

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas

Jūrų inžinerijos katedra

Simona Pociūtė

**UOSTO KROVOS AIKŠTELIŲ DANGOS
MONITORINGAS GEODEZINIAIS METODAIS**

Uosto statinių studijų programos

magistro baigiamasis darbas

Studijų kodas: 621H20004

Darbo vadovė

Lekt. dr. Jevgenija Rutė

Klaipėda, 2016

KLAIPĖDA UNIVERSITY

Faculty of Marine Technologies and Natural Sciences

Department of Marine Engineering

Simona Pociūtė

**PORT LOAD GROUND COATING MONITORING BY
MEANS OF GEODESIC METHODS**

Master thesis of the program of Port building

Code of studies: 621H20004

Research adviser

Lect. dr. Jevgenija Rutė

Klaipėda, 2016

Klaipėdos universitetas
Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas
Jūrų inžinerijos katedra

Uosto statinių studijų programos baigiamasis magistro darbas

UOSTO KROVOS AIKŠTELIŲ DANGOS MONITORINGAS GEODEZINIAIS METODAIS

Autorė: S. Pociūtė
Vadovė: lekt. dr. J. Rutė
Kalba: lietuvių

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe buvo nagrinėjamas uosto krovos aikštelių ir kelių inžinerinių statinių konstrukcinės ypatybės rengiant technikus darbo projektus, jų parinkimo ir eksploatacijos reikalavimai, geodezinių metodų pritaikymo galimybės, atliekant ilgalaikį uosto krovos aikštelių monitoringą.

Teorinėje dalyje pateikta informacija apie Lietuvos Respublikoje galiojančius normatyvinius dokumentus, reglamentuojančius uosto infrastruktūros ir uosto suprastruktūros statinių projektavimą, įrengimą ir priežiūrą. Šioje dalyje taip pat pateiktos teorinės žinios apie kelius specifinėje aplinkoje. Pateikta geodezinių metodų taikymo metodika.

Tyrimų metodikos dalyje detalai aprašoma atliekamiems eksperimentams naudota įranga, medžiagos ir metodai. Taip pat, vadovaujantis turimais techninio projekto duomenimis ir skaičiavimais, atliktas esamos būklės retrospektyvus vertinimas. Aprašomos nagrinėjamos apkrovos ir poveikiai, statybinės gruntų savybės. Nagrinėjamos gruntų ir dangų stipris ir deformacijos. Pateikiama esamų pažeidimų eksplikacija, nagrinėjamas jų podūdis, intensyvumas.

Tyrimų rezultatų ir analizės dalyje pateikiami aukščių, dangų, trianguliacijos planai, dangų pjūviai. Aprašomi monitoringo duomenys matavimų pradžioje ir pabaigoje. Pateikiami skirtumai naudojant skirtingą matavimo įrangą ir metodus. Vadovaujantis atliktais matavimais, jų rezultatais ir teorinę medžiagą pateikiamos išvados ir rekomendacijos uosto krovos aikštelių dangų parinkimui.

Baigiamąjį darbą sudaro: 71 puslapis, 34 paveikslėliai ir 2 lentelės. Klaipėda, 2016.

Raktažodžiai: uostas, danga, geodezija.

PORT LOAD GROUND COATING MONITORING BY MEANS OF GEODESIC METHODS

Student: S. Pociūtė

Research adviser: Lect. J. Rutė

Language - Lithuanian

SUMMARY

This paper presents the analysis of constructional features of port load ground and a few engineering buildings preparing technical work projects and their requirements towards selection and exploitation, geodesic methods application opportunities performing a long-term monitoring of port load ground.

The theoretical part of the paper provides with information regarding normative documents valid in Lithuanian Republic regulating building projection of port infrastructure and port suprastructure, equipping and supervision. This part also includes theoretical knowledge regarding roads within specific environment. In addition to this, it introduces the methodology of geodesic methods application.

The research methodology part presents detailed descriptions of equipment used for the research, its materials and methods. There was also a retrospective evaluation of current state performed based on the available technical data of the research. Moreover, this part of the thesis provides with the description of loads and impacts analysed and the features of building ground. Furthermore, it analyses strength and deformation of ground and cover. In addition to this, there is an explication of current violations, their nature and intensity introduced.

The part of the results of the research provides with plans of heights, covers, triangulation, cover cuts. In addition to this, it includes descriptions of monitoring data collected both at the beginning and at the end of measurement. The latter differences are presented with under the use of different measurement equipment and methods. The conclusions and recommendations for the selection of port load ground are based on the measurements carried out, their results and theoretical data used. This paper consists of 71 pages, 34 pictures, 2 tables. Klaipėda, 2016.

Keywords: port, coating, geodesy.

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪROS TECHNOLOGIJŲ IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
JŪRŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Uosto statinių studijų programa,
Valstybinis kodas 612H20004
Antra pakopa:
Statybos inžinerijos magistro kvalifikacija

TVIRTINU:
Studijų programos vadovas
Dr. Darius Narmonas

.....
(parašas)
2016 m. 09 mėn. 21 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO
UŽDUOTIS

Magistrantė

Simona Pociūtė
(vardas, pavardė)

Baigiamojo magistro darbo tema

Uosto krovos aikštelės dangos monitoringas geodeziniais metodais.

Darbe išnagrinėti, ištirti ir aprašyti šias dalis:

1. Įvadas
2. Krovos aikštelės ir keliai uoste. Inžinerinės geodezijos taikymas.
3. Trinkelių dangos aikštelių tyrimo metodai.
4. Uosto krovos aikštelių dangos monitoringo geodeziniais metodais tyrimų rezultatai ir jų analizė.
5. Išvados
6. Literatūros sąrašas

Darbą parengti ir pateikti pagal KU Senato 2010 m. balandžio mėn. 09 d. nutarimu Nr. 11 – 56 patvirtintu „Klaipėdos universiteto studentų savarankiškų rašto ir meno darbų bendrųjų reikalavimų aprašą“.

Užduoties gavimo data: 2015 rugsėjo mėn. 21 d.

Darbo baigimo terminas: 2016 gegužės mėn. 27 d.

Magistranto parašas

Simona Pociūtė
(vardas, pavardė)

Darbo vadovas

lekt. dr. Jevgenija Rutė
(vardas, pavardė)

.....
(parašas)
.....
(parašas)

Baigiamojo darbą pateikti dviem popieriniais egzemplioriais (recenzentai, po recenzavimo grąžinama gynimo komisijai) ir kompiuterinė „V_Pavarde temos_pirmi_penki_zodziai.pdf“ laikmena. Kompiuterinė laikmena pateikiama dviem egzemplioriais: baigiamojo darbo vadovui ir studijų programos vadovui.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė Projektinės apkrovos ir joms priskirtos dangų konstrukcijų klasės.....	20
2 lentelė. Uosto krovos aikštelių dangų sluoksniai.....	42-43

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 paveikslas. Lėtaeigis sunkiasvoris transportas, kranai uosto teritorijoje.....	15
2 paveikslas. Lėtaeigis sunkiasvoris transportas, kranai uosto teritorijoje.....	15
3 paveikslas. Kelio elementai skersiniame pjūvyje.....	16
4 paveikslas. Trinkelių dangų konstrukcijos ant F2 ir F3 jautrio šalčiui klasių žemės sankasos.....	18
5 paveikslas. Kelio dangos konstrukcijos pavyzdinė struktūra.....	19
6 paveikslas. Gruntų grupių klasifikacija pagal jautrį šalčiui.....	22
7 paveikslas. Centrinis Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalas.....	23
8 paveikslas. Trinkelių dangos klojimo mašina.....	28
9 paveikslas. Trinkelių surištosios dangos, kuria leidžiamas transporto eismas, deformacinės siūlės įrengimo pavyzdys ant pagrindo deformacinės siūlės ar įpjovos.....	30
10 paveikslas. Trinkelių ir plokščių surištosios dangos deformacinės siūlės įrengimo prie įtvirtintų kelio ar eismo zonos įrenginių pavyzdys.....	30
11 paveikslas. Važiuojamosios dalies bordiūrų prie šaligatvio įrengimo pavyzdys.....	32
12 paveikslas. Sulfatų, rūgščių ir ar kitų komponentų, sukelta betono korozija.....	33
13 paveikslas. Sulfatų, rūgščių ir ar kitų komponentų, sukelta betono korozija.....	33
14 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	33
15 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	33
16 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	33
17. paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	33
18. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	34
19 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	34
20 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	34
21 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	34
22 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	35
23 paveikslas. Uosto krovos aikštelių pažaidos.....	35
24 paveikslas. Uosto krovos aikštelė.....	36
25 paveikslas. Centrinio Klaipėdos uosto krovinių struktūra 2015 m.....	37
26 paveikslas. Grunto sudėtis.....	40
27 paveikslas. Fizikinio žemės paviršiaus taškų projektavimas į horizontalų paviršių.....	51
28 paveikslas. Trianguliacijos schema.....	54

29 paveikslas. Niveliavimas iš vidurio.....	55
30 paveikslas. Trimble S6 elektroninis tacheometras.....	57
31 paveikslas. GPS Trimble 5800.....	58
32 paveikslas. Leica Runner 20.....	58
33 paveikslas. Matavimų duomenys TGOOffice kompiuterinėje programoje.....	59
34 paveikslas. Apdoroti nuomenys GeoMap programos aplinkoje.....	60

TURINYS

IVADAS	10
I. KROVOS AIKŠTELĖS IR KELIAI UOSTE. INŽINERINĖS GEODEZIJOS TAIKYMAS	12
1.1 Normatyvinių dokumentų apžvalga	12
1.2 Geodezija uosto infrastruktūroje	14
II. TRINKELIŲ DANGOS AIKŠTELIŲ TYRIMO METODAI	15
2.1 Uostas ir jo infrastruktūra	15
2.2 Uosto dangos trinkelų grindinio konstrukcijos ir jų projektavimas, įrengimas	16
III. ESAMOS DANGOS BŪKLĖS VERTINIMO ANALIZĖ	34
3.1 Konstrukciniai dangos parinkimo sprendiniai	36
IV. UOSTO KROVOS AIKŠTELIŲ DANGOS MONITORINGO GEODEZINIAIS METODAIS TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ	50
4.1 Planų sudarymas	50
4.2 Techniniai geodeziniai uždaviniai	52
4.2.1 Tacheometrinės nuotraukos sudarymas	53
4.2.2 Trianguliacijos metodas	54
4.2.3 Geometrinis niveliavimas	56
4.3 Geodeziniai prietaisai ir veikimo technologija	57
4.3.1 Duomenų perkėlimas taikant TGOOffice kompiuterinę programą	60
4.3.2 Planų sudarymas GeoMap programa	61
IŠVADOS	64
REKOMENDACIJOS	66
LITERATŪRA	67
PRIEDAI	70

IVADAS

Uostas – tai visuma statinių ir įrenginių, užtikrinančių saugų laivo stovėjimą ir jūrų bei sausumos transporto priemonių krovos operacijų vykdymą, krovinių distribuciją arba visišką prekių apdorojimą. Siekiant atlikti šias funkcijas, uoste statomos atitinkamos krantinės, aprūpinama didelio našumo kėlimo ir transportavimo priemonėmis, sandėliais ir kita būtina infrastruktūra bei suprastruktūra. Uosto teritorija skirta sausumos transportui judėti, kroviniams saugoti, pagrindiniams ir pagalbiniais pastatams.

Uosto infrastruktūrai priskiriami automobilių keliai, geležinkeliai, pokrantinės keliai, automobilių stovėjimo aikštelės, atviro sandėliavimo aikštelės. Jūrų uosto kelio dangą veikia ypatingos apkrovos, kai vyrauja: viena juosta judantis sunkusis transportas, lėtaeigis sunkusis transportas, dažnas transporto stabdymas ir greitėjimas, stovintis transportas. Taigi parenkant uosto krovos aikštelių ir kelių dangą būtina atsižvelgti į ypatingąsias apkrovas parenkant dangos konstrukciją ir statybines medžiagas, taip pat apkrovų poveikį didinančias klimato sąlygas: ilgalaikę aukštesnę temperatūrą, intensyvią saulės spinduliavimą.

Šiuo metu inžinerinių statinių ir įrenginių deformacijų tyrimams taikomi geodeziniai metodai. Dėl konstrukcijų ypatumų, gamtinių sąlygų ir žmogaus veiklos statiniai, įrenginiai ar pavieniai jų elementai deformuojasi – kinta forma. Geodezijoje deformacija laikomas objekto ar jo dalies padėties pokytis nuo pradinės laikomos padėties. Taigi taikant geodezinius prietaisus ir matavimo metodiką, stebint deformacijas galima išvengti avarių, laiku sustabdyti netolygius poslinkius ir sėdimus.

Vykdant bet kokios rūšies statybos darbus, susijusius su uosto infrastruktūra yra ieškoma naujų inžinerinių sprendinių, kurie leistų sumažinti finansinius kaštus, užtikrintų ilgaamžiškumą.

Tyrimo problema

Uosto infrastruktūra ir suprastruktūra yra ypač brangus hidrotechninių ir inžinerinių statinių kompleksas, kurio statybos, rekonstrukcijos ir remonto finansiniai kaštai yra labai dideli. Atsižvelgiant į išaugusius Centrinio Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalo uosto infrastruktūros įrengimo ir eksploatacijos kaštus, šiuo darbu siekiu geodezinių metodu pagalba nustatyti galimas deformacijų priežastis ir būdus, leidžiančius jų išvengti.

Tyrimo aktualumas

Šiuo metu Klaipėdos uostas, išgyvena geriausius laikus Klaipėdos uosto istorijoje, atsižvelgiant į augančius krovinių srautus, pasaulio laivyne vykstančią laivų ir jų grimzlės didėjimo tendenciją, yra poreikis gilinti akvatoriją prie krantinių, taip pat didinti krovinių pervežimo (perkrovimo, saugojimo) galimybes (kiekius). Tačiau 2013 metais naujai atidarytas Centrinis Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalas susiduriama su problema, kad naujai įrengta, betoninių

trinkelių dangą uosto teritorijoje, skirta transporto judėjimui, krovinių sandėliavimui, patiria pažeidimus, dėl kurių būtinas remontas, rekonstrukcija.

Tyrimo objektas

Centrinio Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalo krovos aikštelės ir keliai, adresu Baltijos per. 40, 40A, Klaipėda.

Tyrimo tikslai

- Geodezinių metodų pritaikymas uosto krovos aikštelių dangų deformacijų monitoringu.
- Lietuvos Respublikoje taikomų normatyvinių dokumentų analizė, vertinant betoninių trinkelių dangos panaudojimo galimybes ir technologija uosto krovos aikštelių ir kelių projektavimui bei įrengimui.
- Esamos trinkelių dangos pažeidimų vertinimas, jų atsiradimo priežasčių hipotetinė analizė, konstrukcinių sprendinių apžvalga.
- Magistratūros baigiamojo darbo formavimas, papildymas ir apiforminimas.

Tyrimo uždaviniai

- Atlikti esamų trinkelių dangos techninių parametrų, parinkimo, montavimo, techninių sprendimų analizę.
- Panaudojant geodezinius prietaisus atlikti trinkelių dangos pažeidimų matavimus.
- Nustatyti esamų uosto krovos aikštelių ir kelių trinkelių dangos pažeidimų plotus, nustatyti jų pobūdį, deformacijas, galimas atsiradimo priežastis.
- Atlikti trinkelių dangų aukščių monitoringą panaudojant skirtingą matavimo įrangą.
- Parengti tiriamojo objekto aukščių planus, dangų planą, išilginius profilio (pjūvio) schemas, trianguliacijos planus.
- Pateikti rekomendacijas jūrų uosto krovos aikštelių ir kelių dangų konstrukcijų įrengimui ir montavimui.

Tyrimo metodai:

Teoriniai:

- mokslinės literatūros analizė;
- normatyvinių dokumentų analizė.

Eksperimentas:

- Geodezinių metodų taikymas uosto krovos aikštelių monitoringu;
- Projektinių duomenų ir matavimo duomenų lyginamoji analizė;
- Rezultatų patikimumo vertinimas.

I. KROVOS AIKŠTELĖS IR KELIAI UOSTE. INŽINERINĖS GEODEZIJOS TAIKYMAS

1.1 Normatyvinių dokumentų apžvalga

Centrinio Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalo teritorijoje įrengta betoninių trinkelų grindinio danga skirta krovinių sandėliavimui, transporto eismui, pėsčiųjų judėjimui. Uosto krovos aikštelių ir kelių konstrukcija yra statinys, kurį sudaro žemės sankasa, pagrindas ir danga. Skiriamos dvi pagrindinės šio statinio dalys: dangos konstrukcija – pagrindo sluoksnis (-iai) bei danga ir žemės sankasa – grunto statinys, atliekantis dangos konstrukcijos pagrindo funkcijas. Taigi uosto dangų parinkimui reikalingi kelių tipų normatyviniai dokumentai. Šiuo metu Lietuvoje ir kitose Europos valstybėse kelių, gatvių, aikštelių projektavimą, įrengimą, priežiūrą reglamentuojantys normatyviniai dokumentai yra: įrengimo taisyklės, kelių priežiūros vadovai, kelių projektavimo taisyklės, kelių vertės ir jos kitimo skaičiavimo taisyklės, kitos taisyklės, metodiniai nurodymai, normatyvų rinkiniai, rekomendacijos, statybos taisyklės, techninių reikalavimų aprašai, statybos techniniai reglamentai, Lietuvos standartai. Teisės aktų tiek daug, kad projektuotojai rengdami techninius projektus, bei statybininkai, atlikdami statybos darbus dažnai susiduria su didžiule problema kaip tikslingai atsirinkti informaciją ir išvengti klaidų savo darbe. Uoste esantys keliai, atviro tipo sandėliavimo aikštelės, tai specifinėje aplinkoje esantys inžineriniai statiniai, tad be inžinerinių rodiklių būtina įvertinti klimato ypatumus, didžiules apkrovas ir kt.

Kita labai svarbi informacinių šaltinių grupė Lietuvos standartai. Lietuvos Respublikoje juos platina Lietuvos standartizacijos departamentas. Tai mokami normatyviniai dokumentai, kurių taikymo sritis labai plati. Savo magistro baigiamajame darbe plačiau apžvelgsiu tik keletą iš jų. Lietuvos Standartas (toliau – LST EN) „Nurodymai, kaip taikyti LST EN 206-1 Betonai. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis“ reglamentuoja kelių ir kitų transporto eismo zonų betonui, įskaitant automobilių kelius ir tiltus reikalavimus. LST EN „Betoniniai aplinkos tvarkymo gaminiai“ ir „Betoniniai aplinkos tvarkymo gaminiai. Bandymo metodai. Stiprio gniuždant ir lenkiant nustatymus“ nustato aplinkos tvarkymo gaminių betono, grindinio trinkelų ir šaligatvio plytelių stiprį gniuždant bei gatvės bordiūro elementų ir šaligatvio plytelių stiprį lenkiant. LST EN „Betoninės grindinio trinkelės. Reikalavimai ir bandymo metodai“ nuosekliai aprašomi reikalavimai keliams surenkamosioms betoninėms grindinio trinkelėms bei papildomosioms detalėms, kurios naudojamos pėsčiųjų takams, transporto priemonių teritorijoms ir stogo dangoms, taip pat teritorijoms apie pastatus, dviračių takams, automobilių aikštelėms, keliams, autostradoms, pramonės zonoms (įskaitant dokus ir uostus), oro uostų grindiniams, autobusų stotims, degalinėms.

