

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪROS TECHNOLOGIJŲ IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
JŪRŲ INŽINERIJOS KATEDRA

KLAIPĖDOS UOSTO KRANTINĖS NR. 137A
REKONSTRUKCIJOS PROJEKTO INKARŲ
TYRIMAS IR ALTERNATYVŲ NAGRINĖJIMAS
GEO5 PROGRAMA

Magistro baigiamasis darbas

Autorius

JMNUSI19 stud. Linas Valančius

Vadovė

Lekt. dr. Jevgenija Rutė

Konsultantas

Asist. Artūras Šlauteris

Klaipėda 2021

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

Pildo bakalauro / magistro baigiamojo darbo autorius

Linas Valančius

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Klaipėdos uosto krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos projekto inkarų tyrimas ir alternatyvų
nagrinėjimas GEOS programa

(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad bakalauro/magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant
kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis bakalauro/ magistro darbas
ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

Linas Valančius

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Sutinku, kad bakalauro / magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m.
Klaipėdos universiteto studijų procese.

Linas Valančius

(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Pildo bakalauro / magistro baigiamojo darbo vadovas

Bakalauro / magistro baigiamąjį darbą ginti

leidži

2021-05-19

(data)

Sergejus Ruble

(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo Jūrų inžinerijos katedrės, kuriojančios studijų programą, administratorius (sekretorius)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

6176-M-BD-JI-05

2021-05-24

(data)

Aušra Gricė

(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo Jūrų inžinerijos katedros, kuriojančios studijų programą, vedėjas ir programų vadovas

Bakalauro / magistro baigiamąjį darbą ginti

(rašyti - leidži arba neleidži)

Prof. habil. dr. Sergejus Lebedevas

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

(data)

Bakalauro / magistro baigiamąjį darbą ginti

LEIDŽIU

2021 05 24

(data)

(rašyti - leidži arba neleidži)

Michail Samofalov

(programų vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentais skiriu

Lekt. dr. Darius Narmontas

(rašyti recenzento vardą, pavardę)

Lekt. dr. Vyantas Bagočius

(rašyti recenzento vardą, pavardę)

2021 05 24

(data)

Michail Samofalov

(programų vadovo vardas, pavardė ir parašas)

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas
Jūrų inžinerijos katedra

Studijų programa: *Uosto statiniai*
Valstybinis kodas: *6211EX070*
Pakopa: antroji

Kvalifikacija: statybos inžinerijos magistras

TVIRTINU:

Studijų programos vadovas

..... *prof. dr. Michail Samofalov*
(pareigos, mokslo laipsnis, vardas, pavardė)

.....
(parašas)
..... *2021 m. kovo 23 d.*
(data)

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO
UŽDUOTIS

Studentas: *Linas Valančius*
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: *KLAIPĖDOS UOSTO KRANTINĖS NR. 137A REKONSTRUKCIJOS*
PROJEKTO INKARU TYRIMAS IR ALTERNATYVU NAGRINĖJIMAS GEOS PROGRAMA

Baigiamajam darbui rengti taikyti galiojančius Lietuvoje normatyvinius statybos techninius dokumentus, projektus, mokslo literatūrą.

Baigiamojo darbo sandara (atsižvelgiant į 2020 m. vasario 6 d. patvirtintą KU studentų savarankiškų rašto darbų bendrųjų reikalavimų aprašo reikalavimus, 2020 m. gruodžio 3 d. patvirtintą KU JTGMF Statybos inžinerijos studijų krypties studentų savarankiškų rašto darbų reikalavimų aprašo reikalavimus):

1) *Apipavidalinimo įžanginiai dokumentai*

- *Antrašties lapas*
- *Santrauka lietuvių kalba ir anglų kalba, gali būti dar kita kalba papildomai*
- *Turinys*
- *Santrumpų sąrašas, jeigu reikia*
- *Sąvokų sąrašas, jeigu reikia*

2) *Tyrimai*

- *Įvadas*
- *Teorinė tyrimų dalis – Inkarų projektavimas, krantinės ir atraminės sienutės*
- *Bendrosios baigiamosios išvados*
- *Rekomendacijos*

3) *Baigiamieji dokumentai*

- *Literatūra*
- *Skaitytų pranešimų bei parengtų mokslinių straipsnių kopijos*
- *Priedai*

Parengtą baigiamąjį darbą pateikti nustatytu laiku.

Užduoties gavimo data: *2021 m. kovo 23 d.*

Darbo baigimo terminas: *2021 m. gegužės 17 d.*

Studentas: *Linas Valančius*
(vardas, pavardė) (parašas)

Darbo vadovas: *Jevgenija Rutė*
(vardas, pavardė)

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe (toliau - BD), I-ame skyriuje, apžvelgta inkarinių templių retrospektyva, šiuo metu dažniausiai naudojamų inkarų tipai, įrengimo technologija, eksploatacija bei monitoringas. Išnagrinėtos pagrindinės projektavimo nuostatos, reikalavimai ir rekomendacijos. Taip pat aprašyta programinės įrangos GEO5 pritaikymo galimybės, paprogramių įvairovė sprendžiant įvairias geotechnines užduotis. Šiame skyriuje pateikiamas tiriamas Klaipėdos uosto krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos projektas (toliau – Projektas).

BD II-ame skyriuje yra pateikiamos sudarytos projektavimo sąlygos bei uždaviniai. GEO5 programine įranga sumodeliuotas Projekte numatytas sprendinys, bei 17 skirtingų alternatyvų su trimis skirtingais inkaro posvyrio kampais ($26,5^\circ$; $35,0^\circ$; $45,0^\circ$), trimis skirtingais inkaro ilgiais (27,5 m; 30,5 m; 33,5 m) ir dviem skirtingais inkaro šaknies ilgiais (12,5 m; 15,0 m). Šiame skyriuje išnagrinėjamas Projekte numatytas sprendinys bei jo alternatyvos, pateikiamos modelių skaičiuojamosios schemos ir skaičiavimo rezultatai.

BD III-iame skyriuje lyginami skaičiavimo rezultatai, pateikiami grafikai. Nustatomos ir aprašomos galimos alternatyvos, pateikiami jų skaičiavimo rezultatai.

Išvadų ir rekomendacijų skyriuje pateikiamos BD nagrinėtos galimos Projekto sprendinio alternatyvos, aptariami galimi veiksniai, lėmę tokius skaičiavimo rezultatus. Pateikiami pasiūlymai dėl Geo5 programinės įrangos tobulinimo.

Valančius L. Klaipėdos uosto krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos projekto inkarų tyrimas ir alternatyvų nagrinėjimas GEO5 programa. Uosto statinių magistro studijų baigiamasis darbas. Darbo vadovė prof. dr. J. Rutė, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2021. 75 p. ir 9 priedai.

Raktažodžiai: Klaipėda, uostas, krantinė, įlaidai, įlaidinė sienutė, inkarai, inkarinės templės, geologija, gruntai, alternatyvos, GEO5 programinė įranga.

SUMMARY

In Chapter I of this Master's Thesis (hereinafter referred to as BD) the retrospective of ground anchors, currently the most commonly used types of anchors, installation technology, exploitation and monitoring are analyzed. The main design provisions, requirements and recommendations are examined. The application possibilities of Geo5 software and the variety of its subroutines for solving various geotechnical tasks are also described in this work. In this section the investigation of the Reconstruction Project of Klaipėda port quay No. 137A (hereinafter referred to as the Project) is presented.

The designed conditions and tasks of the Project are presented in Chapter II. While using GEO5 software the solution of the Project was modeled, as well as 17 different alternatives with three different anchor tilt angles (26,5°; 35,0°; 45,0°), three different anchor lengths (27,5 m; 30,5 m; 33,5 m) and two different anchor root lengths (12,5 m; 15,0 m). This chapter examines the solution envisaged in the Project and its alternatives, presents the calculation schemes of the models and the calculation results.

In Chapter III the calculation results are compared and graphs are presented. Possible alternatives are identified and described, also the results of their calculation are presented.

The possible alternatives of the Project solution examined in BD are presented in the Conclusions and Recommendations chapter and the possible factors that influenced such calculation results are discussed. Suggestions for improving GEO5 software are provided.

Valancius L. Investigation of Ground Anchors in the Reconstruction Project Quay No. 137A and Consideration of Alternatives by Using GEO5 Software. Port structures study programs final master's thesis. Supervisor prof. dr. J. Rutė, Klaipėda University: Klaipėda, 2021. 75 p. and Annexes 9.

Keywords: Klaipėda, port, quay, sheet pile, sheet pile wall, ground anchors, geology, soils, alternatives, GEO5 software.

TURINYS

IVADAS	7
I. INKARAI. RETROSPEKTYVA	9
1.1. Inkarų montavimas ir monitoringas	13
1.2. Inkarų projektavimas	18
1.3. Krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos projektas.....	23
1.4. Gruntų klasifikacija pagal EN ISO 14688-1(2):2018	24
1.5. Tiriamų krantinių retrospektyva ir dabartinė situacija.....	25
II. PROJEKTINIŲ SĄLYGŲ NUSTATYMAS IR MODELIAVIMAS	27
2.1. Bendra krantinės Nr. 137A charakteristika.....	27
2.2. Krantinės Nr. 137A projektavimo sąlygos	28
2.3. Situacijos modeliavimas GEO5 programine įranga.....	30
2.4. Alternatyvų modeliavimas GEO5 programine įranga	39
III. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS	57
3.1. Esamos situacijos modeliavimo rezultatai	60
3.2. Alternatyvų modeliavimo rezultatai	61
3.3. Rezultatų palyginimas.....	63
3.4. Geriausios alternatyvos nustatymas	67
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	69
LITERATŪRA	72
PRIEDAI	75

IVADAS

Kylant ekonomikai natūralu, kad plečiasi ir infrastruktūra: tiesiami įvairūs keliai, kasami tuneliai, statomi tiltai. Visais laikais buvo ieškota būdų, kaip eikvojant mažiausiai resursų gauti greičiausią bei kokybiškiausią rezultatą. Dabar, esant rimtoms klimato kaitos problemoms, reikia rasti, kaip žmonių vykdomiems procesams sunaudoti kuo mažiau neatsinaujinančių gamtos išteklių ir į orą išmesti kuo mažiau anglies dvideginio.

Siekiant sužinoti, kokia transporto rūšis (geležinkelis, autotransportas ir vandens transportas) sukelia daugiausia neigiamų pasekmių buvo atliktas tyrimas (Katkevičius 2008, p. 10). Tyrime buvo pasirinkti 6 neigiami rodikliai: įvykusios avarijos, triukšmingumas, oro tarša, grunto/vandens tarša, trukdymas gyventojams ir naudojamos žemės. Palyginus tris pagrindines transporto rūšis gauta, kad didžiausią neigiamą poveikį sukelia autotransportas. Beveik 4 kartus mažiau neigiamų pasekmių sukelia geležinkelis. Iširta, jog vandens transportas daro mažiausią žalą ir yra net 18,5 karto „gamtai draugiškesnis“ už autotransportą ir 4,5 karto už geležinkelį. Įvertinus šį faktą, galime suprasti, kad svarbu plėtoti jūrų kelius bei jų transportą, ne tik dėl ekonominių sumetimų, bet ir dėl moralinės atsakomybės. Apie uosto plėtros būtinybę plačiau rašoma 2001 m. V. Paulausko ir kt. autorių knygoje „Uosto technologija“.

Lietuva turi 1 krovinių jūrų uostą ir 15 turistinių ir vidaus vandenų uostų. Klaipėdos uostas yra ne tik labiausiai į šiaurę nutolęs neužšalantis rytinės Baltijos jūros krovinių uostas, bet ir iš šio uosto yra trumpiausi atstumai sausuma iki svarbiausių pramoninių Rytų šalių regionų (K. Skerys 2010). Lietuvai šis uostas ir jo plėtra yra ypač svarbūs, nes jame sukuriama apie 6,13 procentų viso Lietuvos sukuriama BVP. 2019 metų gruodžio mėnesio 11 dieną Lietuvos vyriausybės posėdžiu (2019) buvo patvirtintas Klaipėdos uosto bendrasis planas. Jame numatytas uosto teritorijos padidinimas nuo 557 hektarų iki 837 hektarų. Planuojama labiau išvystyti pietinėje Klaipėdos dalyje esančią uosto dalį, panaudojant rezervinę teritoriją, ir suformuoti naują sausumos teritoriją ties Smeltės pusiasaliu. Šiuo metu VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija su VšĮ Centrine projektu valdymo agentūra pasirašė finansavimo sutartį projekto, kurio pagrindinis uždavinys yra Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalą nuo PK21 iki PK85 įgilinti iki 15,0 m gylio. Ateityje bus siekiama pagilinti dugną iki 17 metrų.

Tokie Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimo planai yra neatsiejami nuo naujų krantinių įrengimo bei esamų krantinių rekonstrukcijos darbų. Kadangi krantinėje dažniausiai naudojama laikančioji konstrukcija yra plieninė įlaidinė sienutė – jos pagrindinio elemento inkarinės templės, dar kitaip inkaro, efektyvus panaudojimas yra labai aktualus uždavinys. Inkaras – tai tokia konstrukcija, kuri tempimo apkrovas perduoda į žemiau esančius gruntus, taip užtikrindama krantinės, ar kitos konstrukcijos, kur naudojamas inkaras, stabilumą. Inkarai yra naudojami įvairiose konstrukcijose: nuo požeminių tunelių, krantinių bei užtvankų iki aukštų statinių, tokių kaip

komunikacijų antenos ar keltuvai. Įrengus inkarus, dažnu atveju yra sutaupoma tiek finansinių išteklių, tiek žmonių darbo jėgos.

Tyrimo problema – Projekto sprendinio ir jo alternatyvų nagrinėjimas siekiant optimizuoti krantinės, sutvirtintos inkarinėmis templėmis, konstrukciją ir naujos programinės įrangos GEO5 panaudojimas šiam geotechniniui uždaviniui spręsti.

Tyrimo objektas – gruntinių inkarų panaudojimas Klaipėdos uosto krantinėje Nr. 137A ir programinės įrangos GEO5 pritaikymas.

Darbo tikslas – ištyrus krantinės Nr. 137A projektinį sprendinį, nurodytą techniniame projekte „Dokų duobės kasimas, naujos dokų inkaravimo sistemos įrengimas ir krantinių Nr. 137A, 138A ir 139 (dalies) rekonstravimas su geležinkelio kelių statyba, Minijos g. 180, LT-93269 Klaipėda“, programine įranga GEO5 sumodeliuoti projekte nurodyto krantinės sprendinio situaciją ir pateikti šiam sprendiniui alternatyvas, kuriomis krantinės konstrukcija galėtų būti optimizuojama.

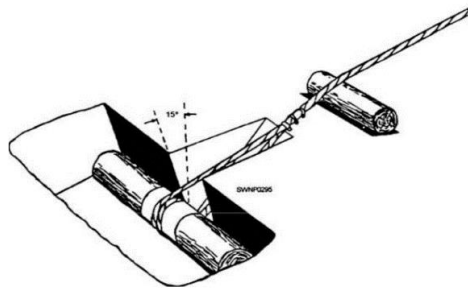
Darbo uždaviniai:

1. atlikti inkarinių templių literatūros šaltinių analizę:
 - 1.1. inkarų retrospektyva, tipai, projektavimas, įrengimo technologija bei monitoringas;
 - 1.2. GEO5 programinės įrangos apžvalga ir galimybės sprendžiant geotechnines užduotis;
 - 1.3. projekto aprašymas.
2. atlikti pasirinktų krantinės Nr. 137A inkaravimo sprendinių analizę GEO5 programine įranga:
 - 2.1. sumodeliuoti ir apskaičiuoti Projekto sprendinį, pateikti rezultatus;
 - 2.2. sumodeliuoti ir apskaičiuoti Projekto sprendinio alternatyvas, pateikti rezultatus.
3. palyginti sumodeliuotą ir apskaičiuotą Projekto sprendinį su alternatyvomis, išnagrinėti galimas alternatyvas bei apibendrinti gautus rezultatus;
4. pateikti išvadas ir rekomendacijas.

Baigiamajame darbe taikyti tyrimo metodai: mokslinės literatūros, Lietuvos Respublikos bei Europos Sąjungos reglamentų ir kompetentingų inžinierių rekomendacijų analizė. Pasirinktų Klaipėdos miesto hidrotechninių statinių su inkarais projektų tyrimas ir konkrečių projektuose nurodytų konstrukcijų skaitmeninis modeliavimas programine įranga ir palyginimas. Studijų metų bei savarankiškai įgytų žinių pritaikymas. Baigiamasis darbas parengtas pagal 2020 m. vasario 6 d. Klaipėdos universiteto nutarimu Nr. 11-35 patvirtintą Klaipėdos universiteto studentų savarankiškų rašto darbų bendrųjų reikalavimų aprašą, 2020-12-03 protokolu Nr. 45JG-21 patvirtintą Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Statybos inžinerijos studijų krypties studentų savarankiškų rašto darbų reikalavimų aprašą, bei J. Rutės ir M. Samofalovo parengta mokomąja knyga „Pajūrio regiono statybos inžinerijos bakalauro studijų baigiamojo darbo rengimas“ (2018).

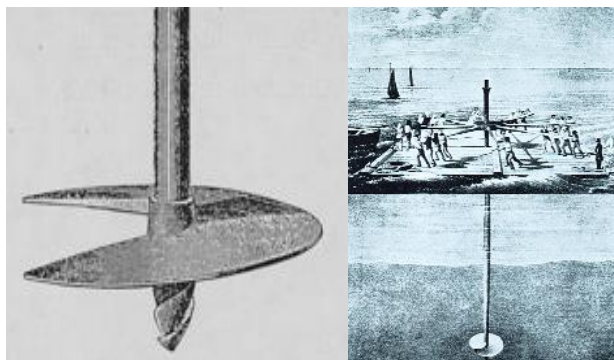
I. INKARAI. RETROSPEKTYVA

Inkaravimo technologijos užuomazgas galime pastebėti žymiai anksčiau nei galime įsivaizduoti. Pradžioje žmonės naudodavo paprasčiausiai medžius, kad galėtų pririšti gyvulius, valtis. Statyboms sunaudoję didelę dalį medienos savo teritorijoje, žmonės ėmė stigti medžių, prie kurių būtų galima kažką pririšti, todėl sugalvojo savitą inkaravimo sistemą, dar žinomą kaip „Log Deadman“ (Aarsleff 2017), kuri pavaizduota 1 paveiksle.



1 pav. „Log Deadman“ iliustracija (Rigging 1968)

Anksčiausiai žinomas „šiuolaikinis“ inkaras buvo sraigtinis pamatas (2 pav.), suprojektuotas 1833-aisiais metais aklo airių inžinieriaus Alexanderio Mitchellio, kuris buvo žinomas kaip sraigtinio polio švyturio išradėjas. Apie A. Mitchellį galime rasti informacijos įvairiuose literatūros šaltiniuose (Belfast's blind engineer 2006; Bigger 1907). Pastarieji pamatai buvo naudojami švyturių bei signalinių ugnies žibintų pamatams visame pasaulyje. 1848 metais šis inžinierius buvo išrinktas nariu į „Institution of Civil Engineers“ ir gavo „Telford Medal“ apdovanojimą už sraigtinio pamato išradimą. Iki 1900-ųjų didesnių pokyčių inkarų įrengimo technologijoje nebuvo.



2 pav. Inkaro apačia bei įrengimo technologija (Belfast's blind engineer 2006)

1912-aisiais metais Albertas Bishopas Chance'as išrado pirmąjį praktinį gruntinį inkarą (Aarsleff 2017). Viskas prasidėjo, kai didelė sniego audra suniokojo Centralijos miestelį esantį Misūrio valstijoje, ko pasekoje buvo sugadinta telefono sistema, kurios valdytojas buvo Albertas Bishopas. Visus telefono ryšio stulpus reikėjo vienaip ar kitaip tvarkyti: vienus užteko patiesinti, daugumą reikėjo perinkaruoti. Kadangi nebuvo laiko įrenginėti „deadman“ tipo inkarų, reikėjo ieškoti alternatyvų ir jų beieškant buvo išrastas „Never-Creep“ inkaras (į lietuvių kalbą verstūsi kaip neslankiojantis, nepajudinamas), kuris tapo pagrindu tolimesnei inkaravimo technologijai. Pradžioje,

inkarą sudarė apie 60-ies centimetrų ilgio tuščiaviduris strypas, prie kurio galo buvo privirinta kilpa. Pastaroji buvo su srieginiu galu, necinkuota. Praktiškai, strypas buvo prakišamas iki jau išgręžtos ertmės, įsukant jį į ertmėje esantį medinį rastą. Šio tipo įrengimui buvo reikalingi bent du žmonės: vienas laikydavo pririštą rastą skylėje ir reguliuodavo, kol antrasis žmogus strypą įsukdavo į tą rastą, kad pastarasis užsifikuotų. Pritvirtinus strypą, skylė buvo užverčiama gruntu (3 pav.).



3 pav. „Never-Creep“ inkaro schema (Littlejohn 1997)

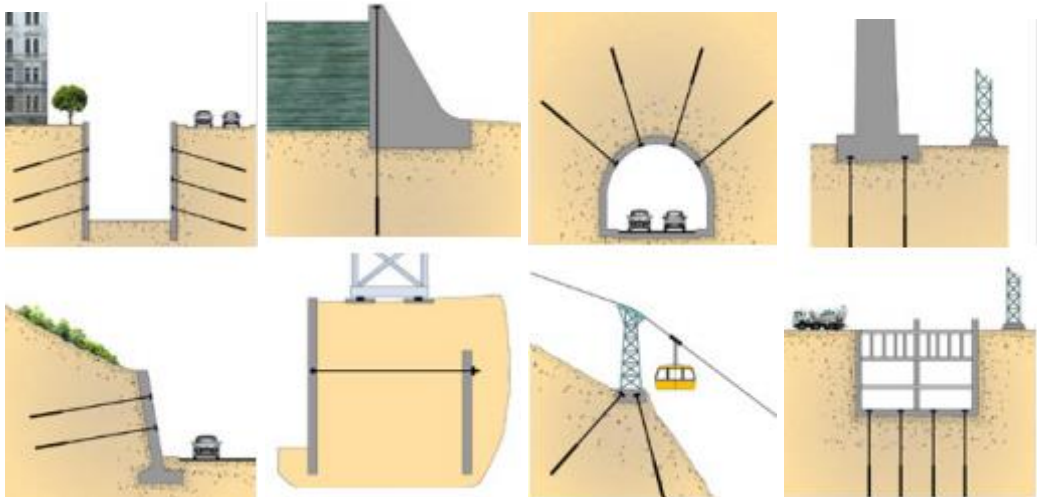
Albertas Bishopas ilgai bandė rasti būdą, kaip mechanizuoti inkarų įrengimo būdą, ko pasekoje buvo išrasti „Power Installed Screw Anchor“ (į lietuvių kalbą išvertus: jėga įsukami inkarai) (Littlejohn, 1997). 1945-aisiais metais Albertas Bishopas sudarė pirmąjį inkarų montavimo vadovą, kuriame aprašė įvairias gruntų rūšis su skirtingais tamprumo moduliais, be abejo, vis tiek buvo reikalinga daryti grunto tyrimus. 1963-aisiais metais buvo išrastas grunto tyrimas srieginiu vamzdžiu. Įgręžus vamzdį į žemę ir ištraukus, buvo galima matyti grunto sluoksnių išsidėstymą ir nebereikėjo kasinėti didelių duobių ir taip silpninti gruntą, kaip tai buvo daroma anksčiau.

Pagerbiant Albertą Bishopą Jungtinėse Amerikos valstijose Centralijos miestelyje yra rengiamas kasmetinis inkarų festivalis „Annual Anchor Festival“ (Annual Anchor Festival 2021).

Remiantis literatūra (Sabatini 1999) nuolatinių inkarų naudojimas Jungtinėse Amerikos Valstijose privačiame statybų sektoriuje buvo pradėtas vėlyvuosiuose 1970-uosiuose. Buvo pastebėta, kad naudojant inkarus kai kuriose konstrukcijose, galima sutaupyti ekonomine bei technine prasme. Pavyzdžiui, inkaruotos sienos, lyginant su gravitacine sienute, didžiausi privalumai:

- Trumpesnis statybų laikas;
- Nereikalingos laikinos atraminės sienutės, naudojamos laikinai darbo vietai įrengti, o naudojant plienines atramines sienutes, pastarosios gali laisvai įsikomponuoti į pagrindinę konstrukciją;
- Nereikia tiek daug vietos kasinėjimams, nereikia giliai įrenginėti pamatus;
- Gebėjimas atlaikyti santykinai didelį horizontalų slėgį, su nedideliu sienos skerspjūviu;
- Nereikia įrengus konstrukciją užpilti tarpo tarp konstrukcijos ir grunto.

Nors inkarai naudojami sąlyginai neseniai ir retai, lyginant su kitomis konstrukcijomis, pastarieji neatskiriami nuo didelių ir ypač svarbių projektų. Inkarai naudojami giliuose kasinėjimuose, norint užtikrinti ilgalaikį ar trumpalaikį stabilumą, pavyzdžiui požeminėse automobilių aikštelėse, rūsiuose ar tranšėjose. Sumontavus inkaruotą sienutę šlaite užtikrinama, kad ši išliktų stabili ir nesudarytų įvairios nuošliaužos. Taip įlaidinę sienutę veikiančios išorinės jėgos perduodamos inkaru į giliau ir toliau nuo šlaito ar paviršiaus esančią konstrukciją. Inkaruojami ir hidrotechniniai statiniai tokie kaip užtvankos. Taip pat inkarais galime užtikrinti stabilumą aukštų konstrukcijų, tokių kaip keltuvai, ryšio stulpai ir panašiai. Inkaravimu galime pasiekti giliau esančią stipresnę gruntą taip sumažindami įvairius statybų kaštus, įrengimo terminą, finansinius bei žmonių darbo išteklius. Inkarai dar gali būti naudojami Archimedo principu gilių konstrukcijų stabilumui išlaikyti, kai yra didelis gruntinio vandens spaudimas (4 pav.)



4 pav. Inkarų panaudojimo galimybės (ThyssenKrupp 2008)

Inkarų sistemos pagal vieną iš literatūrų (Handbook Quay Walls 2005) yra trys:

1. Injekcinis inkaravimas;
2. Antžeminis gijinis;
3. Sraigtinis inkaravimas.

Pagal paskirtį, Lietuvos standarte (LST EN 1537:2013) išskiriami 2 inkarų tipai:

1. Nuolatinis inkaras;
2. Laikinas inkaras.

Nuolatiniai inkarai (ARRSLEFF Gruntiniai inkarai, 2020) projektuojami ilgesniam nei dveju metų laikotarpiui. Tokie inkarai naudojami (5 pav.):

- Įrengiant įvairių rūšių atramines sienas, tokias kaip plieninės spraustasienės, gręžtinės polių sienas, pastovias „Berlyno“ sienutes, tranšėjinės sienas;

- Didelių tempimo jėgų, einančių nuo viršutinės konstrukcijos (pavyzdžiui stiebų atotampos) arba išstūmimo jėgų perkėlimui į gruntą (pavyzdžiui dugno plokštės pastoviai veikiamos išstūmimo);
- Šlaitų, atšlaičių, pylimų stabilizacijai, nuošliaužų apsaugai.



5 pav. Iš kairės į dešinę – Spraustasienė su inkarais, telekomunikacijų antena su atotampomis (gijomis), nuošliaužų apsauga įrengiant atraminę sieną su inkarais (Architectural structural tie bars 2015)

Laikinieji inkarai (ARRSLEFF Gruntiniai inkarai, 2020) projektuojami trumpesniam nei 2 metų laikotarpiui. Tokie inkarai naudojami:

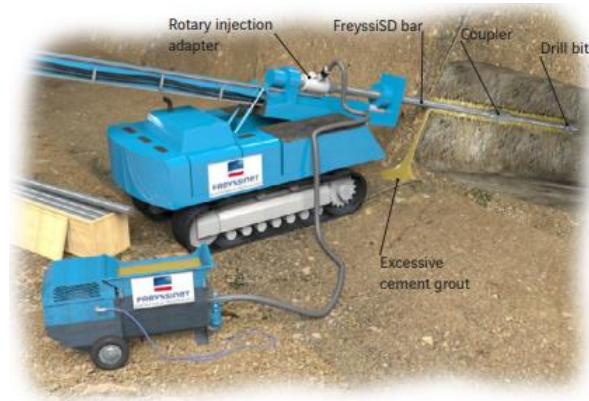
- Įvairių laikinų atraminių sienų, kurios sudaro iškasų atramas, parėmimui;
- Iškasų ar konstrukcijų elementų pastovios apsaugos technologiniam parėmimui;
- Išstūmimo jėgos perkėlimas statant objektą (pavyzdžiui laikinas dugno plokštės ankeravimas, atotampų, polių apkrovos bandymo aikštelių ankeravimas).



