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 1, šalčiui atsparus sluoksnis.
Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Bandinio masė, g 1755

Sietų akučių dydis , mm	<0,063	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56
Dalinė liekana ant sieto , g	59,8	474,3	193,7	177,5	163,3	106,6	119,7	124,3	107,7	135,3	92,7	0	0	0
Dalinė liekana ant sieto , %	3,4	27,0	11,0	10,1	9,3	6,1	6,8	7,1	6,1	7,7	5,3	0,0	0,0	0,0
Visa liekana ant sieto , %	100,0	96,6	69,6	58,5	48,4	39,1	33,0	26,2	19,1	13,0	5,3	0,0	0,0	0,0
Prabyra pro sietą , %	0,0	3,4	30,4	41,5	51,6	60,9	67,0	73,8	80,9	87,0	94,7	100,0	100,0	100,0

Cu= 40 Cc= 0,625



PROKTORO TANKIO NUSTATYMO REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 13286-2

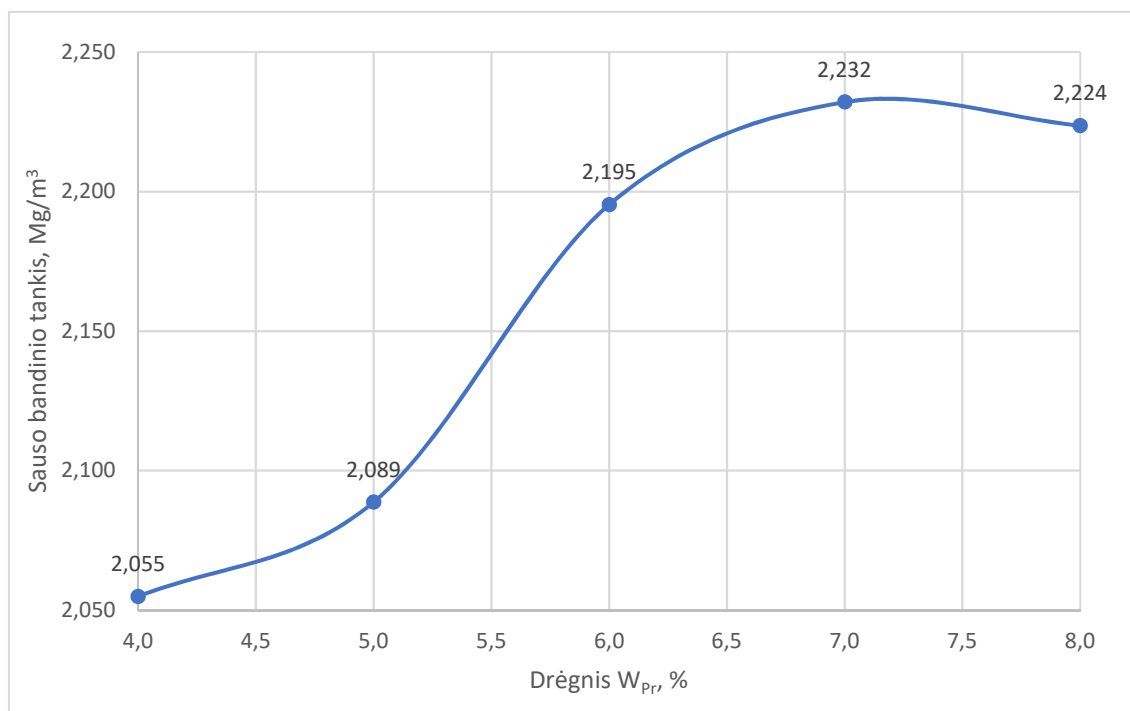
Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 1, šalčiui atsparus sluoksnis.
Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Bandymo cilindro skersmuo, mm:	150
Bandymo cilindro aukštis, mm:	120
Plūktuvo masė, kg:	2,5
Kritimo aukštis, mm:	305
Sluoksnių skaičius:	3
Smūgių skaičius kiekvienam sluoksniui:	56
Dalelių likusių ant 16 mm, bandymo sieto kiekis, %	87

