



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO VERSLO IR TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS

Agnė Miliūtė
GERBŪVIO AIKŠTELIŲ ĮRENGIMAS, PANAUDOJANT
PERDIRBTĄ STATYBINĮ LAUŽĄ

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. dr. Saulius Sušinskas

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO VERSLO IR TECHNOLOGIJŲ FAKULTETAS
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas
(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus
(data)

GERBŪVIO AIKŠTELIŲ ĮRENGIMAS, PANAUDOJANT
PERDIRBTĄ STATYBINĮ LAUŽĄ

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Saulius Sušinskas
(data)

Recenzentas

(parašas) Prof. habil. dr. Jonas Bareišis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Agnė Miliūtė
(data)

KAUNAS, 2016

Miliūtė, A. Gerbūvio aikštelių įrengimas, panaudojant perdirbtą statybinių laužą. Magistro baigiamasis projektas / Vadovas doc. dr. Saulius Sušinskas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, Technologijų katedra. Panevėžys, 2016. 52 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe tiriamos antrinių žaliavų panaudojimo galimybės. Apžvelgiamos pasaulyje vyraujančios antrinių žaliavų panaudojimo tendencijos. Šiomis dienomis statybų sektoriuje susidaro ganėtinai didelis statybinių atliekų kiekis. Siekiant užkirsti kelią ekologinei ir ekonominei katastrofai, siūloma galimas statybines atliekas perdirbti ir jas panaudoti antrą kartą. Įvairių šalių mokslininkai ištyrė tokių žaliavų panaudojimo atitinkamuose gaminiuose ir konstrukcijose tendencijas.

Tiriamajame darbe buvo tiriamas galimas trupinto betono skaldos panaudojimas, vietoje dolomitinės skaldos įrengiant laikinus kelius, aikšteles bei pagrindus po konstrukcijomis. Gautos E_{v2} vertės atitinka Lietuvos Respublikos teisės aktuose keliamus reikalavimus. Ekologiniu-ekonominiu aspektu naudoti antrines žaliavas naudinga dėl gaunamų mechaninių ir fizikinių savybių. Ekonominiska pigiau įrengti pagrindus iš trupinto betono skaldos negu iš dolomitinės skaldos.

A. Miliūtė, Welfare site installation using a recycled construction debris. Final project of Master Degree/ Supervisor doc. dr. Saulius Sušinskas Kaunas University of Technology, Panevėžys Faculty of Business and Technology, Department of Technology, – Panevėžys: 2016, 52 p.

SUMMARY

In conclusion of the master thesis investigated the possibility of secondary raw materials. An overview of global trends with the use of secondary raw materials. These days, the construction sector generated relatively large amounts of construction waste. In order to prevent the ecological and economic disaster, it is suggested that there is possibility that waste construction materials can be recycled and reused. Scientists from various countries have examined trends in the use of recycled materials in the products and constructions.

In this thesis it was studied that it is possible to use crushed concrete rubble instead of dolomite rubble in the construction of temporary carriageway roads, welfare, and the basics under the structure. The resulting value of deformation modules E_{v2} meets the requirements of the Republic of Lithuania. Eco - economic approach to the use of secondary materials is useful for incoming mechanical and physical properties. In economic terms, it is cheaper to install foundations with crushed concrete rubble compared with respect to dolomite rubble.

TURINYS

ĮVADAS.....	7
1. STATYBINIŲ ATLIEKŲ PANAUDOJIMO TENDENCIJOS PASAULYJE.....	8
2. APLINKOTVARKOS ESMINIAI PRINCIPAI	11
3. TRUPINTO BETONO ATLIEKŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS.....	18
3.1 Natūraliai skaldai keliami reikalavimai įrenginėjant laikinus kelius, pagrindo sluoksnius	20
4. TIRIAMOJI DALIS	24
4.1 Inžineriniai geologiniai tyrimai	24
4.2 Duomenys apie nagrinėjamą sklypą.....	25
4.3 Grunto sudėtis, mechaninės, fizinės savybės ir inžineriniai geologiniai sluoksniai (IGS)	26
4.4 Pagrindinės aplinkotvarkos sklypo charakteristikos	31
4.5 Rezultatų analizė	40
4.6 Ekonominis antrinių žaliavų panaudojimo efektyvumas	48
5. IŠVADOS	49
LITERATŪRA.....	50
PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS	
2.1 pav. Aikštelės paruošimas žemės darbams. Laikinių kelių suformavimas iš trupinto betono skaldos.....	11
2.2 pav. Žemės darbai, aikštelės paruošimo darbai.....	12
2.3 pav. Trupinto betono skaldos panaudojimas, laikiniems aikštelės keliams. Trupinto betono skaldos panaudojimas įrengiant pagrindus, prieš grindų liejimą.	13
2.4 pav. Asfaltbetonio dangos konstrukcijos ir keliami reikalavimai. Rekonstruojamos dangos konstrukcijos reikalavimai. (Statomame objekte)	14
2.5 pav. Betoninių trinkelėlių danga. Asfaltbetonio danga.....	14
2.6 pav. Geotinklas su dirvožemio ir trupinto betono užpildo skalda – gaisrinio pravažiavimo dangos konstrukcija. Įrengiama detalė.	15
2.7 pav. Betoninė tvora. Metalinė segmentinė tvora su betoniniais pagrindais, betoninių pamatu.....	15
2.8 pav. Betoniniai klombai. Dekoratyvinė žolė.....	16
2.9 pav. Nuogrindos įrengimo detalė šalia pastato.....	16
2.10 pav. Betoniniai mažosios architektūros elementai, suoliukai, šiukšliadėžės.....	17
3.1 pav. a)- griunama „Skaitek“ gamykla Vilniaus Paupyje. b)- griunamas neeksplotuotas savavališkai pastatytas namas Vilniaus Verkių sodininkų bendrijoje.	19
4.1.1 pav. Atliktų gręžinių nužymėjimo planas.....	25
4.3.1 pav. Laboratorijoje atlikti tyrimų rezultatai.	28
4.3.2 pav. Gruntų geotechninių rodiklių suvestinės lentelė.	29
4.3.3 pav. Granuliometrinės sudėties pasiskirstymas.....	30
4.3.4 pav. Geologinis litologinis esamo sklypo pjūvis.....	30

4.3.5 pav. Gręžinio Nr. 1 charakteristikos išdėstytos lentelėje.	31
4.4.1 pav. Iš ST 188710638.06:2004 VII skirsnis. 11 lentelė.	32
4.4.2 pav. Grindų detalės. Pravažiavimo takų detalės.	36
4.4.3 pav. Dolomitinės skaldos sluoksnių pasiekiamas statinis deformacijos modulis.	38
4.4.4 pav. Dinaminio štampos bandymas. Benkelmeno sijos bandymas.	40
4.5.1 pav. dolomitinės ir trupinto betono skaldos palyginamoji diagrama.	43
4.5.2 pav. Dinaminio štampos atliktų bandymų rezultatų ataskaita.	44
4.5.3 pav. bandomo taško vieta, pažymėta esamame plane.	44
4.5.4 pav. δ įtempių kitimo diagrama priklausomai nuo apkrovos kas -10cm indikatoriaus.	46
4.5.5 pav. Dinaminio štampos rezultatai. Nužymėjimo planas. (po kelio, rampų, aikštelių k-jų pagrindais) ...	47
4.5.6 pav. Rezervuaro pagrindų planas, tirtų taškų vietos. Dinaminio štampos rezultatai.	47
4.5.7 pav. statinio ir deformacinio modulio reikšmės gautos naudojant trupinto betono skaldą.	48

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Mineralinių medžiagų atsparumo šalčiui reikalavimai. Galimi nuostoliai.	22
2 lentelė. Žaliavų vidutinis tankis, stipris gniuždant ir atsparumas smūgiams	22
3 lentelė. Los Angelo koeficiento didžiausios reikšmės	23
4 lentelė. Laboratorijoje atlikti tyrimų rezultatai.	28
5 lentelė. Dinaminio štampos duomenys.	29
6 lentelė. Reikalaujamos žvyro arba skaldos pagrindo sluoksnio deformacijos modulio E_{v2} vertės (įT SBR 07 taisyklės)	33
7 lentelė. Reikalavimai RC kartotinio panaudojimo statybinių medžiagų sudėtinėms dalims.(TRA MIN 07 2 priedas).....	34
8 lentelė. Reikalavimai granulimetrinei sudėčiai	34
9 lentelė. Sutankinimo laipsnio, statinio bei dinaminio deformacijų modulių orientacinė priklausomybė pagal grunto grupes.....	38
10 lentelė. Granulimetrinės sudėties nustatymas- siojimo metodas.....	40
11 lentelė. Rodikliai vertės.....	41
12 lentelė. Dolomitinės skaldos granulimetrinės sudėties nustatymas- siojimo metodas.....	42
13 lentelė. Trupintos betono skaldos sutankinimo patikrinimo rezultatai prieš grindų betonavimą.	44
14 lentelė. Bandymo štampu rezultatai prieš grindų betonavimą kai alt. - 0,12.	45
15 lentelė. Matavimo rezultatai pagal LST 1360.5:1995	45
16 lentelė. Trupintos betono skaldos pagrindų sutankinimo patikrinimo rezultatai(po aikštelėms, kelio, rampų zonomis).	46
17 lentelė. Rezervuaro pagrindų sutankinimo ataskaitos rezultatai.....	47

IVADAS

Visame pasaulyje statybų sektoriuje egzistuoja tendencija, jog viena iš pagrindinių charakteristikų statomame objekte ar statinyje – geri, tvirti ir tinkamai eksploatacijai paruošti būsimo statinio ar inžinerinio statinio pagrindai. Įrengus pagrindus pradinėje stadijoje, bus didesnė tikimybė, kad statinys bus tinkamas naudoti ir eksploatuoti, siekiant išvengti galimų nesklandumų. Prieš pradėdant projektavimo darbus atliekami išsamūs būsimo projekto – statinio inžineriniai geologiniai tyrimai, kuriais nustatoma, kokie natūralūs pagrindai yra susiformavę grunte.

Kasmet statybų sektoriuje susikaupia vis daugiau statybinių bei griovimo atliekų. Statybinės atliekos – tai liekanos, susidarančios statybų proceso metu vykdant statybas, griaunant, renovuojant, rekonstruojant objektus. Kasdien statybų aikštelėse susidaro daug betono atliekų, kurias galima panaudoti statybų sektoriuje vietoje skaldos, nes statybų pramonės procesuose sunaudojamos šios žaliavos. Atsižvelgiant į visus šiuos paminėtus aspektus, galima teigti, kad antrinių žaliavų panaudojimas yra aktualus darnios statybos principams vykdyti. Dalis žemėje slūgsančių medžiagų – neatsinaujinančios, todėl statybos sektoriaus dalyviai privalo racionaliai panaudoti išteklius bei sugalvoti atitinkamus būdus griovimo atliekų panaudojimui. 2012 metų statistikos duomenimis, statybos ir griovimo atliekos sudaro net 33 proc. visų atliekų, susidariusių 28 Europos Sąjungos šalyse, t. y. apie 821 mln. tonų. Statybinių atliekų kiekis įspūdingas: šių atliekų Prancūzijoje sudaro – 246 mln. tonų, Vokietijoje – 198 mln. tonų, o Lietuvoje sudaro net apie 419 tūkst. tonų atliekų. Pabrėžtina, kad statybinių atliekų tvarkymas yra aktualus ekologiniu aspektu ne tik perdirbant betoninius, gelžbetoninius nebenaudojamus gaminius, bet ir griaunant senus pastatus, ir panaudojant jų antrines žaliavas išgaunamas iš trupinto betono. Šią antrinę žaliavą galima panaudoti įrengiant pagrindus keliams, aikštelėms, autodromams bei aplinkotvarkos tikslais.

Darbo tikslas – išanalizuoti antrinių žaliavų panaudojimą bei jų charakteristikas.

Darbo uždaviniai :

1. Išnagrinėti statybinio laužo panaudojimo galimybes statybų sektoriuje.
2. Išanalizuoti trupinto betono atliekų panaudojimą, įrengiant pagrindo sluoksnius statybos metu.
3. Įvertinti trupinto betono ir dolomitinės skaldos charakteristikas bei palyginti gaunamus rezultatus.

1. STATYBINIŲ ATLIEKŲ PANAUDOJIMO TENDENCIJOS PASAULYJE

Pasaulyje susiduriama su viena iš didžiausių problemų – besaikiu išteklių naudojimu, nes vis daugėja nepalankių veiksnių aplinkai: klimato kaita, miško nykimas bei biologinės įvairovės praradimas. Galima teigti, kad viena iš pagrindinių priežasčių yra pasaulinė gamybos rinkla, nes naudojamų išteklių kiekis ir absorbuojamų atliekų kiekis apytiksliai siekia jau net 1,5 planetos išteklių kiekio. Analizuojant Europos Komisijos susirinkimų aktus pastebėta, kad siekiama sukurti tokią darnią sistemą, kurioje būtų užtikrintas tvarus išteklių naudojimas ir iškeliamos tokios sąlygos:

- Pakopinis išteklių naudojimas;
- tvari išteklių gavyba;
- atliekų hierarchija;
- uždarysis neatsinaujinančių išteklių naudojimas;
- atsinaujinančių išteklių efektyvus naudojimas, atsižvelgiant į išteklių gyvavimo ciklą;
- antrinių žaliavų panaudojimo galimybės įvairiuose sektoriuose.

Didžiausias dėmesys turėtų būti sutelktas į tai, jog optimalus panaudojamas išteklių kiekis nustatomas jau projektavimo stadijoje. Dėl efektyvaus išteklių panaudojimo projektuotojams rekomenduojama atkreipti dėmesį į atliekų perdirbimą bei pakartotinį jų panaudojimą. Antrinių žaliavų panaudojimo galimybėms turi būti taikomi tokie principai: lengva surinkti, išardyti, pritaikyti, pastatyti, perdirbti bei perdirbus gauti norimą žaliavą.

Pasaulyje planuojama pradėti įgyvendinti atliekų išvengimo strategiją „Mokėk už tiek, kiek išmeti“. Šia strategija siekiama suteikti pirmenybę atskiro surinkimo sistemoms bei palengvinti antrinių žaliavų panaudojimo verslo plėtrą, nustatyti didesnio perdirbimo tikslus. Planuojama, kad nuo 2020 metų bus perdirbama daugiau kaip 70 proc. kietųjų komunalinių atliekų, o nuo 2025 metų bus uždrausta šalinti ir kaupti sąvartynuose antrinių žaliavų panaudojimui skirtas atliekas. Juk dėl netvares žaliavų naudojimo kyla rizika ir daroma žala ne tik aplinkai, bet neišvengiamai pasireiškia rizika ekonominiu požiūriu. Prognozuojama, jog metinis mineralinių žaliavų, iškastinio kuro suvartojimas 2050 m. sieks apie 140 mln. tonų, t. y. praktiškai padvigubės. Jei ši tendencija nepasikeis, atsidursime tiek ekologinėje, tiek ekonominėje aklavietėje. Galima interpretuoti, jog žmonija jau kelis kartus viršijo planetos galimybių ribas. Siekdami išvengti biosferos pokyčių, žmonės turi pradėti racionaliau naudoti žaliavas. Efektyvus antrinių išteklių naudojimas bei jų perdirbimas, suteiktą galimybę sutaupti išteklių, mažinat sąnaudas žaliavų gavybai. Darnus antriniu žaliavų panaudojimas eliminuoja šį būdingą modelį: „išgavimas – gamyba – vartojimas – šalinimas“. Vertinat antrinių žaliavų panaudo-

jimą, suformuojamas naujas „Žiedinės ekonomikos“ modelis. Šiame modelyje visos neatsinaujinančios žaliavos cirkuliuoja uždaramame cikle. „Žiedinės ekonomikos“ esminiai principai yra tie, kad po vartojimo gaunamos antrinės žaliavos būtų surenkamos ir perdirbamos panaudojant kitiems produktams. Galima teigti, kad „Žiedinės ekonomikos“ esminis principas yra pirminės žaliavos panaudojimo išvengimas. Remiantis šiuo modeliu pirminė žaliava naudojama tuo atveju jei nėra antrinių žaliavų. Rezultatas būtų toks, jog statybinių atliekų nebeliktų, jos būtų sąmoningai perdirbamos ir panaudojamos. Pritaikius hierarchijos principus iš produktų (žaliavų) būtų gaunama maksimali nauda, kuri sukurtų ekonomiką praktiškai be atliekų.

Pabrėžtina, kad labiausiai paplitusi visame pasaulyje statybinė medžiaga yra betonas. Betono gamybai naudojamos medžiagos nėra deficitinės, tačiau žvelgiant ekologiniu, ekonominiu požiūriu betonas yra vienas iš geriausių produktų, kurį galima perdirbti ir panaudoti antrą kartą kaip žaliavą užuot sandėliavus sąvartynuose. Tačiau reikėtų išspręsti antrinių žaliavų perdirbimo problemą, nes daugeliu atveju ekonomiškiau yra naudoti nerūšiuotas statybines atliekas, negu jas išrūšiuoti, perdirbti ir panaudoti antrą kartą.

Mokslinių šaltinių analizė bei tyrimai atskleidė, kad betono skaldos atliekų, kurių frakcija 5–40 mm, sudėtis niekuo nenusileidžia iš natūralių uolienuų išgaunamai skaldai bei atitinka šiai skaldai keliamus reikalavimus. Antrinio trupinto betono skalda atlaiko iki 100 šaldymo, šildymo ciklų [51]. Italijos mokslininkai pasirinko ištirti betono sudėtį, įmaišius į ją stiklo laužo, keramzito atliekų bei žvirgždo. Tyrimo rezultatai buvo lyginami, atlikus stiprio gniuždant matavimus po 28 betono su priemaišomis kietėjimo parų. Didžiausią stiprį pasiekė betonas, kurio sudėtyje buvo keramzito ir žvirgždo – net 35,1 MPa. Mažiausią stiprį pasiekė betonas, kurio sudėtyje buvo stiklo laužo (dalelių skersmuo 2–16 mm, stipris vos 4,2 MPa).[40] Didžiosios Britanijos mokslininkai tyrė naujo betono gamybą, panaudojant atliekas, gautas iš sugriautų pastatų. Šis antrinis betonas yra panaudojamas tiek smulkiajame, tiek stambiajame užpilde. Tokį betoną mokslininkai ištyrė po 7 ir po 28 parų. Įdomu tai, kad betono stipris jau po 7 dienų siekė 7,9–12 MPa, o po 28 parų siekė 8,4–12,9 MPa. [43] Politechninio universiteto mokslininkai iš Hong Kongo tyrė, kaip galima panaudoti trupintą gelžbetonį ir betoną gaminant trinkeles, panaudojant antrinių medžiagų žaliavą kaip užpildą. Pagamintų trinkelių tankis svyravo $2\ 108\text{--}2\ 279\ \text{kg/m}^3$, vandens įgeriamumas svyravo nuo 5,8 iki 12,7 procentų, pasiektas stipris gniuždant po 28 parų svyravo tarp 39,3 ir 65,1 MPa [4]. Malaizijos mokslininkai tyrė, kaip trupinto betono, gelžbetonio atliekos gali būti naudojamos plytoms bei grindinio blokams gaminti. Cementinės plytos ir smėlis yra viena iš pigiausių ir labiausiai statybų sektoriuje paplitusių medžiagų. Malaizijos mokslininkai pastebėjo, jog apie antrines žaliavas pradėta kalbėti jau po II pasaulinio karo, tačiau tyrimų, susijusių su galimybėmis panaudoti antrinės žaliavas, atlikta mažai, ir šiomis dienomis dar nėra įprasta naudoti trupintą betoną, kaip galimą žaliavą, kuri

yra alternatyvi medžiaga, kad ir išgaunamai skaldai. Neapsvarstyta galimybė panaudoti trupintas betono atliekas, pvz., gaminant betonines trinkeles. Mokslininkai tyrė, jei gaminant bortus bus paruoštas toks mišinys, kurį sumaišysime santykiu 1:2 su perdirbtomis – sutrupintomis plytomis, gausime gaminį, kuris tenkins minimalius standartus, keliamus bortams. Gaminio charakteristikas geriausiai apibūdina savybės, gaunamos gaminį paveikus gniuždomosios jėgos apkrova. Remiantis Britų instituto standartais, plytos stipris turi būti ne mažesnis negu 7 N/mm^2 , tačiau atlikus bandymus gautas stipris siekia net $12,32 \text{ N/mm}^2$ (MPa), taigi naudojant perdirbtas antrines medžiagas gauname geras charakteristikas turinčius gaminius, kurie tenkina visus minimalius reikalavimus daugiau nei 1,5 karto. [12]

Kalifornijos rytuose esančiame miestelyje Palo Alto tarybos sprendimu priimtas nutarimas dėl atliekų antrinio panaudojimo. Šis nutarimas apima aiškias gaires ir įpareigoja tiek statytoją, tiek rangovą, subrangovą ar kitą pavaldžią instituciją, turinčią teisę užsiimti statybomis pagal Kalifornijos įstatymus. Visi su statybomis susiję dalyviai turi naudoti antrines žaliavas ir taip tausoti gamtos išteklius. Aiškiai apibrėžta, jog bet koks su statybos veikla susijęs darbas turi būti įgyvendinamas taip, kad kaip įmanoma mažiau susidarytų galimų statybinių atliekų, o jeigu susidaro statybinės atliekos, tokios kaip betonas, plytos, gelžbetonis, reikia jas perdirbti ir panaudoti kaip galimą žaliavą, pavyzdžiui, įrengti keliams, nuogrindai. Visos kitos statybinės atliekos turi būti išrūšiuojamos ir pateikiamos atsakingoms institucijoms.