Statybos techniniai reglamentai (toliau – STR) vienas iš pagrindinių informacinių šaltinių, kuriuose pateikiami privalomieji projektavimo ir statybos reikalavimai naujai statomų, rekonstruojamų ir kapitališkai remontuojamų hidrotechnikos statinių (toliau – HTS). STR nustato pagrindinius reikalavimus erdviniams planiniams ir konstrukciniams sprendiniams, pateikiami konstrukcijų saugos ir patikimumo bei ilgaamžiškumo privalomieji reikalavimai, poveikių ir apkrovų derinių skaičiavimo metodikos, atsižvelgiant į specifinius poveikius, reikalavimus statybos produktams ir konstrukcijų naudojimo sąlygas ir kt. aplinkybes.

Uoste keliai naudojami labai pačiai, jais ne tik juda ratinis sunkusis lėtaeigis transportas, bet įrengiami keliai su specialiais bėgiais, skirti automatiniams konteineriniams kranams, specializuotais krauti jūrinius konteinerius. Tokių kelių projektavimo reikalavimus nustato kelių techninis reglamentas (toliau – KTR). KTR nustato visų formų kelių tiesimo, rekonstravimo ir remonto projektavimo techninius reikalavimus.

Dangos konstrukcijos projektavimo techninius reikalavimus nagrinėja kelių projektavimo taisyklės (toliau – KPT). Normatyviniame dokumente plačiai aprašomas kelių ir kitų eismo vietų standartizuotų dangų naujai tiesiamų, rekonstruojamų ir remontuojamų konstrukcijų projektavimas.

Uoste ne tik svarbu gerai suprojektuoti kelius, bet labai svarbu jų įrengimas ir priežiūra, kad dangos konstrukcija ir grunto statinys būtų ilgaamžis ir atitiktų keliamus kokybės reikalavimus. Būtent tokių darbų atlikimo reikalavimus Lietuvos Respublikoje aprašo Įrengimo taisyklės (toliau – IT). Taisyklėse išdėstyti reikalavimai darbams atliekamiems įrengiant dangos konstrukcijas visų tipų keliuose, kelio įrenginiams ir elementams. Papildomas informacijos šaltinis nustatantis nurodymus darbams atliekamiems įrengiant dangas yra ir Metodiniai nurodymai (toliau – MD). Metodiniuose nurodymuose pateikiami reikalavimai, rekomendacijos ir nurodymai, ne tik įrengimui, bet ir eksploatacijai (bandymams).

Uoste naudojamos labai įvairios dangos – betoninių ir (arba) gamtinio akmens trinkelų, plokščių, asfalto, keraminiai blokai ir kt. Kelių trinkelų, plokščių ir kitų medžiagų techninius reikalavimus analizuoja Techninių reikalavimų aprašai. Juose plačiai išdėstyti reikalavimai statybos produktams naudojamiems įrengti dangų konstrukcijas.

Magistro baigiamajame darbe svarbia vietą užima tiriamoji dalis, kurioje nagrinėjamos uosto dangoje atsiradusios pažaidos. Pažaidų atsiradimo viena iš priežasčių yra netinkamas dangos konstrukcijos įrengimas ir priežiūra. Būtent kelių priežiūros vadovas (toliau – KPV) yra kelių techninės priežiūros kokybę, darbus, bei jų vertę nustatanti normatyvinių dokumentų visuma.

Siekiant įvykdyti užsibrėžtus tyrimo uždavinius, informacijos papildomai sėmiausi naudojantis Statybos rekomendacijomis (toliau – R), kurios taikomos rengiant kelių pagrindus tiesiamuose, rekonstruojamuose ir taisomuose keliuose.

Kadangi darbe kalbama apie metodus, reikalavimus projektuojant, statant uosto infrastruktūrą, apie tai trumpai bet konkrečiai rašoma D. Čypo, D. Žilionienės, J. Vitkienės knygoje „Automobilių kelių projektavimas“ (2012). Baigiamajame darbe tiriamojo darbo dalis buvo uosto krovos aikštelių dangos pažeidimų fiksavimas, vertinimas. Buvo išsikeltas tikslas bent teoriškai panagrinėti deformacijų ir pažeidimų atsiradimo priežastis dangoje. Apie tai plačiai rašoma dviejuose K. Valiūno knygose „Gruntų stiprumas ir deformacijos“ ir „Statybinės gruntų savybės“ (2007). Mokslinių straipsnių tiriamąją tematiką nėra daug. Analizuojant uosto krovos aikštelių ir kelių betoninių trinkelinių dangą, taikant geodezinius metodus tyrimų nepasitaikė. Tačiau mokslininkai iš Egipto (Nouhy and Zeedan, 2011), tyrė mechaninius, cheminius, fizikinius poveikius grindinio trinkelėms. Eksperimentiniu būdu jie (Nouhy and Zeedan, 2011) tyrė trinkelinių gniuždomąjį stiprį, vandens absorbcijas ir atsparumą dilumui, pagal Egipto standartines normas (ESS) ir pagal Amerikos medžiagų ir tyrimų centro normas (ASTM). Cheminės savybės gali atsiranda dėl chlorido įtakos. Fizikinės priežastys atsiranda dėl temperatūrinių pokyčių. Tuo tarpu mechaninės priežastys atsiranda dėl trinties. Dėl temos aktualumo ir išskirtinumo tikslinga mokslinius straipsnius nagrinėjama tema turi vertinti, kaip pagalbinę medžiagą.

1.2 Geodezija uosto infrastruktūroje

Magistrinio baigiamojo darbo esmė buvo uosto infrastruktūros projektavime panaudoti geodezinius metodus. Geodezijos mokslas labai plačiai taikomas pastatų, statinių, žemės darbų ir kitose ūkinės veiklos srityse. Visas projektavimas prasideda nuo topografinio plano sudarymo ir baigiasi tiek žemės, tiek pastatų kadastriniai matavimais. Kadangi geodezijos mokslas labai planus, savo darbe išskyriau ir plačiau nagrinėsiu tik inžinerinės geodezijos panaudojimo galimybes, kurias plačiai aprašo keletas autorių.

Inžinerinės geodezijos panaudojimo sritis, metodus, geodezinius darbus ir tyrimus plačiai aprašo J. Stepanovienė ir E. Tumelienė savo knygoje „Inžinerinė geodezija“ (2011). Taikant geodezinius matavimo metodus:

- Galima išmatuoti kampus, atstumus;
- Atlikti geometrinį, techninį, hidrostatinį ir trigonometrinį niveliavimą;
- Sudaryti topografinės vietovės nuotraukas, paskaičiuoti žemės darbų tūrius;
- Atlikti pastatų, statinių, inžinerinių komunikacijų, nuolydžių ir pasvirimų nužymėjimą;
- Fiksuoti ir atlikti objektų deformacijų tyrimus.

Geodeziniais tyrimams atlikti labai svarbu pasirinkti tinkamą įrangą. Šiuo metu pasaulyje naudojami geodeziniai prietaisai labai tikslūs. Matavimams naudojami įvairaus tikslumo elektroninei tachometrai, GPS imtuvai, GNSS imtuvai, teodolitai, nivelyrai, 3D skenavimo

sistemos, nepilotuojamų orlaivių sistemos. Apie prietaisus ir jų veikimo principus ir galimybes rašoma J. Skeivalo knygoje „Elektroniniai geodeziniai prietaisai“ (2010).

Globalinė padėčių nustatymo sistema (toliau – GPS) taikoma geodezijos, kartografijos, navigacijos, aplinkosaugos, eismo tvarkymo, įvairiose inžinerijos ir kt. srityse. Norint apdoroti rezultatus, pateikti išvadas ir rekomendacijas būtina išanalizuoti GPS duomenų sisteminių klaidų eliminavimo metodus, jų apdorojimo principus ir sistemas. Šia tema J. Skeivalas išleido knygą „GPS tinklų teorija ir praktika“.

II. TRINKELIŲ DANGOS AIKŠTELIŲ TYRIMO METODAI

2.1 Uostas ir jo infrastruktūra

Uostas - tai visuma statinių ir įrenginių, užtikrinančių keleivių įlaipinimą ir išlaipinimą, laivų pakrovimą ir iškrovimą, krovinių sandėliavimą iki perduodant krovinius kitoms transporto rūšims, taip pat saugų laivų stovėjimą ir techninę priežiūrą (aprūpinimą degalais, vandeniu, maistu, atsarginėmis dalimis, smulkų remontą, ekipažo pasikeitimą ir kt.) (Skerys, Christauskas, 2010, 10 p.). Uosto infrastruktūra neatsiejama nuo vidaus ir išorės vandens kelių išsidėstymo ir plėtos. Uostai ir jiems reikalinga infrastruktūra kuriasi ne tik geografiškai, ekologiškai, geologiškai palankiose vietose, tačiau ir ekonomiškai pagrįstoje vietoje. Išskiriamos kelios grupės vandens kelių:

- valstybinės ir vietinės reikšmės vidaus vandens keliai;
- tarptautiniai vidaus vandens keliai;
- jūrų keliai.

Beveik 70 % pasaulio paviršiaus sudaro jūra (Skerys, Christauskas, 2010, 38 p.). Jūra yra vienas iš patogiausių susisiekimo kelių. Ryšiams tarp žemynų eksploatuojama labai daug jūrinių, vandenynų maršrutų, užtikrinančių krovinių ir keleivių pristatymą į daugelį pasaulio šalių. Pervežimai jūra yra įmanomi tik turint gerai įrengtus ir šiuolaikiškus reikalavimus atitinkančius uostus. Susisiekimo ir krovinių pervežimo pramonės grandinėje uostas užima svarbią vietą, nes tik čia kroviniai perkraunami į kitas transporto rūšis:

- oro;
- automobilių;
- geležinkelių;
- vamzdynų transportą.

Šiai dienai uostai įgauna vis didesnę vertę ne tik kaip perkrovimo ir sandėliavimo punktai, bet ir kaip gamybos ir paskirstymo vietos (Skerys, Christauskas, 2010, 39 p.). Atsižvelgiant į tai visame pasaulyje uostų veiklai reikalinga visa eilė hidrotechnikos statinių. Uostas - tai transporto sistemos dalis skirta laivams aptarnauti, bei kitai su laivyba susijusiai komercinei ir

ūkinei veiklai vykdyti. Uosto antžeminė teritorija susideda iš terminalų, kuriuos įrengti nėra pigu (Skerys, Christauskas, 2010, 45 p.). Uosto infrastruktūra - tai hidrotechninių ir inžinerinių įrenginių ir statinių, navigacinių statinių, taip pat kelių bei privažiuojamųjų geležinkelio kelių kompleksas. Uosto suprastruktūra tai laivų krovos statinių ir įrenginių kompleksas ir kiti statiniai, bei įrenginiai, nepriskirti uosto infrastruktūrai. Uostuose vykdoma tradicinė veikla, kaip perkrovimo ir sandėliavimo darbai. Tačiau be tradicinės veiklos uoste gali būti įrengiami terminalai vykdantys paskirstymo ir dalinio perdirbimo funkcijas ir (arba) vykdoma gamyba (dažniausiai tai automobilių ar traktorių surinkimas, naftos perdirbimas, chemijos pramonė ir pan.). Terminalų gaunamas pajamas: 80 % visų pajamų, sudaro krovos darbai ir 20 % - krovinių sandėliavimas. Tam tikslui labai svarbu prieš įrengiant terminalą išnagrinėti uosto plėtros generalinį planą, aplinkinių šalių rinkos galimybes, šalia esančių uostų pajėgumus, konkurencingumą. Projektuojant naują terminalą, būtina numatyti kokiomis transporto priemonėmis (geležinkeliais, automobilių keliais arba vidaus vandens keliais) bus gabenami kroviniai į uostą ir iš jo. Taip pat žinoti krovos darbų technologiją, krovos darbų apimtį, sąveiką su kitais uosto objektais, atplaukiančių laivų parametrus. Numačius planuojamų laivų dydžius ir planuojamus krovinius bei jų srautus galima patikslinti krovinių sandėliavimo (atviri ir uždari sandėliai) aikštelių plotus. Kai yra nustatytas būsimojo terminalo plotas, galima projektuoti terminalui skirtą infrastruktūrą, kuri derinama su kitais uosto objektais (Skerys, Christauskas, 2010, 46 p.). Inžineriniai statiniai, tokie kaip atviro tipo krovos aikštelės ir keliai, prioritetinga uosto terminalų veiklos dalis.

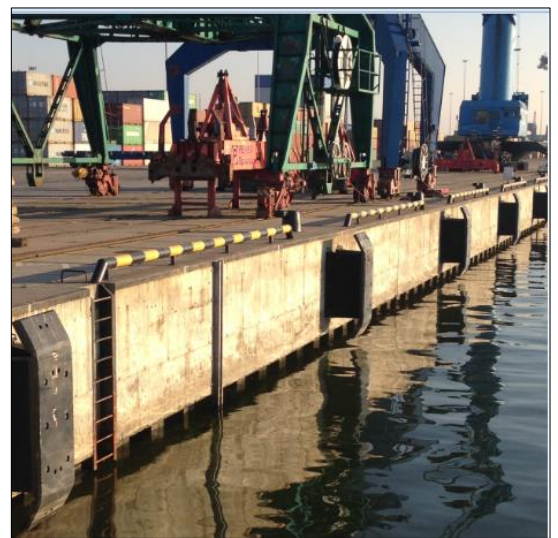
Terminalo ryšys su kitomis transporto priemonėmis neatsiejama uosto infrastruktūros dalis. Šalyse, kuriose yra dideli atstumai sausuma plačiausiai naudojama transporto rūšis - geležinkelis. Mažesnėse šalyse, kur atstumai sausuma trumpesni, populiariausia krovinius gabenti automobilių transportu. Privažiuojamieji ir išvažiuojamieji keliai iki terminalų turi būti gerai išvystyti bei suprojektuoti taip, kad atlaikytų didžiules apkrovas bei juo judantį sunkųjį transportą. Būtina paminėti, kad prie kitų transporto sistemų uoste priskiriamas vamzdynų transportas. Vamzdynais į terminalus gali būti atgabenama nafta ir jos produktai bei suskystintosios dujos (Skerys, Christauskas, 2010, 48 p.). Dažnai atviro tipo aikštelės ir naudojamos tokių krovinių sandėliavimui kaip trąšos, mediena ir kt.

2.2 Uosto dangų trinkelio grindinio konstrukcijos ir jų projektavimas, įrengimas

Uosto teritorija užima tokį plotą, kuriame telpa uosto infrastruktūra ir uosto statiniai. Uosto infrastruktūrai galima priskirti automobilių kelius, geležinkelius, pokraninius kelius, automobilių stovėjimo aikšteles, atviro sandėliavimo aikšteles, vamzdynus (Skerys, Christauskas, 2010, 58 p.). Keliai projektuojami nuo įvažos į uostą link uosto teritorijos ir į terminalus. Keliams, kuriais rieda kroviniai automobiliai, tinka betono, asfalto, akmens dangos, skirtos aukščiausiai

automobilių kelių dangų konstrukcijos klasei (Skerys, Christauskas, 2010, 58 p.). Vadovaujantis Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklėmis KPT SDK 07 siūlomos rengti asfalto, betono, bei trinkelio dangų konstrukcijos, priklausomai nuo dangos konstrukcijos klasės (SV, I-VI) ir ekvivalentinės 10 t svorio ašies apkrovų skaičiaus milijonais. Lietuvoje plačiausiai naudojamos uosto keliams, bei sandėliavimo aikščių įrengimui betoninės grindinio trinkelės. Vadovaujantis LST EN 1338:2003 metodiniais reikalavimais surenkamosios betoninės grindinio trinkelės su papildomosiomis detalėmis gali būti naudojamos pėsčiųjų takams, transporto priemonių teritorijoms, dviračių takams, automobilių aikštelėms, keliams, autostradoms, pramonės zonoms, tarp kurių dokai ir uostai, oro uostų grindiniams, autobusų stotims ir degalinių dangoms įrengti. Dangų konstrukcijos parenkamos ir projektuojamos atsižvelgiant į jų paskirtį, eismo apkrovas, gruntines sąlygas ir dangos padėtį vietovėje, dangos konstrukcijos tipą. Dangos konstrukcijos storis turi užtikrinti pakankamą laikomąją galią, atsparumą šalčiui. Naujai rengiamų dangų konstrukcijų klasė ir tipas parenkami taip, kad atlaikytų transporto apkrovas per numatytą dangos naudojimo laikotarpį be dangos struktūros pažaidos (KPT SDK 07, Valstybės žinios, 2008-02-07, Nr. 16-569). Uoste kelio dangą veikia ypatingosios apkrovos:

- kai vyrauja viena juosta važiuojantis lėtaeigis sunkusis transportas;
- sunkusis transportas;
- dažnas transporto stabdymas ir greitėjimas;
- stovintis transportas (1-2 pav.).

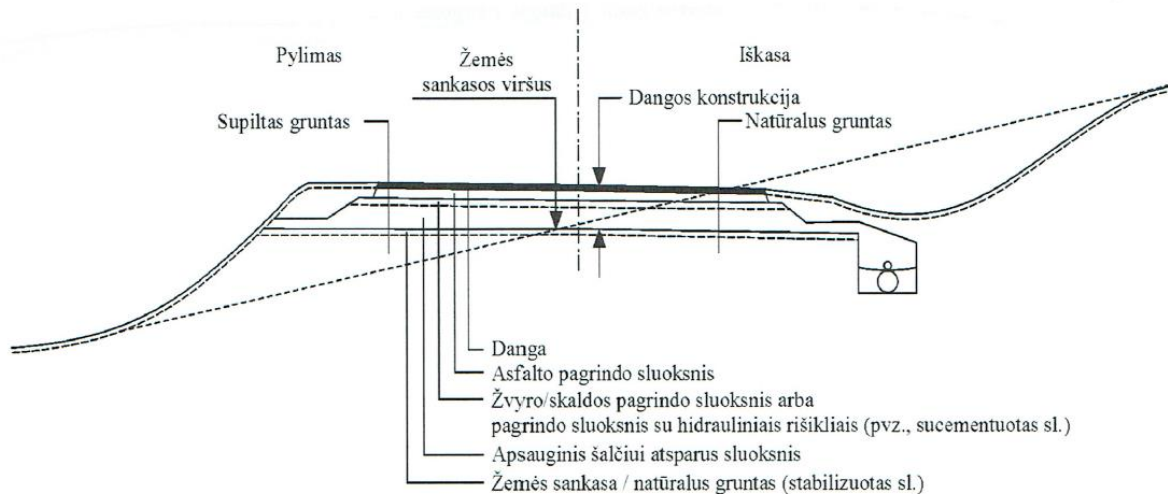


1-2 pav. Lėtaeigis sunkiasvoris transportas, kranai uosto teritorijoje.