Bandinio Nr.		1	2	3	4	5
Bandinio drėgnis, %	w	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Formos masė, g	m ₁	13046	13046	13046	13046	13046
Formos ir sutankinto bandinio masė, g	m ₂	17580	17699	17983	18113	18141
Cilindro tūris, ml	V	2121,6	2121,6	2121,6	2121,6	2121,6
Bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho = (m_2 - m_1)/V$	2,137	2,193	2,327	2,388	2,401
Sauso bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$	2,055	2,089	2,195	2,232	2,224

PROKTORO KREIVĖ

Proktoro tankis ρ_{Pr} , Mg/m ³	2,235
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	7,3



TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 1, šalčiui atsparus sluoksnis.

Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,214
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	2,089
Grunto drėgnis W, %	6,0

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	2,235
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	7,3

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	93,5
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	0,82

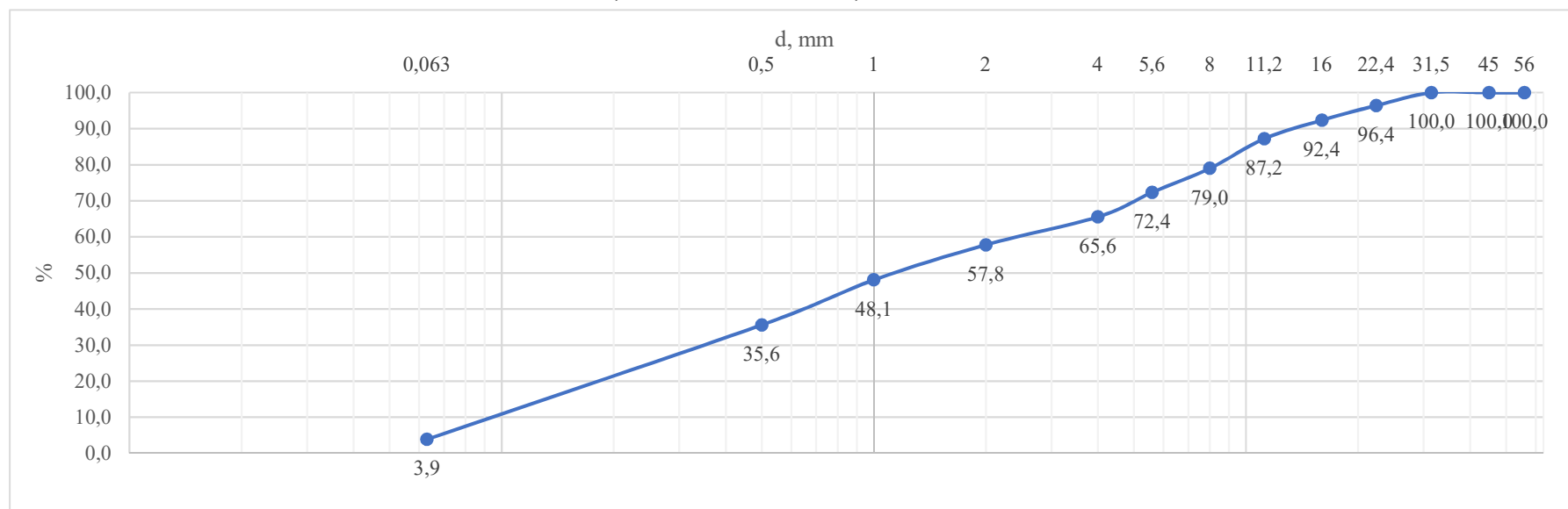
GRANULIOMETRINĖS SUDĖTIES REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 933-1

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 3, šalčiui atsparus sluoksnis.
Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Bandinio masė, g 3461

