

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Mindaugas Žagarinskas

**ATRAMINIŲ SIENŲ SU GRUNTINIAIS INKARAIŠ ĮRENGIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI**

Tiriamasis projektas

Vadovas

Prof. dr. Mindaugas Daukšys

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

**ATRAMINIŲ SIENŲ SU GRUNTINIAIS INKARAIŠ ĮRENGIMO
TECHNOLOGIJŲ TYRIMAI**

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas T00M046)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Mindaugas Daukšys
(data)

Recenzentas

(parašas) Prof. dr. Viktoras Doroševas
(data)

Konsultantas

(parašas) Lauras Ruzgys
(data)

Projektą atliko

(parašas) Mindaugas Žagarinskas
(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros

(Fakultetas)

Mindaugas Žagarinskas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (T000M0460)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Atraminių sienų su gruntiniais inkarais įrengimo technologijų tyrimai“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. sausio d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Mindaugo Žagarinsko**, baigiamasis projektas tema „Atraminių sienų su gruntiniais inkarais įrengimo technologijų tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Žagarinskas, Mindaugas. *Atraminų sienų su gruntiniais inkarais įrengimo technologijų tyrimai*. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Mindaugas Daukšys; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Inžinerija, Technologijos mokslai

Reikšminiai žodžiai: *atraminė siena, gruntiniai inkarai, apklausos tyrimas, entropijos metodas, naudingumo vertės metodas*.

Kaunas, 2018. 116 psl.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro projekte analizuojamos atraminų sienų su gruntiniais inkarais įrengimo technologijos. Apžvelgti dažniausiai pasitaikantys atraminų konstrukcijų tipai bei jų įrengimo būdai. Pateikiama įrengimo technologijų analizė, pagrindinių sienos tipą lemiantys veiksniai, aukšto gruntinio vandens ir šalia esančių pastatų įtaka, bei šioje srityje atlikti moksliniai tyrimai.

Tiriamojame dalyje nagrinėjami trys atraminų sienų su gruntiniais inkarais tipai: polinė siena, berlyno siena ir plieninė sprausiasienė, kai jų atkasimas yra 6m. Pasirinktos sąlygos kai sienos įrenginėjamos moliniame grunte, smėliniame grunte, smėliniame grunte esant aukštam gruntinio vandens lygiui ir kai sienos įrenginėjamos šalia pastato. Naudojant programinę įrangą GEO5 atliekami konstrukcijų posvirio mechaninio atsparumo ir pastovumo skaičiavimai. Remiantis skaičiavimų rezultatais ir pasirinktais vertinimo kriterijais sudaromas apklausos tyrimas, pagal kurį geotechnikos specialistai turėjo įvertinti 18 skirtingų variantų. Apibendrinus pirmųjų tyrimų rezultatus naudojant entropijos metodą nustatomas kriterijų reikšmingumas, po kurio atliekamas daugiakriterinis vertinimas, taikant naudingumo vertės metodą, kurio rezultatai parodo racionaliausių atraminės sienos tipą pagal pasirinktas sąlygas.

Darbas susideda iš įvado, 4 skyrių, išvadų, literatūros sąrašo bei priedų. Darbo apimtis – 116 puslapiai, 45 paveikslų, 28 lentelių, 16 formuliu, 30 literatūros šaltinių ir 3 priedų.

Žagarinskas, Mindaugas. *Research on Installation Technologies of Retaining Walls with Ground Anchors: Master's thesis in construction / supervisor assoc. prof. dr. Mindaugas Daukšys. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Engineering, Technological Sciences

Key words: *retaining wall, ground anchors, survey reasearch, the entropy method, multi-criteria assessment.*

Kaunas, 2018. 116 p.

SUMMARY

The final master's thesis examines the technology of installation of retaining walls with ground anchors. An overview of the most common types of constructions and their methods of installation. An overview of the factors influencing the type of wall is presented, the influence of high groundwater and nearby buildings, as well as research in this field.

In the research part three types of retaining constructions are considered: piles wall, berliner wall and steel sheetpiles wall, when their excavation is 6 m. Selected conditions when walls are installed in clay soils, sandy soils, sandy soils at high groundwater levels also the variant of the wall is being installed next to the building. First of all, using the GEO5 software, we are carrying out the structural analysis, using the calculation results, a survey reasearch is created using the evaluation criteria, all geotechnical specialist had to rate 18 different cases. Summarizing the results of the first research using the entropy method, the significance of the criteria is determined, after which a multi-criteria assessment is carried out, the results of which show the most rational type of the supporting wall for the selected conditions.

The work consists of introduction, chapter 4, conclusions, bibliography and annexes. Thesis consist of 116 pages, 45 pictures, 28 tables, 16 formulas, 30 bibliographical entries and 3 supplement.

TURINYS

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS	2
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS.....	2
ĮVADAS.....	11
1. ATRAMINIŲ SIENŲ ĮRENGIMO TECHNOLOGIJOS PAGAL JŲ TIPUS.....	12
1.1. Metalinių spraustasielių įrengimo technologija	12
1.1.1. Laikinos spraustasielės.....	12
1.1.2. Pastovios spraustasielės	13
1.1.3. Spraustasielių įrengimo technologija vibraciniu būdu	18
1.2. Polinės atraminės sienos	25
1.2.1. Polinės atraminės sienos įrengimo technologija	25
1.2.2. Polinės atraminės sienos įrengimo technologija	26
1.3. Berlyno sienos įrengimo technologija	29
1.4. Gruntiniai inkarai	31
1.4.1. Laikini gruntiniai inkarai	31
1.4.2. Pastovūs gruntiniai inkarai	31
1.5. Pagrindiniai atraminių sienų tipą lemiantys veiksniai.....	35
1.5.1. Gruntinės sąlygos.....	35
1.5.2. Reljefo ypatybės.....	36
1.5.3. Pastato skaičiuojamoji schema.....	36
1.5.4. Architektūrinės idėjos ar užsakovo pageidavimai.....	37
1.6. Aukšto gruntinio vandens lygio įtaka atraminės sienos įrengimui	37
1.7. Šalia atraminės sienos esančių pastatų įtaka	37
2. TYRIMŲ METODIKA.....	38
2.1. Atraminių sienų su gruntiniais inkarais skaičiuojamųjų schemų sudarymas taikant programinę įrangą GEO 5.....	38
2.2. Vertinimo kriterijų reitingavimas taikant apklausos tyrimą	38
2.3. Kriterijų reikšmingumo (teorinio q_t ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą.....	39
2.4. Daugiakriterinio vertinimo metodo taikymas alternatyvių variantų vertinimui	43
3. TYRIMŲ REZULTATAI.....	46
3.1. Pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipų parinkimas.....	46
3.2. Apklausos anketos tyrimų analizė	48
3.3. Kriterijų reikšmingumo (teorinio q_t ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą	50
3.4. Daugiakriterinio vertinimo metodo taikymas alternatyvių variantų vertinimui	60
4. IŠVADOS.....	74
LITERATŪRA	75

LENTELIŲ TURINYS

1.1.3.1 lentelė. Skaičiavimuose naudotų vibratorių charakteristikos	15
1.1.3.2 lentelė. Skaičiavimuose naudotų profilių charakteristikos.....	16
1.1.3.3 lentelė. Programine įranga suskaičiuoti rezultatai.....	17
1.1.3.4 lentelė. Rezultatų sutapties tikrinimas visiems skaičiavimo atvejams.....	18
2.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys.....	35
2.3.2 lentelė. Normalizuota matrica P.....	36
2.3.3 lentelė. Papildoma matrica ($P_{ij} * \ln P_{ij}$).....	36
2.3.4 lentelė. Entropijos lygiai.....	37
2.3.5 lentelė. Kriterijų kitimo lygis.....	37
2.3.6 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmīgumas.....	37
2.3.7 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmīgumas.....	38
2.3.8 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmīgumas.....	38
2.4.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	39
2.4.2 lentelė. Normalizuota matrica P.....	39
2.4.3 lentelė. Svertinė normalizuota matrica P.....	40
3.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys.....	47
3.3.2 lentelė. Pradiniai duomenys.....	49
3.3.3 lentelė. Pradiniai duomenys.....	51
3.3.4 lentelė. Pradiniai duomenys.....	53
3.3.5 lentelė. Pradiniai duomenys.....	55
3.3.6 lentelė. Pradiniai duomenys.....	57
3.4.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	58
3.4.2 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	61
3.4.3 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	63
3.4.4 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	65
3.4.5 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	67
3.4.6 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.....	69

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1.1.1 pav. Laikinos spraustasienės vaizdas.....	5
1.1.2.1 pav. Plieninių spraustasienių tipai.....	6
1.1.2.2 pav. Korozijos veikiamas plieninės spraustasienės elementas.....	7
1.1.2.3 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas išspraudimo būdu.....	8
1.1.2.4 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas įkalimo būdu.....	9
1.1.2.5 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas vibruojant.....	10
1.1.2.6 pav. Pastovios spraustasienės vaizdas.....	10
1.1.3.1 pav. Spraustasienės elementų įgilinimas vibraciniu būdu.....	11
1.1.3.2 pav. Spraudimo metu atsirandantys poveikiai.....	12
1.1.3.3 pav. Vibruojamojo ir ištraukiamojo profilio supaprastinta chema.....	14
1.1.3.4 pav. Profilio ilgio priklausomybė nuo profilio atsparumo momento.....	15
1.2.1.1 pav. Polinės atraminės sienos vaizdas.....	20
1.2.2.1 pav. Polio skerspjūvis.....	21
1.2.2.2 pav. Skerspjūvio zonoje susidarantys didžiausi tempimo įtempiai, simetriškai armuotas skerspjūvis, optimizuotas skerspjūvio armavimas.....	22
1.2.1.3 pav. Strypų skaičiaus didinimo tempiamoje zonoje iteracijų diagrama.....	23
1.3.1 pav. Berlyno sienos vaizdas.....	24
1.4.2.1 pav. Inkaras.....	26
1.4.2.2 pav. Inkaro grėžimas.....	29
1.4.2.3 pav. Inkaro bandymo schema.....	29
1.5.3.1 pav. Atraminės sienos su gruntiniu inkaru skaičiuojamoji schema.....	31
3.3.1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	47
3.3.2 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	48
3.3.3 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	49
3.3.4 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	50
3.3.5 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	51
3.3.6 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	52
3.3.7 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	53
3.3.8 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	54
3.3.9 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	55
3.3.10 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	56
3.3.11 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas.....	57

3.3.12 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas.....	58
3.4.1 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	60
3.4.2 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema.....	61
3.4.3 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	62
3.4.4 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema.....	63
3.4.5 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	64
3.4.6 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema.....	64
3.4.7 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	67
3.4.8 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema.....	68
3.4.9 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	68
3.4.10 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema.....	68
3.4.11 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas.....	70
3.4.12 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema.....	71
3.4.13 pav. Racionalaus atraminės sienos varinato parinikmo, taikant vertinimo kriterijus ir daugiakriterinio vertinimo metodą, schema.....	77

IVADAS

Šiomis dienomis statybose vis rečiau susiduriame su paprastomis atraminių sienų konstrukcijomis. Sparčiai vystantys urbanizacijos lygiui, vis dažniau statome pastatus šalia jau esamų pastatų arba ganėtinai arti sklypo ribų. Visa tai turi įtakos atraminių sienų įrengimo technologijų sudėtingumui. Norint įrengti atraminę sieną šalia esamo pastato, gatvės ar didelių šlaitų, reikalinga užtikrinti jų pastovumą. Siekiant tai įgyvendinti yra įrengiamos atraminės sienos nuo žemės paviršiaus, tačiau pasitaiko ne vienas atvejis, kai jas reikia stiprinti sukuriant pastovią arba laikiną atramą, tai yra įrengiant gruntinius inkarus.

Atraminės sienos yra plačiai paplitę inžineriniai statiniai. Jos įrengiamos siekiant sulaikyti gruntą, kurio paviršius yra statesnis nei natūralus šlaitas. Atraminės sienas galima klasifikuoti pagal paskirtį, aukštį, konstrukciją, statinę apkrovą, statybos metodą ir kita. Atraminių sienų, veikiamų grunto slėgio, pastovumui užtikrinti naudojami gruntiniai inkarai. Įrengiant aukštas atramines sienas susiduriame su konstrukcijos pastovumo ir didelės kainos problema, kuri yra sprendžiama įrengiant gruntinius inkarus.

Tyrimo objektas – atraminių sienų gruntinis inkaravimas.

Darbo tikslas – atlikti atraminių sienų su gruntiniais inkarais, veikiamų grunto slėgio, technologijų analizę ir pasiūlyti racionalų variantą pasirinktam atvejui.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti literatūros šaltinių analizę:
 - Apžvelgti atraminių sienų įrengimo technologijas pagal jų tipus;
 - Naudojamus gruntinius inkarus: pastovius ir laikinus gruntinius inkarus;
 - Apžvelgti pagrindinius atraminių sienų tipą lemiančius veiksnius: gruntines sąlygas, reljefo ypatybes; pastato skaičiuojamąją schemą; architektūrines idėjas ar užsakovo pageidavimus;
 - Aukšto gruntinio vandens lygio įtaką atraminės sienos įrengimui;
 - Šalia atraminės sienos esančių pastatų įtaką.
2. Atlikti alternatyvių atraminių sienų su gruntiniais inkarais variantų vertinimo kriterijų reitingavimą taikant apklausos tyrimą.
3. Nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumą bei taikant daugiakriterinį vertinimo metodą parinkti racionalų atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimo variantą.

1. ATRAMINIŲ SIENŲ ĮRENGIMO TECHNOLOGIJOS PAGAL JŲ TIPUS

1.1. Metalinių spraustasielių įrengimo technologija

1.1.1. Laikinos spraustasielės

Plieninės spraustasielės sienos yra plačiai naudojamos kaip ekonomiškai ir techniškai efektyvios laikinos atraminės konstrukcijos bei sandarios gilių iškasų sutvirtinimų aptvaros (hermetiškos pertvaros), apsaugančios iki keliolikos metrų gylio turinčius žemės sprūdžius. Spraustasielės sienos taip pat naudojamos ir šiais atvejais [1]:

- Siekiant apsaugoti iškasą nuo gruntinio vandens antplūdžio;
- Kuomet greta iškasų yra objektai, jautrūs žemės nusėdimams.

Kompresuotų gruntinių inkarų arba plieninių spraustasielių atraminių konstrukcijų panaudojimas leidžia apsaugoti gruntą nuo nusėdimų, o objektus nuo sužalojimų.

Aukštą spraustasielių apsaugos efektyvumą užtikrina didelis darbų našumas ir galimybė spraustasielius panaudoti pakartotinai.

Įrengimo technologijų įvairovė - kalimas, vibravimas ir išspaudimas plieninių spraustasielių gramzdinimui bei praplovimas arba gręžimas gramzdinimo palengvinimui lemia tai, kad jos gali būti panaudojamos, galima sakyti, kiekvienomis grunto ir lokalizacijos sąlygomis.

Spraustasielių gramzdinimui vibraciniu būdu naudojami nerezonansiniai vibraciniai kūjai. Šie modernūs įrengimai veikia aukštų dažnių juostoje. Tai leidžia įvibruoti spraustasielės arti esančių pastatų arba kitų virpesiams jautrių konstrukcijų, arba požeminių instaliacijų. Spraustasielės gali būti kalamos ir hidrauliniiais kūjais [1].

Jei neįmanoma panaudoti įkalimo ar įvibravimo galimybių, spraustasielių gramzdinimui naudojamos hidraulinės spraudimo mašinos, garantuojančios tylų (<75dB) darbų atlikimą be jokių smūgių.

Išspaudimas taikomas tada, kai spraustasielės gramzdinamos visai šalia virpesiams jautrių konstrukcijų arba ten, kur vibracijos gali privesti prie grunto sutankėjimo ir greta esančių statinių nusėdimo. Ši technologija spraustasielių įrengimui dažniausiai naudojama šalia senovinių objektų, jautrių pastatų (bibliotekos, skaičiavimo centrai, ligoninės ir pan.) ir instaliacijų, objektų su stiklo fasadais, pylimų, kurie linkę sutankėti, bei halių ir pastatų viduje. Ši technologija naudojama ir tuo

atveju, kai dėl silpno pagrindo arba riboto priėjimo, neįmanoma įvažiuoti sunkiais keltais ar poliakalėmis [1].



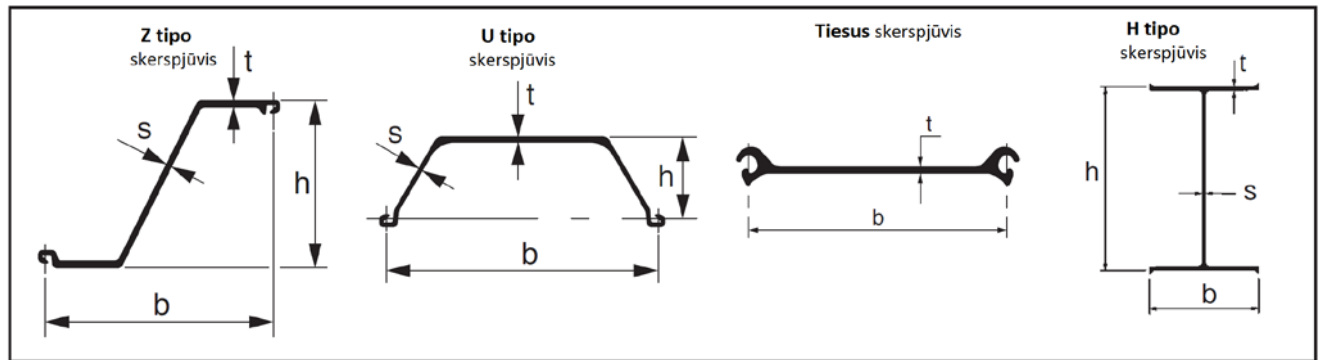
1.1.1.1 pav. Laikinos sprausstasienės vaizdas [1]

1.1.2. Pastovios sprausstasienės

Sienos iš plieninių sprausstasienių – tai konstrukcija, sudaryta iš ilgų plieninių bei vertikalčiai susijungiančių elementų, kurie sudaro tolygią sieną. Tokio tipo sienos dažniausiai naudojamos sulaukyti vandens arba grunto judėjimą. Kaip sprausstasienės elementas atlaikys įvairių jėgų poveikį, priklauso ne tik nuo grunto, į kurį jis montuojamas, bet ir nuo elemento skerspjūvio charakteristikų. Plieninės sprausstasienės gali būti iki 31 m ilgio, o H tipo iki 33 m. Pagal Katkevičių L., Baublys R. (2008) plieninės įlaidos pagal profilio tipus skirstomos į:

- U tipo laidiniai poliai, kur sujungimai išdėstyti profilio neutralioje ašyje, pavyzdžiui, Larseno profilis. Profilio savybės – gera prieškorozinė apsauga dėl didžiausio plieno storio išorinėje profilio dalyje ir lengvas elementų inkaravimo pritaikomumas;
- Z tipo profilis, kur sujungimas yra profilio flange, pvz., Krupp, Hoesh, Arcelor, Peiner profiliai. Pagrindinis Z tipo profilio požymis yra besitęsianti forma ir specifinis simetrinis sujungimų išdėstymas neutralios ašies abiejose pusėse;

- H tipo, dėžiniai ir vamzdiniai, kurie taip pat turi sujungimus [2].



1.1.2.1 pav. Plieninių sprastasiėnių tipai [3]

Visi aukščiau paminėti profiliai gali būti gaminami skirtingų aukščių, pločių, svorių ir atsparumų. Taip pat reikia paminėti, kad pereinant iš vieno profilio į kitą, naudojami specialūs tiesūs elementai. Dėl plieninių sprastasiėnės elementų svorio, lyginant su betonu, pasiprešinimo momentas pagerėja. Elementai sujungiami tarpusavyje į besitęsiančią sienutę, juos suvirinant arba į kombinuotąją sieną įterpian tradicinius elementus – U arba Z tipo. Tokia sprastasiėnės elementų siena, lyginant su tradicine, padidina atsparumą vertikalioms ir horizontalioms apkrovoms. Didžiausias plieninės sprastasiėnės pranašumas – galimybė įgilinti į sunkaus tipo gruntą [4].

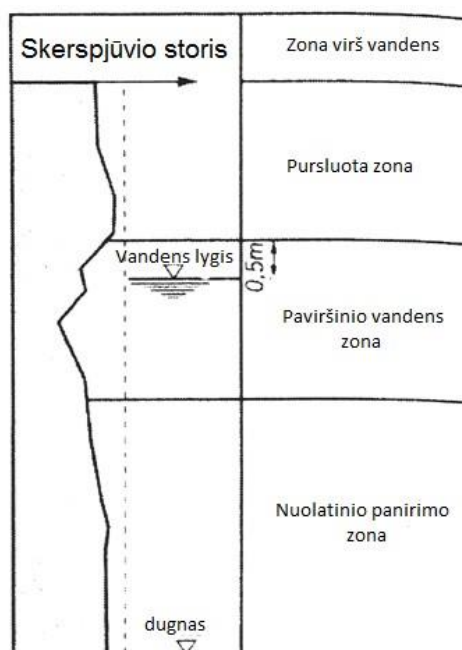
Byfield ir Mawer [5] teigia, kad jungiant per spynas, atskiri elementai suformuoja vientisą sieną. U tipo elementai spynas turi neutralioje ašyje ir sutampa su didžiausiais šlyties įtempiais, todėl norint padidinti sienutės laikomąją galia būtina jungtis suvirinti. Suvirintos jungtys gali padidinti atsparumą lenkimo momentui iki 3 kartų, lyginant su vieno elemento laikomąją galia. Siekiant padaryti sienutę vandeniui nelaidžią, spynos užpildomos įvairiomis sintetinėmis hidroizoliacinėmis medžiagomis. Suvirinus spynas pasiekiamas visiškas sandarumas vandeniui, tačiau dėl to, kad negalima suvirinti visos sienos, atskiri elementai jungiami grupėmis ir kalami, o jungtys tarp jų užpildomos hidroizoliacinėmis medžiagomis [5].

Įvairių aplinkos veiksnių poveikis plieninės sienutės konstrukcijai plačiai aprašomas knygoje “Arcelor Mittal piling handbook 8th edition“ [4]. Siekiant pailginti sienutės tarnavimo laikotarpį, parinkus atitinkamą skerspjūvį bei įvertinus papildomų apsauginių priemonių būtinybę, pirmiausia reikia ištirti korozijos poveikį plienui, jam esant skirtingose aplinkos terpėse. Praktikoje dažnai pasitaiko, kuomet plieninės sienutės skirtingos pusės turi sąlytį su skirtingomis aplinkos terpėmis ir tam, kad būtų sukurta maksimali apsauga, reikalingi itin išsamūs tyrimai [4].

Nagrinėjant jūrinės konstrukcijas, pirmiausia būtina išskirti skirtingus sienutę veikiančius vandens lygius. Arčiau jūros dugno lygio esančias sienutės dalis korozija veikia minimaliai – 0,012 mm per metus. Nuolatinio panirimo lygyje, kur sienutė yra veikiama neužteršto vandens bei paviršius gan greitai pasidengia jūrinės floros sluoksniu, korozija taip pat nėra didelė. Potvynių vandens arba

paviršinio vandens lygyje korozijos mastas yra pats didžiausias, nes sienutės konstrukciją veikiantys veiksniai labai greitai kinta, šiame lygyje paviršiai būna mažai pasidengę flora. Kylant aukščiau, korozijos mastas šiek tiek sumažėja. Paviršiai yra veikiami aplinkos oro sąlygų bei sūraus vandens purslų, šiame lygyje nėra jokios augmenijos, todėl reikia reguliariai tikrinti korozijos padarytą žalą [6].

Tyrimais įrodyta, kad greičiausiai koroduoja krantinės dalis, kuri yra veikiamas vandens purslų ir atmosferos. Pavyzdžiui, 1.1.2.2 pav. pateiktas Baltijos jūroje esančios krantinės iš plieninių spraustasienės elementų korozijos pasiskirstymas [7]. Matome, kad ties vandens paviršiumi, kuris nuolatos banguoja, o vandens lygis kinta, tai atidengdamas, tai paslėpdamas sienutės paviršių, susidaro geriausios sąlygos korozijai vystytis ir silpninti konstrukcijos elementus.



1.1.2.2 pav. Korozijos veikiamas plieninės spraustasienės elementas [6]

Taigi projektuojant krantinę iš plieninių spraustasienės elementų būtina atsižvelgti į tai, kad maksimalūs lenkimo momentai neatsirastų korozijai neatspariausiose vietose. Siekiant pailginti krantinės naudojimo laiką apie 20 metų, plieninius elementus reikalinga padengti apsaugine danga [22].

Jeigu knygoje „Arcelor Mittal piling handbook 8th“ [4] nagrinėjama kaip korozijos veikiamoje sienutėje kinta skerspjūvio charakteristikos ir mažėja atsparumas išoriniams ir vidiniams poveikiams, tai autorius Day [8] tiria gruntinio vandens slėgio poveikį skirtingais atvejais: kai vandens lygis iš abiejų sienutės pusių yra vienodas ir kai vienoje pusėje jis yra mažesnis.

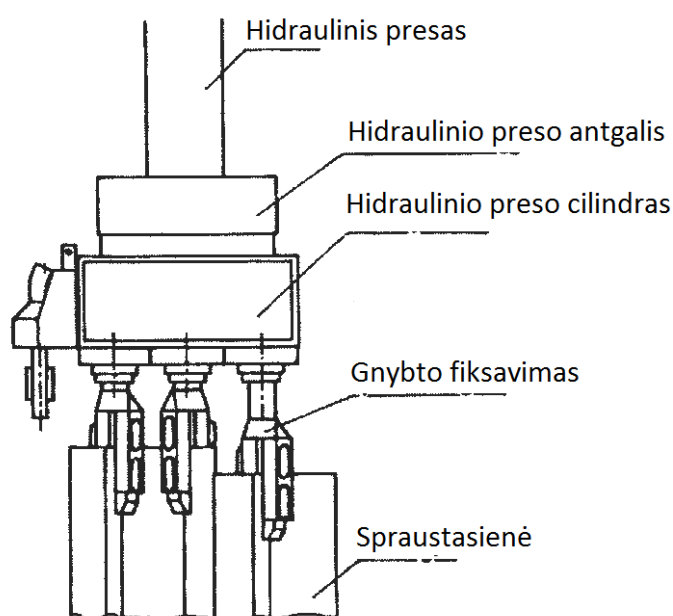
Plieninių spraustasienių įgilinimas

Plieninės spraustasienės Z ir U formos elementai visada įgilinami poromis. Pavieniui elementus įgilinti vengiama, o trijų ar keturių elementų įgilinimas vienu metu ne visada yra įrengimo

technologijos ir ekonomijos požiūriu pranašesnis būdas. Spraustasienių montavimo būdai išsamiai apibūdinami “Sheet piling handbook design“ knygoje [9].

Pirmas plieninės spraustasienės įgilinimo būdas – sienutės elementai įstatomi į prieš tai iškastas tranšėjas. Pirmiausia iškasamos tranšėjos arba duobės, į kurias įstatomi elementai ir užpilami gruntu. Reikalui esant, elementai gali būti įgilinti iki maksimalaus jų gylio. Šis metodas tinka visiems gruntų tipams [9].

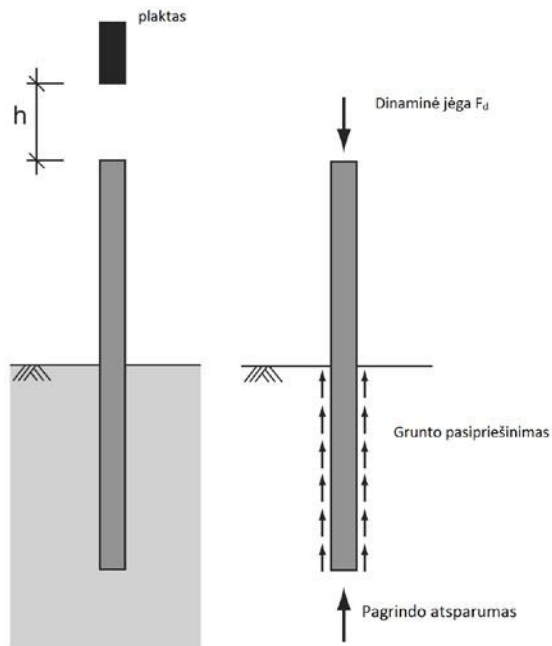
Antras būdas – plieninės spraustasienės elementai įspraudžiami, tai yra naudojant hidraulinį presą elementai įspraudžiami tiesiai į gruntą (1.1.2.3 pav.). Šis metodas naudojamas tuomet, kai negalima sukelti didelio garso ir vibracijų, kai aplinkui yra statinių, kuriems vibracijų poveikis gali sukelti jų suirimą [9].



1.1.2.3 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas įspraudimo būdu [9]

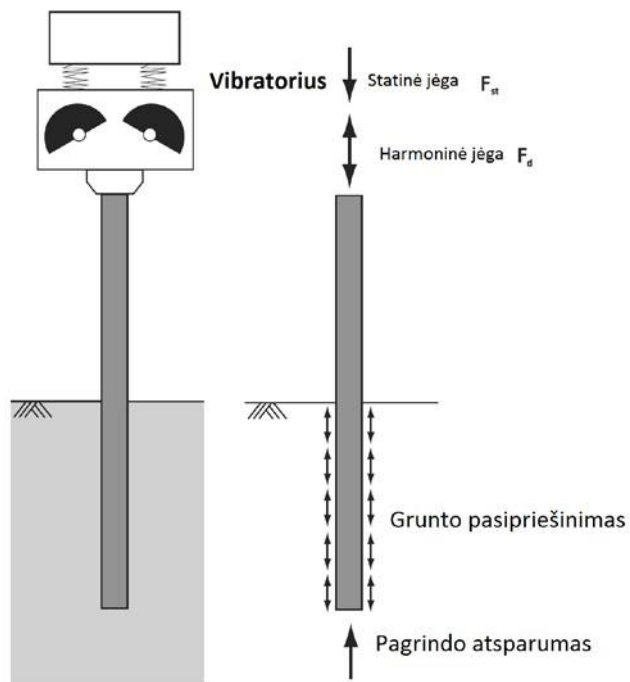
Trečias įgilinimo būdas – elementai įkalami panaudojant sunkiasvorę techniką, kuri smūgiuodama kala elementą vis gilyn į gruntą (1.1.2.4 pav.). Tarp kalto ir elemento naudojamos tarpinės, kad nepažeistų elemento. Gali būti gilinama lėtai krintančiu plaktu, dyzeliniu, hidrauliniu ar greitaeigiu plaktu. Įgilinimo efektyvumas didėja, kai plakto svoris didėja lyginant su įgilinamojo elemento svoriu. Laisvai krintančių, hidraulinių pavieniais smūgiais veikiančių plaktų svorio santykis su įgilinamojo elemento svoriu yra 1:1, o greitai smūgiuojančio plakto santykis – 1:4. Lėtai smūgiuojantis sunkus plaktas rekomenduojamas rišliems gruntams, o nerišliems – greitai smūgiuojantis plaktas [9].

Dyzeliniai plaktai dėl savo nesudėtingos konstrukcijos ir didelio našumo yra naudojami dažniausiai. Gaminami dviejų tipų – strypiniai ir vamzdiniai plaktai [10].



1.1.2.4 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas įkalimo būdu [9]

Ketvirtas būdas – plieninės spraustasienės elementus įvibroojant į gruntą (1.1.2.5 pav.). Šis metodas pagrįstas harmoniniu elemento vibravimu, kuris sumažina grunto pasipriešinimą elemento skverbimuisi į gruntą [9].