Be to, šių apkrovų poveikį didina klimato sąlygos: ilgalaikė aukštesnė temperatūra; intensyvus saulės spinduliavimas (turint omenyje, kad uostai įrengiami atvirose vietose prie vandens). Visa tai svarbu renkant dangos konstrukciją ir statybines medžiagas. Būtina atsižvelgti ir į tai, kad apkrovų laikomąją galią ir naudojimo trukmę, trinkelio dangų konstrukcijos yra

nelygiavertės lyginant su tai pačiai konstrukcijos klasei priskirtomis asfalto ar betono dangomis ir turi būti parenkamos ypač kruopščiai atsižvelgiant į projektuojamo uosto poreikius. Kriterijai, pagal kuriuos pasirenkamas konkretus dangos tipas:

- galimos panaudoti vietinės medžiagos;
- statybos etapai;
- antrinių mineralinių medžiagų panaudojimas;
- dangos naudojimo ypatumai (apkrovos, klimato sąlygos ir kt.);
- dangos priežiūros būdai.



3 pav. Kelio elementai skersiniame pjūvyje

Kelių konstrukciją nepriklausomai nuo pasirinktos dangos sudaro dangos konstrukcija ir žemės sankasa. Žemės sankasa – grunto statinys, atliekantis dangos konstrukcijos pagrindo funkcijas, kuris įrengiamas iš atvežto grunto ir (arba) neišjudinto natūraliojo grunto (Čygas ir kt., 2009, 62 p.). Kelio dangos konstrukciją sudaro danga ir vienas arba keli pagrindo sluoksniai. Kelio konstrukcijos elementai skersiniame pjūvyje parodyti 3 paveiksle.

Antrosios studijų pakopos baigiamajame darbe nagrinėju tik betoninių grindinio trinkelų panaudojimo galimybes uosto infrastruktūros objektuose (keliai, automobilių stovėjimo, krovinių sandėliavimo aikštelės). Lietuvoje tai plačiausiai naudojama dangos konstrukcija. Dangų konstrukcijų įrengimas iš trinkelų yra vienas seniausių tiesimo būdų, kuris plačiai taikomas. Svarbiausios trinkelų dangų bei bordiūrų panaudojimo sritys yra prekybos ir gamybos plotų dangos, zonos prie bėginio transporto bėgių, uostų, lėktuvų aptarnavimo zonos, traukinių peronai. Dažniausiai yra įrengiamos trinkelų nesurištosios dangos, tačiau esant poreikiui vis dažniau naudojamos ir surištosios dangos. Trinkelų surištosios dangos yra tokios, kurių pasluoksniui ir siūlių užpildui yra panaudoti surištieji statybinių medžiagų mišiniai (pasluoksniui ir siūlių užpildui skiediniai). Mišrieji būdai, kai tik pasluoksniai arba siūlių užpildai yra naudojami surištieji statybinių medžiagų mišiniai, nėra tinkami (TAR 2014-02-21, 2014-01924). Pagrindo sluoksniai

turi tenkinti apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio reikalavimus, kurie negali būti mažesni nei pateikti 4 paveiksle.

Eil. Nr.	Dangos konstrukcijos klasė		SV				I				II				III				IV				V				VI			
	Ekviv. 10 t svorio ašies apkrovų skaičius, mln.		> 32				> 10-32				> 3-10				> 0,8-3				> 0,3-0,8				> 0,1-0,3				≤ 0,1			
	Šalčiui atsp. dangos konstr. storis ¹⁾		75	85	95	105	65	75	85	95	65	75	85	95	65	75	85	95	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75
1	Skaldos pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Skaldos pagrindo sluoksnis																													
	Apsaug. šalčiui atsparus sl.																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														
2	Žvyro pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Žvyro pagrindo sluoksnis																													
	Apsaug. šalčiui atsparus sl.																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														
3	Skaldos arba žvyro pagrindo sluoksnis ant šalčiui nejautrių medžiagų sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Skaldos arba žvyro pagr. sl.																													
	Šalčiui nejautrių medžiagų sluoksnis																													
Šalčiui nejautrių medž. sl. storis ⁶⁾																														
4	Asfalto pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Asfalto pagrindo sl.																													
	Apsaug. šalčiui atsparus sl.																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														
5	Asfalto pagrindo sluoksnis ir skaldos pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Asfalto pagrindo sl.																													
	Skaldos pagrindo sluoksnis																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														
6	Asfalto pagrindo sluoksnis ir žvyro pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Asfalto pagrindo sl.																													
	Žvyro pagrindo sluoksnis																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														
7	Drenuojančio betono pagrindo sluoksnis ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio																													
	Trinkelų grindinio danga ⁴⁾																													
	Posluoksnis																													
	Dren. betono pagrindo sl.																													
	Apsaug. šalčiui atsparus sl.																													
Apsaug. šalčiui atsp. sl. storis																														

Pastabos:

1. Storiai nurodyti cm, deformacijos moduliai Ev2 – Mpa.
2. Pagrindo sluoksniai iš asfalto ar betono turi būti pralaidūs vandeniui.

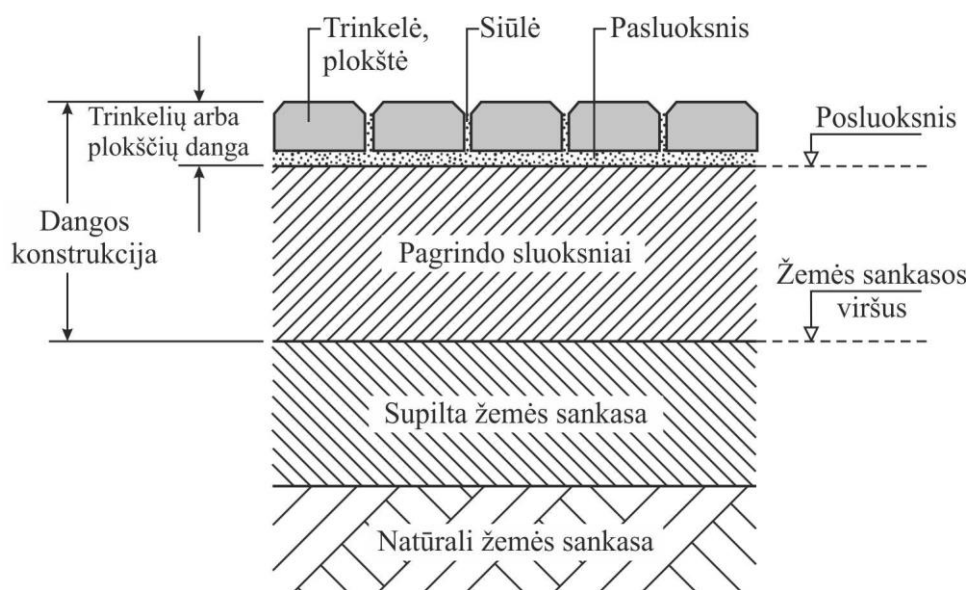
4 pav. Trinkelų dangų konstrukcijos ant F2 ir F3 jautrio šalčiui klasių žemės sankasos

Trinkelį dangą sudaro betono trinkelės, pasluoksnis ir siūlių užpildas (Skerys, Christauskas, 2010, 58 p.). Dangos konstrukcijos iš trinkelų pavyzdinė struktūra pateikta 5 paveikslėlyje. Kelio konstrukcijoje gali būti vienas arba keli pagrindo sluoksniai. Statybos rekomendacijoje R 34-01 „Automobilių kelių pagrindai“ reglamentuojamos pagrindams skirtos medžiagos: biriosios ir surištosios, bei sluoksnių iš jų įrengimas. Surištieji pagrindo sluoksniai gali būti:

- asfalto pagrindas, kuriam paprastai naudojami karšti asfalto mišiniai;
- stabilizuotas pagrindas sluoksnis, kuriam įrengti naudojami gruntai ar natūralių, nesijotų biriųjų medžiagų mišiniai, dažniausiai vietoje sumaišomi su hidrauliniiais rišikliais;
- sucementuotas pagrindo sluoksnis, kuriam įrengti naudojami nustatytos granulometrinės sudėties mineralinių medžiagų mišiniai surišti cementu ar hidraulinėmis kalkėmis.

Pagrindo sluoksniai be rišiklių gali būti:

- Skaldos pagrindo sluoksnis, kuriam įrengti naudojami nustatytos granulometrinės sudėties nesurištieji skaldytų mineralinių medžiagų mišiniai;
- Žvyro pagrindo sluoksnis, kuriam įrengti naudojami nustatytos granulometrinės sudėties neskaldytų mineralinių medžiagų mišiniai; gali būti įmaišyta ir skaldytų mineralinių medžiagų;
- Apsauginis šalčiui atsparus pagrindo sluoksnis apsaugantis dangos konstrukciją nuo žalingo šalčio poveikio; jam įrengti naudojami šalčiui nejautrūs nesurištieji atitinkamų mineralinių medžiagų mišiniai arba gruntai (Skerys, Christauskas, 2010, 59 p.).



5 pav. Kelio dangos konstrukcijos pavyzdinė struktūra

Trinkelų danga – viršutinė dangos konstrukcijos dalis, sudaryta iš trinkelų, pasluoksnio ir siūlių užpilo.

Trinkelės pagal techninių reikalavimų aprašą TRA TRINKELĖS 14 skirstomos į:

- betonines trinkeles;
- keramines trinkeles;
- gamtinio akmens trinkeles.

Sujungiamos trinkelės – tai trinkelės, kurių forma leidžia jas jungti tarpusavyje ir kurios, veikiant eismo apkrovoms ir kitoms jėgoms, neatsiskiria viena nuo kitos.

Posluoksnis – dangos konstrukcijos elementas, kiekvieną kartą esantis po naujai įrengiamu sluoksniu.

Pasluoksnis – trinkelų ar plokščių dangos apatinė dalis.

Pasluoksnio medžiaga – nesurištasis mineralinių medžiagų mišinys atitinkantis techninių reikalavimų aprašą TRA TRINKELĖS 14 ir skirtas įrengti trinkelų arba plokščių dangos apatinę dalį. Taip pat gali būti įvardijama pasluoksniu.

Siūlės – tarpai tarp trinkelų arba plokščių, arba prie bordiūrų ir prie eismo zonose esančių įrenginių.

Siūlių užpilo medžiaga – nesurištasis mineralinių medžiagų mišinys atitinkantis techninių reikalavimų aprašą TRA TRINKELĖS 14 ir skirtas užpilti tarpus (siūles) tarp trinkelų arba plokščių, arba prie bordiūrų ir prie eismo zonose esančių įrenginių.

Klojimo šablonas – geometrinis modelis, pagal kurį klojamos arba dedamos trinkelės arba plokštės.

Parenkant dangų tipus ir medžiagas reikia užtikrinti, kad jos turėtų pakankamą ilgalaikį rato sukibimą su danga, taip pat pakankamą ilgalaikį atsparumą slydimui. Reikia atsižvelgti į tai, kad, pėsčiųjų zonos arba takai, ypač prieš vitrinas arba rampose, turėtų reikiamą atsparumą slydimui (TAR 2014-02-21, 2014-01924). Parenkant dangų konstrukcijos tipą iš kelių variantų reikia atsižvelgti į vietines sąlygas, techninį ir ekonominį pagrįstumą, dangų įrengimo patirtį bei aplinkos sąlygas:

- vietinių medžiagų panaudojimą;
- statybos etapus; antrinių mineralinių medžiagų panaudojimą;
- dangos naudojimo ypatumus;
- dangos priežiūros būdus.

Viršutiniams dangų sluoksniams, be stiprumo gniuždant ir lenkiant, dar keliami tam tikro dangos deformatyvumo ir dėvėjimosi, šiurkštumo, atsparumo druskų poveikiui tirpstant ledui reikalavimai (Naujokaitis, 2007, 212 p.). Tai ne mažiau svarbus reikalavimai parenkant dangos tipą ir konstrukciją.

1 lentelė. Projektinės apkrovos ir joms priskirtos dangų konstrukcijų klasės

Eil. Nr.	Projektinė apkrova A (ekvivalentinės 10 t svorio ašies apkrovų skaičius), mln.	Dangos konstrukcijos klasė
1.	daugiau kaip 32	SV
2.	nuo 10 iki 32	I
3.	nuo 3 iki 10	II
4.	nuo 0,8 iki 3	III
5.	nuo 0,3 iki 0,8	IV
6.	nuo 0,1 iki 0,3	V
7.	iki 0,1	VI

Projektinė apkrova A nustatoma turinčioms didžiausią eismo intensyvumą važiuojamosios dalies juostoms 20 metų projektiniam naudojimui, atsižvelgiant į:

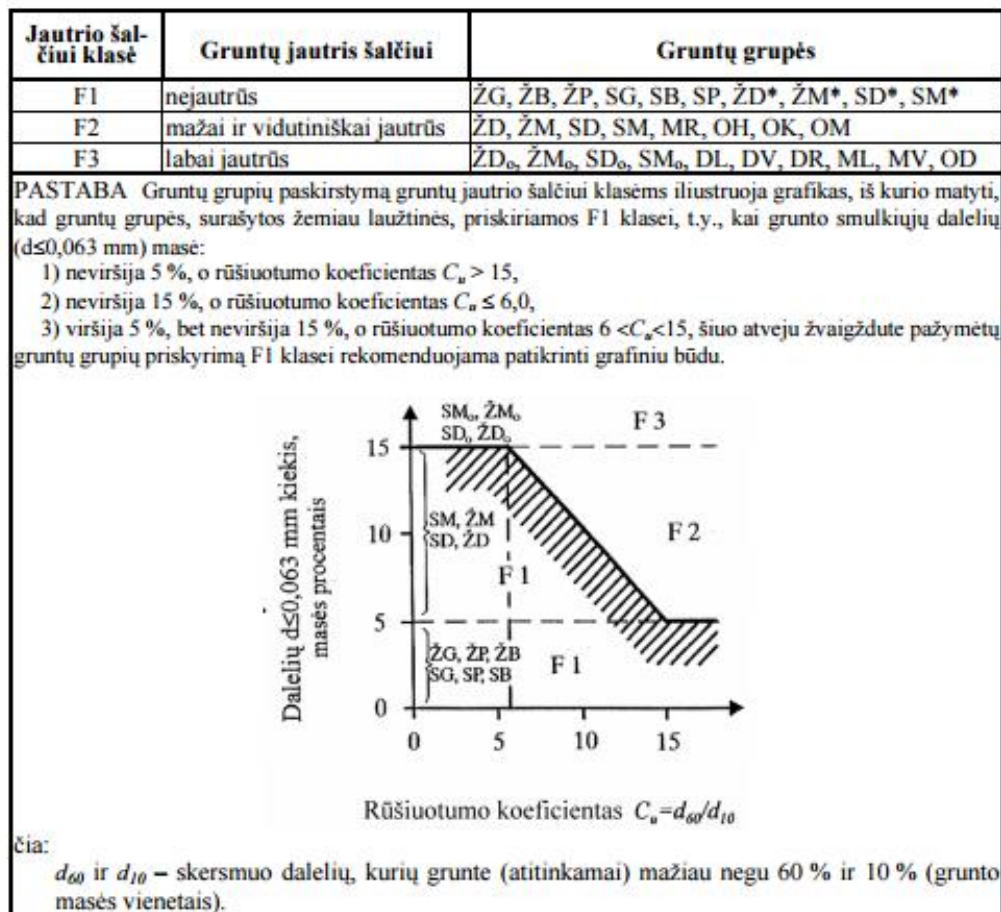
- ašių skaičių;
- apkrovų koeficientą;
- važiuojamosios dalies juostų skaičių;
- važiuojamosios dalies juostos plotį;
- išilginį nuolydį; eismo augimą.

Dangos skirtos sunkiajam transportui įvertinant šioms dangoms taikytinas ypatingąsias apkrovas priskiriamos III-IV dangų konstrukcijų klasei. Šie reikalavimai taikomi ir nuolat ir laikinai naudojamoms automobilių stovėjimo aikštelėms, krovinių aikštelėms. Tam tikrais atvejais sunkusis transportas dangą gali veikti ypatingąja apkrova. Dangą ypatingosios apkrovos paveikia:

- kai eismas vyksta tomis pačiomis vėžėmis, mažų kreivių posūkiuose;
- dėl lėtaeigio eismo;
- dėl dažnų stabdymo ir greitėjimo veiksmų;
- sankryžų zonoje; stovėjimo vietose.

Esant ypatingoms apkrovoms turi būti naudojami didelio atsparumo plastinėms deformacijoms skirti asfalto mišiniai. Storis parenkamas taip kad užtikrinti transporto eismo apkrovų pasiskirstymą ir apsaugoti dangą nuo susidarančių deformacijų dėl šalčio ir atšilimo poveikio. Jei neatlikti specialūs tyrimai ar nėra darbo patirties šalčiui atsparios dangos konstrukcijos mažiausiam storiui nustatyti tai šis storis bet kuriai dangos konstrukcijos klasei apskaičiuojamas pagal 6 paveikslėlyje pateiktus reikalavimus, atsižvelgiant į:

- žemės sankasos gruntų jautrį šalčiui;
- pasirinkto sluoksnio storio tikslumą.



6 pav. Gruntų grupių klasifikacija pagal jautrį šalčiui.

Standartizuotų dangų konstrukcijų su trinkelio dangomis ant F2 ir F3 jautrio šalčiui klasės gruntų schemas pateiktos 4 paveikslėlyje. Dėl statybinių ir technologinių priežasčių šalčiui nejautrių medžiagų sluoksnio storis turėtų būti ne mažesnis kaip 12 cm. Naudojant trinkelio dangą pagrindus techniniu ir ekonominiu požiūriais, leidžiama naudoti storesnes trinkeles, nei standartinės bet ne plonesnes kaip 6 cm. Dangos storio didinimas ar mažinimas kompensuojamas keičiant apsauginių šalčiui atsparaus ar šalčiui nejautrių medžiagų sluoksnių storį. Trinkelio dangas leidžiama rekonstruoti ar remontuoti, jei esamas pagrindas yra pakankamos laikomosios galios, lygus ir užtikrina pakankamą vandens laidumą. Kai pagrindo sluoksnis yra be rišiklių, reikia numatyti bandymais pagrįstą žemiau esančios dangos konstrukcijos dalies pralaidumo vandeniui stabilumą (TAR 2014-02-21, 2014-01924).