6 pav. Iš kairės į dešinę - laikinas konstrukcijų montavimo darbo vietos sienos ankeravimas, iškasų sienos parėmimas plienine sienute su ankeriais (Architectural structural tie bars 2015)

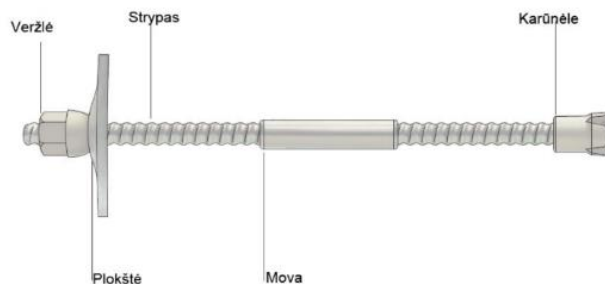
1.1. Inkarų montavimas ir monitoringas

Kadangi dažniausiai Lietuvoje naudojami yra injekciniai inkarai, jų įrengimo technologija išlieka aktualiausia. Injekciniai inkarai gręžiami sraigtinio grąžtu apsauginiuose vamzdžiuose su oro prapūtimu arba panaudojant skystą dumblą, skystą cementą arba kitą projekte apibrėžtą medžiagą (7 pav.).



7 pav. Injekcinio inkaro įrengimas (Soletanche, 2014)

Injekcinį inkarą sudaro: veržlė, plokštelė, strypas, mova bei karūnelė (pav. 8).

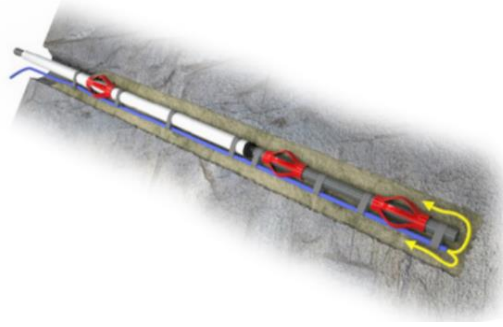


8 pav. Injekcinis inkaras (Injekcinio inkaravimo sistema, 2020)

Injekcinio inkaravimo tipai:

- Gravitacinis inkaravimas (9 pav.);
- Globalinis reinjektavimas (IGU) (10 pav.);
- Pasirinktinis reinjektavimas (IRS) (11 pav.).

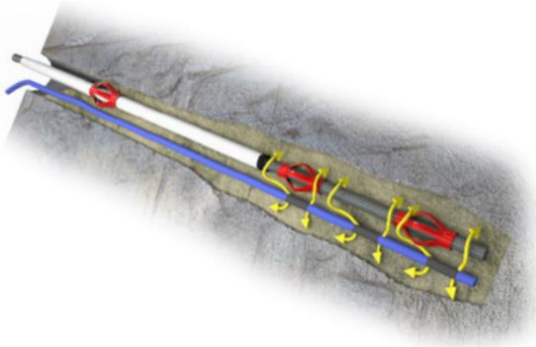
Vienas iš pagrindinių kriterijų apibrėžiant injekcinio inkaravimo tipą yra skiedinio kontrolė injektavimo zonoje. Gravitaciniu inkaravimu gręžinio skylė slėgiu užpildoma betono skiediniu iš apačios. Injektavimo vamzdis yra sumontuotas išilgai inkaro. Kai tik inkaras yra išgręžiamas į gręžinio skylę, cemento skiedinys yra paduodamas į gręžinį tol, kol skiedinys nepasirodo gręžinio paviršiuje. Kartais inkare nėra injektavimo žarnos ir gręžinio skylė yra užpildoma cemento skiediniu anksčiau, nei inkaras yra pastatomas į vietą. Šis metodas yra efektyviausias, kai gruntas yra akmuo ar tankus smėlis. Neekonomiška šio būdo naudoti, kai gruntas yra molis ar durpės. Jei gruntas yra įvairus, inkaras gali būti montuojamas kartu su geotekstile, kad skiedinio sąnaudos būtų minimalios.



9 pav. Gravitacinio injecktavimo principas (ThyssenKrupp 2015)

Globalinio reinjektavimo tikslas yra injektuoti cemento skiedinį į ankeravimo zoną didesniu slėgiu nei su gravitaciniu injecktavimu. Skiedinio tiekimo žarna yra taip pat instaliuota išilgai inkaro, bet gale aklinau uždaryta. Visų pirma atliekamas pirminis injecktavimas. Tada kai skiedinys apstingsta (nuo 10 iki 24 valandų po pirminio injecktavimo), tolimesnis inkaravimas atliekamas per reinjektavimo žarną. Skiedinio slėgis „suskaldo“ cemento skiedinį injektuotą pirmoje fazėje ir sukelia slėgį reikiamoje zonoje. Reinjektavimo žarna turi turėti mažiausiai vieną skylę viename jos metre. Skiedinio slėgis injecktacijos pabaigoje dažniausiai varijuoja tarp 10 barų ir pusę maksimalaus sukkelto slėgio. Šis metodas efektyviausias inkarams montuojamiems smėlyje, o laikiniams inkarams tinkamas visuose gruntuose.

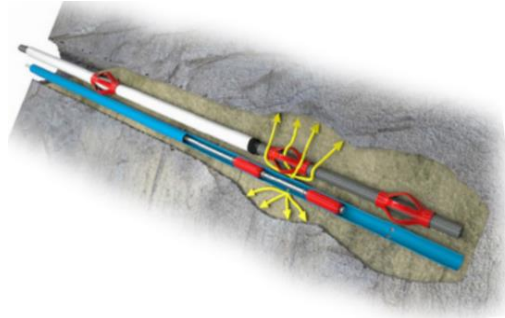
Atramines konstrukcijas remiantys inkarai globališkai reinjektuojami viename arba keliuose lygiuose. Viršutinis inkarų lygis daromas paprastai virš gruntinio vandens lygio. Žemutiniai lygiai dažnai daromi žemiau gruntinio vandens lygio (povandeniniai inkarai) naudojant sandarias ankeravimo galvas.



10 pav. Globalinio reinjektavimo (IGU) principas (ThyssenKrupp 2015)

Pasirinktino reinjektavimo metodas užtikrina puikią kontrolę visoje injecktavimo tūryje ir slėgį visoje skiedinio zonoje. Injecktavimo mova leidžia sumontuoti dvigubą žarną išilgai inkaro. Po gravitacinio injecktavimo fazės, pakartotinis injecktavimas atliekamas naudojant dvigubą injecktavimo žarną. Injecktavimą galima kontroliuoti visuose sluoksniuose. Slėgis injecktavimo pabaigoje neturėtų viršyti 40 barų.

Šis būdas taikomas labai atsakingose konstrukcijose, netipiškomis grunto sąlygomis arba/ir prieš panaudojant naują inkaravimo technologiją. Prieš inkaravimą yra atliekami įžanginiai tyrimai, kurių tikslas patikrinti inkaro laikančiąją galią.



11 pav. Pasirinktinis reinjektavimo (IRS) principas (ThyssenKrupp 2015)

Tam tikram gruntui galima pritaikyti inkaro šaknies tipą (Kugis 2018), kurių yra keturi: vienodo skersmens kaip ir gręžinys (uolienose, morenose); praplatinto cilindro formos (rupiuose gruntuose); netaisyklingos formos (nesankabiuose gruntuose); su mechanškai įrengtais išplatinamais (nuosėdinėse uolienose). Taip pat reiktų atsižvelgti ir į užpildomosios medžiagos (betono) reologines savybes, kurios priklauso nuo skystosios fazės (vandens) kiekio mišiniuose ir vandens ryšio formos bei aišku nuo kitų sudedamųjų dalių: rišiklio, užpildo, stambiojo užpildo, smulkiojo užpildo bei mikroužpildo (Skripkiūnas 2007).

Siekiant išvengti nepageidaujamų deformacijų ir poslinkių, inkarinės templės yra iš anksto įtemptamos. Literatūroje (Handbook Quay Walls 2005) rekomenduojama inkarinę templę išbandyti apkrova lygią 80% nuo projektinės apkrovos.

Kaip ir kitos statybinės konstrukcijos, inkarai yra labai svarbi konstrukcija. Jos patikrinimas sumontavus yra ne mažiau reikšmingas už patį montavimą, todėl inkarai tikrinami šiais Lietuvos reglamente (STR 2.05.21:2016) nurodytais bandymais:

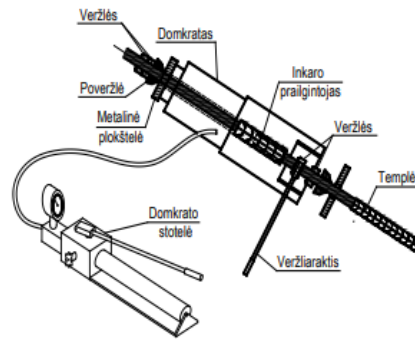
1. 1-asis bandymo metodas. Inkaro apkrova palaipsniui didinama ciklais nuo pradinės apkrovos iki išbandymo apkrovos. Matuojamas inkaravimo taško poslinkis pagal veikiančią apkrovą, o kaskart pasiekus maksimalią kiekvieno ciklo apkrovą – inkaravimo taško poslinkis per laiką;

2. 2-asis bandymo metodas. Inkaro apkrova palaipsniui didinama etapais nuo pradinės apkrovos iki išbandymo apkrovos. Inkaravimo taško poslinkis matuojamas išlaikius tinkamą apkrovą kiekvienu apkrovos etapu;

3. 3-asis bandymo metodas. Inkaro apkrova palaipsniui didinama etapais nuo pradinės apkrovos iki išbandymo apkrovos. Inkaravimo taško poslinkis matuojamas išlaikius nekintamą apkrovą kiekvienu apkrovos etapu.

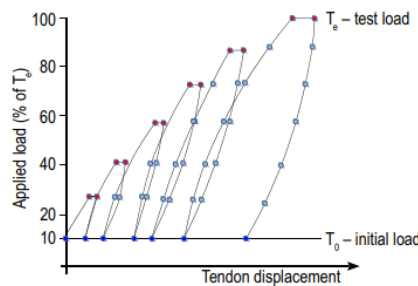
Nors standarte (LST EN 1537:2013) yra apibrėžti 3 inkarų bandymų metodai, 1-asis metodas (12 pav.) yra dažniausiai naudojamas Lietuvoje. Šis metodas sudaro ciklišką pridėtinę apkrovą nuo

pradinės iki maksimalios. Kiekviename cikle, kai reikiama apkrova yra pasiekama, pastaroji paliekama tam tikrą laiką skirtą įvertinti inkaro poslinkį esant pastoviai apkrovai (13 pav.) Po to inkaras yra nukraunamas ir tada palyginama inkaro padėtis su pradine (ATLAS 2014).



12 pav. Hidraulinio bandymo schema (Kreišmontas 2016)

Su tikslu įvertinti inkaro darbo charakteristiką yra pildoma lentelė, su šiais rodmenimis: jėga naudota inkarui; matuoklio rodmenys; matuoklio sudarytas slėgis; inkaro poslinkis; aplinkos temperatūra.



13 pav. Apkrovų ciklai, remiantis 1-uoju bandymo metodu (Santos 2015)

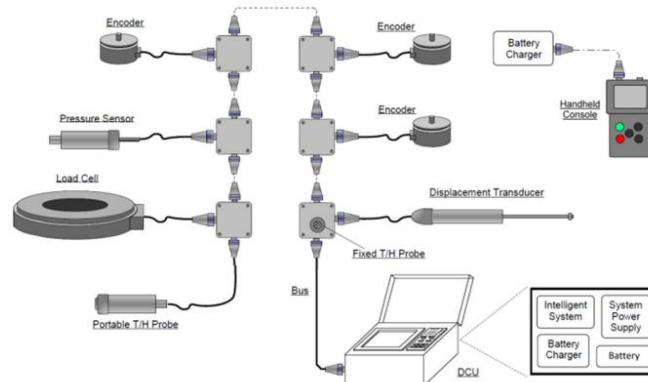
Pagrindiniai Lietuvos rinkai žinomi inkarų gamintojai:

- Anker Schroeder ASDO GmbH (Vokietija) (Architectural structural tie bars 2019);
- BBR VT International Ltd (Šveicarija);
- Thyssenkrupp Infrastructure GmbH (Vokietija);
- Ischebeck GmbH (Vokietija) – dažniausiai Lietuvos rinkai tiekiami inkarai.

Sumontavus ypatingai svarbias konstrukcijas dažniausiai atliekamas monitoringas – statinio ar konstrukcijų elgsenos (įlinkių, išlinkių, poslinkių, posvyrio ir kt.) parametrų matavimas ir analizė, skirtas nustatyti nuokrypas nuo statinio privalomų eksploataavimo (stiprio, standžio, stabilumo, patikimumo) parametrų (Oser 2021; Xiaoming 2016; Zhigang 2021). Priešvariniai požymiai – įlinkiai, išlinkiai, poslinkiai, posvyriai didesni už statybos techninių reglamentų ar kitų norminių dokumentų nurodytas ribines vertes.

Speciali įranga naudojama ne tik montuojant inkarus, bet ir stebint jų darbą, poveikį atlikus statybos darbus. Apie įrangą, naudojamą geotechninėje inžinerijoje, nemažai rašoma ir užsienio literatūroje (Horatiu 2016). Įvairiais prietaisais galima stebėti norimus procesus:

1. Daugiataškiu gręžinio ekstensiometru galime stebėti prognozuojamose vietose plyšių atsiradimus ir esant reikalui atitinkamomis priemonėmis laiku juos stabilizuoti;
2. Inkaro laikymo plokštelės matuokliu galime maksimaliai sumažinti matuoklio jautrumą ekscentriškai apkrovai ir ją stebėti;
3. Tiltmetru galime stebėti tiek didelius konstrukcijų pokyčius statybų ar eksploatacijos metu, tiek minimalius konstrukcijų pokyčius kultūros paveldo objektuose;
4. Trūkių matuokliu galime stebėti jau atsiradusius trūkius. Esant reikalui atitinkamomis priemonėmis laiku juos stabilizuoti.



14 pav. Matavimo sistemos sandara (Santos et. al., 2015)

Visi matavimo prietaisai gali būti sujungti su stebėjimo stotele iš kurios maršrutizatoriumi galima gauti duomenis ar pavojaus išpėjimus į serverį (Landslide monitoring instrumentation 2015). Stebėjimo stotelių energijos šaltinis gali būti ir saulės baterijos. Pagrindiniai Lietuvos rinkai žinomi ir naudojami inkarų monitoringo prietaisų gamintojai:

- RST Instruments Ltd (Kanada);
- Geokon Ltd (Jungtinės Amerikos Valstijos);
- Sisgeo S.r.l. (Italija).

Jau sumontuotos konstrukcijos yra inspektuojamos. Inspektavimas yra neatsiejama konstrukcijų tyrimų dalis, kuri yra nemažiau svarbi už patį konstrukcijų įrengimą ar monitoringą. Konstrukcijų inspektavimas dažniausiai atliekamas šiais atvejais: konstrukcijos likusio eksploataavimo laiko nustatymui ar tiesiog būklei įvertinti; konstrukcijos remonto pobūdžio (paprastasis remontas, rekonstrukcija) įvertinimui ir parekomendavimui; naujų atsiradusių apkrovų įvertinimui esamai konstrukcijai; su tikslu įvertinti atsiradusių defektų reikšmingumą; ypač svarbių (istorinių, kultūros paveldo, strategiškai svarbių) statinių būklės įvertinimui. (Waterfront Facility Inspection Committee 2015) Inspektavimas neturėtų apsiriboti tik konstrukcijų, pavyzdžiui įlaidinės sienutės ar inkarinės templės, būklės nustatymui, bet taip pat turėtų būti inspektuojamas ir pats gruntas ar šlaitas, kuriame yra pati konstrukcija.

1.2. Inkarų projektavimas

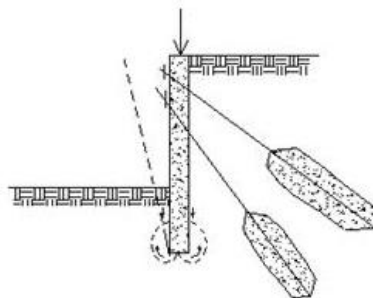
Pagal Lietuvos Respublikos statybos techninį reglamentą STR 2.05.21:2016 turi būti tikrinami šie inkarų ribiniai būviai bei jų deriniai:

1. inkarinės templės ar jos šaknies suirimas dėl įtempių;
2. inkarinės templės šaknies korozija ar išsikreivinimas;
3. inkarinės templės suirimas kontaktinėje zonoje tarp jos šaknies ir grunto;
4. inkarinės templės suirimas kontaktinėje zonoje tarp jos laisvosios dalies ir jos šaknies;
5. horizontaliosios inkarinės templės suirimas dėl per mažo jos atsparumo;
6. inkarinės templės tempimo jėgos sumažėjimas dėl jos šaknies per didelio poslinkio ar per didelio laisvumo grunte;
7. statinio ar jo konstrukcijų griūtis ar per didelė deformacija nuo inkarinės templės įtempimo jėgos;
8. pamato ar pagrindo stabilumo praradimas;
9. inkarinių templių reakcija su gruntu bei statiniu.

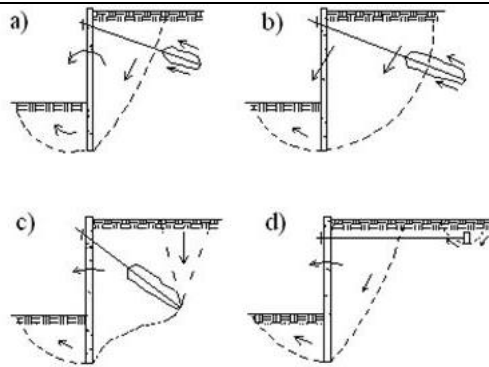
Taip pat remiantis statybos techniniu reglamentu STR 2.05.21:2016 projektuojant inkarus turi būti atsižvelgiama į:

1. visus gruntų sluoksnius, jų išsidėstymą bei fizikines savybes ir statybos darbų technologiją bei darbų etapus;
2. numatomi konstrukcijos ir gruntų pasikeitimai per statinio naudojimosi laikotarpį;
3. kraštiniai būviai bei jų kombinacijos;
4. numatomas gruntinio vandens lygis bei vandens slėgis grunte;
5. vienos iš inkarinių templių nutrūkimo baigtis;

Projektuojant inkarus, apkrova (inkarą veikianti ašinė jėga) turi būti vertinama kaip nepalankus poveikis. Kaip ir kitos laikančiosios konstrukcijos, inkarai turi atitikti saugumo ir tinkamumo ribinius būvius. Saugumo ribinių būvių schemas, kurias privaloma patikrinti pagal statybos techninį reglamentą STR 2.05.21:2016 (15-16 pav.).

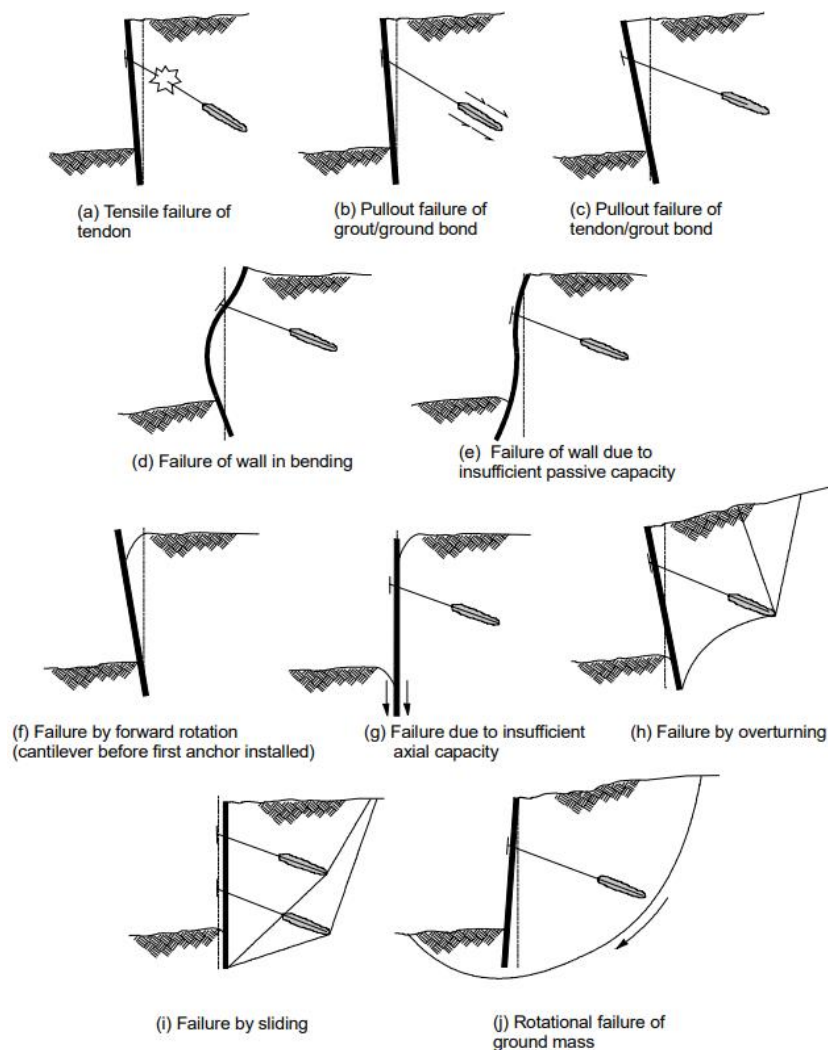


15 pav. Įgilintos sienos vertikaliojo irimo ribinio būvio schema (STR 2.05.21:2016)



16 pav. Irimo dėl inkarų išrovimo ribinių būvių schemas (STR 2.05.21:2016)

Literatūroje (Committee for Waterfront, 2012) yra rekomenduojama patikrinti ir kitas ribinio būvio schemas (17 pav.).



17 pav. Potencialios galimos nesėkmės, kurias reiktų įvertinti prieš projektuojant sienutes inkaruotas inkarais. a) inkarinės tempinės trūkinys dėl tempimo jėgų; b) inkarinės tempinės ištraukimas dėl inkaro šaknies grunte; c) inkarinės tempinės ištraukimas dėl inkaro šaknies; d) nepakankamas sienutės stiprumas esant lenkimui; e) sienutės deformacija dėl nepakankamo pasyvaus slėgio; f) sienutės virtimas į priekį (prieš įrengiant inkarinę tempinę); g) sienutės susmigimas (nuosėdis) į gruntą; h) konstrukcijos deformacija dėl persisukimo; i) ir j) konstrukcijos suirimas dėl nestabilius grunto (Committee for Waterfront, 2012)

Kaip ir daugelio kitų konstrukcijų, pasaulis bendro inkarų projektavimo, gaminimo ar eksploatacijos normatyvinio dokumento neturi. Kadangi esame Europos Sąjungos dalis, naudojame Europos Sąjungoje priimtas normas - Eurokodus, taip pat pagal juos kuriame ir savo šalies statybos reglamentus ir įstatymus. Iš viso yra 10 Eurokodų (European Commission): EN 1990 Eurokodas „Konstrukcijų projektavimo pagrindai; EN 1991 Eurokodas 1 „Poveikiai konstrukcijoms“; EN 1992 Eurokodas 2 „Betoninių konstrukcijų projektavimas“; EN 1993 Eurokodas 3 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“; EN 1994 Eurokodas 4 „Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“; EN 1995 Eurokodas 5 „Medinių konstrukcijų projektavimas“; EN 1996 Eurokodas 6 „Mūrinių konstrukcijų projektavimas“; EN 1997 Eurokodas 7 „Geotechninis projektavimas“; EN 1998 Eurokodas 8 „Konstrukcijų, veikiamų žemės drebėjimo, projektavimas“; EN 1999 Eurokodas 9 „Aliumininių konstrukcijų projektavimas“. Visi šie standartai, išskyrus EN 1990, yra suskaidyti į dalis kurių iš viso yra 58.

Pagrindiniai Lietuvos normatyviniai dokumentai skirti uosto statinių ir jų pagrindų projektavimui ir eksploatavimui:

- LST EN ISO 14688-1:2018 Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų identifikavimas ir klasifikavimas. 1 dalis. Identifikavimas ir aprašymas;
- LST EN ISO 14688-2:2018 Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų identifikavimas ir klasifikavimas. 2 dalis. Klasifikavimo principai;
- LST EN 1997-1 Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės;
- LST EN 1997-2 Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Grunto tyrinėjimai ir bandymai;
- LST EN 1537:2013 Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Gruntiniai inkarai;
- LST EN ISO 690:2010 Numeruojamų nuorodų metodas;
- ST 121895674.102.02.01:2013 Požeminių konstrukcijų įrengimo darbai: Inkarų įrengimas;
- STR 2.05.21:2016 Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai;
- STR 2.05.14:2005 Hidrotechnikos statinių pagrindų ir pamatų projektavimas;
- STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos;
- STR 2.05.05:2005 Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas;
- 2019-06-13 Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos Direktorius įsakymu Nr. 1-175 patvirtinta Inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų gruntų klasifikacija;
- Jūrų uostų techninis reglamentas Jūrų uostų ir laivininkystės statinių projektavimas.

Pagrindinė mokslinė literatūra ir rekomendacijos projektuojant, montuojant ir tikrinant uosto statinius ir jų komponentus:

- Committee „Waterfront Structures“ 2015. Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbors and Waterways EAU2012. 9th Edition.
- Sabatini P. J., Pass D. G., Bachus R. C. 1999. Geotechnical Engineering Circular No. 4 Ground Anchors and Anchored Systems.
- Bond, A. J., Schuppener, B., Scarpelli, G., Orr, L. L. T. 2013. Eurocode 7: Geotechnical design. Worked examples.
- Bond, A. J., Harris, A. J. 2008. Decoding Eurocode 7, London: Taylor & Francis.
- Day, W. R. 1999. Geotechnical and Foundation Engineering: Design and Construction.
- Damulevičius, V., Vyčius, J. 2008. *Hidrotechnikos statiniai*. Kaunas: Ardiva. 84 p.
- Damulevičius, V., Rimkus, Z., Ruplys, B. ir kt. 2001. *Hidrotechnikos statinių projektavimas: Metodiniai patarimai*. Vilnius: LŽŪU Leidybos centras. 125p.
- Paulauskas, J., Kvedaras, A. 1997. *Metalinės konstrukcijos*. Vilnius: Mokslas. 461 p.

Siekiant optimizuoti ir skaitmenizuoti konstrukcijų skaičiavimą yra sukurta nemažai programinės įrangos, kuria inžinieriai ir konstruktoriai gali ne tik pasitikrinti ranka suskaičiuotus skaičiavimų rezultatus, bet ir kuo puikniausiai atlikti skaičiavimus. Viena iš tokių programų yra GEO5. GEO5 programinė įranga (Finesoftware) skiriasi nuo tokių programų kaip „EaglePoint“, „Bentley“ (Staad.PRO) ir „Autodesk“ programų, nes yra skirta konkrečiai spręsti įvairias geotechnines problemas, remiantis tradiciniais analitiniais metodais bei baigtinių elementų metodu (Geo5 programinė įranga 2018). Ši programa yra sėkmingai integruojama į Building Information Modeling – BIM (liet. Informacinis statinio modeliavimas). GEO5 programinė įranga sukomplektuota iš įvairių programų su galimybe šias programas apjungti vienam darbui (problemai) spręsti.

Pagrindinė programa skirta atlikti stabilumo analizę yra „Slope Stability“. Ja galima skaičiuoti šlaito stabilumą apvaliems arba stačiakampiems paviršiams. Taip pat šia programa yra galimas papildomas inkarų, sintetinio grunto armavimo bei papildomų apkrovų sukūrimas ir gamtinių poveikių, tokių kaip žemės drebėjimas, įvertinimas.

Iškasų, inkaruotų ar sustandintų atraminių sienelių pažangiam projektavimui yra skirta „Sheeting check“ programa. Ji leidžia skaičiuoti realų statinio konstrukcijų išnaudojimą, suskirstant viską į statybos etapus, skaičiuoti deformacijas ir slėgius, apskaičiuoti inkaro laikomąją galią arba apskaičiuoti plieno, gelžbetonio ar medienos skerspjūvius atsižvelgiant į projektines apkrovas.