Apibendrinant galima teigti, kad antrinių žaliavų panaudojimas yra efektyvus ekonomine ir ekologine prasme. Mokslinių šaltinių bei tyrimų analizė išryškino, kad antrinių žaliavų panaudojimas gaminant betonines trinkeles, bortus, plytas, betoną atitinka šiems gaminiams keliamus reikalavimus. Pabrėžtina, kad bet koks su statybos veikla susijęs darbas privalo būti atliekamas taip, kad kuo mažiau susidarytų galimų statybinių atliekų.

2. APLINKOTVARKOS ESMINIAI PRINCIPAI

Aplinkotvarką (gerbūvį – vertimas iš anglų kalbos „welfare“) galima apibūdinti kaip būsimos aplinkos sutvarkymą ir paruošimą statomame, renovuojamame objekte. Galima išskirti šiuos aplinkotvarkos darbų etapus:

- Aikštelės darbai – šie pradedami dar iki statybos darbų pradžios, visi darbai turi būti atlikti remiantis Lietuvos Respublikos įstatymais ir reglamentais. Dažniausiai naujoje, užstatyti planuojamoje teritorijoje reikia iškasti dalį medžių, krūmų, pašalinti augmeniją, visus šiuos darbus reikia atlikti taip, kad būtų galimybė išsaugoti medžius, t. y. būtų galimybė juos persodinti. Atsižvelgiant į tai, ar statinys yra naujai statomas, ar renovuojamas jau esantis statinys, darbai paskirstomi skirtingai. Naujai statomame objekte atliekami augalinio grunto pašalinimo darbai. Pašalintas dirvožemis dažniausiai saugomas atskirai nuo kitų gruntų iki statybos užbaigimo ir vėliau panaudojamas apželdinimui, šlaitų sutvirtinimui. Žinoma, dirvožemis neturi būti užteršiamas statybinėmis atliekomis, metalu, stiklu, šlaku, plastmasėmis, naftos produktais, cheminėmis medžiagomis, ilgai pūvančiomis augalų liekanomis, pelenais, taip pat per jį negalima važinėti ar kitokiu būdu jo tankinti. Jeigu augalinis gruntas bus sandėliuojamas ilgiau nei vienerius metus, jo paviršiuje nereikia leisti susidaryti velėnai. Atliekamas geodezinis sklypo nužymėjimas.



2.1 pav. Aikštelės paruošimas žemės darbams. Laikinių kelių suformavimas iš trupinto betono skaldos.

- Žemės darbai – tai tokia statybos darbų rūšis, kai statybų reikmėms iškasama natūraliai susiformavusi žemė, dažniausiai pilama nauja atvežtinė žemė, ir atliekami visi reikalingi tam objektui požeminiai darbai. Žemės darbai vykdomi laikantis STR 1.07.02:2005 reikalavimų, vadovaujantis Statybos įstatymo bei STR 1.08.02:2002 „Statybos darbai“ ir kitų statybos teisės aktų nustatyta tvarka. Žemės darbus galima pradėti vykdyti tik gavus statybos leidimą arba gavus atsakingų institucijų rašytinius sutikimus. Jei sklype yra požeminių komunikacijų, statinių, privaloma susisiekti su šių statinių savininkais, valdytojais ir suderinti būsimus vykdo-

mus darbus. Jei žemės darbai atliekami kultūros paveldo objektų ar apsauginių zonose, privaloma imtis priemonių apsaugoti statinius, dirvožemį, želdinius bei reljefą nuo galimos žalos. Jei statybos darbų leidimas gautas daugiau nei prieš metus, reikalinga patikslinti planą, reikalaujama atnaujinti geodezinę nuotrauką. Visi žemės darbai atliekami griežtai vadovaujantis detaliu statybos ar žemės darbų technologijos projektu ir saugos taisyklėmis darbe reikalavimais DT 5-00, šitaip siekiama išvengti bet kokių nelaimingų atsitikimų. Vykdam žemės darbus, draudžiama užversti žeme, statybinėmis medžiagomis ar atliekomis želdinius, inžinerinių tinklų šulinių dangčius, priešgaisrinius kelius, saugomas teritorijas–. Dažniausiai žemės darbų technologijos procesas sudaromas iš šių darbų: augalinio žemės sluoksnio nuėmimo, sandėliavimo ir žemės sankasų kasimo. Ant išlyginto paviršiaus rengiamas pagrindas: įrengiamos inžinerinės komunikacijos, paruošiamas lovio paviršius, įrengiama sankasa, gruntai tolygiai paskirstomi per visą pylimo plotį ir sutankinami. (žr. į 2.2 pav.)



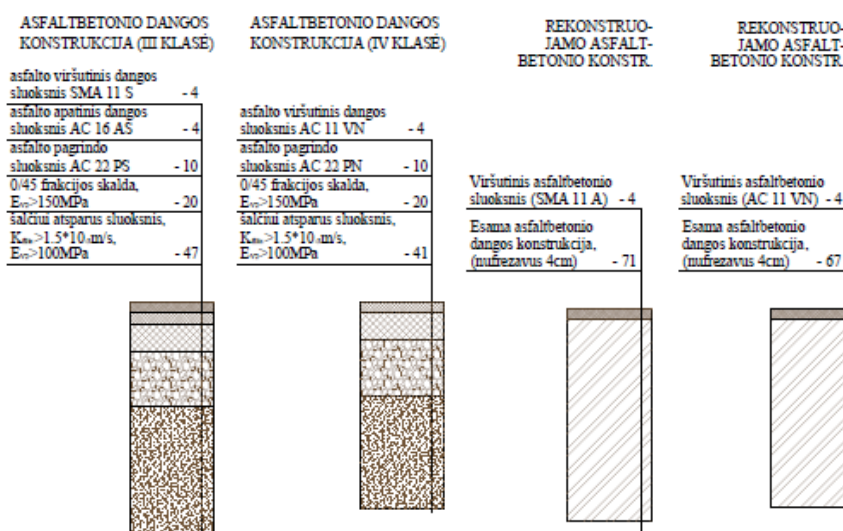
2.2 pav. Žemės darbai, aikštelės paruošimo darbai.

- Dangų pagrindą dažniausiai sudaro žemės sankasa, kaip pagrindinis būsimos konstrukcijos pagrindas. Dangos pagrindas yra įrengiamas iš esamo nejudinto ar supulto atvežtinio grunto. Pagrindams įrengti gali būti naudojami surištieji pagrindai ir pagrindai be rišiklių. Surištiejiems pagrindams priskiriami šie: *asfalto pagrindo sluoksnis*, kurio pagrindams įrengti paprastai naudoja karštojo asfalto mišinius; *stabilizuoti pagrindai*, kuriems įrengti naudojami gruntai, nesijoti natūralus mineralinių medžiagų mišiniai, dažniausiai jie būna surišti hidrauliniiais rišikliais; *sucementuoti pagrindai* įrengiami naudojant tam tikros granulimetrinės sudėties medžiagų mišinius, kurie surišti cementu ar hidraulinėmis kalkėmis. Pagrindams be rišiklių priskiriami šie: *skaldos pagrindai*, šiems pagrindams įrengti naudojama tam tikros granulimetrinės sudėties skaldytų mineralinių medžiagų nesurištieji mišiniai; *žvyro pagrindams* įrengti naudojami nesurištieji tam tikros granulimetrinės sudėties mišiniai, į juos įmaišant ir skaldytų mineralinių mišinių medžiagų; *apsauginis šalčiui atsparus dangos sluoksnis* įrengimas iš nejudančių šalčiui gruntų ar šalčiui nejudančių mineralinių medžiagų mišinių. (žr. 2.3 pav)



2.3 pav. Trupinto betono skaldos panaudojimas, laikiniems aikštelės keliams. Trupinto betono skaldos panaudojimas įrengiant pagrindus, prieš grindų liejimą.

- Asfaltbetonio danga – dangos konstrukcijos viršutinis sluoksnis. Ši danga įrengiama ant pagrindo sluoksnio arba gali būti įrengta ir ant kito tinkamo apatinio sluoksnio (senos asfalto dangos, skaldos, žvyro, smėlio). Asfaltbetonio danga dažniausiai įrengiama iš vieno arba dviejų apatinių sluoksnių ir viršutinio sluoksnio, kuris visada įrengiamas toks, kad būtų atsparus dėvėjimuisi. Taip pat galima įrengti ir asfaltbetonio dangą, sudarytą iš vieno sluoksnio. Apatinė asfaltbetonio dangos dalis vadinama kelių bitumu, kuris sudarytas iš tolygios granulometrinės sudėties mineralinių medžiagų bei mišinių. Klojamas ir tankinamas tik karštos būsenos mišinys. Norint užtikrinti viršutinės ir apatinės dangos sukibimą, reikia pasiekti tokio laipsnio šio sluoksnio šiurkštumą, kad būtų galima išgauti vientisą konstrukciją, sujungus šiuos du sluoksnius. Naudojamų medžiagų mišinius reikia taip suderinti, kad būtų užtikrinta šių mineralinių medžiagų vidaus trintis ir esamo sluoksnio pastovumo elementas. Asfaltbetonio danga skirstoma į šias rūšis: apatiniams sluoksniams dažniausiai naudojami 0/22S-A, 0/22-A, 0/16S-A, 0/16-A, 0-11A, viršutiniam dėvimajam sluoksniui dažniausiai naudojami 0/16S-V, 0/16V, 0/11S-V, 0/11V, 0/8V arba 0/16S-M, 0/11-M, 0/8S-M, 0/8M, 0/5M. Skaičiai apibūdina skaldelės rūšį, atsijos koeficientą, rišamosios medžiagos markę bei kiekį, sluoksnio storį. Tam tikroms dangų klasėms priskiriami ir taikomi atitinkami reikalavimai, atsižvelgiant į asfaltbetonio dangos naudojimo paskirtį bei apkrovos koeficientą. (žr. į 2.4 pav.)



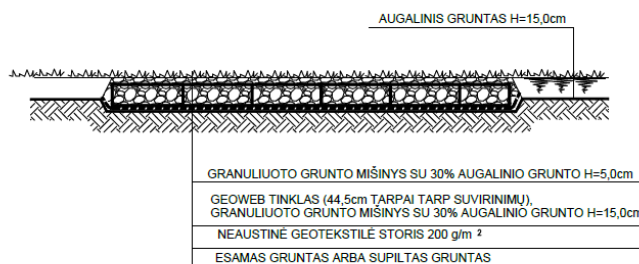
2.4 pav. Asfaltbetonio dangos konstrukcijos ir keliami reikalavimai. Rekonstruojamos dangos konstrukcijos reikalavimai. (Statomame objekte)

- Betoninių trinkelėlių dangą sudaro betono ar akmens masės medžiagos, o pasluoksniams po trinkelėmis įrengti dažniausiai naudojamas sutankintas smėlis ir trinkelėlių siūlių užpildas. Pabrėžtina, kad trinkelėlių konstrukcijos savo apkrovų laikomąją galia ir ilgaamžiškumu yra nelygiavertės palyginti su asfaltbetonio danga. Trinkelėlių klasė parenkama pagal gyvenamajai, ekonominei ar gamybinei zonai keliamus reikalavimus.. Atsižvelgiant į techninius ir ekonominius rodiklius, parenkamos atitinkamų parametrų trinkelės. Trinkelės turėtų būti ne plonesnės negu 6 cm storio. Dangos storio didinimas ar mažinimas turi būti atliekamas atsižvelgiant į pagrindo sluoksnį, taip pat būtina įvertinti pagrindo sluoksnio atsparumą šalčiui. (žr. 2.5 pav.)



2.5 pav. Betoninių trinkelėlių danga. Asfaltbetonio danga.

- Priešgaisrinio privažiavimo danga – naudojama tai atvejais, kai reikia užtikrinti gaisrinio automobilio privažiavimą prie pastato. Dažniausiai aplink naujus gamybinius pastatus įrengiami papildomi privažiavimai specialiajam transportui. Privažiavimai įrengiami suformuojant geotinklus, kurie veikia kaip paviršiaus stabilizatoriai, tolygiai paskirsto dinamines ir statines apkrovas, kontroliuoja provėžų atsiradimą. Ši sistema sukurta tokiu pagrindu, kuris neleidžia kauptis aplinkos ir lietaus vandeniui. Taip pat aplink pastatą galima sukurti augalinį sluoksnį, pripildant skaldos, užpilant dirvožemiu, kurio funkcija yra atlaikyti atsiktines apkrovas. (žr. į 2.6 pav.)



2.6 pav. Geotinklas su dirvožemio ir trupinto betono užpildo skalda – gaisrinio pravažiavimo dangos konstrukcija. Įrengiama detalė.

Tvorai ir vartams keliami reikalavimai priklauso nuo to, kurioje vietoje statomas statinys. Pažymėtina, kad tvora ir vartai gali būti iš įvairių medžiagų, tačiau turi atitikti keliamus reikalavimus bei nepakenkti kaimyninių sklypų interesams. Tvoros statyboms keliami reikalavimai priklauso nuo jos aukščio, žemės sklypo bei konstrukcijos. Pagal tvoros aukštį tvoros statinys priskiriamas tam tikrai statinių grupei ir kategorijai. Pažymėtina, kad tvoros įrengimui keliami skirtingi reikalavimai. Būtina atsižvelgti į sklypo vietą (gyvenvietė, kaimo vietovė, miestas, kultūros ar paveldo saugoma teritorija), įvertinant, kad nevienodi reikalavimai skirtingos paskirties sklypuose.. Taip pat svarbu įvertinti tvoros atstumą tarp esamo bei gretimų sklypų, šešėlio kritimo kampą bei tvoros konstrukciją.(su pamatu; atramine sienute; kiaurymių sudaryto ploto). Remiantis reglamentais statybos leidimo nereikia, jei tvoros tveriamos aukštis turi būti 1–2 metrai ir jei ji tverinama prie nustatyto sklypo ribos; jei tvoros kiaurymių plotas ne mažesnis nei 50 % viso bendro tvoros ploto, įskaitant stulpų ir cokolines dalis, kurios metą šešėlį į gretimą sklypo plotą; jei tvoros metamas šešėlis nukreiptas rytų ar vakarų kryptimis ir kiaurymių plotas ne mažesnis kaip 25 % bendro tvoros ploto.

Tvora gali būti sudaryta iš įvairių medžiagų: gali būti metalinė, betoninė, stiklinė ir t. t. Betoninei tvorai įrengti galima panaudoti antrines žaliavas, tiesiog į betono sudėtį įmaišius permaltas griaunamų betoninių, gelžbetoninių pastatų dalių atliekas. Įrengiant metalines tvoras taip pat galima panaudoti antrines žaliavas. Tvoros pagrindams, pamatams kaip vieną iš sudedamųjų dalių galima naudoti trupinto betono skaldą, įmaišant šiuos elementus į betono mišinius ir panaudojant kaip užpildą. Yra galimybė panaudoti ir metalo konstrukcijas, tačiau ekonomikos požiūriu tai būtų nelabai efektyvu, nes tektų perdirbti šias medžiagas per kelis etapus ir tai turėtų įtakos tvoros kainos kilimui. (žr. į 2.7 pav.)



2.7 pav. Betoninė tvora. Metalinė segmentinė tvora su betoniniais pagrindais, betoninių pamatu.

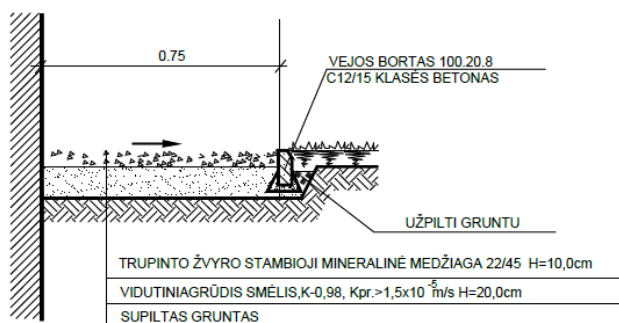
- Apželdinimas – medžių ar krūmų veisimas, vejų apsodinimas, gėlynų įrengimas. Įrengiamų vejų tipai: dekoratyvinė, sportinė ar paprastoji. Galimi įrengimo būdai – naujos vejų sėjimas, esamos gerinimas, ritinės vejų įrengimas. Atitinkamai turi būti tinkamai paruošta dirva,

tikslingai pagal norimą vejos tipą ir sėją parenkamos būsimos vejos sėklos. Medžiai ar krūmai sodinami pagal poreikį suderinus juos su miesto architektais ir taip, kad nebūtų trukdoma ar metamas šešėlis ant kaimyninio sklypo. Betoninių klombų gamybai galime panaudoti trupinto betono atliekas ir taip tausoti aplinką. (Žr. į 2.8 pav.)



2.8 pav. Betoniniai klombai. Dekoratyvinė žolė.

- Kelio dangos ženklavimas – pagal dydį kelio ženklai skirstomi į 5 grupes, atitinkamai nuo 0 iki 4. 0 grupė – labai maži kelio ženklai, 2 grupė – normalaus dydžio ženklai, 4 grupė – labai dideli. Ženklų reikalavimai gyvenvietėse ir ne gyvenvietėse skiriasi.
- Bortų įrengimas – dažniausiai bortai įrengiami prieš klojant betonines trinkeles, nuogrindą arba asfaltbetonio mišinį ir sustatomi būsimos dangos kraštuose. Visi kelio ar vėjų bortai įrengiami iš standartinių elementų ant betono, smėlio ar kitokio tvirto pagrindo. Bortai pagal ilgį dažniausiai sujungiami juos užtaisant cementiniu skiediniu. Bortai turi būti taisyklingi, lygūs ir aprobuoti tam tikrų institucijų. Dažniausiai bortai gaminami standartinio 1 m ilgio, esant poreikiui, bortai nupjaunami arba aptašomi. Bortų gamyboje galime panaudoti antrines žaliavas.
- Nuogrindos įrengimas – dažniausiai šalia būsimo pastato sienų įrengiama nuogrinda, kurios plotis dažniausiai apie 1 metrą. Aplink pramoninius objektus dažnai įrengiama nuogrinda iš skaldytų akmenų, ar apsodinama veja, gėlių klombomis. Aplink gyvenamuosius pastatus dažnai įrengiamas betoninės ar cementinės nuogrindos. Nuogrindai įrengti galime panaudoti trupinto betono skaldą. (Žr. į 2.9 pav.)