Lietuvos Respublikoje uosto krovos aikštelių ir kelių įrengimui vieningų reikalavimų nėra. Pagrindinė Klaipėdos uosto funkcija – krovinių krovimas į laivus ir iš laivų. Šia veikla užsiima uosto krovos darbų, laivų agentavimo ir krovinių ekspedijavimo kompanijos. Svarbiausi kroviniai – metalas, naftos produktai, trąšos, mediena, konteineriai, kelių transporto priemonės, cementas, Ro-Ro priemonės (Lazauskienė ir kt., 2000, 29 p.). Krovinių įvairovė, specifinis transportas (lėtaeiginis sunkiasvoris transportas, kranai, geležinkelis) reikalauja specifinių žinių ir

gebėjimui norint teisingai, ekonomiškai pagrįstai parengti tikslius techninius ir darbo projektus būsimų statinių, kelių ir kitos uosto infrastruktūros įrengimui ir eksploatavimui.

Centrinio Klaipėdos keleivių ir krovinių terminale uosto krovos aikštelėse ir keliuose panaudotos betoninės grindinio trinkelės (7 pav.). Tokių dangų įrengimas pateiktas Automobilių kelių dangos iš trinkelės ir plokščių įrengimo metodiniuose nurodymuose MN TRINKELĖS 14 bei Automobilių kelių ir trinkelės, plokščių ir kitų medžiagų techninių reikalavimų apraše TRA TRINKELĖS 14 ir Automobilių kelių dangos konstrukcijos iš trinkelės ir plokščių įrengimo taisyklėse IT TRINKELĖS 14 (žr. Priedas Nr. 3).



7 pav. Centrinis Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalas

Uosto krovinių aikštelių dangai ir keliams turi būti naudojamos kokybiškos, Lietuvos standartus atitinkančios ir sertifikuotos medžiagos. Visas kompleksas objekte vykdomų darbų turi atitikti normatyvinius statybos techninius dokumentus. Statybos techninius reglamentus (STR), statybos taisykles (TS), Lietuvos standartus (LST), techninius liudijimus (TL).

Trinkelės turi būti klojamos tarp bordiūrų (apvadų) ar tarp kitų įtvirtintų gretimybių. Posluksnis yra dangos konstrukcijos elementas, esantis po įrengiama trinkelės danga. Trinkelės dangų įrengimo būtina sąlyga – tinkamas posluksnis. Šis sluoksnis turi būti pakankamai stabilus, švarus, lygus, tinkamo profilio ir išlaikantis apkrovas. Laikoma, kad šie parametrai įvykdyti, kai posluksnis atitinka techninių reglamentų ir kitų norminių dokumentų reikalavimus. Remiantis

reikalavimais, keliamais pasluoksnio storio tolygumui, rekomenduojama, kad posluoksnio nelygumai, matuojant prošvaisas skersine ir išilgine kryptimis 3 m ilgio linijuote, neturi viršyti 10 mm. Jei darbai atliekami jau ant esamo posluoksnio, prireikus, jo lygumas turi būti pagerintas. Trinkelių dangų pagrindo sluoksniai gali būti – pagrindo sluoksniai be rišiklių, vandeniui pralaidaus asfalto pagrindo sluoksniai, drenuojančio betono pagrindo sluoksniai. Trinkelių dangoms, kuriomis vyks transporto eismas, remiantis atitinkamais norminiais dokumentais, nustatyti didesni betono gniuždomojo stiprio reikalavimai. Siekiant išvengti nesurištojo pasluoksnio medžiagos įsiskverbimo į posluoksnį, pasluoksnio ir posluoksnio medžiagos turi būti taip suderintos tarpusavyje, kad būtų užtikrinamas tinkamas filtravimo stabilumas viena kitos atžvilgiu. Todėl pagrindo sluoksniui be rišiklių turi būti naudojamas geros sanklodos nesurištasis mineralinių medžiagų mišinys. Ši savybė įrodoma, kai posluoksnio medžiagos rūšiavimo koeficientas ($C_u = D_{60}/D_{10}$) pagal LST 1331 yra didesnis arba lygus 13. Taip pat, siekiant išvengti nesurištojo pasluoksnio medžiagos įsiskverbimo į posluoksnį galima numatyti jų atskyrimą neaustine medžiaga (geotekstile). Tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad zonose su nuolydžiais, kur leidžiamas transporto eismas, neaustinės medžiagos naudojimo galimybė priklauso nuo jos gebos tinkamai perduoti horizontaliasias jėgas posluoksniui. Pagrindo sluoksnio nuolydis turi būti toks pat, kaip ir trinkelio dangos. Bordinių (apvadų) posluoksnis yra konstrukcijos elementas, esantis po bordinio pamatu. Šis posluoksnis turi būti pakankamai stabilus, lygus, tinkamo profilio ir išlaikantis apkrovas. Trinkelių dangos bei bordinių (apvadų) ant įšalusio posluoksnio rengti negalima. Taip pat negalima naudoti sušalusio pasluoksnio ir siūlių užpilo medžiagų. Esant trinkelio dangoms, kurias veikia horizontalios jėgos (pvz., įkalnėse ir nuokalnėse, greitėjimo ir lėtėjimo juostose, posūkiuose), reikia papildomai įvertinti ar padidinant trinkelio storį būtų galima padidinti trinkelio dangos pastovumą. Įrengiant dangų konstrukcijas iš trinkelio vandens nuleidimas nuo eismo zonų paviršiaus yra labai svarbus. Tam reikia formuoti tinkamas vandens nuleidimo plokštumas.

Pasluoksnio medžiaga turi būti parenkama atsižvelgiant į vietines sąlygas bei numatomas apkrovas. Daugiausia yra naudojami nesurištieji mišiniai 0/4, 0/5, 0/8 ir 0/11. III–VI (prireikus ir aukštesnės) dangos konstrukcijos klasių eismo zonų pagal taisykles KPT SDK 07 kaip pasluoksnio medžiaga naudojami nesurištieji medžiagų mišiniai turi atitikti techninių reikalavimų aprašo TRA TRINKELĖS 14 4, 5 ir 6 lentelių 1 eilutės reikalavimus. Tais atvejais, kai šioms eismo zonoms bus naudojama pasluoksnio medžiaga, kuri atitinka tik techninių reikalavimų aprašo TRA TRINKELĖS 14 4, 5 ir 6 lentelių 2 eilutės reikalavimus, mineralinių medžiagų frakcijos ar nesurištieji medžiagų mišiniai 2/5, 2/8 arba 2/11 kaip pasluoksnio medžiaga eismo zonoms, kuriose leidžiamas transporto eismas, neturi būti naudojami. III–IV dangos konstrukcijos klasių eismo zonų pagal taisykles KPT SDK 07 kaip pasluoksnio medžiaga naudojami nesurištieji medžiagų mišiniai iš mineralinių medžiagų, kurių aptakumo koeficientas turi atitikti E_{CS35} kategoriją pagal techninių reikalavimų aprašo TRA TRINKELĖS 14 VII skyriaus II skirsnio nurodymus. Pasluoksnio

medžiaga sutankintoje būklėje turi būti pakankamai pralaidi vandeniui ir neturi įsiskverbti į pagrindo sluoksnį. Dėl šios priežasties pagrindo sluoksnio be rišiklių ir pasluoksnio medžiagų granulimetrinės sudėtys turi būti taip suderintos tarpusavyje, kad būtų užtikrintas tinkamas filtravimo stabilumas viena kitos atžvilgiu. Sutankintos būklės pasluoksnio storis turi būti nuo 3 cm iki 5 cm. Naudojant statybos produktus, kurių gaminimo storis ≥ 120 mm, pasluoksnio storis gali būti nuo 4 cm iki 6 cm. Kaip pasluoksnio medžiaga yra naudojami nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai 0/4, 0/5, 0/8. Naudojant statybos produktus, kurių gaminimo storis ≥ 120 mm, o pasluoksnio storis didesnis negu 4 cm, kaip pasluoksnio medžiaga yra naudojamas nesurištasis mineralinių medžiagų mišinys 0/11. Pasluoksnio medžiaga turi būti vienalytiškai permaišyta ir vienalytiškai sudrėkinta reikiamu vandens kiekiu, kuris užtikrina geras klojimo ir sutankinimo sąlygas. Pasluoksnio paskirtis yra nesideformuojant transporto eismo apkrovas paskirstyti ir perduoti į žemiau esantį pagrindo sluoksnį bei išlyginti trinkelės storio nuokrypius. Pasluoksnio medžiaga klojama didesniu storiu. Šis didesnis storis priklauso nuo pasluoksnio medžiagos ir jos drėgnio klojimo metu, taip pat nuo trinkelės tipo ir dydžio. Naudojant šabloną pasluoksnis išlyginamas reikiamu profiliu.

Siūlėms reikia naudoti medžiagą, kuria, viena vertus, būtų lengva užpilti siūles. Tačiau, kita vertus, kuri būtų kuo atsparesnė išsiurbimui iš siūlių. Siūlių užpilo medžiaga taip pat turi būti parenkama atsižvelgiant į vietines sąlygas bei laukiamas apkrovas. Daugiausia yra naudojami nesurištieji mineralinių medžiagų mišiniai 0/4, 0/5, 0/8 ir 0/11. Naudojant sujungiamas trinkeles ir/arba klojimo šablonus, kaip siūlių užpilo medžiagą, gali būti tikslinga naudoti nesurištąjį mineralinių medžiagų mišinį 0/2. Šiuo atveju išbiros per 1 mm akučių sietą turi sudaryti 40–70 masės %. Aptrupėjusio ir skelto paviršiaus dalelių procentas pagal techninių reikalavimų aprašo TRA MIN 07 6 priedo 9.6 punktą turi atitikti C_{90/3} kategoriją. Siūlių užpilo ir pasluoksnio medžiagų granulimetrinės sudėtys turi būti taip suderintos tarpusavyje, kad būtų užtikrintas tinkamas filtravimo stabilumas viena kitos atžvilgiu. Siūlių užpilo viršutinio sieto akučių dydis D gali būti tik vienu dydžiu mažesnis nei pasluoksnio viršutinio sieto akučių dydis D. Tačiau viršutinio sieto akučių dydžiai 4 mm ir 5,6 (5) mm laikomi vienu dydžiu. Jeigu yra numatytas galutinis siūlių užsandarinimas tada naudojama 0/2 frakcijos mineralinė medžiaga, kuri neprivalo atitikti techninių reikalavimų aprašo TRA TRINKELĖS 14 reikalavimų. Visiškai siūlių užsandarinimui labai tinka mineralinės medžiagos su dideliu mineralinių dulkių kiekiu. Kai trinkelės dangą veikia papildomi poveikiai (pvz., transporto priemonių stabdymas ir greitėjimas, vanduo, degalai ar tepimo alyvos) gali būti tikslinga siūles užsandarinti bituminiais siūlių sandarikliais. Tai užtikrintų dangos atsparumą atitinkamoms apkrovoms.

Pasluoksnio ir siūlių užpilo skiediniai turi būti tokios sudėties ir gaminami bei naudojami taip, kad jų savybės paklotoje dangoje būtų reikiamos kokybės. Ypač yra svarbu užtikrinti tinkamą sukibimo tempiamąjį stiprį tarp trinkelės ir pasluoksnio bei siūlių užpilo.

Sukibimo tempiamojo stiprio rodikliams įtakos, be kitų veiksnių, turi oro ir įrengimo sąlygos, trinkelų rūšis, geometrija ir paviršiaus struktūra bei skiedinio sudėtis. Trinkelų kontaktiniai paviršiai prieš jas klojant turi būti švarūs. Pirminis trinkelų paruošimas, kai trinkelės apačia apdorojama specialia medžiaga (sukibimo tilteliu), padeda pagerinti sukibimo tempiamąjį stiprį tarp trinkelės ir pasluoksnio bei siūlių užpilo, ir dėl to yra labai rekomenduotinas. Prieš apdorojant specialia medžiaga (sukibimo tilteliu), kontaktiniai trinkelų paviršiai turi būti švarūs. Trinkelų surišiose dangose neišvengiamai gali atsirasti mikroplyšių ir per juos į konstrukciją skverbti vanduo. Todėl pasluoksnis ir pagrindo sluoksniai turi būti pakankamai ir vienodai pralaidūs vandeniui. Sutankintos būsenos pagrindo sluoksnių pralaidumas vandeniui turėtų būti suderintas su posluoksnio pralaidumu vandeniui. Siekiant, kad po trinkelų surištaja danga būtų suformuotas standus, plastinėms deformacijoms atsparus posluoksnis, jį reikia įrengti iš pagrindo sluoksnio su rišikliais. Atsižvelgiant į tai, kad visų surišųjų sluoksnių (pagrindo sluoksnio, pasluoksnio, trinkelų su siūlių užpilu) plėtimosi ir tamprumo modulio charakteristikos yra skirtingos, konstrukcijoje neišvengiamai susidaro vidinių įtempių. Siekiant užtikrinti, kad šie vidiniai įtempiai netaptų defektų susidarymo priežastimi, reikia naudoti tinkamų charakteristikų statybines medžiagas ir tinkamo stiprio surišimo sistemas. Projektavimo taisyklėse KPT SDK 07 numatyti šie trinkelų surištosios dangos standartizuoti įrengimo būdai:

- su asfalto pagrindo sluoksniu (vandeniui pralaidžiu) ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio;
- su asfalto pagrindo sluoksniu (vandeniui pralaidžiu) ant žvyro ar skaldos pagrindo sluoksnio ir apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio;
- su drenuojančiu betono pagrindo sluoksniu ant apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio.

Eismo zonose, kuriose numatomas sunkiojo transporto eismas, nepriklausomai nuo projektinės apkrovos A skaičiavimų, rekomenduojama parinkti III dangos konstrukcijos klasę ir taikyti šios konstrukcijos klasės reikalavimus sluoksnių storiams ir laikomajai gebai. Eismo zonose, kuriose nenumatomas sunkiojo transporto eismas, arba kuriose numatomas tik pėsčiųjų ir/ar dviratininkų eismas, rekomenduojama parinkti žemesnę dangos konstrukcijos klasę ir taikyti mažesnius reikalavimus sluoksnių storiams ir laikomajai gebai. Tačiau bet kuriuo atveju dangos konstrukcijos klasė turi būti ne žemesnė negu VI pagal taisyklės KPT SDK 07. Ant pagrindo sluoksnių be rišiklių (pvz., skaldos pagrindo sluoksnio ar žvyro pagrindo sluoksnio) galima įrengti tik nesurištąjį trinkelų dangą. Ant pagrindo sluoksnių su rišikliais galima įrengti ir nesurištąjį trinkelų dangą. Pagrindo sluoksnių paviršiaus nuolydis turi būti toks pat kaip ir trinkelų dangos paviršiaus nuolydis. Sutankintos būklės surištojo pasluoksnio storis turėtų būti ne mažesnis negu 4 cm ir ne didesnis negu 5 cm. Tai taip pat taikoma ir vandens nuleidimo įrenginių pasluoksniui.

Sutankintos būklės nesurištojo pasluoksnio storis turėtų būti ne mažesnis negu 3 cm ir ne didesnis negu 6 cm. Tai taip pat taikoma ir vandens nuleidimo įrenginių pasluoksniui.

Trinkelų storis parenkamas atsižvelgiant į projektinę transporto eismo apkrovą. Trinkelės, kurių gaminimo storis yra mažesnis negu 45 mm, neturėtų būti naudojamos. Eismo zonose, kur leidžiamas transporto priemonių eismas, trinkelų gaminimo storis turi būti ne mažesnis negu 60 mm. Eismo zonose, kur leidžiamas sunkiųjų transporto priemonių eismas, trinkelų gaminimo storis turi būti ne mažesnis negu 80 mm, o rekomenduojamas – 100 mm. O, jeigu šias eismo zonas dar veikia ir ypatingosios apkrovos, tai trinkelų gaminimo storis turi būti ne mažesnis negu 120 mm. Betoninės trinkelės turi atitikti standarto LST EN 1338 ir techninių reikalavimų aprašo TRA TRINKELĖS 14 VIII skyriaus reikalavimus. Jų visuminis ilgis (gaminimo matmuo) neturėtų viršyti 320 mm. Šis nurodymas negalioja papildomoms detalėms (trinkelėms). Trinkelių dangos turi būti valomos atsargiai. Valant mechaniniu būdu, rekomenduojama nenaudoti vakuuminių įrenginių. Vakuuminius valymo įrenginius galima naudoti tik praėjus 1 metams po dangos įrengimo.