„MSE Wall“ programa skirta analizuoti segmentines atramines sienas, sustiprintas sintetiniu grunto sutvirtinimu. Programa „Nailed Slope“ skirta ankeruotų šlaitų skaičiavimui. Programa „Abutment“ sukurta tikrinti tiltų atramas bei atramines sienutes. Papildoma programa „Earth Pressures“ galima skaičiuoti žemės slėgį į pagrindinę konstrukciją. „Spread Footing“ programa taip pat skirta projektuoti atskirus ir juostinius pamatus. Šia programa galima suskaičiuoti pamatų, esančių nusaustintame ir drėgname grunte ar uolingame grunte, laikomąją galią. Programa taip pat

skaičiuojamas pamatų nuosėdis ir poslinkis projektuojami pamatų sutvirtinimai. „Slab“ programa yra skirta analizuoti plokščius pamatus. Juostinių pamatų vidinės jėgos ir deformacijos gali būti apskaičiuojamos „Beam“ programa. Giliesiems pamatams projektuoti yra skirtos „Pile“, „Pile CPT“, „Pile Group“ bei „Micropile“ programos. „Pile“ programa yra skirta apskaičiuoti polio laikomąją galią, jo nuosėdį. „Pile CPT“ programa naudojama polio ar polių grupės laikomosios galios ir nuosėdžio skaičiavimui. „Pile Group“ programa galima modeliuoti polių grupę, naudojant baigtinių elementų metodą.

Nuosėdžiams analizuoti galima pasitelkti ne tik visas pamatų analizės programas, bet ir specializuotas programas, tokias kaip „Settlement“, „Spread Footing“, „Ground Loss“. „Settlement“ programa yra skirta skaičiuoti grunto nuosėdį, atsiradusį dėl papildomos apkrovos. Pastaroji programa taip pat leidžia atlikti konsolidacijos skaičiavimus, naudojant tipinius analitinius metodus. Nuosėdžiui analizuoti taip pat gali būti taikomas baigtinių elementų metodas „FEM“ programoje. „Ground Loss“ programa galime analizuoti grunto nuosėdį ir statinio, virš tunelio, įtaką.

GEO5 gali būti sėkmingai naudojama ne tik tunelių analizei, bet taip pat su ja įmanoma apskaičiuoti tunelių konstrukcijų įtaką šalia esantiems statiniams. Tuneliai yra projektuojami baigtinių elementų metodu „FEM“ arba „FEM-Tunnel“ programomis. „Shaft“ programa skirta horizontalių, vertikalų apkrovų ir įtampių skaičiavimams bei analizei. GEO5 programiniu paketu galima paruošti IGS modelį sudarant jį iš duomenų, gautų atliekant bandymus statybvietėje (SPT – standartinis penetracijos bandymas, CPT – statinio zondavimas, DMT – bandymas plokščiuoju dilatometru, PMT – bandymas presiometru).

Pagrindinis skirtumas tarp paprogramės „Sheeting design“ ir „Sheeting check“ yra toks, kad „Sheeting design“ programa yra skirta projektuoti pagrindinę konstrukciją, jos ilgį grunte, suskaičiuoti konstrukciją veikiančias jėgas ir parinkti konstrukcijų skerspjūvius, o „Sheeting check“ paprogramė skirta detalesniam konstrukcijų projektavimui, bei su šia paprograme galima suskaičiuoti konstrukcijos poslinkius. Todėl savo baigiamajame darbe modeliuosiu ir skaičiuosiu Geo5 „Sheeting check“ paprograme, bei, be abejo, patikrinsiu grunto stabilumą Slope stability paprograme.

Kad programa būtų naudotis dar paprasčiau yra sukurtas naudojimosi programa vadovas (GEO5 User guides, 2013). Kiekvienas jo skyrius suskirstytas į šias skiltis:

- Įvadas – teorinė medžiaga apie konstrukciją, projektavimą;
- Užduotis – čia apibrėžiami duomenys reikalingi konstrukcijos projektavimui;
- Sprendimas – šioje skiltyje žingsnis po žingsnio sprendžiama užduotis;
- Apibendrinimas – čia aprašomas gautas rezultatas. Matoma, ar konstrukcija tenkina reikiamas sąlygas ir jei reikia pasiūlo variantus problemai spręsti.

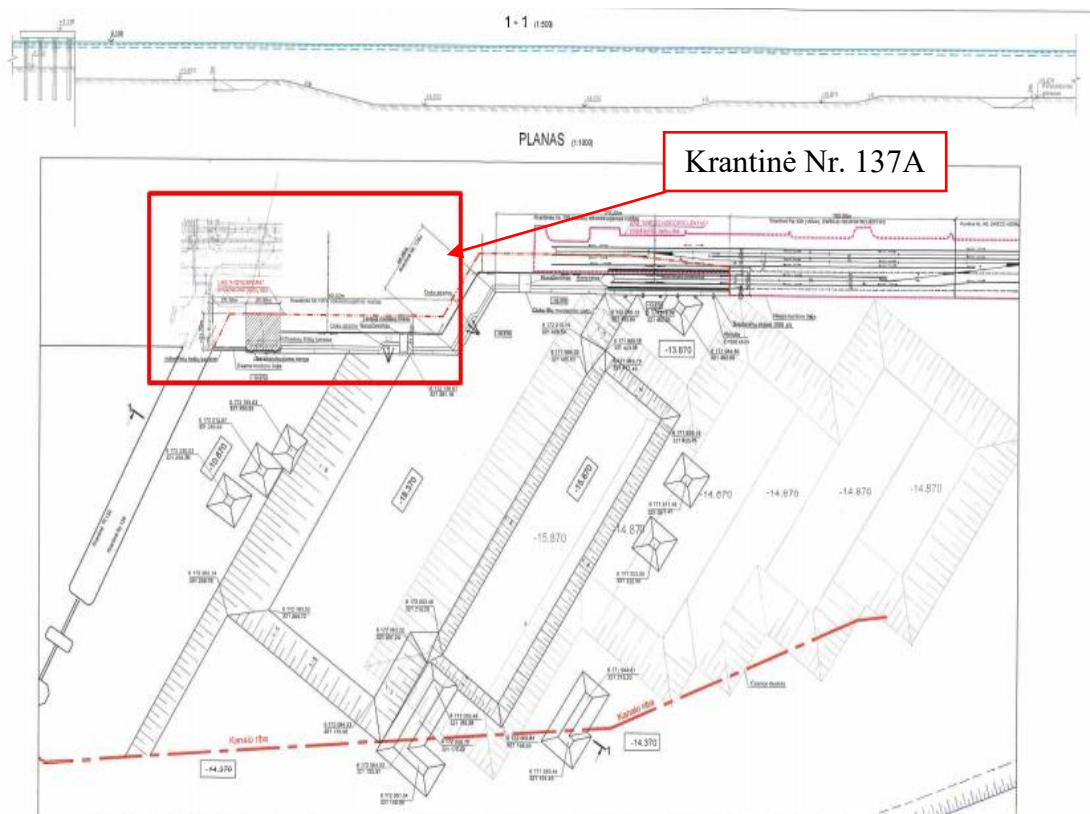
Kiekviename skyriuje yra papildomi užrašai su pridėta informacija apie konstrukcijas, medžiagas ir panašias analizuojamas problemas kituose skyriuose.

Pagrindinę mokomąją medžiagą apie naudojimąsi Geo5 programa sudaro:

- Tekstinė pagalba – paaiškina ką kokia funkcija atlieka;
- Video mokymai – parodo kaip naudotis pagrindinėmis programomis ir kaip efektyviai naudotis programa;
- Inžineriniai vadovai – paaiškina kaip konkrečiai išsprendžiamos projektavimo užduotys;
- Patikrinimo vadovai – patikrina gautus rezultatus juos palygina su kitomis programomis bei ranka skaičiuotais rezultatais.

1.3. Krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos projektas

Savo magistrantūros darbe tirsiu projekto „Dokų duobės kasimas, naujos dokų inkaravimo sistemos įrengimas ir krantinių 137A, 138A ir 139 (dalies), Minijos g. 180, Klaipėda rekonstravimo projektas“ (toliau – Projektas) dalį, Krantinės Nr. 137A rekonstrukciją (18 pav.).



18 pav. Dokų duobės planas. Krantinė Nr. 137A.

Šio Projekto užsakovas VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija. Įmonės pagrindinės funkcijos: koordinuoti uosto naudotojų vykdomą veiklą, užtikrinti uosto teritorijos apsaugą bei saugią laivybą uoste, Lietuvos Respublikos vyriausybės nustatyta tvarka prižiūrėti bei tvarkyti uosto rezervines teritorijas, efektyviai naudoti ir valdyti patikėjimo teise perduotą valstybės turtą, nuomoti uosto žemę, taip pat Lietuvos Vyriausybės nustatyta tvarka perduoti ją laikinai neatlygintinai naudotis, rinkti uosto rinkliavas, organizuoti uosto akvatorijoje laivų ir žmonių gelbėjimo darbus,

rengti uosto strategijos projektus, uosto ir uosto rezervinių teritorijų detaliuosius planus, statyti, naudoti ir plėtoti uosto infrastruktūrą. 2020-2023m strateginiai veiklos tikslai: didinti uosto ir miesto pridėtinės vertės augimą, plėsti uosto infrastruktūrą, teikti aukštos kokybės paslaugas, didinti laivybos bei uosto naudotojų saugumą, užtikrinti skaidrią veiklą.

Projektuotojas – UAB „Hidrosfera“, kuri specializuojasi jūrų (upių) uostų statinių projektavime. Pagrindinės įmonės veiklos kryptys: prieš projektiniai siūlymai, projektinių – samatinių hidrotechninių statinių statybos dokumentų ruošimas, projektų ir statinių ekspertizė, konsultacijos. Projekto vadovas Raufas Zabolonkovas.

1.4. Gruntų klasifikacija pagal EN ISO 14688-1(2):2018

Gruntas yra pagrindas, kuriame įrengiami statinių ir pastatų pamatai arba kaip statybinė medžiaga įvairiems inžineriniams statiniams. Gruntai gali būti skirstomi pagal jų kilmę (natūralieji ir dirbtiniai), savybes (fizikines ir mechanines) ir kitus kriterijus (sudėtį, būvį ir kt.) (Sližytė 2012).

2019-06-13 buvo priimtas Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos Direktoriatas įsakymas „Dėl Inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų gruntų klasifikacijos patvirtinimo“ Nr. 1-175, kuriame reglamentuojama inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų klasifikacija, parengta pagal Lietuvos standartus LST EN ISO 14688-1:2018 ir LST EN ISO 14688-2:2018. Kadangi Projekte nurodyta geologinių tyrimų ataskaita (3 priedas) buvo atlikta 2015-07-01, remiantis LST EN ISO 14688-1(2):2018 Projekte nurodytus gruntus perklasifikuojau pagal nustatytus reikalavimus ir pateikiu lentelėje:

lentelė 1

Geologijos perklasifikavimas pagal galiojančias normas

Eil. Nr.	Grunto aprašymas	Projekte nurodytas grunto žymėjimas (pagal LST EN ISO 14688-2:2007)	Pagal dabartinius galiojančias normas priimamas grunto žymėjimas (LST EN ISO 14688-1(2):2018)
1.	Dirbtinis gruntas žvyringas smėlis, pilkas drėgnas, vidutinio tankumo	saGr	saP
2.	Žvyringas smėlis, šviesiai rudas, vandeningas, tankus	grSa	SaG
3.	Smulkus smėlis, šviesiai pilkas, vietomis pilkai rudas, vandeningas, vidutinio tankumo	FSa	siSa
4.	Dulkingas molis, pilkas, standžiai plastinis	siCl	C1L - SiL
5.	Molis, pilkai rudas, kietas	Cl	C1L
6.	Smėlingas molis, pilkai rudas, kietas	saCl	C1L

1.5. Tiriamų krantinių retrospektyva ir dabartinė situacija

Rekonstruojama krantinė Nr. 137A yra gerai žinomoje Malkų įlankos teritorijoje (18-20 pav.). Ši ypatingosios kategorijos krantinė buvo pastatyta 1970 metais, prieplaukos rūšis – krovinių. 2004 metais atliktas kapitalinis krantinės remontas.



19 pav. Krantinės 137A, 138A ir 139 (dalies) vaizdas iš viršaus užfiksuotas 2004-06-03

2013 metais buvo sudaryta sutartis su UAB „Hidrosfera“ statinio statybos techniniam projektui parengti, statybą leidžiančio dokumento gavimui ir objekto projekto vykdymo priežiūros atlikimui.



20 pav. Krantinės 137A, 138A ir 139 (dalies) vaizdas iš viršaus užfiksuotas 2014-03-28

2016 metais buvo atliekami rekonstrukcijos darbai. 2020 metais buvo pasirašyta papildoma krantinių Nr. 137, 138, 138A ir 139 (dalies) rekonstrukcijos darbų sutartis už beveik 27 mln. eurų.



21 pav. Krantinės 137A, 138A ir 139 (dalies) vaizdas iš viršaus užfiksuotas 2020-10-07

Šiuo metu krantinės Nr. 137A rekonstrukcijos darbai yra užbaigti pagal projekto „Dokų duobės kasimas, naujos dokų inkaravimo sistemos įrengimas ir krantinių 137A, 138A ir 139 (dalies), Minijos g. 180, Klaipėda rekonstravimo projektas“ Nr. 487-15 sprendinius. Paskutinė projekto konstrukcijų laida F parengta 2020 metais.

VĮ Klaipėdos valstybinio jūrų uosto direkcija su VšĮ Centrine projektų valdymo agentūra pasirašė projekto „Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimas nuo PK 21 iki PK85 (iki 15 m gylio)“ finansavimo sutartį. Šio projekto tikslas pagerinti Klaipėdos valstybinio jūrų uosto eksploataciją, optimizuoti krovinių gabenimą, sumažinti oro taršą bei padidinti laivų eismo saugumą. Projekto veiklų įgyvendinimo pabaiga – 2022-09-30.

II. PROJEKTINIŲ SĄLYGŲ NUSTATYMAS IR MODELIAVIMAS

Ištyręs Projektą, nustatysiu projektines sąlygas, kad galėčiau sumodeliuoti krantinę Nr. 137A, pagal Projekte nurodytą skaičiuojamąją schemą. Sumodeliaavęs identišką ar kiek įmanoma panašią situaciją Projektui, palyginsiu gautus rezultatus. Įvertinsiu programinės įrangos pritaikymo galimybes. Taip pat sumodeliuosiu ir apskaičiuosiu krantinės Nr. 137A inkarinės templės įrengimo alternatyvas, su tikslu optimizuoti Projekte nurodytą sprendinį.

2.1. Bendra krantinės Nr. 137A charakteristika

Krantinės Nr. 137A ilgis 152,13m, plotis 16,50 m. Statinių ir želdinių rekonstruojamoje krantinės dalyje nėra.

Sklypo geologinę sandarą iki -35,0 m altitudės sudaro technogeniniai dariniai (dirbtinis gruntas – betono, skaldos dangos; žvyringas smėlis vidutinio rupumo), kurių komplekso storis siekia 6,0-7,0 m, Holoceno limninės ir jūros lagūninės nuosėdos (molingas smėlis ir žvyringas bei smulkus smėlis), kurių kompleksų storis atitinkamai siekia 0,6 – 0,7 m ir 0,8 – 5,2 m, viršutinio Pleistoceno Vidurinio Nemuno svitos limninės nuosėdos (dulkingas molis, su smėlingo molingo dulkiu tarpais, smėlingas dulkis), kurio komplekso storis siekia 5,9 – 13,2 m, Viršutinio Pleistoceno Vidurinio Nemuno svitos glacialiniai dariniai (smėlingas dulkingas molis su žvirgždu ir gargždu), kurio komplekso storis kinta tarp 3,3 ir 7,3 m, Viršutinio Pleistoceno Vidurinio Nemuno svitos fliuvioglacialiniai dariniai (smulkus smėlis, smėlingas žvyras), kurio storis svyruoja tarp 4,2 ir 12,4 m ir Apatinio Nemuno svitos limninės nuosėdos (molingas dulkis, dulkingas molis), kurio komplekso storis siekia 3,1 – 4,4 m.

Geologinės sąlygos sklype – gruntinis vandens lygis (toliau – GVL) yra 2,8-3,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus (0,3 m abs. Alt.). Aukščiausias GVL priklauso nuo Kuršių marių lygio pasikeitimų. GVL cheminė sudėtis yra kintanti, gali turėti sulfatinę bei rūgštinę aplinką konstrukcijoms iš betono. Pastoviai ar didžiąją laiko dalį apsemtos gelžbetoninės konstrukcijos labai nedaug sąveikauja su GVL esančiais cheminiais elementais. Todėl remiantis archyviniais duomenimis grunto cheminė aplinka yra nežymiai agresyvi betono ir gelžbetonio konstrukcijoms.

Hidrometeorologinės sąlygos. Šiaurinėje Klaipėdos sąsiaurio dalyje dažną žiemą galime pastebėti dreifuojantį ledą. Šioje sąsiaurio dalyje retai kada susidaro ištisinė ledo danga. Klaipėdos hidrometeorologijos duomenimis, sąsiauryje vidutiniškai stebime ledo reiškinius 54 dienas per metus. Minimali šių reiškinių trukmė 4 paros, maksimali – 94 paros.

Pagrindinės priežastys, dėl ko kinta vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje (Kuršių mariose) yra upių nuotėkis, Baltijos jūros vandens lygis ir potvyniai ir atoslūgiai, priklausantys nuo atmosferinio slėgio. Maksimalūs vandens lygiai Klaipėdos sąsiauryje susidaro pučiant vakarų krypčių vėjams ir sukėlus vandens patvanką šiaurinėje Kuršių marių dalyje.

Vandens lygio svyravimai gali būti skirstomi į ilgalaikius, sezoninius ir trumpalaikius. Per XX a vidutinis vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje pakilo apie 13,5 cm. Vidutinis vandens lygio kilimas nuo 1961 m buvo apie 3 mm per metus. Pats intensyviausias vandens lygio kilimas buvo XX a. pabaigoje (Dailidienė 2004). Patys didžiausi yra trumpalaikiai vandens lygio pokyčiai. Jie dažniausiai vyksta audrų metu dėl vėjinės ir banginės patvankos. Aukščiausias vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje – 186 cm buvo užfiksuotas 1967 m. spalio 17 d. Uraganų Anatolijus (1999-12-04) ir Ervinas (2005-01-09) metu aukščiausias vandens lygis siekė atitinkamai 165 ir 154 cm. Per visą XX a. laikotarpį maksimalus vandens lygis būdavo aukštesnis už 50 cm.

lentelė 2

Didžiausio ir mažiausio momentinio vandens lygio tikimybė Klaipėdos sąsiauryje

Tikimybė, %	99	50	20	10	5	2	1
Pasikartojimas 1 kartą per n metų	1	2	5	10	20	50	100
Didžiausias lygis, cm	45	85	110	124	143	162	180
Mažiausias lygis, cm	-50	-68	-77	-83	-89	-97	-103

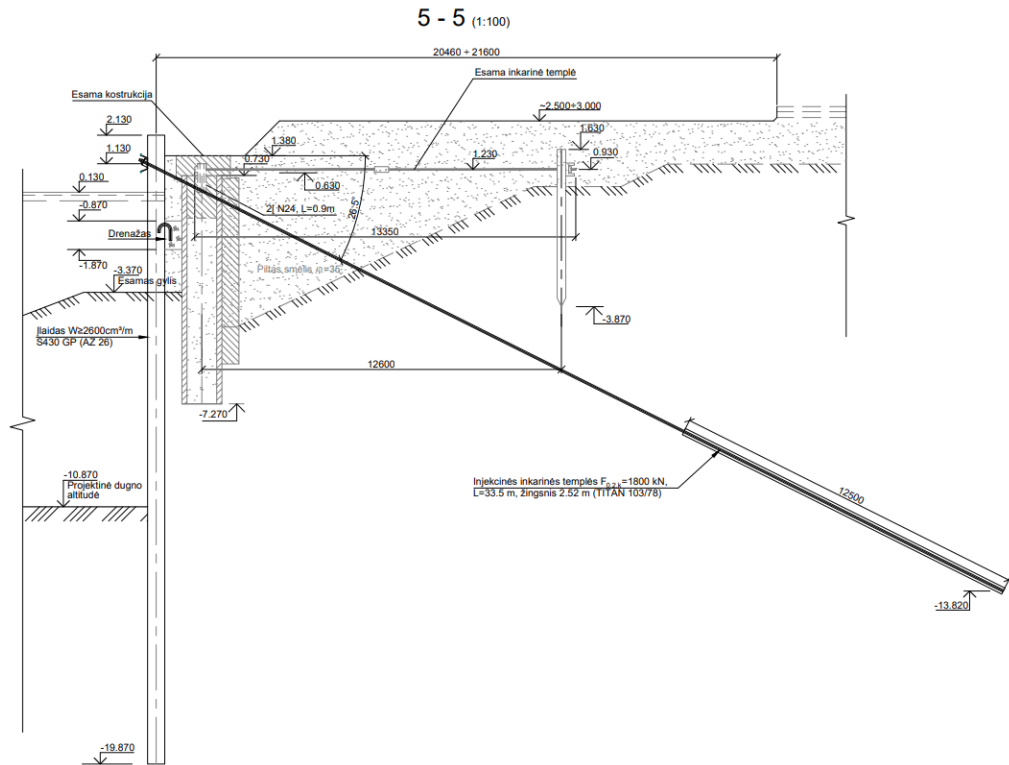
Didžiausi vandens pakilimai būna trumpalaikiai (1-3 val.), o mažiausi trunka ilgiau (>10 val.). Staigius ir pavojingus vandens lygio svyravimus sukelia patvankos ir nuoslūgio procesai. Patvankas sukelia stiprūs pietvakarių, vakarų ir šiaurės vakarų vėjai, o nuoslūgius – priešingų kryptių vėjai.

2.2. Krantinės Nr. 137A projektavimo sąlygos

Krantinių Nr. 137a, Nr. 138a ir dalies Nr. 139 (123 m) konstrukcija yra bolverkas, įrengtas ant polinių betoninių 1,20 m skersmens ir 8,00 m ilgio kevalų pagrindo, kuris ankeruotas horizontaliomis 5,50 m ilgio inkarinėmis templėmis (žingsnis – 2,60 m). Antstatas – „L“ formos gelžbetoninė sienutė. Krantinių danga iš betono, būklė – patenkinama. Pateikiu krantinės apkrovų schemą ir pjūvį:



22 pav. Krantinės Nr. 137A apkrovų schema



23 pav. Krantinės pjūvis

Krantinės Nr. 137A konstrukcinių elementų duomenys pateikiami 3 lentelėje:

lentelė 3

Krantinės Nr. 137A konstrukcinių elementų duomenys

Elementas	Pavadinimas	Parametrai
Plieniniai įlaidai	Arcelor Mittal AZ26	Plieno klasė pagal EN 10248-1 : S430 GP
Injekcinė inkarinė templė	TITAN 103/78	Žingsnis 2,52 m, ilgis 33,5 m (tame tarpe šaknies ilgis 12,5 m), gręžimo karūna 175 mm skersmens. Posvyrio kampas – 26,5°

Skaičiuojamieji grunto parametrai gauti remiantis UAB „InGEO“ geologinių tyrimų ataskaita (3 priedas), parengta 2015 metais bei papildomomis IGS tyrimų ataskaitomis (2 priedas). Grunto charakteristikas pateikiu lentelėje:

lentelė 4

UAB „InGEO“ geologinių tyrimų ataskaita

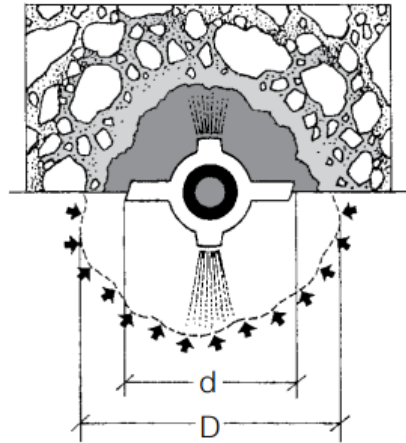
Grunto parametrai	1.-2.	3	4	5	6	7	8	9
Medžiagos modelis	Moro - Kulono							
Klasifikacija								
$E, \times 10^3 \text{ kN/m}^2$	20,0	52,8	20,0	16,8	60,0	28,0	30,0	40,0
$S_u, \text{ kN/m}^2$	-	-	-	95,0	-	100	100	-
$c_{\text{ref}}, \text{ kN/m}^2$	0,00	0,00	0,00	-	25,5	-	-	0,50
$\varphi(\text{phi}), ^\circ$	30,0	32,0	30,4	-	20,0	-	-	29,6
$\gamma_{\text{unsat}}, \text{ kN/m}^3$	18,0	20,1	18,1	21,1	21,8	21,2	21,5	19,0
$\gamma_{\text{sat}}, \text{ kN/m}^3$	20,0	20,2	20,0	21,2	22,0	21,3	21,7	20,0

2.3. Situacijos modeliavimas GEO5 programine įranga

Inkaro gręžimas sraigtiniu grąžtu ir cemento skiedinio padavimas aukštu slėgiu sukuria ertmę, platesnę už pačią grąžto galvutę, kuri vadinama inkarinės templės šaknimi (24 pav.). Pagal standartą DIN SPEC 18539 šis inkaro šaknies skersmuo gali būti apskaičiuojamas atsižvelgiant į grąžto galvutės skersmenį ir grunto rūšį šia formule:

$$D = d + a,$$

čia: d – grąžto karūnos skersmuo; a – reikšmė priklausanti nuo grunto rūšies.



24 pav. Inkaro šaknies (D) ir gręžimo karūnos (d) skersmenys

Dažniausiai projektuojant a reikšmė imama 20 mm. Ischebeck Titan oficialiame inkarų naudojimosi vadove siūloma a reikšmę priimti lygią 75 mm, kai gruntas yra vidutinio stambumo ir stambus žvyras ar skalda ir lygią 50 mm, kai gruntas yra smėlis ar smėlingas žvyras. Kadangi krantinėje Nr. 137A vyrauja smėlingas gruntas, a reikšmę priimu lygią 50 mm.

Projekte nurodyta, kad gręžiant inkarą TITAN 103/78, turi būti naudojama 175 mm skersmens gręžimo karūna. Atsižvelgiant į tai, inkaro šaknies skersmenį priimu 225 mm. 33,5 m ilgio (tame tarpe šaknies ilgis 12,5 m) inkaras gręžiamas $26,5^\circ$ kampu. Projektinis žingsnis tarp inkarų – 2,52 m. Inkaro TITAN 103/78 charakteristiką pateikiu 5 lentelėje ir įvestus inkaro duomenis 25 pav.

lentelė 5

Ischebeck Titan inkaro 103/78 charakteristika

Charakteristika	Reikšmė	Inkaras 103/78
Nominalus išorinis skersmuo	mm	103
Nominalus vidinis skersmuo	mm	78
Didžiausia apkrova	kN	2282
Takumo stiprumas	kN	1800
Takumo įtempis $T_{0,2}$	N/mm^2	570
Skerspjuvis (A)	mm^2	3140
Svoris	kg/m	24,9
Sriegio kryptis	-	dešinė
Ilgis	m	3

25 pav. Inkarinės temples duomenys įvesti GEO5 programoje

Injekcinių inkarinių templių ir jų cementinių dalių ilgiai, laikančiosios galios buvo įvertintos, atsižvelgiant į EN 14199 pateiktas rekomendacijas (6 lentelė) dėl plieninių konstrukcijų nurūdinimo.

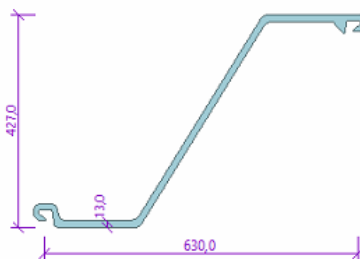
lentelė 6

Plieno praradimo „paaukojamo“ duomenys pagal EN 14199

Gruntas	Laikotarpis			
	50 metų		100 metų	
	Skerspjūvio praradimas (mm)	%	Skerspjūvio praradimas (mm)	%
Nejudintas natūralus gruntas (smėlis, dulkis, molis ir kt.)	0,60	2,96	1,20	5,90
Užterštas natūralus gruntas ir dirbama žemė	1,50	7,36	3,00	14,6
Agresyvios aplinkos natūralus gruntas (pelkinis gruntas, durpės)	1,75	8,58	3,25	15,8
Nesutankinti ir neagresyvios aplinkos užpildai (molis, skalda, smėlis, dumblas ir pan.)	1,20	5,90	2,20	10,8
Nesutankinti ir agresyvūs užpildai (pelenai, šlakas)	3,25	15,8	5,75	27,6

Projektuojant krantinę iš plieninės įlaidinės sienutės, sutvirtintos inkarais, rekomenduojama atsižvelgti į tai, kad didžiausias lenkimo momentas neveiktų toje įlaidinės sienutės vietoje, kur yra didžiausias korozijos poveikis tiek dėl grunto savybių tiek dėl gamtos poveikių (Žaraginskas 2018). Dažnu atveju galima prailginti krantinės konstrukcijos eksploatavimo laiką, konstrukciją padengiant apsauginiais dažais ar įrengiant betonines konstrukcijas.