Sietų akučių dydis , mm	<0,063	0,063	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	56
Dalinė liekana ant sieto , g	134	1098,3	432,1	336,7	267,8	236,1	230	284,3	178,1	140,1	123,8	0	0	0
Dalinė liekana ant sieto , %	3,9	31,7	12,5	9,7	7,7	6,8	6,6	8,2	5,1	4,0	3,6	0,0	0,0	0,0
Visa liekana ant sieto , %	100,0	96,1	64,4	51,9	42,2	34,4	27,6	21,0	12,8	7,6	3,6	0,0	0,0	0,0
Prabyra pro sietą , %	0,0	3,9	35,6	48,1	57,8	65,6	72,4	79,0	87,2	92,4	96,4	100,0	100,0	100,0

$C_u = 27,8$ $C_c = 0,28$



PROKTORO TANKIO NUSTATYMO REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 13286-2

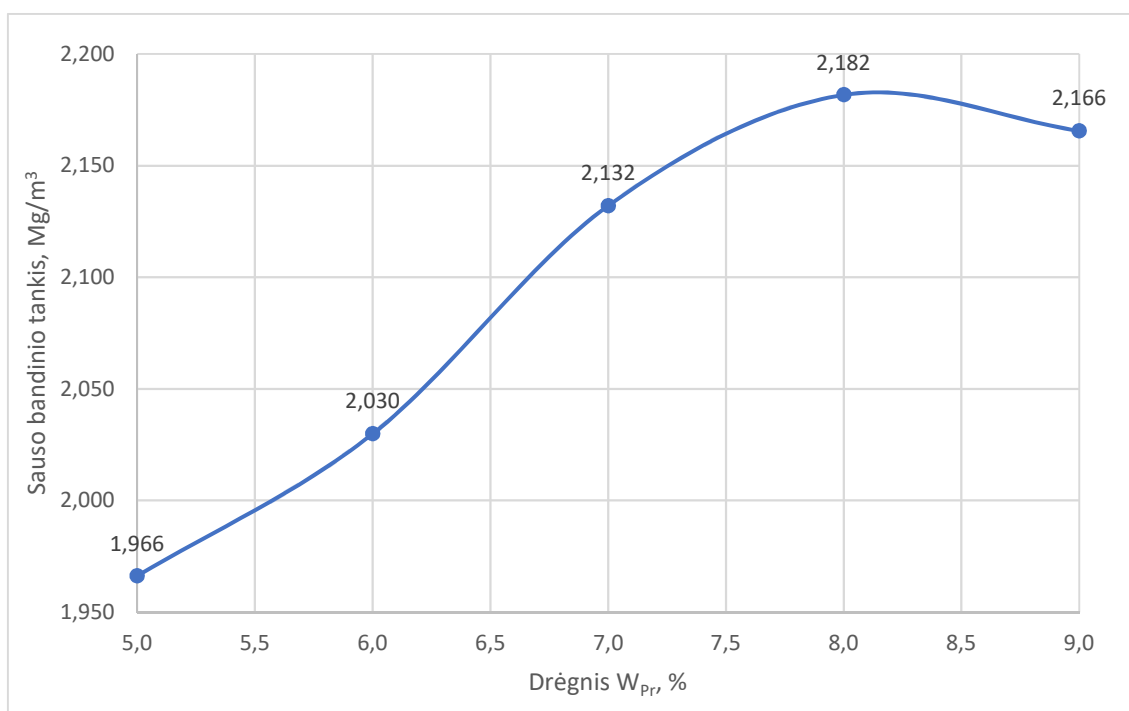
Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 3, šalčiui atsparus sluoksnis.
Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Bandymo cilindro skersmuo, mm:	150
Bandymo cilindro aukštis, mm:	120
Plūktuvo masė, kg:	2,5
Kritimo aukštis, mm:	305
Sluoksnių skaičius:	3
Smūgių skaičius kiekvienam sluoksniui:	56
Dalelių likusių ant 16 mm, bandymo sieto kiekis, %	92,4