2.9 pav. Nuogrindos įrengimo detalė šalia pastato.

- Mažosios architektūros elementai – siekiant iki galo įrengti sklypą, dažniausiai naudojami šie elementai: suoliukai, dviračių stovai, šiukšlių dėžės, šunų rišimo stovai, vežimėlių stoginės ir t. t. Galimas ir fontanų, gėlynų klombų įrengimas. Visi šie elementai būna aptarti su užsakovu jau projektavimo stadijoje, esant poreikiui statybų metu perderinant pagal esamą situaciją ar parenkant konkretų modelį. Šie elementai gali būti pagaminti panaudojant antrines žaliavas. (žr. į 2.10 pav.)



2.10 pav. Betoniniai mažosios architektūros elementai, suoliukai, šiukšliadėžės.

Apibendrinant galima teigti, kad antrines žaliavas galima panaudoti aplinkotvarkos tikslais, įrengiant aikšteles, dangų pagrindus, asfaltbetonio dangą, betonines trinkeles, tvorą, bortus, nuogrindą bei mažosios architektūros elementus.

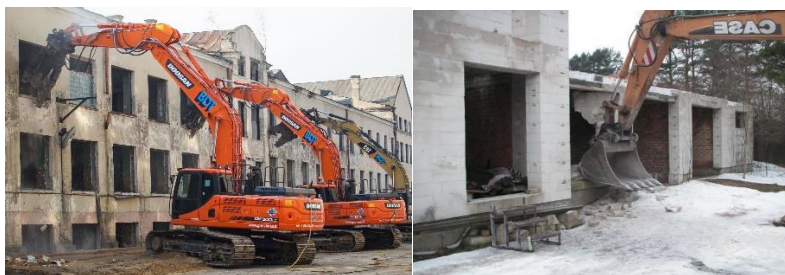
3. TRUPINTO BETONO ATLIEKŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

Betonas, pradėtas naudoti jau aštuoniolikto amžiaus viduryje, yra viena iš seniausiai naudojamų medžiagų statybų sektoriuje įvairios paskirties statiniams bei pastatams statyti. Betono gamyba, palyginti su kitomis medžiagomis, yra ganėtinai nesudėtinga, ruošama iš nebrangių vietinių žaliavų, tai yra iš rišančiųjų medžiagų, tokių kaip cementas, vanduo, įvairių užpildų bei priedų, atsižvelgiant į betono klasę. Būtina pabrėžti, kad betonas – viena iš patikimiausių statybinių medžiagų. Ši žaliava plačiai naudojama visame pasaulyje dėl savo patikimumo ir universalumo, tinkamumo įvairios paskirties statiniams. Betonas dažniausiai naudojamas visuomeninių, pramoninių, požeminių ir kitokių statinių konstrukcijose. Pati betono gamyba sudaro nemažas energijos sąnaudas, juk energija reikalinga ruošiant žaliavas, jas transportuojant, gaminant įvairias rišančiąsias medžiagas ar gaminius. Atsižvelgiant į šiuos aspektus, visuose betono gamybos etapuose labai svarbu sumažinti energijos sąnaudas. Viena iš galimybių sutaupyti energiją – tai vietoj stambaus užpildo iš natūralios uolienos išgavimo ir naudojimo, naudoti skaldą iš trupinto betono ar gelžbetonio atliekų. Ekonominiu aspektu, gaminant betoną iš natūralių uolienų, sąnaudos yra 8 kartus didesnės nei panaudojant antrines trupinto betono ar gelžbetonio žaliavas vietoje natūralių uolienų. Kadangi sumažėja sąnaudos, mažėja ir betono su antrinėmis žaliavomis savikaina, maždaug apie 25 %. [50] Mokslininkai paraleliai ištyrė perdirbtus betono ir gelžbetonio gaminius, tiksliau gautą trupintą skaldą. Buvo tiriama betono skalda, kurios frakcija 5–40 mm sudėties. Nustatyta, jog tokios trupintos betono skaldos savybės yra labai artimos natūralios sudėties skaldai iš natūralių uolienų, be to, antrinė skalda atitinka visus keliamus reikalavimus. Antrinių žaliavų skalda atlaiko iki 100 šaldymo bei atitirpinimo ciklų [51]. Apibūdinant antrinę betono skaldą, galima teigti, kad tai yra toks produktas, kuris gaunamas sumalus, susmulkinus betono, gelžbetonio konstrukcijas, tiksliau jų atliekas, šios atliekos gali būti susmulkinamos iki tam tikros frakcijos, ir gaunami atitinkami skirtingų frakcijų užpildai (populiariausia ir dažniausiai naudojama frakcija 0–70 mm).

Kiekvienais metais pasaulyje susidaro vis daugiau statybinių atliekų, griaunami seni pastatai, gaminami gaminiai turi broko, todėl siekiant išvengti tolesnio statybinių atliekų augimo, būtina atliekas rūšiuoti ir kaip įmanoma daugiau jų perdirbti. Pasaulio statistikos duomenimis, regionuose statybinių atliekos perdirbamos naudojant specialią įrangą, likusi dalis užkasama sąvartynuose. Europos šalyse antrinis betono skaldos panaudojimas labai išvystytas, praktiškai sunaudojama apie 90 % visų susidarančių betono atliekų, kai tuo tarpu Lietuvoje antrinis betono panaudojimas sudaro vos 15–25%. Pastato, statinio griovimo metu susmulkinus betono, gelžbetonio atliekas, gaunami įvairių frakcijų mišiniai, kuriuos galima naudoti kaip skaldą įrengti aikšteles, betonuojant pamatus, sustiprinti pagrindus ar panaudoti tvarkant aplinką. Šią skaldą taip pat galima naudoti kaip pagrindą takeiams, šaligatviams, naudoti kaip stambų užpildą betono gamybai ar kitiems elementams. Griaunamus

statinius galima suskirstyti į dvi kategorijas: morališkai pasenusius pastatus ir nebaigtus statyti. Abiejų kategorijų pastatų Lietuvoje yra beveik po lygiai. Nebaigtiems statyti pastatams dažniausiai įtakos turi ekonominės sąlygos, dėl vienokių ar kitokių priežasčių nebaigti statyti pastatai ar bėgant laikui atsiradus naujiems savininkams dažniausiai tiesiog nugriaunami, savavališkų statybų padariniai taip pat nugriaunami. Perdirbant atliekas dažniausiai taikomi du metodai:

- Perdirbant atliekas jų atsiradimo vietoje, tai yra tiesiogiai griauamo statinio vietoje, kitaip sakant, ten, kur jos susidaro, tačiau šis būdas nėra efektyviausias ir negali užtikrinti frakcionuoto produkto;
- Specialiose aikštelėse, kurios pritaikytos atliekų perdirbimui, rūšiavimui ir tvarkymui. Šis būdas yra geresnis, nes išgaunamos medžiagos yra išrūšiuotos, be nereikalingų atliekų, taip pat naudojama galingesnė įranga, galima perdirbti daugiau atliekų. (žr. į 3.1 pav.)



a)

b)

3.1 pav. a)- griauama „Skaiteks“ gamykla Vilniaus Paupyje. b)- griauamas neeksplotuotas savavališkai pastatytas namas Vilniaus Verkių sodininkų bendrijoje.

Atliekų sudėtis dažniausiai priklauso nuo griauamo pastato tipo, taip pat nuo griovimo darbų technologijos. Dažniausiai griauamų pastatų atliekas sudaro šios rūšys: betonas, mediena, metalai, gipskartonis, stogo dangos, paneliai ir kita. Viena didžiausių griovimo atliekų tvarkymo problemų yra jų išrūšiavimas, juk tik išrūšiuotos atliekos gali būti naudojamos kaip kokybiškos medžiagos. Griovimo darbų technologiniams procesams galima priskirti tokias operacijas: konstrukcijų trupinimą, sutrupintų atliekų išrūšiavimą, metalų atskyrimą, siojimą, smulkinimą. Dažniausiai siojama ir metalai atskiriami kelis kartus. Betono skaldos gamybą atliekų perdirbimo įmonėje galima suskirstyti į kelis etapus:

- Pirminis atliekų priėmimas ir paruošimas;
- Perdirbimas;
- Sandėliavimas;

Šiuose etapuose atliekamas pirminis atliekų perdirbimas, trupinimas ir t. t. Dažniausiai naudojama įranga: ekskavatoriai, hidraulinės žirkklės, atskiriamos metalo liekanos nuo betono atliekų.

Kitame etape vykstantys procesai apima trupinimą, sijojimą, esant poreikiui ir praplovimą. Šiems procesams įgyvendinti naudojami trupintuvai, sijotuvai, įvairūs separatoriai ir kitokia įranga. Trupinimo procesams dažniausiai naudojami žiauniniai trupintuvai. Apdorotos betono ir gelžbetonio atliekos, prasijotos pro sietus, pagal gautą tankį bei stambumą sandėliuojamos atviro arba uždaro tipo sandėliuose.

Europoje net trečdalis antrinės skaldos pagaminama stacionariai tam specialiai pritaikytose aikštelėse, o likusi didžioji dalis apdirbama mobiliuose įrenginiuose, t. y. statybvietėse. Taip yra dėl to, kad kitu atveju griovimo atliekų transportavimas padidintų antrinių žaliavų kaštus. 2007 metais UAB „Ekokonsultacijos“ atliko statybinių atliekų perdirbimo Lietuvoje tyrimą. Tyrimas parodė, jog 2002–2006 m. atliekų perdirbimas išaugo net 8 kartus ir jau siekia 50 % susidarančių atliekų. Lietuvoje 2007 m. susidarė apie 700 tūkst. t. statybinių atliekų, iš jų perdirbta apie 470 tūkst. t. Tyrimo rezultatai rodo, jog atliekų perdirbimas sparčiai vystosi, taip pat efektyviau panaudojamos antrinės žaliavos. [49]

Visos antrinių žaliavų panaudojimo galimybės, skirtingose šalyse turėtų būti papildomai iširtos, juk kiekvienoje šalyje gaminiai ar statinys yra veikiamas skirtingų aplinkos poveikių, apkrovų. Remiantys Europos direktyvomis visos Europos Sąjungos šalys iki 2020 metų turės perdirbti mažiausiai 70% nepavojingų statybinių ir griovimo atliekų, taigi visos atliekos turi būti rūšiuojamos, perdirbamos ir kartotinais panaudojamos. Pagal Europos parlamento direktyvą 2008/98/EB, turi būti sukuriamos priemonės, kad visos antrinės žaliavos, patektų į rinką, būtų rūšiuojamos ir naudojamos statybų sektoriuje, tiekama parama žaliavų perdirbimo projektams ir esamų projektų tobulinimui. Atsižvelgiant į visus direktyvoje išdėstytus prioritetus, Lietuvai reikėtų populiarinti antrinių žaliavų panaudojimą, tirti, kokiuose gaminiuose galima panaudoti šias žaliavas, siekti populiarinti antrinių žaliavų panaudojimą, kaip prioritetą tam tikruose gaminiuose ar žaliavose.

Apibendrinant galima teigti, kad šiuo metu Lietuvoje antrinės žaliavos daugiausia naudojamos keliams tiesti, tačiau jų panaudojimo spektras galėtų būti didesnis. Viena iš panaudojimo galimybių – tai statinių pagrindų įrengimas po grindimis, plytų, trinkelėlių, bortų, betono gaminių, šulinėlių žiedų gaminiai, tiesiog gamybos procesuose vietoje įprastų reikėtų naudoti trupinto betono atliekas.

3.1 Natūraliai skaldai keliami reikalavimai įrengiant laikinus kelius, pagrindo sluoksnius

Skalda – naudingoji iškasena, kurios gavyba ir eksploatacija yra labai svarbi kiekvienos šalies ekonomikai. Dažniausiai naudojama statybos ir kelių tiesybos pramonėje. Kietųjų naudingųjų iškasenų gavyba Lietuvoje kasmet mažėja, tai lemia energijos resursų pabrangimas, naujų rinkų paieška, tai pat antrinių žaliavų panaudojimas vietoje iškasamos skaldos. Dolomitinių iškasenų klotų

aptinkama daugelyje Lietuvos geologinių sistemų nuogulų, dažniausiai dolomitas naudojamas skaldos gamybai. Lietuvoje taip pat iškasama ir nemažai žvyro. Jis panaudojamas statybose įvairiose srityse, kaip žvyro skaldelė naudojama kelių pagrindams įrengti, taip pat gaminant asfaltbetonį, kaip priemaišą.

Mineralines medžiagas trumpai galime apibūdinti kaip natūralias išgaunamas iš gamtos arba perdirbtas uolienas, kurios sudarytos iš skirtingų frakcijų grūdelių, šie yra skirtingų dydžių ir formų. Mineralines medžiagas galima suskirstyti pagal kilmę: į gamtines – tai akmuo, įvairūs rieduliai, gamtinis žvyras ir smėlis; bei į perdirbtas – tai gali būti įvairios akmens, riedulių, žvyro skaldos, atsijos, pelenai, šlakai; į antrinio panaudojimo skaldą – tai trupintos, permaltos betono, gelžbetonio ir kitokios antrinės žaliavos, iš kurių galima gauti skaldą. Mineralinės medžiagos stambiai klasifikuojamos pagal panaudojimo sritį: asfaltbetonio, betono, pagrindų, dangų, aplinkotvarkos medžiagas.

Dolomitas pastaruosius 40 metų plačiausiai naudojamas dviem aspektais: kaip žaliava gaminant skaldą, užpildus betonui bei kaip apdailos medžiagos, statybinis akmuo. Dolomitas, kaip statybinė medžiaga, pakankamai atspari gniuždymui, dėvėjimuisi bei smūginei apkrovai. Pagal visas šias savybės galima spręsti, ar dolomito skalda tinkama kelių pagrindams tiesti. Pagal atsparumą gniuždant dolomitas skirstomas:

- Labai atsparus $1\ 200\ \text{kg/cm}^3$;
- atsparus – $800 - 1\ 200\ \text{kg/cm}^3$;
- vidutinio atsparumo – $600-800\ \text{kg/cm}^3$.

Taip pat labai svarbus statybinių medžiagų faktorius yra poringumas, nuo jo priklauso, koks yra vandens įgeriamumas bei atsparumas šalčiui. Poringumas nustatomas tankio ir tūrio masės santykiu. Praktiškai visas išgaunamas dolomitas paverčiamas skalda, taip pat apie 50–60 % viso išgaunamo žvyro. Apie 80–90 % skaldos daugiausia naudojama kelių pagrindams bei tiesimo darbams atlikti, o likusi dalis – betonui gaminti.

Mineralinių medžiagų tyrimams atlikti, taip pat skaldos tyrimams atlikti Lietuvoje vadovaujamaSI Standartizacijos departamento patvirtintu standartu LST 1361.10:1995 TK12 „Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bandymo metodai. Skaldos atsparumo smūgiams nustatymas“ (angl. Mineral materials for road. Testing methods. Determination of crushed stone impact resistance). Šiame standarte apibrėžiami reikalavimai mineralinėms medžiagoms bei jų mišiniams, kurie naudojami kelių konstrukcijoms įrengti, taip pat pateikiamos nuorodos į kitus normatyvinius dokumentus, taip išplečiant standarto nuostatas. Šie reikalavimai galioja ir apima visus darbus, susijusius su kelio tiesimu, rekonstrukcija ar priežiūra.

Vienas iš svarbiausių rodiklių mineralinėms medžiagoms, šiuo atveju skaldai, yra atsparumas šalčiui. Skaldos atsparumas šalčiui pakankamas, kai vandens įgerties laipsnis $W_{M,A}$, gaunamas ne didesnis negu pusę procento visos tiriamosios masės, esant 1 atmosferos slėgiui visose bandinio dalyse. Vandens laidumas ir įgertis nustatoma vadovaujantis LST 1360.8:1995. Jei tiriamų mineralinių medžiagų vandens įgertis gaunama didesnė kaip 0,5 %, nustatomas žvyro, skaldos atsparumas šalčiui. Žvyro, skaldos atsparumo šalčiui galimos vertės nurodytos 1 lentelėje.

1 lentelė. Mineralinių medžiagų atsparumo šalčiui reikalavimai. Galimi nuostoliai.

Mineralinių medžiagų pavadinimas	Maksimalus leistini masės nuostoliai %	
	Atskilusių dalelių masės %	Dalelių mažesnių kaip 0,71mm masės%
Skalda	3,00	1,5
Skaldelė, žvyras	3,00	1
S rūšies skaldelė	1,00	0,25

Visos mineralinės medžiagos turi būti atsparios smūgiams ir gniuždymui. Atsparumas smūgiams nustatomas vadovaujantis standartu LST 1361.10: 1995 „Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bandymo metodai. Skaldos atsparumo smūgiams nustatymas“. Rezultatų vertės turi būti ne didesnės nei pateikiamos 2 lentelėje.

2 lentelė. Žaliavų vidutinis tankis, stipris gniuždant ir atsparumas smūgiams

Mineralinių medžiagų grupės	Žaliavos vidutinis tankis g/cm ³	Stipris gniuždant N/mm ²	Atsparumas smūgiams	
			Skaldos masės nuostoliai %	Skaldelės masės nuostoliai %
Granitas Sianitas	2,6–2,8	160 - 240	10–22	12 - 27
Klintys Dolomitas	2,65 – 2,85		16 - 30	9 - 20
Kvarcitas Smiltainis	2,6 – 2,75	80 - 180	10 - 22	17 - 28
Žvyro skalda	2,60 - 2,75			14 - 25
žvyras	2,55 - 2,75			14,35

Atsparumas smūgiams dažniausiai nenustatomas, jei mineralinės medžiagos bus naudojamos kelių dangos konstrukcijų apsauginiam ar šalčiui atspariems sluoksniams įrengti. Paprastai nustatomas skaldos 33,5/45 frakcijos atsparumas smūgiams, ir gauta vertė yra taikoma visoms skaldos frakcijoms.

Visos mineralinės medžiagos turi būti atsparios suirimui atsižvelgiant į Los Angeles koeficientą. Galimas suirimo vertės ir reikalavimus apibūna standartas LST EN 1097-2:2010. Los Angeles koeficiento reikšmės pateikiamos 3 lentelėje.

3 lentelė. Los Angeles koeficiento didžiausios reikšmės

Los Angeles koeficientas	Mineralinės medžiagos pavadinimas
≤30	Skaldelė
≤50	Skalda, žvyro skalda, žvyras.

Mineralinės medžiagos turi būti pastovaus tūrio. Virinimo bandymų metu mineralinių medžiagų nuostoliai neturi viršyti daugiau kaip 1 % masės. Skaldos ir skaldelės sutrupinimo rodiklio vertės prieš atliekant virinimo bandymą ir jį atlikus skaldos masė neturėtų viršyti 5 % masės, o skaldelės – 3 % masės.

4. TIRIAMOJI DALIS

4.1 Inžineriniai geologiniai tyrimai

Statinio pagrindas – vienas iš svarbiausių charakteristikų tikslingam, efektyviam bei saugiam būsimo statinio eksploatavimui. Pirminis būsimo inžinerinio statinio tikslas – parengti būsimo statinio projektą, ištirti sklype slūgsančių gruntų charakteristikas, tai yra atlikti inžinerinius geologinius tyrimus. Atliekant geologinius tyrimus nustatoma sklypo geologinė sandara, hidrogeologinės sąlygos, atkreipiamas dėmesys į piltinį gruntą, jo išplitimą bei granulimetrinę sudėtį.

Tyrimo metu atliekama vizuali aikštelės apžiūra, parengiamieji darbai, dažniausiai tyrimų vietas, gylį, skaičių, atstumus tarp gręžinių nustato užsakovas. Tyrimas apibrėžia būsimo statinio pagrindo gruntų charakteristiką, uolienu storymes, kurioms būsimas statinys turės poveikį ir, be abejo, statinys turės poveikį gruntui. Numatomas kokybinis įvertis, kuris nulemia būsimo atliekamų geologinių inžinerinių tyrimų metodus, bei nustatomos būsimo statybos darbų technologijos sąlygos.