Projekte numatyta naudoti Arcelor Mittal įlaidinę sienutę AZ26 (26 pav.). Įlaido charakteristiką pateikiu 7 lentelėje.



26 pav. Plieninis Arcelor Mittal įlaidas AZ26

lentelė 7

Arcelor Mittal įlaido AZ26 charakteristika

Charakteristika	Reikšmė	Įlaidas AZ26
Aukštis	mm	427
Plotis	mm	630
Storis	mm	13,0
Spynos storis	mm	12,2
Skerspjūvio krašto spindulys	mm	20,0
Įlaido sienutės kampas	laipsn.	58,5

Skaiciuojant krantinę buvo išnagrinėti sekantys pagrindiniai saugos ribiniai būviai ir jų kombinacijos:

1. EQU: saugumo ribinis būvis, atsirandantis kai konstrukcija ar jos dalis praranda statinę pusiausvyrą dėl poveikių, kurių pakitimai yra reikšmingi arba konstrukcijos medžiagų ir grunto stipris yra nereikšmingi. Trumpinys EQU kilęs iš angliško žodžio „equilibrium“, kas į lietuvių kalbą išvertus reikštų pusiausvyrą;

2. STR: saugumo ribinis būvis, kuriam esant prasideda konstrukcijos elementų irimas dėl nepakankamo medžiagos stiprio arba prasideda didelės deformacijos. Trumpinys STR kilęs iš angliško žodžio „structure“, kas į lietuvių kalbą išvertus reikštų struktūrą;

3. GEO: saugumo ribinis būvis, kai prasideda grunto irimas arba žymios deformacijos. Grunto stipris yra reikšmingas rodiklis konstrukcijos atsparumui užtikrinti. Šis būvis dažniausiai yra lemiantis kriterijus, nustatant atraminių konstrukcijų ir pamatų pagrindinius matmenis. Trumpinys GEO kilęs iš angliško žodžio „geotechnical“, kas į lietuvių kalbą išvertus reikštų geotechnika.

STR ir GEO saugos ribiniams būviams, veikiant trumpalaikiai ir nuolatinei apkrovoms ir jų tipams, pagal EN 1997-1 yra taikomi trys projektavimo būdai (Jūrų uostų ir laivininkystės statinių projektavimas):

1. (DA-1) – taikomas apkrovų poveikio ir medžiagų charakteristikoms. Šio varianto apsaugos dalinius koeficientus pateikiu 8 lentelėje;

2. (DA-2) – taikomas apkrovų poveikio ir medžiagų pasipriešinimui (laikomajai galiai). Šio varianto apsaugos dalinius koeficientus pateikiu 9 lentelėje;

3. (DA-3) – taikomas apkrovų poveikio ir tuo pačiu metu medžiagų ir grunto charakteristikoms. Šio varianto apsaugos dalinius koeficientus pateikiu 10 lentelėje.

lentelė 8

Daliniai saugos koeficientai (DA-1 variantas) pagal EN 1997

Apkrova ir jos tipas	DA-1-1	DA-1-2
Pastovi nepalanki apkrova	1,35	1,00
Pastovi palanki apkrova	1,00	1,00
Kintama nepalanki apkrova	1,50	1,30
Kintama palanki apkrova	0,00	0,00
Grunto vidinės trinties kampas	1,00	1,25
Grunto sankabumas	1,00	1,25
Vienašis tvirtumas spaudimui	1,00	1,40
Grunto svoris	1,00	1,00

lentelė 9

Daliniai saugos koeficientai (DA-2 variantas) pagal EN 1997

Apkrova ir jos tipas	DA-2
Pastovi nepalanki apkrova	1,35
Pastovi palanki apkrova	1,00
Kintama nepalanki apkrova	1,50
Kintama palanki apkrova	0,00
Inkarų vidinis stabilumas	1,10
Grunto pasipriešinimas	1,40

lentelė 10

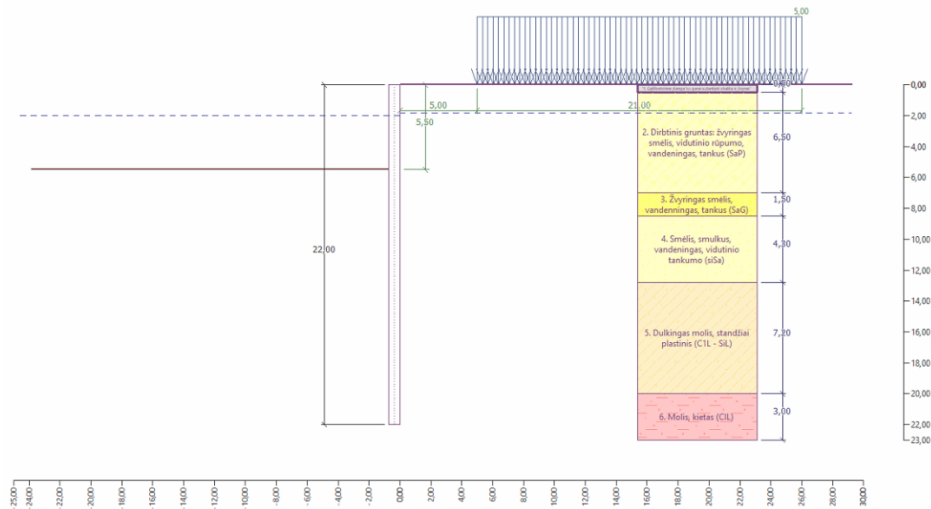
Daliniai saugos koeficientai (DA-3 variantas) pagal EN 1997

Apkrova ir jos tipas	DA-3 (STR)	DA-3 (GEO)
Pastovi nepalanki apkrova	1,35	1,00
Pastovi palanki apkrova	1,00	1,00
Kintama nepalanki apkrova	1,50	1,30
Kintama palanki apkrova	0,00	0,00
Grunto vidinės trinties kampas	1,25	
Grunto sankabumas	1,25	
Vienašis tvirtumas spaudimui	1,40	
Grunto svoris	1,00	

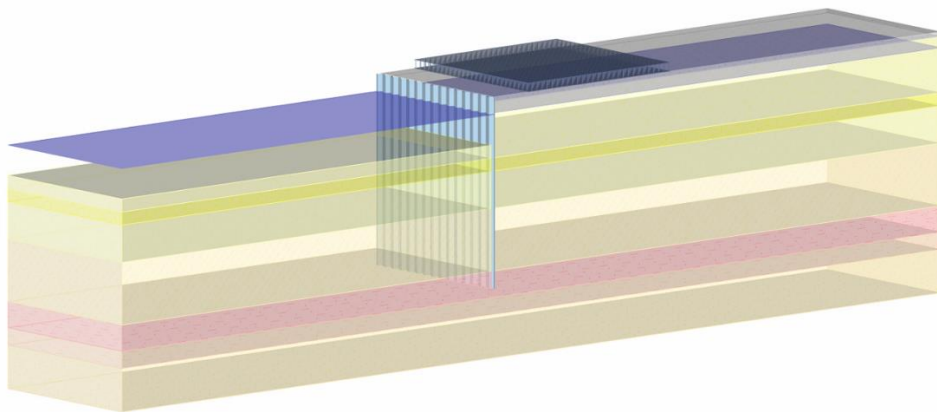
Daliniai saugos koeficientai (DA-3 variantas) atitinka statybos techninio reglamento STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“ 1 priedo 3 lentelėje pateiktus dalinius koeficientus poveikiams ir jų efektams. Todėl šiame tyrime pradinį modelį

(inkarinės templės posvyrio kampas $26,5^\circ$, inkaro ilgis – 33,5 m, ir jo šaknies ilgis – 12,5 m) (toliau – Projektinis modelis) skaičiavau remiantis standartu EN 1997-1, pagal DA-3 projektavimo atvejį.

Suskaidydamas modelį į statybos etapus, atsižvelgiu į faktinį statybos darbų eiliškumą. Modelį sudaro keturi etapai. Pirmame statybų etape (27 – 28 pav.) krantinės Nr. 137A apkrovą sudaro tik sandėliuojami 22 m ilgio įlaidai AZ26, kurių vieneto tiesinis metras sveria 103 kg. Priimu, kad įlaidai bus sandėliuojami vienas ant kito ne daugiau kaip 5 vnt. vienoje eilėje. Atsižvelgiant į tai apkrova bus lygi 5 kN/m^2 . Įlaidai nuo krantinės krašto bus sandėliuojami 5 metrų atstumu.



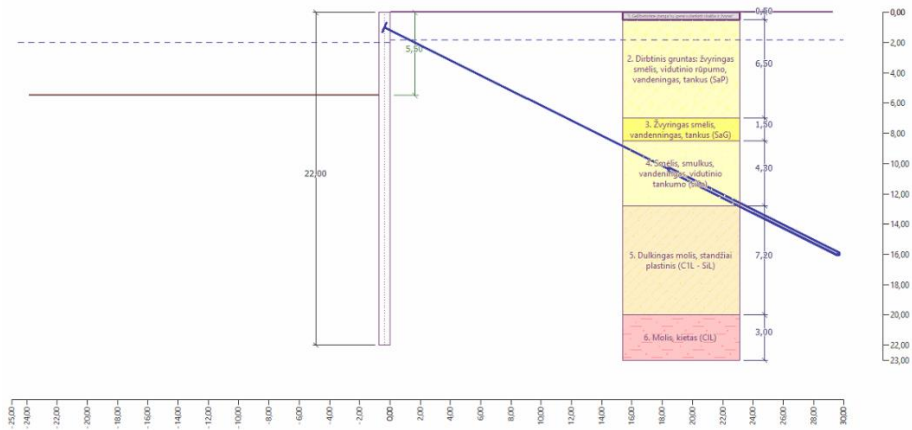
27 pav. Pirmasis statybų etapas – plieninių įlaidų įrengimas. Skaičiuojamosios schemos 2D modelis



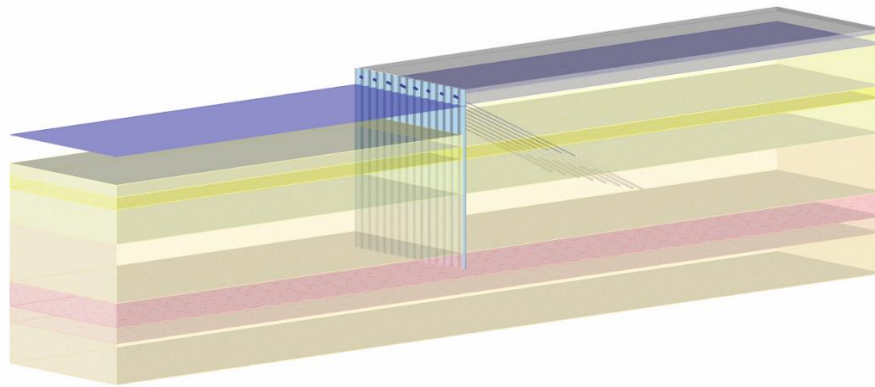
28 pav. Pirmasis statybų etapas – plieninių įlaidų įrengimas. 3D modelis

Su tikslu išvengti plieninių įlaidų deformacijos montavimo metu ar montavimo įrangos gedimų, prieš pradėdant montuoti plieninius įlaidus, yra atliekama papildoma dugno apžiūra, pašalinami kelmai, akmenys ir kt. (LŽŪU 2000).

Antruoju statybos etapu (29 – 30 pav.) įrengiamos inkarinės templės. Darbai vykdomi nuo akvatorijos pusės, kad rekonstruojamoje krantinėje nebūtų sudaryta papildoma apkrova. Šiuo etapu tuo pačiu metu yra išbandomi inkarai projekte numatyta minimalia apkrova – 1729,5 kN.

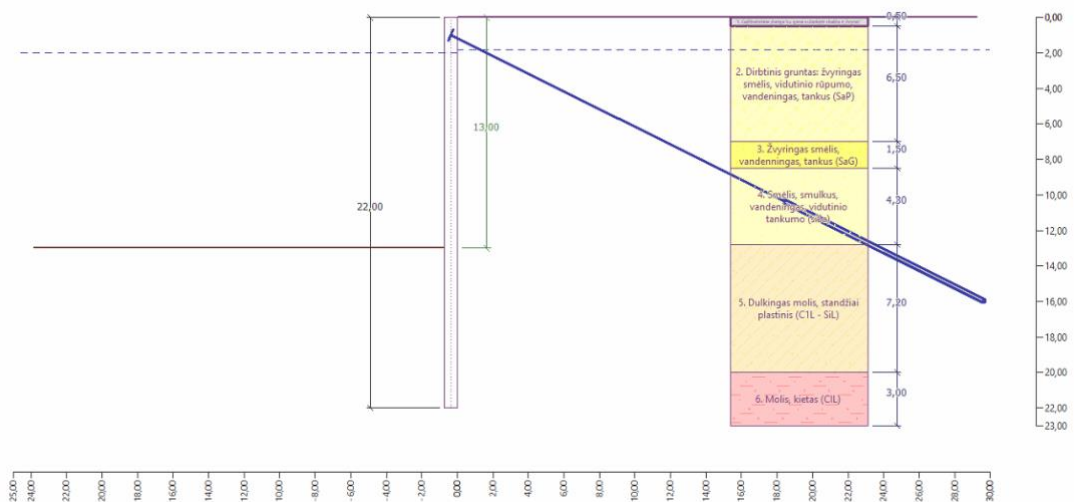


29 pav. Antrasis statybų etapas – inkarinių templių įrengimas. Skaičiuojamosios schemos 2D modelis

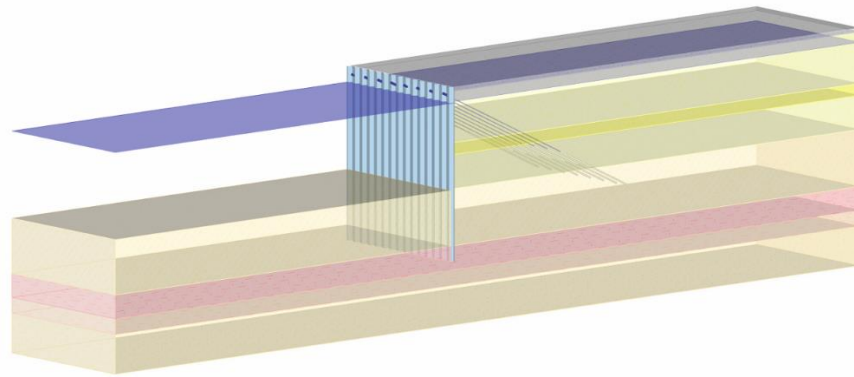


30 pav. Antrasis statybų etapas – inkarinių templių įrengimas. 3D modelis

Trečiuoju statybos etapu (31 – 32 pav.) yra gilinamas dugnas. Gruntą po vandeniu rekomenduojama kasti 2,00 ± 0,30 m storio sluoksniais. Sekantį 2,00 m grunto sluoksnį galima pradėti kasti tik užbaigus pirmo sluoksnio kasimo darbus. Šiame modelyje priimu, kad gruntas bus nukastas vienu etapu.

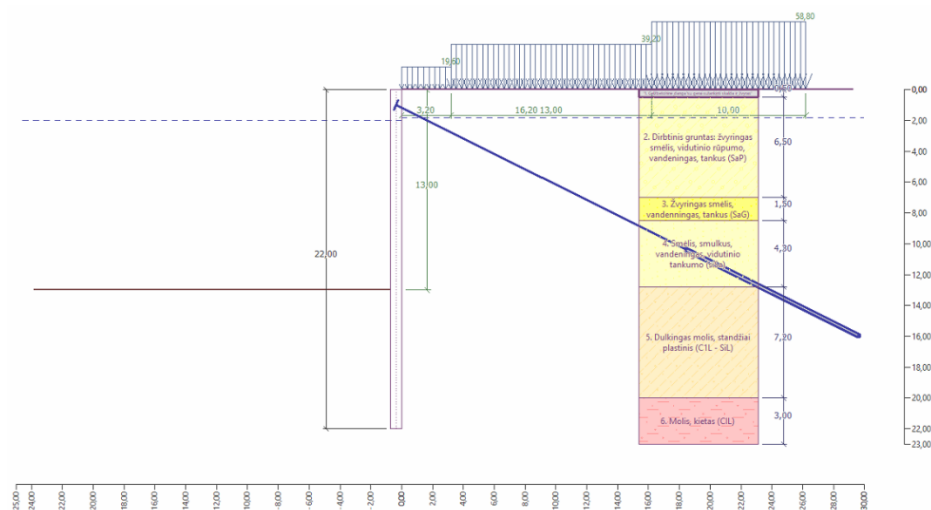


31 pav. Trečiasis statybų etapas – grunto kasimas. Skaičiuojamosios schemos 2D modelis

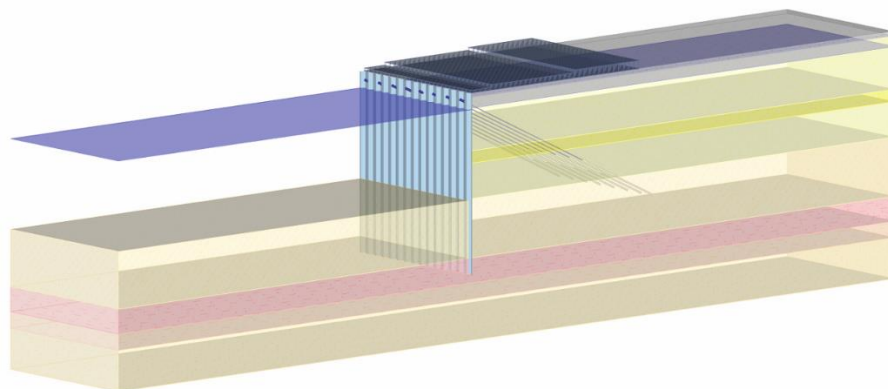


32 pav. Trečiasis statybų etapas – grunto kasimas. 3D modelis

Ketvirtuoju statybos etapu (33 – 34 pav.) yra realizuojamos projektinės apkrovos – montuojama krantinės danga iš gelžbetoninių plokščių, klojami inžineriniai tinklai, statomas antstatas, švartavimo stulpeliai, atmušos ir kt. Šiuo etapu patikrinama, ar krantinės konstrukcija atlaikys numatytas apkrovas ir poveikius.



33 pav. Ketvirtasis statybų etapas – projekte numatytų statinių ir konstrukcijų įrengimas. Skaičiuojamosios schemas 2D modelis



34 pav. Ketvirtasis statybų etapas – projekte numatytų statinių ir konstrukcijų įrengimas. 3D modelis

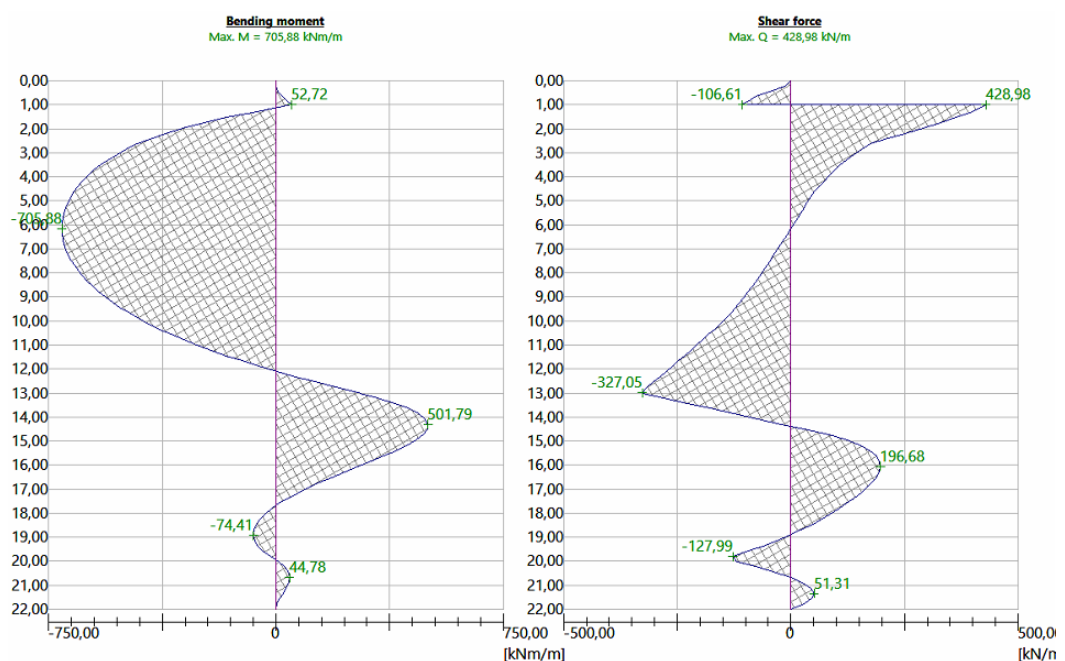
Atlikęs skaičiavimus, gautus rezultatus ir Projekte nurodytus rezultatus pateikiu 11 lentelėje.

lentelė 11

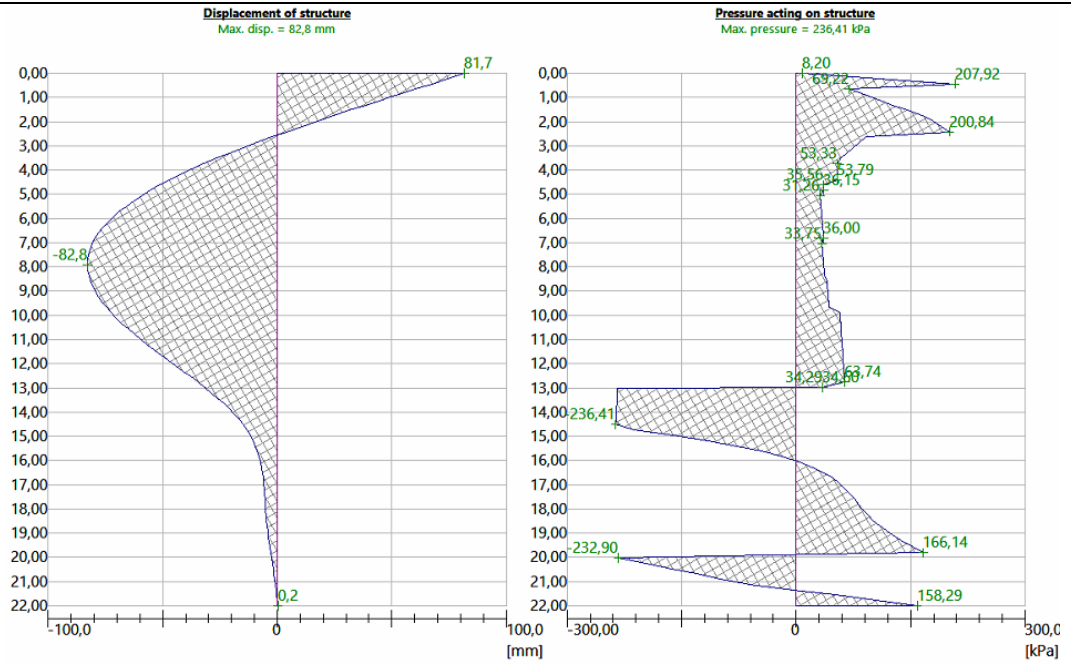
Skaičiavimo rezultatai

Nr.	Rodiklis	Apskaičiuotas rezultatas	Projekto galutinis skaičiavimo rezultatas	Pastabos
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	706	748	-
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	429	399	-
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas	0,96	0,96	-
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	82,8	237	-
5.	Didžiausias nuosėdis galutiniame statybos etape, (mm)	54,9	-	-
6.	Stabilumo koeficientas	1,87	1,53	>1,50

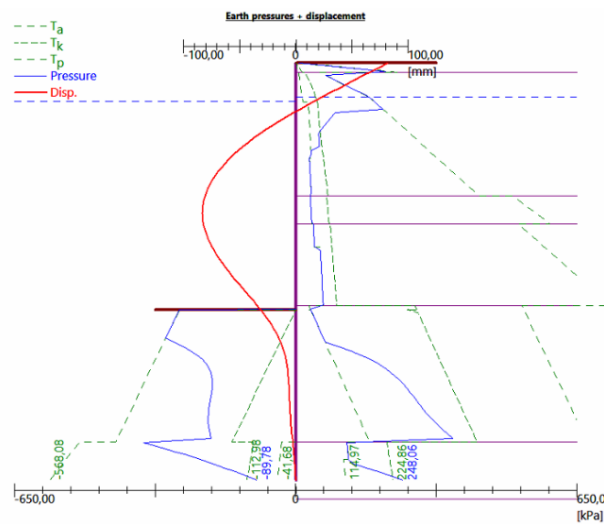
Pateikiu plieninės įlaidinės sienutės lenkimo momentų ir ašinių jėgų diagramą (35 pav.), žemės slėgių ir poslinkių diagramą (36 pav.), grunto nuosėdžio diagramą (37 pav.) ir bendrą žemės slėgio ir poslinkių diagramą. Detalūs skaičiavimai pateikiami 6-7 prieduose.



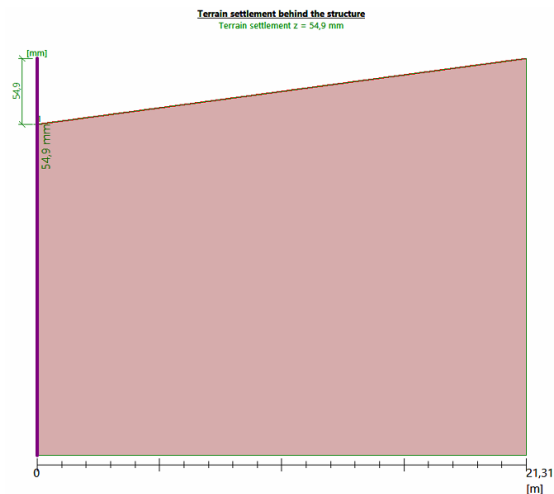
35 pav. Lenkimo momentų ir ašinių jėgų diagrama



36 pav. Poslinkių ir slėgių diagrama



37 pav. Žemės slėgio ir poslinkių diagrama



38 pav. Grunto nuosėdžio diagrama

Iš rezultatų matyti, kad krantinės Nr. 137A konstrukcija galėtų būti optimizuojama, sumontuojant trumpesnę inkarinę templę ar parenkant kitą inkarinės templės posvyrio kampą ar jos šaknies ilgį. Todėl sekančiame poskyryje modeliuosiu alternatyvas su tikslu nustatyti, ar krantinės konstrukcija galėjo būti suprojektuota sutaupant finansinių išteklių.