Bandinio Nr.		1	2	3	4	5
Bandinio drėgnis, %	w	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Formos masė, g	m ₁	13046	13046	13046	13046	13046
Formos ir sutankinto bandinio masė, g	m ₂	17426	17611	17886	18045	18054
Cilindro tūris, ml	V	2121,6	2121,6	2121,6	2121,6	2121,6
Bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho = (m_2 - m_1)/V$	2,064	2,152	2,281	2,356	2,360
Sauso bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$	1,966	2,030	2,132	2,182	2,166

PROKTORO KREIVĖ

Proktoro tankis ρ_{Pr} , Mg/m ³	2,185
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	8,2



TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 1, šalčiui atsparus sluoksnis.

Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,452
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	2,298
Grunto drėgnis W, %	6,7

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	2,235
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	7,3

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	102,8
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	0,92

PASTABA: tankis nustatytas po papildomo tankinimo

TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 3, šalčiui atsparus sluoksnis.

Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,379
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	2,215
Grunto drėgnis W, %	7,4

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	2,185
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	8,2

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	101,4
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	0,90

TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, matavimo vieta Nr. 5, šalčiui atsparus sluoksnis.
Medžiagos pavadinimas: Žvyras ŽP

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,359
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	2,203
Grunto drėgnis W, %	7,1

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	2,185
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	8,2

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	100,8
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	0,87

PROKTORO TANKIO NUSTATYMO REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 13286-2

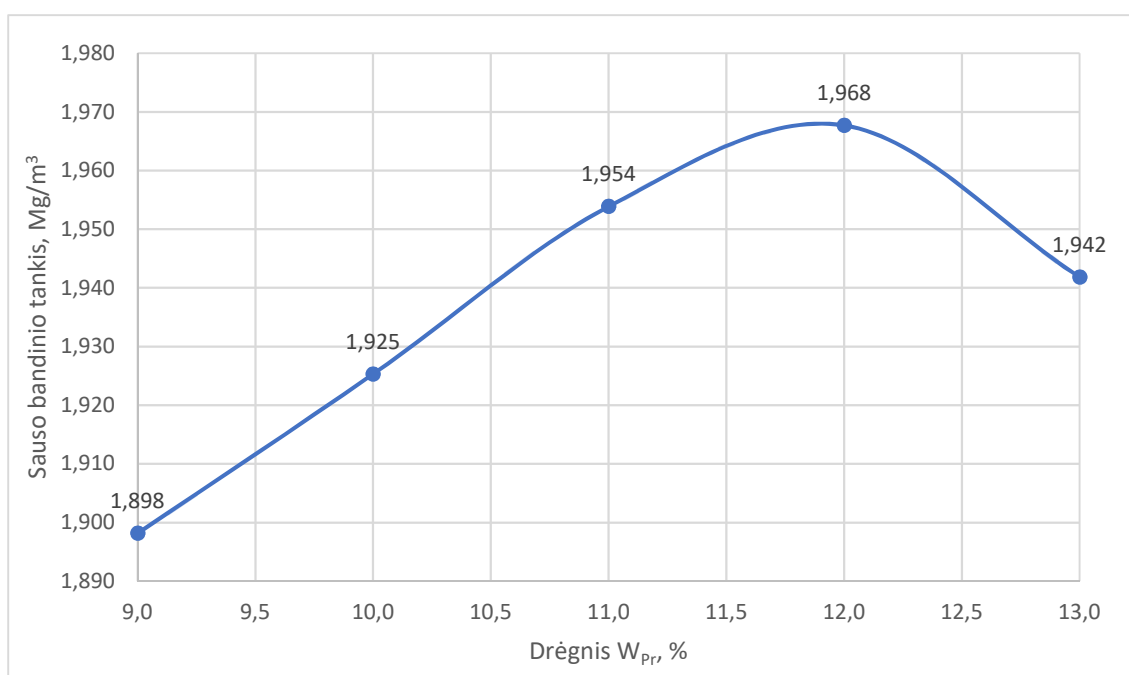
Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 1, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Bandymo cilindro skersmuo, mm:	100
Bandymo cilindro aukštis, mm:	120
Plūktuvo masė, kg:	2,5
Kritimo aukštis, mm:	305
Sluoksnių skaičius:	3
Smūgių skaičius kiekvienam sluoksniui:	25
Dalelių likusių ant 16 mm, bandymo sieto kiekis, %	100