Visi tyrimai atliekami vadovaujantis LST EN ISO 22475-1:2007 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Ėminių ėmimo metodai ir gruntinio vandens matavimai. Techninio atlikimo principai 1 dalis“, taip pat vadovaujamosi standartu LST EN ISO 22476-1:2012/AC:2013 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Lauko bandymai. 1 dalis“, ir Statybos techniniu reglamentu STR 1.04.02:2012 „Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai“. Standartuose apibrėžiama, kaip tinkamai turi būti atlikti ėminiai, gręžiniai, kaip atliekamas geotechninis zondavimas.

Pirmiausia užsakovo ar projektuotojų iniciatyva nustatytose vietose gręžiamas tyrimų gręžinys, kuris skirtas išsiaiškinti, kokia požeminė geologinė ir hidrogeologinė sandaros struktūra. Paėmus mėginius ištiriama gruntų sudėtis ir savybės, nustatomas požeminio vandens lygis. Kitu etapu šalia išgręžtų gręžinių atliekami statinio zondavimo bandymai, kurių metu išmatuojamas kūginis stipris, porinis slėgis, šoninė trintis, kūginės stiprio bei šoninės trinties santykis, zondavimo gylis, įsiskverbimo greitis, zondo polinkio kampas. Visi šie duomenys užrašomi kompiuteriu.

Apžvelgiant bendrą situaciją inžineriniai geologiniai tyrimai gali būti atliekami įvairiausiai metodais:

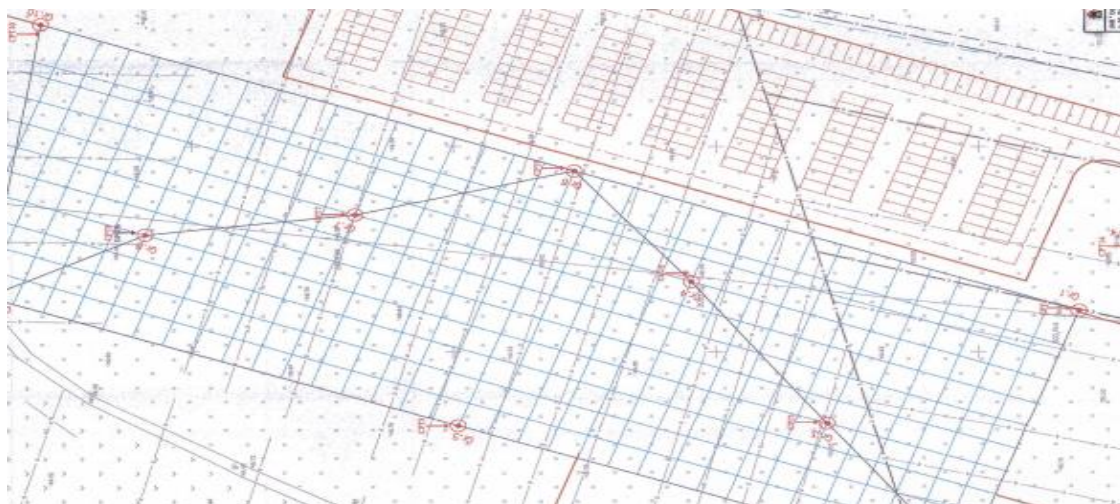
1. Metodas, kuriuo galima nustatyti gruntų mechanines savybes tiesiogiai – dažniausiai šis metodas taikomas, siekiant nustatyti grunto deformacines ir stiprumo savybes, kurios slūgso tiesiogiai grunto masyve. Bandymai atliekami pasitelkiant statinę plokštę ar šampą, dilatometrą, persiometrą, taip pat naudojamas prizmės išspaudimo, nustūmimo, gniuždymo metodai.
2. Metodas, kuriuo nustatomos netiesioginės gruntų fizikinės ir mechaninės savybės. Šio metodo principas nusakomas zondavimu arba penetracija, kai į gruntą vertikalia jėga kalamas plieninis strypas su bet koku antgaliu ir stebimas pasipriešinimas antgaliui ar jo dalims, nustatomas

galimas pasipriešinimas trinčiai, įsmigimui. Dažniausiai taikomi CPT, DP, SPT metodai, iššifravus šiuos trumpinius taikomas statinio (CPT – angl. cone penetration test), dinaminio (DP- angl. dynamic probing) zondavimo metodas ir standartinis penetracijos bandymas (SPT - angl. standard penetration test).

- Galimas ir išbandymo metodas, įrengiant natūralius sekliuosius ar gilius polinius pamatus, apkraunant juos įvairiomis apkrovomis. Šio metodo pagalba galima imituoti būsimo statinio apkrovas.

4.2 Duomenys apie nagrinėjamą sklypą

Analizuojamas būsimo statinio sklypas geomorfologiniu požiūriu priklauso holoceno amžiaus Pabaltijo žemumų srities Mūšos–Nemunėlio lygumos rajonui, Pumpėnų gūbriuotos-slėniuotos moreninės lygumos rajonui. Tirtos teritorijos reljefas yra paveiktas technogeninių procesų, šiaurinėje sklypo dalyje atlikti kasimo darbai, reljefas pažemintas 0,70 m tarp gręžinių ir reljefo absoliutinis aukštis kinta nuo 48,10 m iki 50,20 m altitudžių intervaluose. Santykinis peraukštėjimas siekia apie 2,10 m. Tirtos sklypo inžinerinės sąlygos kinta nuo paprastų iki vidutinio sudėtingumo. Tyrimo metu nustatyta, jog grunte slūgso fliuvioglacialinės nuogulos ($f_{III} nm_3$), šias nuogulas sudaro įvairiagrūdis smėlis bei glacialinės nuogulos ($g_{III} nm_3$), sudarytos iš puskiečio, kieto dulkingo molio, turinčio žvirgždo, gargždo priemaišų ir riedulių. Nuogulas vietomis dengia dirbtinis gruntas, sudarytas iš smėlingų dulkingų molio ir dulkingų smėlių.



4.1.1 pav. Atliktų gręžinių užrašymo planas.

Sklype buvo gręžiami du gręžiniai. Gręžinių gylis siekė 4,5–12 m, iš gręžinių buvo paimti 4 mėginiai. Šalia gręžinių buvo atliekamas statinio zondavimo, kitaip dar vadinamas CPT bandymas. Statinio zondavimo bandymai atlikti agregatu „Pagani TG 73- 200 kN“, gręžiniai gręžti naudojantis

agregatu PBU2-111. Statinio zondavimui atlikti pasitelkta TGAS06 zondavimo sistema ir programinė įranga. Statinio zondo duomenys:

- Zondo skersmuo – 36 mm;
- šoninės movos paviršiaus plotas – 150 cm² ;
- kūgio kampas – 60⁰,
- skerspjūvio plotas – 10 cm² ;
- bendras zondo ilgis – 413 mm;
- svoris – 3,5 kg.

Kiekvienas statinio zondavimo agregatas turi turėti kalibravimo sertifikatą. Visos sklype nustatytos ir nužymėtos lauko tyrimų vietos atliktos pagal 1994 metų Lietuvos koordinačių sistemą, sutrumpintai – LKS-94, kurį integruotą į WGS-84 pasaulio koordinačių sistemą (*angl. world geodetic system*), matuotos altitudės pagal Baltijos aukščių sistemą. Atlikus gręžinių ėmimo darbus, gręžiniai buvo tamponuoti išgręžtu gruntu, ir visi padariniai kiek įmanoma likviduoti. Išgręžtame gręžinyje aptiktas požeminis vanduo, vandens lygio altitudės kinta nuo 46,90 iki 47,80 m. Šis lygis nustatytas į tiriamą gręžinį įleidus pjezometrus. Požeminio vandens paėmimo gylis 1 m. Požeminio vandens ėminiai paimti laikantis LST ISO 5667-11:2009 „Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 11 dalis. Nurodymai, kaip imti požeminio vandens mėginius“ standartu.

4.3 Grunto sudėtis, mechaninės, fizikinės savybės ir inžineriniai geologiniai sluoksniai (IGS)

Pagal išgręžtų gręžinių ir statinio zondavimo bandymų duomenis, esamame sklype slūgsantys gruntai, išskiriami į 8 inžinerinius geologinius sluoksnius. Gruntų atpažinimas ir klasifikavimas buvo vykdomas remiantis Lietuvos standartų LST EN ISO 14688-1:2004 ir LST EN ISO 14688-2:2004 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. Atpažintis ir aprašymas. 2 dalis. Klasifikavimo principai“. Kiekvienam inžineriniam geologiniam sluoksniui, remiantis lauko tyrimais ir laboratorijoje gautais duomenimis, buvo gautos geotechninių parametru vertės, ir išskaičiuotas gautų verčių vidurkis. Plačiau aptarkime šiuos 8 sluoksnius:

1. IGS sudaro dirbtinis gruntas: dulkingas smėlis labai purus. Šie inžineriniai geologiniai sluoksniai sutikti tik viršutinėje dalyje, aukštis kinta nuo 0,3 iki 1,55 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 4,01 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 5 MPa, efektyviosios vidinės trinties kampas – 28⁰, filtracijos koeficientas – 1,5 m/d.
2. IGS sudaro dirbtinis gruntas: smėlingas dulkingas molis standžiai plastinis. Sluoksnio storis yra 0,3 m. Šis sluoksnis sudaro prastas stiprumines savybes. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 2,34 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 12 MPa, poringumas – 0,49.

3. IGS sudaro dirbtinis gruntas: dulkingas smėlis, labai purus. Sluoksnio storis kinta nuo 0,6 iki 1,5 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 2,31 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 3 MPa, efektyviosios vidinės trinties kampas- 27^0 , filtracijos koeficientas – 1,4 m/d, poringumas – 0,7. Fliuvioglacialinis gruntas.
4. IGS sudaro dulkingas smėlis vidutinio tankumo. Sluoksnio storis – 1,0 m. Šis sluoksnis sudaro sąlyginai geras stiprumines savybes. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 6,9 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 15 MPa, efektyviosios vidinės trinties kampas- 32^0 , filtracijos koeficientas – 0,9 m/d, poringumas – 0,62. Fliuvioglacialinis gruntas.
5. IGS sudaro dulkingas smėlis tankus labai tankus. Sluoksnio storis kinta nuo 0,8 iki 1,3 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 19,88 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 30 MPa, efektyviosios vidinės trinties kampas – 35^0 , filtracijos koeficientas – 0,3 m/d, poringumas – 0,49. Kaip pastebime šis sluoksnis sudaro geras stiprumines savybes. Fliuvioglacialinis gruntas.
6. IGS sudaro smulkus smėlis ir vidutinio rupumo smėlis tankus. Sluoksnio storis kinta nuo 1,5 iki 2,20 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 13,32 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 28 MPa, efektyviosios vidinės trinties kampas – 36^0 , filtracijos koeficientas – 4,45 m/d, poringumas – 0,54. Geros sluoksnio stipruminės savybės. Fliuvioglacialinis gruntas.
7. IGS sudaro smėlingas dulkingas molis pusketis. Sluoksnio storis kinta nuo 0,7 iki 1,9 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 3,66 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 25 MPa, poringumas – 0,32. Glacialinis gruntas.
8. IGS sudaro smėlingas dulkingas molis kietas. Sluoksnio storis kinta nuo 0,5 iki 9,30 m. Kūginio stiprio vidutinė vertė – 9,39 MPa, deformacijų modulis (E_0) – 40 MPa, poringumas – 0,32. Sudaro geras stiprumines savybes. Glacialinis gruntas.

Deformacijos modulis E_0 dar kitaip vadinamas visuminių deformacijos modulių yra apskaičiuojamas pagal formules (A. Brilingas, H. Valiulis, J. Šimkus):

Puriam smėliui:

$$E_0 = 3 \cdot q_c ; \quad (1)$$

Vidutinio tankumo smėliui:

$$E_0 = 7,8 \cdot q_c^{0,71} ; \quad (2)$$

Smėlingam dulkingam moliui:

$$E_0 = 7,4 \cdot q_c + 7,2; \quad (3)$$

Čia: E_0 – grunto deformacijų modulis, MPa

q_c – grunto kūginis stipris.

Atliktų tyrimų metu nustatyta granulimetrinė sudėtis, gamtinis dalelių ir sauso grunto tankis, aterbergo ribos bei gruntų filtracijos koeficientas. Rezultatai pateikiami 5 lentelėje. 4.3.1 ir 4.3.2 paveikslėliuose pateikiama informacija, kaip nustatoma granulimetrinė sudėtis atsižvelgiant į sieto akučių skaičių ir liekanų, likusių ant sieto, priklausomybę.

4.3.1pav. Laboratorijoje atliktų tyrimų rezultatai.

Pavyzdys	Skaitiklyje-likęs gruntas, vardiaklyje-išsijotas per sietą gruntas, %											Vainagrūdiškumo rodikliai			Tankis $Mg \cdot m^{-3}$		Drėgnis, %	Plastiškumas, %					Grunto pavadinimas	
	Sietų akučių dydžiai, mm											Dulkių/molio %	p ₆₀ /d ₁₀	p ₃₀ /d ₃₀	p ₂₀ /d ₂₀	w _l /w _p		w _p /w _p	I _p /I _L	Žymuo	Sąlyšai žvaizdžio klasė (pagal LST 13311:2002)	IGS		
Nr nuoliki	63	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063						Dulkių/molio %						p ₆₀ /d ₁₀	p ₃₀ /d ₃₀
1	2,0-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,7	16,3	64,1	11,3	7,1	0,20	2,6									Smulkus smelis
		100	100	100	100	99,9	99,8	99,6	98,9	82,6	18,5	7,2	0,1	0,07										
2	7,0-7,5	0,0	0,0	0,0	1,9	1,5	0,5	1,8	3,4	3,9	14,2	14,5				2,308		8,6	23,3	10,5	sasiCl		VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	98,1	96,6	96,1	94,3	90,9	87,0	72,8	58,3	16,9			2,69	2,109	0,25	9,5	12,8	-0,32			molis K.
1	2,0-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,7	2,3	2,8	18,5	16,2	47,8			2,215		13,1	21,0	7,1	saciSl	F ₃	IX	Smėlingas molingas
		100	100	100	100	100	98,1	97,4	95,1	92,3	73,8	57,6	9,8			2,66	1,947	0,37	13,8	13,9	-0,02			dulkis K
2	3,5-4,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,8	0,9	1,3	2,9	47,8	21,2	23,4	0,15	14,2	0,6								Dulkingas smelis
		100	100	100	99,4	99,2	98,4	97,5	96,2	93,3	45,5	24,3	0,9	0,01										
3	7,5-8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	1,4	0,9	4,2	5,1	18,6	10,4	41,2			2,291		10,1	23,1	9,7	sasiCl		VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	100	96,3	94,9	94,0	89,8	84,7	66,1	55,7	14,6			2,68	2,059	0,30	11,2	13,4	-0,22			molis K.
1	1,5-2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,6	0,4	2,5	6,9	20,3	23,4	36,0			2,282		11,2	18,8	5,7	saciSl	F ₃	IX	Smėlingas molingas
		100	100	100	100	98,9	97,3	96,9	94,4	87,5	67,2	43,8	7,8			2,66	2,022	0,32	11,9	13,1	-0,22			dulkis K
2	2,4-2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	10,2	16,9	13,9	23,0	19,8	4,9	9,3	0,57	8,6	13,7								Vidutinio rūpumo smėlis
		100	100	100	100	98,3	88,1	71,2	57,3	34,3	14,5	9,6	0,3	0,07										
3	7,5-8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,6	0,6	3,2	3,8	17,1	18,3	37,8			2,294		10,2	22,5	9,6	sasiCl		VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	100	96,1	95,5	94,9	91,7	87,9	70,8	52,5	14,7			2,68	2,065	0,30	11,1	12,9	-0,19			molis K.
1	0,5-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	1,2	1,5	3,1	14,2	35,1	34,9			2,190		14,3	17,8	6,6	saciSl	F ₃	VIII	Smėlingas molingas
		100	100	100	100	99,5	99,9	97,7	96,2	93,1	78,9	43,8	8,9			2,66	1,906	0,40	14,9	11,2	0,56			dulkis MP
2	2,5-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	9,6	59,0	21,6	6,6	0,18	2,7	4,2									Smulkus smelis
		100	100	100	100	99,9	99,7	99,1	89,5	30,5	8,9	0,3	0,07											
1	2,0-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,0	2,8	4,4	17,1	13,5	45,7			2,281		10,8	21,4	9,1	sasiCl	F ₃	VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	100	98,6	97,6	94,8	90,4	73,3	59,8	14,1				2,67	2,047	0,30	11,4	12,3	-0,10			molis K.
1	2,5-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,8	1,1	3,7	5,1	16,7	15,2	41,1			2,282		10,8	21,2	9,4	sasiCl	F ₃	VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	100	99	98,0	96,9	93,2	88,1	71,4	56,2	15,1			2,68	2,045	0,31	11,6	11,8	-0,02			molis K.
1	2,5-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,3	0,8	1,1	5,7	16,3	24,3	35,5			2,301		10,1	20,8	8,9	sasiCl	F ₃	VII	Smėlingas dulkingas
		100	100	100	100	97,4	97,1	96,3	95,2	89,5	73,2	48,9	13,4			2,67	2,081	0,28	10,6	11,9	-0,15			molis K.

GRUNTŲ GEOTECHNIŲ RODIKLIŲ SUVESTINĖ LENTELE

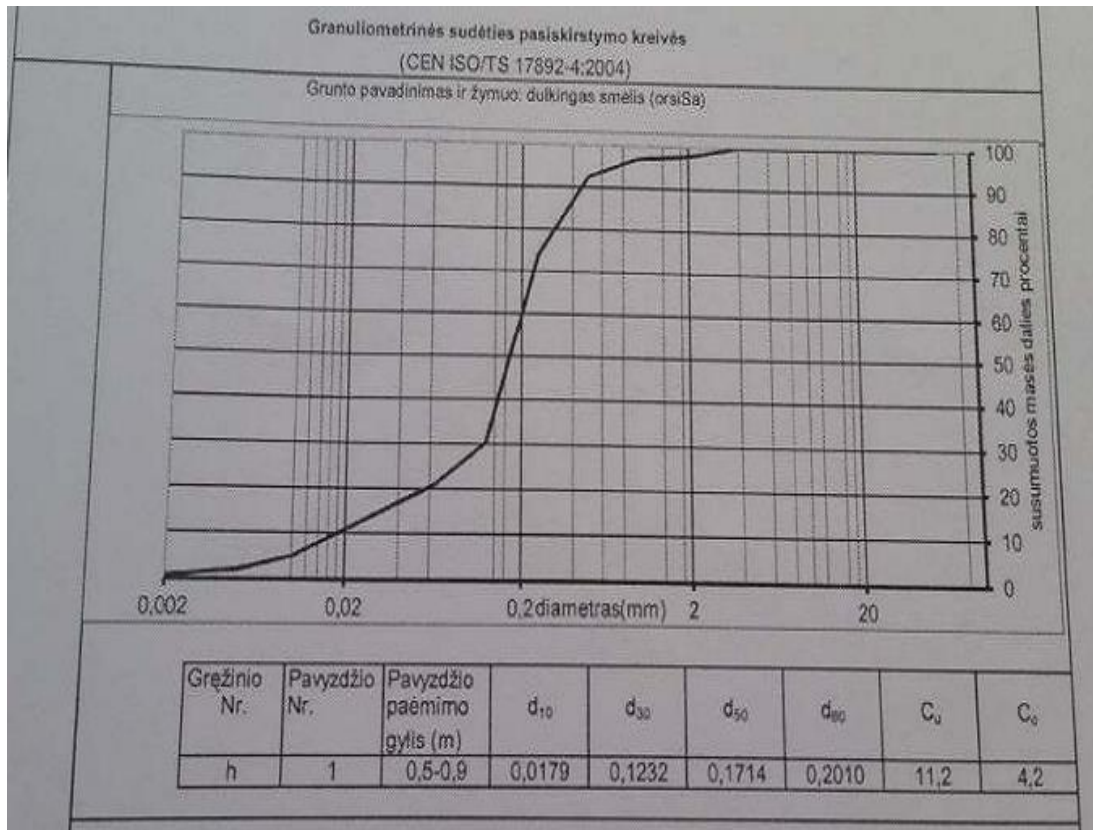
GEOLOGINIS INDICISAS	INŽINERINIO – GEOLOGINIO SUKURIMO	GRUNTŲ APRAŠYMAS LST EN ISO 14688-2:2007 (LST 1331:2002)	PORINGUMO KOEFICIENTAS e	Tūkumo rodiklis t	Būdingosios vertės 0,95 pasiskirovimo lygmeniai							Filtracijos koeficientas m/s	Kaamo kategorija	
					y kN/m ³		p Mg/m ³	q _v MPa	f _v kPa (labai trintis)	c kPa	φ laipsn.			E _{sv} MPa
					naturalaus	naturalaus								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
tptIV	1	Dirbtinis gruntas: dulkingas smėlis (sSa) labai purus ir purus	0,75	-	15,69	1,598	4,01	58	-	26°	5'	1,5	5a	
	2	Dirbtinis gruntas: smėlingas dulkingas molis (sasCI) standžiai plastinis	0,49	0,47	20,25	2,063	2,34	91	28	24	12'	-	6a	
filimI	3	Dulkingas smėlis (sSa) labai purus ir purus	0,70	-	16,45	1,676	2,31	37	-	27°	3'	1,4	5a	
	4	Dulkingas smėlis (sSa) vidutinio tankumo	0,62	-	19,47	1,983	6,90	102	-	32°	15'	0,9		
	5	Dulkingas smėlis (sSa) tankus ir labai tankus	0,49	-	21,58	2,198	19,88	167	-	35°	30'	0,3		
	6	Smulkus smėlis (FSa) ir vidutinio rupumo smėlis (MSa) tankus	0,54	-	19,96	2,033	13,32	307	-	36°	28'	4,48		
gilimI	7	Smėlingas dulkingas molis (sasCI) puskietas	0,32	0,20	22,28	2,269	3,66	94	35	28	25'	-	6a	
	8	Smėlingas dulkingas molis (sasCI) kietas	0,32	-0,07	22,23	2,264	9,39	243	40	28	40'	-		

PASTABA: e – poringumo koeficientas; y, kN/m³ – savitasis sunkis; p, Mg/m³ – grunto tankis; q_v, MPa – kūginis stipris; c, kPa – sėriklis; φ, laipsn. – vidinės trinties kampas; E_{sv}, MPa – deformacijų modulis; * – rodikliai pateikti pagal zondavimo duomenis; bei Eurokodas 7 priedo D, G, lentelės

4.3.2 pav. Gruntų geotechninių rodiklių suvestinės lentelė.