2.4. Alternatyvų modeliavimas GEO5 programine įranga

V. Paulauskas 2004 m. parengė knygą „Uosto terminalų planavimas“, kurioje išskyrė pagrindinius žingsnius, kuriais remiantis yra nustatomas krantinės įrengimo ar jos rekonstrukcijos reikalingumas. Autorius nurodė 5 pagrindinius žingsnius: krovinių srautų analizė; galimų pokyčių užuostyje analizė; laivų tipų ir parametrų parinkimas; terminalo superstruktūros įvertinimas ir krantinės parametrų nustatymas. Kadangi prieš rengiant Projektą, tikėtina, kad buvo išnagrinėti pirmi 4 žingsniai, šiame skyriuje nagrinėsiu paskutinį žingsnį – krantinės Projekto sprendinio alternatyvų modeliavimą. Siekdamas įvertinti ir nustatyti, kokią įtaką konstrukcijai daro inkaro posvyrio kampas, inkaro ir jo šaknies ilgis, modeliuosiu šias alternatyvas:

Lentelė 12

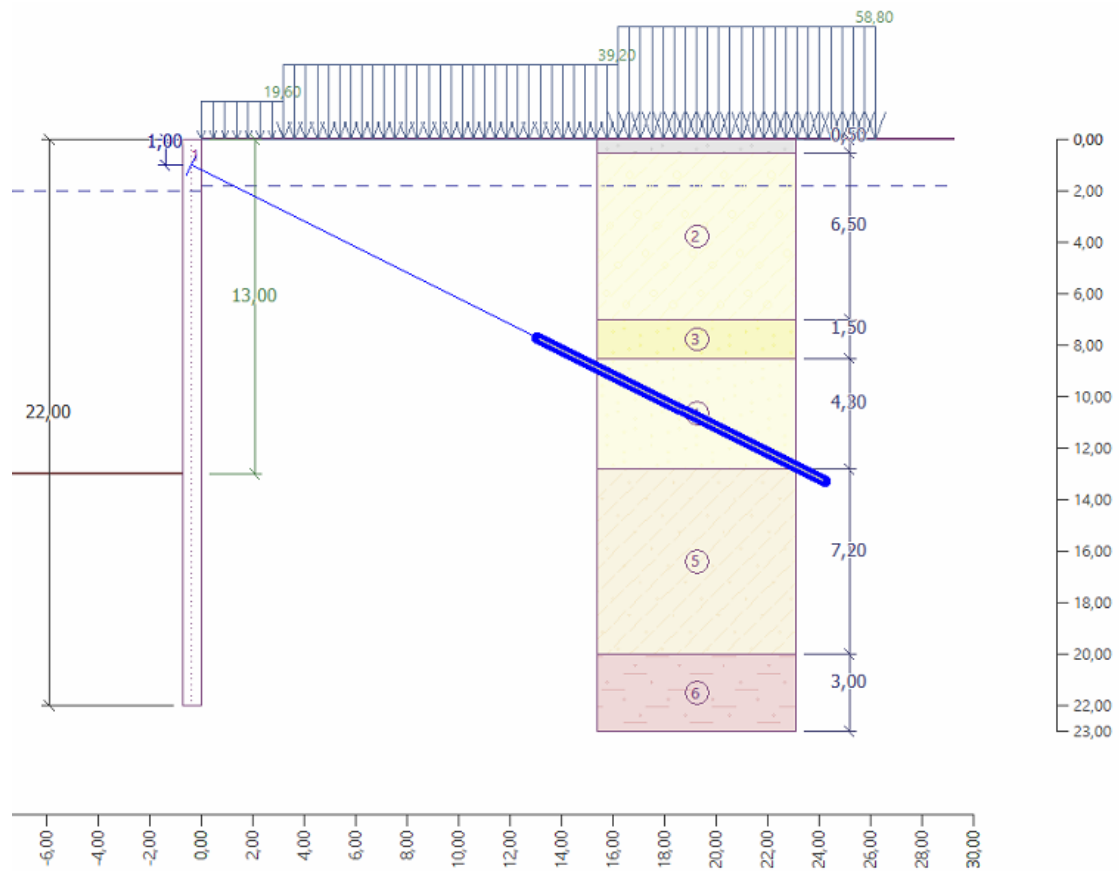
Skaičiuojamos alternatyvos

Eil. Nr.	Inkaro posvyrio kampas, laipsn.	Inkaro ilgis, m	Inkaro šaknies ilgis, m
1.	26,5	27,5	12,5
2.			15,0
3.		30,5	12,5
4.			15,0
5.*		33,5	12,5
6.			15,0
7.	35,0	27,5	12,5
8.			15,0
9.		30,5	12,5
10.			15,0
11.		33,5	12,5
12.			15,0
13.	45,0	27,5	12,5
14.			15,0
15.		30,5	12,5
16.			15,0
17.		33,5	12,5
18.			15,0

* – Projektinis modelis.

Inkartinė templė gamykliškai gaminama ir parduodama kas 3 metrus, todėl skaičiuodamas alternatyvas tokį intervalą ir pasirenku: 33,5 m; 30,5 m; 27,5 m. Pasirinkta inkarą modeliuoti trimis posvyrio kampais: 26,5°; 35,0° ir 45,0° ir dviem skirtingais ilgiais – 12,5 m ir 15,0 m.

Alternatyvos Nr. 1, kai inkarinės templės posvyrio kampas yra 26,5°, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



39 pav. Alternatyvos Nr. 1 skaičiuojamoji schema

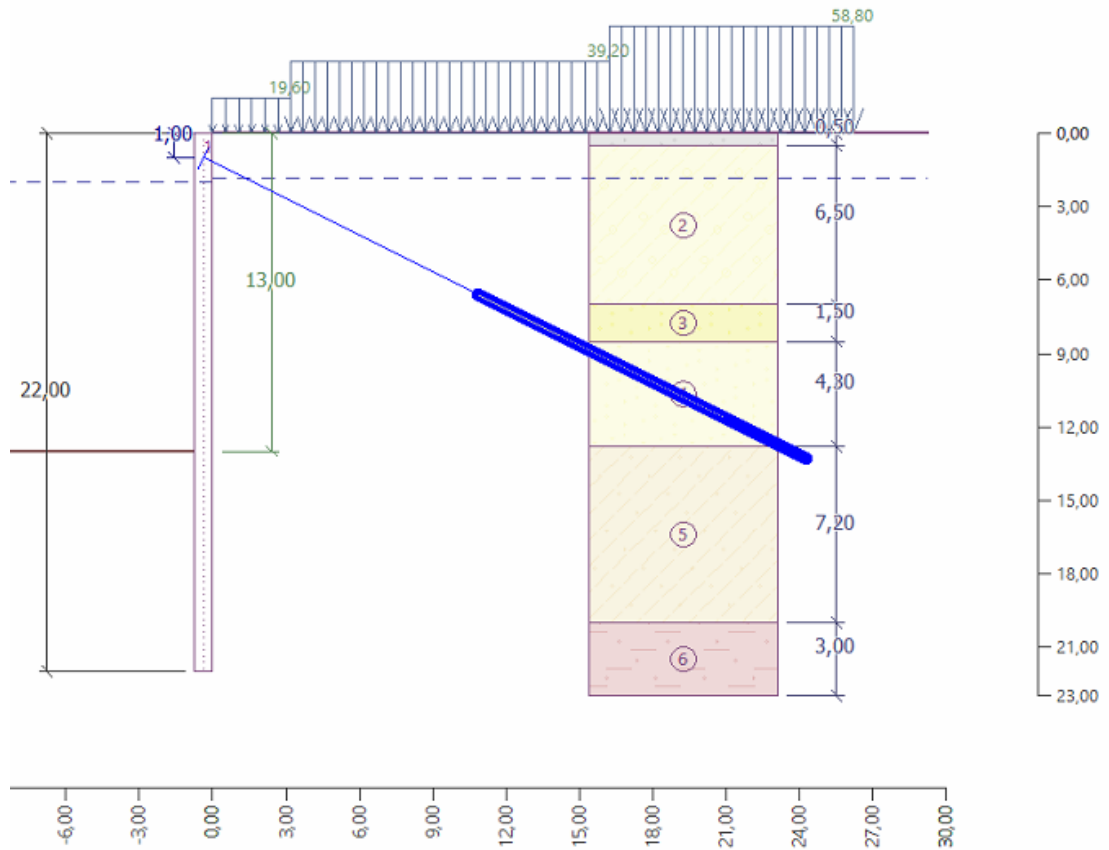
Pateikiu alternatyvos Nr. 1 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

Lentelė 13

Alternatyvos Nr. 1 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	712	634	698
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	508	472	437
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	276	260	244
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	-59,3	61,7	73,8	83,1
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	2,60	42,3	56,1
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 2, kai inkarinės templės posvyrio kampas $26,5^\circ$, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



40 pav. Alternatyvos Nr. 2 skaičiuojamoji schema

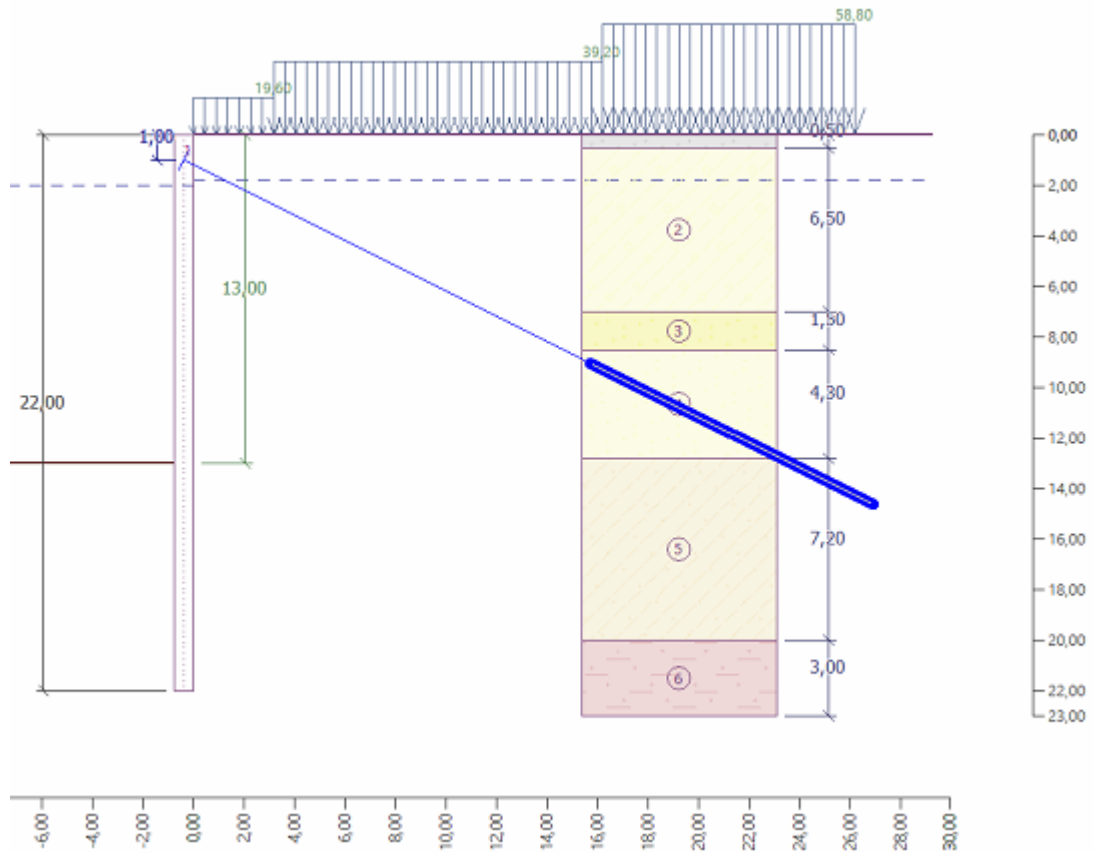
Pateikiu alternatyvos Nr. 2 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

Lentelė 14

Alternatyvos Nr. 2 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	712	572	759
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	508	438	487
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	241	213	233
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	61,7	73,1	93,0
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	2,60	36,1	65,6
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 3, kai inkarinės templės posvyrio kampas $26,5^\circ$, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



41 pav. Alternatyvos Nr. 3 skaičiuojamoji schema

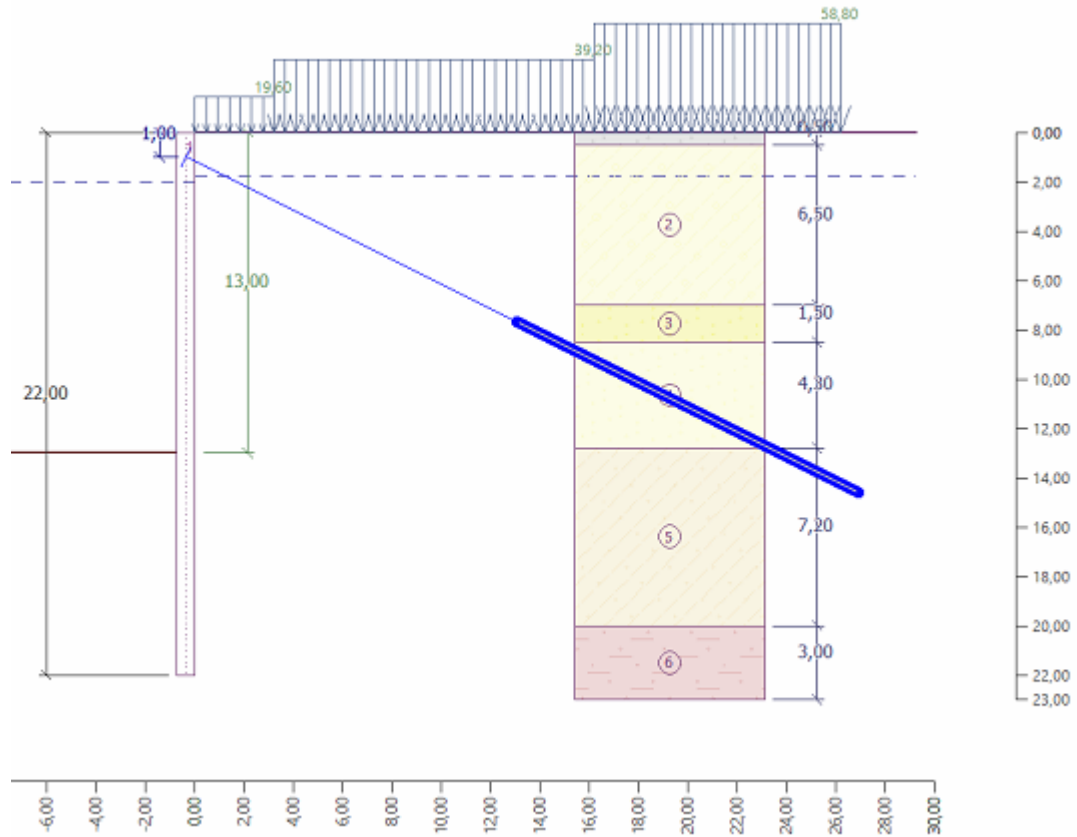
Pateikiu alternatyvos Nr. 3 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

Lentelė 15

Alternatyvos Nr. 3 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	712	710	782
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	508	506	443
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	248	248	222
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	61,7	74,0	92,6
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	2,60	49,6	63,6
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 4, kai inkarinės templės posvyrio kampas $26,5^\circ$, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



42 pav. Alternatyvos Nr. 4 skaičiuojamoji schema

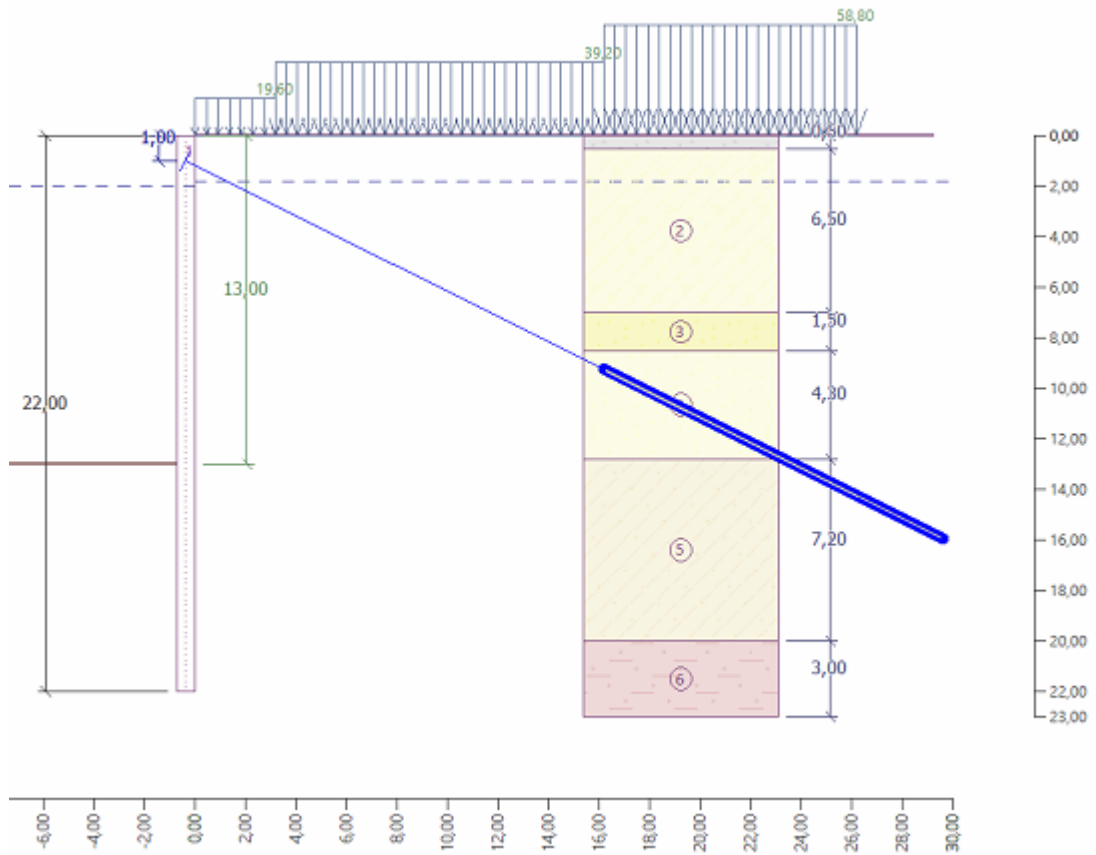
Pateikiu alternatyvos Nr. 4 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 16

Alternatyvos Nr. 4 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	712	634	698
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	508	472	438
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	211	199	187
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	61,7	73,8	83,1
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	2,6	42,3	56,1
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 6, kai inkarinės templės posvyrio kampas $26,5^\circ$, inkaro ilgis – 33,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



43 pav. Alternatyvos Nr. 6 skaičiuojamoji schema

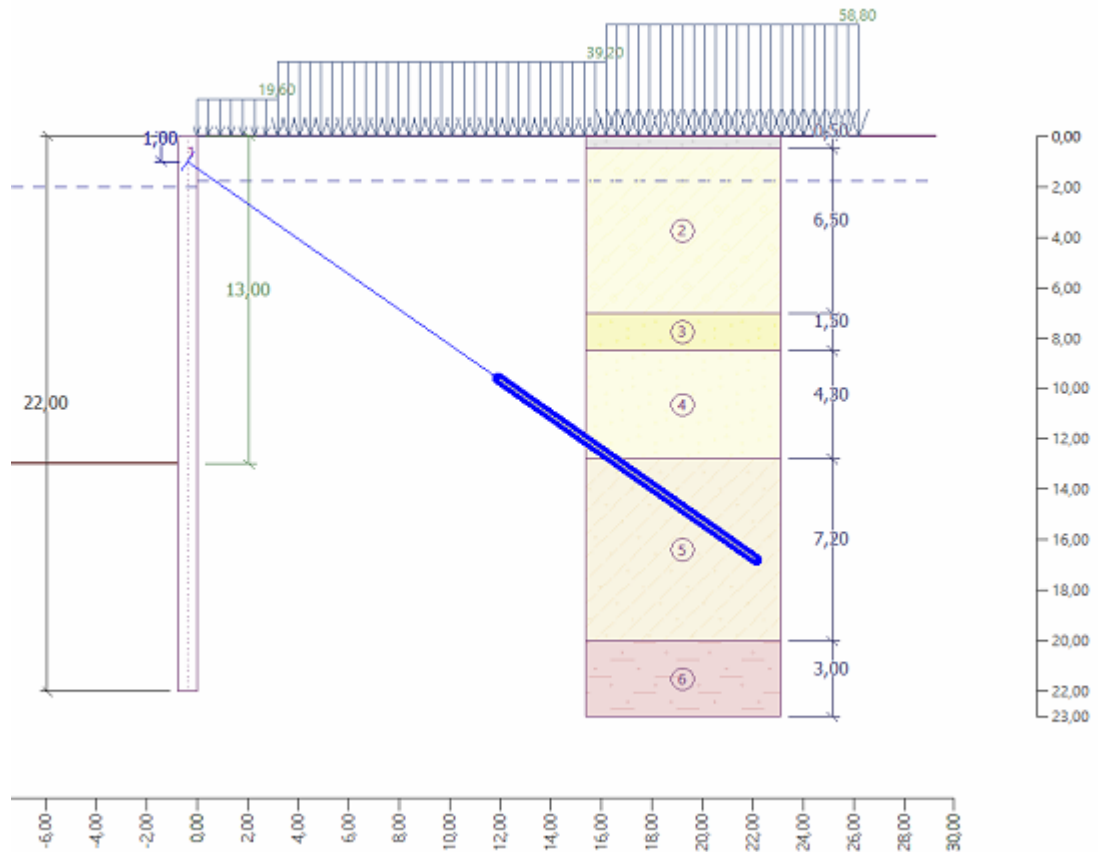
Pateikiu alternatyvos Nr. 6 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 17

Alternatyvos Nr. 6 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	711	506	782
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	508	710	443
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	196	195	175
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	61,7	74,0	92,6
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	2,60	49,6	63,5
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 7, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



44 pav. Alternatyvos Nr. 7 skaičiuojamoji schema

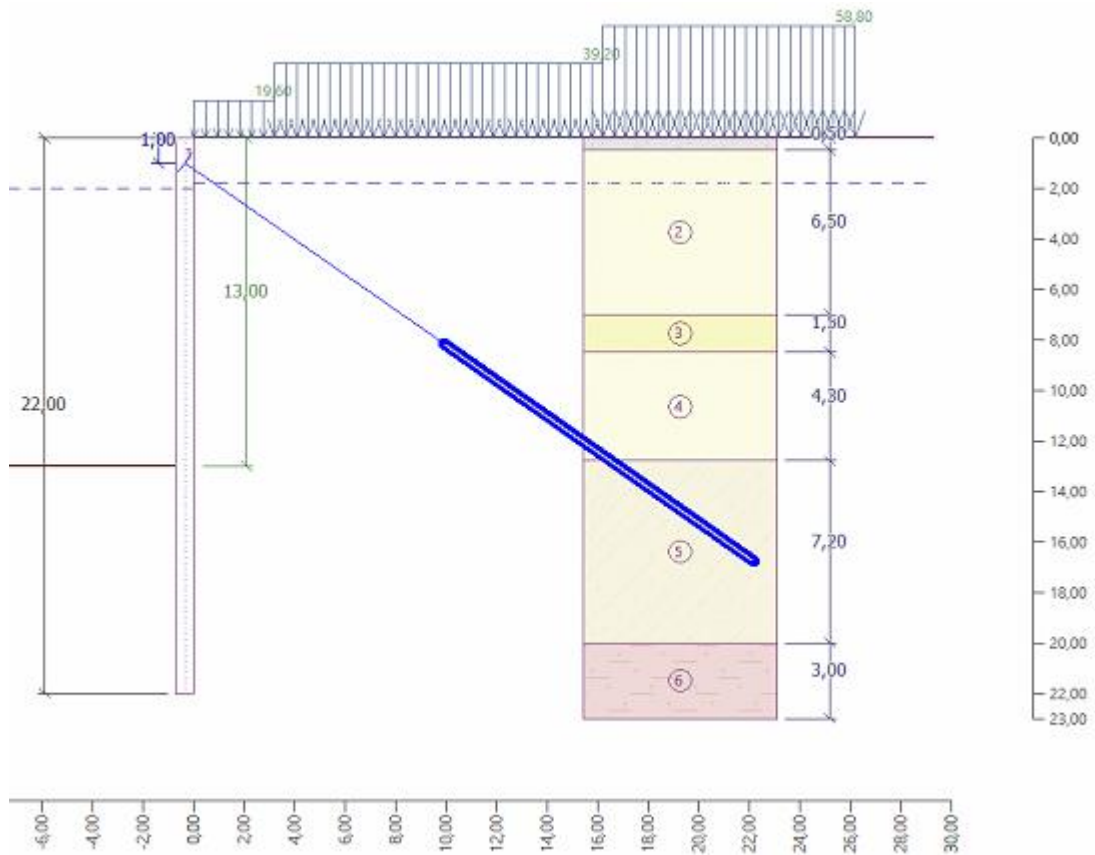
Pateikiu alternatyvos Nr. 7 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 18

Alternatyvos Nr. 7 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	487	608
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	390	361
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	84,8	79,93
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	64,2	85,4
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	51,0	68,4
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 8, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



45 pav. Alternatyvos Nr. 8 skaičiuojamoji schema

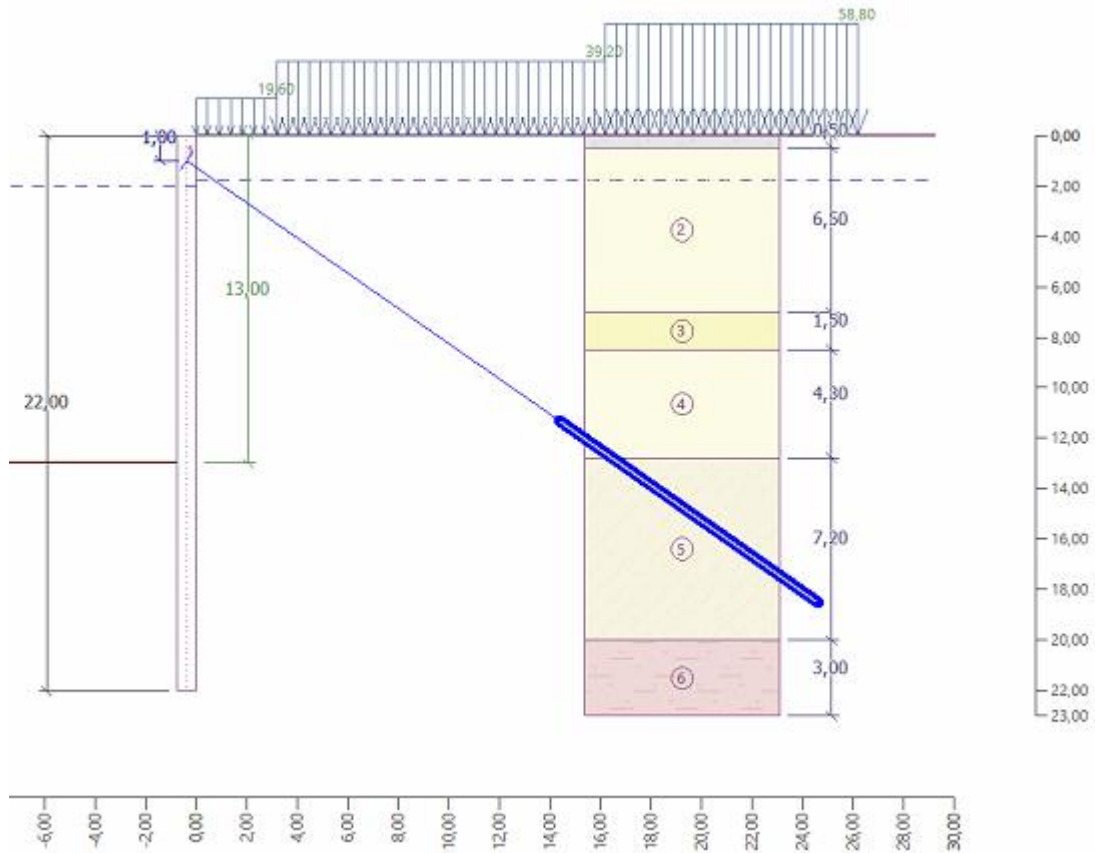
Pateikiu alternatyvos Nr. 8 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 19

Alternatyvos Nr. 8 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	486	606
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	389	360
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	197	174	164
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	64,5	85,8
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	51,5	69,0
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 9, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



46 pav. Alternatyvos Nr. 9 skaičiuojamoji schema

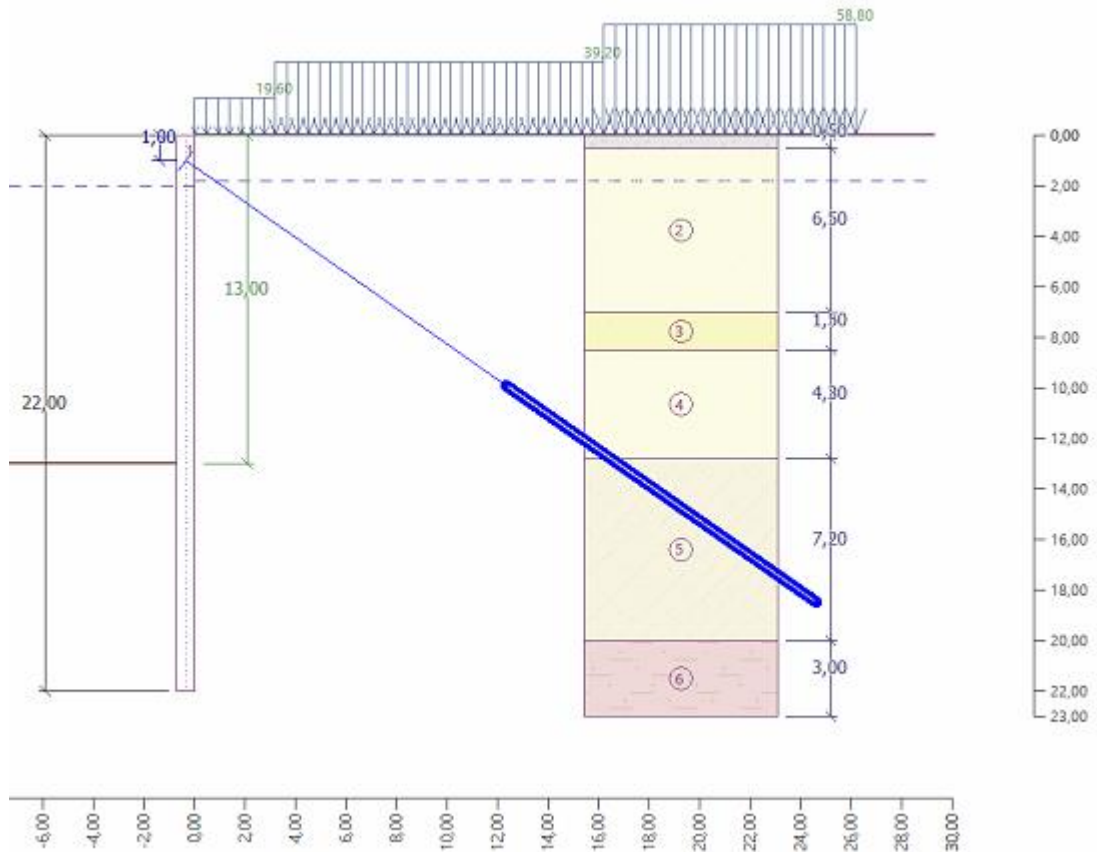
Pateikiu alternatyvos Nr. 9 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 20