Bandinio Nr.		1	2	3	4	5
Bandinio drėgnis, %	w	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
Formos masė, g	m ₁	2345	2345	2345	2345	2345
Formos ir sutankinto bandinio masė, g	m ₂	4294	4340	4388	4421	4412
Cilindro tūris, ml	V	942	942	942	942	942
Bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho = (m_2 - m_1)/V$	2,069	2,118	2,169	2,204	2,194
Sauso bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$	1,898	1,925	1,954	1,968	1,942

PROKTORO KREIVĖ

Proktoro tankis ρ_{Pr} , Mg/m ³	1,970
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	11,9



TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 1, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,139
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	1,910
Grunto drėgnis W , %	12,0

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	1,970
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	11,9

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	97,0
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	1,01

PROKTORO TANKIO NUSTATYMO REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 13286-2

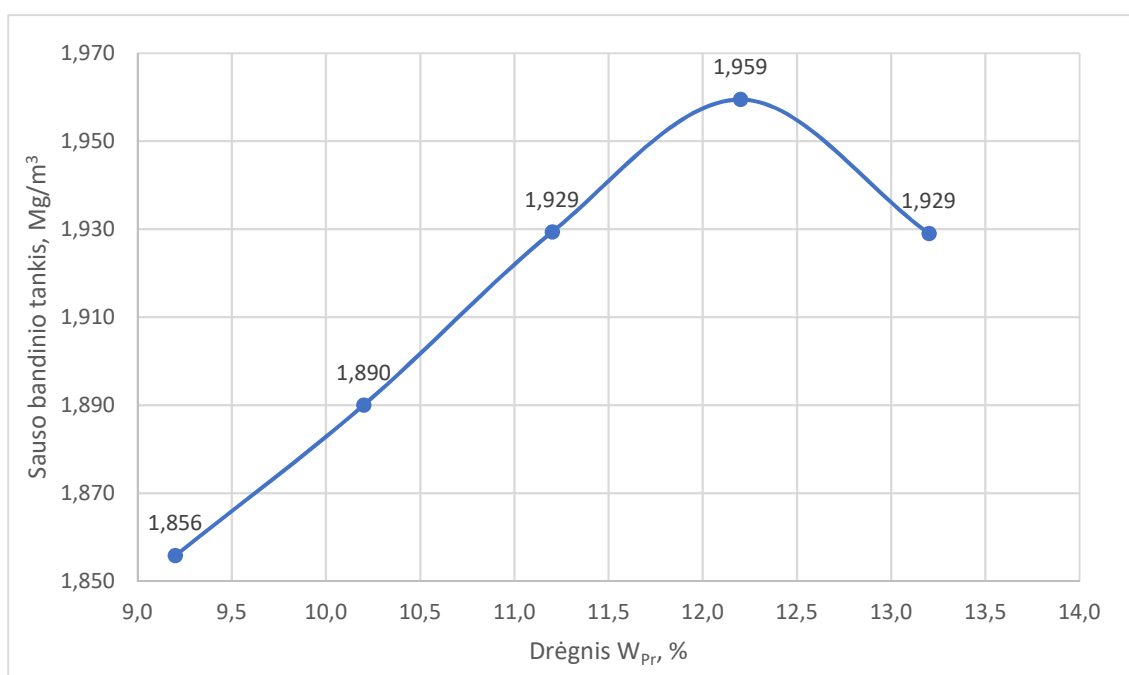
Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 3, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Bandymo cilindro skersmuo, mm:	100
Bandymo cilindro aukštis, mm:	120
Plūktuvo masė, kg:	2,5
Kritimo aukštis, mm:	305
Sluoksnių skaičius:	3
Smūgių skaičius kiekvienam sluoksniui:	25
Dalelių likusių ant 16 mm, bandymo sieto kiekis, %	100