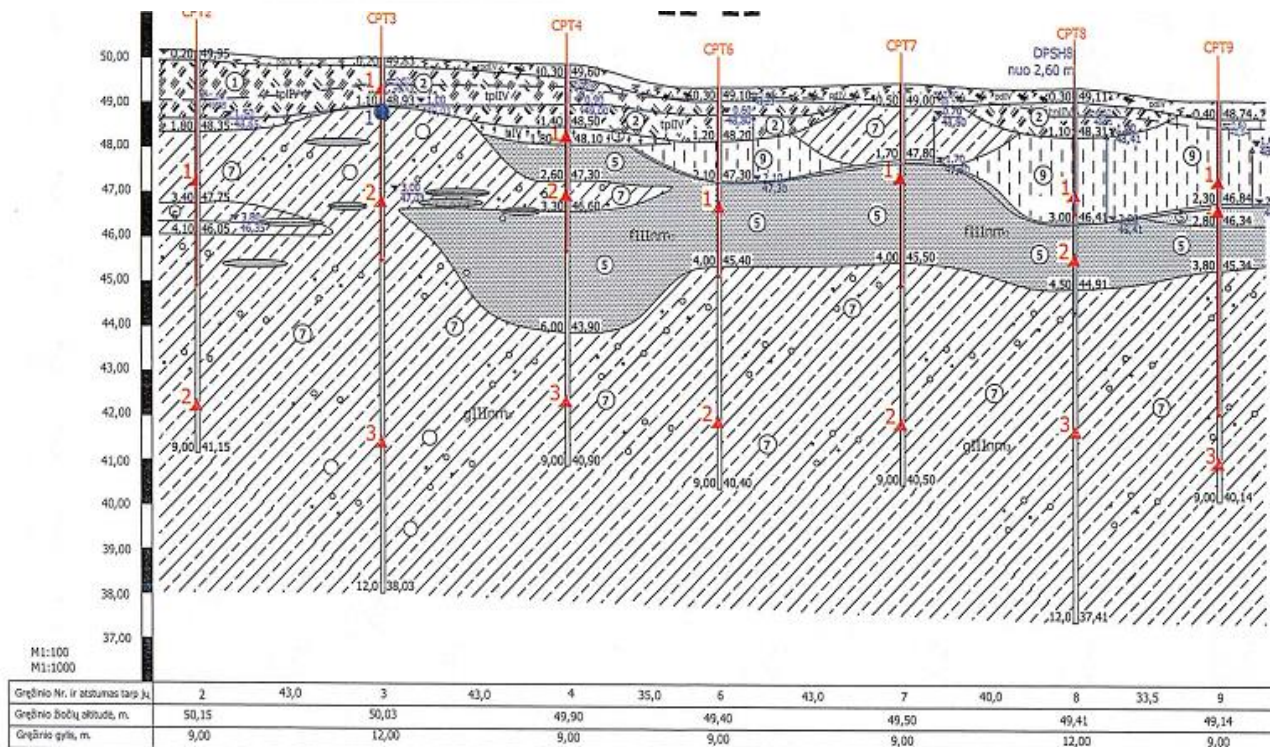
Dinaminio šampo duomenimis nustatėme, kaip keičiantis gręžinio gyliui, keičiasi ir dinaminė kūgio sminga.

5 lentelė. Dinaminio šampo duomenys.



4.3.3 pav. Granulimetrinės sudėties pasiskirstymas.

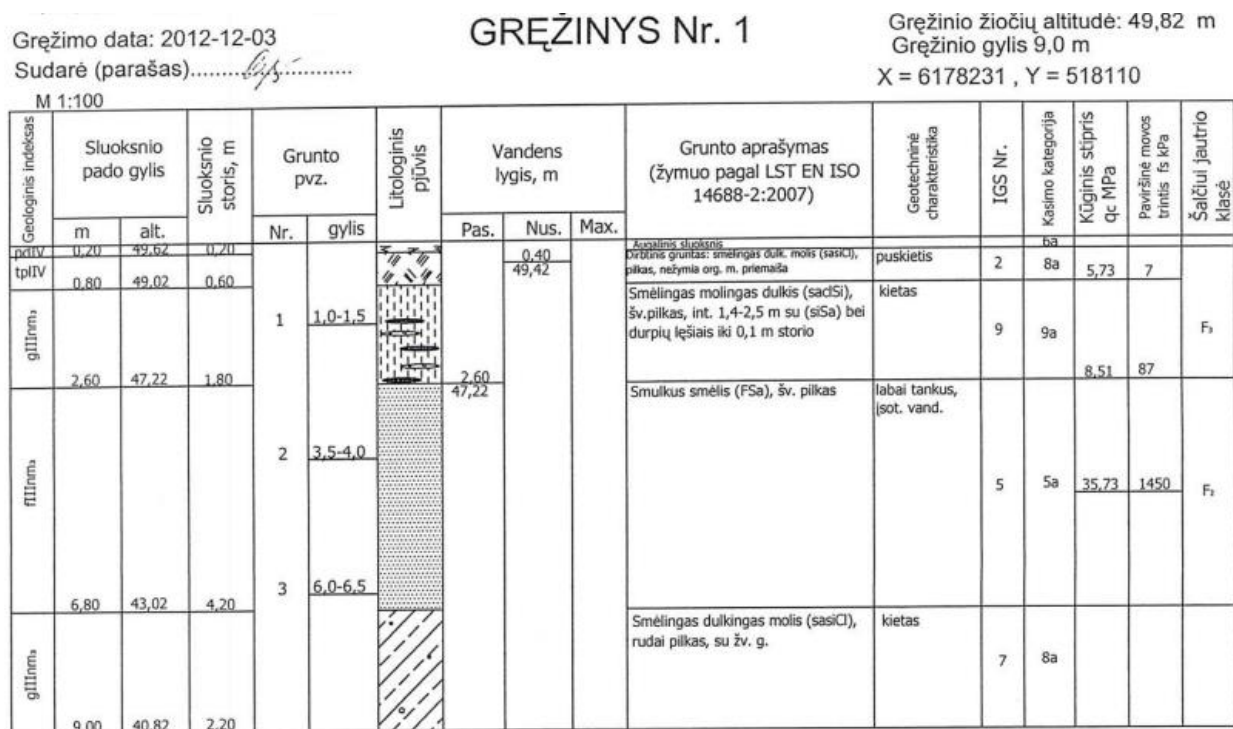
Gylis m	N20	svorio dalis	q _d MPa (dinaminė kūgio smėlis)	Gylis m	N20	svorio dalis	q _d MPa (dinaminė kūgio smėlis)
0,2		2	0,00	0,2		2	0,00
0,4		2	0,00	0,4		2	0,00
0,6		2	0,00	0,6	7	2	6,78
0,8		2	0,00	0,8	9	2	8,72
1		2	0,00	1	13	2	12,59
1,2		3	0,00	1,2	11	3	9,88
1,4		3	0,00	1,4	9	3	8,08
1,6		3	0,00	1,6	10	3	8,98
1,8		3	0,00	1,8	12	3	10,78
2		3	0,00	2	12	3	10,78
2,2		4	0,00	2,2	4	4	3,38
2,4		4	0,00	2,4	4	4	3,38
2,6	21	4	17,75	2,6	7	4	5,92
2,8	19	4	16,06	2,8	10	4	8,45
3	14	4	11,84	3	10	4	8,45
3,2	14	5	11,08	3,2	9	5	7,12
3,4	22	5	17,41	3,4	10	5	7,91
3,6	31	5	24,53	3,6	11	5	8,70
3,8	39	5	30,86	3,8	12	5	9,49
4	36	5	28,48	4	17	5	13,45
4,2	35	6	26,02	4,2	12	6	8,92
4,4	45	6	33,46	4,4	16	6	11,90
4,6	33	6	24,54	4,6	80	6	59,48
4,8	23	6	17,10	4,8	112	6	83,27
5	24	6	17,84	5		6	0,00
5,2		7	0,00	5,2		7	0,00
5,4		7	0,00	5,4		7	0,00
5,6		7	0,00	5,6		7	0,00
5,8		7	0,00	5,8		7	0,00
6		7	0,00	6		7	0,00
6,2		8	0,00	6,2		8	0,00
6,4		8	0,00	6,4		8	0,00
6,6		8	0,00	6,6		8	0,00
6,8		8	0,00	6,8		8	0,00
7		8	0,00	7		8	0,00



4.3.4 pav. Geologinis litologinis esamo sklypo pjūvis.

Pagal geologinį litologinį pjūvį galima įvertinti grunte slūgsančius sluoksnius, jų gylį, prisikriamą geologinį indeksą, esamo vandens gylį.

4.3.4 paveiksle matyti, kaip keičiantis pado sluoksnio gyliui, išryškėja, koks sluoksnis slūgso bei koks to sluoksnio storis, kokios mechaninės ir fizikinės savybės. Taip pat nustatomas paviršinės trinties movos koeficientas F_s , kPa, kūginis stipris q_c MPa, šalčio jautrumo klasė, vandens lygis. Iš pateiktos lentelės matyti, jog gręžinio Nr. 1 fizikinės mechaninės savybės yra geros ir tvirtos.



4.3.5 pav. Gręžinio Nr. 1 charakteristikos išdėstytos lentelėje.

4.4 Pagrindinės aplinkotvarkos sklypo charakteristikos

Pagrindinius žemės darbus sudarys paviršiaus planiravimas, lovio kasimo darbai dangų konstrukcijomis. Kaip jau buvo nustatyta inžinerinių geologinių tyrimu metu, statybos aikštelė yra padengta 0,2–0,5 m storio augaliniu sluoksniu (pdIV), po augaliniu sluoksniu slūgso piltinis gruntas (tpIV), po piltiniu gruntu yra limnoglacialinės nuosėdos (lgIIIInm3) ir glacialinės (gIIIInm3) nuosėdos. Gruntinis tarp sluoksnis spūdinis požeminis vanduo yra susikaupęs smėlio nuogulose, vandens lygis užfiksuotas 0,4–3,8 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Lovio dugnas turi būti įrengtas ir sutankinamas taip, jog sutankinimo rodiklio reikšmė būtų pasiekta $D_{pr} = 100$ %, pagal ST 188710638.06:2004 89 punkto nuostatas: viršutinė sankasų dalis iki 1 m gylio pylimuose ir iki 0,5 m gylio iškasose stambiagrūdžiams ir smulkiagrūdžiams gruntams. Pagrindinis reikalavimas lovio dugnui – sankasos viršaus deformacijos modulio reikšmė turi būti $E_{v2} \geq 45$ MPa. Jeigu tankinimu

nepavyksta pasiekti reikalaujamos žemės sankasos viršaus deformacijos modulio vertės, tuomet taikomos papildomos priemonės, ir gruntai yra stabilizuojami, pagerinami, mechaniškai apdorojant mažiausiai 30 cm, arba tiesiog pakeičiami geresniais gruntais. Žemės sankasos įrengimas ir kokybė kontroliuojama remiantis ST 188710638.06:2004 VII skirsnio 11 lentelėje pateiktais kontroliuojamų dydžių ir leistinų nuokrypių parametrais. (žr. į 4.4.1)

11 lentelė. Žemės sankasos nuokrypiai ir kontrolė

Kontroliuojami dydžiai	Leistinių nuokrypių arba dydžių reikšmės	Kontrolinių bandymų apimtys
1. Žemės sankasa		
1.1. Aukščiai	± 5 cm	pasirinktinai, tačiau ne mažiau kaip 10 matavimų kiekviename kilometre
1.2. Plotis (atstumas nuo žemės sankasos ašies iki briaunos)	± 10 cm	— // — // —
1.3. Skersiniai nuolydžiai	± 0,5 % (absolūt.)	— // — // —
1.4. Šlaitų nuolydžiai	± 10 % (sant.)	— // — // —
1.5. Pylimo pado plotis	± 20 cm	— // — // —
1.6. Bermos plotis	± 20 cm	— // — // —
1.7. Augalinio sluoksnio storis	± 20 %, tačiau ne mažesnis kaip 6 cm	— // — // —
1.8. Sutankinimo rodiklis $D_{Pr}^{1)}$ (atitinkantis 0,9 lygmens kvantilį)	100 %; 97 %, kai $h \leq 0,5$ m 98 %; 97 %; 95 %, kai $h > 0,5$ m (žr. šių ST 2 lentelę)	ne mažiau kaip trys pavyzdžiai kiekvieniems 7000–9000 m ² , platinant žemės sankasą, – kiekvieniems 4000 m ² ;
1.9. Deformacijos modulis E_{T2}	≥ 45 MPa (45 MN/m ²) (kai rengiamos SV, I–III klasių dangų konstrukcijos)	ne mažiau kaip 10 matavimų kiekviename kilometre; platinant žemės sankasą – ne mažiau kaip trys matavimai kiekvieniems 4000 m ²
1) kai sutankinimo kokybės įvertinimui naudojami netiesioginiai bandymo metodai, galima vadovautis 7 lentelės nurodymais		

4.4.1 pav. Iš ST 188710638.06:2004 VII skirsnis. 11 lentelė.

Paviršius turi būti tinkamos formos ir vienodai bei tolygiai sutankintas, be akmenų ar purvo. Baigto paviršiaus konstrukcijos turi būti tikslaus profilio, be įdubų, nelygumų, įvairių atliekų ir kitokių defektų. Kiekvienas pagrindo sluoksnis turi būti klojamas taip, kad klojamo mišinio savybės būtų kaip įmanoma vienodesnės. Taigi sluoksniai turi būti klojami nuosekliai ir tankinami iki tam tikro pasiekiamo stiprio. Šiuo atveju deformacijos modulis turi pasiekti 45 MPa (pagal 4.4.1 pav. pateikiamas reikalaujamas vertes). Kiekvienas sluoksnis turi būti klojamas atskirai, bet tik pasiekus ir užtikrinus pagrindo stiprį bei laikomąją galią. Dangų pagrindas įrengiamas lovyje, grunto planiravimas atliekamas taip, kad faktiniai aukščiai nenukryptų nuo projektinių aukščių daugiau kaip ± 4,0 cm. Lyguma matuojama su 3 m ilgio liniuote, susidarantys plyšiai negali būti didesni kaip 3,0 cm., o skersiniai nuolydžiai negali nukrypti daugiau kaip ± 0,5 % , pločio nuokrypis leidžiamas ne didesnis kaip ± 10 cm. Įrengiant pagrindo sluoksnius be rišiklių įrengimo kokybė turi būti kontroliuojama

vadovaujantis IT SBR 07 X skyriaus reikalavimais, nuokrypia neturi viršyti leistinų normų. Dangos pagrindo sluoksniams įrengti siūloma naudoti nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinius, tokius kaip išardytą dangos konstrukcijos sluoksnių medžiagų skaldą, smėlį, trupintą asfaltą ar trupintą betoną. IT SBR 07 X skyriuje apibrėžiami bandymams keliami reikalavimai. Bandymai skirstomi į tinkamumo, vidinės kontrolės ir kontrolinius bandymus. Tinkamumo bandymais įrodoma mineralinių medžiagų, nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinių bei gruntų tinkamumas numatytiems būsimiems naudojimo tikslams, kurie turi atitikti projektui keliamus reikalavimus. Prieš atliekant darbus, privaloma pateikti dokumentus, akredituotos laboratorijos bandymų ataskaitas apie būsimas naudojamas mineralinių medžiagų ir nesurištųjų mineralinių medžiagų ar gruntų tinkamumą. Visi šie bandymai grindžiami gamintojo pateiktais dokumentais, tai yra laboratorijų ar kitų akredituotų įmonių ataskaitomis, kuriose pateikti duomenys apie nesurištųjų mineralinių medžiagų atitikimą keliamiems reikalavimams. Dokumentuose pateikta medžiaga turi pagrįsti šiuos reikalavimus: šalčiui nejautrų medžiagų sluoksnį (ŠNS), apsauginį šalčiui atsparų sluoksnį (AŠAS), žvyro pagrindo sluoksnį (ŽPS), skaldos pagrindo sluoksnį (SPS) ar dangų sluoksnį be rišiklių (DSBR). Atitiktis deklaracijose ir kituose pateikiamuose dokumentuose turi būti nurodyti tokie parametrai: rūšis ir kilmė (gamybos vieta), gaminio granulimetrinė sudėtis, Proktoro tankis, drėgnis (W_{Pr}), pralaidumas vandeniui (šis rodiklis taikomas tik apsauginiam šalčiui atspariam sluoksniui ir šalčiui nejautriam sluoksniui). Proktoro tankis – tai tankis, nustatytas tarp sausojo tankio ir drėgnio ryšio laboratorijoje atliekant Proktoro bandymą su specifine energija apytiksliai 0,6 MJ/m. 6 lentelėje pateikiamos reikalaujamos deformacijos modulio vertės.