Alternatyvos Nr. 9 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	499	602
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	399	346
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	86,3	77,4
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	65,7	83,3
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	52,2	65,7
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 10, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



47 pav. Alternatyvos Nr. 10 skaičiuojamoji schema

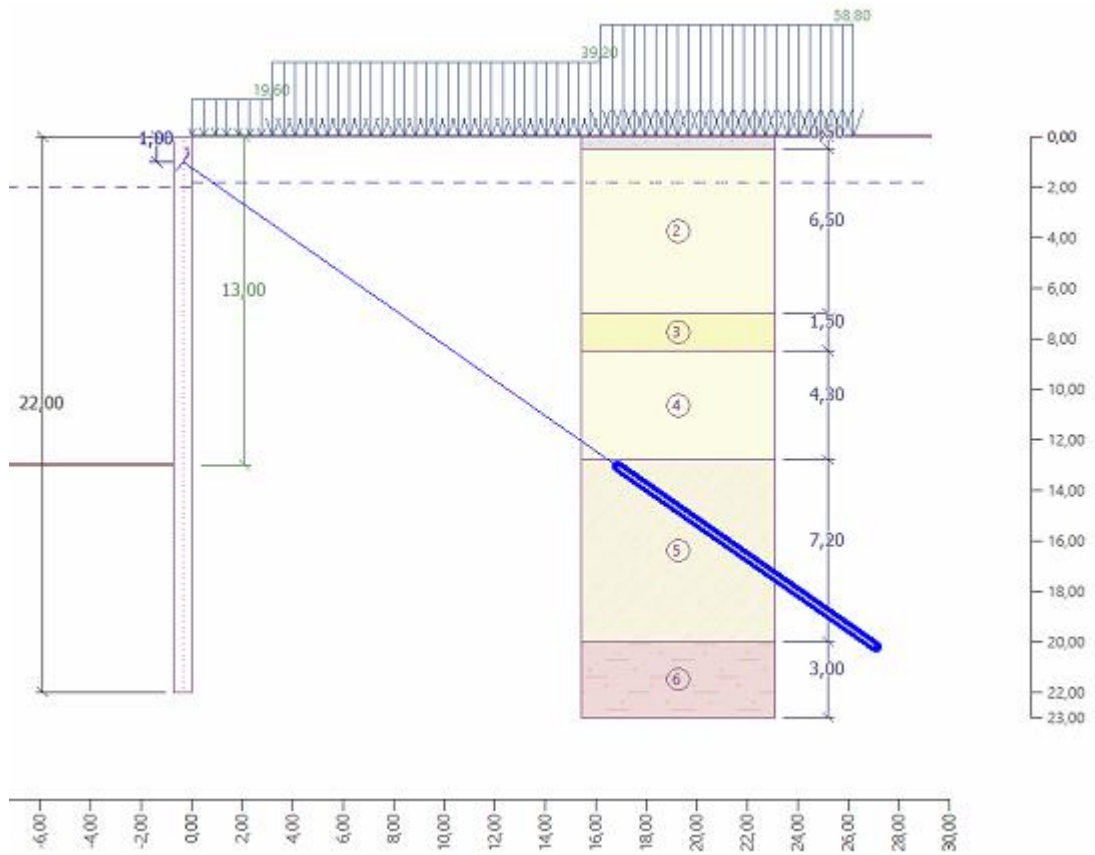
Pateikiu alternatyvos Nr. 10 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 21

Alternatyvos Nr. 10 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	487	608
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	390	361
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	84,8	80,0
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	64,1	85,3
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	50,9	68,2
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 11, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 33,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



48 pav. Alternatyvos Nr. 11 skaičiuojamoji schema

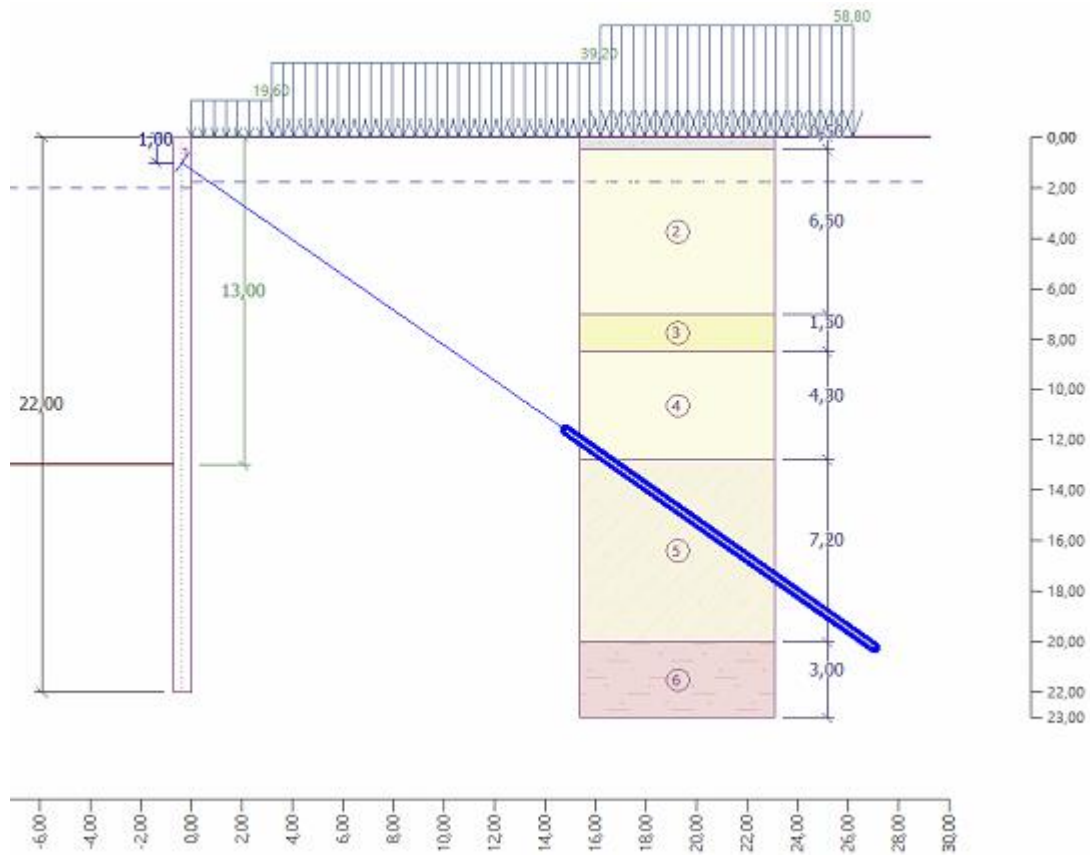
Pateikiu alternatyvos Nr. 11 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 22

Alternatyvos Nr. 11 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	501	604
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	400	347
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	86,6	77,6
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	65,6	82,8
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	52,0	65,0
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 12, kai inkarinės templės posvyrio kampas $35,0^\circ$, inkaro ilgis – 33,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



49 pav. Alternatyvos Nr. 12 skaičiuojamoji schema

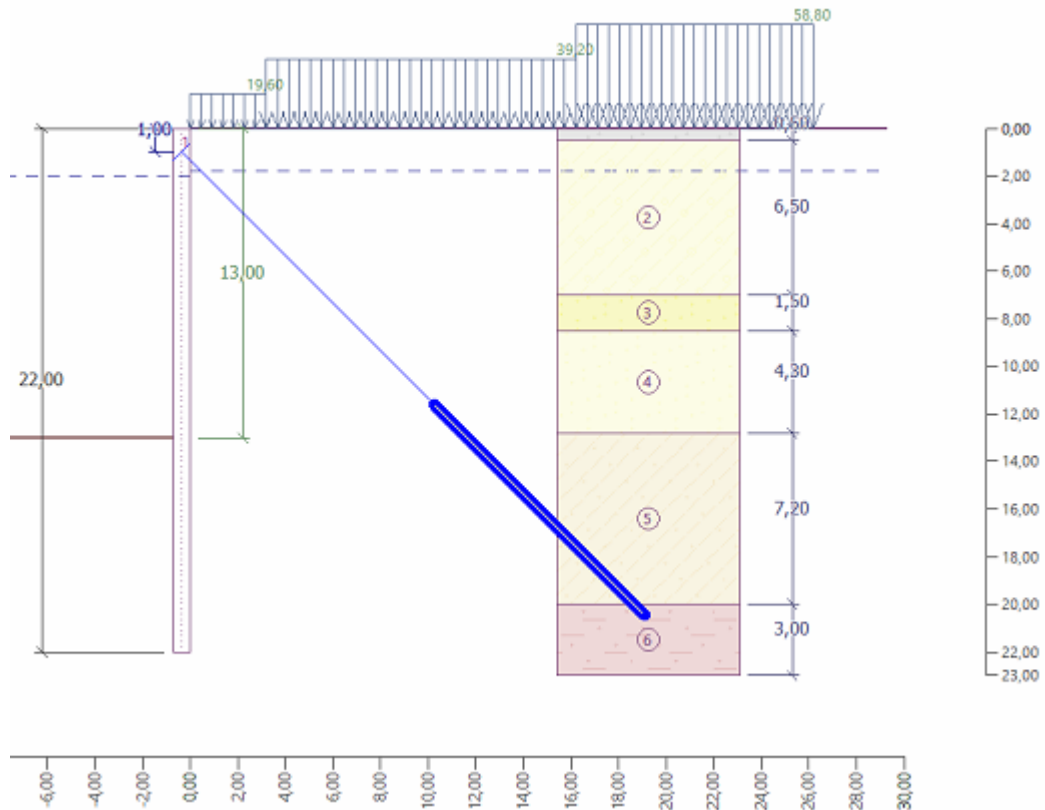
Pateikiu alternatyvos Nr. 12 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 23

Alternatyvos Nr. 12 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	579	499	602
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	456	399	346
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	86,4	77,4
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	18,8	65,7	83,2
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	10,2	52,2	65,6
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 13, kai inkarinės templės posvyrio kampas 45,0°, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



50 pav. Alternatyvos Nr. 13 skaičiuojamoji schema

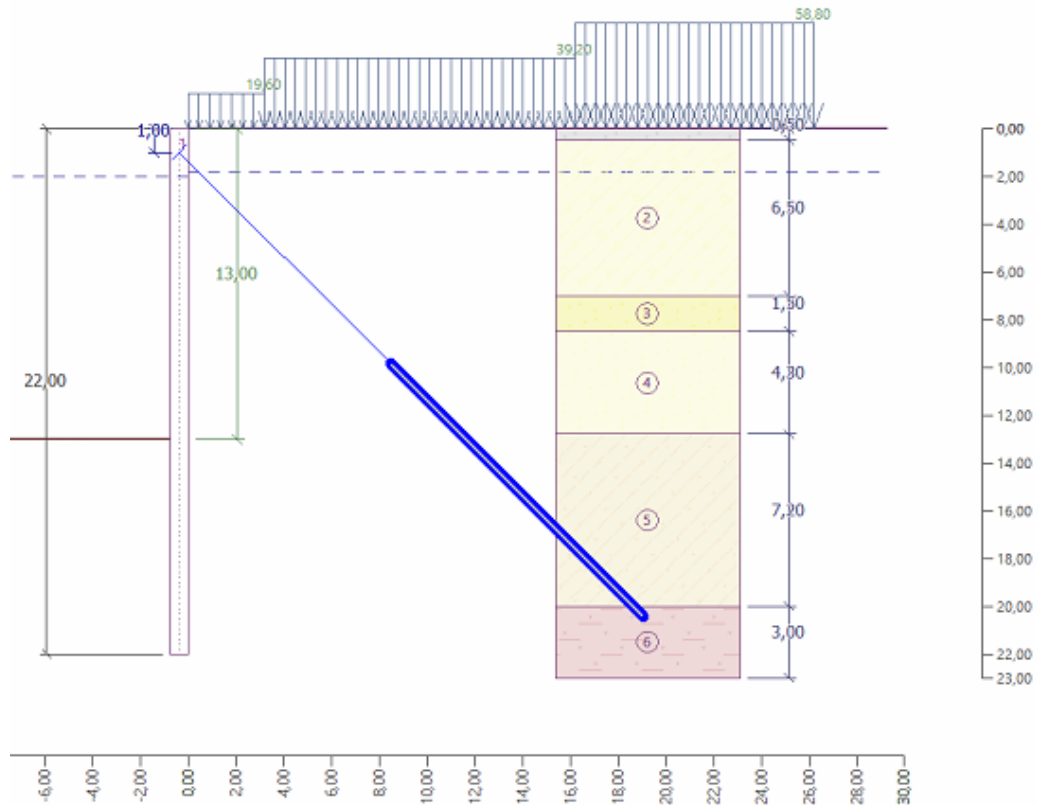
Pateikiu alternatyvos Nr. 13 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 24

Alternatyvos Nr. 13 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	395	550
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	313	307
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	83,1	76,1
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	63,2	86,8
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	56,7	75,8
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 14, kai inkarinės tempinės posvyrio kampas $45,0^\circ$, inkaro ilgis – 27,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



51 pav. Alternatyvos Nr. 14 skaičiuojamoji schema

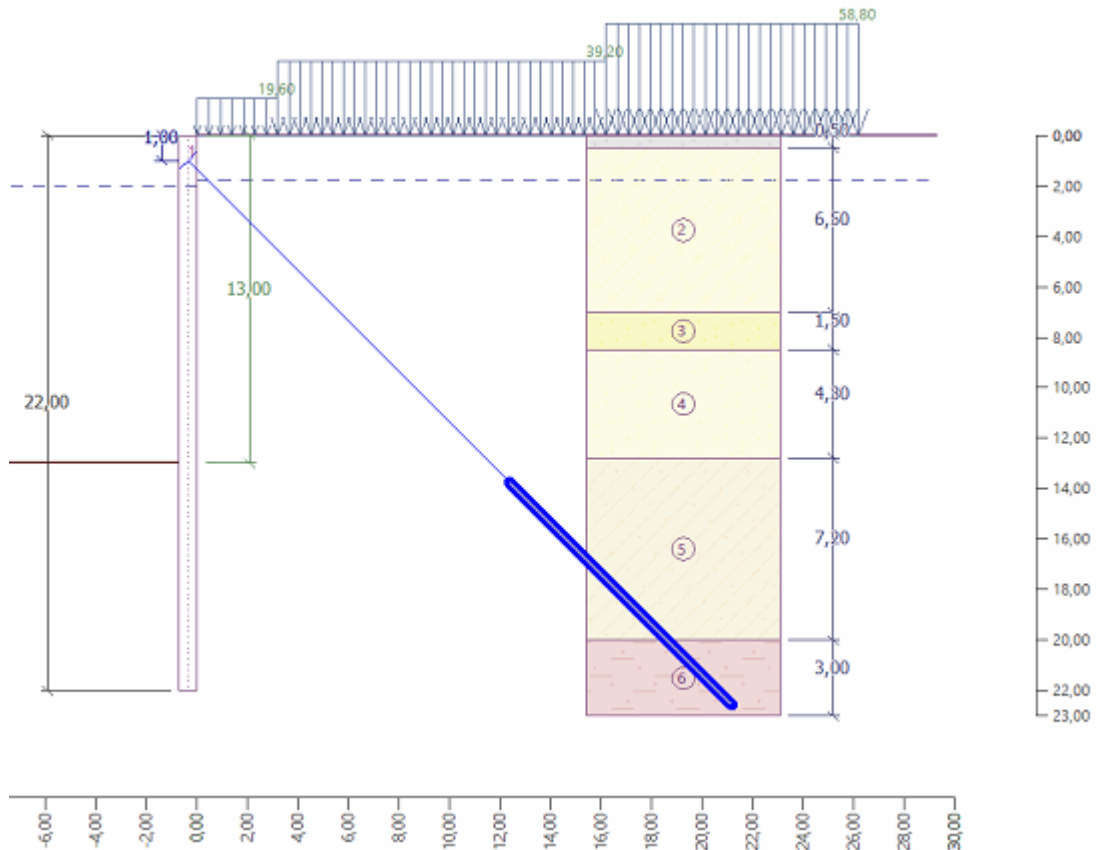
Pateikiu alternatyvos Nr. 14 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 25

Alternatyvos Nr. 14 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	394	554
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	313	308
3.	Inkarinės tempinės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	83,1	79,5
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	63,6	88,9
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	57,2	78,3
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 15, kai inkarinės templės posvyrio kampas 45,0°, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



52 pav. Alternatyvos Nr. 15 skaičiuojamoji schema

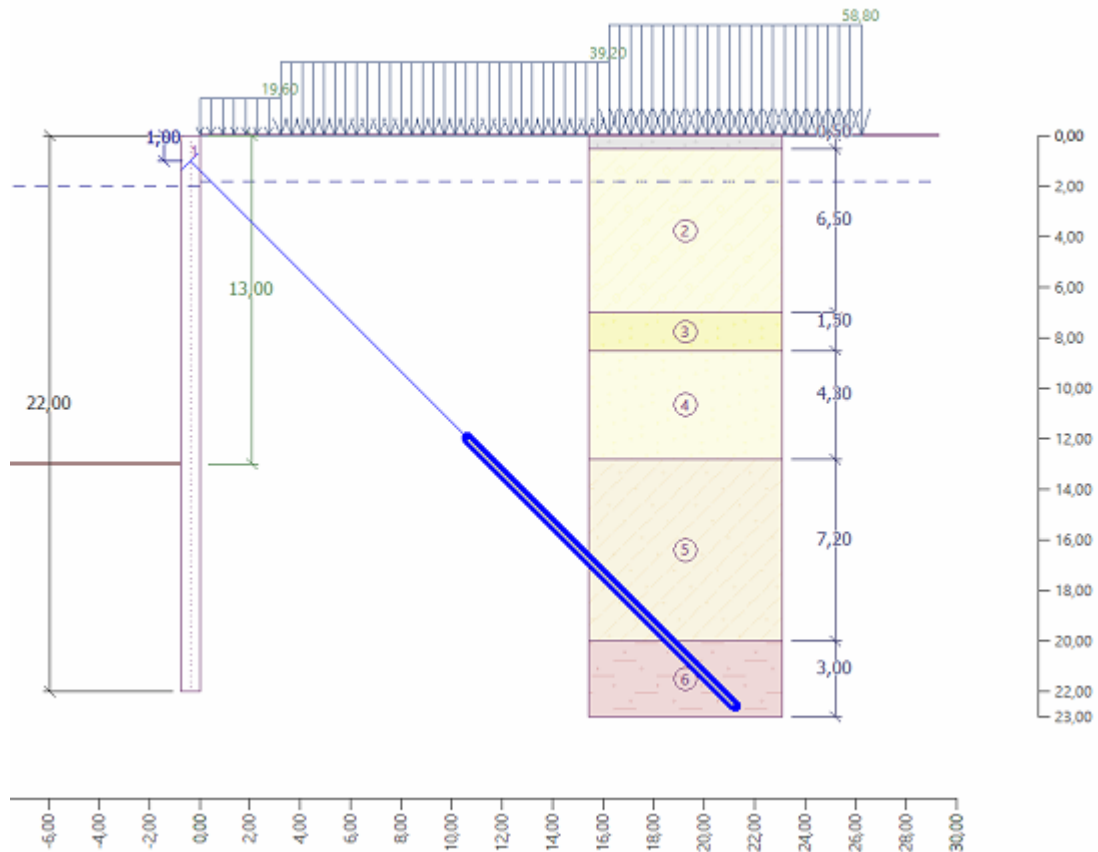
Pateikiu alternatyvos Nr. 15 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 26

Alternatyvos Nr. 15 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	401	551
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	321	307
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	84,67	76,4
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	64,0	86,3
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	57,2	74,9
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 15, kai inkarinės templės posvyrio kampas $45,0^\circ$, inkaro ilgis – 30,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



53 pav. Alternatyvos Nr. 16 skaičiuojamoji schema

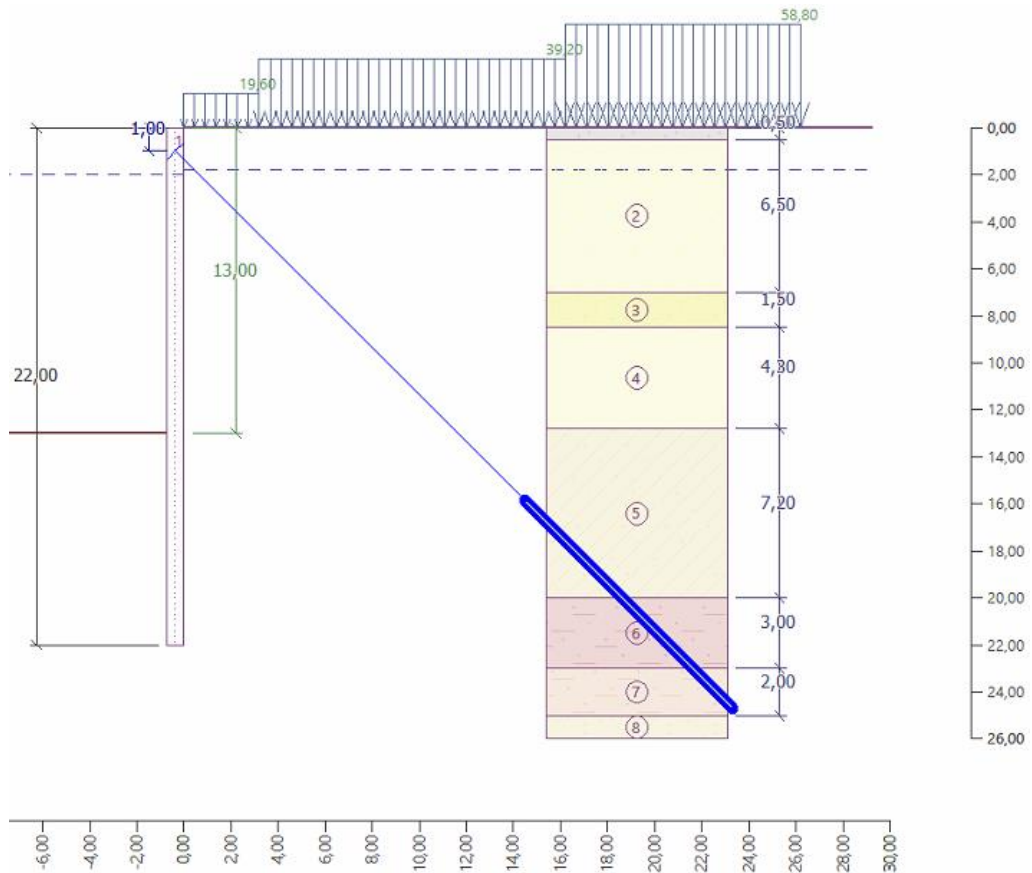
Pateikiu alternatyvos Nr. 16 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 27

Alternatyvos Nr. 16 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	395	550
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	313	307
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	83,2	76,1
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	63,2	86,7
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	56,6	75,6
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 17, kai inkarinės templės posvyrio kampas 45,0°, inkaro ilgis – 33,5 m, inkaro šaknies ilgis – 12,5 m, skaičiuojamoji schema:



54 pav. Alternatyvos Nr. 17 skaičiuojamoji schema

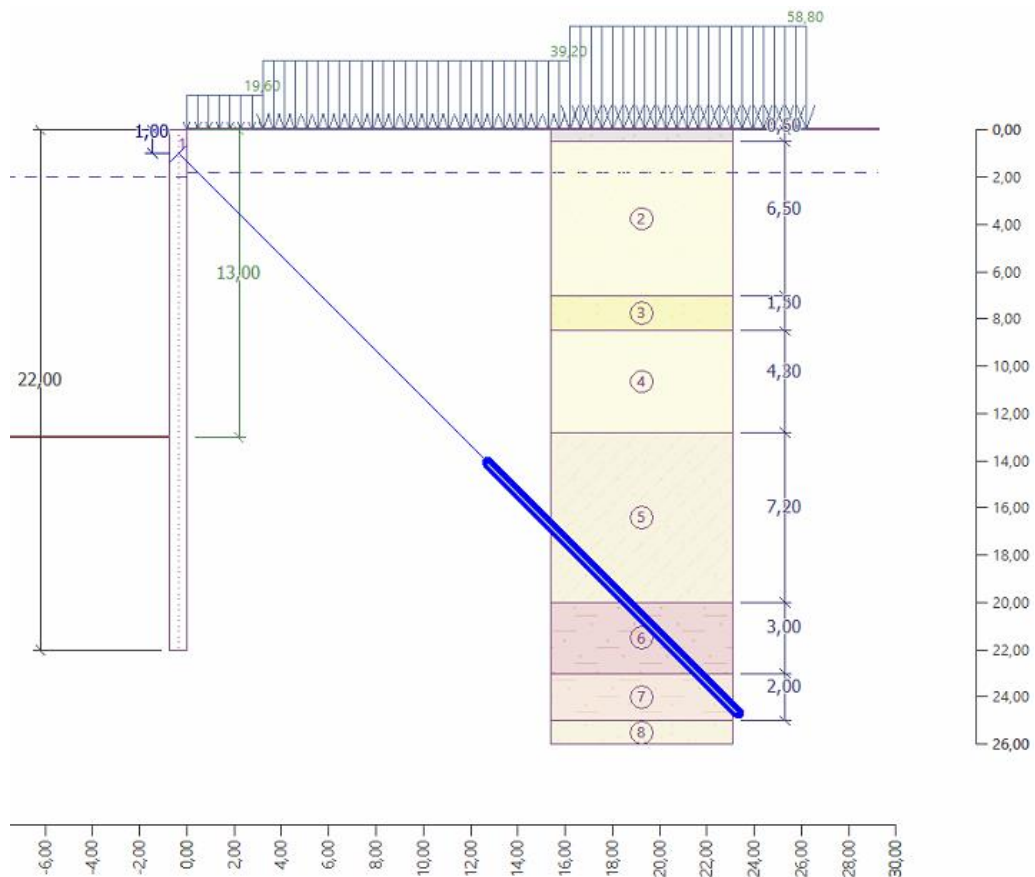
Pateikiu alternatyvos Nr. 17 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 28

Alternatyvos Nr. 17 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	404	555
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	323	304
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	236	209	190
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	64,0	86,3
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	57,0	74,6
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

Alternatyvos Nr. 18, kai inkarinės templės posvyrio kampas $45,0^\circ$, inkaro ilgis – 33,5 m, inkaro šaknies ilgis – 15,0 m, skaičiuojamoji schema:



55 pav. Alternatyvos Nr. 18 skaičiuojamoji schema

Pateikiu alternatyvos Nr. 17 skaičiavimo rezultatus visose keturiuose statybų stadijose:

lentelė 29

Alternatyvos Nr. 18 skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Rodiklis	I statybų stadija	II statybų stadija	III statybų stadija	IV statybų stadija
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	247	406	402	551
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	108	379	321	307
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas (%)	-	96,1	84,7	76,4
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	59,3	23,8	64,0	86,2
5.	Nuosėdis (mm)	23,5	16,2	57,2	74,7
6.	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas (%)	58,6	58,5	73,8	75,4

III. REZULTATŲ APIBENDRINIMAS

1-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas ir didžiausia ašinė jėga atsiranda II statybų etape, atitinkamai 712 kNm/m ir 508 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra taip pat II statybų etape – 276 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 83,1 mm ir 56,1 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 276 %. Alternatyvos Nr. 1 skaičiavimo rezultatai pateikti 13 lentelėje.