Bandinio Nr.		1	2	3	4	5
Bandinio drėgnis, %	w	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2
Formos masė, g	m ₁	2345	2345	2345	2345	2345
Formos ir sutankinto bandinio masė, g	m ₂	4254	4307	4366	4416	4402
Cilindro tūris, ml	V	942	942	942	942	942
Bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho = (m_2 - m_1)/V$	2,027	2,083	2,145	2,199	2,184
Sauso bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$	1,856	1,890	1,929	1,959	1,929

PROKTORO KREIVĖ

Proktoro tankis ρ_{Pr} , Mg/m ³	1,959
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	12,2



TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 3, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,139
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	1,910
Grunto drėgnis W , %	12,0

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	1,959
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	12,2

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	97,5
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	0,98

PROKTORO TANKIO NUSTATYMO REZULTATAI
STANDARTAS LST EN 13286-2

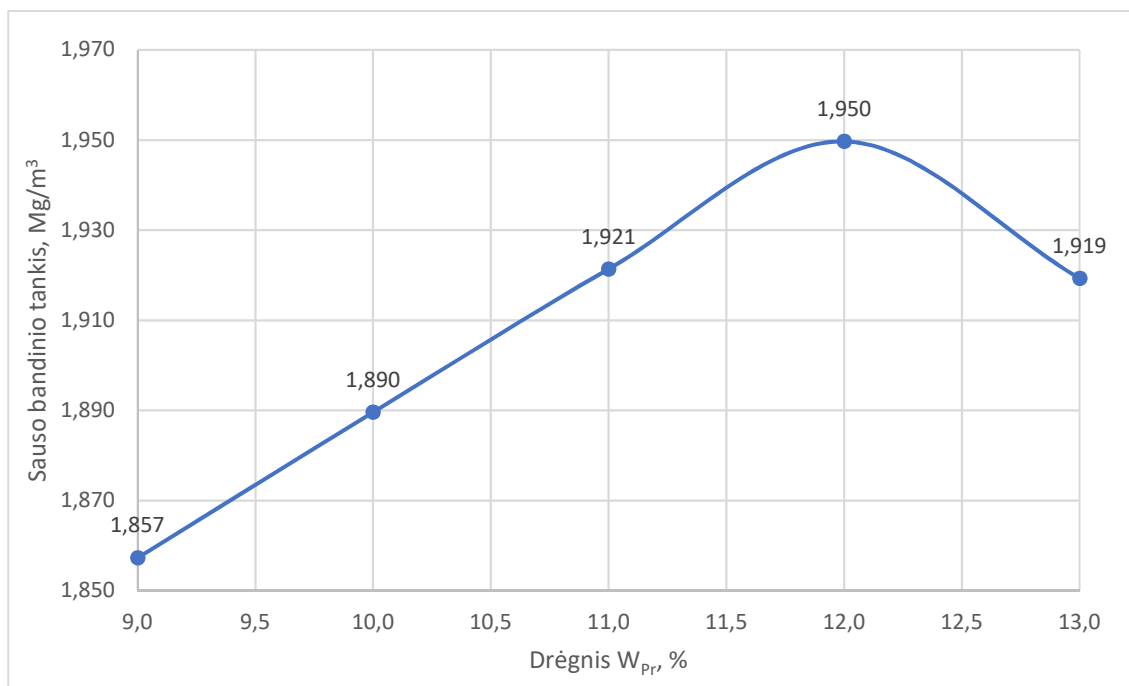
Paėmimo vieta: Valstybinės reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 5, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Bandymo cilindro skersmuo, mm:	100
Bandymo cilindro aukštis, mm:	120
Plūktuvo masė, kg:	2,5
Kritimo aukštis, mm:	305
Sluoksnių skaičius:	3
Smūgių skaičius kiekvienam sluoksniui:	25
Dalelių likusių ant 16 mm, bandymo sieto kiekis, %	100