Besiribojančios susijusios eismo zonos turėtų būti įrengtos iš kuo vienesnio trinkelų gaminimo storio. Galimai susidarantys trinkelų storio skirtumai gali būti išlyginami pasluoksniu, jeigu laikomasi jo storio rekomendacijų. Tinkamas vandens nuleidimas nuo eismo zonų paviršiaus yra labai svarbus siekiant užtikrinti trinkelų dangų ilgalaikiškumą. Į darbo projektą visada turi būti įtraukta vandens nuleidimo vertikaliojo planiravimo dalis. Jeigu neįmanoma išlaikyti trinkelų dangų minimalaus nuolydžio (pvz., dėl kritinių aukščio taškų), reikia užtikrinti, kad vanduo būtų tinkamai nuleidžiamas įstrižiniu nuolydžiu (susidarančiu iš skersinio ir išilginio nuolydžių). Tam reikia formuoti tinkamas vandens nuleidimo plokštumas. Trinkelių nesurištųjų dangų deformacijos, kurios sąlygoja vandens susikaupimą, turi būti nedelsiant pašalintos. Nepriklausomai nuo trinkelų formos ir dydžio, jungiamasis poveikis atsiranda tik naudojant tinkamą siūlių užpilo medžiagą ir tada, kai siūlės yra visiškai užpildytos. Trinkelių nesurištosioms dangoms labai tinka klojimo šablonai ir jungimas, kai išilginės ir skersinės siūlės yra išsidėsčiusios įstrižai važiavimo kryptiai. Nelabai tinkami yra tokie klojimo šablonai, kai ištisinės išilginės siūlės yra išsidėsčiusios lygiagrečiai važiavimo kryptiai. Kai trinkelės yra vienodo storio ir turi jungiamuosius elementus, gaunama tvaresnė konstrukcija, ypač, kai veikia horizontaliosios apkrovos. Trinkelių dangos turi būti įrengiamos tarp bordiūrų (apvadų) ar kitų standžiai įtvirtintų elementų. Jie turi būti įrengiami ir įrengiant trinkelų dangų prijungtis prie kito tipo dangų (pvz., prie asfalto dangų ar prie trinkelų nesurištųjų dangų). Trinkelių surištosios dangos turi būti įrengiamos su deformacinėmis siūlėmis. Jų funkcija – sumažinti trinkelų dangose dėl temperatūrų skirtumo susidarančius įtempius. Naudojant betonines trinkeles jų mechaninės savybės pvz., plėtimosi ir traukimosi savybės, turi derėti su surištųjų pasluoksnio ir siūlių užpilo savybėmis. Drenuojančio betono pagrindo sluoksnyje prieš jį užklojant trinkelę danga neturi būti vidinių įtempių. Vidinius įtempius galima pašalinti šiame pagrindo sluoksnyje atliekant įpjovas arba panaudojant kitas tinkamas priemones. Jeigu atliekamos

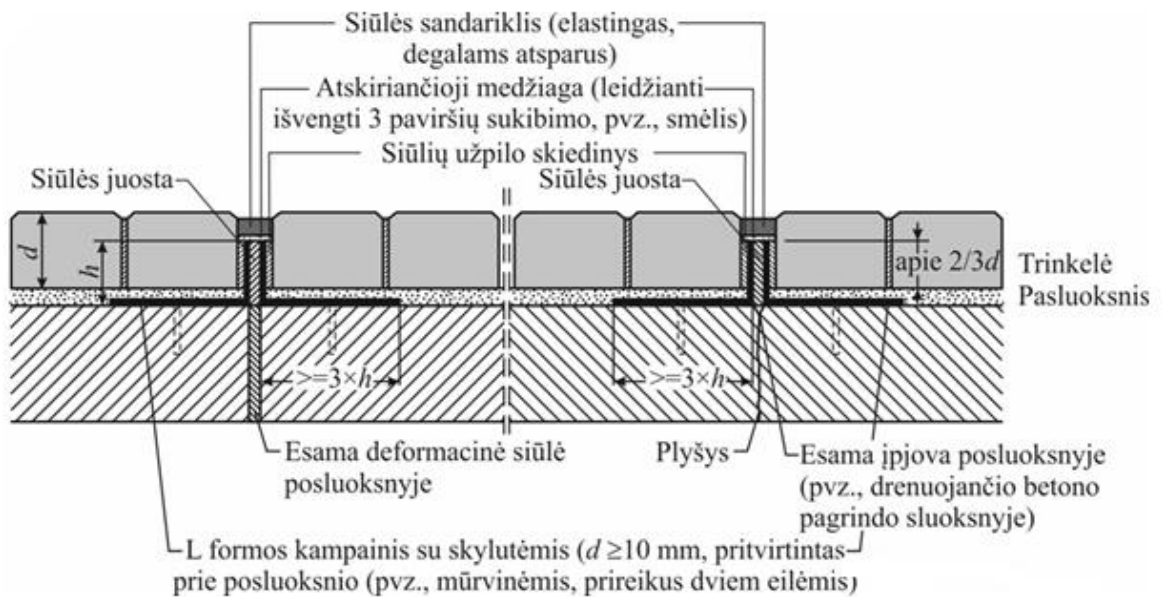
įpjovos, tai jas tikslinga derinti ir skersai, ir išilgai su trinkelių dangos siūlių tinklu. Įpjovų vieta drenuojančio betono sluoksnyje nurodo būsimos deformacinės siūlės vietą trinkelių dangoj. Reikėtų vengti kloti atskiriančiąją geotekstilę ant surištųjų dangų drenuojančio betono pagrindo sluoksniu ir vandeniui pralaidaus asfalto pagrindo sluoksniu, nes ši priemonė gali sumažinti pagrindo sluoksnių ir pasluoksniu sukibimą bei visos dangos konstrukcijos laikomąją gebą ir atsparumą deformacijoms.



8 pav. Trinkelės dangos klojimo mašina

Trinkelės klojamos tinkamu aukščiu jas įkalant, kad būtų įtvirtintos savo galutinėje padėtyje. Trinkelės po paklojimo taisyti (išimti) negalima. Ši nuostata galioja ir apdorotoms specialia medžiaga (sukibimo tilteliu) ir šia medžiaga neapdorotoms trinkelėms. Klojant turi būti atsižvelgiama į nesutankintos būsenos pasluoksniu skiedinio nusėdimo lygį. Pasluoksniu skiedinys daugiausia turėtų pakilti iki 1/3 trinkelės storio. Į pasluoksniu skiedinį paklotų trinkelės pritankinti negalima. Be to, kol bus pasiektas pakankamas pasluoksniu skiedinio stipris, jų negalima veikti transporto eismo apkrova. Specialistų, atliekančių siūlių užpylimą, vaikščiojimas yra leidžiamas, tačiau ne anksčiau negu praėjus maždaug 24–48 valandoms. Esant nepalankioms oro sąlygoms gali būti reikalingas ilgesnis laikotarpis. Kol trinkelės dangų siūlės neužpildytos, jas reikia saugoti nuo teršalų patekimo ir neigiamo oro sąlygų poveikio. Skersinės ir išilginės siūlės turi būti išdėstytos tolygiai ir taisyklingai. Trinkelės padėtis tinkamais atstumais turi būti tikrinama naudojant valą ar kampainį. Betoninės trinkelės paprastai klojamos ant taisyklingai paruošto pasluoksniu. Taip pat trinkelės ant neišlyginto pasluoksniu gali būti klojamos alternatyviu būdu naudojant mentę ir plaką. Tokiu atveju dirbama ant pasluoksniu. Taikant tokį klojimo būdą

turi būti labai kreipiamas dėmesys į tai, kad trinkelės būtų išdėstytos visame plote ir įtvirtinamos plaktu (8 pav.). Taip įrengta trinkelė dangą vėliau dar papildomai pritankinama. Trinkelės turi būti įtvirtintos ne mažiau kaip trečdalį ir ne daugiau kaip pusę savo storio. Siūlių užpilo skiedinio konsistencija turi būti tokia, kad būtų galima visiškai užpildyti siūles. Prieš užpilant siūles, reikia patikrinti, ar trinkelės gerai įtvirtintos pasluoksnyje. Laisvos trinkelės turi būti pakartotinai įtvirtintos panaudojant tinkamą skiedinį. Neužpildytas siūlių gylis turi sudaryti mažiausiai $2/3$ trinkelės storio. Prieš užpildant siūles, iš jų išvalomos dulkės ir nesurištos dalelės. Likęs siūlių tarpas pilnai užpilamas siūlių užpilo skiediniu, kartu surišant ir sustiprinant pakilusį ir nesutankintą pasluoksnio skiedinį. Naudojant trinkeles su nupjautomis ar užapvalintomis briaunomis, siūlių tarpas turi būti užpilamas tik iki apatinio nupjautos ar užapvalintos briaunos krašto. Kol siūlių skiedinys pasieks pakankamą stiprį, trinkelė ir plytelių dangą kiek įmanoma turi būti saugoma nuo statyb vietės, pėsčiųjų ir transporto priemonių eismo. Esant žemesnei temperatūrai turi būti atsižvelgiama į ilgesnį siūlių užpilo skiedinio kietėjimo laiką. Užpylus siūles ir prieš pradedant pritankinimą trinkelė dangą turi būti švariai nušluota. Trinkeles, kurios turi specialų paviršių (pvz., spalvotą, keraminį), ir visų rūšių plokštes reikia saugoti ir naudoti specialias sintetines medžiagas po tankinimo plokšte. Tankinimo plokščių ar kitų mechanizmų darbinis svoris turi derėti su trinkelės storiu ir posluoksnio savybėmis (pvz., laikomąja geba).

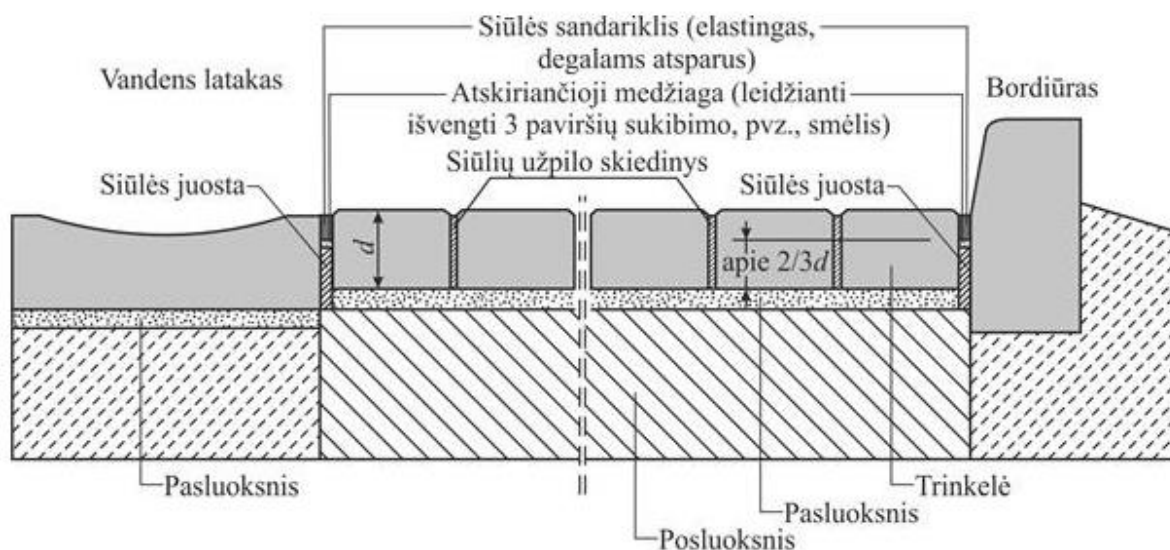


9 pav. Trinkelės surištosios dangos, kuria leidžiamas transporto eismas, deformacinės siūlės įrengimo pavyzdys ant pagrindo deformacinės siūlės ar įpjovos

Deformacinės siūlės trinkelės surištosiose dangose turėtų būti įrengiamos viena nuo kitos atstumu nuo 4 m iki 6 m skersine ir išilgine kryptimi. Taip pat deformacinės siūlės turėtų būti įrengiamos ir prie kelio (gatvės), eismo zonos įrenginių. Įrengus deformacinės siūles yra išvengiama

plyšių arba sumažinamas jų kiekis. Deformacinės siūlės įrengiamos ant esamų pagrindo sluoksnio deformacinių siūlių arba ant betono pagrindo sluoksnio įpjovų. Deformacinės siūlės įrengimo tipas priklauso nuo laukiamų (projektinių) apkrovų. Trinkelių dangose, kuriomis leidžiamas transporto eismas, deformacinės siūlės rekomenduojama įrengti pagal 9 paveikslą pavyzdį.

Kampainio tvirtinimui skylės gali būti pragręžiamos arba perforuojamos. Horizontalusis kampainio plotis turi būti ne mažesnis negu $3 \times h$ (h – aukštis) ir ne mažesnis negu 200 mm. Kampainio aukštis turi būti parinktas toks, kad sumontuotoje būklėje paremtų 2/3 trinkelės aukščio. Siekiant išvengti dangos nusidažymo dėl susidariusių rūdžių, kampainiai turi būti pakankamai atsparūs korozijai. Deformacinės siūlės turėtų būti įrengiamos ir prie pastatų pamatų bei įtvirtintų kelio (gatvės), eismo zonos įrenginių (pvz., inžinerinių tinklų apžiūros šulinių, vandens nuleidimo šulinėlių). Šiais atvejais rekomenduojama įrengti deformacines siūles pagal 10 paveikslą pavyzdį visose trinkelės dangose, nepriklausomai nuo veikiančių eismo apkrovų tipo.



10 pav. Trinkelių ir plokščių surištosios dangos deformacinės siūlės įrengimo prie įtvirtintų kelio ar eismo zonos įrenginių pavyzdys

Trinkelės surištosios dangos, jas įrengus, turi būti saugomos, kol pasluoksnio ir siūlių užpilo skiediniai įgis pakankamą stiprį. Šiuo laikotarpiu jos turi būti apsaugotos nuo bet kokių apkrovų. Tai taip pat taikoma ir statyb vietės personalo vaikščiojimui ir technologinio transporto važinėjimui. Eismo ribojimo trukmė labiausiai priklauso nuo oro sąlygų įrengimo metu, pasirinktų pasluoksnio ir siūlių užpilo skiedinio rūšies. Patirtis rodo, kad daugiausia defektų trinkelės dangose atsiranda dėl panaudotų medžiagų netinkamų savybių ir nepakankamo jungiamojo stiprio dangoje. Ypatinę reikšmę siekiant užtikrinti dangos ilgalaikiškumą ir išvengti defektų atsiradimo turi sukibimo tempiamasis stipris tarp trinkelės ir pasluoksnio bei siūlių užpilo. Todėl rekomenduojama (pvz., didelių dangos įrengimo apimčių atveju) statybos sutartyje numatyti baigtos dangos sukibimo tempiamojo stiprio kontrolę ir darbų priėmimui nustatyti šio stiprio minimalią vertę. Užbaigtos trinkelės dangos sukibimo tempiamasis stipris mažiausiai turi būti $0,8 \text{ N/mm}^2$.

surištuoju siūlių užpilu. Ypatingais atvejais, kai naudojamos sujungiamos trinkelės ir tinkama skvarbi siūlių užpilo medžiaga, galima siūlės plotį sumažinti iki 5 mm. Deformacinės siūlės įrengiamos ne rečiau kaip kas 12 m. Deformacinės siūlės įrengiamos kartu ir pamate bei atsparoje. Deformacinių siūlių plotis turi būti ne mažesnis negu 8 mm ir ne didesnis negu 15 mm. Jos užpildomos bitumine sandariklio mase (sandarikliu).

Nuolatinė trinkelėlių dangų priežiūra pailgina jų naudojimo laikotarpį. Mažiausiai kartą per metus turi būti atliekamas apžiūrinimasis vertinimas, kad atsiradę defektai būtų pastebėti kuo anksčiau. Draudžiama naudoti chemines medžiagas, kurių sudėtyje yra sulfatų, rūgščių ir kitų komponentų, sukeliančių betono koroziją (12-13 pav.). Dangų priežiūrai naudojamų priemonių sudėtyje betonui kenksmingų cheminių medžiagų kiekiai neturi viršyti standarto LST EN 206-1 4.1 punkte ir 2 lentelėje nurodytų verčių. Siūlės su defektais turi būti kuo greičiau taisomos. Tokiu atveju siūlės užpilo medžiaga išpjaunama mažiausiai 5 cm gyliu ir vėl užpildoma nauju siūlių užpilo skiediniu. Deformacinės siūlės, kuriose atsirado defektų, taip pat kuo skubiau taisomos. Trinkelės, kuriose atsirado defektų ir kurios kelia pavojų eismo saugumui ar dėl to gali sutrumpėti dangos naudojimo laikotarpis, turi būti kuo skubiau pakeičiamos. Surištos trinkelėlių dangos priežiūros ir valomos naudojant įprastą gatvių (kelių) valymo įrangą ir mechanizmus, o prireikus ir aukšto slėgio valymo sistemomis. Trinkelėlių dangos turi būti valomos atsargiai ir užtikrinant, kad nebūtų prarandama siūlių užpilo medžiaga. Valant mechaniniu būdu, rekomenduojama nenaudoti vakuuminių įrenginių. Vakuuminius valymo įrenginius galima naudoti tik praėjus 1 metams po dangos įrengimo. Prarasta siūlių užpilo medžiaga turi būti nedelsiant pakeičiama. Trinkelėlių nesurištų dangų deformacijos, kurios sąlygoja vandens susikaupimą, turi būti nedelsiant pašalintos. Panaudotų statybos produktų ir atliktų darbų kokybė turi ypatingą reikšmę trinkelėlių surištųjų dangų eksploatacinėms charakteristikoms per projekcinį laikotarpį.



12-13 pav. Sulfatų, rūgščių ir ar kitų komponentų, sukelta betono korozija

Centrinio Klaipėdos keleivinių ir krovinių terminalo betoninių trinkelėlių dangoje ir gelžbetoninių plokščių dangoje neišvengta betono korozijos atveju dėl netinkamos eksploatacijos, naudojamų valymo priemonių veikiant atmosferiniams poveikiams.

III. ESAMOS DANGOS BŪKLĖS VERTINIMO ANALIZĖ

Tiriamajame objekte nustatytos daugybinės trinkelio dangos pažaidos. Jos užfiksuotos ir jų vietos pateiktos pažaidų plane (1 priedas). Terminalo teritorijoje gausu plyšių (susitraukimo, šlyties), deformacijų (banguotumas, slinktys, dangos sėdimas, iškilos, dangos suirimas ir lukštenimasis). Plyšiai gali būti išilginiai, skersiniai, įstrižiniai arba jų tinklas (14-17 pav.).



14 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



15 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



16 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



17 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos

Būdingos jų atsiradimo priežastys trinkelio dangos sluoksnių vertikalusis arba horizontalusis judėjimas, šių sluoksnių plėtimasis ir susitraukimas, veikiant temperatūriniais svyravimams, ir drėgmės pokyčiai. Dažniausios deformacijų atsiradimo priežastys esti silpnas žemės pagrindas, kai vykstant transporto eismui tankėja arba juda žemės pagrindas. Tai prielaida deformacijoms atsirasti. Deformacijų yra įvairių formų. Kad būtų priimtas teisingas sprendimas, kartu su kitais defektais turi būti nustatytos deformacijos, jų tipai ir priežastys. Remonto būdai įvairūs – nuo senos dangos paviršiaus išlyginimo iki visiško dangos sluoksnio pašalinimo ir pakeitimo nauja medžiaga (Rimkus, 1994, 105 p.). Krovos aikštelių dangoje matyti iškylų (18-19 pav.)m kurias sunku užfiksuoti plika akimi, tačiau judant transportui (su kroviniu ir be jo) juntamas trinkelio dangos ne standumas.



18 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



19 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos

Dėl žemės sankasos ar kelio arba konstrukcijų elementų poslinkio vertikalia kryptimi ar nestabilių dangos sluoksnių. Tai būdinga vietose kur dažniau stabdoma, mažo spindulio posūkiuose arba dėl transporto bėkulo vertikaliojo svyravimo. Dar viena gausi pažaidų grupė suirimas (žr. 20-23 pav.). Trinkelių danga subyrėjo į smulkius gabalėlius. Šio proceso nesustabdžius pradinėje stadijoje danga suyra ir toliau galima duobių atsivėrimo tikimybė. Trinkelių dangos sėdimai krovos aikštelių teritorijoje daroma prielaida atsirado dėl didesnės nei numatyta apkrovos arba klojimo darbų kokybės pažeidimų. Tam įtakos gali turėti ir aukštai esantys gruntiniai vandenys, bei netinkamas pagrindo sutankinimas.



20 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



21 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



22 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos



23 pav. Uosto krovos aikštelių pažaidos

Sunkiųjų krovinių transporto priemonių skaičiaus didėjimas turi įtakos plastinių liekamųjų deformacijų atsiradimui – tai sudaro palankias sąlygas kelių dangoje formotis vėžėms, bangoms ir slinktimis (Petkevičius, 2012, 108 p.). Tyrimo eigoje užfiksuota, kad terminalo teritorijoje tokių pažaidų paveiktos trinkelės dangos vietos buvo pakeistos nauja betoninių trinkelės danga, siekiant išvengti ilgalaikių liekamųjų deformacijų atsiradimo priežasčių pagrindo konstrukcijoje.