2-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 759 kNm/m, o didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 508 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 241 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 93,0 mm ir 65,6 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 241 %. Alternatyvos Nr. 2 skaičiavimo rezultatai pateikti 14 lentelėje.

3-iosios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 782 kNm/m, o didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 508 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II ir III statybų etapuose – 248 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 92,6 mm ir 63,6 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 248 %. Alternatyvos Nr. 3 skaičiavimo rezultatai pateikti 15 lentelėje.

4-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta II statybų stadijoje – 712 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia taip pat II statybų etape – 508 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 211 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 83,1 mm ir 56,1 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 211 %. Alternatyvos Nr. 4 skaičiavimo rezultatai pateikti 16 lentelėje.

6-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 782 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia III statybų etape – 710 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 196 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 92,6 mm ir 63,5 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija

inkarinės templės laikomąją galią 196 %. Alternatyvos Nr. 6 skaičiavimo rezultatai pateikti 17 lentelėje.

7-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 608 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 85,4 mm ir 68,4 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 7 skaičiavimo rezultatai pateikti 18 lentelėje.

8-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 606 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 197 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 85,8 mm ir 69,0 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 197 %. Alternatyvos Nr. 8 skaičiavimo rezultatai pateikti 19 lentelėje.

9-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 602 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 83,3 mm ir 65,7 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 9 skaičiavimo rezultatai pateikti 20 lentelėje.

10-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 608 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 85,3 mm ir 68,2 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 10 skaičiavimo rezultatai pateikti 21 lentelėje.

11-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 604 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 82,8 mm ir 65,0 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja

inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 11 skaičiavimo rezultatai pateikti 22 lentelėje.

12-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 602 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 456 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 83,2 mm ir 65,6 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 12 skaičiavimo rezultatai pateikti 23 lentelėje.

13-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 550 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 86,8 mm ir 75,8 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 13 skaičiavimo rezultatai pateikti 24 lentelėje.

14-osios alternatyvos plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 554 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 88,9 mm ir 79,5 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 14 skaičiavimo rezultatai pateikti 25 lentelėje.

15-osios plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 551 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 86,3 mm ir 74,9 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 15 skaičiavimo rezultatai pateikti 26 lentelėje.

16-osios plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 550 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 86,7 mm ir 75,6 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 16 skaičiavimo rezultatai pateikti 27 lentelėje.

17-osios plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 555 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 236 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 86,3 mm ir 74,6 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos viršija inkarinės templės laikomąją galią 236 %. Alternatyvos Nr. 17 skaičiavimo rezultatai pateikti 28 lentelėje.

18-osios plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas vyksta IV statybų stadijoje – 551 kNm/m ir didžiausia ašinė jėga veikia II statybų etape – 379 kN/m. Šios alternatyvos didžiausias inkarinės templės išnaudojimas yra II statybų etape – 96,1 %. Didžiausias apskaičiuotas poslinkis ir nuosėdis yra IV statybos etape, atitinkamai 86,2 mm ir 74,7 mm. Stabilumo koeficientas labiausiai išnaudojamas 75,4 % IV statybos etape. Susidariusios apkrovos išnaudoja inkarinės templės laikomąją galią 96,1 %. Alternatyvos Nr. 18 skaičiavimo rezultatai pateikti 29 lentelėje.

Apibendrinant rezultatus, matyti, kad galimos alternatyvos yra: Nr. 7; Nr. 9; Nr. 10; Nr. 11; Nr. 12; Nr. 13; Nr. 14; Nr. 15; Nr. 16, Nr. 18. Likusios alternatyvos (Nr. 1; Nr. 2; Nr. 3; Nr. 4; Nr. 6; Nr. 8, Nr. 17) yra negalimos dėl per didelio inkarinių templių laikomosios galios išnaudojimo.

3.1. Esamos situacijos modeliavimo rezultatai

Programine įranga sumodeliavus ir apskaičiavus Projektinį Krantinės Nr. 137A modelį, gavau itin panašius rezultatus, kokie yra nurodyti Projekte. Rezultatų palyginimą pateikiu lentelėje:

lentelė 30

Projektinio Krantinės Nr. 137A modelio skaičiavimo rezultatų palyginimas su Projekte nurodytais skaičiavimo rezultatais

Nr.	Rodiklis	Apskaičiuotas rezultatas	Projekte pateiktas skaičiavimo rezultatas	Skirtumas, %
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	706	748	5,60
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	429	399	-8,00
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas galutiniame etape	0,96	0,96	0,00
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	82,8	237	65,1
5.	Didžiausias nuosėdis galutiniame statybos etape, (mm)	54,9	-	-
6.	Stabilumo koeficientas	1,87	1,53	22,0

Apskaičiuotas plieninės sienutės didžiausias lenkimo momentas, inkarinės templės išnaudojimo koeficientas gavosi nežymiai mažesni už Projekte nurodytus skaičiavimo rezultatus. Apskaičiuotas didžiausias poslinkis nuo skaičiuojamųjų apkrovų gavosi žymiai mažesnis už Projekte

nurodytą didžiausią poslinkį. Apskaičiuota plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga gavosi nežymiai didesnė už Projekte nurodytą didžiausią ašinę jėgą.

3.2. Alternatyvų modeliavimo rezultatai

Iš apskaičiuotų rezultatų, kurie pateikti 31 lentelėje (žr. kitą puslapį), matyti, kad grunto stabilumas kintant rodikliams nesikeitė. Kintant inkaro šaknies ilgiui, didžiausi lenkimo momentai ir ašinės jėgos keitėsi nežymiai, dažnu atveju pailginus inkaro šaknį, didžiausias lenkimo momentas ir ašinė jėga neženkliai sumažėjo. Didesnės priklausomybės tarp inkaro šaknies pailginimo ir atsiradusių poslinkių ir deformacijų nepastebėta.

Alternatyvų Nr. 1-2, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $26,5^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į (32 lent.) IGS Nr.3 ir IGS Nr.4. Alternatyvos Nr. 3, kurios inkarinės templės posvyrio kampas yra $26,5^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.4 ir IGS Nr.5. Alternatyvos Nr. 4, kurios inkarinės templės posvyrio kampas yra $26,5^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.3, IGS Nr.4 ir IGS Nr.5. Projektinio sprendinio ir alternatyvos Nr. 6, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $26,5^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.4 ir IGS Nr.5. Alternatyvų Nr. 7-10, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $35,0^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.4 ir IGS Nr.5. Alternatyvų Nr. 11-12, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $35,0^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.5. Alternatyvų Nr. 13-14, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $45,0^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.4 ir IGS Nr.5. Alternatyvos Nr. 15, kurios inkarinės templės posvyrio kampas yra $45,0^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.5 ir IGS Nr.6. Alternatyvų Nr. 16-18, kurių inkarinės templės posvyrio kampas yra $45,0^\circ$, inkaras pagrinde savo šaknimi apkrovas perduoda į IGS Nr.5, IGS Nr.6 ir IGS Nr.7.

lentelė 31

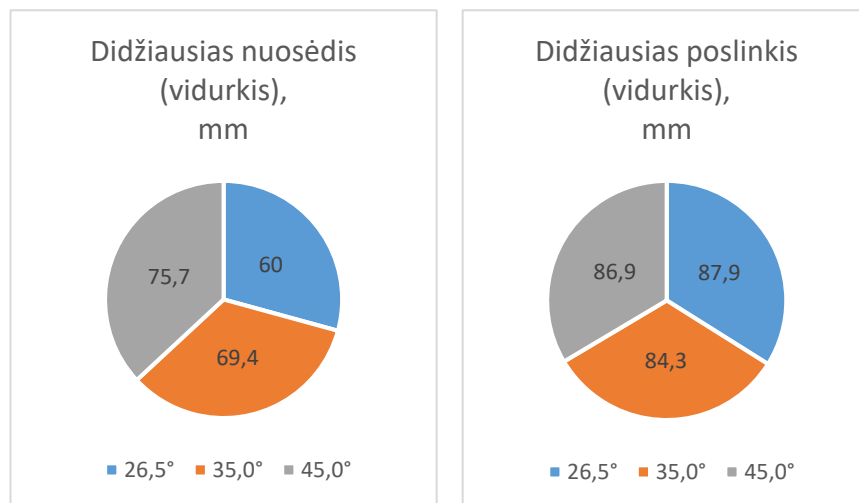
Pagrindinių IGS fizikinės savybės (3 priedas)

Grunto parametrai	Žymuo	IGS Nr.3	IGS Nr.4	IGS Nr.5	IGS Nr.6	IGS Nr.7
Visuminės deformacijos modulis	$E_o, \cdot 10^3 \text{kN/m}^2$	52,8	20,0	16,8	60,0	28,0
Nedrenuotoji sankiba	$S_u, \text{kN/m}^2$	-	-	95,0	-	100
Sankiba	$c_{\text{ref}}, \text{kN/m}^2$	0,00	0,00	-	25,5	-
Vidinės trinties kampas	$\varphi, ^\circ$	30,0	32,0	-	20,0	-
Sauso grunto tankis	$\gamma_{\text{unsat}}, \text{kN/m}^3$	20,1	18,1	21,1	21,8	21,2
Drėgno grunto tankis	$\gamma_{\text{sat}}, \text{kN/m}^3$	20,2	20,0	21,2	22,0	21,3

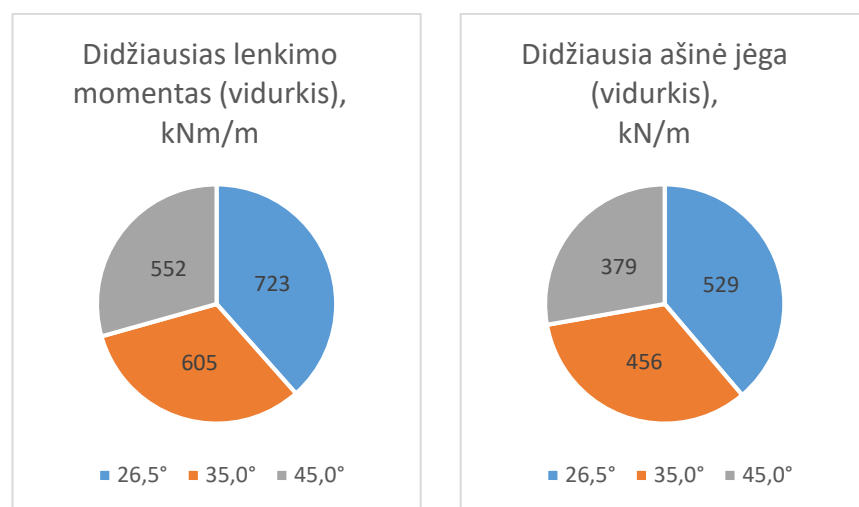
Sumodeliuotų ir apskaičiuotų alternatyvų skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Inkaro posvyrio kampas, °	Inkaro ilgis, m	Inkaro šaknies ilgis, m	Didžiausias lenkimo momentas, kNm/m	Didžiausia ašinė jėga, kN/m	Inkarinės tempinės išnaudojimo koeficientas, %	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų, mm	Didžiausias nuosėdis, mm	Stabilumo koeficientas, išnaudojimas %
1.	26,5	27,5	12,5	712	508	276	83,1	56,1	75,4
2.			15,0	712	508	241	93,0	65,6	75,4
3.		30,5	12,5	712	508	248	92,6	63,6	75,4
4.			15,0	712	508	211	83,1	56,1	75,4
5.*		33,5	12,5	706	429	96,1	82,8	54,9	75,4
6.			15,0	782	710	196	92,6	63,5	75,4
7.	35,0	27,5	12,5	608	456	96,1	85,4	75,4	75,4
8.			15,0	606	456	197	85,8	69,0	75,4
9.		30,5	12,5	602	456	96,1	83,3	65,7	75,4
10.			15,0	608	456	96,1	85,3	75,4	75,4
11.		33,5	12,5	604	456	96,1	82,8	65,0	75,4
12.			15,0	602	456	96,1	83,2	65,6	75,4
13.	45,0	27,5	12,5	550	379	96,1	86,8	75,8	75,4
14.			15,0	554	379	96,1	88,9	78,3	75,4
15.		30,5	12,5	551	379	96,1	86,3	74,9	75,4
16.			15,0	550	379	96,1	86,7	75,6	75,4
17.		33,5	12,5	555	379	236	86,3	74,6	75,4
18.			15,0	551	379	96,1	86,2	74,7	75,4

Esant konkrečiai geologinei sandarai su tam tikromis gruntų fizikinėmis savybėmis, nustatyta, kad optimaliausias inkarinės templės posvyrio kampas, iš baigiamajame magistro darbe nagrinėtų posvyrio kampų, yra $45,0^\circ$. Didėjant inkaro posvyrio kampui ženkliai mažėja didžiausi lenkimo momentai ir ašinės jėgos (57 pav.), bet taip pat prie didesnio posvyrio kampo atsiranda didesni poslinkiai ir deformacijos (56 pav.).



56 pav. Didžiausio nuosėdžio ir poslinkio priklausomybė nuo inkarinės templės posvyrio kampo

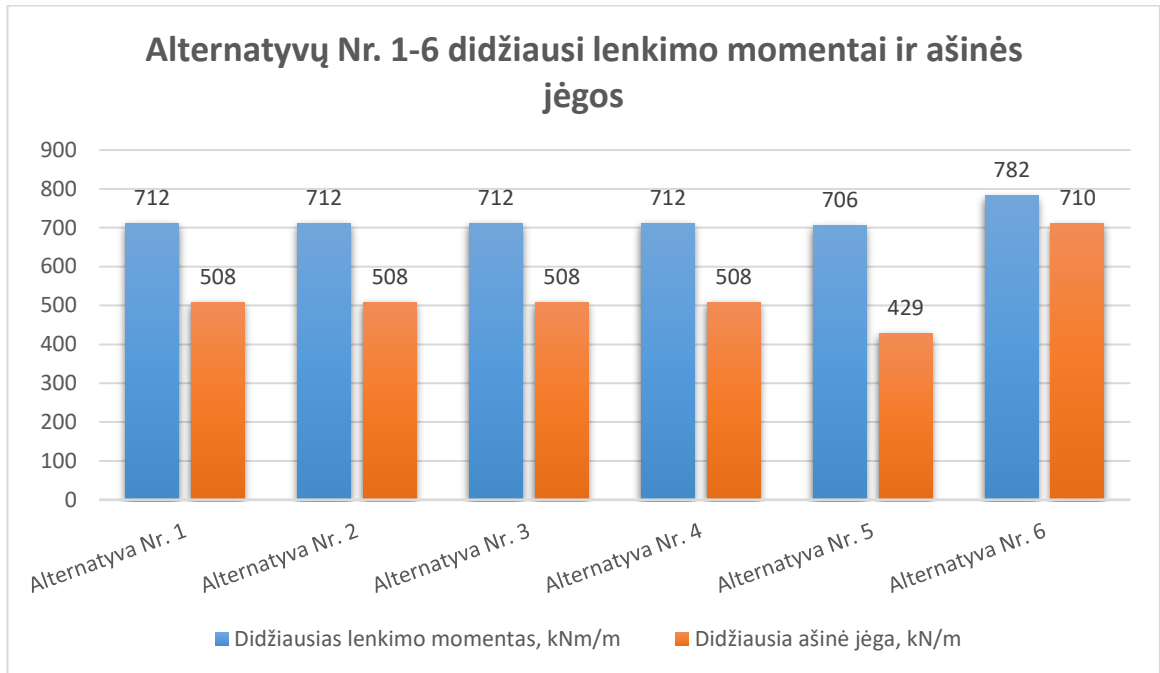


57 pav. Didžiausio lenkimo momento ir ašinės jėgos priklausomybė nuo inkarinės templės posvyrio kampo

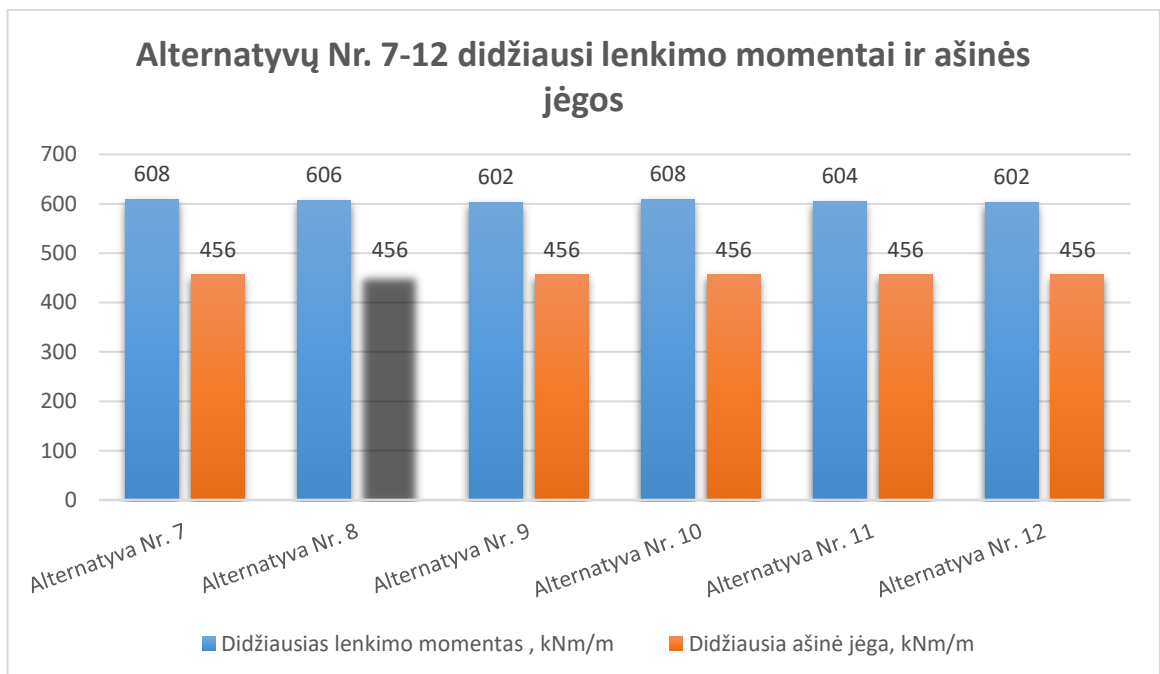
3.3. Rezultatų palyginimas

Teoriškai gruntų fizikinės savybės, yra vienos iš pagrindinių aspektų, darančių įtaką skaičiavimo rezultatams, todėl reikėtų atlikti didesnės apimties tyrimą norint nustatyti šią priklausomybę ir padaryti tikslią išvadą. Atsižvelgiant į tai, neišskiriu tam tikro nagrinėto veiksnio

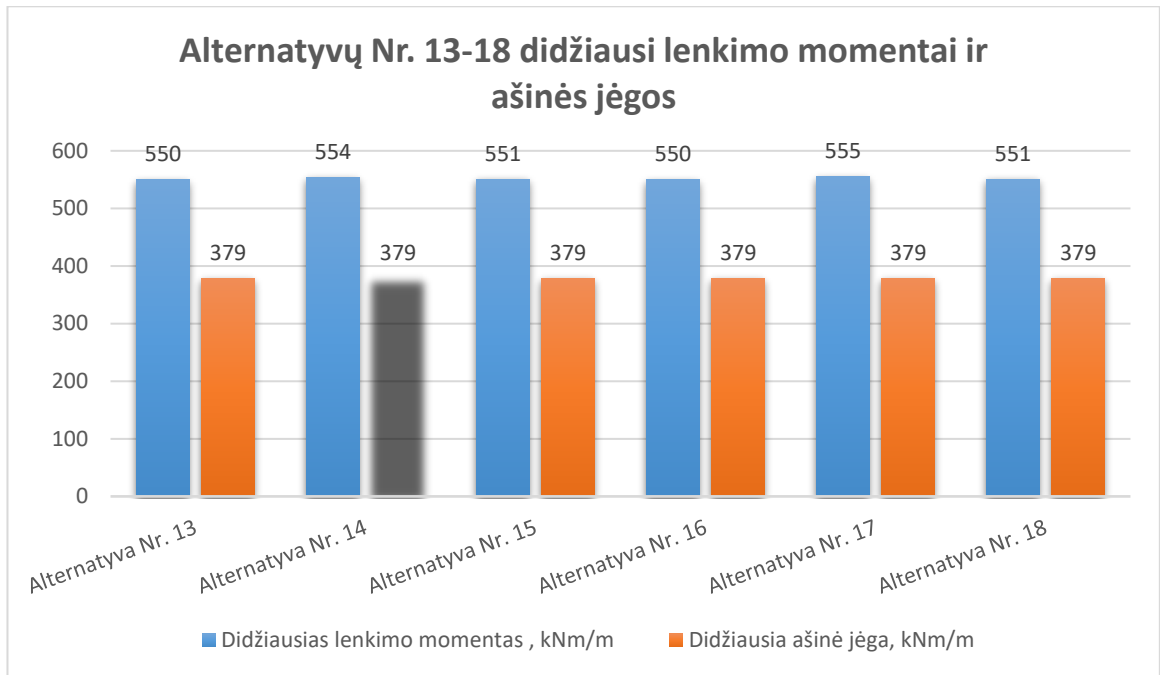
(posvyrio kampas, inkarinės tempinės ir jos šaknies ilgis, grunto fizikinės savybės) ir grafiškai pateikiu bendrus tyrimo metu nagrinėtų alternatyvų skaičiavimo rezultatus (58-63 pav.)



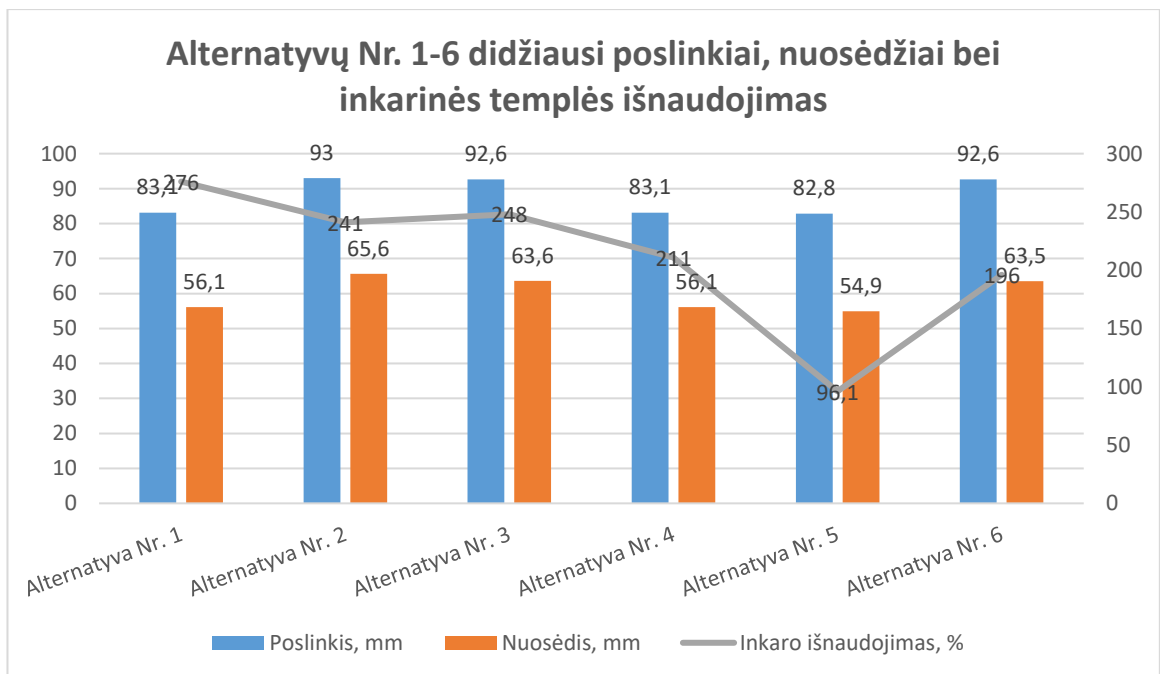
58 pav. Alternatyvų Nr. 1 – 6 didžiausių lenkimo momentų ir ašinių jėgų stulpelinė diagrama



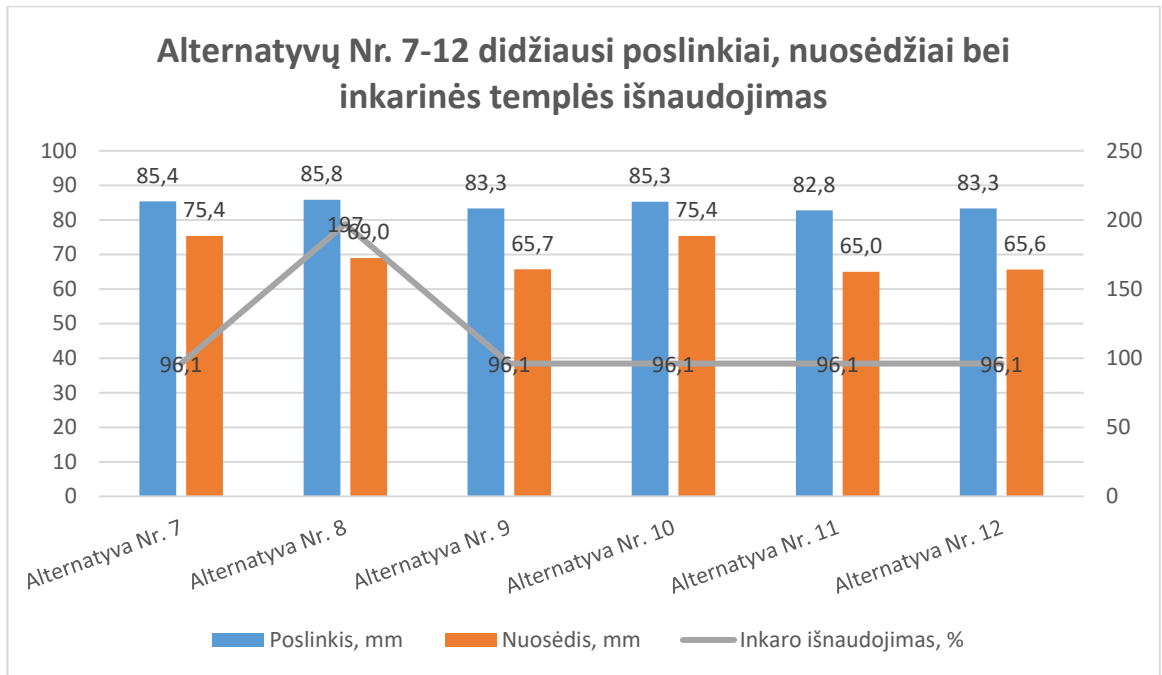
59 pav. Alternatyvų Nr. 7 – 12 didžiausių lenkimo momentų ir ašinių jėgų stulpelinė diagrama



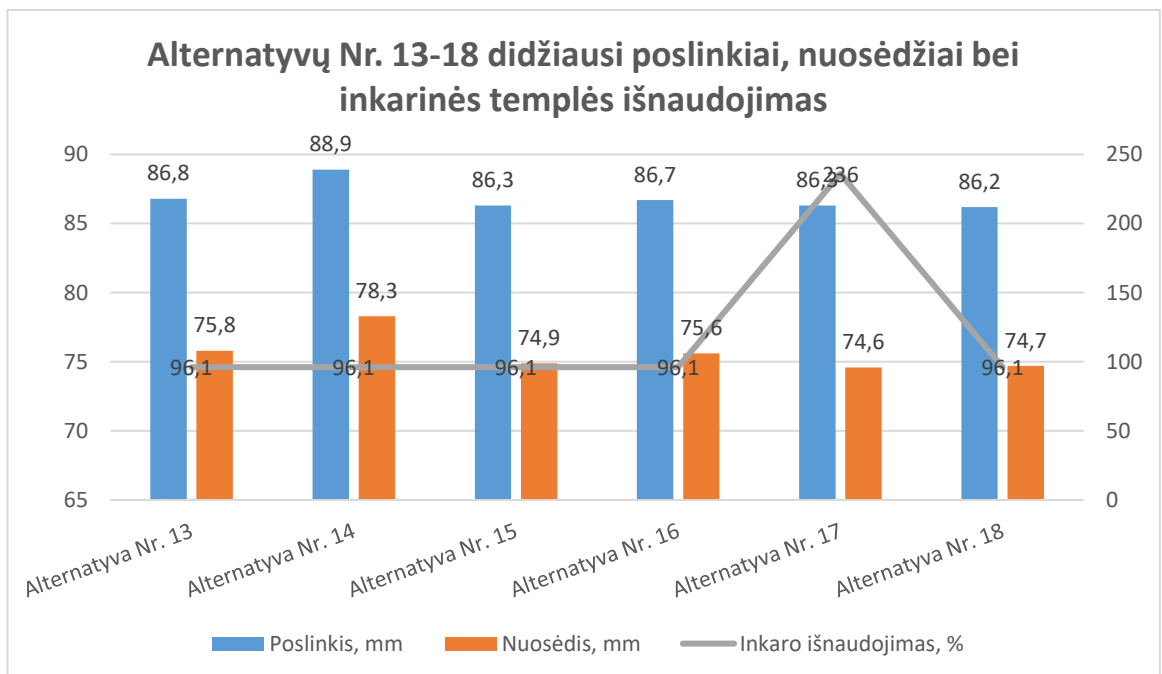
60 pav. Alternatyvų Nr. 13 – 18 didžiausių lenkimo momentų ir ašinių jėgų stulpelinė diagrama