1.1.2.5 pav. Plieninės spraustasienės elementų įgilinimas vibruojant [9]



1.1.2.6 pav. Pastovios spraustasienės vaizdas [11]

1.1.3. Spraustasienių įrengimo technologija vibraciniu būdu

Stefan Van Baars [11] teigia, kad projektuojant spraustasienių įrengiamą vibraciniu būdu yra labai svarbu teisingai įvertinti grunto sąlygas ir pagal tai parinkti reikalingų charakteristikų vibratorių. Autoriaus nuomone tokiu būdu spraustasienes galima įrengti tik silpnuose gruntuose, t.y. minkštuose moliuose, dulkiuose ar durpėse, taip pat ir smėliuose, jeigu jie yra prisotinti vandeniu ir pasižymi mažu deformacijos moduliu. Straipsnyje analizuojama spraustasienių įrengimo technologija vibraciniu būdu yra populiariausia Olandijoje, kadangi čia vyraujantys gruntai yra minkšti moliai, dulkliai, durpės arba smėliai prisotinti vandens.

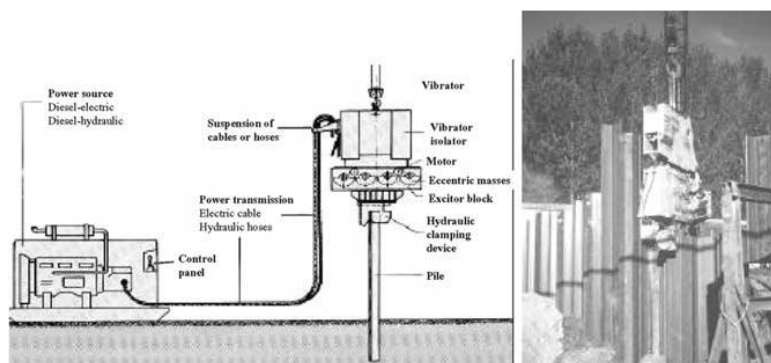
Per paskutinius dešimtmečius rangovai vis dažniau susiduria su lengvėjančiais ir mažesnio skerspjūvio profiliais, gilėjančiais katlavanais bei sunkėjančia vibracine įranga. Tai gali būti pagrindinė priežastis, dėl ko procentaliai išaugo nuostoliai, susiję su spraustasienių įrengimu vibraciniu būdu. Įrenginėjant spraustasienių sieną vibraciniu būdu galima susidurti su šiomis problemomis [12]:

1. Profilis sustoja jam dar nepasiekus projekcinio gylio.
2. Patiriama žala dėl profilio, kai jis nepasiekęs projekcinio gylio sustoja dėl didelės grunto trinties.
3. Vibracinės galvos sudegimas dėl per didelio apkrovimo esant stipriajam gruntui.
4. Dėl per didelio apkrovimo mechanizmo jėgos sumažėjimas.

5. Skilimas išilgai profilio.
6. Dėl susidarančių didelių vibracijų aplinkai keliamas diskomfortas.

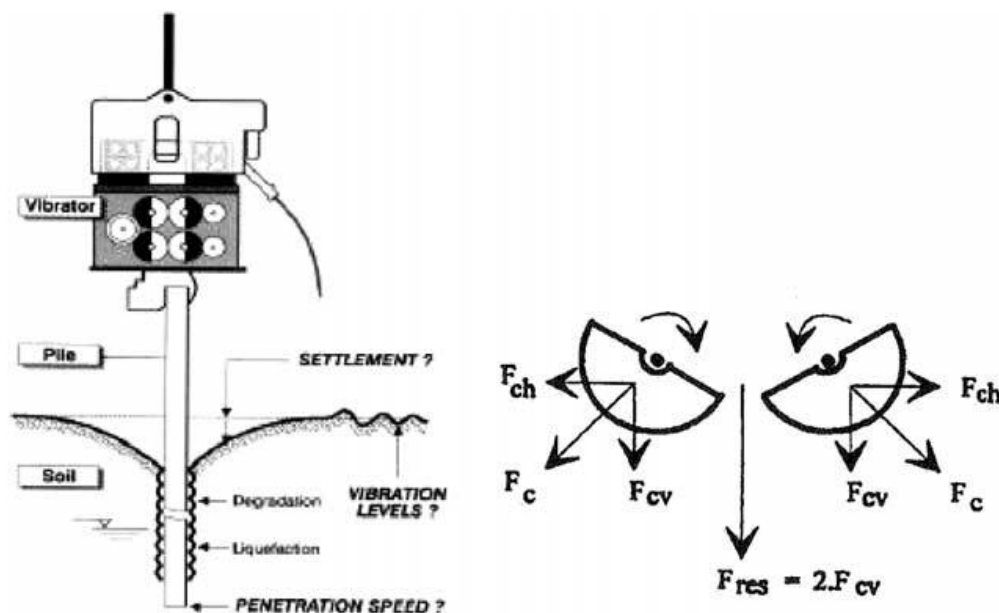
Šiame straipsnyje autorius [12] daugiausiai dėmesio skiria pirmajai problemai – profilis sustoja jam dar nepasiekus projektinio gylio.

Spraustasienės įrengimas vibraciniu būdu pavaizduotas 1.1.3.1 pav., iš kurio matyti, kad vibracinė mechanizmo galva yra pritaisyta tiesiai ant profilio viršaus.



1.1.3.1 pav. Spraustasienės elementų įgilinimas vibraciniu būdu [12]

Vibratorius sukuria kelias, viena kitą atsveriančias ekscentrines jėgas, dėka kurių, profiliui sukeliamas poveikis yra lygus 0.



1.1.3.2 pav. Spraudimo metu atsirandantys poveikiai [12]

Susidariusio sinuso formos vertikaliųjų virpesių jėgos amplitudė yra apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_0 = M_e(2\pi f)^2 \quad (1)$$

čia: M_e – suminis momentas nuo ekscentriciteto [kNm], f – dažnis [Hz].

Jeigu nebus grunto sukeliama pasipriešinimo dėl trinties, ir galimas laisvas judėjimas, ši vibravimo jėga sukurs tokios amplitudės poslinkį:

$$d_0 = \frac{M_e}{m_d} \quad (2)$$

čia: M_d – dinaminė masė [kN].

Dėl grunto trinties ši amplitudė bus mažesnė nei laisvas poslinkis d_0 (2 formulė). Tikroji amplitudė turėtų būti pakankamai didelė, kad sukurtų grunto suskystėjimą greičiausiai apie profilio viršunę ir apie jau suspraustą profilio dalį. Kuo tankesnis smėlis, tuo sudėtingesnis įrengimas ir mažesnis suskystėjimas apie profilį.

1.1.3.1 lentelė. Skaičiavimuose naudotų vibratorių charakteristikos [12]

Vibrator	ICE 1223	PVE 1420	PVE 2315	PVE 2520	PVE 2323VM	ICE 28RF	PVE 50M	PVE 105M
F_0 (Force) [kN]	350	600	850	1100	1350	1600	1850	2100
M_e [kg m]	11.5	14	15	25	23	28	43	105
f [Hz]	28	33	38	33	38	38	33	23

Projektavimo modeliai.

Bėgant metams buvo atrasta daug įvairių priemonių, kurių pagalba buvo parenkamas tinkamų charakteristikų vibratorius sienos profilių įrengimui. Parinkimo metodai gali būti šie:

1. Kompiuteriniai modeliai;
2. Grafikai;
3. Lygtys.

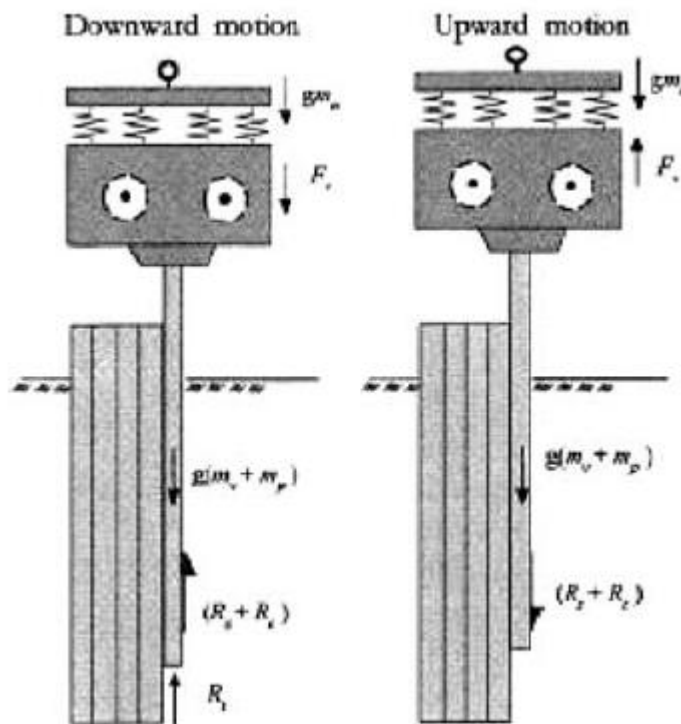
Paprasčiausios lygtys ar grafikai yra mažiau vertinami, lyginant su kompiuteriniais modeliais, kurie yra imlesni laikui ir sudėtingesni. Vis dėlto, kompiuteriniai modeliai gali padėti sukurti geresnes lygtis ir tiksliau išspręsti problemas, kylančias dėl labai permainingo ir sluoksniuoto grunto.

Kompiuteriniai modeliai.

Yra tik keli prieinami sienų profilio įrengimo vibruojant projektavimo kompiuteriniai modeliai. Vienas iš jų „Vibdrive“, modelis iš Holeyman (1996) [12]. Šiame modelyje profilis laikomas standžiu objektu. Yra keturios jį veikiančios jėgos:

1. Vertikali vibravimo jėga $F_v = M_e \omega^2 \sin(\omega t)$, atsirandanti nuo ant profilio esančio vibratoriaus;
2. Pasipriešinimo jėga, atsirandanti dėl šoninės trinties;
3. Pasipriešinimo jėga, atsirandanti dėl pasipriešinimo po profilio padu;
4. Suminė masė, į kurią įeina: ekscentrinė masė dėl vibratoriuje veikiančių mechanizmų, vibratoriaus masė ir pačio profilio masė.

Vibraciniu būdu įrengiamų sprautasienių technologijos projektavimas.



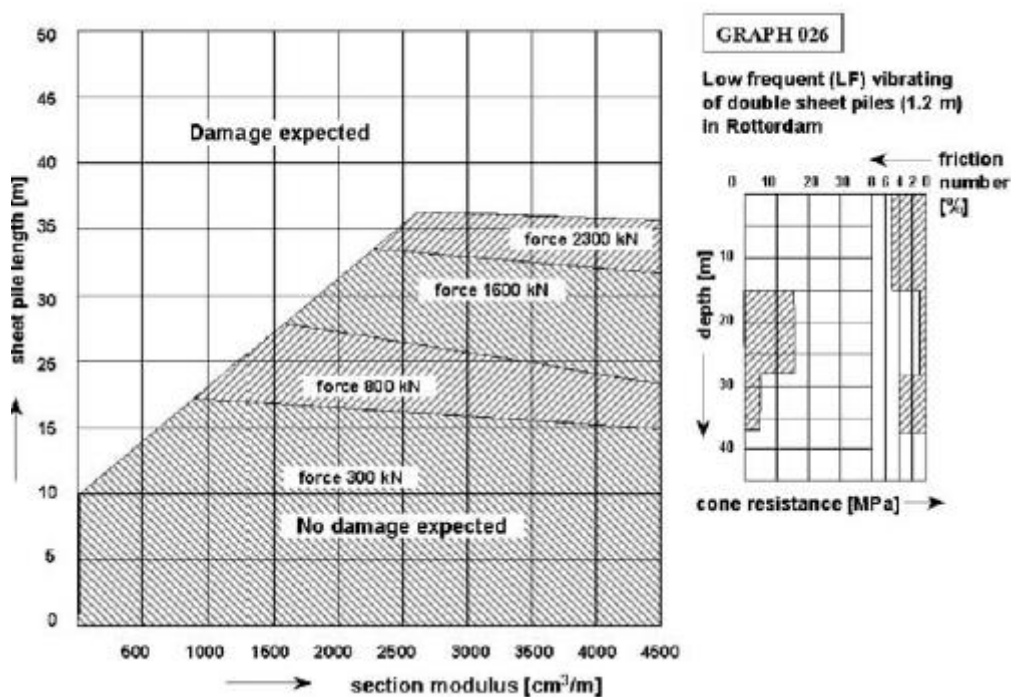
1.1.3.3 pav. Vibruojamojo ir ištraukiamojo profilio supaprastinta schema [12], kur R_t yra spraudžiamojo elemento atsakas, g – laisvojo kritimo pagreitis, m_v – vibratoriaus masė, m_p – elemento masė.

Turbūt pati svarbiausia dalis modeliuojant eksponentinę jėgą, tai grunto suskystėjimo sukeltas pasipriešinimas, ypač ties profilio viršūne, tačiau ir ties šonais. Profilio akseleracija yra nustatoma naudojantis antruoju Niutono dėsniumi ($F = m \times a$). Įsivedant suspraudimo virš laikį, randamas suspraudimo greitis. Tokiu būdu galime suskaičiuoti kiek mums prireiks laiko įrengti profilį ir ar jis pasieks projektinį gylį.

Projektavimo grafikai.

Vienas naujausių modelių, prognozuojančių profilių skilimą ar sulinkimą, Olandijoje yra NVAF (Dutch Union of Foundation Contractors) diagramos metodas. NVAF yra olandų pamatų rangovų sąjunga.

Kartu su PSD (Union for Promotion of Steel Sheet Piles) sprausstasienių profilių vystytojų sąjunga „olandų pamatų dienos“ renginio metu buvo pristatyti 38 grafikai, apibūdinantys įvairaus grunto sluoksnių sąlygas Olandijoje. Iš jų 26 grafikai buvo skirti sprausstasienių įrengimui vibraciniu būdu, iš kurių 18 buvo priskirti specialiom vietovėm, tokiom kaip Amsterdamo ar Roterdamo miestai. Taip pat 8 bendri grafikai buvo pateikti pastoviam kūgio spraudos pasipriešinimui. Grafikas parodo minimalią reikalingą vibracijos jėgą, profiliams su skirtingais ilgiais ir atsparumo momentais įrengti.



1.1.3.4 pav. Profilio ilgio priklausomybė nuo profilio atsparumo momento [12]

Projektavimo lygtys.

Autorius [12] straipsnyje aptaria tris pagrindines lygtis, kurių viena iš CUR, viena iš EAU ir viena pasiūlyta paties autoriaus, paremta Vibdrive programos rezultatais.

CUR 166 standartas - vienas iš labiausiai naudojamų Olandijoje. CUR -tai Olandijos atitikties standartai.

$$m_r = \frac{m_{dyn}d}{1000} \cdot 9.8 \quad (3)$$

čia: d – poslinkio amplitudė [mm]; m_r – suminis lenkimo momentas nuo ekscentriciteto [Nm]; m_{dyn} – dinaminė masė [kg].

Šiame metode trūksta tik vieno, bet labai svarbaus veiksniu, tai gruntinių sąlygų.

EAU 1996 standartas – tai vokiečių projektavimo taisyklės, kuriose pateikiama lygtis, nusakanti mažiausią reikiamą vibracijos jėgą:

$$F_0 = 15 \left(L + \frac{2 \cdot m_d}{100} \right) \quad (4)$$

čia: F_0 – minimali vibracijos jėga [m]; L – projektinis gylis [m]; m_d – dinaminė masė [kg].

Šiame metode taip pat trūksta gruntinių sąlygų vertinimo.

Autoriaus pasiūlytas metodas.

Kompiuterinės programos Vibdrive pagrindu buvo atlikti skaičiavimai keletai standartinių atvejų. Nagrinėjamuose atvejuose buvo įvertinta šie parametrai:

1. Kūginė sprauda: $q_c = 5, 10, 15, 20, 25$ ir 30 MPa;
2. Projektinis gylis: $L = 10, 15, 20, 25$ ir 30 m;
3. **1.1.3.2** lentelėje nurodyti profiliai.

1.1.3.2 lenetlė. Skaičiavimuose naudotų profilių charakteristikos [12]

Profilis	W [cm ³ /m]	A [cm ²]	O [m]
PU12	1200	168.4	3.18
AZ17	1665	174.2	3.42
AZ25	2455	233.2	3.56
PU32	3200	290.8	3.66
AZ38	3780	329	3.71
AZ46	4595	337.8	3.79

Programos Vibdrive pagalba buvo suskaičiuota iš viso 180 derinių, siekiant nustatyti, kuris iš 1.1.3.2 lenetlėje pateiktų vibratorių turėtų būti naudojamas spraustasienės įrengimui. Kai kuriais atvejais net nebuvo rastas tokių charakteristikų vibratorius, kokį siūlo atlikti skaičiavimai.

Autorius paisūlė lygtį (x lygtis), kuri tinka daugeliui atvejų ir nė vienas iš veisknių nebuvo neįvertintas.

$$F_0 = \gamma \left(LA\beta \exp\left(\frac{q_{c,tip}}{q_{c,ref}}\right) + LO\alpha q_{c,tip} \right) \quad (5)$$

čia: $\gamma = 1.2$; $\alpha = 0.001$; $\beta = 220$ [kN/m³]; $q_{c,ref} = 8.7$ [MPa]; L – profilio ilgis [m]; A – skerspjūvis [m²]; O – perimetras [m]; $Q_{c,tip}$ – kūginė sprauda po padu [kPa].

1.1.3.3 lenetlėje pateikti rezultatai, nustatyti naudojant programą:

1.1.3.3 lenetlė. Programine įranga Vibdrive gauti rezultatai [12]

Test	Sheet pile parameters						Vibrator		Soil
	Type	A [cm ²]	O [m]	L_{tot} [m]	L_{depth} [m]	W [cm ³ /m]	Type	F [kN]	q_c [MPa]
1	AZ26	249.2	3.56	23	21	2600	50M	1585	22
2	PU12	168.4	3.18	8	6	1200	25M	856	8
3	AZ36	311.4	3.71	23	23	3600	2335VM	2030	4
4	L605	213	3.74	15.5	15.5	2020	2332VM	1856	7
5	L606	241	3.78	23	23	2500	105M	2099	17
6	AZ26	249.2	3.56	23	23	2600	2332VM	1856	10
7	PU20	214.8	3.51	25.5	24.5	2000	105M	2099	12
8	L604	190	3.63	11	11	1620	2520	1097	14
9	L605	213	3.74	13	11	2020	2520	1097	14
10	L606	241	3.78	13	11	2500	2520	1097	14
11	AZ18	189.6	3.42	13	14	1800	2316VM	928	3
12	L604	190	3.63	10	11	1620	2323VM	1334	15
13	AZ18	189.6	3.42	11.5	11.5	1800	2323VM	1334	15
14	AZ18	189.6	3.42	19	18	1800	2332VM	1856	24
15	AZ48	355.6	3.79	24	23	4800	2332VM	1856	24
16	AZ36	311.4	3.71	21.5	21	3600	105M	2099	7
17	AZ36	311.4	3.71	30	29	3600	2335VM	2030	23
18	AZ26	249.2	3.56	21	20	2600	2335VM	2030	10

Iš praktikos gautų rezultatų ir skirtingais metodais (naudojant programines įrangas, grafikus, lygtis) apskaičiuotų rezultatų palyginimas.

1.1.3.4 lenetlė. Rezultatų sutapties patikrinimas visiems skaičiavimo atvejams [12]

Test	Reality	Vibdrive	NVAF _{loc}	NVAF _{gen}	CUR166	EAU1996	Author
1	no	no	no	no	no	no	no
2	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
3	yes	yes	yes	no	no	no	yes
4	yes	yes	yes	yes	no	yes	yes
5	no	yes	no	no	yes	yes	no
6	yes	yes	no	no	no	yes	yes
7	yes	yes	yes	no	yes	yes	yes
8	no	no	no	no	no	yes	yes
9	no	no	no	no	no	yes	no
10	no	no	no	no	no	yes	no
11	yes	yes	yes	no	no	yes	yes
12	yes	yes	yes	no	no	yes	yes
13	yes	yes	yes	no	no	yes	yes
14	no	no	no	no	no	yes	no
15	no	no	no	no	no	no	no
16	no	yes	yes	no	yes	yes	yes
17	no	no	no	no	no	no	no
18	yes	yes	yes	no	no	yes	yes
Error	–	3	3	8	10	8	3

Išanalizavus rezultatus galime daryti prielaidą, jog autoriaus išvesta lygtis labiausiai atitinka programos ir iš praktikos gautų gautus duomenis.

1.2 Polinės atraminės sienos

1.2.1 Polinės atraminės sienos įrengimo technologija

Gręžtiniai poliai gal ir nėra pigiausias bei greičiausias įrengiamo būdas, tačiau tai yra aplinkai saugiausias pasirinkimas. Jie tinka įrengti atraminėms sienoms šalia esamų pastatų ar kitokių statinių [13].

Ištisinio sraigtinio gręžimo polių įrengimas yra plačiai žinomas kaip CFA (angl. Continuous Flight Auger) metodas. Polių įrengimo technologija iš esmės skiriasi nuo tradicinių gręžtinių polių įrengimo technologijos. CFA metodu poliai įrengiami paisant esminio technologijos skirtumo: armatūros karkasas įvibruojamas į polių, kai betono mišinys būna ką tik suklotas į polio ertmę [14]. Gręžtinis polis suformuojamas tiekiant betono mišinį arba injekcinį skiedinį į vientiso gręžimo ertmę, tuo pačiu metu jį traukiant iš grunto [15].

Gręžtinių polių sienos įrengiamos kaip susiliečiančios (jeigu nereikalauja sandarumo) arba susikertančios (jeigu reikalaujama technologinio arba pastovaus sandarumo) naudojant CFA technologiją arba VDW technologiją, tai yra su apsauginiu vamzdžiu, kuris sukasi į priešingą pusę nei gražtas. Gręžtinių polių sienos paprastai įrengiamos kaip atraminės konstrukcijos ir gilių iškasų apsauga, atraminiai elementai ir tuo pačiu konstrukcinės sienos bei gilūs objektų pamatai (pvz., pastato požeminių aukštų sienos ir pamatai, atskiros arba rėminės tiltų atramos ir pan.). Susiliečiančių gręžtinių polių sienos dažniausiai įrengiamos naudojant CFA technologiją ir susideda iš armuotų polių (minkštai – armatūros karkaso pagalba arba kietai – profiliuotųjų pagalba). Atstumas tarp tokio tipo gręžtinių polių sienoje svyruoja nuo 50 iki 150 mm. Susikertančių gręžtinių polių sienos gali būti įrengtos naudojant CFA technologiją arba CFA technologiją su apsauginiu vamzdžiu, kaip įrengtos iš armuotų polių, o erdvę tarp jų užpildydant šiais būdais [16]:

- Pirmiausiai įrengiami tarpus užpildantys poliai, kurie vadinami moteriškaisiais arba minkštaisiais. Pagrindiniai laikantieji armuoti poliai įgręžiami į šviežius moteriškuosius/minkštuosius polius ir vadinami vyriškaisiais arba kietaisiais.
- Panaudojant atramines susiliečiančių gręžtinių polių sienas, galima apsaugoti žemės sprūdžius, turinčius iki 5 m aukščio, o panaudojus inkarus arba ramščius – nuo 4 iki 20 m. Susikertančių gręžtinių polių sienos leidžia apsaugoti gembe žemės sprūdžius nuo 5 iki 6 m aukščio, o paremtoje scheme – nuo 4 iki 25 m. Standartiškai įrengtos gręžtinių polių sienos maksimalus

pasvirimas neviršija 1:75, padidinus kontrolę galima sumažinti pasvirimą iki 1:125, o kai kuriais atvejais netgi iki 1:200 (kai susikertančių gręžtinių polių siena susideda iš kietųjų polių ir įrengta naudojant VDW technologiją su apsauginiu vamzdžiu) [16].



1.2.1.1 pav. Polinės atraminės sienos vaizdas [16]

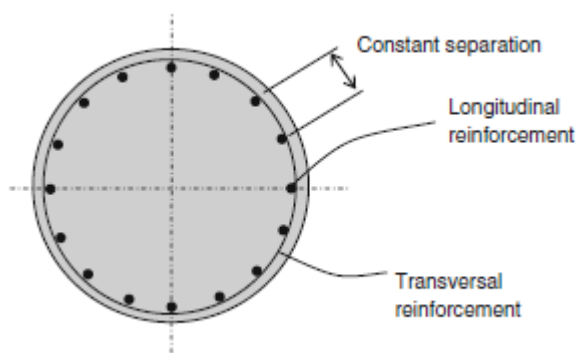
1.2.2 Polinės atraminės sienos įrengimo technologija

Atraminės sienos yra sudėtingos ir brangios konstrukcijos, o jas projektuojantys inžinieriai dažniausiai būna geri geotechnikos specialistai. Šioms konstrukcijoms projektuoti yra naudojamos atskiros specialios programos, kurios konkrečiai yra sukurtos šiam konstrukcijų tipui, tai yra jose apsiraso grūntinės sąlygos, tokie aplinkos veiksniai kaip: grūntinio vandens lygis, kuris turi labai didelę įtaką šiai konstrukcijai, įvertinami šalia esantys pastatai, šlaitai, sienų atkasimas ir kita. Projektuotojai šias programas naudoja tam, kad įvertinus visas sąlygas, būtų parinktas racionalus konstrukcijos variantas ir nebūtų viršytos medžiagų sąnaudos.

Tačiau ar tikrai naudojantis programa galima rasti tą efektyviausią ir racionaliausią sprendinį. Kalbant apie polinių atraminių sienų projektavimą, konstruktorius, suskaičiavęs konstrukcijų kiekius, nustato optimalų jų skerspjūvį ir pagrindines charakteristikas. Viena pagrindinių charakteristikų – reikiamas armatūros kiekis, kuris, kaip taisyklė, atraminės sienos poliuose būna didelis arba net labai didelis, nes nuo grūnto svorio ir kitų veiksnių konstrukciją veikia didelės skersinės jėgos ir lenkimo momentas. Projektuojant šią konstrukciją kompiuterine programa, yra užsiduodamas tam tikras

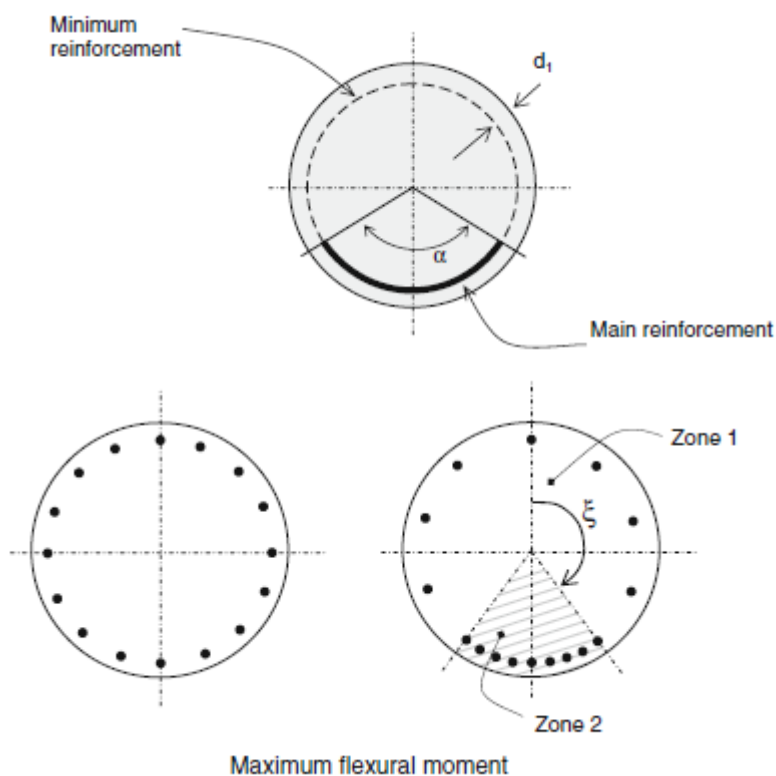
armatūros skerspjūvis ir strypų skaičius, kuris yra kaitaliojamas tol, kol gaunamas tenkinantis atsakymas, tačiau šiuo atveju, kompiuterinė programa suskaičiuoja simetriškai armuotą skerspjūvį. Paėmus bet kokią kitą konstrukciją, pavyzdžiui, apvalią koloną, ją veikia įvairiausi skirtingi poveikiai ir dažniausiai, nors ir nevisada, tie poveikiai gali būti dviejų krypčių, t.y. tie patys poveikiai būna tiek su minuso ženklu, tiek su pliuso ženklu, tad šiuo atveju, skerspjūvis turi būti simetriškas. Tačiau atraminės sienos poliai yra veikiami tik iš vienos pusės, to pasekoje mūsų skerspjūvyje įtempimai visada yra tokie patys. Tai reiškia, kad tempiama ir gniuždoma zona nekeičia savo padėties. Armatūra reikalinga tempimo įtempimams atlaikyti, todėl neverta dėti didelio skerspjūvio armatūros strypus toje pusėje, kur ji nėra reikalinga. Šia tema autoriai Luisa et al. [17] savo straipsnyje apžvelgia polinių sienų polių armavimo optimizavimą [17].

Dažniausiai sutinkamas simetriškai armuotas polio skerspjūvis pavaizduotas 1.2.2.1 pav.



1.2.2.1 pav. Simetriškai armuotas polio skerspjūvis [17]

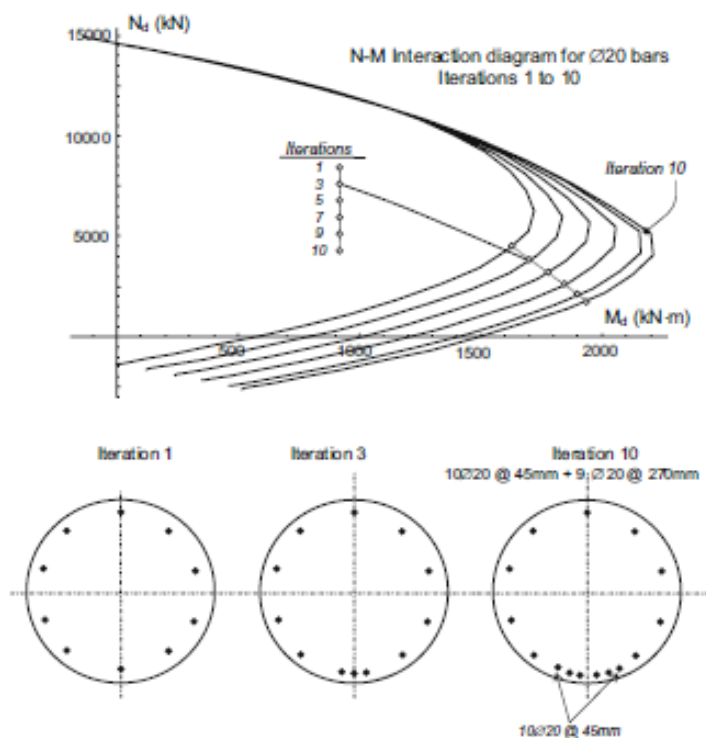
1.2.2.2 pav. parodyta zona, kurioje veikia didžiausi tempimo įtempimai bei pateiktas simetriškai armuotas skerspjūvis ir optimizuotas skerspjūvio armavimas.



1.2.2.2 pav. Skerspjūvio zonoje susidarsntys didžiausi tempimo įtempimai, simetriškai armotas skerspjūvis, optimizuotas skerspjūvio armavimas [17]

Stiprio lenkiant projektavimo prielaidos.

Didinant tempiamosios zonos armavimą, nors ir gniuždymo zonos armavimas lieka koks buvęs, iš iteracijos diagramų galime akivaizdžiai matyti didėjantį lenkiamąjo skerspjūvio stiprį. Iš 1.2.1.3 pav. matyti, kaip didėja lenkiamasis stipris, didinant strypų skaičių tik tempiamoje zonoje nuo 1 iki 10.



1.2.1.3 pav. Strypų skaičiaus tempiamoje zonoje didinimo iteracijų diagrama [17]

Projektuojant yra svarbu nepamiršti, jog polių karkasai turi būti konkrečiai orientuoti nuo ašių, kad statybininkai, nesuklystų ir polio karkaso neįdėtų atvirkščiai.