Konstrukcijos atsparumas yra pagrindinis jo eksploatacinis rodiklis. Nuo jo priklauso eismo sąlygos, remonto išlaidos ir eksploataavimo trukmė (Rimkus, 2004, 24 p.). Dangos atsparumo charakteristikos vykdant monitoringą uosto teritorijoje nuolat buvo stebimos. Labai svarbu, kad danga, nuolat veikiamą apkrovų, kuo mažiau deformuotųsi, kad apsaugotų po ja esančius konstrukcinius sluoksnius. Tačiau, nuolat veikiant įvairiems atmosferiniams, gruntiniams veiksniams ir transporto priemonių apkrovoms, visiškai išvengti deformacijų nepavyko. Esamą dangą buvo imta keisti, norint išvengti visiškos dangos konstrukcijos suirimo. Pastebėta pokyčių ir nukrypimų nuo projektinių sprendimų, tokių kaip netinkamai parinktas pagrindas, grubūs pažeidimai atliekant statybų darbus. Apkrovoms didėjant ar blogėjant sąlygoms, atsirado liekamųjų deformacijų. Kai apkrovos kartojasi, dėl jų suminio poveikio įvairūs defektai, plyšiai, ištrupėjimai, duobės konstrukcijoje gilėja.

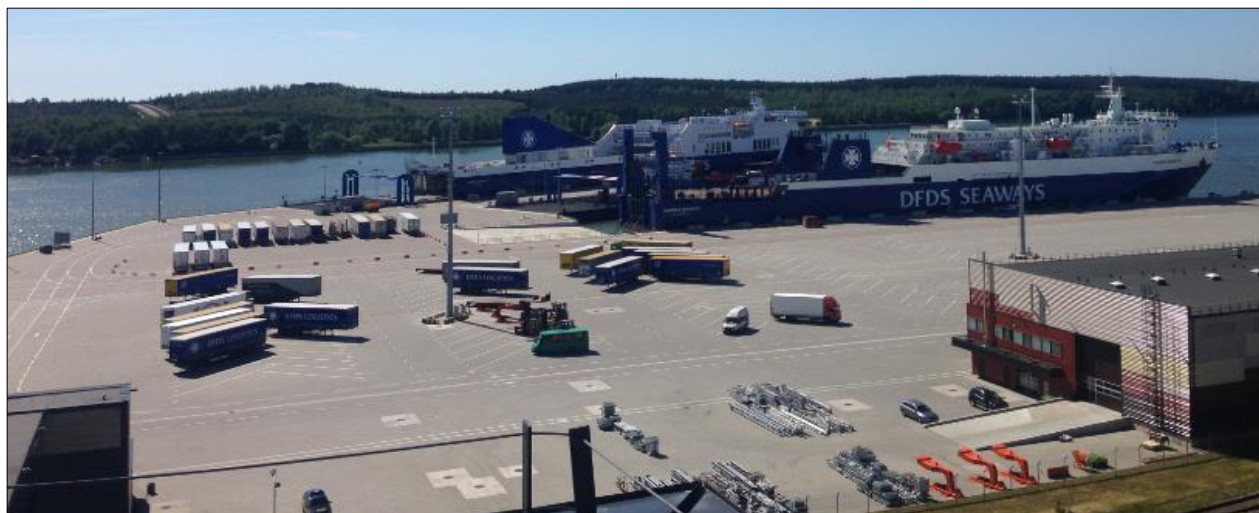
3.1 Konstrukciniai dangos parinkimo sprendiniai

Naujame moderniame ro-pax terminale prie naujų dviejų pirsų krantinių priimami ro-ro laivai. Krantinėse yra reguliuojamos hidraulinės rampos, keleiviams aptarnauti sukurtas naujas jūrų stoties kompleksas. Priimami ro-ro, ro-pax, con-ro, kruiziniai ir kiti laivai. Yra galimybė sandėliuoti ratinę techniką ir kitus krovinius atvira ir uždara sandėlyje.

Uostų krovos aikštelės bei keliai tai statiniai pagal STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ skyriaus III „Pagrindinės sąvokos“ priskirtinas p. 5.21. uosto infrastruktūrai – hidrotechninių ir inžinerinių įrenginių ir statinių, navigacinių statinių, taip pat kelių bei privažiuojamųjų geležinkelio kelių kompleksas ir p. 5.22. uosto suprastruktūrai – laivų krovos statinių ir įrenginių kompleksas ir kiti statiniai bei įrenginiai, nepriskirti uosto infrastruktūrai. Klaipėdos Pirmoje dalyje išanalizavau ir aptariau terminale esančių uosto krovos aikštelių bei kelių dangos parinkimo ir įrengimo technologijas. Pateikiau išsamią analizę geodezinių metodų, panaudotų uosto krovos aikštelių dangos monitoringui atlikti.

Tiriamajame darbe siekiau ne tik fiksuoti ir analizuoti esamą situaciją, stebėti uosto krovos aikštelių ir kelių kaitą eksploatacijos eigoje, tyrimams panaudojant naujausius geodezinius prietaisus bei metodus. Labai svarbi darbo dalis buvo įsigilinti į turimas žinias ir panaudojus turimą informaciją (techninius darbo projektus ir kt.) pateikti esamos būklės vertinimą ir padaryti išvadas, kurios leistų pateikti rekomendacijas tolimesnių veiksmų eigai, sprendžiant uosto krovinių aikštelių ir kelių įrengimo, remonto ar rekonstrukcijos klausimus ateityje.

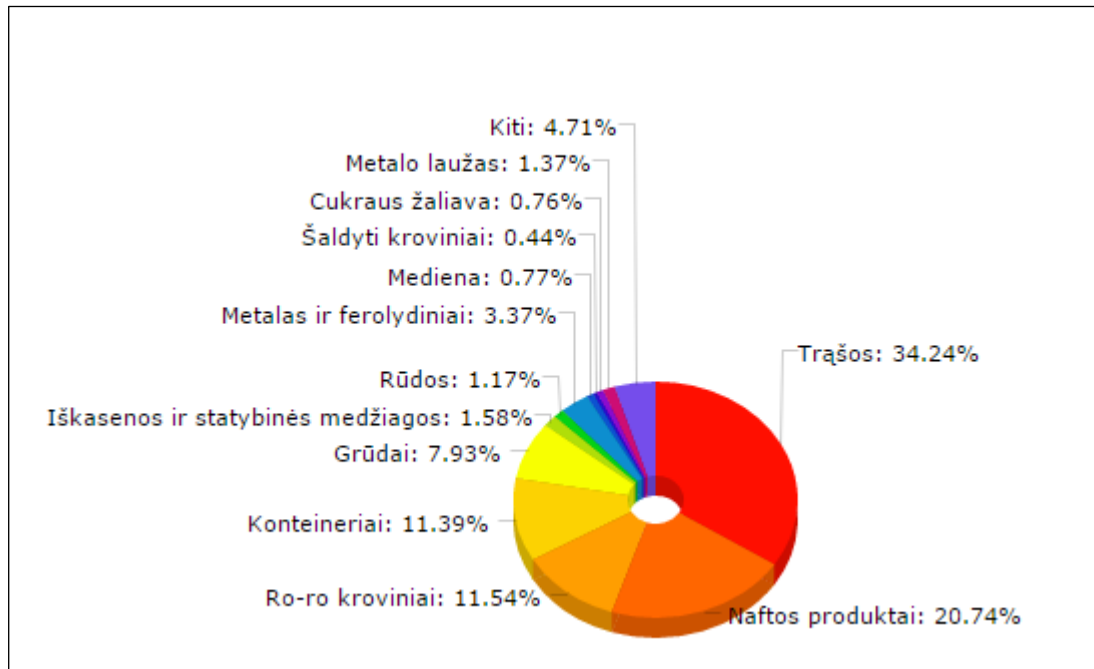
Centrinio Klaipėdos terminalo darbų apimtys pagal jų pateiktą statistiką, 2015 metų duomenimis, krovinių pervežimai išaugo 5,8 proc. Taigi uosto krovos aikštelės bei keliai, kurių eksploatacinis amžius dar tik prasidėjo, jau patiria didžiules apkrovas, kurios įtakoja įtempimus, deformacijas dangoje, ko pasekoja dangoje atsiranda reikšmingos pažaidos, plyšiai, fiksuojami gruntų pakitimai. Terminalas šiuo metu ne tik aptarnauja keleivinio tipo laivus, tačiau perkrauna, sandėliuoja ir perveža daugiau kaip 38,51 mln. t skirtingų tipo krovinių: metalas, mediena, iškaskenos, statybinės medžiagos, grūdai, trašos, cukraus žaliava, konteineriai, rūdos, šaldyti kroviniai, ratinės transporto priemonės ir kt. (24 pav.).



24 pav. Uosto krovos aikštelė

Atviro tipo sandėliavimo aikštutės bei keliai specifinėje aplinkoje, kaip uosto ar oro uostas teritorijoje, sunkiai suvokiami kaip statiniai. Tačiau labai svarbu pabrėžti, kad tai ne tik

inžineriniai statiniai, tačiau jiems galioja lygiai tie patys reikalavimai, tiek poveikiams ir apkrovoms, tiek panaudojamų medžiagų specifikacijoms kaip negyvenamosios paskirties statinių, pavyzdžiui tokių kaip sandėliavimo paskirties pastatai. Uoste pramoninėse sandėliavimo aikštelėse vyksta intensyvus darbas transportuojant, sandėliuojant bei perkilnojant sunkiasvorius ir gabarinius konteinerius sunkiasvore technika.



25 pav. Centrinio Klaipėdos uosto krovinių struktūra 2015 m

Rengiant techninius darbo projektus uosto krovos aikštelių įrengimui, keliams būtina apskaičiuoti veikiančių grindinių statinių bei dinaminių apkrovų sandėliuojant, perkilnojant bei transportuojant sunkiasvorius gabarinius metalinius krovinius kiekius. Terminalo teritorijoje šie konteineriai statomi tiesiogiai ant grindinio dangos be jokių paklotų, amortizuojančių dinaminį smūgį, keturiomis metalinėmis atramomis, nuo kurių denginį paveikia sutelktosios jėgos. Atramos į grindinį atsiremia ne vienu momentu dėl grindinyje suformuotų nuolydžių, žmogiškojo faktoriaus įtakos, techninių įrangos galimybių. Vertinti būtina koks sukimo momentas veiks grindinio elementus, važinėjant bei pasisukant juo sunkiasvorei technikai (su kroviniu ir be krovinio), transportuojant sunkiasvorius gabarinius konteinerius (Syš ir kt., 2011, 13-14 p.).

Uosto krovos aikštelių dangos parinkimui ir įrengimui labai svarbu kompleksiškai ir visapusiškai įvertinti fizikines-mechanines gruntų savybes, kurios leisti nustatyti ir užtikrinti patikimą statybos aikštelės inžinerinių-geologinių sąlygų įvertinimą. Labai svarbu teisingai įvertinti realius procesus ir reiškinius, vykstančius gruntuose, esančiuose natūralioje būklėje, o taip pat tuos pakitimus, kurie juose vyks eksploatuojant statinius. Gruntinių pagrindų patikimumo didinimas sprendžiamas tobulinant esamus ir kuriant naujus metodus bei įtaisys bandyti statybines gruntų savybes arba ieškant naujų modelių ir būdų jiems skaičiuoti. Grunto stiprumo savybėms nustatyti

taikomi lauko metodai – šlytis kasiniuose ir gręžiniuose bei sukamais kirpimas. Taip pat laboratoriniai metodai – kirpimas prietaisuose ir gniuždymas triašiuose įtaisuose. Grunto deformacinės ir stiprumo savybės galima gauti pagal praktikoje taikomą statinio ir dinaminio zondavimo tyrimų rezultatus. Lauko ir laboratorinių metodų taikymo santykis priklauso nuo inžinerinių-geologinių tyrimų kompleksą sudarančių tikslų ir uždavinių keliamų projektuojamų statinių charakteristikos, statybos aikštelės inžinerinių-geologinių ir hidrogeologinių sąlygų sudėtingumo bei jų atlikimo techninių galimybių. Lietuvoje teritorijų gruntų statybinės savybės ištirtos pakankamai detalai. Kompleksinių tyrimų dėka nustatytos statybinės gruntų savybės laboratorinėmis ir natūraliomis slūgsojimo sąlygomis bei statinių pagrindų deformacijos.

Uosto teritorijoje esančio sklypo paviršių dengia technogeninis gruntas. Gruntu vadinama bet kokia uoliena, kuri yra pagrindas, aplinka arba medžiaga visų rūšių inžineriniams statiniams. Gruntų sudėties ir sandaros dėsniumai glaudžiai susiję su jų kilmės sąlygomis. Kilmė sudaro klasifikacijos pagrindą. Visi gruntai skirstomi į natūralius – magminiai, nuosėdiniai ir metamorfiniai bei technogeninius – sutankinti, sustiprinti, piltiniai ir plautiniai. Technogeniniams uoliniams gruntams priskiriami visi bet kokios kilmės gamtiniai gruntai bei specialiai sustiprinti medžiagomis, leidžiančiomis sudaryti standžius ryšius. Neuolinių technogeninių gruntų klasei priklauso necementuotos nuosėdinės uolienos, patyrusios specialų tankėjimą natūraliame slūgsojime, piltiniai, plautiniai gruntai, o taip pat kietosios buitinės ir pramoninės atliekos (Valiūnas, 2007, 5 p.). Kiekvienas statinys stovi ant gruntinio pagrindo. Dažniausiai pagrindą sudaro keli grunto tipai, o atskiru atveju – vieno tipo grubtas. Statinys ir pagrindas sudaro vieningą sistemą. Todėl pagrindai skaičiuojami pagal deformacijų ir laikomosios galios ribinius būvius (Šimkus, 1985, 4 p.). Tokie skaičiavimai turi būti išreikšti skaitine reikšme ir pateikti techniko projekto vienoje iš sudedamųjų dalių.

Pagrindo gruntų savybės, jų elgsena nuo statinio apkrovų lemia statinio stiprumą, pastovumą ir normalią eksploataciją (Valiūnas, 2007, 6 p.). Techninio projekto duomenis uosto teritorijoje supilto grunto sluoksnis aptinkamas didesnėje teritorijos dalyje ir slūgso nuo žemės paviršiaus iki 0,6 – 3,8 m gylio. Sudarytas iš smulkiagrūdžio smėlio, žvirgždo, statybinio laužo mišinio. Natūralaus smėlinio grunto sluoksnis išplitęs visoje teritorijoje ir guli po supiltu gruntu, t.y. 0,6 – 3,8 m gylyje arba tiesiog nuo pat žemės paviršiaus. Sluoksnio storis kinta nuo 4,4 iki 7,3 m. Jo padas yra pilkai melsvo priemolio, 5,6 – 9,7 m gylyje. Sudarytas iš įvairiagrūdžio smėlio, žvyro ir molingo žvyro tarp sluoksnių. Atskirose vietose, 5 - 7 m gylyje išplitęs kelių dešimčių centimetrų storio riedulingas tarp sluoksnis. Po smėlio grunto sluoksniu visoje teritorijoje slūgso pilkas su melsvu atspalviu priemolis. Jo kraigas yra 5,6 – 9,7 m gylyje. Pagal netiesioginius geologinius duomenis šio priemolio storis objekto teritorijoje siekia 15-23 m. Grunto mechaninė sudėtis paprastai rupesnė viršutinėje dalyje. Gilyn frakcinė sudėtis smulkėja, didėja molingumas. Priekrantinėje zonoje, 1,5 – 3 m gylio intervale gausu organinių nuosėdų (dumblo).

Uosto krovos aikštelių dangos elgseną (deformacijas) nuo apkrovų ir kitų poveikių tiesiogiai veikia gruntų savybės. K. Valiūno knygoje „Statybinės gruntų savybės“ aprašomos gruntų savybės, jų klasifikacija ir sudėtis. Gruntų klasifikacija yra privaloma visoms statybos proceso grandims: atliekant geologinius ir geotechninius tyrimus, projektuojant ir statant. Prieš teisingai parenkant uosto krovos aikštelių dangą būtų gerai išmanyti kokioms gruntų klasėms, grupėms, pogrupiams, tipams ar rūšims tinka vienokia ar kokia projektuojama danga. K. Valiūno knygoje „Statybinės gruntų savybės“ išskiriamos dvi gruntų grupės pagal susidarymo sąlygas: uoliniai ir neuoliniai. Gruntų sudėtis lemia jų fizikines ir mechanines savybes. Tad būtina žinoti kad gruntai pagal dalelių dydį d (mm) skirstomi:

- Rieduliai ($d > 200$);
- Gargždas ($60 < d \leq 200$);
- Žvirgždas ($2 < d \leq 60$);
- Smėlis ($0,06 < d \leq 2$);
- Dulkis ($0,002 \leq d \leq 0,06$);
- Molis ($d < 0,002$).

Žvirgžas, smėlis ir dulkis gali būti rupus, vidutinio rupumo ir smulkus. Gruntų struktūra ir tekstūra labiausiai turi įtakos gruntų savybėms, nuo kurių priklauso pagrindo deformacijos ir stiprumas. Gruntų struktūrą formuoja dalelių dydis, forma ir jų tarpusavio sąveika. Gruntų tekstūra glaudžiai susijusi su jų susidarymu ir priklauso nuo dalelių kaupimosi sąlygų. Jūriniai smėliai, sutankinti štorminių bangų poveikiu, turi žymiai didesnę tankį, kai pavyzdžiui aliuviniai (upių). Ypatinę reikšmę turi molinių gruntų tekstūra, nuo kurios labai priklauso šių gruntų tankis ir stiprumas. Grunto tekstūrą lemia jos formavimosi sąlygos ir geologinis amžius, kurio metu gruntas patyrė įvairius pakitimus. Svarbu suvokti, kad gruntų deformacijas ir stiprumą lemia ryšiai tarp dalelių ir jų junginių, kitaip dar vadinami struktūriniais ryšiais. Pagal savo prigimtį ir stiprumą jie labai įvairūs. Didžiulę reikšmę deformacijoms turi tai, kad kai kurie ryšiai lengvai suyra esant įvairiems gruntų poveikiams statybos eigoje ir eksploatuojant statinius. Tai savo ruožtu lemia staigų pagrindų stiprumo ir laikomosios galios sumažėjimą, bei sukelia neleistinas statiniams deformacijas. Uosto krovos aikštelės skirtos specialiam transportui, tokiam kaip sunkusis lėtaeigis transportas, bei generalinių krovinių sandėliavimui. Šių aikštelių danga turi atlaikyti ne mažiau kaip 100 kN/m^2 bei 100 t į ašį apkrovas.

Pagal turimą išsamia gruntų analizę uosto krovos aikštelių teritorijoje, reikiamą informaciją apie gruntų granulimetrinę klasifikaciją (sudėtį) reikalingą gruntų analizei radau Lietuvos standarte LST 1445:1996. Grunto granulimetrinė sudėtis yra viena iš svarbiausių jo charakteristikų, parodanti grunto struktūros nevienodumą. Pagal stiprumą išskiriamos penkios gruntų grupės: labai silpni, silpni, vidutinio stiprumo, stiprus, labai stiprus. Teisingai norint įvertinti gruntus būtina suvokti, kad gruntų sudėti sudaro trys komponentės: kieta, skysta dujinė (26 pav.).