Bandinio Nr.		1	2	3	4	5
Bandinio drėgnis, %	w	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
Formos masė, g	m ₁	2345	2345	2345	2345	2345
Formos ir sutankinto bandinio masė, g	m ₂	4252	4303	4354	4402	4388
Cilindro tūris, ml	V	942	942	942	942	942
Bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho = (m_2 - m_1)/V$	2,024	2,079	2,133	2,184	2,169
Sauso bandinio tankis, Mg/m ³	$\rho_d = (100 \times \rho) / (100 + w)$	1,857	1,890	1,921	1,950	1,919

PROKTORO KREIVĖ

Proktoro tankis ρ_{Pr} , Mg/m ³	1,950
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	12,0



TANKIO NUSTATYMO (ŽIEDO METODU) REZULTATAI
STANDARTAS LST 1360.6:1995 (V-1)

Paėmimo vieta: Valstybinė reikšmės krašto kelias, matavimo vieta Nr. 5, žemės sankasa.
Medžiagos pavadinimas: Natūralus gruntas

Grunto tankis (žiedo metodu):

Drėgno grunto tankis ρ , g/cm ³	2,150
Sauso grunto tankis ρ_d , g/cm ³	1,920
Grunto drėgnis W , %	11,7

Proktoro bandymas:

Proktoro tankis ρ_{Pr} , g/cm ³	1,950
Optimalus grunto drėgnis W_{Pr} , %	12,0

Sutankinimo rodiklis D_{Pr} , %	98,5
Grunto perdrėkimo laipsnis K_w	1,00

Bandymų statinė sija (štampu) duomenys ir rezultatai

Objektas:	Valstybinės reikšmės magistralinis kelias, skaldos pagrindo sluoksnis																	
Įtempimai σ_0 , MPa	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	0,5	0,25	0,12	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	Matavimo rezultatai	
Matavimo vieta	Deformacija plokštės centre s, mm																Ev2, MPa	Ev2/Ev1
1	0,46	0,78	1	1,2	1,39	1,5	1,61	1,53	1,39	0,93	1,16	1,3	1,4	1,49	1,58	1,64	151,1	1,91
2	0,2	0,53	0,75	0,92	1,04	1,14	1,25	1,18	1,05	0,68	0,83	0,95	1,05	1,14	1,23	1,28	172,0	1,99
3	0,39	0,7	0,93	1,11	1,34	1,41	1,48	1,43	1,32	0,91	1,07	1,2	1,3	1,38	1,48	1,53	167,6	2,1
4	0,33	0,5	0,66	0,81	0,98	1,04	1,17	1,1	0,97	0,62	0,69	0,81	0,92	0,97	1,04	1,09	211,7	1,86
5	0,29	0,62	0,9	1,07	1,24	1,34	1,43	1,4	1,29	0,83	1,06	1,19	1,28	1,36	1,44	1,5	162,3	2,11
6	0,17	0,42	0,59	0,71	0,86	0,97	1,04	1	0,9	0,62	0,71	0,81	0,87	0,96	1,02	1,05	233,0	2,2