61 pav. Alternatyvų Nr. 1 – 6 didžiausių poslinkių, nuosėdžių bei inkarinės tempinės išnaudojimo kombinuotoji diagrama



62 pav. Alternatyvų Nr. 7 – 12 didžiausių poslinkių, nuosėdžių bei inkarinės tempės išnaudojimo kombinuotoji diagrama



63 pav. Alternatyvų Nr. 13 – 18 didžiausių poslinkių, nuosėdžių bei inkarinės tempės išnaudojimo kombinuotoji diagrama

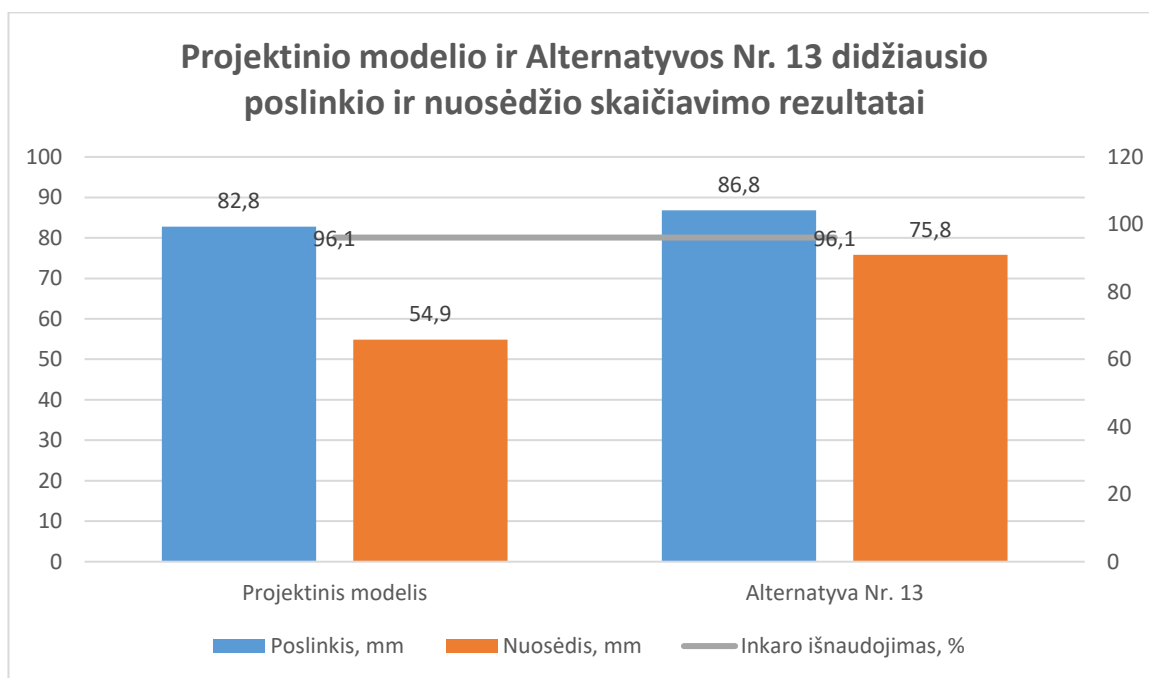
3.4. Geriausios alternatyvos nustatymas

Šiuo tyrimo atveju žymiai reikšmingesni yra didžiausias lenkimo momentas bei ašinė jėga, lyginant su poslinkiais ir deformacijomis, todėl nustatyta, kad geriausia 13-oji alternatyva, kurios atveju, lyginant su Projektiniu sprendiniu, didžiausias lenkimo momentas sumažėja 22,1%, didžiausia ašinė jėga sumažėja 11,7% (65 pav.), inkaro išnaudojimas lieka nepakitęs, didžiausias poslinkis padidėja 4,83% ir didžiausias nuosėdis padidėja 38,1% (64 pav.). Alternatyvos su Projektiniu sprendiniu palyginimą pateikiu 33 lentelėje. Detalūs alternatyvos Nr. 13 skaičiavimai pateikti 8-9 prieduose.

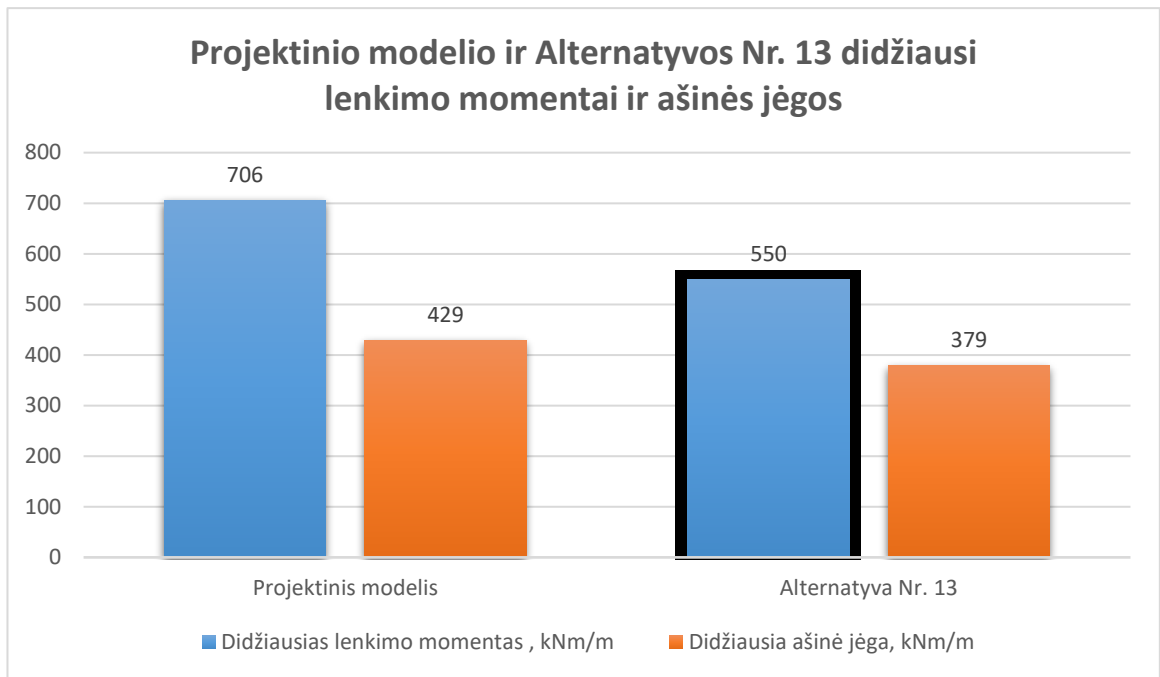
lentelė 33

Rezultatų tarp projektinio sprendinio ir nustatytos geriausios alternatyvos (Nr. 13) palyginimas

Nr.	Rodiklis	Projektinis sprendinys	Alternatyva Nr. 13	Skirtumas	Pokytis, %
1.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas (kNm/m)	706	550	-156	-22,1
2.	Plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga (kN/m)	429	379	-50,0	-11,7
3.	Inkarinės templės išnaudojimo koeficientas galutiniame etape	0,96	0,96	0,00	0,00
4.	Didžiausi poslinkiai nuo skaičiuojamųjų apkrovų (mm)	82,8	86,8	4,00	4,83
5.	Didžiausias nuosėdis galutiniame statybos etape, (mm)	54,9	75,8	20,9	38,1



64 pav. Projektinio modelio ir Alternatyvos Nr. 13 didžiausio poslinkio ir nuosėdžio skaičiavimo rezultatų diagrama



65 pav. Projektinio modelio ir Alternatyvos Nr. 13 didžiausių lenkimo momentų ir ašinių jėgų stulpelinė diagrama

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Projektuojant krantines iš įlaidinių sienučių, sutvirtintų inkarais, būtina patikrinti pagrindinius suirimo atvejus: suirimas dėl sienos ar jos dalies pasisukimo ir slinkimo; suirimas dėl vertikaliosios pusiausvyros praradimo; visuotinio stabilumo praradimas; konstrukcinių elementų ar jų jungčių suirimas. Taip pat projektuojant inkarus turi būti įvertinti: visi gruntų sluoksniai, jų išsidėstymas bei jų fizikinės savybės, naudojama statybos darbų technologija ir jos etapai; numatomi konstrukcijos ir gruntų pasikeitimai per statinio naudojimosi laikotarpį; kraštiniai būviai bei jų kombinacijos; numatomas gruntinio vandens lygis bei vandens slėgis grunte; vienos iš inkarinių templių nutrūkimo baigtis; išankstinio įtempimo jėga, įrengiant inkarinę templę. Projektuojant inkarus, apkrova (inkarą veikianti ašinė jėga) turi būti vertinama kaip nepalankus poveikis. Kaip ir kitos laikančiosios konstrukcijos, inkarai turi atitikti saugumo ir tinkamumo ribinius būvius (15-17 pav.).

Iš pradžių GEO5 programine įranga, kuri skirta projektuoti geotechninius statinius, buvo naudotis neįprasta ir sudėtinga, bet šis įspūdis galėjo atsirasti dėl to, kad anksčiau esu naudojęs tik vieną universalią skaičiavimo-modeliavimo programą Staad.pro. Vėliau perskaičius detalių naudojimosi GEO5 programa vadovą, peržiūrėjus vaizdines pamokas, naudotis buvo žymiai paprasčiau. Iškilus klausimams, bendravau su vartotojų aptarnavimo skyriaus darbuotojais, kurie atsakydavo į klausimus išsamiai ir operatyviai bei Klaipėdos universiteto konsultantu A. Šlauteriu. Išanalizavęs šį programinės įrangos paketą, supratau, kad GEO5 programos pritaikymo galimybės yra labai plačios. Nors savo baigiamajame darbe naudojau pagrindines paprogrames („Sheeting check“ ir „Slope Stability“), pritaikius kitas papildomas paprogrames, mano manymu, būtų galima mano tiriamą konstrukciją išnagrinėti dar išsamiau, tiksliau ir našiau.

Programinės įrangos GEO5 kūrėjams dėl tam tikrų užduočių sprendimo ir nepapildytos duomenų bazės buvo išsiųsti klausimai:

1. Ar skaičiuojant šia programa yra galimybė projektuoti dvi krantines (senąją ir naująją), taip įvertinant senosios krantinės konstrukcijos įtaką naujosios krantinės laikomajai galiai;
2. Ar programinės įrangos duomenų bazėje yra galimybė pasirinkti gruntų klasifikavimą pagal šiuo metų galiojančias euro normas EN ISO 14688-1:2018 ir EN ISO 14688-2:2018.

Pirmą klausimą programinės įrangos konsultantai patarė išspręsti pakeičiant gruntų rodiklius į aukštesnius už nurodytus IGS tyrimų ataskaitose, nes tiesiogiai nėra galimybės projektuoti dviejų krantinių viename modelyje, o atsakydami į antrą klausimą, konsultantai nurodė, kad yra galimybė rankiniu būdu suvesti gruntų pavadinimų trumpinius, nes automatinės klasifikacijos pagal galiojančius standartus programa neturi. Atsižvelgiant į gautus atsakymus buvo pateiktos rekomendacijos.

Norint būti konkurencingesniems su kitais panašaus tipo programinės įrangos kūrėjais, GEO5 programos kūrėjams „Finesoftware“ reikėtų įdiegti naują metodiką, kuri leistų įvertinti senosios

krantinės poveikį naujai krantinei, nes konsultantų pasiūlytas problemos sprendimo būdas pasirodė nerimtas, tokio lygio kompanijai, kai vieni iš didžiausių šios įmonės konkurentės „Bentley“ sukurta programa „Plaxis“, turi tokią galimybę vertinti dvi krantines viename modelyje. Taip pat, atsižvelgiant į tai, kad nuo 2018 metų visoje Europoje galioja bendra euro norma, kuria bendrai yra klasifikuojami gruntai, programinės įrangos kūrėjams pasiūlyta įsdiegti automatinį gruntų klasifikavimą pagal nurodytą standartą.

Suskaičiavus ir sumodeliavus projekcinį modelį gavau labai panašius skaičiavimo rezultatus, kokie buvo nurodyti Projekte. Apskaičiuotas plieninės sienutės didžiausias lenkimo momentas, inkarinės templės išnaudojimo koeficientas gavosi nežymiai mažesni už Projekte nurodytus skaičiavimo rezultatus. Apskaičiuotas didžiausias poslinkis nuo skaičiuojamųjų apkrovų gavosi žymiai mažesnis už Projekte nurodytą didžiausią poslinkį. Apskaičiuota plieninės įlaidinės sienutės didžiausia ašinė jėga gavosi nežymiai didesnė už Projekte nurodytą didžiausią ašinę jėgą. Tokie rezultatų skirtumai galėjo atsirasti dėl programinės įrangos, bei pritaikytos skaičiavimų metodikos, skirtumų, nes rengiant Projektą, buvo naudojama Plaxis modeliavimo programa. Taip pat dėl neišsamios IGS tyrimų ataskaitos – dalis gruntų fizikinių savybių buvo paimtos iš programinės įrangos duomenų bazės ir šalia Krantinės Nr. 137A atliktų geologinių tyrimų ataskaitos duomenų.

GEO5 programoje atlikus gautų rezultatų analizę, pastebėta, kad Krantinės Nr. 137A suprojektuota konstrukcija galėtų būti optimizuojama, nes du pagrindiniai rodikliai: didžiausias lenkimo momentas, didžiausia ašinė jėga,- yra ženkliai mažesni už leistinąsias rodiklių vertes. Todėl Projekto sprendiniui buvo sudarytos 17 alternatyvų su trimis skirtingais inkaro posvyrio kampais (26,5°; 35,0°; 45,0°), trimis skirtingais inkaro ilgiais (27,5 m; 30,5 m; 33,5 m) ir dviem skirtingais inkaro šaknies ilgiais (12,5 m; 15,0 m), su tikslu išsiaiškinti, ar krantinės konstrukcija galėjo būti suprojektuota efektyviau ir taupiau.

Apskaičiavus alternatyvų rezultatus ir juos palyginus, nustatyta, kad grunto stabilumas, kintant rodikliams, nesikeitė. Keičiantis inkaro šaknies ilgiui, didžiausi lenkimo momentai ir ašinės jėgos keitėsi nežymiai, dažnu atveju pailginus inkaro šaknį, didžiausias lenkimo momentas ir ašinė jėga neženkliai sumažėjo. Didesnės priklausomybės tarp inkaro šaknies pailginimo ir atsiradusių poslinkių ir deformacijų nepastebėta, nes šie rodikliai kintant inkaro šaknies ilgiui kito nedėsningai. Esant konkrečiai geologinei sandarai su tam tikromis gruntų fizikinėmis savybėmis, nustatyta, kad geriausias inkarinės templės posvyrio kampas, iš baigiamajame magistro darbe nagrinėtų posvyrio kampų, yra 45,0°. Didėjant inkaro posvyrio kampui ženkliai mažėja didžiausi lenkimo momentai ir ašinės jėgos, bet taip pat prie didesnio posvyrio kampo atsiranda didesni poslinkiai ir deformacijos. Norint gauti realesnę bei tikslesnę skaičiavimų rezultatų priklausomybę nuo tam tikrų rodiklių, reiktų tirti žymiai daugiau to paties rodiklių variantų, bei didinti tų rodiklių skaičių.

Atsižvelgiant į tai, kad šiuo atveju žymiai reikšmingesni yra didžiausias lenkimo momentas bei ašinė jėga, lyginant su poslinkiais ir deformacijomis, nustatyta, kad geriausia alternatyva yra Nr. 13, kurios atveju, lyginant su projektiniu sprendiniu, didžiausias lenkimo momentas sumažėja 22,1%, didžiausia ašinė jėga sumažėja 11,7%, inkaro išnaudojimas lieka nepakitęs, didžiausias poslinkis padidėja 4,83% ir didžiausias nuosėdis padidėja 38,1%. Šios alternatyvos inkaro ilgis 27,5 m, jo šaknies ilgis – 12,5 m, posvyrio kampas – 45,0°. Inkarinė templė remiasi į IGS Nr. 4, 5, 6, pagrindė į Nr. 5 (dulkingą molį), kurio odometrini (kompresinis) deformacijų modulis $E_{oed} = 60,0 \text{ MPa}$, sankiba $c_u = 95,0 \text{ kN/m}^2$, sauso grunto sunkis $\gamma_{unsat} = 21,1 \text{ kN/m}^3$, drėgno grunto sunkis $\gamma_{sat} = 21,2 \text{ kN/m}^3$. Plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas – 550 kNm/m, didžiausia ašinė jėga – 379 kN/m. Didžiausias inkaro išnaudojimas II statybų etape 96,1%.

Priėmus šią alternatyvą vietoj Projekte numatyto sprendinio, sumažinant inkaro ilgį 6,0 metrais, pakeitus inkarinės templės posvyrio kampą iš 26,5° į 45,0°, bei paliekant projektinį inkaro šaknies ilgį – 12,5 m, būtų buvę galima sutaupyti ne tik medžiagų, bet ir mechanizmų bei žmonių darbo sąnaudų.

Nepaisant to, kad iš apskaičiuotų ir sumodeliuotų alternatyvų, alternatyva Nr. 13 yra geriausia, žiūrint bendrai ir ši alternatyva galėtų būti optimizuojama, atsižvelgiant į tai, kad plieninės įlaidinės sienutės didžiausias lenkimo momentas ir ašinės jėgos išnaudojamos nenašiai, atitinkamai 49,2% ir 18,5%. Tikėtina, kad nenagrinėjant kitų krantinės konstrukcijų, parinkus nestandartinį inkarinės templės kampą, taip pat būtų galimybė optimizuoti pačią Krantinės Nr. 137A konstrukciją, bet tam reiktų įvertinti dar daugiau lemiančių skaičiavimų rezultatus faktorių, tokių kaip inkaro šaknies skersmuo ir pan., atlikti laboratorinius bandymus ir skaičiavimus su skirtingais grunto tipais, neatmetant galimybės skaičiavimus ir modeliavimą atlikti kitais programiniais paketais.

Baigiamąjį darbą būtų galima pritaikyti ar pratęsti atliekant tyrimą šiomis temomis:

- Gruntų fizikinių savybių įtaka krantinės konstrukcijų laikomajai galiai;
- Inkaro ilgio bei jo šaknies įtaka krantinės konstrukcijų laikomajai galiai.

LITERATŪRA**Vadovėliai ir kt. (24)**

- Bigger, F. J. 1907. *Alexander Mitchell, The Famous Blind Engineer of Belfast*. 280 p.
- Bond, A. J., Schuppener, B., Scarpelli, G., Orr, L. L. T. 2013. *Eurocode 7: Geotechnical design. Worked examples*. 172 p.
- Bond, A. J., Harris, A. J. 2008. *Decoding Eurocode 7, London: Taylor & Francis*. 618 p.
- Centre for Civil Engineering Research and Codes (CUR). 2005. *HANDBOOK QUAY WALLS*. Gouda: CUR. 717 p.
- Committe „Waterfront Structures“ 2012. *Recomendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU2012. 9th Edition*. 650 p.
- Day, W. R. 1999. *Geotechnical and Foundation Engineering: Design and Construction*. 1500 p.
- Damulevičius, V., Vyčius, J. 2008. *Hidrotechnikos statiniai*. Kaunas: Ardiva. 84 p.
- Damulevičius, V., Rimkus, Z., Ruplys, B. ir kt. 2001. *Hidrotechnikos statinių projektavimas: Metodiniai patarimai*. Vilnius: LŽŪU Leidybos centras. 125p.
- Rutė, J., Samofalov, M. 2018. *Pajūrio regiono statybos inžinerijos bakalauro studijų baigiamojo darbo rengimas*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla. 131 p.
- Sližytė, D., Medzvieckas, J., Mackevičius, R. 2012. *Pamatai ir pagrindai*. Vilnius: Technika. 241 p.
- Skripkiūnas, G. 2007. *Statybinių konglomeratų struktūra ir savybės*. Kaunas: Vitae Litera. 336 p. (parenkant betono mišinį arba įvade apie betono purškimą)
- Katkevičius, L., Baublys, R. 2008. *Vandens kelių, krantinių ir prieklaukų statyba. Mokomoji knyga*. Kaunas: Ardiva. 80p.
- Lietuvos žemės ūkio universitetas, Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas. 2000. *Hidrotechninė statyba*. 324p.
- Littlejohn, G. S. 1997. *Ground anchorages and anchored structures*. 648 p.
- Paulauskas, J., Kvedaras, A. 1997. *Metalinės konstrukcijos*. Vilnius: Mokslas. 461 p.
- Paulauskas, V., Barzdžiukas, R., Plačienė, B., Tranyzas, A., Lukauskas, V., Jonkus, M., Maksimavičius, R., Paulauskienė A., Maniachin, A. 2001. *Uosto technologija*. Klaipėda: Klaipėdos universitetas. 255 p.
- Paulauskas, V. 2004. *Uosto terminalų planavimas*. Klaipėda: Klaipėdos universitetas. 381 p.
- Sabatini, P. J., Pass, D. G., Bachus, R. C. 1999. *Geotechnical Engineering Circular No. 4 Ground Anchors and Anchored Systems*. 281 p.
- Skerys, K., Christauskas, J. 2010. *Transporto statiniai. Uostai*. Vilnius: Technika. 179 p.
- Soletanche F. 2014. *Anchoring systems for geotechnical engineering*. C IX 0, France. 20p.
- ThyssenKrupp GfT Bautechnik 2008. *Sheet Piling Handbook*. 213 p.
- ThyssenKrupp GfT Bautechnik 2015. *Overview of hot- and cold-rolled sections*. 52p.
- United States. Department of the Army 1968. *Rigging*. Washington D.C. 169 p.
- Waterfront Facility Inspection Committee 2015. *Waterfront Facilities Inspection and Assessment*. Virginia: American Society of Civil Engineers. 380 p.

Standartai ir reglamentai, kt. (15)

- LST EN ISO 14688-1:2018 *Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų identifikavimas ir klasifikavimas. 1 dalis. Identifikavimas ir aprašymas*.
- LST EN ISO 14688-2:2018 *Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Gruntų identifikavimas ir klasifikavimas. 2 dalis. Klasifikavimo principai*.
- LST EN 1997-1 *Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės*.
- LST EN 1997-2 *Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Grunto tyrinėjimai ir bandymai*.
- LST EN 1537:2013 *Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Gruntiniai inkarai*.
- LST ISO 690:2010 *Numeruojamų nuorodų metodas*.
- ST 121895674.102.02.01:2013 *Požeminių konstrukcijų įrengimo darbai: Inkarų įrengimas*.
- STR 2.05.21:2016 *Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai*.
- STR 2.05.14:2005 *Hidrotechnikos statinių pagrindų ir pamatų projektavimas*.

STR 2.05.08:2005 *Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.*

STR 2.05.05:2005 *Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.*

2019-06-13 Lietuvos geologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos Direktoriatas įsakymu Nr. 1-175 patvirtinta *Inžinerinių geologinių ir geotechninių tyrimų gruntų klasifikacija.*

Jūrų uostų techninis reglamentas *Jūrų uostų ir laivininkystės statinių projektavimas.*

2020-12-03 KU JTGMF Tarybos posėdžio protokolu Nr. 45JG-21 patvirtintas *Klaipėdos universiteto Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakulteto Statybos inžinerijos studijų krypties Studentų savarankiškų rašto darbų reikalavimų aprašas.*

2020-02-06 Klaipėdos universiteto senato nutarimu patvirtintas *Klaipėdos universiteto studentų savarankiškų rašto darbų bendrųjų reikalavimų aprašas.*

Moksliniai straipsniai, baigiamieji darbai (9)

Dailidienė, I., Stankevičius, A., Tilickis, B. 2004 Kuršių marių ir pietrytinės Baltijos jūros dalies vandens lygio daugiamečių svyravimų analizės metodologiniai ypatumai;

Horatiu, P., Alexandra, E., Dragos, M. 2016. Instrumentation and measurements of a ground anchor for a retaining structure;

Oser, C., Sayin, B. 2021. Geotechnical assessment and rehabilitation of retaining structures collapsed due to environmental effects;

Santos, C., Gill de Morais, P., Carvalho, M. R. 2015. Automated Ground Anchor Proof Testing;

Xiaoming, L., Junqi, W., Jie, H., Hongwei, J. 2016. Full-scale pullout tests and analyses of ground anchors in rocks under ultimate load conditions

Zhigang, T, Chun, Z., Manchao, H., Murat K. 2021. A physical modeling-based study on the control mechanisms of Negative Poisson's ratio anchor cable on the stratified toppling deformation of anti-inclined slopes.

Kreišmontas, A. 2016. *Plieninių sprausstasienujų krantinės įtempių ir deformacijų analizė nuo inkaro įtempimo jėgos.* Klaipėda: KU. 63 p.

Kugis, J. 2018. *Inkaro šaknies paviršiaus sąveikos su gruntu vertinimas.* Vilnius: VGTU. 75 p.

Žaraginskis, M. 2018. *Atraminių sienų su gruntiniais inkarais įrengimo technologijų tyrimai.* Kaunas: KTU. 116 p.

Elektroninių išteklių šaltiniai (14)

Alexander Mitchell (1780-1868): *Belfast's blind engineer* [žiūrėta 2019-12-19]:

<http://www.historyireland.com/18th-19th-century-history/alexander-mitchell-1780-1868-belfasts-blind-engineer/>;

Annual Anchor Festival [žiūrėta 2021-05-01]: <https://www.centraliamochamber.com/anchor-festival.html>

Architectural structural tie bars [žiūrėta 2019-12-19]:

https://anker.de/files/anker/downloads/ASDO_Architectural_Structural_Tie_Bars_Brochure_English.pdf

ARSLEFF Ground Anchors – *The History* [žiūrėta 2019-12-19]: <https://aarsleff.co.uk/company-news/ground-anchors-history/>;

ARRSLEFF Gruntiniai inkarai. *Pastovūs ir laikinieji* [žiūrėta 2019-12-19]:

<http://www.groundengineering.lt/lt/pasilymas/technologie/kotwy-gruntowe/pastovs-inkarai/>;

ATLAS Static load tests (tiebacks) [žiūrėta 2019-12-19]: <http://www.helicalpier.com/wp-content/uploads/2015/03/Appendix-B-Load-Test.pdf>;

European Commission. Eurocodes [žiūrėta 2021-04-18]: [Eurocodes: Building the future - The European Commission website on the Eurocodes 13 \(europa.eu\)](http://eurocodes.eu)

Geo5 programinė įranga [žiūrėta 2019-12-20]: <https://ibimsolutions.lt/bim-programa/geo5/#geotechninems-problemoms>

GEO5 software user guides [žiūrėta 2019-12-20]: <https://www.finesoftware.eu/user-guides/>

Injekcinis inkaras [žiūrėta 2020-02-24]: <http://geonovum.lt/paslaugos/inkarai/>;

Injekcinio inkaravimo sistema [žiūrėta 2020-02-24]: <http://www.omra.lt/injekciniai-inkarai/>;

Klaipėdos valstybinio jūrų uosto laivybos kanalo gilinimas nuo PK 21 iki PK85 (iki 15 m gylio)
[žiūrėta 2021-04-17]: portofklaipeda.lt;

Landslide monitoring instrumentation [žiūrėta 2019-12-19]: <https://www.sisgeo.com/video/video-educacionales/item/landslide-monitoring-instrumentation-sisgeo-video-presentation.html>;

Lietuvos Respublikos vyriausybės posėdis dėl Klaipėdos valstybinio jūrų uosto (žemės, vidinės akvatorijos, išorinio reido ir susijusios infrastruktūros) bendrojo plano patvirtinimo [žiūrėta 2020-01-12]: <https://lrv.lt/lt/posedziai/lietuvos-respublikos-vyriausybes-posedis-84>;

Naudota programinė įranga:

GEO5 2020 „Sheeting Check“, „Slope stability“

Google Earth Pro

PRIEDAI