Autorius straipsnyje nepamini vieno svarbaus aspekto – šis metodas nevisada gali būti taikomas įrengiant polius atraminei sienai, kadangi yra kelios įrengimo technologijos. Vienu atveju poliai įrengiami naudojant CFA (vientisojo sraigtinio gręžimo) technologiją, kitu atveju – VDW (dvigubo gręžimo) technologiją, paprastų gręžtinių polių technologiją ir gręžimo su apsauginiu vamzdžiu technologiją. Tarp šių technologijų yra vienas esminis skirtumas – naudojant CFA ir VDW technologijas, poliai yra armuojami dedant armatūros karkasą į jau suklotą betono mišinį, kuris dažnu atveju pasisuka, o šiuo atveju karkaso pasisukimas viską išderintų. Kadangi atraminės sienos Lietuvoje dažniausiai yra įrengiamos naudojant būtent šias technologijas, tad su tokiais atvejais yra retai susiduriama.

1.3. Berlyno sienos įrengimo technologija

Berlyno tipo atraminės sienutės yra vienas iš laikinos gilių technologinių iškasų (pvz., pastatų požeminių aukštų, požeminių instaliacijų ir pan.) apsaugos būdų. Atraminę sieną sudaro polis (dažniausiai padarytas iš plieninio profiliuoto, pvz., dvitėjinės sijos, kuris įkalamas, įvibruojamas arba įmontuojamas anksčiau išgręžtoje ir betonu užpildytoje angoje) bei lentos (dažniausiai medinės)

montuojamos tarp polių. Gilinant iškasą, „Berlyno“ atraminės sienutės panaudojimas iškasos apsaugai bus veiksmingas, jeigu [18]:

- Gruntinio vandens lygis yra žemiau iškasos dugno;
- Visai šalia iškasos nėra nusėdimui jautrių objektų.

Atlikusios savo, kaip laikinosios iškasos apsaugos funkciją, „berlyno“ sienelės sutvirtinimų elementus galima iš dalies išmontuoti (plieniniai kalamieji arba vibruojami poliai), o iš dalies jie prarandami (gręžtiniai poliai ir lentos).



1.3.1 pav. Berlyno sienos vaizdas [18]

1.4. Gruntiniai inkarai

1.4.1. Laikini gruntiniai inkarai

Laikinieji gruntiniai inkarai reikalingi perimti didelę tempimo jėgą į atraminius pagrindo sluoksnius ribotam laikui (< 2 metai). Laikinas gruntinis inkaras susideda iš injekuoto kamieno, templės su laisva dalim ir inkaravimo. Laikinieji inkarai statant objektus paprastai naudojami šiais atvejais [19]:

- įvairių rūšių laikinųjų atraminių sienų (plieninių spraustasienuių sienų, tranšėjinių ir berlyno sienelių, kurios sudaro gilių iškasų atramas) parėmimui;
- iškasų/konstrukcijų elementų (plieninių spraustasienuių sienų, tranšėjinių sienų), įvairių rūšių pastovios apsaugos technologiniam parėmimui;
- išstūmimo jėgos perkėlimas statant objektą (pvz., laikinasis dugno plokštės ankeriavimas, atotampų, polių apkrovos bandymo aikštelių ankeriavimas ir pan.).

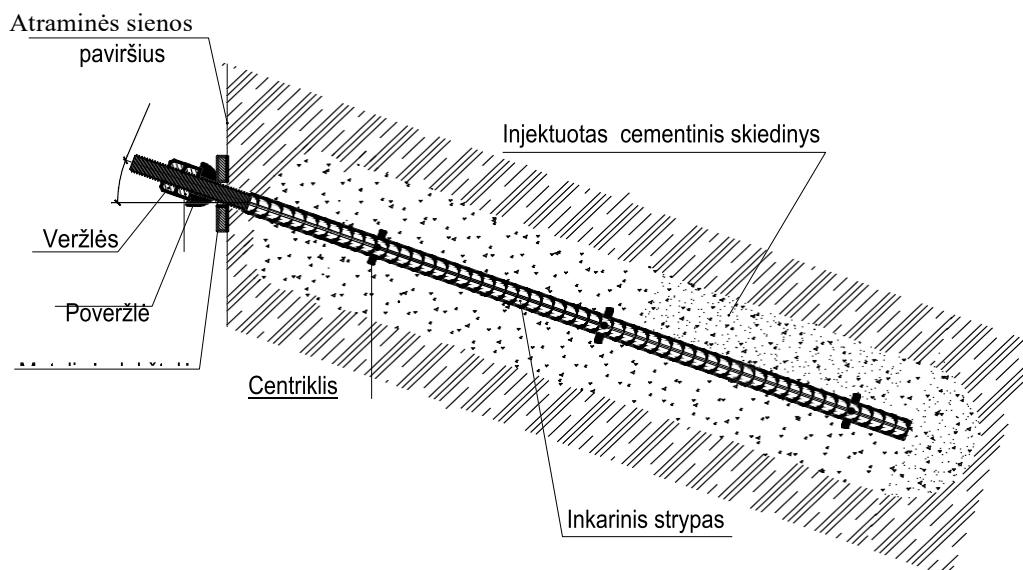
Laikinių gruntinių inkarų išorinis gręžimo skersmuo yra 133 mm arba 152 mm, tipiškas šios rūšies geotechniniams elementams. Inkarai gręžiami sraigtinio grąžtu apsauginiuose vamzdžiuose su oro prapūtimu arba panaudojant skystą dumblą, skystą cementą arba kitą projekte apibrėžtą medžiagą. Padarius angą, užpilamas cemento skiedinys, o vėliau montuojama templė. Darbo metu inkaro grunte injektuojamas kamienas yra formuojamas skiediniu, spaudžiamu aukšto slėgio per atitrauktą apsauginį vamzdį (vienkartinė injekcija). O maždaug po 12 val. dažnai vėl daroma inkaro injekcija (dviguba arba daugkartinė). Maždaug po 7 dienų inkaras yra bandomas, kompresuojamas. Dėl inkaro darbo specifikos – tempiamųjų jėgų perkėlimas – ir su tuo susijusios avarijų rizikos, prieš atiduodant naudoti kiekvienas inkaras per priėmimo bandymus tikrinamas su apkrova, bent jau prilygstančia projektinei apkrovai [19].

Atramines konstrukcijas remiantys inkarai įrengiami viename arba keliuose lygiuose. Viršutinis inkarų lygis įrengiamas paprastai virš gruntinio vandens lygio. Žemutiniai lygiai dažnai įrengiami žemiau gruntinio vandens lygio (povandeniniai ankeriai) naudojant sandarias ankeriavimo galvas [19].

1.4.2. Pastovūs gruntiniai inkarai

Gruntinis inkaras yra sudarytas iš tempiamojo plieninio strypo ir injekuoto cementinio skiedinio. Veikiančias jėgas inkaras gruntui perduoda per inkaro ir esamo grunto trintį. Injektuotas cementinis skiedinys užtikrina atramą plieniniam strypui, kad jį būtų galima įtempti. Populiariausias būdas įrengti gruntinius inkarus – naudojant tuščiavidurius strypus, prie kurių pritvirtinti grąžtai.

Grąžtai parenkami pagal esamą gruntą, o sugrėžus inkarą, yra injektuojamas cementinis skiedinys, kuris suformuoja apsauginį sluoksnį apie plieninį inkarą [20].



1.4.2.1 pav. Gruntinis inkaras [20]

Merifiels ir Lyamin (2003) [21] išskiria tris pagrindinius inkarų tipus: apvalius, kvadratinus ir stačiakampius. Autoriai pabrėžia, kad apvalių, kvadratiųjų ir stačiakampių inkarų paviršiaus nelygumas neturi didelės įtakos inkaro atspariui.

Projektuojant inkarus būtina patikrinti šias sąlygas:

Inkaro medžiagų suirimas. Analizuojant inkarų suirimo priežastis, galima išskirti keletą pagrindinių jų suirimo priežasčių. Pagal Nagar (2010) [22] dažniausiai inkarai suyra dėl per didelės inkaro tempimo jėgos. Šios jėgos padidėjimas siejamas su tempimo įrašomis, vykdant inkaro bandymus, krantinės priekrovos padidėjimu. Projektuojant būtina atsižvelgti, kad veikiančios jėgos būtų mažesnės už tas, kurias gali atlaikyti inkaras. Dažniausiai reikia patikrinti ne maksimalią jėgą, kurią gali atlaikyti inkaras, bet ir jėgą, kuriai veikiant atsiranda smulkiagrūdžio betono pleišėjimas, nes atsiradus plyšiams pradėtų koroduoti plieninis strypas.

Gruntinio inkaro išsitraukimas iš grunto. Tikrinant ar inkaras nebus ištrauktas iš grunto pirmiausiai nustatoma jėga, kurią inkaras perduoda gruntui, o tada tikrinama ar jėga nėra didesnė už grunto ir inkaro trinties jėgą.

Reikalingo inkaro ilgio parinkimas. Reikalingas inkaro ilgis parenkamas atsižvelgiant į esamus gruntuos. Jis turi būti ilgesnis už grunto slydimo prizmę. Siekiant apsaugoti neužinkaruotą inkaro dalį nuo aplinkos neigiamo poveikio yra įrengiama inkaro galva. Inkaro galva parenkama tokia, kad būtų galima įtempti inkaravimo strypą, jį apkrauti bandymo, tikrinimo ar įvaržos apkrova, atpalaiduoti ir iš naujo įtempti. Inkaro galva paskirsto inkaravimo strypą veikiančią apkrovą pagrindui

ar pagrindo gruntui. Inkarų galva pritaikoma atsižvelgiant į deformacijas, kurios gali atsirasti per visą statinio naudojimo laiką [22].

Inkaravimo strypai turi būti padengti mažiausiai 10 mm injekciniu skiediniu iki gręžinio sienelių. Tam naudojami tarpikliai ir centrikliai. Inkarų įrengimui naudojamas cementinis skiedinys. Visi plieno elementai turi būti apsaugoti nuo korozijos per visą jų naudojimo laiką. Antikorozinės apsaugos standartai klasifikuojami pagal inkarų projektinį laiką.

Pastovūs inkarai – kurių naudojimo laikas ilgesnis negu dveji metai. Nuolatinių inkarų strypai saugant juos nuo korozijos turi būti padengti bent vienu ištisiniu antikorozinės medžiagos sluoksniu, kuris nesuirtų per visą projekte numatytą inkarų naudojimo laiką. Nuolatinių inkarų strypai pasirinktinai turi turėti du apsauginius barjerus. Įrengimo arba inkarų įtempimo metu korozijai pažeidus vieną iš jų, antrasis turi išlikti sveikas. Arba vieną apsauginį barjerą, kurio vientisumas turi būti patikrintas bandant kiekvieną įrengtą inkarą [23].

Kaip antikorozinius barjerus nuolatiniams inkarų strypams galima naudoti dervas, injektuotas ar užteptas kontrolės metu ant strypo 5 mm storio, leidžiama naudoti kaip vieną iš nuolatinių barjerų, jeigu jos nesutrūkusios, apsaugotos ir neperslėgtos [24].

Plieno paviršius galima padengti epoksidinėmis dervomis, poliuretanineėmis dervomis ir užlydytomis epoksidinėmis dangomis, jeigu jie nuvalyti smėlio srove ir ant jų nėra kitų ardančių medžiagų. Šias dangas galima naudoti nuolatiniams inkaravimo strypams kaip antikorozinius barjerus, jeigu jų sluoksnio storis ne mažesnis kaip 0,3 mm, jos įrengiamos gamykloje ir jeigu įrengiant neatsirado pūslių. Jei aplinka agresyvi, tiek nuolatinių, tiek ir laikinųjų inkarų inkarų galvos apsauga turi būti įrengta iš anksto [24].

Ertmės inkarams turi būti išgręžtos atsižvelgiant į nustatytas leistinas nuokrypas. Ertmės skersmuo turi būti toks, kad būtų galima gauti nustatytą injekcinio skiedinio storį aplink inkaravimo strypą įtvirtintoje inkarų dalyje. Leidžiama gręžti giliau nustatyto gylio jei negalima iš gręžinio dugno ištraukti nuobiras. Jei nenurodyta kitaip, pasirenkant gręžimo įrangą ir ją pastatant į vietą, turėtų būti laikomasi šių sąlygų:

- gręžinio ertmės ašis inkarų galvoje turėtų būti nukrypusi ne daugiau kaip 75 mm;
- gręžinio kryptis, pradžioje pastačius gręžti, neturėtų skirtis nuo nustatytosios daugiau kaip 2°.

Nuokrypos turėtų būti tikrinamos išgręžus 2 m. Gręžinio ertmės gręžimo metu leistinasis nuokrypis yra apribotas 1/30 inkarų ilgio. Šie leistinieji nuokrypiai gali būti padidinti atsižvelgiant į gruntines sąlygas [24].

Gręžimo būdas pasirenkamas atsižvelgiant į grunto sąlygas, siekiant kuo mažiau paveikti aplink esantį gruntą arba taip, kad tas poveikis būtų naudingiausias inkarų laikomajai galiai ir leistų gauti projektinį inkarų stiprį (Rd). Gręžiant ir įleidžiant inkaravimo strypą gręžinio sienutės neturi virsti, o

aplinkui esantis gruntas turi būti kaip galima mažiau išjudintas. Požeminio vandens lygis keičiamas kaip galima mažiau. Turi būti kuo mažiau susilpninamas gręžinio sienučių paviršiaus gruntas gręžiant sankabiuose gruntuose ar suirusiose uolose [24].

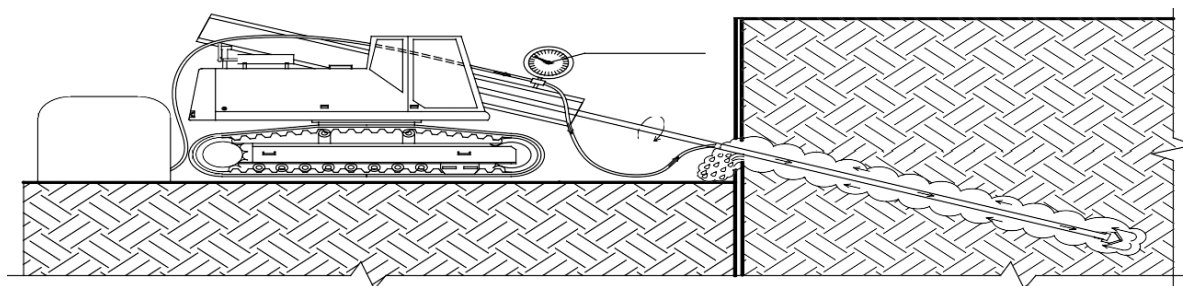
Gręžimo skiedinys ir priedai neturi ardyti inkaravimo strypo, jo apsaugos, injekcinio skiedinio, gręžinio sienučių, ypač inkaravimo strypo įtvirtintosios dalies. Kai gręžiama per gruntą, kurį veikia artezinis požeminis vandens slėgis, imamas specialių atsargos priemonių. Kai gruntinis vanduo yra labai aukštai, reikia naudoti sunkiuosius gręžimo skiedinius [24].

Laikotarpis tarp atskirų operacijų įrengiant inkarus priklauso nuo grunto savybių. Tačiau jis turi būti kiek įmanoma trumpesnis. Injektavimas atliekamas siekiant šių tikslų arba vieno iš jų:

- įrengti įtvirtintąją inkaro dalį, kad inkaravimo strypą veikiančią apkrovą būtų galima perduoti aplink esančiam gruntui;
- apsaugoti inkaravimo strypą nuo korozijos;
- sutvirtinti gruntą prie įtvirtintosios inkaro dalies, kad padidėtų inkaro laikomoji galia;
- užsandarinti gruntą prie įtvirtintosios inkaro dalies, siekiant sumažinti skiedinio nuostolius.

Išgręžus ar injektuojant inkarą būtina įsitikinti, kad įtvirtintoji inkaro dalis yra visiškai užinjektuota. Tai galima atlikti bandant vandeniu, matuojant skiedinio nuoslūgį ar injektuojant su slėgiu.

Baigus gręžti kiek įmanoma greičiau pradedama injektuoti. Injektuojant įtvirtintosios dalies ilgį vamzdžio galas panardinamas į skiedinį. Injektuojama tol, kol ištekancio skiedinio konsistencija tampa tokia pati, kaip injektuojamojo skiedinio konsistencija. Injektuoti pradedama visuomet nuo apačios. Kad ertmė būtų visiškai užpildyta skiediniu, o oras ir vanduo visiškai pašalintų [24].

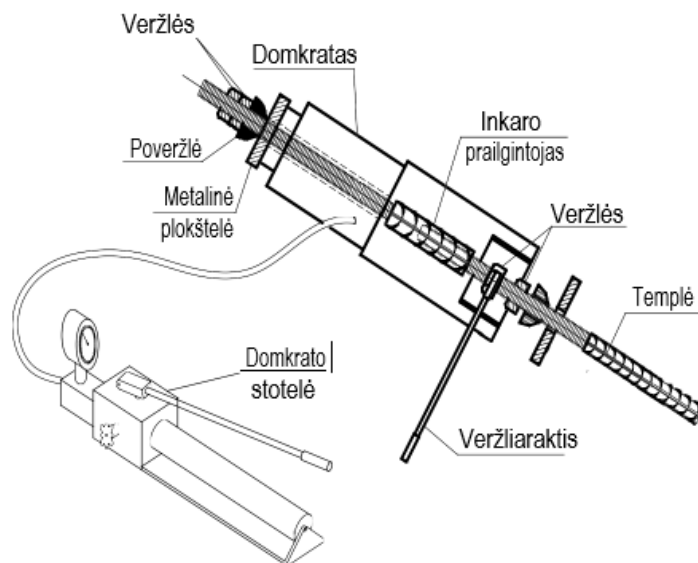


1.4.2.2 pav. Gruntinio inkaro gręžimas [24]

Bandymai atliekami pagal LST EN 1537 standarte pateiktus 3-ojo bandymo metodo dalies „priėmimo bandymo“ reikalavimus (1.4.2.3 pav.) Priėmimo bandymas turi būti atliekamas kiekvienam darbiniam inkarui. Šiais bandymais patvirtinama:

- inkaro gebėjimas atlaikyti išbandytą apkrovą;
- jei reikia, valkšnumo arba apkrovos nuostolių dydžiai veikiant darbinei apkrovai;

- skaičiuojamasis laisvasis inkaravimo strypo ilgis Lapp.



1.4.2.3 pav. Gruntinio inkaro bandymo schema [24]

Inkaro apkrova palaipsniui didinama ciklais pradedant pradine ir baigiant išbandymo apkrova arba iki suirimo. Inkaro galvos poslinkis matuojamas išlaikius nekintamą apkrovą kiekvienoje pakopoje. Inkaras turi būti apkraunamas išbandymo apkrova (P_p) mažiausiai trimis vienodomis apkrovos pakopomis. Vėliau inkaras nukraunamas iki pradinės apkrovos (P_a) ir vėl apkraunamas iki įvaržos apkrovos (P_0). Tikrinimo periodas, pasiekus įvaržos apkrovą, turi būti ne trumpesnis kaip 5 min. Rekomenduojama inkarą apkrauti per 4 pakopas ir inkaro galvos poslinkį prie pastovios apkrovos fiksuoti tokiais periodais: 1 – 2 – 3 – 5 – 10 – 15 minučių.

Apkrova perduodama hidrauliniu domkratu, jos dydis kontroliuojamas pagal hidraulinės sistemos tepalo slėgį pavyzdiniu manometru. Galvos poslinkis matuojamas indikatoriumi, kurio padalos vertė 0,01 mm [24].

1.5 . Pagrindiniai atraminių sienų tipą lemiantys veiksniai

1.5.1 . Gruntinės sąlygos

Norint įrengti atramines sienas, jų tipo ir stiprumo parinkimas labai priklauso nuo esamos geologinės situacijos. Esant stipriam gruntui gali būti sudėtinga įrengti sieną iš spraudžiamų ar kalamų elementų, kadangi technika gali būti nepajėgi prasprausti tokį gruntą ir gauti atsaką, visa tai iš anksto numatoma atliekant skaičiavimus atsižvelgiant į grunto charakteristikas. Tokiu atveju, belieka tik vienintelis sprendimas – grežtinių polių sienos.

Taip pat nuo grūntinės sąlygos labai įtakoja ir grūntinių inkarų įrengimą bei medžiagų sanaudas. Smėliniuose grūntuose cemento ir vandens skiedinio išėiga yra kur kas didesnė nei moliniuose grūntuose. [25]

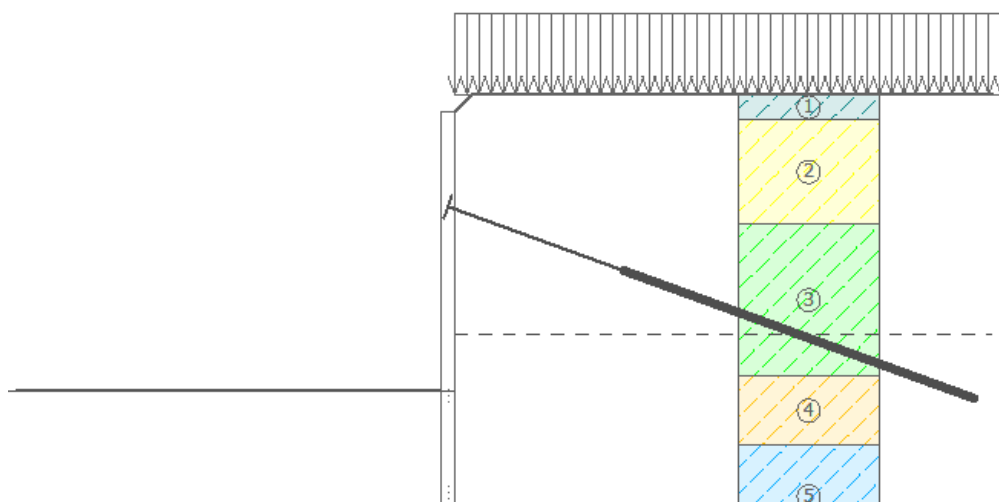
1.5.2. Reljefo ypatybės

Jeigu reljefas arba projektuojamas žemės paviršius yra su dideliais šlaitais šalia atraminių sienų, gali būti, jog parenkant metalines konstrukcijas, dėl didelio slėgio jau pačiame konstrukcijos viršuje reikės labai daug suvaržymų inkarais, kas labai didina kainą ir ko pasekoje realiausiu sprendiniu vėl tampa polinė atraminė siena. [25]

1.5.3. Pastato skaičiuojamoji schema

Tai yra be galo svarbus veiksnys tiek atraminėms sienoms, tiek kitoms pastato konstrukcijoms. Metalinės praustasienės nelaiko didelių ašinių apkrovų, tad jeigu projekte ant atraminės sienos numatyta remti kitas konstrukcijas, sukuriančias didelį ašinę apkrovą, metalinės praustasienės įrengimo variantas atkrenta. Tokiu atveju, galima pritaikyti apibetonuotą berlyno sieną su poliais apačioje tarp suspraustų profilių, kur ašinę apkrovą iš esmės laikytų ne metaliniai profiliai, o įrengti poliai arba vėlgi atraminė siena iš polių.

Jeigu projektuotojas numatė atraminių sienų slėgį perduoti į kitas konstrukcijas, tai reiškia, jog nereikia įrenginėti pastovių inkarų, nes įrengus perdangas slėgis bus perduodamas į jas. Tokiu atveju, yra įrengiami laikini grūntiniai inkarai, kurie įrengus perdangą, yra nupjaunami. Dažnu atveju toks sprendinys leidžia sutaupyti atraminių sienų įrengimo kaštus. [26]



1.5.3.1 pav. Principinė skaičiuojamoji atraminės sienos su grūntiniu inkaru skaičiuojamoji schema

1.5.4. Architektūrinės idėjos ar užsakovo pageidavimai

Kartais susiduriama su tokiais atvejais, jog architektas atsižvelgdamas į užsakovo norus, jau architektūrinėje dalyje nurodo, jog atraminė siena turėtų būti iš metalinių spraustasienujų jos neapibetonuojant, o tik hidroizoliuojant ir nudažant, nes tokiu būdu gaunamas kitoks sienos vaizdas.

1.6. Aukšto gruntinio vandens lygio įtaka atraminės sienos įrengimui

Dažnu atveju įrengiant atramines sienas susiduriama su aukštu gruntinio vandens lygiu. Tai turi įtakos tiek konstrukcijų skaičiavimui, tiek ir įrengimui, nes susidaro papildomas slėgis į konstrukciją. Tokiu atveju, atraminės sienos turi būti projektuojamos daug tvirtesnės.

Jeigu įrenginama polinė atraminė siena, sąmatoje reikėtų įsivertinti nuo 50 iki 100% betono poreikį, taip pat geriausia būtų juos įrengti naudojant VDW technologiją. Įrengus polius, prieš juos atkasant žemiau vandens lygio, reikėtų jį nusižeminti adatiniais filtrais, nes priešingu atveju iš polių tarpų pradės bėgti gruntas su vandeniu, kas įtakos šalia esančių statinių pastovumą. Norint užtikrinti grunto iš polių tarpų nepratekėjimą galima įrengti prasikertančius polius [27].

Jeigu įrenginama metalinė spraustasienė, vanduo iš dalies palengvina lakštinių įlaidų suspraudimą tvirtuose gruntuose ir šiuo atveju, atkasinant sieną, yra paprasčiau susitvarkyti su vandens kaupimusi iškasose [27].

Jeigu įrenginama berlyno siena, profiliai taip pat spraudžiasi lengviau, tačiau gruntinis vanduo turi būti žeminamas taip pat, kaip ir polinių sienų įrengimo atveju.

Ganėtinai didelę įtaką konstrukcijoms ir jų hidroizoliavimo sprendimams turi gruntinio vandens hidraulinis ryšys su koku nors vandens telkiniu, kadangi gruntinio vandens lygis yra kintamas [27].

1.7. Šalia atraminės sienos esančių pastatų įtaka

Atraminės sienos įrengimui didelę įtaką daro šalia esantys pastatai, ypač tie, kurie yra pastatyti ant seklių pamatų, kadangi apkrova, tenkanti pamatui prie atraminės sienos, persiduoda konstrukcijai. Atraminės sienos įrengimui šalia esančių pastatų geriausia naudoti VDW technologiją ir įrengti polinę sieną, nes tokiu atveju, gruntas po esamo pastato pamatais yra sujudinamas mažiausiai. Be abejo, įrengimo metu reikia stebėti pastato buklę ir sėdimą (ar jis nekinta). Jeigu esami pastatai pastatyti ant polinių pamatų dažniausiai poveikis būna perduodamas į gilesnius gruntinius sluoksnius ir nėra toks reikšmingas atraminei sienai, tačiau įrengiant polinius pamatus taipogi reikėtų naudoti VDW technologiją [14].

2.TYRIMŲ METODIKA

2.1. Atraminių sienų su gruntiniais inkarais skaičiuomųjų schemų sudarymas taikant programinę įrangą GEO 5

Atliekant atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvių variantų vertinimą tiriamojoje dalyje buvo parinkti keli gruntų geologinių sąlygų variantai: pirmasis – kuomet vyraujantis gruntas yra sankibus, molinis; antrasis - kuomet vyraujantis gruntas yra smėlinis, nesankibus, su aukštu gruntinio vandens lygiu. Geologiniuose pjūviuose išbraižyta principinė schema, kuria toliau vadovautasi skaičiavimuose. Nagrinėta atraminė siena su gruntiniais inkarais, kurios atkasimas nuo sienos viršaus yra 6 m, priimta apkrova nuo esamo pastato yra 200 kN/m², esamo pastato pamatas yra 1 m pločio, 1,5 m atstumu nuo pamato centro iki atraminės sienos. Nagrinėjami atraminių sienų atvejai:

- Atraminė siena smėliniame grunte.
- Atraminė siena smėliniame grunte kai šalia yra pastatas.
- Atraminė siena smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu.
- Atraminė siena smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu kai šalia yra pastatas.
- Atraminė siena moliniame grunte.
- Atraminė siena moliniame grunte kai šalia yra pastatas.

Kiekvienas atvejis buvo nagrinėjamas su pasirinktais atraminių sienų tipais:

- Polinė atraminė siena.
- Berlyno siena.
- Metalinė spraustasienė.

Tyrimams atlikti bus naudojama programinė įranga GEO 5, o gauti rezultatai bus panaudoti tolimesniuose tyrimuose [28]. GEO 5 yra efektyvus programinės įrangos paketas, paremtas tradiciniais analitiniais bei baigtinių elementų metodais ir skirtas spręsti geotechnines problemas.

2.2. Vertinimo kriterijų reitingavimas taikant apklausos tyrimą

Šioje tyrimo dalyje buvo suformuota apklausa su konkrečiomis sąlygomis ir kriterijais, pagal kuriuos apklausos dalyviai įvertino kiekvieną sienos tipą balais nuo 1 iki 5. Apklausoje dalyvavo atraminių sienų su gruntiniais inkarais įrengimo veikla Lietuvoje užsiimančių įmonių atstovai: UAB „Projektana“, UAB „Vilniaus Rentinys“, UAB „Geotechnikos grupė II“ ir UAB „Pamatų ranga“.

Apklausos anketoje buvo vertinamos šios atraminių sienų alternatyvos:

- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui.

- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu šalia esamų pastatų.
- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens ir be pastato).
- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens), šalia esančio pastato.
- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis.
- Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis, šalia pastato.

Apklausoje anketoje atraminių sienų alternatyvos buvo vertinamos pagal šiuos kriterijus:

- Žmogaus darbo įkainis, eur/m - žmogaus darbo įkainis eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m - mechanizmų darbo įkainis eur 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Medžiagų kaina, eur/m – medžiagų sąnaudos eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Sezoniškumas, balais – metų sezoniškumo (pavasaris, vasara, rudenį, žiema) įtaka renkantis atraminės sienos variantą.
- Įrengimo trukmė, balais – laiko sąnaudų atžvilgiu reikalaujantis atraminės sienos tipas.

Apklausoje anketoje pateikta priede Nr.1.

2.3. Kriterijų reikšmingumo (teorinio q_t ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą

Vertinimo kriterijų reikšmingumui nustatyti buvo pasirinktas entropijos metodas. Gauti vertinimo kriterijų reikšmingumo rezultatai pavaizduoti grafiniu būdu.[29]

Siekama nustatyti racionaliausią atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipą moliniuose, smėliniuose, smėliniuose su aukštu gruntinio vandens lygiu gruntuose ir atskirus jų derinius, kuomet atraminė siena įrengiama šalia esamo pastato. Analizuojami atraminių sienų tipai: polinė siena, berlyno siena bei metalinė sprausasienė. Pasirinkti 6 atskiri kiekvienos alternatyvos atvejai.

Kiekvienas atskiras atraminės sienos įrengimo variantas vertinimas pagal žemiau pateiktus kriterijus:

- Žmogaus darbo įkainis, eur/m - žmogaus darbo įkainis eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m - mechanizmų darbo įkainis eur 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Medžiagų kaina, eur/m – medžiagų sąnaudos eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Sezoniškumas, balais – metų sezoniškumo (pavasaris, vasara, ruduo, žiema) įtaka renkantis atraminės sienos variantą.
- Įrengimo trukmė, balais – laiko sąnaudų atžvilgiu reikalaujantis atraminės sienos tipas.

Vertinimo kriterijų: žmogaus darbo įkainis, eur/m; mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m ir medžiagų kaina, eur/m reikšmės apskaičiuots remiantis sąmatinių skaičiavimų programa. Sezoniškumas, balais, įvertintas atsižvelgus į galimybę atlikti darbus visais metų laikais, o įrengimo trukmė, balais – atsižvelgiant į atliekamų operacijų sudėtingumą.

Alterantyvūs variantai:

- A₁ - Berlyno siena;
- A₂ - Polinė siena;
- A₃ – Spraustasienė.

Pradiniai duomenys skaičiavimams pateikti žemiau esančioje 2.3.1 lentelėje.

2.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sanaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
A ₁					
A ₂					
A ₃					
Suma					
Optimalumas					

Atliekame matricos normalizavimą pagal formulę:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; \quad (V_{ij}, \text{ kai } i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n})$$

(6)

2.3.2 lentelė. Normalizuota matrica P.