6 lentelė. Reikalaujamos žvyro arba skaldos pagrindo sluoksnio deformacijos modulio E_{V2} vertės (IT SBR 07 taisyklės)

Sluoksnis	Deformacijos modulio E_{V2} vertės MPa			Apatinio deformacijos modulio E_{V2} vertės MPa	Žemės sankasos viršaus deformacijos modulio E_{V2} vertės MPa
	Pavadinimas	Storis, cm	SV ir I-IV klasių dangų konstrukcijose		
1. Ant AŠAS įrengtas ir sutankintas ŽPS	≥ 20	≥ 150		≥ 120	≥ 45
	≥ 30	≥ 150		≥ 100	≥ 45
	≥ 20		≥ 120	≥ 100	≥ 45
	≥ 25		≥ 120	≥ 80	≥ 45
2. Ant AŠAS įrengtas ir sutankintas SPS	≥ 15	≥ 150	–	≥ 120	≥ 45
	≥ 20	≥ 150	–	≥ 100	≥ 45
	≥ 15		≥ 120	≥ 100	≥ 45
	≥ 20		≥ 120	≥ 80	≥ 45
3. Ant ŠNS įrengtas ir sutankintas ŽPS	≥ 40	≥ 150			≥ 45
	≥ 30		≥ 120		≥ 45
4. Ant ŠNS įrengtas ir sutankintas SPS	≥ 30	≥ 150			≥ 45
	≥ 25		≥ 120		≥ 45

Mineralinės medžiagos, gautos perdirbant anksčiau statyboje panaudotas neorganines medžiagas, vadinamos kartotinio panaudojimo statybinėmis medžiagomis, o kartotinio panaudojimo statybinių mineralinių medžiagų mišinys, kuris turi ribotą sudedamųjų dalių kiekį – RC statybinėmis

medžiagomis. Kiekviena kartotinio panaudojimo statybinė medžiaga turi atitikti TRA MIN 07 reikalavimus, kuriuose apibrėžiama granulimetrinė sudėtis, Los Andželo koeficientas, atsparumas dilimui, priemaišos ir kitos vertės, taip pat mineralinės medžiagos turi atitikti konkretaus sluoksnio tipui keliamus reikalavimus. (žr. 7 lentelę)

7 lentelė. Reikalavimai RC kartotinio panaudojimo statybinių medžiagų sudėtinėms dalims.(TRA MIN 07 2 priedas)

Medžiagos grupė	Masės %
Trupintas asfaltas, dalelių > 4 mm	≤ 30
Klinkerio plytos, plytos ir akmens keramika, dalelių > 4 mm	≤ 30
Silikatinės plytos, tinkas ir panašios medžiagos, dalelių > 4 mm	≤ 5
Mineralinės lengvos ir statybinės medžiagos (poringas ar pemzos betonas), dalelių > 4 mm	≤ 1
Teršalai (medis, guma, sintetinės medžiagos ir tekstilė) mišinyje	≤ 0,2
Kelių pikiu ar pikio turinčiu rišikliu sujungtos medžiagos yra pašalinamos. Taip pat negalima vartoti rišlaus grunto, sudulėjusių ir dūlėti linkusių akmenų ir panašių netinkamų medžiagų.	

Skaldos pagrindo sluoksniams naudoti 0/56 nesurištųjų mineralinių medžiagų mišinius, kurių granulimetrinei sudėčiai keliami reikalavimai išdėstyti TRA SBR 07 III skyriaus 8 lentelėje.

8 lentelė. Reikalavimai granulimetrinei sudėčiai

Eil. Nr.	Nesurištasis mišinys		Išbiros per sietą (mm) masės procentais									
			0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5
1	0/32	Bendrosios ribos	5–35	9–40	16–47	22–60	-	35–68	-	55–85		
		Tiekėjo deklaruojama vertė (S)	10–30	14–35	23–40	30–52	-	43–60	-	63–77		
2	0/45	Bendrosios ribos	5–35	9–40	16–47	-	22–60	-	35–68	-	55–85	

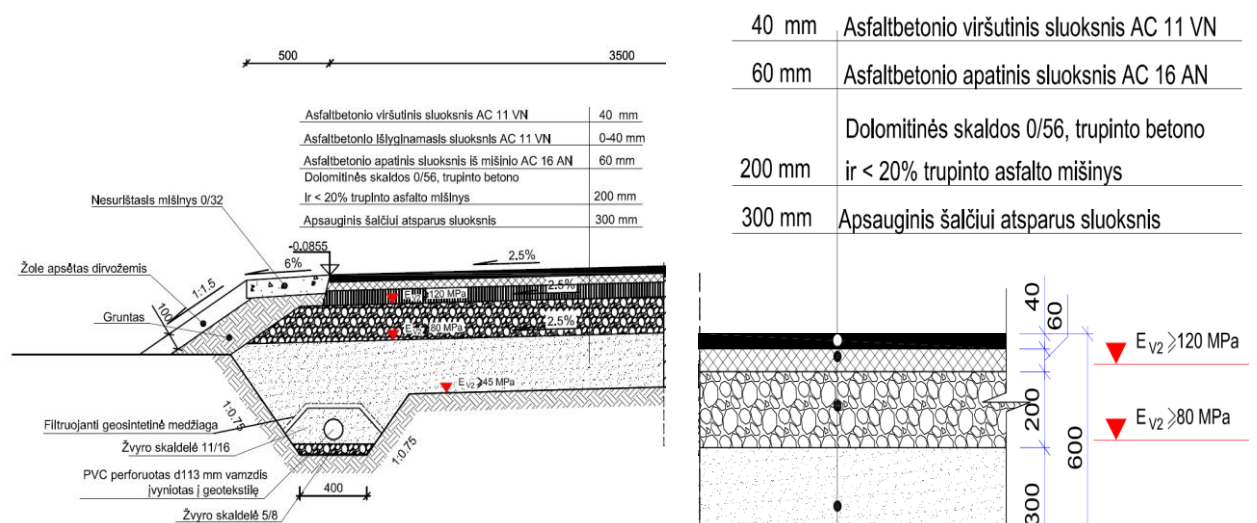
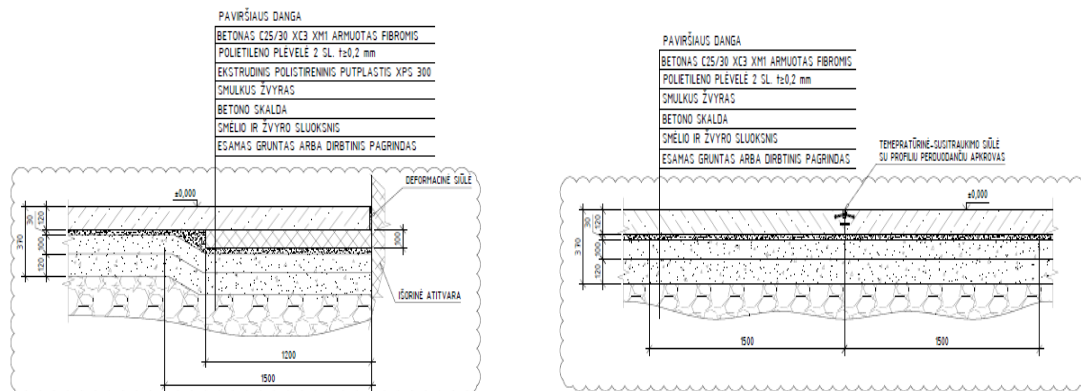
		Tiekėjo deklaruojama vertė (S)	10–30	14–35	23–40	-	30–52	-	43–60	-	63–77	
		Bendrosios ribos	-	5–35	9–40	16–47	-	22–60	-	35–68	-	55–85
3	0/56	Tiekėjo deklaruojama vertė (S)	-	10–30	14–35	23–40	-	30–52	-	43–60	-	63–77
Bendrosios ribos: bendrosios normuojamos granulimetrinės sudėties ribos (LST EN 13285, B priedas).												
Tiekėjo deklaruojama vertė (S): tiekėjo granulimetrinės sudėties deklaruojamos vertės ribos (LST EN 13285, B priedas).												

Mineralinių dulkių <0,063 mm kiekis nesurištuose mineralinių medžiagų mišiniuose, skirtuose skaldos pagrindo sluoksniams įrengti, turi būti $\geq 5\%$. Sluoksnis turi būti įrengiamas taip, kad jo laikomosios ir deformacinės savybės kiek galima būtų vienodos. Todėl mišinius reikia pakrauti, iškrauti ir kloti taip, kad jie neišsiskirstytų frakcijomis. Tarpinis mišinių sandėliavimas yra neleistinas. Klojant sluoksnį, skleidžiamas mišinys turi būti pakankamo drėgnio, pasirinkto remiantis tinkamumo bandymais, kad mišinį klojant ir tankinant būtų pasiektas reikalaujamas sluoksnio sutankinimo rodiklis D_{pr} . Įrengto skaldos pagrindo sluoksnio sutankinimo rodiklis turi būti $D_{pr} \geq 103\%$, deformacijos modulio reikšmė turi būti $E_{v2} \geq 120$ MPa (V klasės dangos konstrukcijai) arba $E_{v2} \geq 150$ MPa (IV klasės dangos konstrukcijai). Klojimui numatytų medžiagų arba jų mišinių techniniai duomenys turi atitikti keliamus reikalavimus. Tinkamumas nustatomas pagal LST 1361.2; LST 1360.2; LST 1360.6. Užbaigus pagrindo sluoksnių klojimo darbus, turi būti atlikti kontroliniai bandymai, kuriuos atlieka Užsakovas. Kontrolinius bandymus tikslinga atlikti vykdant savikontrolę. Visi sluoksniai turi atitikti brėžiniuose numatytus projektinius storius. Leistini nukrypimai pagrindui iš skaldos mišinių:

1. Projektinių aukščių $\pm 4,0$ cm.
2. Skersinio nuolydžio $\pm 0,5$ %.
3. Lygumo, maksimali prošvaisa po 3 m liniuote ≤ 2 cm.

4. Faktinio storio $\leq 10\%$, mažesnis už numatytą projekcinį storį. Nė viena atskiroji sluoksnio storio vertė neturi būti daugiau kaip 3.5 cm mažesnė už projekcinį sluoksnio storį.

5. Sluoksnio plotis ± 10 cm.



4.4.2 pav. Grindų detalės. Pravažiavimo takų detalės.

Įrengiamų privažiavimo dangų pagrindo sluoksniai turi atlaikyti eismo ir viršutinių sluoksnių sukuriamą apkrovą ir gaunamą apkrovą paskirstyti kiek įmanoma didesniuose plotuose. Pagrindo sluoksnį veikia tik gniuždymo įtempiai, tai šis sluoksnis daromas iš mažiau atmosferiniams poveikiams atsparių medžiagų negu viršutiniai sluoksniai. Dangos sluoksniai įrengiami iš kelių sluoksnių, kurių atsparumas einant gilyn po truputį mažėja. Privažiavimo keliai, dinaminė zona, nuokalnė įrengta pagal KPT SDK 07 V dangos konstrukcijos klasę, o esamų aikštelių paplatinimai įrengiami vadovaujantis reikalavimais, keliamais VI dangos konstrukcijos klasei, nes ekvivalentinės 10 t svorio ašies apkrovos skaičius mažesnis kaip 0,05 mln. Platinamoje vietoje dangos konstrukciją sudaro šalčiui atsparus sluoksnis – 30 cm, skaldos sluoksnis iš nesurištąjo mišinio 0/45 frakcijos, asfalto apatinis sluoksnis AC22AS – 8 cm, asfalto viršutinis sluoksnis AC11VS – 4 cm. Norint ant esamos dangos suformuoti nuolydžius, įrengiamas išlyginamasis 0,0–4 cm storio sluoksnis iš AC11VS mišinio ir

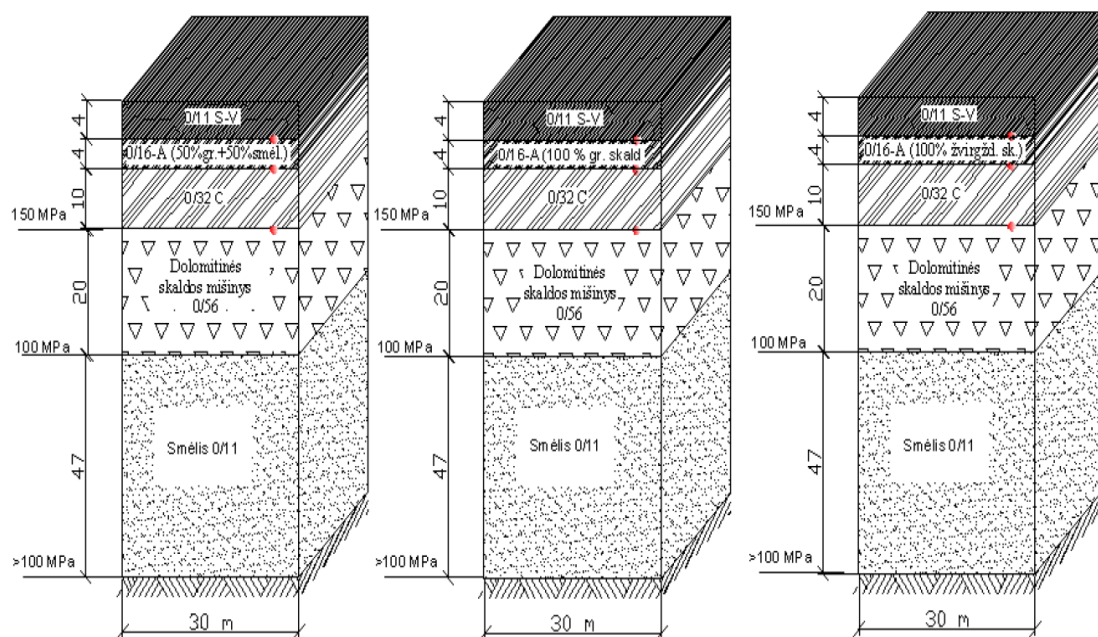
klojamas kartu su viršutiniu sluoksniu. Platinamoje vietoje, kad iš pasluoksnių būtų surinktas vanduo, dangos krašte rengiamas išilginis drenažas iš PVC d63 mm perforuotų geotekstile apvyniotų vamzdžių. Taip pat darbo projekte nurodytos mechaninių bei fizinių gruntų charakteristikos, gruntų, kurie statant turi būti įgyvendinti ir atitikti projektą, sutankinimo laipsnis. Gruntų sutankinimo laipsnis išreiškiamas sutankinimo koeficientu, kuris gali būti nuo 0,92 iki 0,98 arba gali būti išreikštas sutankinto grunto deformacijos moduli.

Skaldos pagrindo sluoksniui įrengti naudota 0/56 frakcijos, nesurištųjų mineralinių medžiagų mišiniai, dolomitinė skalda su trupinto betono ir asfaltbetonio mišinių, kurių granulimetrinei sudėčiai keliami reikalavimai išdėstyti TRA SBR 07 III skyriaus 8 lentelėje. Mineralinių dulkių < 0,063 mm kiekis nesurištuose mineralinių medžiagų mišiniuose, skirtuose pagrindo sluoksniams įrengti, turi būti < 5 %. Sluoksnis turi būti sudaromas taip, kad jo laikomosios ir deformacinės savybės būtų kiek galima vienodesnės. Todėl mišinius reikia pakrauti, iškrauti ir kloti taip, kad jie neišsiskirtų frakcijomis. Tarpinis mišinių sandėliavimas yra neleistinas. Klojant sluoksnį, skleidžiamas mišinys turi būti pakankamo drėgnio, pasirinkto remiantis tinkamumo bandymais, kad mišinį klojant ir tankinant būtų užtikrintas pakankamas drėgnis, pasirinktas remiantis tinkamumo bandymais, o sluoksnio sutankinimo rodiklis D_{pr} atitiktų keliamas vertes. Įrengtos skaldos pagrindo sluoksnio sutankinimo rodiklis D_{pr} turi atitikti ST 188710638.06:2004 89 punkto 2 lentelės reikalavimus, deformacijos modulio reikšmė viršutiniame sluoksnyje turi būti $E_{v2} \geq 120$ MPa. Klojimui numatytų medžiagų arba jų mišinių techniniai duomenys turi atitikti TRA MIN 07 aprašo reikalavimus. Surašomi mišinių arba medžiagų bandymo protokolai bei kokybės pažymėjimai turi būti tinkami. Tinkamumas nustatomas pagal LST 1361.2, LST 1360.2, LST 1360.6. Baigus pagrindo sluoksnių klojimo darbus, akredituota laboratorija atlieka kontrolinius bandymus. Užbaigtas pagrindo sluoksnis turi atitikti brėžiniuose nurodytą storį.

Remiantis statybos rekomendacijomis R34-01, skaldos pagrindus galima ruošti keliais sluoksniais, atsižvelgiant į mažiausio klojamo sluoksnio storį, nuo kurio priklauso klojimo ir tankinimo mechanizmų panaudojimas. Dangų detalėse, kurios įrengtos šiame objekte, yra panaudotas perdirbtas statybinis laužas, t. y. trupinta betono skalda ir asfaltbetonio mišinys, kurio storis 200 mm. Numatytas dolomitinės skaldos rodiklis $E_{v2} \geq 120$ MPa, dinaminio šlampu nustatoma, ar pasiektas projektinis antrinio panaudojimo skaldos stipris.

4.4.3 paveikslėlyje pavaizduoti pagrindai įrengti su dolomitine skalda, kurios frakcija yra 0/56 tokia pati kaip ir įrengiama statomame objekte, storis taip pat 200 mm, kaip ir tiriamos trupinto betono skaldos pasiekiamas statinis deformacijos modulis $E_{v2} > 150$ MPa. Pasiektas deformacijos modulis E_{v2} skiriasi nuo pasiekto realiame objekte $E_{v2} \geq 80$ MPa, tam įtakos turi biriųjų medžiagų

sluoksnis, storis ir gruntas, esantis po projektuojama danga, atsižvelgiant į ištirtus inžinerinius geologinius tyrimus ir ataskaitas. Darytina išvada, jog tiek statinis deformacijos modulis, tiek dinaminis modulis priklauso nuo visų sluoksnių, tokių kaip pagrindo sluoksnis, rišamosios medžiagos, sutankinimo rodiklis, bei nuo naudojamo statinio paskirties. (žr. į 4.4.3 pav.)



4.4.3 pav. Dolomitinės skaldos sluoksnių pasiekiamas statinis deformacijos modulis

Keliami skirtingi reikalavimai pagal gruntų grupes sutankinimo stiprumui pateikiami 9 lentelėje pagal DIN 18196 koks reikalingas pasiekti sutankinimo laipsnis, greta pateikiamas ir rekomenduotinos statinio ir dinaminio deformacijos modulio vertės, kurias reikia pasiekti, atsižvelgiant į grunto grupę. Apytiksliai pateikiamas statinio deformacijos modulio pervedimas į dinaminį deformacijos modulį, tai yra jeigu $E_{v2} > 150\text{MPa}$, tai E_{vd} , rodiklis apytiksliai būtų $> 75\text{MPa}$.

9 lentelė. Sutankinimo laipsnio, statinio bei dinaminio deformacijų modulijų orientacinė priklausomybė pagal grunto grupes.

Grunto grupė	Sutankinimo laipsnis D_{pr}	Statinis deformacijų modulis E_{v2} , MPa	Dinaminis deformacijų modulis E_{vd} , MPa
Plačiafrakcinis žvyro-smėlio mišinys (ŽG), Pertrauktafrakcinis žvyro-smėlio mišinys (ŽP)	>113	>150	>75
	>103	>120	>55
	>100	>100	>45
	>98	>80	>40
	>97	>70	>35
Siaurafrakcinis smėlis (SB), siaurafrakcinis žvyras (ŽB), plačiafrakcinis smėlio ir žvyro mišinys (SG), pertrauktafrakcinis smėlio ir žvyro mišinys (SP)	>100	>80	>40
	>98	>70	>35
	>97	>60	>32

Smulkūs gruntai	>100	>45	>25
	>98	>30	>15
	>97	>20	>10

Kelio konstrukcijos stiprumas, sluoksnių stiprumas gali būti nustatomas įvairiais metodais. Vienas iš jų galėtų būti Jungtinėse Amerikos Valstijose 1952 m. išrasta Benkelmano matavimų sija. Šis matavimo metodas gaunamas pašalinus statinę apkrovą. Tiriama dangos konstrukcija apkraunama statine apkrova, nuo šios apkrovos dangos konstrukcija savaime išlinksta. Pažymėtina, kad Benkelmano sija galima išmatuoti įlinkį ir apskaičiuoti dangos konstrukcijos ekvivalentinį tamprumo modulį. Bandymas užima visai nedaug laiko, todėl per dieną, jei sija funkcionuoja produktyviai, galima atlikti nuo 100 iki 150 matavimų. Įlinkiai matuojami elektroniniais prietaisais. Tačiau kai kurių mokslininkų nuomonė dėl Benkelmano sijos atliekamų matavimų neigiama, nes veikiant dinaminei apkrovai, apkrova apatiniuose sluoksniuose yra nerealiai trumpa.