Objektas:	Vietinės reikšmės kelias, skaldos pagrindo sluoksnis																	
Įtempimai σ_0 , MPa	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	0,5	0,25	0,12	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	Matavimo rezultatai	
Matavimo vieta	Deformacija plokštės centre s, mm																Ev2, MPa	Ev2/Ev1
7	0,44	0,97	1,45	1,83	2,17	2,37	2,58	2,45	2,23	1,5	1,85	2,05	2,22	2,36	2,53	2,64	94,2	2,2
8	0,36	0,82	1,15	1,52	1,83	2,07	2,25	2,06	1,84	1,24	1,45	1,63	1,81	1,97	2,14	2,25	101,6	2,07
9	0,38	0,77	1,06	1,32	1,54	1,7	1,84	1,73	1,55	0,96	1,46	1,57	1,66	1,73	1,81	1,89	129,4	2,1
10	0,3	0,57	0,84	1,14	1,45	1,65	1,94	1,77	1,6	1,12	1,33	1,48	1,61	1,73	1,88	1,97	123,6	2,0
11	0,3	0,66	0,92	1,16	1,37	1,49	1,62	1,54	1,4	0,98	1,13	1,27	1,38	1,49	1,58	1,66	152,3	2,22

Bandymų statinė sija (štampu) duomenys ir rezultatai

Objektas:	Valstybinės reikšmės rajoninis kelias, šalčiui atsparus sluoksnis																Matavimo rezultatai	
Įtempimai σ_0 , MPa	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	0,5	0,25	0,12	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	Matavimo rezultatai	
Matavimo vieta	Deformacija plokštės centre s, mm																Ev2, MPa	Ev2/Ev1
1	0,94	2,06	3,19	4,44	5,54	0	0	4,8	3,98	3,11	3,47	4,01	4,42	4,87	0	0	40,3	2,58
1	0,3	0,57	0,84	1,14	1,45	1,65	1,94	1,77	1,6	1,06	1,33	1,48	1,61	1,73	1,88	1,97	117,8	1,90
2	0,22	0,47	0,72	1,04	1,37	1,61	1,94	1,72	1,45	0,9	1,05	1,2	1,37	1,56	1,75	1,9	102,3	1,68
3	0,3	0,61	0,91	1,25	1,55	1,76	2,04	1,86	1,64	1,09	1,33	1,51	1,69	1,85	1,99	2,1	102,6	1,81
4	0,35	0,75	1,15	1,6	1,97	2,18	2,47	2,27	2	1,37	1,59	1,8	2,04	2,22	2,38	2,51	88,9	2,00
5	0,3	0,68	1,02	1,34	1,69	2,03	2,34	2,13	1,94	1,31	1,53	1,68	1,86	2,07	2,27	2,42	93,4	1,87

Objektas:	Valstybinės reikšmės krašto kelias, žemės sankasa																Matavimo rezultatai	
Įtempimai σ_0 , MPa	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	0,5	0,25	0,12	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,45	Matavimo rezultatai	
Matavimo vieta	Deformacija plokštės centre s, mm																Ev2, MPa	Ev2/Ev1
1	0,69	1,36	2,24	3,3	4,02	4,47	5,06	4,62	4,11	2,98	3,43	3,79	4,2	4,53	4,84	5,01	49,8	2,34
2	0,34	0,76	1,35	2,06	2,9	3,48	4,08	3,78	3,34	2,11	2,44	2,8	3,18	3,52	3,86	4,1	50,8	1,85
3	0,77	1,57	2,23	3,02	3,66	4,04	4,49	4,14	3,36	2,45	2,88	3,3	3,7	4,04	4,36	4,6	47,5	1,89
4	0,8	1,69	2,38	3,09	3,78	4,29	4,68	4,29	3,74	2,6	3,02	3,44	3,79	4,14	4,44	4,69	49,1	2,03
5	0,65	1,31	1,92	2,66	3,23	3,61	3,9	3,63	3,21	2,17	2,65	2,92	3,19	3,48	3,75	3,96	59,3	2,12