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
A ₁					
A ₂					
A ₃					

Nustatome kiekvieno kriterijaus entropijos lygį E_j pagal formulę:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} \cdot \ln P_{ij}), \quad (i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}), \quad k = \frac{1}{\ln m} \quad (7)$$

Kad apskaičiuoti būtų lengviau, sukuriama papildoma matrica (P_{ij}* lnP_{ij}) (2.3.3 lentelė).

2.3.3 lentelė. Papildoma matrica (P_{ij}* lnP_{ij}).

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
A1					
A2					
A3					
Suma					

Apskaičiuojami entropijos lygiai, kurie pateikti 2.3.4 lentelėje.

2.3.4 lentelė. Entropijos lygiai

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
Entropija					
E _j					

Nustatomas kriterijų kitimo lygis d_j pagal formulę:

$$d_j = 1 - E_j, \text{ kur } (j = \overline{1, n}) \quad (8)$$

2.3.5 lentelė. Kriterijų kitimo lygis.

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sanaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sanaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
Entropija					
d_j					
				Suma	

Kadangi visi kriterijai vienodai yra svarbūs, tai teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$q_{j(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; \text{ (} j = \overline{1, n} \text{)} \quad (9)$$

Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 2.3.6 lentelėje ir stulpelinėje diagramoje.

2.3.6 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas.

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sanaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sanaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
Entropija					
$q_j(t)$					

Teorinis reikšmingumas atvaizduojamas grafiškai stulpeline diagrama.

Kadangi yra žinomas subjektyvus kriterijų reikšmingumas q_j , kuris yra lygus (2.3.7 lentelė):

2.3.7 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas

K1	K2	K3	K4	K5	Suma

Apskaičiuojamas kompleksinis kriterijų reikšmingumas pagal formulę (2.3.8 lenelė):

$$\overline{q_{j0}} = \frac{\overline{q_j} \cdot q_{j(t)}}{\sum_{j=1}^n (\overline{q_j} \cdot q_{j(t)})}; \quad (j = \overline{1, n}) \quad (10)$$

2.3.8 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
Reikšmingumas					
q _j (t)					

Kompleksinis reikšmingumas atvaizduojamas grafiškai stulpeline diagrama.

2.4 Daugiakriterinio vertinimo metodo taikymas alternatyvių variantų vertinimui

Parenkant racionalų atraminės sienos įrengimo variantą buvo pasirinktas naudingumo vertės metodas. Apskaičiuoti alternatyvų naudingumo laipsniai pavaizduoti grafiniu būdu.

Pradiniai skaičiavimo duomenys bus naudojami iš anksčiau atlikto 1-os ir 3-ios tyrimo dalies.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 2.4.1 lentelėje.

2.4.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys:

Kriterijai	K ₁ , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K ₂ , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K ₃ , Medžiagų kaina, eur/m	K ₄ , Sezoniškumas, balai	K ₅ , Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A ₁					
A ₂					
A ₃					
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$					
Optimalumas					
Kompleksinis reikšmingumas, %					
Teorinis reikšmingumas, %					

Pradinė matrica P normalizuojama į mat \bar{P} :

2.4.2 lentelė. Normalizuota P matrica.

Alternatyvūs sprendimai	Kriterija i	K_1 , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K_2 , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K_3 , Medžiagų kaina, eur/m	K_4 , Sezoniškumas, balai	K_5 , Įrengimo trukmė, balai
A ₁						
A ₂						
A ₃						

Matricos P normalizavimas atliekamas taikant vektorių normalizavimo metodą :

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \text{ kur } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (11)$$

Skaičiavimai atliekami esant kompleksiniui reikšmingumui:

Sudaroma svartinė normalizuota matrica pagal formulę (2.4.3 lentelė):

$$\bar{P}^* = [\bar{P}] \cdot [q_j] \quad (12)$$

2.4.3 lentelė. Svartinė normalizuota matrica P.

Kriterijai	K_1 , Žmogaus darbo sąnaudos, eur/m	K_2 , Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m	K_3 , Medžiagų kaina, eur/m	K_4 , Sezoniškumas, balai	K_5 , Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A ₁					
A ₂					
A ₃					

Nustatomas idealusis teigiamas variantas:

$$a^+ = \{ \} = \{ \}$$

Nustatomas idealusis neigiamas variantas:

$$a^- = \{ \} = \{ \}$$

Žinant idealų teigiamą variantą, apskaičiuojamas teigiamo idealaus varianto tarp realaus a_i ir a^+ skirtumas L_i^+ :

$$L_i^+ = \sum_{j=1}^n |x_{ij} - x_j^+|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (13)$$

L1 ⁺	0.000
.....	0.000
Ln ⁺	0.000

Žinant idealų neigiamą variantą, apskaičiuojamas neigiamo idealaus varianto tarp realaus a_i ir a^- skirtumas L_i^- :

$$L_i^- = \sum_{j=1}^n |x_{ij} - x_j^-|; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \quad (14)$$

L1 ⁻	0.000
.....	0.000
Ln ⁻	0.000

Nustatomas santykinis lyginamų variantų artumas idealiam variantui $K_{bit,i}$:

$$K_{bit,i} = \frac{L_i^-}{L_i^+ + L_i^-} \quad (15)$$

K _{bit1}	0.000
.....	0.000
K _{bitn}	0.000

Išrenkamas racionaliausias inžinerinis sprendimas tas, kurio reikšmė didžiausia, šiuo atveju $K_{bit,3}=0.771$. Toliau apskaičiuojamas naudingumo laipsnis, kuriuo palyginama nagrinėjamo varianto reikšmė su idealaus varianto reikšme.

$$N_1 = \frac{K_{bit,1}}{K_{bit,max}} \cdot 100\% \quad (16)$$

N ₁	0.00%
.....	0.00%
N _n	0.00%

Pagal gautus duomenis atliekamas grafinis variantų palyginimas.

3. TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipų parinkimas

Šiame skyriuje pateikti racionalūs pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipai, įvertinus skirtingas grunto sąlygas bei šalia esančius pastatus. Skaičiavimai atlikti naudojant programą GEO 5 pagal 1.5.3.1 pav. pateiktą principinę skaičiuojamąją atraminės sienos su gruntiniu inkarais schemą.

Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø18, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 280, L=12 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL503, L=10 m.

Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu šalia esamų pastatų.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=12 m, armuota 8Ø20, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 340, L=12 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL606, L=12 m.

Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens ir be pastato).

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 240, L=10 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL503, L=8 m.

Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens), šalia esančio pastato.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø25, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 260, L=10 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL503, L=9 m.

Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=8 m, armuota 8Ø16, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 220, L=8 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL503, L=8 m.

Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis, šalia pastato.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18, S500 klasės armatūra, per visą ilgį;
- Berlyno siena – plieniniai S355 klasės profiliai HEB 300 L=9 m;
- Spraustasienė – plieniniai S355 klasės lakštiniai įlaidai Larsen VL503 L=9 m.

Apibendrinus gautus rezultatus galima daryti prielaidą, kad įrengimo sudėtingumo ir ekonomiško požiūriu yra racionalu atramines sienas įrengti moliniame grunte, nes gauname gerokai mažesnius konstrukcijų poslinkius, nereikia gruntinio vandens lygio nužeminimo, o grunto slėgiui atlaikyti pakanka mažesnio skerspjūvio konstrukcijų, lyginant su smėliniu gruntu.

3.2 .Apklauso anketos tyrimų analizė

Šiame skyriuje pateikti apibendrinti atliktos apklauso tyrimo rezultatai, kurie parodo vertintojų išrinktą racionalų atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipą pagal užduotas sąlygas ir parinktus vertinomo kriterijus.

1. Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui:
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta spraustasienė;
 - Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė;
 - Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija smėliniame grunte yra atraminė siena iš plieninių lakštų.

2. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu šalia esamų pastatų.
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta polinė siena.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu šalia esamų pastatų yra atraminė siena iš polių.

3. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens ir be pastato).
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta berlyno siena ir plieninė spraustasienė;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta berlyno siena ir plieninė spraustasienė;

- Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta berlyno siena;
- Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta berlyno siena ir plieninė spraustasienė;
- Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija smėlingame grunte (nesant vandens ir šalia pastato) yra tiek berlyno siena, tiek plieninė spraustasienė. Šiuo atveju, berlyno sienai įrengti panaudotų medžiagų kaina yra mažesnė nei spraustasienei sienai įrengti, tačiau spraustasienė siena įrengiama greičiau.

4. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens), šalia esančio pastato.
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta polinė siena.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija smėlingame grunte (nesant vandens) ir su šalia esančiu pastatu yra atraminė siena iš polių.

5. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis.
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta berlyno siena;
 - Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta berlyno siena;
 - Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė;
 - Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta plieninė spraustasienė.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija, kai vyraujantis gruntas molis, yra atraminė siena iš plieninių lakštų.

6. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis, šalia pastato.
 - Pagal žmogaus darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;
 - Pagal mechanizmų darbo sąnaudas geriausiai įvertinta polinė siena;

- Pagal medžiagų kainą geriausiai įvertinta polinė siena;
- Pagal sezoniškumą geriausiai įvertinta polinė siena;
- Pagal įrengimo trukmę geriausiai įvertinta polinė siena.

Atsižvelgiant į vertintojų nuomone matyti, kad racionali atraminės sienos su gruntiniais inkarais konstrukcija, kai vyraujantis gruntas molis ir šalia yra pastatas, yra atraminė siena iš polių.

Apibendrinus gautus rezultatus galima daryti prielaidą, kad racionalus sprendimas atraminei sienai su gruntiniais inkarais įrengti šalia esamų pastatų yra polinė siena, o visais kitais atvejais – atraminė sienaiš plieninės spraustasienės.

3.3 .Kriterijų reikšmingumo (teorinio q_t ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą

Šiame skyriuje pateiktas alternatyvių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipų kriterijų reikšmingumas, nustatytas taikant entropijos metodą. Kiekvienas atskiras atraminės sienos įrengimo variantas buvo vertinimas pagal žemiau pateiktus kriterijus:

- Žmogaus darbo įkainis, eur/m;
- Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m;
- Medžiagų kaina, eur/m;
- Sezoniškumas, balais;
- Įrengimo trukmė, balais.

Nagrinėjamas 1-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

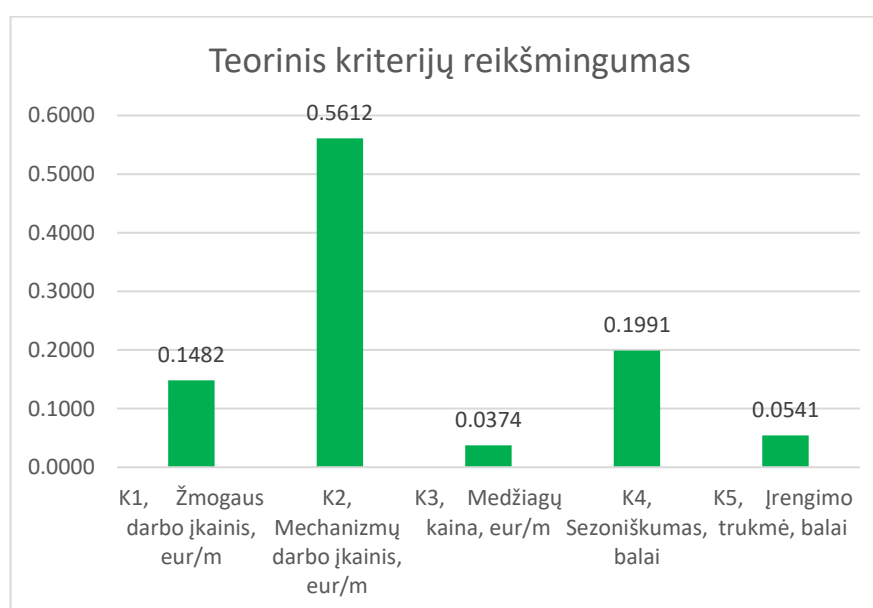
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 280, L=12 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=10 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.1 lentelėje.

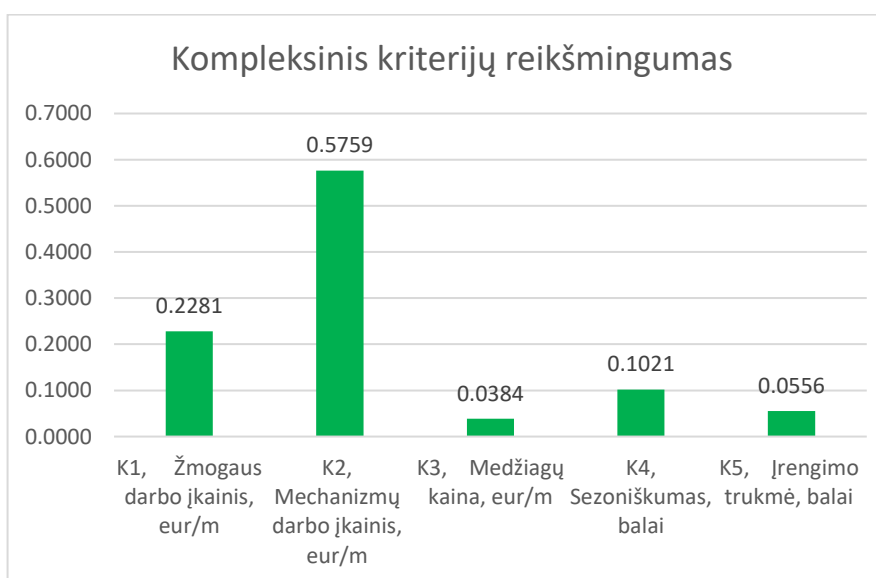
3.3.1 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	858,26	2	4
A2	54,35	145	601,9	4	3
A3	36,43	48	897,6	5	5
Suma	113,83	223	2357,76	9	12
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Pagal atliktus skaičiavimus teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.1 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas – 3.3.2 pav.



3.3.1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (I atvejis)



3.3.2 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (I atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.1 ir 3.3.2 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą tiek pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, tiek pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į kriterijų K₂, t. y. mechanizmų darbo įkainį.

Nagrinėjamas 2-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui ir pastatui šalia.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

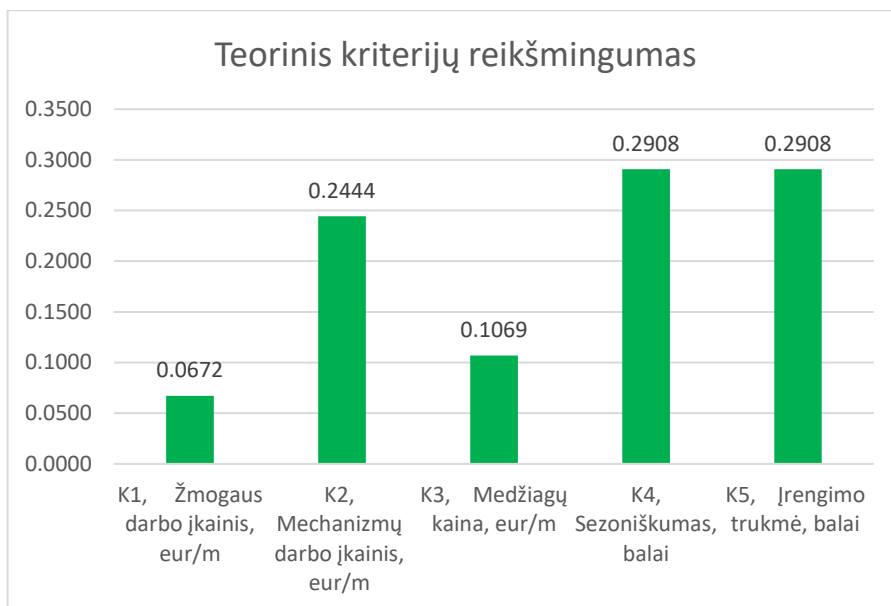
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 340, L=12 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=12 m, armuota 8Ø20 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL606, L=12 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.2 lentelėje.

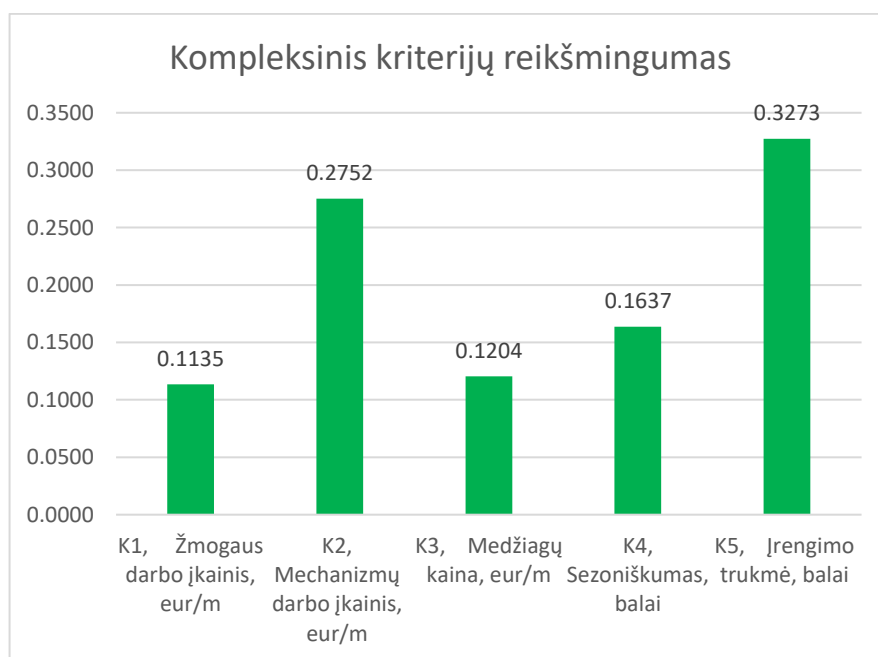
3.3.2 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	1076,71	1	1
A2	60,46	173,25	717,38	5	5
A3	40,89	54	2228,26	1	1
Suma	124,4	257,25	4022,35	7	7
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.3 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas - 3.3.4 pav.



3.3.3 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (II atvejis)



3.3.4 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (II atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.3 ir 3.3.4 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į 2 kriterijus: K₄, t.y. sezoniškumą, ir K₅, t.y. įrengimo trukmę, o pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą – didžiausią dėmesį reikėtų skirti K₅ kriterijui, t.y. įrengimo trukmei.

Nagrinėjamas 3-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

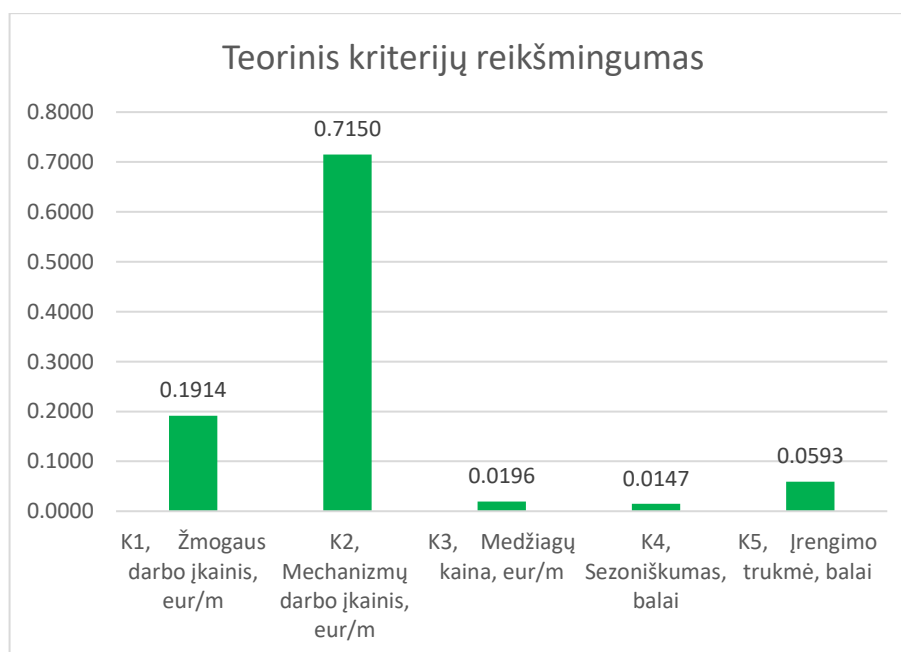
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 240, L=10 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.3 lentelėje.

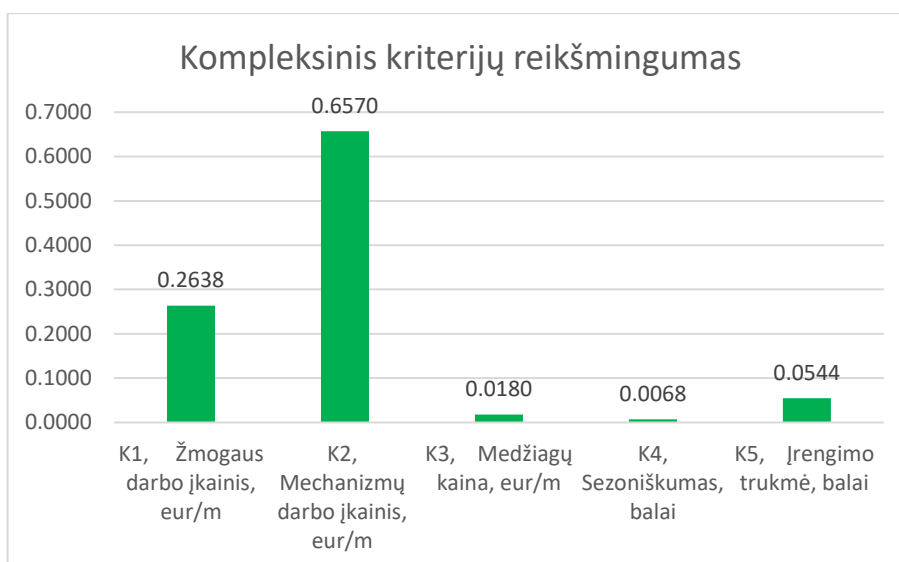
3.3.3 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
A1	23,05	30	587,72	5	4
A2	59,71	173,25	546,8	4	3
A3	40,89	54	719,16	5	5
Suma	123,65	257,25	1853,68	14	12
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.5 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas - 3.3.6 pav.



3.3.5 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (III atvejis)



3.3.6 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (III atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.3 ir 3.3.4 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą tiek pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, tiek pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į kriterijų K₂, t. y. mechanizmų darbo įkainį.

Nagrinėjamas 4-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte šalia esant pastatui.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

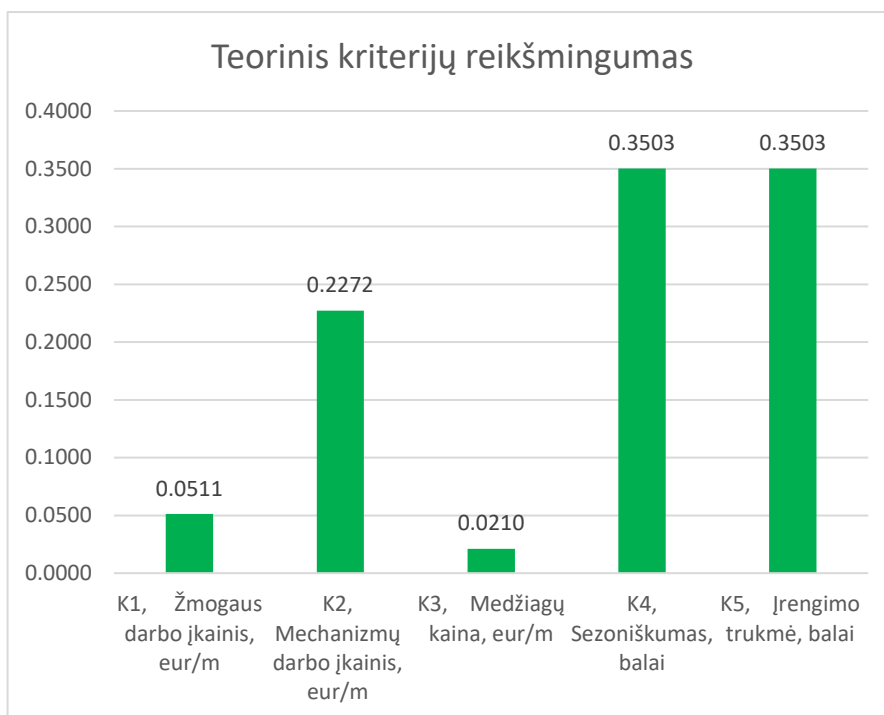
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 260, L=10 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø25 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=9 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.4 lentelėje.

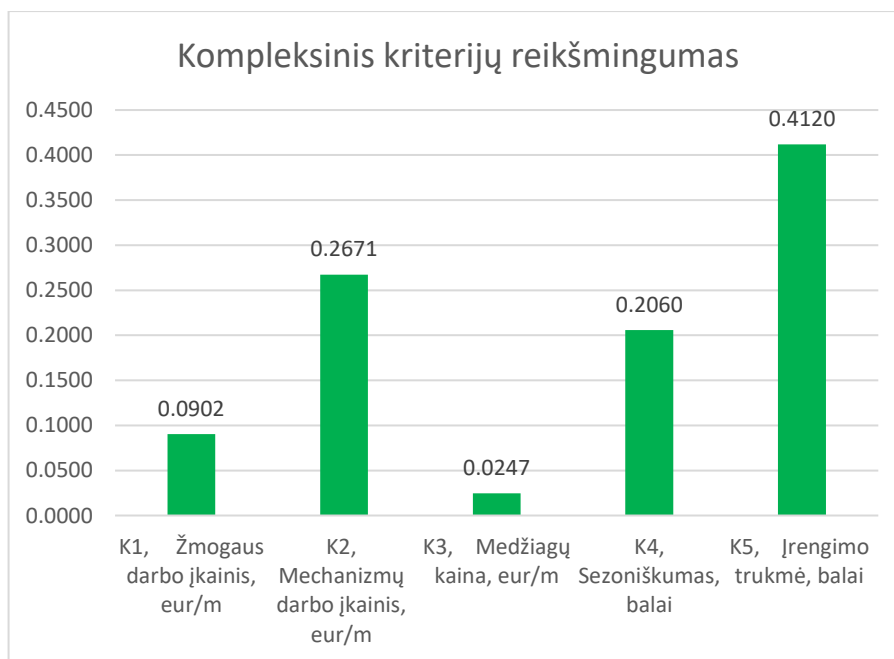
3.3.4 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	532,03	1	1
A2	48,99	141,75	782,42	5	5
A3	40,89	54	839,73	1	1
Suma	112,93	225,75	2154,18	7	7
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.6 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas - 3.3.7 pav.



3.3.7 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (IV atvejis)



3.3.8 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (IV atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.7 ir 3.3.8 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į 2 kriterijus: K₄, t.y. sezoniškumą, ir K₅, t. y. įrengimo trukmę, o pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą didžiausią dėmesį reikėtų kreipti K₅ kriterijui, tai yra įrengimo trukmei.

Nagrinėjamas 5-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas moliniame grunte.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

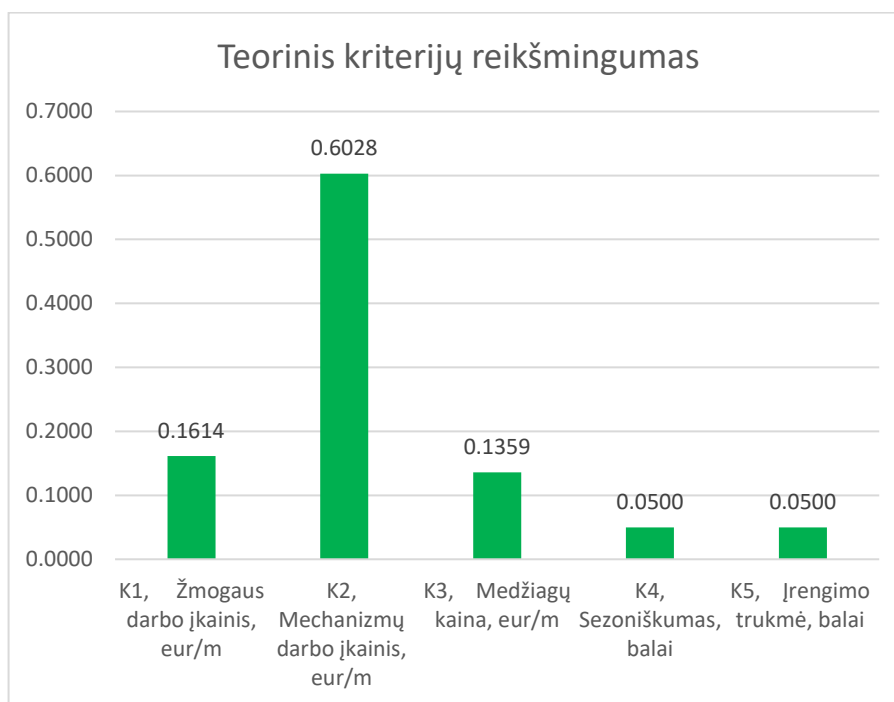
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 220, L=8 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=8 m, armuota 8Ø16 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.5 lentelėje.

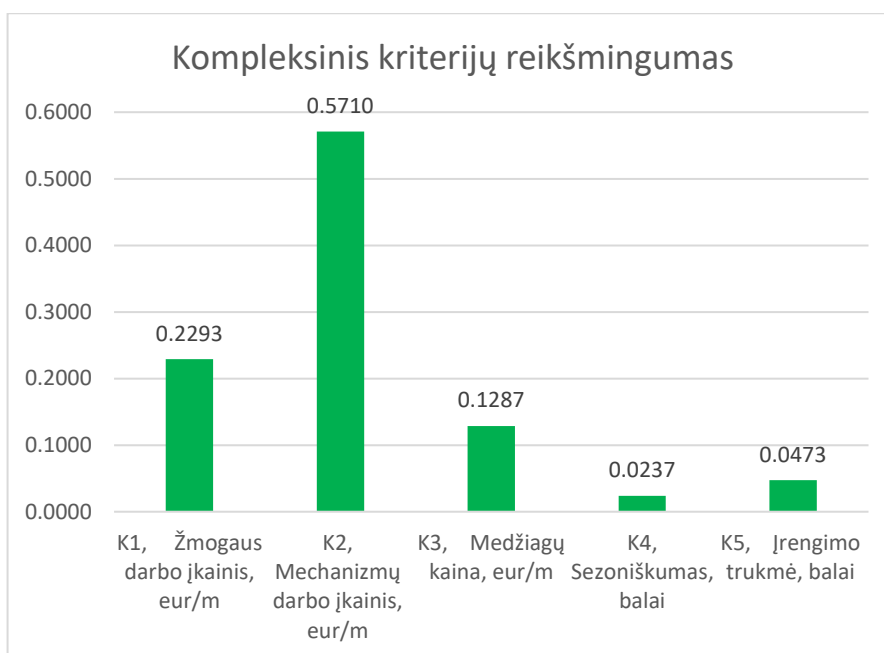
3.3.5 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	413,62	4	4
A2	59,71	173,25	350,49	3	3
A3	40,89	54	749,3	5	5
Suma	123,65	257,25	1513,41	12	12
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.9 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas - 3.3.10 pav.



3.3.9 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (V atvejis)



3.3.10 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (V atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.7 ir 3.3.8 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą tiek pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, tiek pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į kriterijų K₂, t. y. mechanizmų darbo įkainį.