Pasaulyje plačiai naudojami bandymai atliekami norint patikrinti pasluoksnių pagrindų stiprumą prieš įrengiant konstrukcijas ant jų atliekami statiniai ir dinaminiai deformacijos modulių bandymai, neardantys dangos konstrukcijos. Pagal esminius bandymų skirtumus įlinkių matavimo prietaisus galima suskirstyti į statinio įlinkio, automatizuotos sijos įlinkio, dinaminio įlinkio, įlinkio prietaisų su harmonine apkrova, su impulsine apkrova ir su bangų sklidimu. Praktiniu požiūriu paprasčiausias yra statinis stiprumo matavimas. Atliekant matavimus, kelio dangos konstrukcijos apkraunamos tam tikrais plotais nuosekliai. Taip pat nuosekliai ir nukraunamos, tai yra apkrova nuosekliai uždedama ir pašalinama nuo tiriamojo pagrindo sluoksnio. Statiniu štapu matuojamas kelio dangos įlinkis, atsirandantis nuo 60 KN apkrovos ir veikiančios į 300 mm skersmens plokštelę. Šis prietaisas naudojamas nesurištųjų medžiagų sluoksniams. Tačiau statinio štapo bandymą galima taikyti ir stambiagrūdžiams, įvairiagrūdžiams bei kietiems smulkiagrūdžiams gruntams. Tiriamojo grunto tankis turi išlikti nepakitęs. Statinė sija naudojama dangos pagrindo sluoksniams iš nesurištųjų medžiagų deformacijos moduliui nustatyti. Šiam bandymui užtenka dviejų žmonių, tačiau tai užima nemažai laiko. Bandymas nėra toks greitas kaip naudojant Benkelmano sija, per darbo dieną galima atlikti maždaug iki 50 bandymų. Dėl didelio matavimų efektyvumo, trumpo bandymo laiko plačiausiai naudojama yra Benkelmano sija, kuri remiasi trijuose taškuose taip, kad liktų laisvas atsikišęs sijos galas. Kitas bandymo būdas atliekamas dinaminio prietaisu. Apkrova sudaroma krintančio masyvaus cilindro smūgiu, apkrovos trukmė trunka vos apie 18 ms, tai sukelia grunto deformacijas ir apskaičiuojamas dinaminis deformacijos modulis E_{vd} . Šis dinaminis deformacijos modulis skiriasi nuo deformacijos modulio E_{v2} nustatyto pagal slėgio bandymo antrinę apkrovą. Krintančio svorio deflektometru matuojami pagrindo gruntai, kelio pagrindai, taip pat gali būti matuojama visa kelio dangos konstrukcija. (žr. į 4.4.4 pav.)



4.4.4 pav. Dinaminio štampos bandymas. Benkelmeno sijos bandymas.

4.5 Rezultatų analizė

Siekiant užtikrinti įrengiamų pagrindų laikomąją galią, sutankinimo stiprumą, akredituotos laboratorijos su atitinkamais prietaisais statybų aikštelėse atlieka sutankinimo bandymus. Tiriamame objekte trupinto betono skalda, kitaip tariant, statybinis laužas, buvo naudojamas įrengiant laikinus kelius, pagrindus po asfaltbetonio danga, taip pat įrengiant pagrindus po būsimų grindų konstrukcija, įrengiant nuogrindas. Prieš pradėdant naudoti trupinto betono skalda pagrindams įrengti, su tokia skalda reikia atlikti bandymus. Buvo tiriama trupinto betono skalda, kurios frakcija 0/56. Bandomoji masė $M_1 = 32,984$ kg. Išplauto ir išdžiovinto bandymo masė $M_2 = 31,640$ kg. Išplovų masė sudarė 1,344 kg. Aplinkos temperatūra – 21°C . Bandymas atliekamas remiantis LST EN 932-2:2003 „Užpildų pagrindų savybių nustatymo metodai. 2 dalis. Laboratorinių ėminių dalijimo metodai“ ir LST EN 933-1:2012 „Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 1 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas“ reikalavimais. Taikytas bandymo metodas – sijojimas ir plovimas. Bandymo rezultatai pateikiami 10 lentelėje.

10 lentelė. Granulimetrinės sudėties nustatymas- sijojimo metodas.

Sieto akelių matmenys mm	Liekanos masė, kg	Liekanos dalis $R_i/M_1 \times 100$	Išbirų suma 100 – $(R_i/M_1 \times 100)$	Reikalavimai pagal LST EN 13242:2003+A1:2008/P:2009 ir IT SBR 07
63	0	0	100	100%
56	7.5012	22.74	77.0	90-99%
45	8.8380	49.54	50.0	
31.5	4.1002	61.97	38.0	55 - 85 %
22.4	2.3468	69.08	31	

16	1.7372	74.35	26	35 – 68 %
11.2	1.4846	78.85	21	
8	1.3104	82.82	17.0	22 - 60 %
5.6	0.8610	85.43	15.0	
4	0,5376	87,06	13,0	16 – 47 %
2	0.6620	89.07	11.0	9 - 40 %
1	0.5464	90.73	9.0	5 – 35 %
0.71	0.2666	91.54	8.0	
0.5	0.2402	92.26	8.0	
0.25	0.4318	93.57	6.0	
0.125	0.4286	94.87	5.0	
0.09	0.1364	95.29	5.0	
0.063	0.1308	95.68	4.0	0 – 7 %
Medžiagos kiekis ant rinkinio dugno P	0,0750	95.9	4.0	

Per 63 μm akelių sietą išbyrėjusių smulkių dalelių kiekis :

$$\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 = \frac{(32.984 - 31.640) + 0.0750}{32.984} \times 100 = 4.3\% \quad (1)$$

$$\sum R_i + P = 31.6348 \text{ kg} \quad (2)$$

$$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 = \frac{31.640 - 31.6348}{31.640} \times 100 = 0.02\% < 1\%. \quad (3)$$

11 lentelė. Rodikliai vertės.

Rodikliai	Reikalavimai pagal kuriuos atliekami bandymai	Rezultatai
Tiriamasis tankis, Mg/m ³	LST EN 1097-6:2013 (7 p.)	2,499
Sausų dalelių tankis, Mg/m ³	LST EN 1097-6:2013 (7 p.)	2,119
Įmirkytų vandenyje ir sausų dalelių tankis, Mg/m ³	LST EN 1097-6:2013 (7 p.)	2,270
Vandens įmirkis (sausos masės procentais) po 24h mirkymo, %	LST EN 1097-6:2013 (7 p.)	7,2

Atsparumas suirimui LA (Los Angelo koeficientas)	LST EN 1097-2:2010 (5 p.)	42,0
Atsparumas šalčiui, naudojant magnio sulfato tirpalą, MS, %		25,3

Palyginimui išbandykime ir dolomitinę skaldą, tokios pačios frakcijos 0/56. Bandomoji masė $M_1 = 40.384$ kg. Išplauto ir išdžiovint bandymo masė $M_2 = 40.350$ kg. Išplovų masė sudarė 0,034 kg. Aplinkos temperatūra – 21 °. Bandymo rezultatai pateikiami 11 lentelėje.

12 lentelė. Dolomitinės skaldos granulimetrinės sudėties nustatymas – sijojimo metodas.

Sieto akelių matmenys, mm	Liekanos masė, kg	Liekanos dalis $R_i/M_1 \times 100$	Išbirų suma 100 – $(R_i/M_1 \times 100)$	Reikalavimai pagal LST EN 13242:2003+A1:2008/P:2009
80	0	0	100	100 %
56	5,6241	13.93	86.0	85–99 %
45	7.1783	31.7	68	
31.5	8.2641	52.17	48.0	
22.4	2.0132	57.15	43.0	
16	4.0120	67.09	33.0	
11.2	2.0148	72.07	28.0	
8	3.0167	79.54	20.0	
5.6	1.0077	82.04	18.0	
4	1.0143	84.55	15.0	
2	1.0154	87.07	13.0	
1	1.0103	89.57	10.0	
0.71	2.0898	94.74	5.0	
0.5	0.0126	74.77	5.0	
0.25	1.0307	97.33	3.0	
0.125	0.0262	97.39	3.0	
0.09	1.0058	99.88	0	
0.063	0.0047	99.89	0	

Medžiagos kiekis ant rinkinio dugno P	0,0016	99,9	0	
---------------------------------------	--------	------	---	--

Per 63 μm akelių sietą išbyrėjusių smulkių dalelių kiekis :

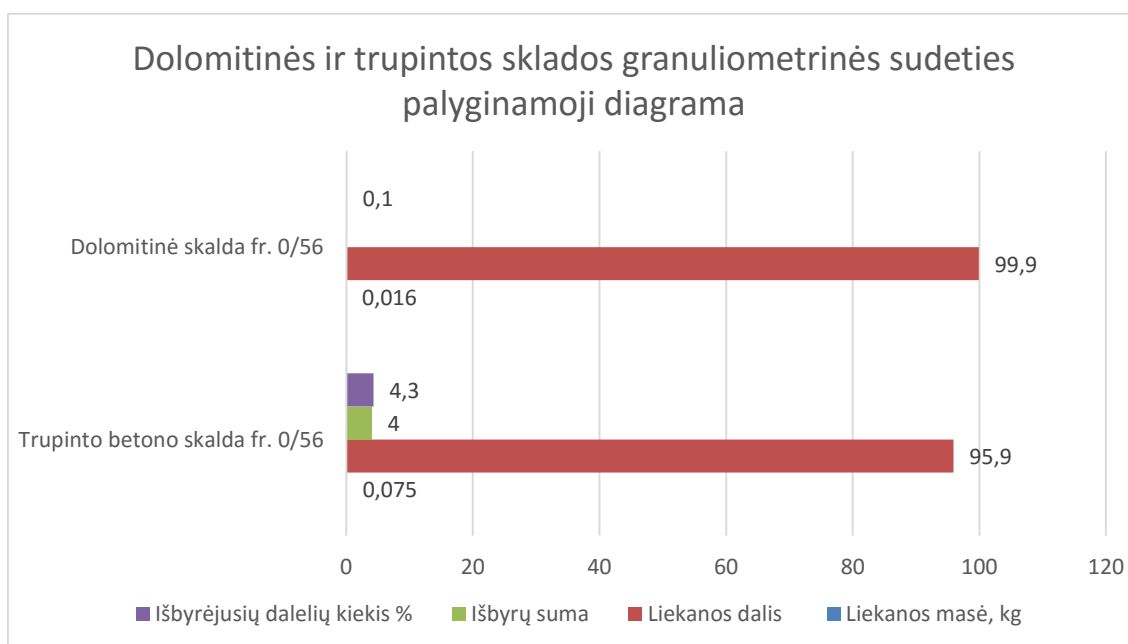
$$\frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100 = \frac{(40.384 - 40.350) + 0.0016}{40.384} \times 100 = 0.1\% \quad (4)$$

$$\sum R_i + P = 40.3423 \text{ kg} \quad (5)$$

$$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 = \frac{40.350 - 40.3423}{40.350} \times 100 = 0.02\% < 1\%. \quad (6)$$

Pagal standartą LST EN 13242:2003+A1:2008/ P:2009 „Kelių mineralinės medžiagos nesurištiems ir hidrauliškai surištiems mišiniams, naudojamiems inžineriniams statiniams ir keliams tiesti“ atitinka keliamus reikalavimus šioms kategorijoms: G_{A85}, f₃.

4.5.1 paveikslėlio diagramoje pateikiami vidutiniai duomenys, gauti nustatius trupinto betono skaldos bei dolomitinės skaldos, kurių frakcija 0/56, vertės. Diagramoje matyti, jog gaunamos vertės abiem atvejais yra labai artimų charakteristikų. Šiuo atveju dolomitinę skaldą galima pakeisti antrinio panaudojimo žaliava – trupinto betono skalda.

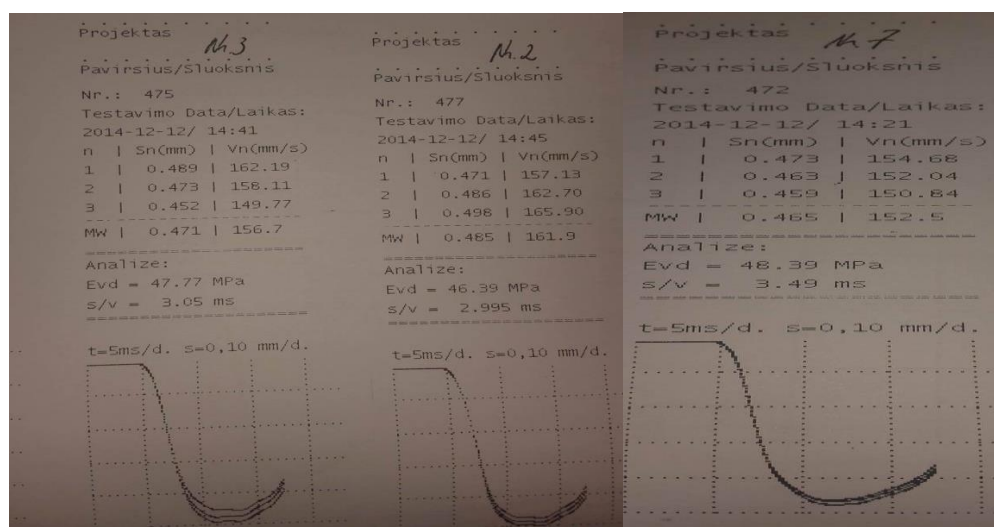


4.5.1 pav. dolomitinės ir trupinto betono skaldos palyginamoji diagrama.

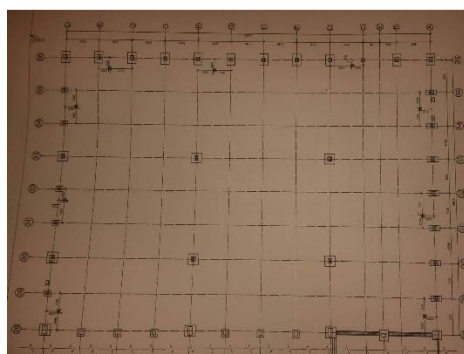
Panagrinėkime rezultatus, įvertindami trupinto betono skaldos pagrindo sutankinimo charakteristiką prieš grindų betonavimą, kai skaldos sluoksnio altitudė – 0,22 m. Bandymai atlikti naudojant dinaminį šampą HMP LFG-D. Atliekamų bandymų vietos nurodomos pažymint jas ant brėžinio, šiuo atveju pasirinktinai tiriamos vietos 3 168 m² plote, atsitiktinai pasirinkti 9 taškai, kuriuose bus iširiamos E_{vd} ir E_{v2} reikšmės, rezultatai pateikiami 13 lentelėje

13 lentelė. Trupintos betono skaldos sutankinimo patikrinimo rezultatai prieš grindų betonavimą.

Bandomo taško Nr.	Altitudė	E_{vd} MN/ m ²	Naudojamas perskaičiavimo koeficientas	E_{v2} MN/ m ²
Nr. 1	- 0,22	53,19	2,22	118,08
Nr. 2	- 0,22	46,39	2,22	102,99
Nr. 3	- 0,22	47,77	2,22	106,05
Nr. 4	- 0,22	46,88	2,22	104,07
Nr. 5	- 0,22	48,28	2,22	107,43
Nr. 6	- 0,22	45,36	2,22	100,10
Nr. 7	- 0,22	48,39	2,22	107,43
Nr. 8	- 0,22	45,09	2,22	100,10
Nr. 9	- 0,22	50,56	2,22	112,24



4.5.2 pav. Dinaminio šampo atliktų bandymų rezultatų ataskaita.



4.5.3 pav. bandomo taško vieta, pažymėta esamame plane.

Statinio deformacijos modulio nustatymas štampu gali būti apibūdinamas ir kitaip. Panagrinėjime bandomąją vietą: paviršius lygus ir paruoštas atlikti matavimus, oro temperatūra – +15⁰ C, bandymo pradžia – 14 val., pabaiga – 15 val., bandymas atliekamas naudojant statinio deformacijos matavimo įrenginį – siją. Matavimo rezultatai pateikiami 14 ir 15 lentelėse.

14 lentelė. Bandymo štampu rezultatai prieš grindų betonavimą kai alt. - 0,12.

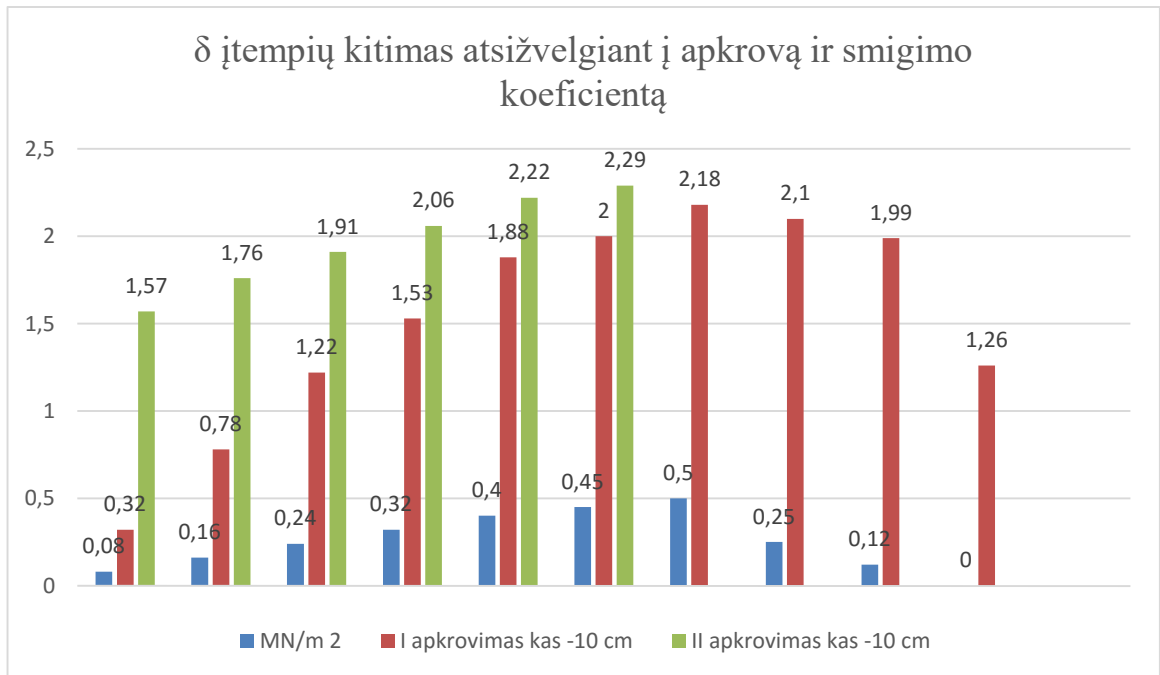
Rodikliai	I apkrovimo rezultatas	II apkrovimo rezultatas
σ_{\max}	0,5	0,45
a_1 mm/ (MN/m ²)	6,78	3,21
a_2 mm/ (MN/m ²)	-4,10	-2,24
E_v	47,6	102,1
E_{v2}/E_{v1}	2,14	

Nagrinėjami numatyti projektiniai stipriai ir reikalingos pasiekti deformacijos sutankinimo modulio E_{v2} reikšmės, norint pasiekti 45 MPa rodiklio vertę bei sutankinimo rodiklio vertės D_{pr} koeficientą ne mažesnę kaip 98 % pagal keliamus pagrindo sluoksniams reikalavimus. Rezultatai atskleidžia, jog pasiektas stipris prieš grindų betonavimą yra pakankamas, nukrypimų nuo projektinės dokumentacijos nepastebėta, trupintos betono skaldos pasiektos vertės yra ne mažesnės, nei techninio projekto metu numatytos skaldos reikšmės.