Visos trys komponentės būna pastovioje sąveikoje, kuri suaktyvėja statybos rezultate. Statinių įtakos zonoje, t.y. palyginti nedideliuose gyliuose, gruntus paprastai sudaro visos trys komponentės vienu metu. Dideliuose gyliuose ir kai kuriomis ypatingomis sąlygomis gruntas gali būti sudarytas iš dviejų ar net vienos komponentės (amžinojo įšalo zona). Kietų dalelių, sudarytų iš mineralinės medžiagos, visuma sudaro grunto skeletą. Vanduo ir dujos kaip vientisa terpė būna pasiskirsčiusi porose ir plyšeliuose tarp dalelių.

Dujos				
Skystis				
Kietosios dalelės	1	2	3	4

26 pav. Grunto sudėtis:

1 – inertiniai mineralai; 2 – tirpieji mineralai;
3 – moliniai mineralai; 4 – organinė medžiaga; * - biota.

Grunto negalime nagrinėti kaip mechaninės sistemos, sudarytos iš kietos, skystos ir dujinės medžiagos su kiekvienos dedamosios fiksuotomis nepriklausomomis savybėmis. Grunto kaip sistemos savybėms didelę įtaką turi mineralinė ir cheminė medžiagos sudėtis bei biologiškai aktyvios dedamosios buvimas. Statybininkams ypatingai įdomi ryšių prigimtis taip vadinamuose struktūriškai nepastoviuose gruntuose. Šiuose gruntuose ryšiai tarp dalelių lengvai suardomi tipiškais statyboms poveikiais. Iš esmės galiu konstatuoti kad gruntų savybės priklauso nuo juos sudarančių komponentių sudėties, būklės ir sąveikos (Valiūnas, 2007, 12 p.). To pasekoje grunto savybės nulemia statinio elgsena, jo stiprumą, pastovumą, normalią eksploataciją.

Kiekvieno konkretaus grunto įvertinimui naudojama visa eilė fizikinių charakteristikų. Gruntų sudėties, struktūros ir būklės įvairovė neišvengiamai reikalauja didelio skaičiaus šių charakteristinių rodiklių. Kai kurie iš jų tiesiogiai naudojami pagrindų skaičiavimuose, kiti – gruntų klasifikacijai. Vienų charakteristikų kiekybiniai rodikliai nustatomi bandymų duomenimis, dažniausiai tiriant grunto bandinius, kitų – skaičiuojant pagal bandymų rodiklių reikšmes. Tokiu būdu gautų grunto pagrindo charakteristikų atitikimas jo būklei yra viena svarbiausių inžinerinių prognozių tikslumo sąlygų. Todėl bandinių paėmimas grunto charakteristikoms nustatyti, jų pakavimas ir transportavimas atliekamas taip, kad pilnai išsaugoti grunto būklę natūraliomis

slūgsojimo sąlygomis. Bandinių paėmimo, pakavimo ir transportavimo taisyklės, o taip pat jų fizinių charakteristikų nustatymo metodikas reglamentuoja standartai. Gruntų klasifikacija leidžia ne tikrai apibūdinti duotą gruntą, t.y. jį išskirti iš kitų gruntų įvairovės, bet ir dažnai nustatyti jo stiprumo ir deformacijos charakteristikų orientacines reikšmes. Iš tikrųjų, gruntų stiprumas ir deformacijos turi tiesioginį ryšį su jų fizikinėmis savybėmis ir būkle. Pavyzdžiui, smėlinio arba molinio grunto poringumo (poringumo koeficiento) padidėjimas esant kitoms vienodoms sąlygoms būtinai sukels jo stiprumo mažėjimą ir deformacijos didėjimą. Atitinkamai molinio grunto drėgnio konsistencijos rodiklio padidėjimas esant kitoms vienodoms sąlygoms taip pat turi įtakos jo stiprumo sumažėjimui deformacijos didėjimui. Taigi daroma išvada, kad ryšių nustatymas tarp gruntų fizikinių ir mechaninių charakteristikų yra tikslingas ir tokie skaičiavimai turi būti atlikti ir įvertinti prie ruošiant gruntus būsimų statinių įrengimui. Uosto krovos aikštelių dangas veikia taškinės apkrovos dėl to atliekant gruntų analizę labai svarbu teisingai įvertinti laikomosios galios charakteristikas, kurios išreiškiamos per grunto pagrindo skaičiuojamąjį stiprumą R , kuris apytikriai leidžia įvertinti slėgimą į duota gruntą po pamato padu, kurio plotis 1 m ir įgilinimas 2 m. Statybinės normos leidžia priimti pamatų pradinius matmenis pagal šį dydį. Be to, dydžio R reikšmė įvairiems sluoksniams, esant sudėtingam slūgsojimui, leidžia tyrinėjimų ankstyvoje stadijoje, nustatius tik fizikinės gruntų charakteristikas, atlikti jų laikomosios galios apytikslį palyginamąjį vertinimą (Valiūnas, 2007, 4-38 p.). Tokie skaičiavimai būtų tikslingesni vertinant ir mechanines gruntų savybes.

Deformacijoms skaičiuoti, gruntų masyvų ir pagrindų stiprumui bei pastovumui įvertinti būtina žinoti mechanines gruntų savybių charakteristikas. Mechaninėmis gruntų savybėmis suprantamas jų gebėjimas priešintis tūrio ir formos kitimui jėgų bei fizikinių veiksnių įtakoje. Šių savybių charakteristikos skirtingos įvairių rūšių ir būklės gruntams, o taip pat priklauso nuo veikiančių įtempimų. Iki ribinės pagal stiprumą įtempių būklėje mechaninių savybių charakteristikos vadinamos deformacinėmis, kadangi jos nustato grunto gebėjimą priešintis deformacijų vystymuisi. Ribinėje pagal stiprumą būklėje šios charakteristikos vadinamos stipruminėmis ir nustato grunto gebėjimą priešintis irimui. Pagaliau grunto masės atveju jo deformavimosi ir irimo procesams esminės įtakos turi vandens išspaudimo iš porų greitis, todėl būtina nagrinėti dar iki grunto filtracinės charakteristikas. Mechaninės gruntų savybės priklauso nuo jų sudėties (mineralinės ir granuliometrinės), fizikinės būklės (drėgnio, tankio, temperatūros) ir struktūrinių ypatumų, sąlygojamų fizikinės-geografinėmis susidarymo sąlygomis bei vėlesnio gruntų kitimo. Kiekvienos statybos aikštelės gruntai formavosi ilgalaikėje trukmėje, patyrė įvairius gamtos ar žmogaus veiklos poveikius. Todėl mechaninės jų savybių charakteristikos negali būti parinktos priklausomai nuo fizinės sudėties ir būklės, o būtinai nustatytos bandymais. Taip pat būtinas reikalavimas yra įtempimų-deformavimo būklės ir bandomo grunto deformavimo sąlygų atitikimas toms, kurios bus pagrinde arba statinyje. Tai pasiekama parenkant atitinkamas bandymų

schemas ir tyrimų atlikimo režimus. Projektuojant uosto krovinių aikštelių dangas lauko bandymų atlikimas yra privalomas kartu su laboratoriniais.

Uosto teritorijoje, sklypo dalyje tarp esamo geležinkelio ir krantinės, atliktus grunto tyrimus, nustčius sudėtis, tekstūrą, fizikines ir mechanines savybės įrengta krovininio transporto aikštelė grysta betoninėmis trinkelėmis, bei vietose, kur numatytas sunkiojo transporto apsisukimas (posūkiai) įrengti monolitinės betono dangos ruožai. Pagal paskaičiavimus, kurie atlikti techninio projekto metu, buvo nustatyti tikslūs uosto krovos aikštelių dangos sluoksniai, jų storiai ir medžiagos (2 lentelė) (žr. Priedas Nr. 2).

2 lentelė. Uosto krovos aikštelių dangų sluoksniai

Pozicijos eilės Nr.	Pavadinimas ir techninės charakteristikos
1	„3“ APKROVŲ GRUPĖ (12t į ašį)
1.1	Betoninės trinkelės (200x100x100), 10cm
1.2	Granito atsijų pasluoksnis iš 0/5 mišinio, 3cm
1.3	Pagrindo sluoksnis iš 0/56 granitinės skaldos mišinio, EV2>150MPa, 25cm
1.4	Apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis iš 0/32 mišinio, EV2>120MPa, 37cm
1.5	Geotinklas Secugrid 80/80 Q1 (4,75x100m), >80/80 kN/m (dengiamas paviršius)
1.6	Neaustinė geotekstilė Tiptex BS16 (4,5x100m), >160g/m ² (dengiamas paviršius)
1.7	Paruošta žemės sankasa EV2>35MPa
2	PĖSČIŲJŲ TAKAI
2.1	Betoninės trinkelės (200x100x60), 6cm
2.2	Dolomitinės skaldos atsijų pasluoksnis 3cm
2.3	Žvyro arba skaldos pagrindo pasluoksnis 15 cm
2.4	Šalčiui atsparus smėlio pasluoksnis EV2>80MPa, 30cm
2.5	Sutankintas gruntas EV2>45MPa
3	„S“ FORMOS G/B PLOKŠTĖ (100t į ašį)
3.1	G/b plokštė (dengiamas paviršius; konkrečius kiekius žr. SK dalyje), 30cm
3.2	Granito atsijų pasluoksnis iš 0/5 mišinio, 3cm
3.3	Pagrindo sluoksnis iš 0/56 granitinės skaldos mišinio, EV2>200MPa, 45cm
3.4	Geotinklas Secugrid 30/30 Q1 (4,75x100m), >30/30 kN/m (dengiamas paviršius)
3.5	Dolomito skaldos sluoksnis iš 0/56 mišinio, EV2>150MPa, 40cm
3.6	Apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis iš 0/32 mišinio, EV2>80MPa, 35cm
3.7	Geotinklas Secugrid 80/80 Q1 (4,75x100m), >80/80 kN/m (dengiamas

	paviršius)
3.8	Neaustinė geotekstilė Tiptex BS16 (4,5x100m), >160g/m~ (dengiamas paviršius)
3.9	Paruošta žemės sankasa EV2>22MPa
4	„S“ FORMOS G/B PLOKŠTĖ (12t į ašį)
4.1	G/b plokštė (dengiamas paviršius; konkrečius kiekius žr. SK dalyje), 25cm
4.2	Granito atsijų pasluoksnis iš 0/5 mišinio, 3cm
4.3	Pagrindo sluoksnis iš 0/56 granitinės skaldos mišinio, EV2>150 MPa, 25cm
4.4	Geotinklas Secugrid 80/80 Q1 (4,75x100m), >80/80 kN/m (dengiamas paviršius)
4.5	Neaustinė geotekstilė Tiptex BS16 (4,5x100m), >160g/m~ (dengiamas paviršius)
4.6	Paruošta žemės sankasa EV2>35 MPa
5	GEOTINKLA1 IR NEAUSTINE GEOTEKSTILĖ (šios medžiagos užleidžiamos >1 m už detalės pabaigos bei tarpusavyje perdengimas >0,3m)
4 5.1	VISO geotinklo Secugrid 80/80 Q1 (4,75x100m) apatiniame sklype, >80/80kN/m (po „1“, „2“ ir „3“ apkrovų grupių detalėmis)
5.2	VISO neaustinės geotekstilės Tiptex BS16 (4,5x100m) apatiniame sklype, >160g/m2 (po „1“, „2“ ir „3“ apkrovų grupių detalėmis)
5.3	VISO geotinklo Secugrid 30/30 Q1 (4,75x100m) apatiniame sklype, >30/30 kN/m (po „1“ ir „2“ apkrovų grupių detalėmis)

Uosto krovos aikštelių dangoje atsiradę plyšiai, duobės, įskylimai, nuotrupos (12-23 pav.) tai pasekmės apkrovų, kurios tiesiogiai veikia statinį gniuždant gruntą. Veikiant statinių perduodamoms apkrovoms pagrindo gruntai patiria dideles tūrines ir šlyties deformacijas. Tai sukelia žymius pagrindų paviršių ir tuo pačiu statinių vertikalius ir horizontalius poslinkius (sėdimus ir šlytį). Uosto krovos aikštelių pagrindą veiki tampriosios ir plastinės grunto deformacijos. Tampriosios deformacijos atsiranda grunte išlaikant jo struktūrinį skeletą ir ryšius, vyksta be kietųjų dalelių santykio poslinkio bei sąlygojamos tik grunto skeleto pačių dalelių ir porų vandens tampriu suspaudimu. Jos vystosi veikiant statinėms apkrovoms, neviršijančios grunto struktūrinio stiprumo, arba trumpalaikėms dinaminėms apkrovoms. Nuimant apkrovas (pamato duobės dugno nukrovimas ją iškasant), deformacijų atsiradimas (duobės dugno pakilimas) vyksta pagal tampriosios deformacijos dėsnį. Kai apkrovos viršija grunto struktūrinį stiprumą, ryšiai tarp dalelių, sudarančių skeletą, pradeda irti. Atsiranda plastinės deformacijos, kurias sukelia dalelių

santykinis persislinkimas. Plastinės deformacijos, kaip taisyklė, vystosi laike: kuo daugiau grunte yra molio dalelių, tuo lėčiau jame trunka plastinių deformacijų vystymosi procesas. Tai susiję su išspaudžiamo vandens greičio staigiu sumažėjimu pro molinio grunto porų siaurus kapiliarus, su sujungto vandens ypatingomis savybėmis, su pačių molio dalelių klamos priešinimusi santykiniam persislinkimui. Rupiuose ir vidutinio rupumo smėliuose bei gabaliniuose plastinių deformacijų vystymosi greitis keliomis eilėmis didesnis, kaip moliniuose gruntuose. Plastinės deformacijos gruntuose žymiai viršija tampriąsias. Plastines deformacijas galima suskirstyti į tūrinės ir šlyties. Tūrinės deformacijos sukelia porų tūrio kitimą grunte, t.y. jo tankėjimą, šlyties – jo pradinės formos pokytį ir gali sukelti grunto yrimą. Vandens prisotintuose gruntuose tūrinės deformacijos lydimos vandens išspaudimu iš grunto porų ir yra labai sudėtingos. Grunto deformacijos modulis yra svarbus jo deformacinių savybių rodiklis, apibūdinantis grunto tankėjimą apkraunant. Jis naudojamas skaičiuojant statinių ant gruntinių pagrindų sėdimus. Kai būtina nustatyti deformacijų atsistatymą dėl grunto nukrovimo, naudojamas tamprumo modulis, randamas pagal grunto tankio sumažėjimo arba santykinio tankio sumažėjimo koeficientų reikšmes.

Visoje teritorijoje prieš įrengiant uosto krovos aikštelių dangas nuimtas buvęs augalinis gruntas. Atvežtas ir supiltas paruoštas statybinis smėlingas gruntas, sutankintas iki $E_{v2} \geq 45$ MPa. Pagal technologinius sprendimus tinkami tankinimui gruntai turėjo būti purūs ir vidutinio tankumo smėliai, nepaisant jų drėgnumo, išskyrus vandeniui prisotintus dulkinčius smėlius, supiltuosius molinius gruntus, kurių drėgnumas yra mažesnis už plastiškumo drėgnumą t.y. $W < W_p$. Būtina žinoti, kad netinkami tankinti yra moliniai gruntai, kurių drėgnumas yra didesnis už plastiškumo drėgnumą, t.y. $W > W_p$. Sutankinimui panaudoti gruntai, esantys įšalo zonoje, yra tik smėliniai. Priimti ir panaudoti gruntai pagal LST 1331 standarto reikalavimus, t.y.:

- Viršutiniam progrindžio sluoksniui įrengti – šalčiui atsparus gruntas: ŽB, SB, SG, SP;
- Apatiniam sutankinto grunto sluoksniui įrengti – gruntai ŽD₀, ŽM₀, SD₀, ŽD, ŽM, SD, SM.

Viršutinis, šalčiui atsparus sluoksnis sutankintas, kad būtų pasiektas sutankinimo rodiklis $D_{pr} > 100$ %. (D_{pr} – Proktoro tankis LST 1360.2). Apatinio grunto sluoksnio sutankinimas buvo atliktas iki $D_{pr} > 97$ %, gruntams ŽD₀, ŽM₀, SD₀, o gruntams ŽD, ŽM, SD, SM – $D_{pr} > 99$ %.

Įrengiant uosto krovos aikštelių dangą panaudoti geosintetiniai gaminiai žemės sankasos įrengimui. Naudojami geosintetiniai gaminiai turi tenkinti jiems keliamus kokybės reikalavimus, bet labai svarbu įrengti laikantis geosintetinių gaminių naudojimo reikalavimų ir sąlygų nurodytų techniniame projekte arba LST EN 13249:2002 ir LST EN 13251:2002 ir kitų normatyvinių statybos techninių dokumentų. Labai svarbu užtikrinti, kad geosintetiniai būtų pagaminti iš tokių žaliavų, kurios nekenktų dirvožemiui, žemės sankasos gruntams ir vandenims, taip pat tenkintų ekologinius reikalavimus, kad vandenyje tirpūs arba išplaunami priedai, kurie buvo

vartojami gamybai, būtų nurodyti, bei jų priedai, rūšis ir kiekiai. Uosto teritorijoje leidžiami tik nekenksmingi priedai, kurie nurodomi gaminio pase ir gaminio kokybės sertifikatuose.

Pagal LST 1331 gruntai yra stambiagrūdžiai prie savokų:

- ŽB – blogai frakcionuotas žvyras;
- SB – blogai frakcionuotas smėlis;
- SG – gerai frakcionuotas smėlis;
- SP – periodinio frakcionuotumo smėlis;

Įvairiagrūdžiai gruntai:

- ŽD₀, ŽD – dulkingas žvyras;
- ŽM₀, ŽM – molingas žvyras;
- SD₀, SP – dulkingas smėlis;
- SM – molingas smėlis.

Uosto krovos aikštelių grindimą apima apatinį pagrindą, susmulkintą pagrindo sluoksnį, kelio bortus, šaligatvius. Dangų skersiniai ir išilginiai nuolydžiai buvo suformuoti pagal suprojektuotą dangų paviršių. Dangos pagrindas įrengtas lovyje. Žemės sankasos gruntą lovio dugne sutankinus iki 95-98 % tankumo (smėlingi gruntai). Gruntas po betono trinkelų danga sunkiojo transporto judėjimo vietose sutankintas iki CBR > 5 %. Grunto lovio planiravimas atliktas taip, kad tik 10 % patikrintų altitudžių skiriasi daugiau kaip 2 cm nuo suprojektuotų aukščių. Visi kiti skiriasi 1 cm ribose. Pagrindams ir dangoms – ne daugiau 10 % patikrintų altitudžių skiriasi 15-20 mm ribose nuo suprojektuotų, visos kitos – 10 mm ribose. Apatinis šalčiui atsparus pagrindas susideda iš vidutiniagrūdžio smėlio. Pagrindo storis - 38 cm. Apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis yra tokios struktūros ir paklotas taip kad eksploatacijos metu apsaugo dangos konstrukciją nuo šalčio iškylų. Apsauginis šalčiui atsparus sluoksnis parinktas iš ŽB, ŽP ir ŽG grupių žvyro ir smėlio mišinių (pagal LST 1331:2001). Filtracijos koeficientas 3 m/d. Sutankinimo rodiklis $D_{pr} \geq 103$ %, deformacijos modulis sunkiojo transporto judėjimo vietose $E_{v2} \geq 120$ MN/m², lengvųjų automobilių judėjimo zonoje - $E_{v2} \geq 100$ MN/m². Tankinant smėlis buvo sudrėkintas. Viršutinė 20 cm storio apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio dalis turi stambesnių kaip 2 mm dalelių nuo 30 % iki 75 % mišinio masės. Be to, stambesnių kaip 16 mm dalelių – apie 40 % ir smulkesnių kaip 0,06 mm apie 7 % mišinio masės.