Nagrinėjamas 6-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas moliniame grunte šalia esant pastatui.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

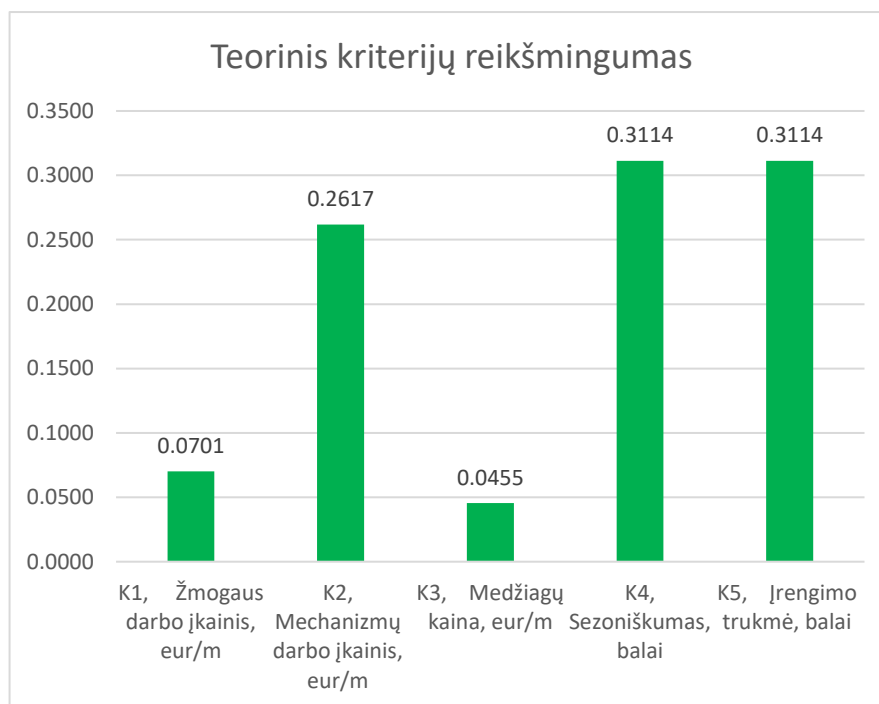
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 300, L=9 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=9 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.3.6 lentelėje.

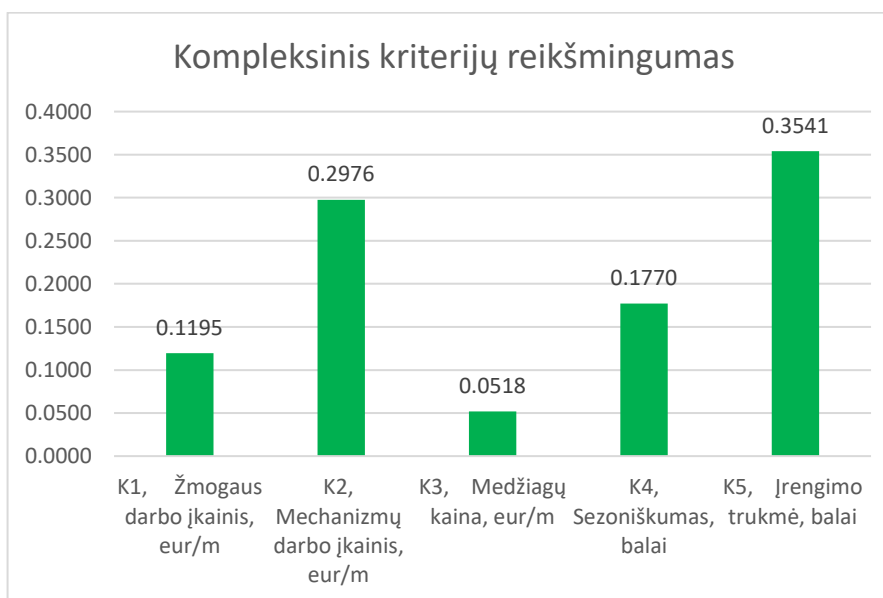
3.3.6 lentelė. Pradiniai duomenys

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	735,7	1	1
A2	59,71	173,25	398,07	5	5
A3	40,89	54	839,17	1	1
Suma	123,65	257,25	1972,94	7	7
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX

Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 3.3.11 pav., o kompleksinis kriterijų reikšmingumas - 3.3.12 pav.



3.3.11 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas (VI atvejis)



3.3.12 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas (VI atvejis)

Iš aukščiau pateiktų 3.3.11 ir 3.3.12 pav. matyti, kad renkantis alternatyvą pagal teorinį kriterijų reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į 2 kriterijus: K_4 , t.y. sezoniškumą, ir K_5 , t. y. įrengimo trukmę, o pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą didžiausią dėmesį reiktų kreipti K_5 kriterijui, tai yra įrengimo trukmei.

3.4 . Daugiakriterinio vertinimo metodo taikymas alternatyvių variantų vertinimui

Šiame skyriuje pateiktas alternatyvių atraminių sienų su gruntiniais inkarais variantų vertinimas, nustatytas taikant naudingumo vertės. Kiekvienas atskiras atraminės sienos įrengimo variantas buvo vertinimas pagal žemiau pateiktus kriterijus:

- Žmogaus darbo įkainis, eur/m;
- Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m;
- Medžiagų kaina, eur/m;
- Sezoniškumas, balais;
- Įrengimo trukmė, balais.

Nagrinėjamas 1-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte esant aukštam gruntinio vandens lygiui.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

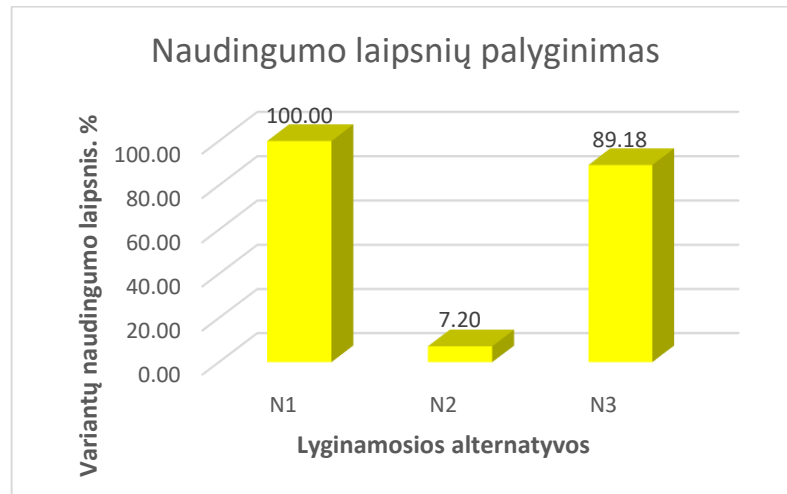
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 280, L=12 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=10 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.4.1 lentelėje.

3.4.1 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

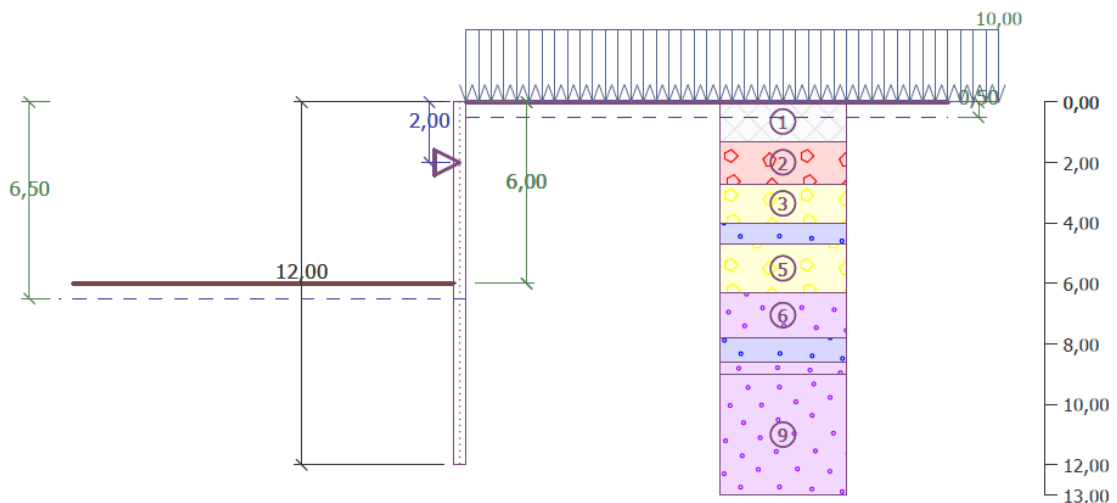
Alternatyvūs sprendimai	Kriterijai K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
A1	23,05	30	858,26	2	4
A2	54,35	145	601,9	4	3
A3	36,43	48	897,6	5	5
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	69,37	155,66	1380,07	6,71	7,07
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
Kompleksinis reikšmingumas, %	22,81	57,59	3,84	10,21	5,56
Teorinis reikšmingumas, %	14,82	56,12	3,74	19,91	5,41

Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.1 pav.



3.4.1 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (I atvejis)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 1-oji alternatyva, tai yra smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui, turėtų būti įrengiama berlyno siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami HEB 280 tipo profiliai, kurių ilgis $L=12$ m. 3.4.2 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. berlyno sienos skaičiuojamoji schema.



3.4.2 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema (I atvejis)

Schemoje, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas Nr.3), numeriais sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome, kokia skaičiavimuose

buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m²), kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejose konstrukcijos pusėse, nes toks maksimalus jo lygis bus eksploataavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamosios konstrukcijos ilgį ir aukštį, tai yra kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygį.

Nagrinėjamas 2-asis atvejis – atraminės sienos su gruntiniais inkarais įrengimas smėliniame grunte esant aukštam gruntinio vandens lygiui ir šalia esant pastatui.

Atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipų pagrindinės charakteristikos:

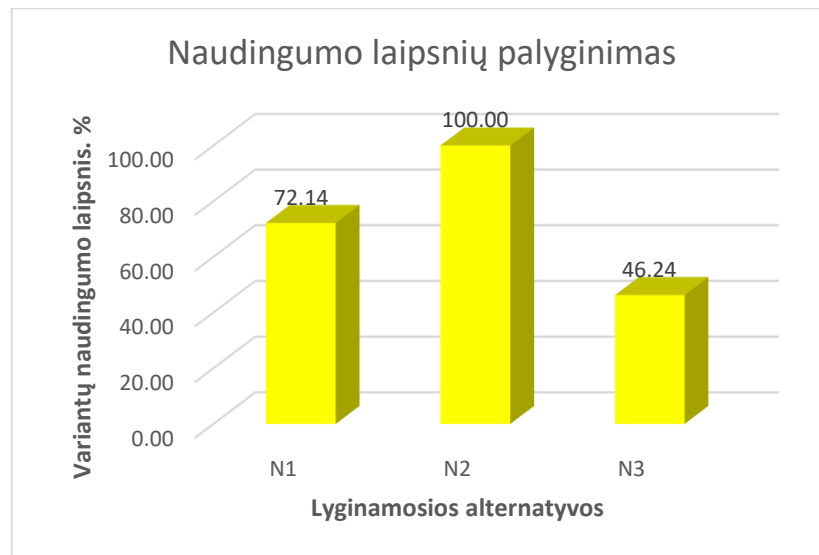
- A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 340, L=12 m;
- A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=12 m, armuota 8Ø20 per visą ilgį;
- A₃ - Spraustasienė – Larsen VL606, L=12 m.

Pradiniai skaičiavimo duomenys pateikti žemiau esančioje 3.4.2 lentelėje.

3.4.2 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas , balai	K5, Įrengim o trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	1076,71	1	1
A2	60,46	173,25	717,38	5	5
A3	40,89	54	2228,26	1	1
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	76,54	183,93	2576,64	5,20	5,20
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
Kompleksinis reikšmingumas, %	11,35	27,52	12,04	16,37	32,73
Teorinis reikšmingumas, %	6,72	24,44	10,69	29,08	29,08

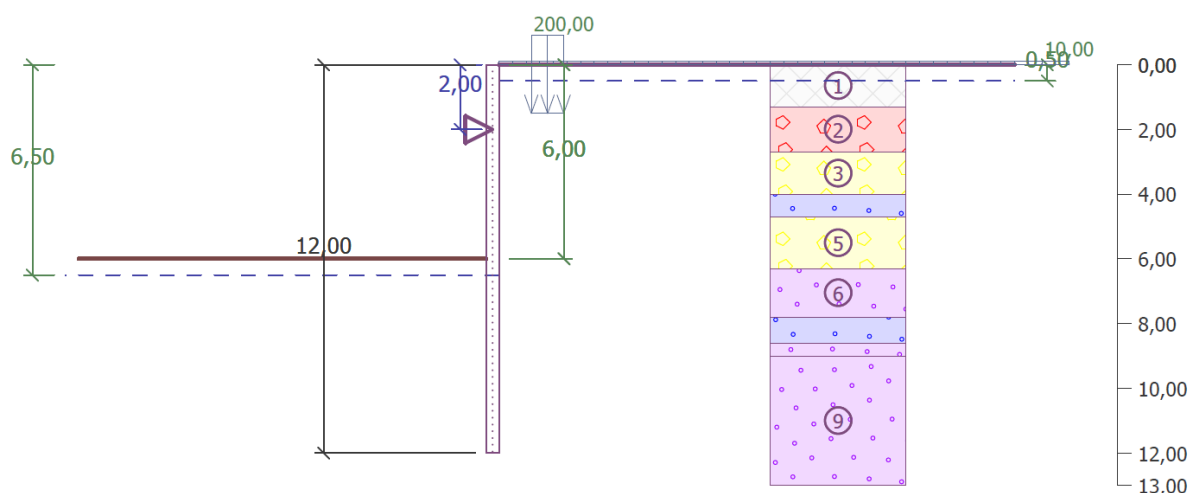
Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.2 pav.



3.4.3 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (II atvejis)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 2-oji alternatyva, tai yra smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui ir šalia esant pastatui, turėtų būti įrengiama polinė siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami poliai, kurių skersmuo $\varnothing 450$ mm, ilgis $L=12$ m, kurie armuoti $8\varnothing 20$ mm strypais per visą ilgį. 3.4.4 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. polinės sienos skaičiuojamoji schema.

Neatsižvelgiant į skaičiavimus, tiek 1-oji, tiek 3-oji alternatyva atkrepta vien dėl to, jog jų įrengimui reikalingas vibroplaktas, o dėl jo skleidžiamų vibracijų gali būti pažeistos šalia esančio pastato konstrukcijos, kas gali turėti įtakos jo mechaniniam pastovumui.



3.4.4 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema (II atvejis)

Schemoje, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas 3), numeriais sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome, kokia skaičiavimuose buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m^2), sekanti, kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis, taip pat išskirstytu krūviu žymima ir nuo šalia esančio pastato sienai tenkanti apkrova (kuri buvo parinkta 200 kN/m^2), kuri pridėta pamatų apačioje. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejose konstrukcijos pusėse, nes toks maksimalus jo lygis bus eksploatavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamosios konstrukcijos ilgį ir aukštį, tai yra kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygį.

Nagrinėjamas 3-asis atvejis – smėliniame grunte.

Pradiniai duomenys pateikti žemiau esančioje lentelėje.

A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 240, L=10 m;

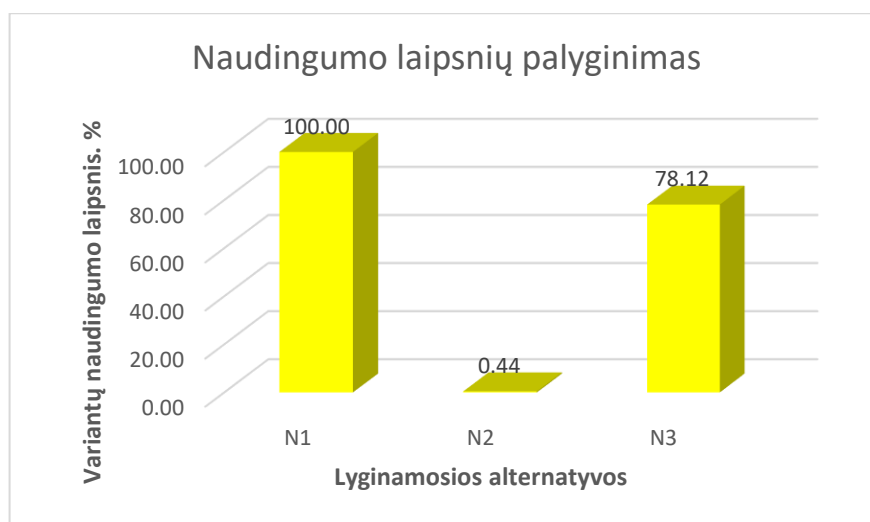
A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;

A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

3.4.3 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

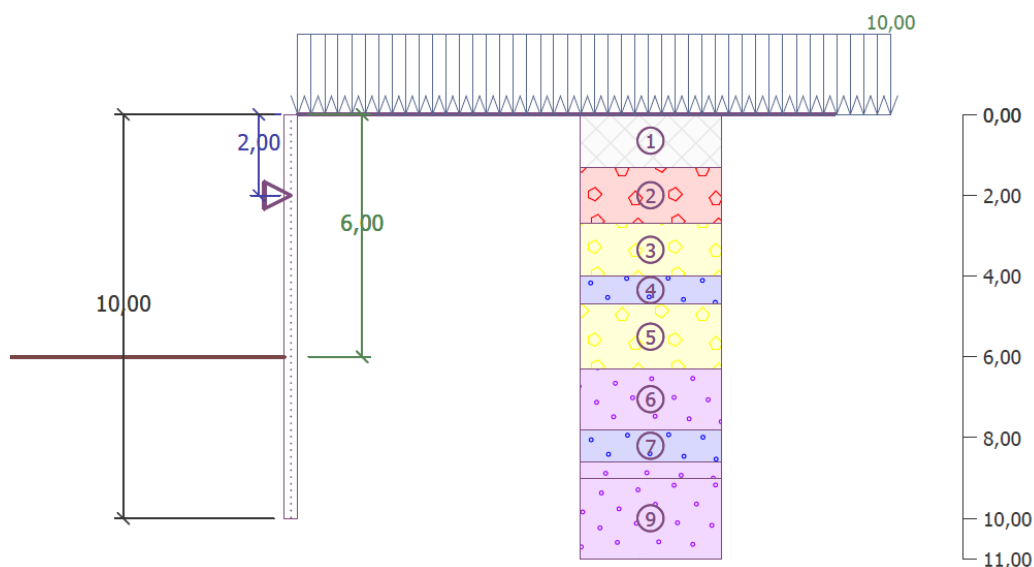
Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	587,72	5	4
A2	59,71	173,25	546,8	4	3
A3	40,89	54	719,16	5	5
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	75,95	183,93	1077,77	8,12	7,07
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
Kompleksinis reikšmingumas, %	26,38	65,7	1,8	0,68	5,44
Teorinis reikšmingumas, %	19,14	71,5	1,96	1,47	5,93

Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.5 pav.



3.4.5 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (III atvejis)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 1-oji alternatyva, tai yra smėliniame grunte turėtų būti įrengiama berlyno siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami HEB 240 tipo profiliai, kurių ilgis $L=10$ m. 3.4.6 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. berlyno sienos skaičiuojamoji schema.



3.4.6 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema.

Schemoje numeriais, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas 3), sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome kokia skaičiavimuose buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m^2), kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejuose konstrukcijos pusėse, nes toks

maksimalus jo lygis bus eksploataavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamos konstrukcijos ilgi ir aukštį per kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygi.

Nagrinėjamas 4-asis atvejis – smėliniame grunte šalia esant pastatui.

A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 260, L=10 m;

A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø25 per visą ilgį;

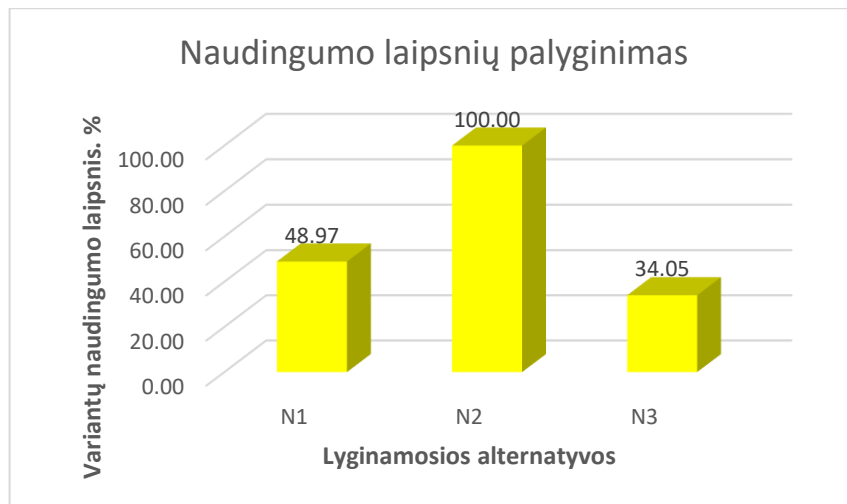
A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=9 m.

Pradiniai duomenys pateikti žemiau esančioje lentelėje.

3.4.4 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

Alternatyvūs sprendimai	Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas, balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
A1		23,05	30	532,03	1	1
A2		48,99	141,75	782,42	5	5
A3		40,89	54	839,73	1	1
	$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	67,85	154,63	1265,06	5,20	5,20
	Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
	Kompleksinis reikšmingumas, %	9,02	26,71	2,47	20,6	41,20
	Teorinis reikšmingumas, %	5,11	22,72	2,10	35,03	35,03

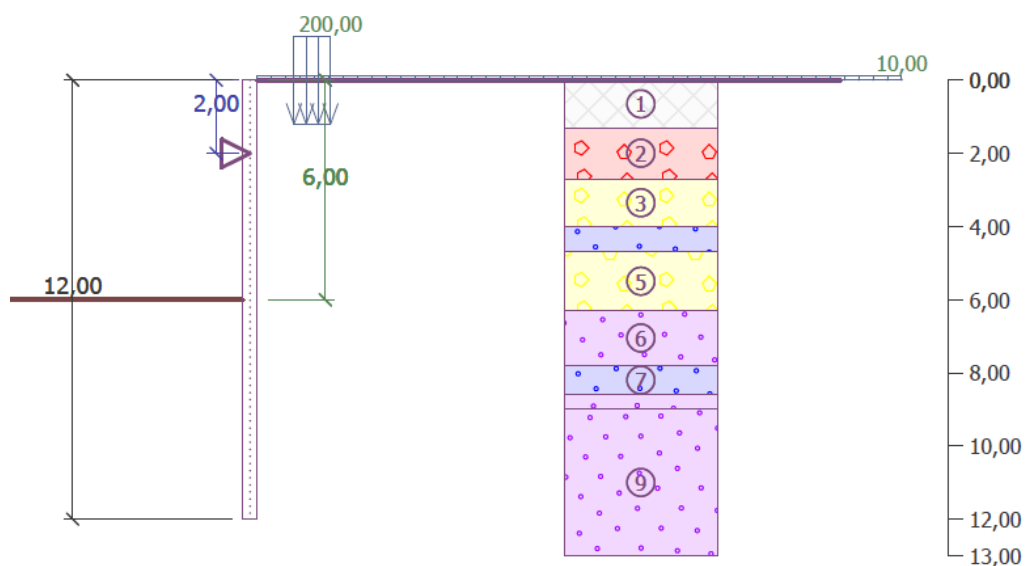
Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.7 pav.



3.4.7 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (4 atvejais)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 2-oji alternatyva, tai yra smėliniame grunte ir šalia esant pastatui, turėtų būti įrengiama polinė siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami poliai, kurių skersmuo $\varnothing 450$ mm, ilgis $L=11$ m, kurie armuoti $8\varnothing 25$ mm strypais per visą ilgį. 3.4.8 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. polinės sienos skaičiuojamoji schema.

Neatsižvelgiant į skaičiavimus, tiek 1-oji, tiek 3-oji alternatyva atkrepta vien dėl to, jog jų įrengimui reikalingas vibroplaktas, o dėl jo skleidžiamų vibracijų gali būti pažeistos šalia esančio pastato konstrukcijos, kas gali turėti įtakos jo mechaniniam pastovumui.



3.4.8 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema

Schemoje numeriais, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas 3), sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome kokia skaičiavimuose buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m²), sekanti kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis, taip pat išskirstitu krūviu žymima ir nuo šalia esančio pastato sienai tenkanti apkrova (kuri buvo parinkta 200 kN/m²), kuri pridėta pamatų apačioje. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejose konstrukcijos pusėse, nes toks maksimalus jo lygis bus eksploatavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamos konstrukcijos ilgį ir aukštį per kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygį.

Nagrinėjamas 5-asis atvejis – moliniame grunte.

Pradiniai duomenys pateikti žemiau esančioje lentelėje.

A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 220, L=8 m;

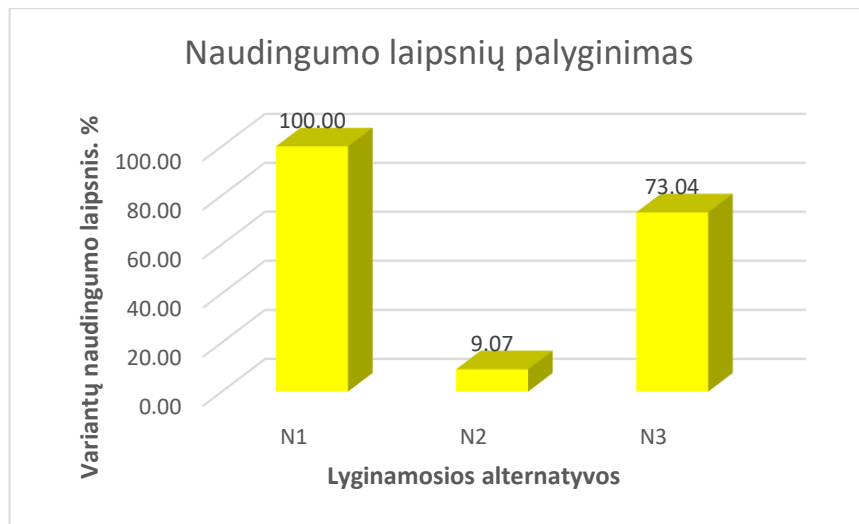
A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=8 m, armuota 8Ø16 per visą ilgį;

A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

3.4.5 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

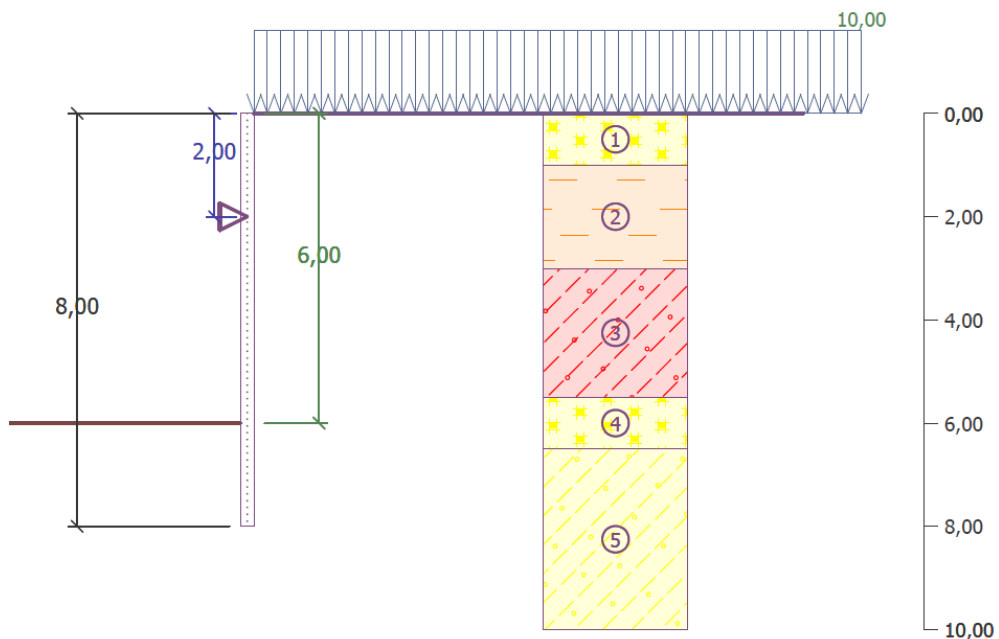
Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medži agų kaina, eur/m	K4, Sezonišku mas, balai	K5, Įrengi mo trukm ė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	413,62	4	4
A2	59,71	173,25	350,49	3	3
A3	40,89	54	749,3	5	5
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	75,95	183,93	924,86	7,07	7,07
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
Kompleksinis reikšmingumas, %	22,93	57,10	12,87	2,37	4,73
Teorinis reikšmingumas, %	16,14	60,28	13,59	5,00	5,00

Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.9 pav.



3.4.9 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (5 atvejais)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 1-oji alternatyva, tai yra moliniame grunte turėtų būti įrengiama berlyno siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami HEB 220 tipo profiliai, kurių ilgis $L=8$ m. 3.4.10 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. berlyno sienos skaičiuojamoji schema.



3.4.10 pav. Atraminės berlyno sienos skaičiuojamoji schema.

Schemoje numeriais, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas 2), sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome kokia skaičiavimuose buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m^2), kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejose konstrukcijos pusėse, nes toks maksimalus jo lygis bus eksploataavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamos konstrukcijos ilgį

ir aukštį per kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygį.

Nagrinėjamas 6-asis atvejis – moliniame grunte šalia esant pastatui.

Pradiniai duomenys pateikti žemiau esančioje lentelėje.

A₁ - Berlyno siena – profiliai HEB 300, L=9 m;

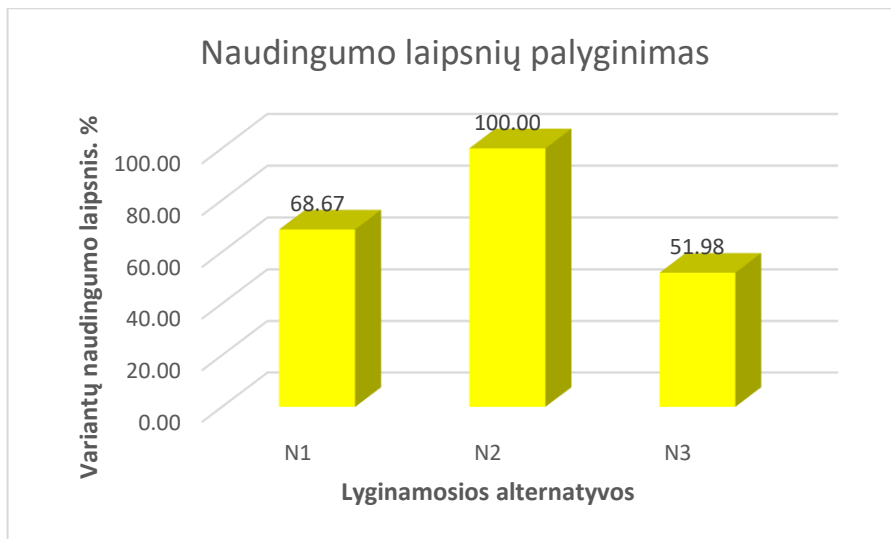
A₂ - Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;

A₃ - Spraustasienė – Larsen VL503, L=9 m.

3.4.6 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys.

Kriterijai	K1, Žmogaus darbo įkainis, eur/m	K2, Mechanizmų darbo įkainis, eur/m	K3, Medžiagų kaina, eur/m	K4, Sezoniškumas , balai	K5, Įrengimo trukmė, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A1	23,05	30	735,7	1	1
A2	59,71	173,25	398,07	5	5
A3	40,89	54	839,17	1	1
$(\sum x_{ij}^2)^{1/2}$	75,95	183,93	1184,87	5,20	5,20
Optimalumas	MIN	MIN	MIN	MAX	MAX
Kompleksinis reikšmingumas, %	11,95	29,76	5,18	17,70	35,41
Teorinis reikšmingumas, %	7,01	26,17	4,55	31,14	31,14

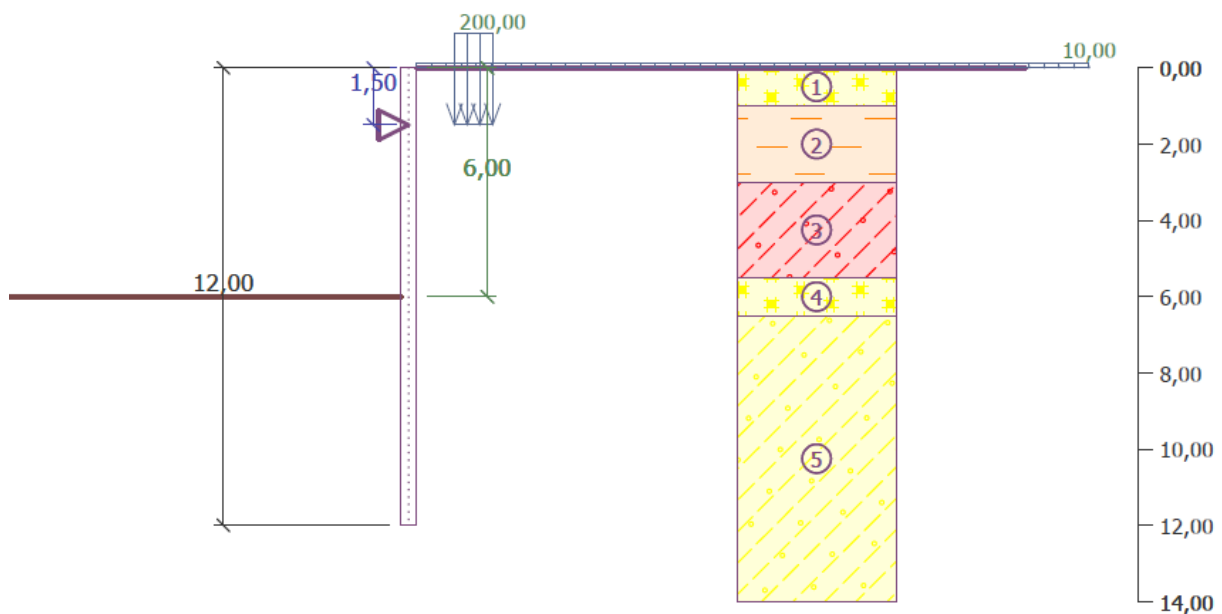
Pagal gautus duomenis atliktas grafinis alternatyvių variantų palyginimas naudingumo vertės metodu yra pateiktas 3.4.11 pav.