15 lentelė. Matavimo rezultatai pagal LST 1360.5:1995

Įtempimai σ MN/m ²	Matavimo indikatorius rodmenys mm	
	I apkrovimas -10 cm	mm II apkrovimas -10 cm
0,08	0,32	1,57
0,16	0,78	1,76
0,24	1,22	1,91
0,32	1,53	2,06
0,40	1,88	2,22
0,45	2,00	2,29
0,50	2,18	
0,25	2,10	
0,12	1,99	

0,00	1,26	
------	------	--



4.5.4 pav. δ įtempių kitimo diagrama atsižvelgiant į apkrovą kas -10 cm indikatoriaus.

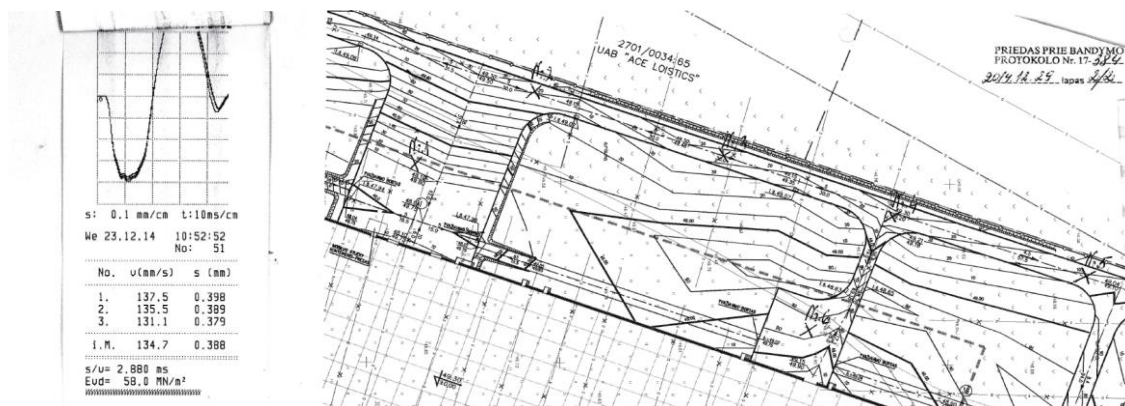
Išnagrinėjus antrinės žaliavos skaldos parametrus po betonuojama grindų konstrukcija, paa-nalizuokime 20 cm RC skaldos pagrindų stiprumą po kelio, rampų ir aikštelių pagrindais. Bandymui patikrinti pasirinkti 6 bandomieji taškai. Rezultatai pateikiami 16 lentelėje. Taškų nužymėjimo vietos sklype pateikiamos 6.5 paveikslėlyje.

16 lentelė. Trupintos betono skaldos pagrindų sutankinimo patikrinimo rezultatai(po aikštelėms, kelio, rampų zonomis).

Bandomo taško nr.	E_{vd} MN/ m ²	Naudojamas perskaičia-vimo koeficientas	E_{v2} MN/ m ²
Nr. 1	52,5	2,22	116,5
Nr. 2	58,1	2,18	126,6
Nr. 3	55,1	2,18	120,1
Nr. 4	55,6	2,18	121,2
Nr. 5	58,0	2,18	126,4
Nr. 6	50,2	2,22	111,4

RC Betono skalda panaudojama ir įrengiant pagrindus, prieš pamatų betonavimą, projektuojama priešgaisriniam rezervuarui, kurio talpa 700 m³, karkasas sudarytas iš lakštinio plieno. Šis rezervuaras bus užpildytas vandeniu, tai pamatas ir pagrindo konstrukcijos bus nuolat veikiamos apkrovos, todėl ypač svarbu gerai sutankinti pagrindus. Patikrinimo metu nustatyta, kad statinio defor-

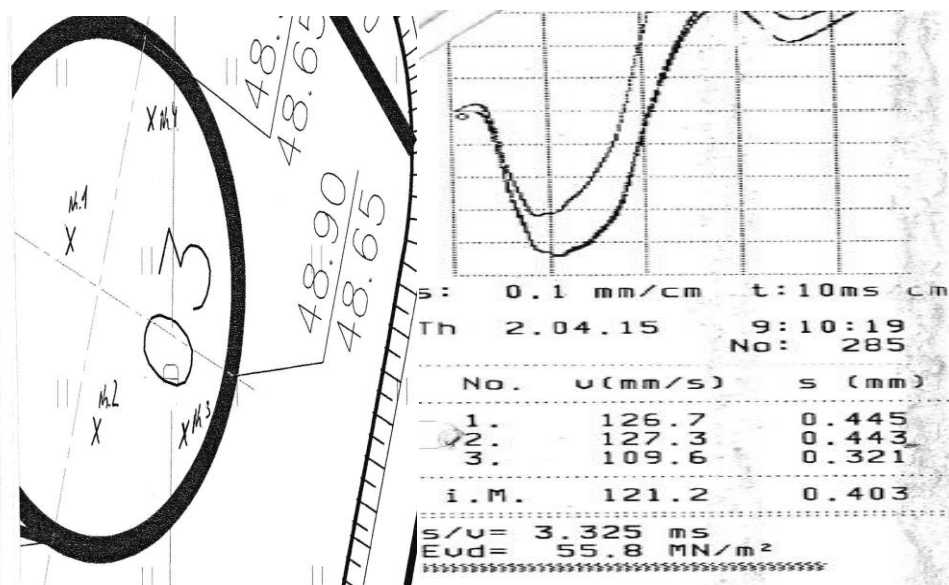
macijos modulio E_{vd} reikšmės kinta nuo 55,8 iki 60 MPa, lygiagrečiai dinaminio deformacijos modulio reikšmės skirtinguose taškuose kinta nuo 121,64 iki 130,8 MPa. Tikslesnė ataskaita pateikiama 17 lentelėje ir 6.6 paveikslėlyje.



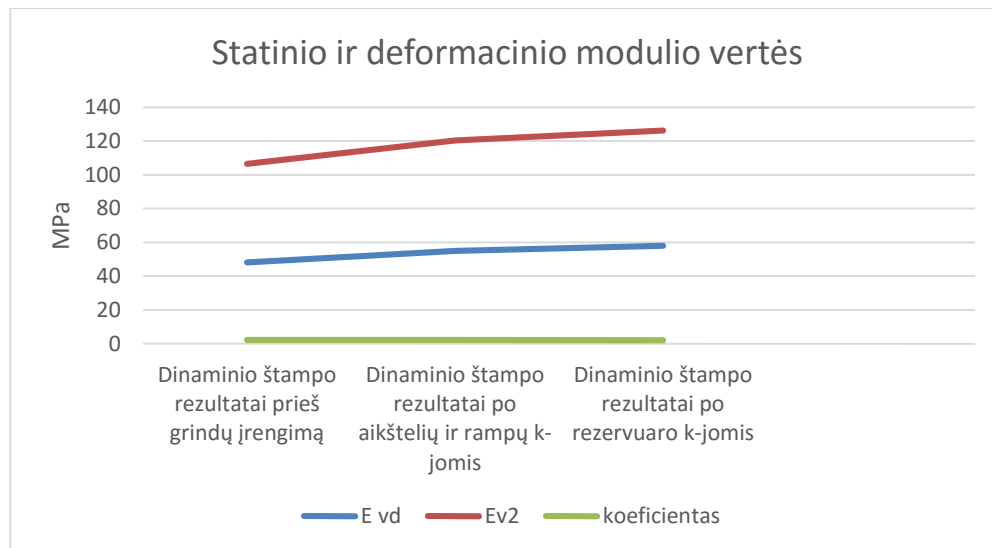
4.5.5 pav. Dinaminio štampo rezultatai. Nužymėjimo planas. (po kelio, rampų, aikštelių k-jų pagrindais)

17 lentelė. Rezervuaro pagrindų sutankinimo ataskaitos rezultatai.

Bandomo taško Nr.	Altitudė	E_{vd} MN/ m ²	Naudojamas perskaičiavimo koeficientas	E_{v2} MN/ m ²
Nr. 1	48,76	55,80	2,18	121,64
Nr. 2	48,76	60,00	2,18	130,80
Nr. 3	48,76	60,00	2,18	130,80
Nr. 4	48,76	55,80	2,18	121,64



4.5.6 pav. Rezervuaro pagrindų planas, tirtų taškų vietas. Dinaminio štampo rezultatai.



4.5.7 pav. statinio ir deformacinio modulio reikšmės gautos naudojant trupinto betono skaldą.

Gautos dinaminio deformacijos modulio reikšmės $E_{vd} > 45$ MPa bei statinio deformacijos modulio reikšmės $E_{v2} > 100$ MPa, yra didesnės nei reikalaujamos pagal Lietuvos standarto IT SBR 07 taisyklių reikalavimus. Atsižvelgiant į šias taisykles ir kitus norminius dokumentus galima naudoti trupinto betono skaldą vietoj dolomitinės skaldos, kadangi fizikinės, mechaninės bei stipruminės savybės atitinka keliamus reikalavimus.

4.6 Ekonominis antrinių žaliavų panaudojimo efektyvumas

Visų mineralinių medžiagų gavybos procesai turi savo kaštus, todėl sunku įvertinti, kiek galėtų kainuoti vienokia ar kitokia žaliava, reikalinga pagrindams įrengti. Be to, visos mineralinės medžiagos išgaunamos iš žemės, todėl efektyviau yra panaudoti statybines atliekas vietoj naudojamų neatsinaujinančių mineralinių medžiagų. Panaudojant antrines žaliavas, sutaupomi išgavimo proceso kaštai, tačiau atsiranda perdirbimo kaštai, kurie ekonominiu požiūriu yra mažesni. Antrinių žaliavų perdirbimą galima dar labiau atpiginti, sutaupant perdirbimo agregato gabenimo kaštų į objektą kainą, tokiu atveju perdirbamas statybinis laužas nėra toks švarus ir tinkamai atrūšiuotas, tačiau įrengti pagrindus po konstrukcijomis yra tinkamas.

Malto betono skaldos kaina palyginti su dolomitine skalda yra 40 % mažesnė, o palyginti su žvyro ir smėlio žaliavomis yra 21 % didesnė. Pažymėtina, kad įrengti pagrindus iš žvyro iš viso reikėtų didesnio storio sluoksnio, malto betono skaldos reikalingas kiekis mažesnis, todėl ir kaštai mažesni.

5. IŠVADOS

1. Išanalizavus trupinto betono skaldos charakteristikas bei galimas panaudojimo tendencijas, paplitusias pasaulio rinkoje, galima teigti, jog RC skalda tinkama naudoti kelių, aikštelių, rampų zonų pagrindams įrengti, priešgaisrinio privažiavimo keliams sustiprinti. RC skalda taip pat naudojama betono mišinių gamybai kaip užpildas, kai ištirto tokio betono stipris siekia net 8,4–12,9 MPa. Užsienio šalių mokslininkai ištyrė galimą betono panaudojimą trinkelų gamybai, gautas stipris 39,3–65,1 MPa. Britų mokslininkai ištyrė plytų stiprį, kai vietoj užpildo panaudojama malto betono skalda, rezultatai 1,5 karto viršijo minimalius keliamus reikalavimus.
2. Antrinis žaliavų panaudojimas – naudingas tiek ekonominiu, tiek ekologiniu požiūriu. Pasaulyje susidaro daug statybinių atliekų, šis kiekis jau siekia 1,5 planetos visų išteklių. Pasaulinės direktyvos apibrėžia, jog nuo 2020 m. turėtų būti perdirbama daugiau kaip 70 % visų statybinių atliekų. Pažymėtina, kad perdirbus statybinės atliekas ir jas panaudojant antrą kartą, išgaunamos standartus atitinkančios antrinės žaliavos, kurios sumažina žaliavų įsigijimo kaštus.
3. Malto betono charakteristikos ir pasiekiami stipriai gauti bandymų metu, atitinka LR keliamiems reikalavimams ir normoms. Tirta trupinto betono skalda, kurios frakcija 0/63. Gauti rezultatai: dinaminio deformacijos modulių E_{vd} reikšmės svyravo nuo 45,09 iki 60 MPa, o statinio deformacijos modulio E_{v2} reikšmės kito intervale nuo 121,64 – 130,80 MPa, tuo tarpu pagal Lietuvos standarto IT SBR 07 taisyklių reikalavimus $E_{vd} > 45$ MPa deklaruojama vertė, o $E_{v2} > 100$ MPa.
4. Pasaulyje vis labiau populiarėja antrinių žaliavų panaudojimas statybų sektoriuje, tačiau Lietuvoje ši šaka nėra plačiai išvystyta. Projektuotojai jau projekto rengimo etape turėtų pateikti užsakovui alternatyvius sprendimus dėl antrinių žaliavų panaudojimo galimybių. Tokiu būdu užsakovas turėtų galimybę sumažinti darbų ir įsigyjamu žaliavų kaštus.

LITERATŪRA

1. „An ordinance of the city of the East Palo Alto regulating the recycling and diversion“ Ordinance no. 246; 2000.
2. „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 07“ 2008.
3. Bertulienė L., „Automobilių kelių konstrukcijos sandara“
4. Chan D., S. C. Poon „Using recycled construction waste as aggregates for paving blocks in Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Waste and resource Management, 2006.
5. Finoženok Olga, Žurauskas Rimvydas „Makrostruktūriniai betono bandinių, pagamintų naudojant betono atliekas, tyrimai“ – VGTU 2011 – 65–70 p.
6. Finoženok Olga, Žurauskienė Ramunė „Betono atliekų antrinio naudojimo betono mišiniuose galimybės“ – VGTU 2009.
7. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/Lt– {žiūrėta 2015-10-10}
8. <http://www.15min.lt/verslas/naujiena/bustas/muzikos-ritmu-pradeta-griauti-skaiteks-gamykla-po-10-metu-cia-stoves-naujas-kvartalas-665-463354> – {žiūrėta 2015-11-29}
9. <http://www.eea.europa.eu/lt/themes/waste> – {žiūrėta 2015-10-10}
10. <http://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Vilniuje-priverstinai-griaunamas-dar-vienas-savaliskas-statinys/3131> – {žiūrėta 2015 - 11 -29}
11. <http://www.vtpsi.lt/node/1164> – {žiūrėta 2015 –10 – 25}
12. Ismail S., Yaacob Z. „Properties of bricks produced whit recycled fine agregate“ World Academy of Science, Engineering and Technology. 2010
13. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie susisiekimo ministerijos statybos rekomendacijos R34-01 automobilių kelių pagrindai I leidimas Vilnius 2001 (124 psl.)
14. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos „Automobilių kelių žemės sankasos įrengimas“ ST 188710638.06:2004
15. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos „Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07“ įsakymas Nr. V-16 2007.
16. Lietuvos standartas LST EN ISO 22476-1:2012/AC:2013 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Lauko bandymai. 1 dalis“
17. Lietuvos standartas LST EN ISO 14688-1:2004 ir LST EN ISO 14688-2:2004 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. Atpažintis ir aprašymas. 2 dalis. Klasifikavimo principai“

18. Lietuvos standartas LST EN ISO 22475-1:2007 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Ėminių ėmimo metodai ir gruntinio vandens matavimai. Techninio atlikimo principai 1 dalis“
19. Lietuvos standartas LST EN ISO/TS 17892 – 1: 2005 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 1 dalis. Drėgnio nustatymas“
20. Lietuvos standartas LST EN ISO/TS 17892 – 12: 2005 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 12 dalis. Aterbergo ribų nustatymas“
21. Lietuvos standartas LST EN ISO/TS 17892-2:2005 „Laboratoriniai grunto bandymai. 2 dalis. Smulkaus grunto tankio nustatymas“
22. Lietuvos standartas LST EN ISO/TS 17892-4:2005/AC:2006 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymo. 4 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas“
23. LR Aplinkos ministro įsakymas nr. D1-717 „Dėl medžių ir krūmų veisimo, vejų įrengimo ir gėlynų įrengimo taisyklių patvirtinimo“ – 2007.
24. LR Statybos įstatymas 2002.
25. LR susisiekimo ministro įsakymas Nr. 3-83 „Kelio ženklų įrengimo ir vertikaliojo ženklavimo taisyklės“ 2012.
26. LR vyriausiojo valstybinio darbo inspektoriaus įsakymas „Dėl saugos ir sveikatos taisyklių statyboje patvirtinimo DT 5-00“ 2000.
27. LST 1360.5:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Bandymas štapu“
28. LST 1360.8:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Vandens laidumo nustatymas“
29. LST 1361.10: 1995 „Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bandymo metodai. Skaldos atsparumo smūgiams nustatymas“
30. LST 1361.10:1995 TK12 automobilių keliai „ Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bandymo metodai. Skaldos atsparumo smūgiams nustatymas“
31. LST EN 1097-2:2010 „Bandymai užpildų mechaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 2 dalis. Atsparumo trupinimui nustatymo metodai“
32. LST EN 1097-6 :2013 „Bandymai užpildų mechaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 6 dalis. Dalelių tankio ir įmirkio nustatymas“
33. LST EN 13242:2003+A1:2008/ P:2009 „Kelių mineralinės medžiagos nesurištiems ir hidrauliškai surištiems mišiniam, naudojamiems inžineriniams statiniams ir keliams tiesti“
34. LST EN 1367-2:2010 „Bandymai užpildų šiluminėms savybėms ir atsparumui atmosferos poveikiams nustatyti. 2 dalis. Magnio sulfato metodas“
35. LST EN 932-2:2003 „Užpildų pagrindų savybių nustatymo metodai. 2 dalis. Laboratorinių ėminių dalijimo metodai“ ,

36. LST EN 933-1:2012 „Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 1 dalis. Granulometrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas“
37. Lunne T., Robertson P.K, Powel J.J M „Cone Penetration testing in Geotechnical practice“
38. Malakauskas M., Malakauskas K. Lietuvos statybininkų asociacija Reg. Nr. 2012-03-07. Įsakymo Nr. 7; ST 121895674.100:2012 "Žemės ir statyb vietės įrengimo darbai"
39. National Geospatial-Intelligence, Agency World Geodetic System 1984
40. Petrella A. „Recycled waste glass as aggregate for lightweight concrete, in Procendings of the Institution of Civil Engineers. Construction Material. 2007
41. Pietikainen S. „Efektyvus išteklių naudojimas. Žiedinės ekonomikos kūrimas“ (2014/2208(INI))
42. Shaffer S.J., Christiaen A.-C., Rogers M.J. „Assessment of Friction-Based Pavement Methods and Regulations“ 2006 (133psl)
43. Soutsos M. N., Millard G. S., “Using recycled demolition waste in concrete building blocks”, In Procendings of the Institution of Civil engineers. Engineering Sustainability 2004.
44. Statybos techninis reglamentas STR 1.04.02:2012. Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai.
45. Statybos techninis reglamentas STR 1.07.02:2005 „Žemės darbai“
46. Statybos techninis reglamentas STR 1.08.02:2002 „Statybos darbai“
47. Tamkevičiūtė M., „Darnios statybos plėtros galimybės Lietuvoje“. Vilnius 2012 (73psl).
48. UAB „Sweco hidroprojektas“ tyrimai ir ataskaita – 2012 – 2014 metai.
49. Uselytė R., Silvestravičiūtė I., Šleinotienė – Budrienė L. „Antrinių žaliavų perdirbimo plėtros prioritetų ir priemonių 2009 -2013 metams studija“ – 2008m
50. Анато́льевич Григо́рий Яне́в „Эколого-экономическое обоснование мероприятий по переработке отходов строительства и сноса ветхого жилищного фонда „ 2007m. <http://www.dslib.net/economika-xoziajstva/jekologo-jekonomicheskoe-obosnovanie-meroprijatij-po-pererabotke-othodov.html> - {žiūrėta 2015 - 11 -29}
51. ГОЛОВИН Н. „Использование продуктов переработки железобетонных конструкций сносимых зданий и сооружений“ 2004, <http://recyclers.ru/modules/section/print.php?itemid=132>– {žiūrėta – 2015 – 10 – 01}

PRIEDAI