3.4.11 pav. Naudingumo laipsnių palyginimas (6 atvejais)

Atlikus trijų atraminių sienų su gruntiniais inkarais alternatyvų daugiakriterinį vertinimą matyti, kad geriausias projektinis sprendimas yra tas, kuris gavo maksimalią naudingumo laipsnių reikšmę (%). Šiuo atveju parinkta 2-oji alternatyva, tai yra moliniame grunte ir šalia esant pastatui, turėtų būti įrengiama polinė siena. Atraminės sienos įrengimui turėtų būti naudojami poliai, kurių skersmuo $\varnothing 450$ mm, ilgis $L=9$ m, kurie armuoti $8\varnothing 18$ mm strypais per visą ilgį. 3.4.12 pav. pateikta racionalaus sprendimo, t.y. polinės sienos skaičiuojamoji schema.

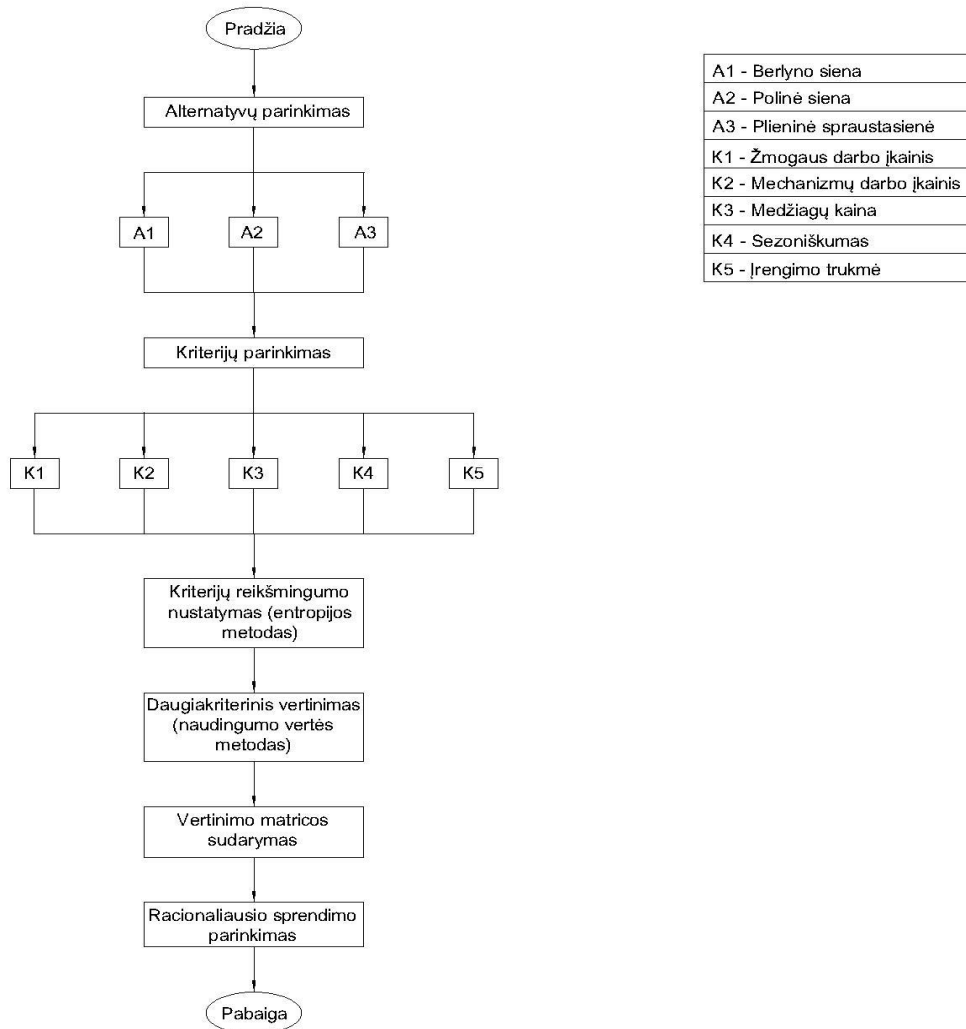
Neatsižvelgiant į skaičiavimus, tiek 1-oji, tiek 3-oji alternatyva atkrepta vien dėl to, jog jų įrengimui reikalingas vibroplaktas, o dėl jo skleidžiamų vibracijų gali būti pažeistos šalia esančio pastato konstrukcijos, kas gali turėti įtakos jo mechaniniam pastovumui.



3.4.12 pav. Polinės atraminės sienos skaičiuojamoji schema

Schemoje numeriais, pagal inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitą (priedas 2), sužymėti gruntų sluoksniai, dešiniau jų pavaizduota gylio skalė. Schemos viršuje matome matome kokia skaičiavimuose buvo priimta naudojimo apkrova (10 kN/m^2), sekanti kuri pavaizduota kaip išskirstytas krūvis, taip pat išskirstitu krūviu žymima ir nuo šalia esančio pastato sienai tenkanti apkrova (kuri buvo parinkta 200 kN/m^2), kuri pridėta pamatų apačioje. Mėlyna punktyrinė linija rodo vandens lygį, kuris yra skirtingas abejose konstrukcijos pusėse, nes toks maksimalus jo lygis bus eksploataavimo laikotarpiu. Taip pat matome skaičiuojamos konstrukcijos ilgį ir aukštį per kiek maksimaliai ji bus atkasama. Trikampis atramos žymėjimas rodo gruntinio inkaro lygį.

Žemiau pateikta racionalaus atraminės sienos su gruntiniais inkarais varianto parinkimo schema, taikant vertinimo kriterijus ir daugiakriterinio vertinimo metodą.



3.4.13 pav. Racionalaus atraminės sienos varianto parinkimo, taikant vertinimo kriterijus ir daugiakriterinio vertinimo metodą, schema

4. IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę išsiryškinome tris dažniausiai naudojamus atraminių sienų tipus ir jų įrengimo technologijas: polinė siena, berlyno siena ir plieninė spraustasienė. Apžvelgti gruntinių inkarų tipai, jų įrengimo technologijos bei atskirų veisknių įtaka inkarų įrengimui: gruntinės sąlygos, reljefo ypatybės, pastato skaičiuojamoji schema, architektūrinės įdėjos ar užsakovo pageidaimai, aukšto gruntinio vandens įtaka, šalia sienos esančių pastatų įtaka.
2. Pagal užsiduotas sąlygas buvo atlikti atraminių sienų su gruntiniais inkarais konstrukcijų analitiniai skaičiavimai naudojant programą „GEO 5“. Skaičiavimai atlikti 3-ims atraminių sienų tipams ir esant 6-ioms skirtingoms sąlygoms, tai yra viso 18 analizuojamų atvejų. Apibendrinus rezultatus gauta, kad įrengimo sudėtingumo ir ekonomiškumo požiūriu yra racioanlu įrengti atramines sienas moliniame grunte, nes gauname mažesnius konstrukcijų poslinkius, nereikia gruntinio vandens lygio nužeminimo, taip pat grunto slėgiui atlaikyti pakanka mažesnio skerspjuvio konstrukcijų, lyginant su smėliniu gruntu.
3. Apibendrinus apklausos rezultatus matyti, kad bet kuriuo atveju, kai atraminė siena yra įrengiama arčiau nei 20 m atstumu nuo esamo pastato, dėl sukeltų vibracijų įrengiant spraudžiamuosius elementus, ji gali būti tik polinio tipo, o visais kitais atvejais - plieninė spraustasienė.
4. Nustačius kriterijų reikšmingumą entropijos metodu galima išskirti du atvejus: pirmas - kai šalia atraminės sienos yra pastatas, antras - kai šalia pastato nėra atraminės sienos. Pirmuoju atveju, reikšmingiausiais teoriniais kriterijais gauti sezoniškumas ir įrengimo trukmė, o reikšmingiausias kompleksinis kriterijus - įrengimo trukmė. Antruoju atveju, tiek teorinis, tiek kompleksinis reikšmingiausias kriterijus yra mechanizmų darbo įkainis.
5. Atlikus daugiakriterinį vertinimą naudingumo vertės metodu gauta, kad racionalus atraminės sienos įrengimo variantas yra polinė siena, kai ji įrengiama šalia esamų pastatų, ir racionalus atraminės sienos įrengimo variantas yra berlyno siena, kai ji įrengiama šalia nesant pastatų.

LITERATŪRA

1. AARSLEFF. *Plieninės spraustasienės – laikini sprendimai*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per:
<http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/zabezpieczenia-wykopow-konstrukcje-oporowe/plienins-spraustasiens--laikini-sprendimai/>
2. Katkevičius.L, Baublys.R. 2008. *Vandens kelių, krantinių ir prieplaukų statyba*. Kaunas: Ardiva.
3. LST EN 10248-1:2000. *Nelegiruotųjų plienų karštai valcuotų lakštų paketai. 1 dalis. Techninės tiekimo sąlygos*.
4. Arcelor Mittal. *Piling handbook 8th edition*. [Interaktyvus]. 2008. [Žiūrėta 2017 04 20 d.]. Prieiga per internetą:http://sheetpiling.arcelormittal.com/uploads/files/ArcelorMittal%20Piling%20Handbook_rev08.pdf.
5. Byfield M.P., Mawer R. W. 2004. *Analysis of reduced modulus action in U-section steel sheet piles*. *Journal of Constructional Steel Research*, Nr. 60, 401–410 p.
6. Augustas Kreišmantas. *Plieninių spraustasienių krantinės įtempių ir deformacijų analizė nuo inkaro įtempimo jėgos*.
7. *Recommendations of the Committee for waterfront Structures harbours and waterways* EAU 1990.1992. Berlynas: Erns & Sohn.
8. Day R.W. 1999. *Geotechnical and Foundation Engineering: Design and Construction*. New York: McGraw-Hill Professional.
9. ThyssenKrupp GfT Bautechnik. *Sheet piling handbook*. Germany.
10. Zavadskas E. K., Karablikovas, A., Malinauskas P., Mikšta P., Nakas H., Sakalauskas R. *Statybos procesų technologija: vadovėlis*. Vilnius: Technika, 2008. 576 p. ISBN 978-9955-28-231-0.
11. AARSLEFF. *Pastovūs inkarai*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per:
<http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/kotwy-gruntowe/pastovs-inkarai/>
12. Stefan Van Baars. *Design of sheet pile installation by vibration*. No. 22 (2004), 391-400 p.
13. Lietuvos statybos inžinierių sąjunga. *Statybos inžinieriaus žinynas*. Vilnius: Technika, 2004, 1096 p.
14. D. Sližytė, J. Medzvieckas, R. Mackevičius. *Pamatai ir pagrindai*. Vilnius: Technika, 2012. 240 p.
15. LST EN 1536:2003 *Specialioji geotechnikos darbai. Gręžtiniai poliai (tapatus EN*

- 1536:1999). Vilnius, 2003. 74 p.
16. AARSLEFF. *Gręztinių polių sienos*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per: <http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/zabezpieczenia-wykopow-konstrukcje-oporowe/gretini-poli-sienos/>
 17. Luisa María Gil-Martín, Enrique Hernández-Montes, Mark Aschheim. *Optimization of piers for retaining walls*. No. 41 (2010), 979-987 p.
 18. AARSLEFF. *Berlyno tipo atraminės sienutės*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per: <http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/zabezpieczenia-wykopow-konstrukcje-oporowe/berlyno-tipo-atramins-sienuts/>
 19. AARSLEFF. *Laikinieji inkarai*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per: <http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/kotwy-gruntowe/laikinieji-inkarai/>
 20. AARSLEFF. *Pastovūs inkarai*. [Interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2017 04 05]. Prieiga per: <http://www.aarsleff.com.pl/lt/pasilymas/technologie/kotwy-gruntowe/pastovs-inkarai/>
 21. Merifield R. S., Lyamin A.V, Sloan S. W. and et. 2003. *Three-Dimensional Lower Bound Solutions for Stability of Plate Anchors in Clay*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* . No. 03/2003, 243-253 p.
 22. El Nagar M. 2010. *Enhancement of steel sheet-piling quay walls using grouted anchors*. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, Nr. 1(4), 69-76 p.
 23. Office of Bidge Technology 400 seventh street, SW Washington, DC 20590. *Geotechnica Engineering Circular No.4, Ground Anchors And Anchored systems*. June 1999.
 24. LST EN 1537. *Specialiujų geotechnikos atlikimo atlikimas. Gruntiniai inkarai*.
 25. 13th Baltic Sea Region Geotechnical Conference 22-24 September 2016, Vilnius, Lithuania. *HISTORICAL EXPERIENCE AND CHALLENGES OF GEOTECHNICAL PROBLEMS IN BALTIC SEA REGION*. Edited by Jurgis Medzvieckas. ISBN 978-609-457-957-8
 26. Dimitrios Konstantakos, P.E. *Advantages and limitations of ultimate limit state design methods for braced excavations*. 2012. Paper 102.
 27. Ivan Vaniček, Martin Vaniček. 2016. *Experiences from the high Geotextile Reinforced Retaining Wall – Case study*. Czech Technical university in Prague, Czech republic.
 28. Intelligent BIM solutions. *GEO5*. [interaktyvus]. 2015. [Žiūrėta 2017 05 20]. Prieiga per: <https://ibimsolutions.lt/programos/konstruktoriams/geo5/>
 29. Valentinas Podvezko, Askoldas Podvezko. *Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai*. Lietuvos matematikų rinkinys. 2014. 111-116 psl.
 30. STR 1.04.02:2011. *Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai*.

PRIEDAI

Priedas Nr.1

Apklaustos anketa

Esu II pakopos studijų programos „STATYBA“ I kurso studentas ir šiuo metu rengiu magistro baigiamąjį projektą tema „Atraminų sienų gruntinių inkarų įrengimo technologijų tyrimai“. Baigiamajam projektui parengti reikalingą jūsų, kaip ekspertų šioje srityje, nuomonę.

Šios apklausos tikslas - nustatyti racionaliausią atraminės sienos su gruntiniais inkarais tipą moliniuose, smėliniuose, smėliniuose su aukštu gruntinio vandens lygiu gruntuose ir atskirus jų derinius, kuomet atraminė siena įrengiama šalia esamo pastato. Analizuojami atraminų sienų tipai: polinė siena, „Berlyno“ siena, metalinė spraustasienė.

Dėl išsamesnės informacijos taip pat pateikiu geologinius tyrimus su pjūvyje išbraižyta principine schema, kuria bus vadovaujamasi. Nagrinėjama atraminė siena su gruntiniais inkarais, kurios atkasimas yra 6 m nuo sienos viršaus, esamo pastato apkrova priimta 200 kN/m, esamo pastato pamatas yra 1 m pločio, atstumu 1,5 m nuo pamato centro iki atraminės sienos. Prie kiekvieno pateikto klausimo aprašyta atraminės sienos konstrukcija, kuri buvo apskaičiuota naudojant programinę įrangą GEO5.

Apklaustos metu išgryninti vertinimo kriterijai bus apibendrinti ir toliau naudojami magistro baigiamojo projekto tiriamojoje dalyje renkantis racionalų inžinerinį sprendimą iš pateiktų alternatyvių variantų. Alternatyvių variantų vertinimui bus pasitelktas daugiakriterinio vertinimo metodas.

Kiekvienas atskiras atraminės sienos įrengimo variantas vertinimas pagal žemiau pateiktus kriterijus:

- Žmogaus darbo įkainis, eur/m - žmogaus darbo įkainis eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Mechanizmų darbo sąnaudos, eur/m - mechanizmų darbo įkainis eur 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Medžiagų kaina, eur/m – medžiagų sąnaudos eurais 1 m-ui atraminės sienos įrengti.
- Sezoniškumas, balais – metų sezoniškumo (pavasaris, vasara, rudenis, žiema) įtaka renkantis atraminės sienos variantą.
- Įrengimo trukmė, balais – laiko sąnaudų atžvilgiu reikalaujantis atraminės sienos tipas.

Pastaba: priimta sąlyga, jog gruntiniai inkarai visiems atraminų sienų tipams bus tokie patys. Sienų apibetonavimui bus naudojamas betono mišinys su hidroizoliuojančiomis betono įmaišomis, o spraustasienė nebus apibetonuojama.

Prašau Jūsų užpildyti lentelę, įrašant atitinkamus vertinimus į lenteles. Vertinama nuo 1 iki 5 balų skalėje, kur 1 balas reiškia mažiausią kriterijaus reikšmingumą, o 5 balai - didžiausią kriterijaus reikšmingumą.

1. Racionalaus pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte, esant aukštam gruntinio vandens lygiui.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- Berlyno siena – profiliai HEB 280, L=12 m;
- Spraustasienė – Larsen VL503, L=10 m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

2. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas smėliniame grunte su aukštu gruntinio vandens lygiu šalia esamų pastatų.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=12 m, armuota 8Ø20 per visą ilgį;
- Berlyno siena – profiliai HEB 340, L=12 m;
- Spraustasienė – Larsen VL606, L=12 m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

3. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens ir be pastato).

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=9 m, armuota 8Ø18 per visą ilgį;
- Berlyno siena – profiliai HEB 240, L=10 m;
- Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

4. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyrauja smėlingi gruntai (be vandens), šalia esančio pastato.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=11 m, armuota 8Ø25 per visą ilgį ;
- Berlyno siena – profiliai HEB 260, L=10 m;
- Spraustasienė – Larsen VL503, L=9 m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

5. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm, L=8 m, armuota 8Ø16 per visą ilgį ;
- Berlyno siena – profiliai HEB 220, L=8 m;
- Spraustasienė – Larsen VL503, L=8 m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

6. Racionaliausias pastovių atraminių sienų su gruntiniais inkarais tipo parinkimas, kai vyraujantis gruntas molinis, šalia pastato.

Nagrinėjamu atveju parinkti tokie atraminių sienų variantai:

- Polinė siena – poliai Ø450 mm L=9m armuotį 8Ø18 per visą ilgį ;
- Berlyno siena – profiliai HEB 300 L=9m;
- Spraustasienė – Larsen VL503 L=9m.

1 kriterijus – žmogaus darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
2 kriterijus - mechanizmų darbo sąnaudos (val./m ²)	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
3 kriterijus - medžiagų kaina	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
4 kriterijus – sezoniškumas	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					
5 kriterijus – įrengimo trukmė	Įvertinimo balas				
	1	2	3	4	5
1. Berlyno siena;					
2. Polinė siena;					
3. Plieninė spraustasienė.					

AČIŪ UŽ JŪSŲ SUGAIŠTĄ LAIKĄ!

Priedas Nr.2

OBJEKTAS ***STATYBINIS SKLYPAS K. BIELINIO G.2, RAMUČIŲ K.,
KAUNO RAJ.***

DALIS ***PROJEKTINIAI INŽINERINIAI GEOLOGINIAI TYRIMAI***

TURINYS

I. Aiškinamasis raštas

II. Tekstiniai priedai :

1. Gruntų vidurkinių verčių suvestinė rodiklių lentelė
2. Gruntų fizikinių savybių laboratorinių tyrimų rezultatai

III. Grafiniai priedai :

1. Gręžinių Nr. 1 ir Nr. 2 stulpeliai ir CPT Nr. 1 ir Nr. 2 grafikai
2. Inžinerinis geologinis pjūvis I-I ir sutartiniai ženklai, $M_h 1:200$
3. Topografinis planas su tyrimų taškų vietomis ir inžinerinių geologinių pjūvių linijomis

Įvadas.

Inžineriniai geologiniai tyrimai atlikti 2016 10 26 dieną pagal STR 1.04.02:2011 ir užsakovo reikalavimus.

Lauko tyrimų ir medžiagos apdorojimo metu buvo vadovautasi ir šiais norminiais dokumentais:

- ✓ LST EN 1197-1:2005; Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės;
- ✓ LST EN 1997-2:2007; Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Pagrindo tyrinėjimai ir bandymai;
- ✓ LST ISO 5966:2000 „Dokumentai. Mokslinių ir techninių ataskaitų pateikimas“;
- ✓ LST EN ISO 14688-2 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas. 1 dalis. - Atpažintis ir aprašymai. 2 dalis. - Klasifikavimo principai;

Tyrimų tikslas – nustatyti sklypo geologinę sąrangą ir hidrogeologines sąlygas, statiniu zondavimu įvertinti gruntų mechanines savybes.

Atsižvelgiant į statinio konstrukcinį sudėtingumą ir statybos sklypo inžinerines geologines sąlygas, tiriamasis sklypas yra priskirtas antrai geotechninei kategorijai.

Tirtas sklypas yra Kauno rajone, Ramučių kaime, K.Bielinio g.2.

Duomenų apie ankstesnius tyrimus, atliktus sklype, nėra.

Dabartinių tyrimų taškų numeracija pradedama Nr. 1, geologinių pjūvių numeracija pradėta nuo Nr. I-I.

Inžinerinių geologinių tyrimų metu atlikti šie darbai:

1. Gruntų deformacinių ir stipruminių savybių nustatymui statybiniame sklype atlikti 2 grunto statinio zondavimo (CPT) bandymai iki 5,9-6,2 m gylio nuo žemės paviršiaus.
2. Statinio zondavimo bandymų vietose tiriamajame sklype agregatu „Pagani“ TG 73-200 išgręžti 2 gręžiniai, kurių gylis 6,5 m.
3. Iš gręžinių paimti 6 suardytos struktūros grunto mėginiai.

Bandymai kūginiu penetrometru (CPT, statinis zondavimas) atlikti su elektroniniu tenzometriniu zonu jo įspaudimui naudojant agregatą „Pagani“. Zondavimo metu nustatytas grunto pasipriešinimo stiprumas zondavimo kūgio prasiskverbimui, t.y. kūginis stipris q_c . Kūginio stiprio dydis q_c kiekvienoje konkrečioje vietoje pateiktas prie statinio zondavimo grafikų, o vidutinės bei būdingosios vertės – gruntų rodiklių lentelėje. Taip pat tenzometriniu zonu išmatuota paviršinė movos trintis f_s . Zondo parodymai

buvo užrašomi kompiuterine sistema kas 1 cm. Braižant grafikus ir atliekant skaičiavimus zondavimo parametrų reikšmės buvo vidurkinamos 5 cm intervalais.

Naudoto zondo techninės charakteristikos: zondo skersmuo 35,7 mm, kūgio pagrindo plotas 10 cm², kūgio smaigalio kampas 60 laipsnių, trinties movos paviršiaus plotas 150 cm².

Statinis zondavimas atliktas pagal tarptautinius dokumentus – ISSMFE rekomendacijas CPT bandymui atlikti (1999, su 2001 pataisymais).

Bendrieji duomenys. Geomorfologiniu požiūriu tirtas sklypas yra vėlyvojo Nemuno ledynmečio, Baltijos stadijos amžiaus, Pravieniškių agraduotoje moreninėje lygumoje, priklausančioje Neries žemupio plynaukštės geomorfologiniam rajonui, Pabaltijo žemumų sričiai.

Geologinė sandara. Inžinerinė geologinė sąranga pateikta gręžinių stulpeliuose ir pjūvyje.

Tiriamąjį sklypą pjūvyje išskirti trys kvartero periodo metu susiformavę genetiniai grunto tipai – technogeniniai dariniai (tIV), limnoglacialinės nuogulos (lgIIIbl) ir glacialiniai dariniai (gIIIbl).

Gruntų sudėtis ir inžineriniai geologiniai sluoksniai (IGS).

Tiriamąjį sklypą gręžinių Nr. 1-2 vietoje žemės paviršių dengia 1,00 cm storio piltinis gruntas (IGS Nr.1). Po juo iki 1,30-3,00 m gylio nuo žemės paviršiaus slūgso limnoglacialinės nuogulos (lgIIIbl), t.y. kietai plastingas juostuotas molis (Cl) (IGS Nr.2). Po limnoglacialinėmis nuogulomis iki 6,5 m gylio sutikti moreniniai dariniai (gIIIbl), t.y. plastingos ir kietos konsistencijos smėlingas molingas moreninis dulkis (saclSi) (moreninis priesmėlis) (IGS Nr.3-4).

Tiriamąjį sklypą *gruntų sudėtis ir inžineriniai geologiniai sluoksniai* pateikti gręžinių stulpeliuose ir inžineriniame geologiniame pjūvyje.

Hidrogeologinės sąlygos.

Hidrogeologinės sklypų sąlygos įvertintos pagal vandens lygio stebėjimus gręžiniuose dabartinių tyrimų metu ir bendras geologines sąlygas.

Tiriamuosiuose gręžiniuose vanduo nesutiktas.

Pavasario polaidžių metu ir lietingais metų periodais požeminis podirvio tipo vanduo laikysis ant vandeniui nelaidaus grunto, t.y. 1,00 m gylyje nuo žemės paviršiaus.

Aukščiausias prognozuojamas požeminio vandens lygis parodytas gręžinių stulpeliuose ir inžineriniame geologiniame pjūvyje.

Geologinių procesų ir reiškinių apraiškų tiriamajame sklype nepastebėta.

Išvados ir rekomendacijos.

1. Tiriamojo sklypo pjūvyje išskirti trys kvartero periodo metu susiformavę genetiniai grunto tipai – technogeniniai dariniai (tIV), limnoglacialinės nuogulos (lgIIIb1) ir glacialiniai dariniai (gIIIb1).
2. Tiriamajame sklype vyrauja moliniai gruntai.
3. Tiriamuosiuose gręžiniuose vanduo nesutiktas.
4. Pavasario polaidžių metu ir lietingais metų periodais požeminis podirvio tipo vanduo laikysis ant vandeniui nelaidaus grunto, t.y. 1,00 m gylyje nuo žemės paviršiaus.
5. Projektuojant požemines patalpas, reikalinga numatyti drenažą ir hidroizoliacines medžiagas.
6. Gręžiant gręžtinius pamatus, apsaugai nuo požeminio vandens rekomenduojame naudoti apsauginius vamzdžius.
7. Pamatų tipą pasirinkti pagal ataskaitoje pateiktas geologines ir hidrogeologines sąlygas.
8. Pamatų tipą bei įgilinimą turėtų parinkti konstruktorius, atsižvelgdamas į pastato apkrovas, statinio pobūdį ir specifiką.

GRUNTŲ RODIKLIŲ VIDURKINIŲ VERČIŲ SUVESTINĖ LENTELĖ

Objektas : Statybinis sklypas K. Bielinio g.2, Ramučių k., Kauno raj.

Geologinis indeksas	Inžinerinis geologinis sluoksnis	Grunto pavadinimas	Smėlio drėgnumas	Konsistencija arba tankumas	Skačiuojamųjų rodiklių vidurkinės vertės							R _o , kPa	ρ _s ,	Gruntų klasifikacija	Kūginis stiprumas q _c , MPa
					ρ	γ	γ _{sb}	c	φ	E _o	C				
					Mg/m ³	kN/m ³	kN/m ³	kPa	o	MPa	MPa				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	17	18	
tIV	1	Supiltas gruntas: gargždas su smėlio ir statybinio laužo priemaiša								16	-	810	2,66	11	<u>16,2</u> (2) <u>9,2-</u> <u>23,2</u>
IgIIIb 1	2	Molis (Cl) (juostuotas)		kietai plastingas	1,85	18, 1	8,3	32	11	9	60	150	2,74	5a	<u>1,5</u> (2) <u>1,4-1,6</u>
gIIIbl	3	Smėlingas molingas moreninis dulkis (saclSi) (moreninis priemėlis)		plastingas	2,03	19, 9	10, 1	13	24	18	45	120	2,71	8a	<u>1,8</u> (2) <u>1,7-1,9</u>
gIIIbl	4	Smėlingas molingas moreninis dulkis (saclSi) (moreninis priemėlis)		kietas	2,26	22, 1	12, 3	63	35	325	678	180 7	2,71	8a	<u>27,1</u> (2) <u>23,9-</u> <u>30,4</u>

PASTABOS : 1. Gruntų skaičiuojamieji rodikliai pateikti :

a) q_c visiems geologiniams sluoksniams pagal kūgio spraudos bandymus
statybiniame sklype

b) * - φ, E pagal LST EN 1997-

2:2007 lent. D1

c) - kiti rodikliai (ρ, γ, γ_{sb}, c, c_u, φ, E) pagal analogiškų gruntų rodiklių vertes, panašios geologinės sąrangos objektuose;

2. Gruntų kasimo klasifikacija pateikta pagal darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvų I d., 1992 m.

d) - kūginiam stipriui skaitiklyje nurodoma vidurkinė reikšmė, vardiklyje - atskirų sluoksnių kūginio stiprio ekstremalios reikšmės (min ir max)

3. R_0 - pagrindo stiprumas apytikris, paskaičiuotas sekliam juostiniam pamatui pagal kūgio spraudos rezultatus

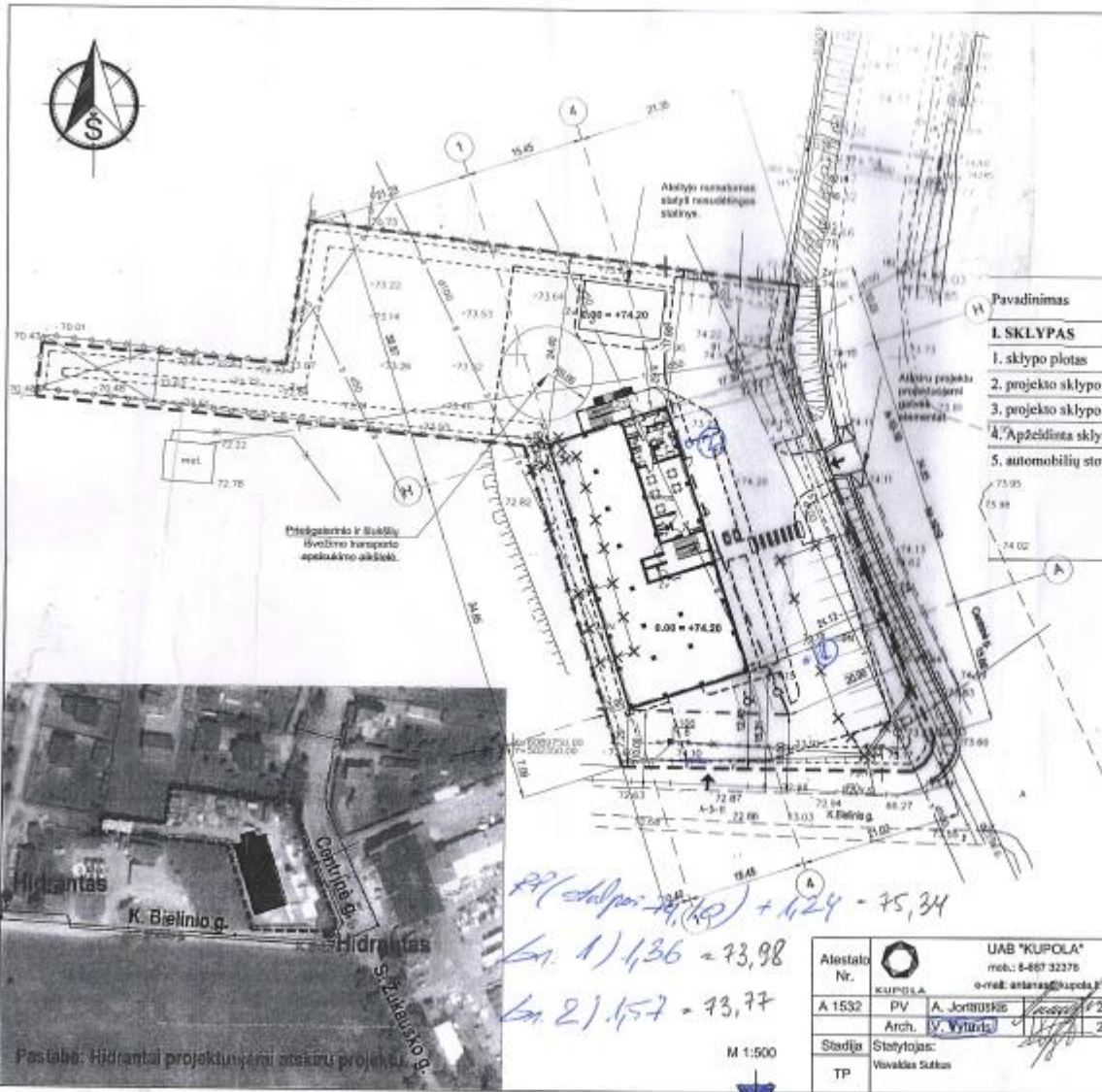
Gruntų fizikinių savybių laboratorinių tyrimų rezultatai

Geotechninė laboratorija

Objektas: **Statybinis sklypas K.Bielinio g. 2, Ramučių k., Kauno raj.**

2016 10 28

Eil. Nr.	Gręž. Nr.	Pavyzdžio paėmimo gylis, m	Gamtinis drėgnis W, %	Atenbergo ribos			Takumo rodiklis IL(1 dalimi)	Orginės medžiagos kiekis	Žymuo	Grunto pavadinimas (EN ISO 14688-2:2004)
				takumo drėgnis WL, %	plasting. drėgnis Wp %	plasting. rodiklis Ip, %				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17892-12-2005										
1	1	1,2-1,5	27,8	67,2	25,5	41,7	0,06			Didelio plastiškumo molis (MR)
2	1	2,5-2,8	11,8	22,7	10,6	12,1	0,10			Mažo plastiškumo molis (ML)
3	1	5,5-5,8	12,0	20,0	10,1	9,9	0,19			Mažo plastiškumo molis (ML)
4	2	1,0-1,2	25,8	54,5	21,7	32,8	0,12			Didelio plastiškumo molis (MR)
5	2	2,5-2,8	17,8	32,7	14,4	18,3	0,18			Mažo plastiškumo molis (ML)
6	2	6,0-6,3	14,5	16,7	10,2	6,5	0,66			Dulkis (DL)



- SUTARTINAI ŽYMĖJIMAI**
- Sklypo riba
 - - - 1 ir 3 m atstumo ribos nuo sklypo ribos
 - - - Kelių apsaugos zonos riba
 - X X X Prieš statybas rugštamiami laikini nesudėtingi statiniai
 - Įrengiamas / sklypas
 - ▲ Įėjimas / pastatų
 - Stovėjimo vieta automobiliui
 - Builinių atliekų konteneriai
 - - - Kelių bortai
 - - - Vėjos bortai
 - Dviratėlių stovėjimo vieta
- SKYPLANO
SĄRAŠAS

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
1. sklypo plotas	m ²	3472	
2. projekto sklypo užstatymo intensyvumas	%	24	
3. projekto sklypo užstatymo tankumas	%	17	
4. Apželdinta sklypo dalis	%	42	
5. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	21	18 projektuojamam pastatui ir 3 numatomam sklypi atliekų nesudėtingam statiniui

8638 40639

Su sprendimais sutinku, statytojas:

 (prezdis, generalis, patalpa)



$P_1(\text{sklypas}) = 29,1(100) + 1,24 = 75,34$
 $L_1 = 1,36 = 73,98$
 $L_2 = 1,57 = 73,77$

M 1:500

Atestato Nr. A 1532	PV	UAB "KUPOLA"	2016	Objektas:	Administracinis pastatas Kauno r.sav., Kamėlavos sen., Ramučių k. K.Bielinio g. 2 statybos projektas	
		met.: 4-667 32376 o-raš: atlasas@kupola.lt				
Stadija TP	Statytojas: Vovakis Sigitas	Arch. V. Vytautas	2016	Dokumento pavadinimas:	Sklypo planas M 1:500	
				Dokumento numeris:		09/15-TP-SP-01
					Laida	0
					Lapas	Lapų
					1	1

Pastaba: Hidrantai projektuojami atskaru projektu.

Grež. Nr.1

2016.10.26

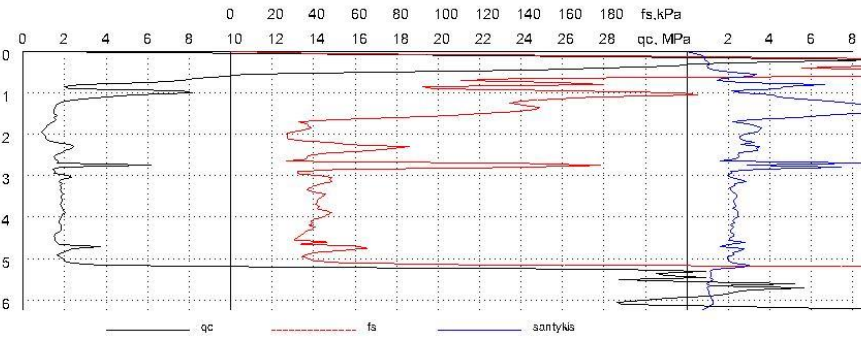
Altitudė: 73,98m

Iš. geologinio stulpaus Nr.	Grunto aprašymas	Stulpaus pado		Stulpaus stulpis	Vandens lygis	Savybės pagal CPT						
		gylis	altitudė			Pasidė	Kvadratinė	Aukšt.	q_p , MPa	σ_v (q _v), MPa	f_s , MPa	σ_v (f _v), %
1	Supiltas gruntas: gąrgždas su smėlio ir stalybino lauko priemaisa	1,00	72,98	1,00			1,00	9,2	2,12	2,57	131,9	1,4
2	Molis (Cl) juosluotas, tamsiai rudas, kietai plastingas	1,80	72,18	0,80			1,6	0,41	1,23	59,3	5,2	
3	Smėlingas molingas moreninis dulkis (sacis) (moreninis priemolis), su darkingo molio (sluoksnio priemolio) tarp sluoksnių, rudas, plastingas	5,00	68,98	3,20			1,7	0,42	4,7	25,8	2,8	
4	Smėlingas molingas moreninis dulkis (sacis) (moreninis priemolis), rudas su priemolio įtaisais, kietas	6,50	67,48	1,50			30,4	7,83	1050	487,0	3,0	

CPT Nr. 1

2016.10.26

Altitudė: 73,98m



Grež. Nr.2

2016.10.26

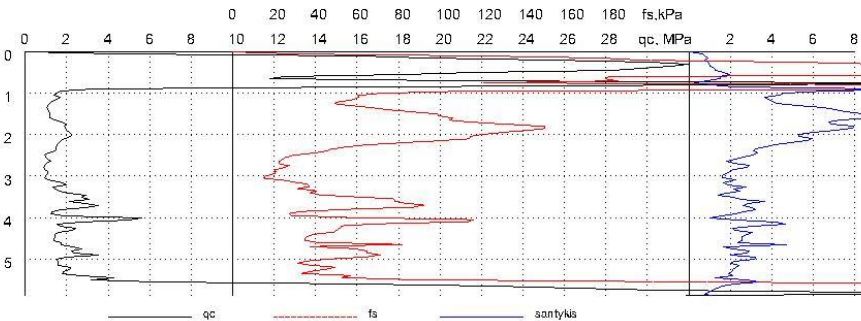
Altitudė: 73,77m

Iš. geologinio stulpaus Nr.	Grunto aprašymas	Stulpaus pado		Stulpaus stulpis	Vandens lygis	Savybės pagal CPT						
		gylis	altitudė			Pasidė	Kvadratinė	Aukšt.	q_p , MPa	σ_v (q _v), MPa	f_s , MPa	σ_v (f _v), %
1	Supiltas gruntas: gąrgždas su smėlio ir stalybino lauko priemaisa	1,00	72,77	1,00			1,00	23,2	6,57	287	199,3	1,5
2	Molis (Cl) juosluotas, tamsiai rudas, 2,5-3,0 m gylyje su dulkio įtaisais, kietai plastingas	3,00	70,77	2,00			1,4	0,31	6,5	25,8	4,7	
3	Smėlingas molingas moreninis dulkis (sacis) (moreninis priemolis), rudas, plastingas	5,50	68,27	2,50			1,9	0,58	5,2	22,8	2,4	
4	Smėlingas molingas moreninis dulkis (sacis) (moreninis priemolis), rudas, kietas	6,50	67,27	1,00			23,0	6,12	894	508,2	3,5	

CPT Nr. 2

2016.10.26

Altitudė: 73,77m

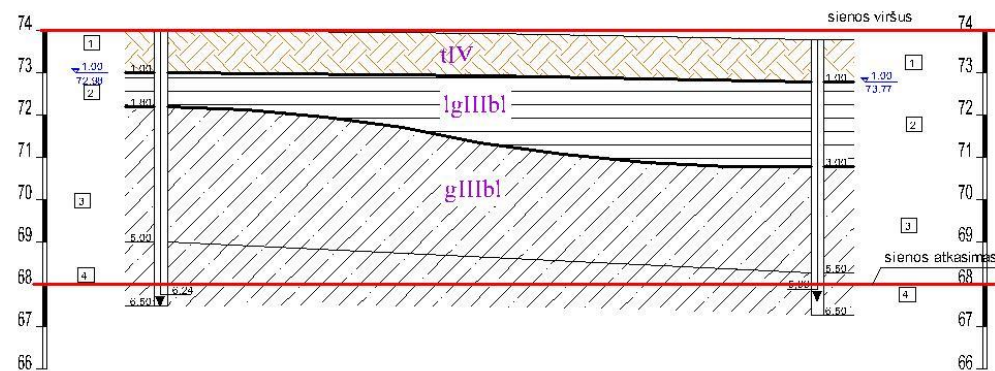


▲ – Suardytos struktūros grunto bandinys

OBJEKTAS	Statybinis sklypas K. Bielinio g.2, Parnaučių, Kauno raj.		
BRŪŽINYS	Grežinio Nr. 1 stulpelis ir CPT Nr. 1 gaitas		
DALIS	MASTELIS	DATA	L.APO NR
IŠZ. GEOLOGIJOS	M 1:100	2016.10	

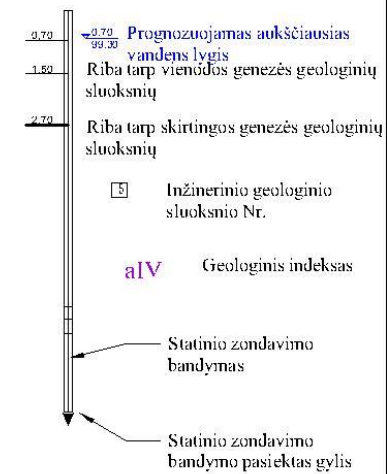
Inžinerinis geologinis pjūvis I-I

Mv 1:100
Mh 1:200



Taško Nr.	Grež.CPT-1	CPT Gr.-7
Altitude, m	73,98	73,77
Atstumas, m	31,00	

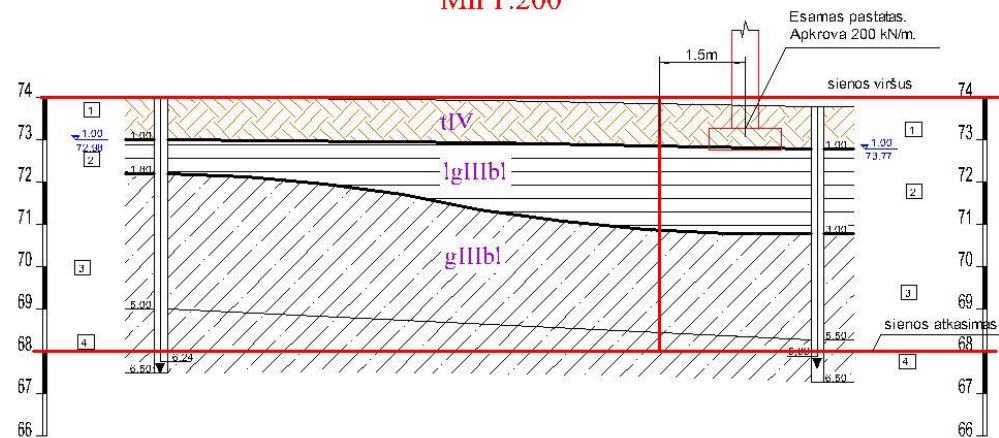
Sutartiniai ženklai



OBJEKTAS	Statybinis skyrius K. Uštelimo g.2, Ramečių k., Kauno raj.			
BREŽINYS	Inžinerinis geologinis pjūvis I-I su sutartiniais ženklais			
DALIS	MASTELIS	DATA	LAPONR	
INŽ. GEOL. GRUBR	1:100, 1:200	2016.10		

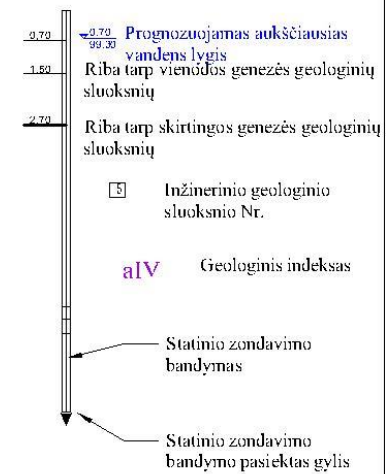
Inžinerinis geologinis pjūvis I-I

Mv 1:100
Mh 1:200



Taško Nr.	Grež.CPT-1	CPT Gr.-7
Altitude, m	73,98	73,77
Atstumas, m	31,00	

Sutartiniai ženklai



OBJEKTAS	Statybinis sklypas K. Uštelimo g.2, Ramečių k., Kauno raj.		
BREŽINYS	Inžinerinis geologinis pjūvis I-I su sutartiniais ženklais		
DALIS	MASTELIS	DATA	LAPONR
INŽ. GEOL. GRUBR	Mv 1:100, Mh 1:200	2016.10	

UAB “VILNIAUS INŽINERINĖ GEOLOGIJA”

Leidimas tirti žemės gelmes Nr.1073205

Uždaroji akcinė bendrovė, E. Šimkūnaitės g. 10 LT-04130 Vilnius, tel. (8~5) 273 21 10,

faks. (8~5) 273 21 10, el.p. rimas963@gmail.com

Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 303227433. PVM mokėtojo kodas LT100008330613.

Kompl. Nr. 0103824

OBJEKTAS: Statybos sklypo (daugiabučių gyvenamųjų namų) Lazdynėlių g. 32, Lazdynų sen.,
Vilniaus m. sav. (skl. kad.Nr. 0101/0068:1520) inžineriniai geologiniai ir
geotechniniai tyrimai

UŽSAKOVAS: UAB „Rinvest“

DIREKTORIUS

R. Šakalis

AUTORIUS

V. Gradulevas

Vilnius, 2016 m. gruodžio mėn.

TURINYS

<u>1. Įvadas</u>	98
<u>2. Bendrieji duomenys</u>	99
<u>3. Geologinė sandara</u>	99
<u>4. Hidrogeologinės sąlygos</u>	100
<u>5. Gruntų sudėtis ir inžineriniai geologiniai sluoksniai</u>	100
<u>6. Gruntų fizikinės ir mechaninės savybės</u>	101
<u>7. Geologiniai procesai ir reiškiniai</u>	102
<u>8. Išvados ir rekomendacijos</u>	103
<u>9. Literatūros sąrašas</u>	104

Tekstiniai ir grafiniai priedai

1. Gruntų fizikinių mechaninių savybių suvestinė lentelė...	1 lapas
2. Techninė užduotis	2 lapai
3. Leidimas tirti žemės gelmes Nr. 1073205	1 lapas
4. Gręžinių altitudžių ir koordinacių žiniaraštis	1 lapas
5. Topografinis planas su gręžinių ir statinio zondavimo taškų vietomis	IG-1
6. Ištirto sklypo vietovės schema.....	IG-1a
7. Geologiniai pjūviai I - I - VIII - VIII	IG-2-9
8. Sutartiniai ženklai	1 lapas
9. Gręžinių stulpeliai su statinio zondavimo grafikais.....	20 lapų
10. Gruntų laboratorinių tyrimų rezultatų lentelė.....	1 lapas
11. Gruntų kumuliatyvinės kreivės	3 lapai
12. Statinio zondavimo įrangos kalibravimo liudijimas	1 lapas

1. Įvadas

UAB "Vilniaus inžinerinė geologija" pagal UAB „Rinvest“ techninę užduotį atliko statybos sklypo (daugiabučių gyvenamųjų namų) Lazdynėlių g. 32, Lazdynų sen., Vilniaus m. sav., (skl. kad. Nr. 0101/0068:1520) inžinerinius geologinius ir geotechninius tyrimus.

Pagal techninę užduotį numatyta statyti naujos statybos 4 aukštų pastatus.

Statinių paskirtis – gyvenamosios paskirties pastatai (pagal STR 1.01.09:2003).

Statinių kategorija – neypatingi statiniai.

Geotechninė kategorija – antra.

Duomenys apie projektuojamų pastatų parametrus: 4 aukštų gyvenamieji namai, be rūšio, statinių konstrukcija – mūras, g/b perdangos.

Numatomi pamatų konstrukcijų variantai: poliniai, pamatų įgilinimas – pagal tyrimų rezultatus.

Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai atlikti remiantis STR 1.04.02:2011 „Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai“.

Lauko darbai vykdyti 2016 m. lapkričio mėn. mėn. 17 – 22 d.d. Jų metu užsakovo nurodytose vietose išgręžta šešiolika 8,0 - 9,0 m gylio gręžinių. Šalia gręžinių buvo atlikti gruntų statinio zondavimo bandymai (CPT).

Statybos aikštelėje Gr.Nr.4 ir Nr.14 zonose buvo aptikti didelį storį silpno grunto (piltinio grunto ir labai puraus - puraus smėlio). Silpnų gruntų kontūravimui, suderinus su užsakovu, 2016 m. lapkričio mėn. mėn. 24 – 25 d.d papildomai išgręžti keturi 6,0 – 7,0 m gylio gręžiniai. Šalia gręžinių buvo atliktas gruntų statinis zondavimas.

Gręžiniai gręžti vadovaujantis Lietuvos standartu LST EN ISO 22475-1:2007 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Statinio zondavimo bandymai atlikti vadovaujantis standarto ISO 22476-1:2012 „Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test“ reikalavimais.

Gręžimo ir statinio zondavimo darbus vykdė gręžėjo V.Čičino brigada (gręžimo – statinio zondavimo staklės UGB – 1VS) bei vyresn. geologo A. Mikulkos brigada (gręžimo – statinio zondavimo staklės 54LT GEOPROBE). Lauko darbams vadovavo vyresn. geologai V. Gradulevas ir A. Mikulka.

Lauko tyrimų vietos nustatytos ir nužymėtos pagal 1994 metų Lietuvos koordinačių sistemą (LKS–94), o altitudės matuotos pagal Baltijos aukščių sistemą. Gruntų sluoksnių geologiniam amžiui ir kilmei žymėti vartojami geologiniai indeksai, nurodyti Lietuvos kvartero stratigrafijos schemos apraše. Lauko darbų padariniai likviduoti taip, kad žala aplinkai būtų minimali ir kiek įmanoma atkurtos gamtinės sąlygos – gręžiniai tamponuoti išgręžtu gruntu, prisilaikant Lietuvos aplinkos apsaugos normatyvinio dokumento LAND 4-99 nuostatų

Gruntų tyrimams laboratorijoje buvo paimta 11 grunto ėminių fizikinėms savybėms nustatyti. Ėminių ėmimas priskiriamas „A“ kategorijai, 2-ai klasei. Gruntų tyrimai atlikti UAB „Vilniaus inžinerinė geologija“ laboratorijoje.

Lauko darbų medžiagą apibendrinio ir ataskaitą paruošė geologas V.Gradulevas. Duomenų apdorojimas atliktas 2016.11.17 – 12.07 d.d.

2. Bendrieji duomenys

Projektuojamų pastatų statybos sklypas yra pietvakarinėje Vilniaus miesto dalyje, Lazdynų sen., Lazdynėlių g. 32.

Geomorfologiniu požiūriu sklypas yra Neries upės slėnio dešinėje pusėje, trečioje viršsalpinėje terasoje, pasižyminčioje silpnai banguotu lyguminiu reljefu. (S. Bucevičiūtė, V. Marcinkevičius, D. Dansevičienė. Lietuvos inžinerinis geologinis žemėlapis M 1:500000, LGT, Vilnius, 1997).

Reljefas performuotas žmogaus ūkinės veiklos. Reljefo abs.a. statybos sklypo ribose kinta nuo 105,50 iki 106,40 m (pagal grėžinių altitudes). Aukščių skirtumas – 0,90 m.

Statybos sklypas yra buvusių garažų teritorijoje. Šiuo metu garažai yra nugriauti. Teritorijoje yra vykdomi žemės darbai. Yra planuojamas statybos aikštelės paviršius. Gruntas yra stumdomas, aikštelė lyginama.

3. Geologinė sandara

Gruntų klasifikacija ir pavadinimai pateikti pagal LST EN ISO 14688:2004-1,2.

Statybos sklypo paviršius padengtas 1,1 – 1,9 m technogeninio (piltinio) grunto sluoksniu.

Piltinį gruntą (tIV) iki 0,3 -1,2 m gylio sudaro smėlis, smėlingas dulkis su žvyru, rieduliais, statybinėmis ir buitinėmis atliekomis, organikos priemaiša. Giliau vyrauja molingas dulkis, dulkingas molis. Piltinio grunto sluoksnio storis priklauso nuo atstumo iki buvusių garažų pamatų ir rūšių bei jų įgilinimo.

Po technogeniniu (piltiniu) gruntu iki pragręžto – 6,0 – 9,0 m gylio slūgso Neries upės aliuviniai (aIIIb) dariniai: vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus smulkus smėlis, labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus vidutinio rupumo smėlis bei labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus žvyringas smėlis.

Pjūvis yra gana margas. Galima konstatuoti tai, kad viršutinėje dalyje, iki 5,4 – 8,3 m gylio vyrauja stambios frakcijos - vidutinio rupumo ir žvyringi smėliai, giliau vyrauja smulkus smėlis.

Gruntų tankumas yra patikslintas pagal statinio zondavimo duomenis. Remiantis statinio zondavimo duomenimis vyrauja tankūs – labai tankūs smėliai. Vidutinio tankumo smėlis aptiktas lokaliai (Gr.Nr. 1,6,10,13,16 ir 20 zonose) iki 1,7 – 2,9 m gylio. Išimtį sudaro Gr.Nr.4 ir Nr.14 zonos.

Gr.Nr.4 zonoje iki 5,7 m gylio aptiktas labai purus – purus žvyringas smėlis. Gr.Nr.14 zonoje iki 4,5 m gylio slūgso labai purus – purus ir iki 5,1 m gylio – vidutinio tankumo vidutinio rupumo smėlis.

Detaliau gruntų slūgsojimas iliustruojamas geologiniuose pjūviuose (IG-2-9) bei gręžinių stulpeliuose.

4. Hidrogeologinės sąlygos

Hidrogeologinės statybos sklypo sąlygos charakterizuojamos remiantis požeminio vandens lygio stebėjimais gręžiniuose lauko darbų vykdymo metu.

Statybos sklypo ribose lauko darbų vykdymo metu aeracijos zonoje aptiktas podirvio vanduo.

Vanduo aptiktas 0,5 – 1,4 m gylyje nuo žemės paviršiaus (abs.a. 104,60 – 105,60 m) molingame (smėlingas dulkis, molingas dulkis) piltiniame grunte ir vietomis apie 0,1 - 0,2 virš jo esančiame smėlingame piltiniame grunte.

Intensyvių liūčių ir pavasario polaidžio metu podirvio vandens lygis gali pakilti apie 0,4 - 0,9 m ir nusistovėti 0,0 – 0,7 m gylyje nuo žemės paviršiaus (abs.a. 105,25 – 106,20 m.).

Statybos sklypas pagal pateiktą techninę užduotį yra tinkamas sumanyto projekto įgyvendinimui, tačiau reikia numatyti atitinkamas priemones pamatų ir kasinių apsaugai nuo galimo podirvio vandens pritekėjimo.

Apsaugai nuo podirvio vandens pritekėjimo rekomenduojama numatyti vandens pašalinimą atviru būdu.

5. Gruntų sudėtis ir inžineriniai geologiniai sluoksniai

Statybos sklypo paviršius padengtas 1,1 – 1,9 m technogeninio (piltinio) grunto sluoksniu.

Piltinį gruntą (tIV) iki 0,3 -1,2 m gylio sudaro smėlis, smėlingas dulkis su žvyru, rieduliais, statybinėmis ir buitinėmis atliekomis, organikos priemaiša. Giliau vyrauja molingas dulkis, dulkingas molis. Piltinio grunto sluoksnio storis priklauso nuo atstumo iki buvusių garažų pamatų ir rūsijų bei jų įgilinimo.

Po technogeniniu (piltiniu) gruntu iki pragręžto – 6,0 - 9,0 m gylio slūgso Neries upės aliuviniai (aIIIbl) dariniai: vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus smulkus smėlis, labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus vidutinio rupumo smėlis bei labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus žvyringas smėlis.

Gruntų inžinerinių geologinių sluoksnių kūginis stipris q_c (MPa) ir gruntų sluoksnių storiai pateikti lentelėje Nr. 1

1 lentelė. Gruntų inžineriniai geologiniai sluoksniai

Geol. Indeksas	IGS Nr.	Gruntų aprašymas	Grunto simbolis	Kūginė sprauda MPa	Pragręžto sluoksnio storis, m
tIV	1	Technogeninis (piltinis) gruntas	Mg	0,3-11,8	1,1-1,9
aIIIbl	2	Žvyringas smėlis, labai purus –purus	grSa	0,9-3,6	4,1
	3	Smulkus smėlis, vidutinio tankumo	FSa	5,1-10,0	0,7-1,0
	4	Smulkus smėlis, tankus	FSa	10,4-20,0	0,5-0,9
	5	Smulkus smėlis, labai tankus	FSa	20,1-40,0	0,7-2,2

6	Vidutinio rupumo smėlis, labai purus –purus	MSa	1,7-4,9	0,3-2,8
7	Vidutinio rupumo smėlis, vidutinio tankumo	MSa	5,0-9,8	0,4-1,8
8	Vidutinio rupumo smėlis, tankus	MSa	10,1-20,0	0,6-3,0
9	Vidutinio rupumo smėlis, labai tankus	MSa	20,3-36,3	0,3-2,2
10	Žvyringas smėlis, vidutinio tankumo	grSa	6,0-9,8	0,6-1,2
11	Žvyringas smėlis, tankus	grSa	10,3-20,0	0,6-2,7
12	Žvyringas smėlis, labai tankus	grSa	20,3-39,5	0,5-3,4

Detaliau gruntų slūgsojimas iliustruojamas geologiniuose pjūviuose (priedas IG–2-9) bei grėžinių stulpeliuose.

Sutiktų gruntų pagrindinių fizikinių mechaninių savybių rodikliai, pateikti 3-oje lentelėje (priedas1), taikytini su sąlyga, jeigu statybos metu gruntai bus apsaugoti nuo gamtinės sandaros suardymo išmirkymo, išdžiūvimo ir sušaldymo..

Visoje statybos aikštelėje iki 1,1 – 5,7 m gylio aptikti silpni gruntai: piltinis gruntas ir labai purus - purus smėlis.

Piltinis gruntas aptiktas visoje statybos aikštelėje iki 1,1 – 1,9 m gylio.

Labai purus – purus žvyringas smėlis aptiktas Gr.Nr.4 zonoje iki 5,7 m gylio. Labai purus – purus vidutinio smėlis aptiktas Gr.Nr.14 zonoje iki 4,5 m gylio.

Technogeninį (piltinį) gruntą (tIV) – IGS – 1, labai purų – purų žvyringą ir vidutinio rupumo smėlį – IGS – 2, 6 nerekomenduojame naudoti natūraliais projektuojamų pastatų pamatų pagrindais.

6. Gruntų fizikinės ir mechaninės savybės

Gruntų tankumo rodiklių patikslinimui, vidinės trinties kampo bei deformacijų modulio nustatymui atliktas gruntų statinis zondavimas. Zonduota lauko aparatūros komplektu PIKA-9 su S-832 tipo zonu. Nustatytas grunto kūginis stipris q_c (MPa) ir šoninės trinties stipris f_s (KPa). Reikšmės fiksuotos kas 0,2 m.

Deformacijų modulis E , vidinės trinties kampas φ paskaičiuoti pagal koreliacines priklausomybes:

$$E = q_c - \text{technogeniniam (piltiniam) gruntui}$$

$$E = 1,5 q_c - \text{labai puriam – puriam vidutinio rupumo ir žvyringam smėliui}$$

$$E = 7,8q_c^{0,71} - \text{vidutinio tankumo, tankiam ir labai tankiam smulkiam, vidutinio rupumo ir žvyringam smėliui}$$

$$\varphi = 13,5 \lg(q_c) + 23 - \text{smulkaus ir vidutinio rupumo smėlio vidinės trinties kampas}$$

$$\varphi = 13,5 \lg(q_c) + 25 - \text{žvyringo smėlio vidinės trinties kampas}$$

(LST EN 1997-2:2007).

Sutiktų gruntų pagrindinių fizikinių mechaninių savybių rodikliai:

– IGS –1, q_c – 0,3 – 11,8 MPa, E – 3,4 MPa,

- IGS – 2, q_c – 1,6 MPa, E – 2,4 MPa, ρ – 1,58 Mg/m³, φ – 30 laipsn.,
- IGS – 3, q_c – 7,9 MPa, E – 33,8 MPa, ρ_s – 2,66 Mg/m³, ρ – 1,65 Mg/m³, φ – 35 laipsn., k_f – 3,7 m/paraą,
- IGS – 4, q_c – 15,2 MPa, E – 53,9 MPa, ρ – 1,67 Mg/m³, φ – 39 laipsn.,
- IGS – 5, q_c – 29,2 MPa, E – 85,6 MPa, ρ – 1,70 Mg/m³, φ – 43 laipsn.,
- IGS – 6, q_c – 2,4 MPa, E – 3,6 MPa, ρ – 1,63 Mg/m³, φ – 28 laipsn.,
- IGS – 7, q_c – 7,1 MPa, E – 31,4 MPa, ρ_s – 2,66 Mg/m³, ρ – 1,66 Mg/m³, φ – 34 laipsn.,
- IGS – 8, q_c – 14,9 MPa, E – 53,1 MPa, ρ – 1,68 Mg/m³, φ – 39 laipsn., k_f – 4,3 m/paraą,
- IGS – 9, q_c – 26,8 MPa, E – 80,6 MPa, ρ – 1,72 Mg/m³, φ – 42 laipsn.,
- IGS – 10, q_c – 8,8 MPa, E – 36,5 MPa, ρ_s – 2,67 Mg/m³, ρ – 1,82 Mg/m³, φ – 38 laipsn.,
- IGS – 11, q_c – 15,0 MPa, E – 53,3 MPa, ρ – 1,91 Mg/m³, φ – 41 laipsn., k_f – 11,8 m/paraą, W – 0,079 vnt. d.,
- IGS – 12, q_c – 26,1 MPa, E – 79,0 MPa, ρ – 1,93 Mg/m³, φ – 44 laipsn.

Gruntų laboratoriniai tyrimai bei jų atlikimo standartai pateikti 2 lentelėje

2 lentelė. Laboratoriniai tyrimai bei jų atlikimo standartai

<i>Eil. Nr.</i>	<i>Bandinys</i>		<i>Laboratorinis bandymas</i>	<i>Standartas</i>
	<i>Imtis</i>	<i>Sandara</i>		
1	1	suardyta	Gamtinis drėgnis	ISO/TS 17892 – 1:2005
2	11	nesuardyta	Gamtinis tankis	ISO/TS 17892 – 2:2005
3	3	suardyta	Kietų dalelių tankis	ISO/TS 17892 – 3:2005
4	3	suardyta	Granulimetrinė sudėtis	ISO/TS 17892 – 4:2005/AC:2006
5	3	suardyta	Filtracijos koeficientas	ISO/TS 17892 – 11:2005

7. Geologiniai procesai ir reiškiniai

Statybos sklypo ribose yra vykdomi žemės darbai. Yra planuojamas statybos aikštelės paviršius. Gruntas yra stumdomas, aikštelė lyginama.

Žmogaus ūkinės veiklos procesų padarinys yra reljefo pokytis ir technogeninio (piltinio) grunto (tIV) susidarymas. Statybos sklypo ribose buvo pastatyti garažai, paklotos požeminės komunikacijos. Šiuo metu garažai yra nugriauti.

Lauko darbų metu aptikto technogeninio (piltinio) grunto (tIV) sluoksnio storis statybos sklypo ribose kinta nuo 1,1 iki 1,9 m. Piltinio grunto sluoksnio storis priklauso nuo atstumo iki buvusių garažų pamatų ir rūšių bei jų įgilinimo.

8. Išvados ir rekomendacijos

1. Geomorfologiniu požiūriu sklypas yra Neries upės slėnio dešinėje pusėje, trečioje viršsalpinėje terasoje, pasižyminčioje silpnai banguotu lyguminiu reljefu.

2. Reljefas performuotas žmogaus ūkinės veiklos. Reljefo abs.a. statybos sklypo ribose kinta nuo 105,50 iki 106,40 m (pagal gręžinių altitudes). Aukščių skirtumas – 0,90 m.

3. Statybos sklypas yra buvusių garažų teritorijoje. Šiuo metu garažai yra nugriauti. Teritorijoje yra vykdomi žemės darbai. Yra planuojamas statybos aikštelės paviršius. Gruntas yra stumdomas, aikštelė lyginama.

4. Statybos sklypo paviršius padengtas 1,1 – 1,9 m technogeninio (piltinio) grunto sluoksniu. Piltinį gruntą (tIV) iki 0,3 -1,2 m gylio sudaro smėlis, smėlingas dulkis su žvyru, rieduliais, statybinėmis ir buitinėmis atliekomis, organikos priemaiša. Giliau vyrauja molingas dulkis, dulkingas molis. Piltinio grunto sluoksniu storis priklauso nuo atstumo iki buvusių garažų pamatų ir rūšių bei jų įgilinimo.

5. Po technogeniniu (piltiniu) gruntu iki pragręžto – 6,0 – 9,0 m gylio slūgso Neries upės aliuviniai (aIIIb) dariniai: vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus smulkus smėlis, labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus vidutinio rupumo smėlis bei labai purus – purus, vidutinio tankumo, tankus ir labai tankus žvyringas smėlis.

6. Sutiktų gruntų pagrindinių fizikinių mechaninių savybių rodikliai, pateikti 3-oje lentelėje (priedas 1), taikytini su sąlyga, jeigu statybos metu gruntai bus apsaugoti nuo gamtinės sandaros suardymo, išmirkymo, išdžiūvimo ir sušaldymo.

7. Visoje statybos aikštelėje iki 1,1 – 5,7 m gylio aptikti silpni gruntai: piltinis gruntas ir labai purus - purus smėlis. Piltinis gruntas aptiktas visoje statybos aikštelėje iki 1,1 – 1,9 m gylio. Labai purus – purus žvyringas smėlis aptiktas Gr.Nr.4 zonoje iki 5,7 m gylio. Labai purus – purus vidutinio smėlis aptiktas Gr.Nr.14 zonoje iki 4,5 m gylio.

8. Technogeninį (piltinį) gruntą (tIV) – IGS – 1, labai purų – purų žvyringą ir vidutinio rupumo smėlį – IGS – 2, 6 nerekomenduojame naudoti natūraliais projektuojamų pastatų pamatų pagrindais.

9. Rekomenduotini pamatai – poliniai, įgilinant juos į tankius – labai tankius smėlius.

10. Hidrogeologinės statybos sklypo sąlygos charakterizuojamos remiantis požeminio vandens lygio stebėjimais gręžiniuose lauko darbų vykdymo metu.

11. Statybos sklypo ribose lauko darbų vykdymo metu aeracijos zonoje aptiktas podirvio vanduo.

12. Vanduo aptiktas 0,5 – 1,4 m gylyje nuo žemės paviršiaus (abs.a.104,60 – 105,60 m) molingame (smėlingas dulkis, molingas dulkis) piltiniame grunte ir vietomis apie 0,1 - 0,2 virš jo esančiame smėlingame piltiniame grunte.

13. Intensyvių liūčių ir pavasario polaidžio metu podirvio vandens lygis gali pakilti apie 0,4 - 0,9 m ir nusistovėti 0,0 – 0,7 m gylyje nuo žemės paviršiaus (abs.a. 105,25 – 106,20 m.).

14. Statybos sklypas pagal pateiktą techninę užduotį yra tinkamas sumanyto projekto įgyvendinimui, tačiau reikalinga numatyti atitinkamas priemones pamatų ir kasinių apsaugai apsaugai nuo galimo podirvio vandens pritekėjimo. Podirvio vandens pašalinimui rekomenduojame numatyti vandens pašalinimą atviru būdu.

15. Statybos sklypo ribose yra vykdomi žemės darbai. Yra planuojamas statybos aikštelės paviršius. Gruntas yra stumdomas, aikštelė lyginama. Žmogaus ūkinės veiklos procesų padarinys yra reljefo pokytis ir technogeninio (piltinio) grunto (tIV) susidarymas. Statybos sklypo ribose buvo pastatyti garažai, paklotos požeminės komunikacijos. Šiuo metu garažai yra nugriauti.

16. Lauko darbų metu aptikto technogeninio (piltinio) grunto (tIV) sluoksnio storis statybos sklypo ribose kinta nuo 1,1 iki 1,9 m. Piltinio grunto sluoksnio storis priklauso nuo atstumo iki buvusių garažų pamatų ir rūsių bei jų įgilinimo.

9. Literatūros sąrašas

1. STR 1.04.02:2011. „Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai“
2. LST EN ISO 14688:2004 –1,2. Geotechniniai tyrimai ir bandymai. Gruntų atpažintis ir klasifikavimas.
3. LST EN 1997-1:2005, LST EN 1997-2:2007–1,2. Geotechninis projektavimas. Pagrindinės taisyklės, pagrindo tyrinėjimai ir bandymai.
4. LST CEN ISO/TS 17892 -1,2,3,4,11,12:2005. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai.
5. S. Bucevičiūtė, V. Marcinkevičius, D. Dansevičienė. Lietuvos inžinerinis geologinis žemėlapis M 1:500000, LGT, Vilnius, 1997.
6. Lietuvos geomorfologinis žemėlapis M 1:200 000.
7. LST EN ISO 22475-1:2007 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai.
8. ISO 22476-1:2012 „Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Lauko bandymai, 1 dalis. Įspaudimo bandymas, naudojant pjezoelektrinį kūgį“.

UAB "VILNIAUS INŽINERINĖ GEOLOGIJA"

GRUNTŲ LABORATORINIŲ TYRIMŲ REZULTATŲ LENTELĖ

**OBJEKTAS: Statybos sklypas (daugiabučiai gyvenamieji namai) Lazdynėlių g.32, Lazdynų sen.,
Vilniaus m. sav. (skl. Kad.Nr.0101/0068:1520)**

Kompl. Nr. 0103824

Gręžinio Nr.	1	1	1	4	4	4	4	10	10	10	14
Paėmimo gylis, m	2,0-2,5	3,5-4,0	5,5-6,0	2,5-3,0	6,5-7,0	7,8-8,3	8,5-9,0	2,5-3,0	6,0-6,5	7,5-8,0	2,5-3,0
RODIKLIAI											
Kietų dalelių tankis Mg/m ³	2,67				2,66	2,66					
Gamtinis tankis Mg/m ³	1,82	1,91	1,93	1,58	1,66	1,65	1,67	1,68	1,72	1,70	1,63
Poringumo koeficientas											
Plastingumo rodikliai											
<i>takumo drėgnis</i>											
<i>plastingumo drėgnis kočiojant</i>											
<i>plastingumo rodiklis</i>											
<i>takumo rodiklis</i>											
Gamtinis drėgnis		0,079									
<i>Filtracijos koeficientas, m/parą</i>		11,8				3,7		4,3			
GRANULOMETRINĖ SUDĖTIS											
	Dalelių dydis mm.										
Gargždas	Ø 20,0-6,3	6,8									
Žvyras	Ø 6,3-2,0	18,9				1,2		3,3			
Smėlis	Ø 2,0-0,63	29,3				6,4		15,1			
Smėlis	Ø 0,63-0,2	17,4				25,1		43,7			
Smėlis	Ø 0,2-0,063	19,3				59,5		28,1			

Dulkis	Ø 0,063-0,02		5,1				5,4		7,4			
Dulkis	Ø 0,02-0,0063		3,2				2,4		2,1			
Dulkis	Ø 0,0063-0,002								0,3			
Molis	Ø <0,002											
GRUNTAS		Žvyringas smėlis, vidutinio tankumo	Žvyringas smėlis, tankus	Žvyringas smėlis, labai tankus	Žvyringas smėlis, labai purus	Vidutinio rupumo smėlis, vidutinio tankumo	Smulkus smėlis, vidutinio tankumo	Smulkus smėlis, tankus	Vidutinio rupumo smėlis, tankus	Vidutinio rupumo smėlis, labai tankus	Smulkus smėlis, labai tankus	Vidutinio rupumo smėlis, labai purus
IGS Nr.		10	11	12	2	7	3	4	8	9	5	6

Data: 2016.11.23 -
2016.12.02

Atliko: Aistė Daukšytė

GRUNTŲ FIZIKINIŲ - MECHANINIŲ SAVYBIŲ SUVESTINĖ LENTELĖ

Lentelė Nr.3

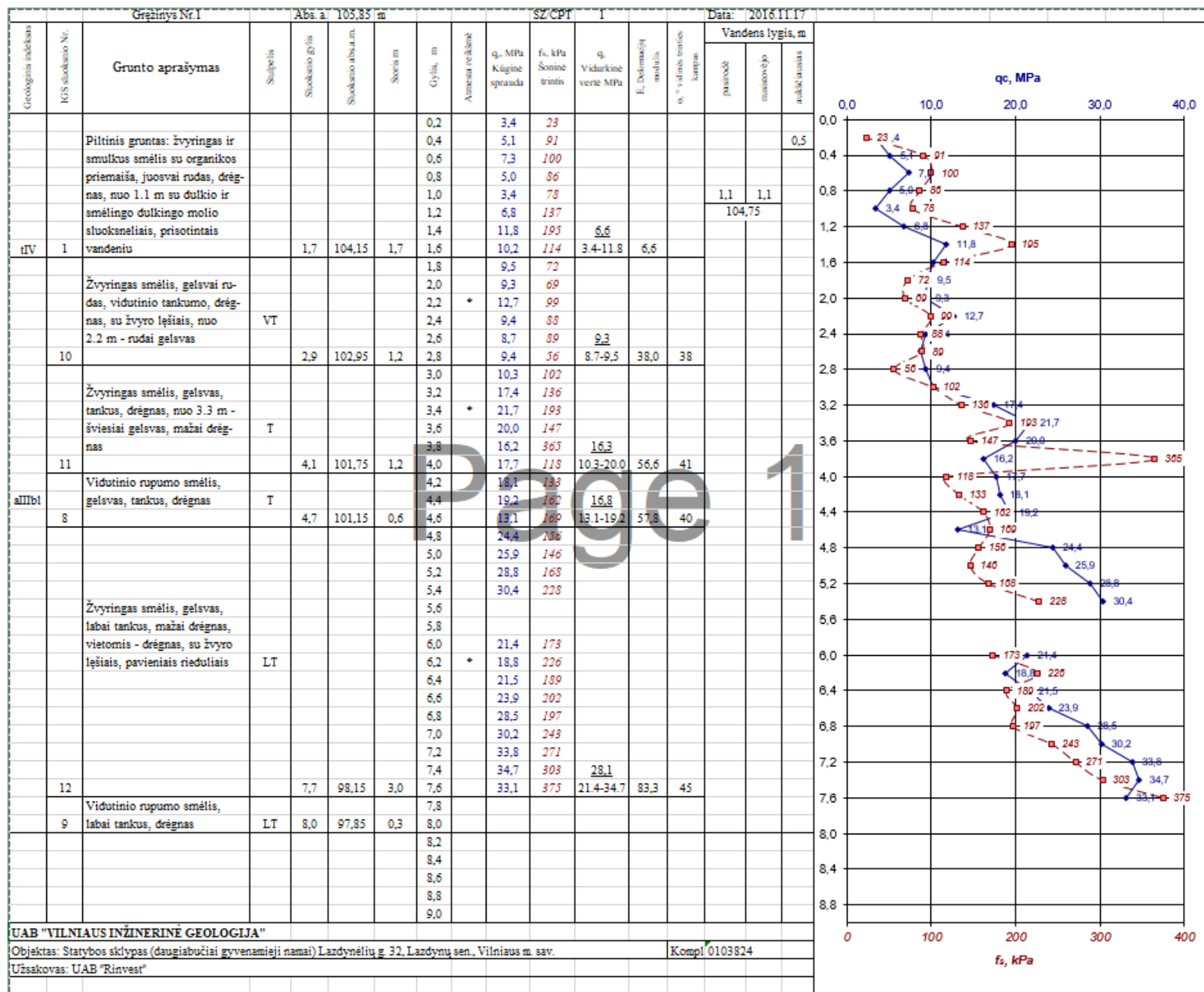
Geol. indeksas	IGS. Nr.	Gruntų aprašymas	Grupės simbolis Trumpasis žymuo	Kietų dalelių tankis Mg/m ³	Gamtinis tankis Mg/m ³	Gamtinis drėgnis vnt.d	Kūginė sprauda MPa	Deformacijų modulis MPa	Vidinės trinties kampas Laipsn.	Filtracijos koef. m/parą
				ρs	ρ	w	q _c	E	φ	k _f
tIV	1	Piltinis gruntas	Mg	-	-	-	$\frac{3,4^*}{0,3-11,8}$	3,4*	-	-
aIIIbl	2	Žvyringas smėlis, labai purus - purus	grSa	-	1,58**	-	$\frac{1,6^*}{0,9-3,6}$	2,4*	30*	-
	3	Smulkus smėlis, vidutinio tankumo	FSa	2,66**	1,65**	-	$\frac{7,9^*}{5,1-10,0}$	33,8*	35*	3,7**
	4	Smulkus smėlis, tankus	FSa	-	1,67**	-	$\frac{15,2^*}{10,4-20,0}$	53,9*	39*	-
	5	Smulkus smėlis, labai tankus	FSa	-	1,70**	-	$\frac{29,2^*}{20,1-40,0}$	85,6*	43*	-
	6	Vidutinio rupumo smėlis, labai purus – purus	MSa	-	1,63**	-	$\frac{2,4^*}{1,7-4,9}$	3,6*	28*	-
	7	Vidutinio rupumo smėlis, vidutinio tankumo	MSa	2,66**	1,66**	-	$\frac{7,1^*}{5,0-9,8}$	31,4*	34*	-
	8	Vidutinio rupumo smėlis, tankus	MSa	-	1,68**	-	$\frac{14,9^*}{10,1-20,0}$	53,1*	39*	4,3**
	9	Vidutinio rupumo smėlis, labai tankus	MSa	-	1,72**	-	$\frac{26,8^*}{20,3-36,3}$	80,6*	42*	-
	10	Žvyringas smėlis, vidutinio tankumo	grSa	2,67**	1,82**	-	$\frac{8,8^*}{6,0-9,8}$	36,5*	38*	-
	11	Žvyringas smėlis, tankus	grSa	-	1,91**	0,079**	$\frac{15,0^*}{10,3-20,0}$	53,3*	41*	11,8**

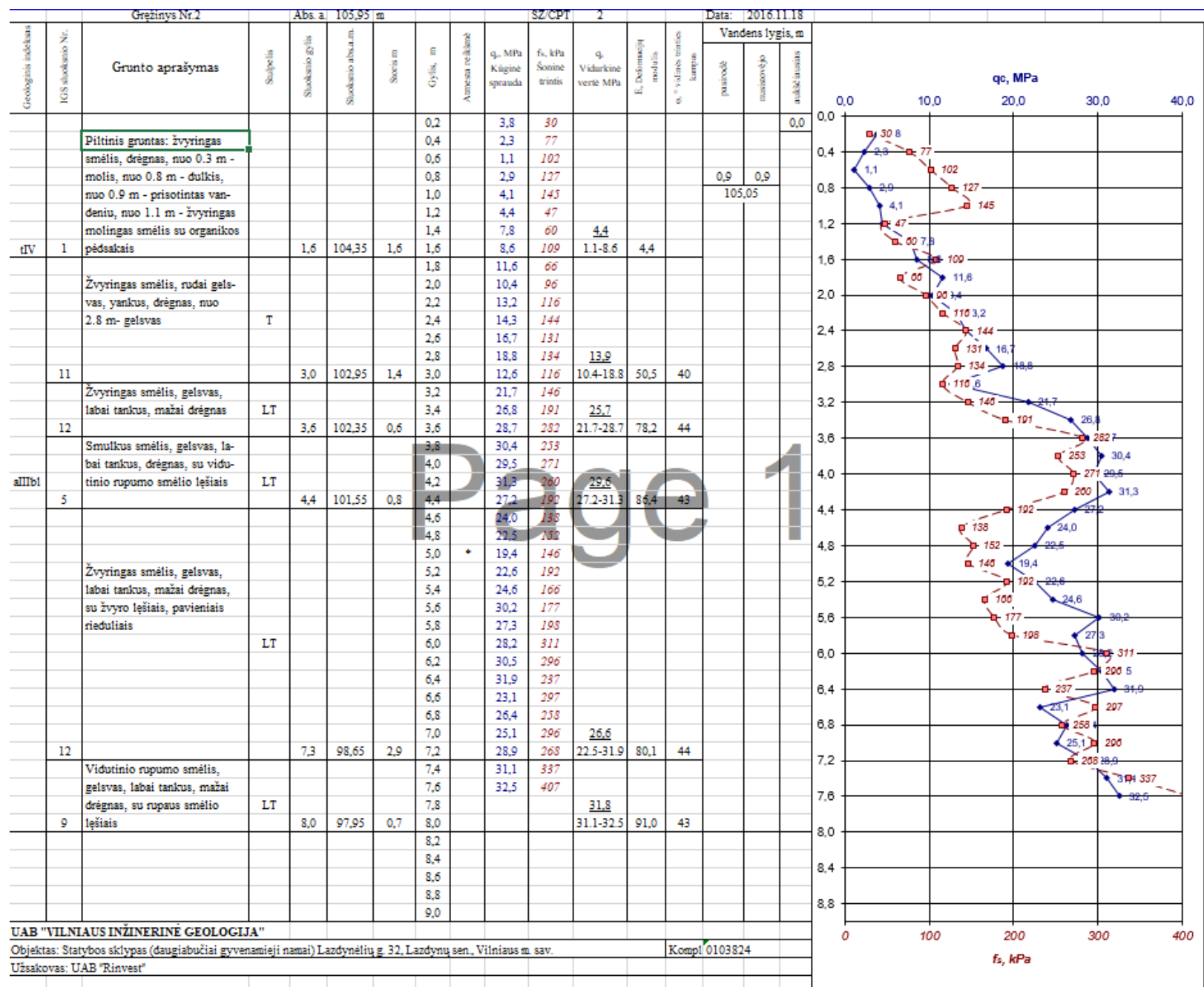
12	Žvyringas smėlis, labai tankus	grSa	-	1,93**	-	$\frac{26,1*}{20,3-39,5}$	79,0*	44*	-
----	-----------------------------------	------	---	--------	---	---------------------------	-------	-----	---

Pastaba: * - pagal statinio zondavimo duomenis, ** - pagal laboratorinių tyrimų duomenis,

$\frac{1,1}{1,0-1,2}$ - vidurkinė reikšmė

1,0-1,2 - minimali ir maksimali reikšmė



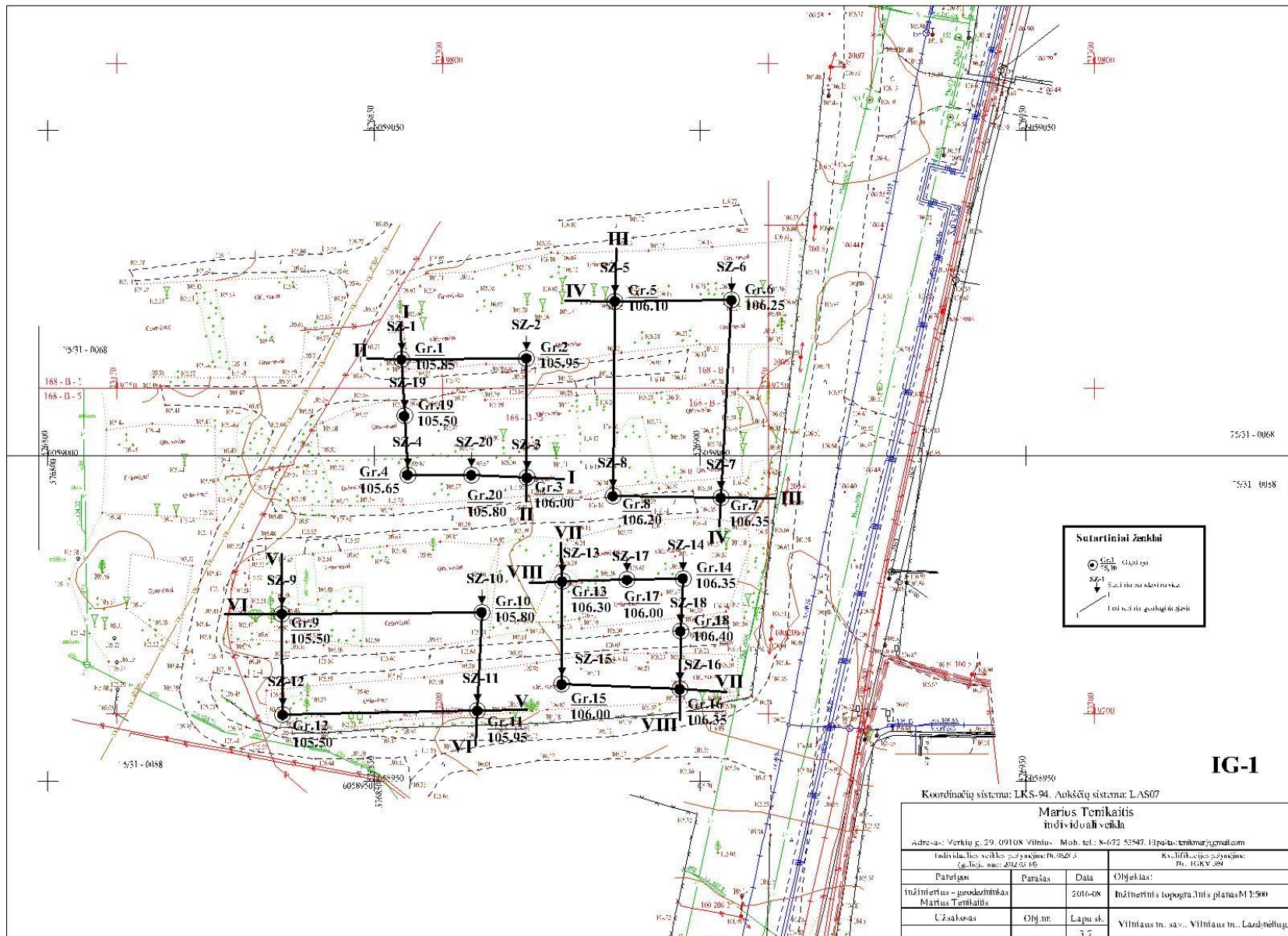


UAB "VILNIAUS INŽINERINĖ GEOLOGIJA"

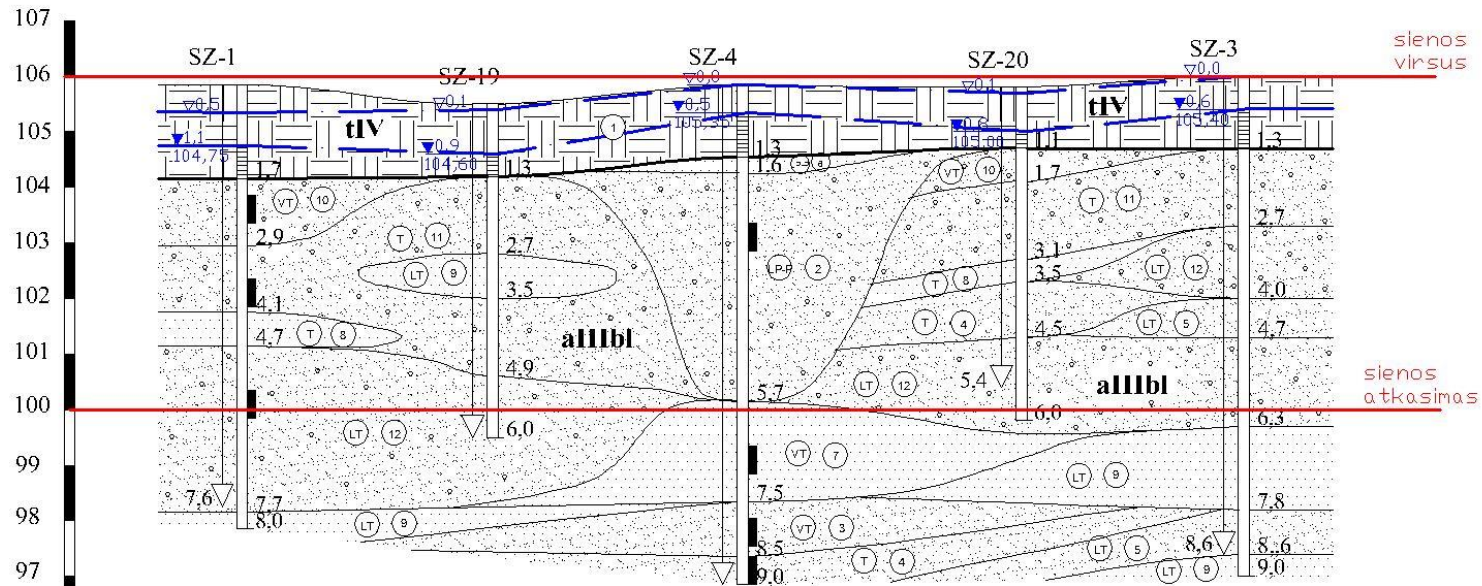
Objektas: Statybos sklypas (daugiabučiai gyvenamieji namai) Lazdynėlių g. 32, Lazdynų sen., Vilniaus m. sav.

Kompl. 0103824

Užsakovas: UAB "Rinvest"



INŽINERINIS GEOLOGINIS PJŪVIS I-I

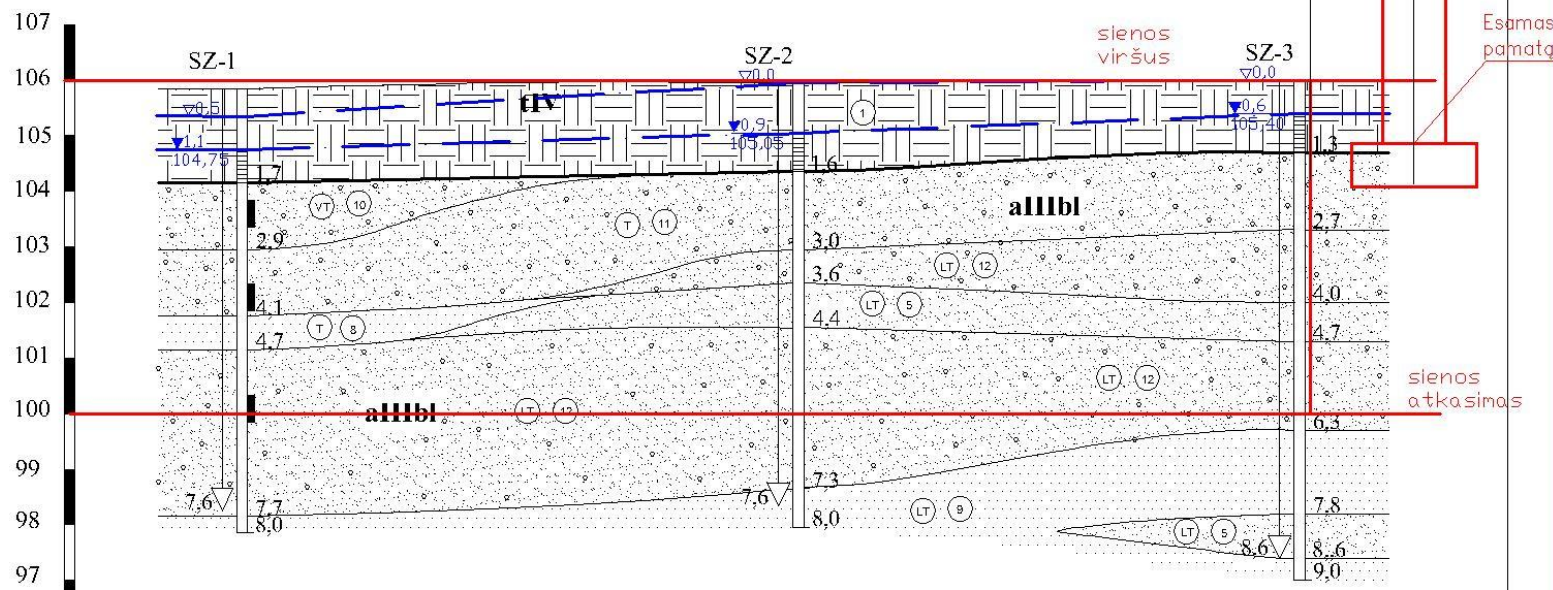


Gręžinių Nr.	1	19	4	20	3
Atstumas m.	9,00	9,00	10,00	8,00	
Abs. a., m.	105,85	105,50	105,85	105,80	106,00

UAB "VILNIAUS INŽINERINĖ GEOLOGIJA"

Objektas	Statybos sklypas (daugiabučiai gyvenamieji namai) Lazdynėlių g. 32, Lazdynų sen., Vilniaus m. sav. (skl. kad. Nr. 0101/0068:1520)				
Brėžinys	Geologinis pjūvis I-I, Mv 1:100, Mh 1:200				
Direktorius	R.Šakalis	Kompleksas	Data	Lapas	
Vykdytojas	A.Daukšytė	0103824	2016 12 05	IG-2	
Užsakovas	UAB "RINVEST"				

INŽINERINIS GEOLOGINIS PJŪVIS II-II



Gręžinių Nr.	1	2	3
Atstumas m.	20,00	18,00	
Abs. a., m.	105,85	105,95	106,00

UAB "VILNIAUS INŽINERINĖ GEOLOGIJA"

Objektas	Statybos sklypas (daugiabučiai gyvenamieji namai) Lazdynėlių g. 32, Lazdynų sen., Vilniaus m. sav. (skl. kad. Nr. 0101/0068:1520)				
Brėžinys	Geologinis pjūvis II-II, Mv 1:100, Mh 1:200				
Direktorius	R.Šakalis	Kompleksas	Data	Lapas	
Vykdytojas	A.Daukšytė	0103824	2016 12 05	IG-3	
Užsakovas	UAB "RINVEST"				