Pagal atliktus matavimus aukščiai nėra nukrypę nuo projektinių aukščių daugiau kaip ±5 cm, skersiniai nuolydžiai - daugiau kaip ±0,5 %. Būtina paminėti, kad techniniame projekte numatyta uosto krovos aikštelių danga matuojant pagrindo sluoksnio lygumą plyšys po 4 metų (pereinamuoju laikotarpiu) ir 3 metrų ilgio linijoje, neturi būti didesnis kaip 3 cm. Taigi atlikti matavimai nėra labai tikslūs, vertinant tai kad uosto krovos danga, skirta tiek sunkiajam transportui judėti, tiek krovinių sandėliavimui ant roltreilerių arba rietuvėse jiems skirtose sandėliavimo aikštelėse dar nėra pilnai eksploatuojamos ir monitoringas atliktas ankstyvoje eksploatacijos

stadijoje, kada nėra pasiektos tikrosios galimos apkrovos ir poveikiai statiniui. Uosto dangos kiekvieno pakloto ir sutankinto sluoksnio storis, atsižvelgiant į mineralinę mišinių plačiųjų frakcijų stambiausius grūdėlius yra:

- 12 cm, kai stambiausi grūdėliai 32 mm;
- 15 cm, kai stambiausi grūdėliai 45 mm;
- 18 cm, kai stambiausi grūdėliai 56 mm;
- 20 cm, kai stambiausi grūdėliai 63 mm.

Pagal matavimus matyti, kad nuokrypis nuo suprojektuoto nesiekia daugiau kaip ± 10 cm. Pagrindui panaudoti 0/32, 0/45, 0/56 nesurištieji medžiagų mišiniai (dolomitinė skalda). Bazinio pagrindo deformacijos modulis sunkiojo transporto judėjimo vietose $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$, lengvųjų automobilių judėjimo zonoje $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$. Pagrindas įrengtas dviem sluoksniais. Bazinio pagrindo storis – 15 cm. Sklaidos sluoksnis subertas 30 % storesnis, nes jis tiek sutankėja. Prieš beriant skaldą, lovio briaunos sustiprintos, pastačius kelio bortus. Kiekvieno sutankinto sluoksnio mažiausias faktinis storis priklauso nuo mineralinių medžiagų mišinyje esančių stambiųjų grūdėlių dydžio, kurių yra:

- 12 cm, esant 0/32 mišiniui;
- 15 cm, esant 0/45 mišiniui;
- 18 cm, esant 0/56 mišiniui.

Įrengiant uosto krovos aikštelių danga būtina sąlyga pagrindo sluoksniams buvo pakloti taip kad būtų išlaikyti tikslūs projektiniai išilginiai ir skersiniai profiliai. Sluoksnių aukščiai nenukryptų nuo suprojektuotų daugiau kaip ± 5 cm, skersiniai nuolydžiai – daugiau kaip $\pm 0,5$ %. Atliekant matavimus po 4 metų pagrindo lygumos plyšys neturi būti didesnis kaip 2 cm. Faktinis sluoksnio storis (cm). Dangos konstrukcijos klasė sunkiojo transporto judėjimo vietose priimta III (pagal KPT SDK 07 22 lentelės 3 punktą), dangos pagrindo grunto jautris šalčiui tiksliai nežinomas, todėl priimtas F3, bendras minimalus dangos konstrukcijos storis 80 cm. Pagal techninio projekto duomenis storis dar padidintas 5 cm. Dangos konstrukcijų klasės lengvųjų automobilių judėjimo zonoje priimtas V (pagal KPT SDK 07 5 lentelės 1.2 punktą), dangos pagrindo grunto jautris šalčiui taip pat nežinomas ir priimtas už F3, bendras minimalus dangos konstrukcijos storis 65 cm. Sunkiojo transporto judėjimo zonoje, kuriose numatytos labai didelės apkrovos, siekiančio net iki 100 tonų į ašį, gruntas po krovinių betono trinkelų danga sutankintas iki $\text{CBR} > 5$ %. Betoninių trinkelų danga buvo paklota kai jau buvo įrengti bortai kaip tai aptarta anksčiau. Dangos pagrindui panaudotas skaldelės, atsijų, gamtinio smėlio, mineralinių miltelių granulimetrinės sudėties smėlis. Smėlio sluoksnis tolygiai užpiltas ir sutankintas, sutankinimo koeficientas 0,98.

Uosto krovos aikštelių dangos cementu surištam pagrindui panaudotas $C_{8/10}$ stambių ir smulkių akmenų mišinys su cementu, naudojant 40 % vandens ir cemento, naudojamo įprastam betonui. Charakteristinis kubo gniuždomasis stipris nustatytas daugiau kaip 10 MPa. Vietomis

panaudotas toks gruntas, kurio dalelių dydis 5-20 mm ir sustiprintas tokiu cemento ir vandens kiekiu, kad pasiektas analogiškas gniuždomasis stiprumas. Esamos temperatūrinės susitraukimo siūlės kas 6 m. Skaldos danga paklota iš granitinės skaldos, sutankinus ją iki 100 %. Deformacijos modulis $E_{v2} > 180 \text{ MN}$, danga 20 cm storio. Pagrindas įrengtas iš 35 cm sutankinto, šalčiui atsparaus smėlio sluoksnio. Apatiniam smėlio sluoksniui dalelių, smulkesnių kaip 0,063 mm nėra daugiau kaip 5 %.

Kelio bortai neatsiejama statinio dalis. Kelio bortai (BR 100.30.18) pakloti ant betono C16/20 klasės 20 cm storio, 35 cm pločio juostos. Kelio bortai įrengti tarp važiuojamosios ir žalio ploto arba šaligatvio. Posūkiuose panaudoti lenktieji gatvės bortai, kurių dėka išvengta kampuočių linijų ir gautas sklandus lankas. Užvažiavimuose ant šaligatvių panaudoti nuožulnūs kelio bortai GB3-22A.

Įrengiant uosto krovinių aikštelių dangą būtina teisingai paruošti ir atlikti dangos sankasos pagrindo armavimą. Ant nukasto išlyginto ir kiek įmanoma sulyginto pagrindo buvo paklota geotekstilė, virš jos – geotinklas. Virš šio sluoksnio įrengti betoninių trinkelų dangos konstrukcijos sluoksniai. Geotinklas dangos sankasos kraštuose buvo užinkaruotas 55 cm aukštyje nuo esamo žemės paviršiaus, užlenkus 1,50 m, bei iš anksto įtemptas. Geotinklas vienas su kitu perdengtas 50 cm. Geotekstilė viena su kita perdengtos 20 cm. Armuotuose šlaituose įrengtas lygus ir sutankintas apatinis sluoksnis. Geotekstilės juostos, armuojant dangų sankasos pagrindą buvo paklotas laukiamų tempimo jėgų kryptimi. Juostų perdangų pasislinkimas šia kryptimi neleistinas, išskyrus standžias sandūras, jei tai yra pagrįsta bandymais arba skaičiavimais. Šoninės perdangos reikalingos tada, kai armavimo juostos tuo pačiu atskiria ir sluoksnius. Geosintetiniai gaminiai per numatyta naudojimo laikotarpį turi išlikti patvarūs, veikiant gruntuose ir vandenyje esančioms medžiagoms bei mikrobams. Labai svarbu klojant geosintetinius gaminius juos apsaugoti nuo atmosferos poveikio. Gaminiai dažniausiai apsaugomi užpildant juos arba apželdinant. Įrengiant uosto krovos aikštelėse dangų konstrukcija su geotekstiliniais gaminiais ir geotinklais visi jie turi būti vienareikšmiškai ir vienodai paženklinėti. Gaminių žymėjimas turi atitikti LST EN ISO 10320:2003 reikalavimus. Kitu atveju gaminiai neatitinkantys tokių reikalavimų negali būti naudojami trinkelų dangos įrengimui. Lankstus geotinklas panaudotas uosto krovos aikštelių trinkelų dangos konstrukcijų įrengimui:

- Žaliava – propilenas;
- Mechaninis atsparumas tempimui $> 60 \text{ kN/m}$;
- Pailgėjimas $< 8 \%$;
- Atsparumas tempimui $> 2 \%$ pailgėjimo – 21 kN/m ;
- Atsparumas tempimui ne $> 5 \%$ pailgėjimo – 40 kN/m ;
- Akučių dydis – $29 \times 28 \text{ cm}$.

Įtempia gruntų masyvuose, atliekančiuose statinio pagrindo funkcijas, atsiranda veikiant išorinėms apkrovoms ir vidutinėms jėgoms. Įtempimų pasiskirstymas grunto storymėje priklauso nuo daugelio veiksnių, bet labiausiai nuo masyvo apkrovimo pobūdžio ir režimo, inžinerinių – geologinių ir hidrogeologinių statybos aikštelės ypatumų, gruntų sudėties ir fizinių – mechaninių savybių. Įtempimų susidarymas grunto storymėje, ją apkrovus, vyksta staigiai, o gali vystytis labai ilgai, nes tai susiję su deformacijų greičiu (Valiūnas, 2007, 5 p.). Skiriamos trys įtempimų rūšys grunte: kontaktiniai įtempimai, įtempimai nuo apkrovos, įtempimai nuo vidinių jėgų (Valiūnas, 2007, 6 p.). Uosto krovos aikštelių danga dažniausiai sukelia vertikalias ir taškines apkrovas. Įtempimų pasiskirstymo pobūdis trinkelio dangos konstrukcijoje priklauso nuo apkrovos ir įtempimus sukeliančių krovinių ar sunkiojo transporto standumo, formos, matmenų ir nuo pagrindo grunto standumo (paslankumo). Norint išvengti trinkelio dangos konstrukcijos deformacijų labai svarbu kad danga būtų įrengta ant absoliučiai standaus pamato. Standus pamatas, apkrautas tolygiai paskirsto apkrovas tolygiai ir sėda tolygiai, taip didėja tikimybė išvengti netolygaus grunto apkrovų pasiskirstymo.

Svarbią reikšmę sėdimų patikimumo prognozei įvertinti turi įrengtų statinių stebėjimai, kurie patogus ir tikslingi taikant geodezinius metodus, kuriais galima išmatuoti sėdimų didumą, palyginti su apskaičiuotais įvairiais metodais. Geodezinių metodų taikymas atliekant tiriamąjį – monitoringo darbą, praktikoje daug tiksliau ir pilniau atspindi statinio ir pagrindo sąveikos tikrąjį pobūdį ir ryšį.

Projektuojant tokio pobūdžio pramoninį statinį, kaip sunkiasvorių ir didelių gabaritų jūrinių konteinerių transportavimo, sandėliavimo, perkilnojimo aikšteles – būtina paskaičiuoti statines, dinamines apkrovas, sukimo momentus, kurie veiks grindinį atliekant technologines operacijas su konteineriais, įvertinti ribinius būvius ir atsargos koeficientus dėl nenumatytų galimų veiksnių su įranga ir technika, pasirinkti konteinerių sandėliavimo ir statymo ant grindinio technologiją. Po to įvertinus apskaičiuotas veikiančias apkrovas pagal pasirinktą technologiją, suprojektuoti grindinį, apskaičiuojant grindinio pagrindą (pagrindo sudedamąsias dalis, medžiagos naudotinas pagrindams, dangos konstrukciją, jos įrengimo būdą) (Syš ir kt., 2011, 13 p.).

Tiriamajame darbe analizuojama betoninių trinkelio dangos. Gaminys eksploatuojamas, jis veikiamas įvairių faktorių (atmosferos poveikio, mechaniniai veiksniai, fizikiniai veiksniai, cheminis poveikis), ko pasėkoje gaminio rodikliai priklausomai nuo tų poveikių dydžio ir intensyvumo atitinkamai mažėja (Syš ir kt., 2011, 22 p.). Vertinant betoninių trinkelio dangoje atsiradusias pažaidas, plyšius intensyviai eksploatuojant, paveiktas atmosferos, druskų ir kitokių cheminių poveikių, negali būti nagrinėjamos ir vertinamos geodeziniais metodais, jų kokybės atitiktis gali būti nustatoma tik tais laboratoriniais bandymais, taikant specialius metodus. Pažaidų tyrimams taikoma defektoskopijos tyrimų metodai ir įrangą. Geodeziniai prietaisai pritaikyti esamos būklės vertinimo, matavimų technologijai nagrinėti ir taikyti statybų pramonės srityse.

IV. UOSTO KROVOS AIKŠTELIŲ DANGOS MONITORINGOS GEODEZINIAIS METODAIS TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

4.1 Planų sudarymas

Šiuo metu sunku rasti žmogaus veiklos sritį, kur būtų galima apsieiti be geodezijos. Geodeziniai darbai siejasi su geologiniais, hidrologiniais, geofiziniais, geografiniais ir ekonominiais tyrimais. Ypač reikalingi geodeziniai tyrimai, statant ir eksploatuojant įvairius inžinerinius įrenginius. Geodezinių tyrimų metu sudarytas vietovės planas, profiliai yra svarbiausia informacija, projektuojant naujus ir rekonstruojant senus statinius bei organizuojant statybos darbus. Geodeziniai matavimai atliekami žemės paviršiuje, virš jos ir po žeme. Plačiai taikant praktikoje industrinius statybos metodus, geodezija tapo neatskiriama statybos organizavimo dalis. Norint parinkti tinkamiausias statinių eksploatavimo sąlygas, atliekami geodeziniai tyrinėjimai, nustatomos statinių deformacijos ir jų dinamika (Ražinskas, 1979, 11 p.). Matavimų duomenų pagalba parengiami įvairaus tipo planai su tiksline informaciją gauta iš geodezinių prietaisų.

Kaip teigiama J. Stepanovienės ir kt. (2011, 8 p.) knygoje viena geodezijos mokslo sričių – inžinerinė geodezija nagrinėja geodezinius darbus, kuriuos būtina atlikti tyrinėjant, projektuojant ir statant įvairius inžinerinius statinius, tiria statinių sėdimus ir deformacijas statybų metu ir juos eksploatuojant. Svarbiausi geodezijos uždaviniai – nustatyti Žemės formą ir dydį, jos gravitacinį lauką. Geodezijoje taip pat sprendžiami vertikalųjų ir horizontaliųjų Žemės plutos deformacijų, jūrų ir vandenynų krantų linijų, poslinkių, jūrų vandens lygių skirtumų, Žemės polių judėjimo ir kt. uždaviniai.

Topografija yra viena iš geodezijos mokslo šakų, nagrinėjanti Žemės paviršiaus matavimo metodus. Remiantis geodezinių matavimų duomenimis sudaromi planai, žemėlapiai. Tik turint teritorijos kartografinę medžiagą galima pradėti įvairius projektavimo darbus. Geodeziniais brėžiams sudaryti vietovės daiktai brėžinyje (plane) vaizduojami sutartiniais ženklais, kurie panašūs į vaizduojamus daiktus ir vietovės elementus. Sutartiniai ženklai, kurie naudojami topografiniams planams sudaryti yra naudojama vieningi visai Lietuvos Respublikai, todėl brėžinius lengviau „skaityti“ toliau darbus atliksiantiems projektuotojams ir inžinieriams. Sutartiniai ženklai skirstomi į mastelinius ir nemastelinius. Masteliniai vadinami tokie sutartiniai ženklai, kuriais vietovės elementai vaizduojami prisilaikant plano mastelio. Pagal planą galima nustatyti tokių vietovės kontūrų (statinių, naudmenų) matmenis. Jeigu vietovės daikto kontūriniu ženklu negalima atvaizduoti plano masteliu dėl jo mažų matmenų (keliai, medžiai, geodezinis taškas ir pan.), tuomet naudojamas nemastelinis sutartinis ženklas. Jie žymi objekto vietą, tačiau objekto kontūrų ir dydžio neišreiškia. Ženkloi papildomi užrašai ir skaičiais – aiškinamaisiais ženklais. Raidėmis ir skaičiais

nurodomi vaizduojamųjų objektų parametrai – upių gylis ir tėkmės greitis, tiltų plotis ir keliamoji galia, miško rūšis ir pan.

Topografinių darbų turinys sudarytas iš sutartinių ženklų visumos, kurie yra suskirstyti į temų grupes. Temų grupę sudaro tos pačios srities temos, kurios savo ruožtu susideda iš objektų pavadinimų. Naudojant skaitmenines technologijas topografiniams planams braižyti sutartiniai ženklai gali būti vaizduojami spalvotai:

- Vandens telkiniai – mėlyna;
- Augmenija – žalia;
- Reljefas - ruda,
- kita situacija – juoda;
- Inžineriniai tinklai vaizduojami tokiomis spalvomis:
 - Dujotiekis – mėlyna,
 - elektros tinklas – raudona,
 - buitinis ir ūkinis nuotėkų tinklas – ruda,
 - lietaus nuotėkų tinklas ir uždaras drenažas – ruda,
 - naftotiekis – juoda,
 - šilumotiekis – mėlyna,
 - vandentiekis – žalia.

Topografiniuose planuose žymimi visi valstybinio geodezinio tinklo punktai, vietinio geodezinio tinklo punktai ir topografinės nuotraukos pagrindo geodeziniai taškai, naudojami topografinėi nuotraukai atlikti vieningoje LKS-94 koordinacių sistemoje. LKS 94 sistemą sudaro erdvinių koordinacių sistema, normalusis gravitacijos laukas ir elipsoido parametrai bei plokštumų koordinacių sistema (Paršeliūnas, 2001, 85 p.) Taškų aukščiams skaičiuoti naudojamas nulinis paviršius. Lietuvoje naudojama Baltijos jūros lygio aukščių sistema, nuo kurios tiriamajame darbe ir buvo atlikti matavimai.

Topografiniuose planuose vaizduojamų aiškių kontūrų ir situacijos elementų vidutinė paklaida nuotraukos pagrindo taškų atžvilgiu neturi viršyti 0,5 mm, o miškingose teritorijose - 0,7 mm. Koordinuotų taškų ir pastatų (statinių) kampų, nutolusių vienas nuo kito ne daugiau kaip 50 m, ribinė tarpusavio padėties paklaida plane neturi viršyti 0,4 mm.

Vietovės reljefu vadinama fizinio Žemės paviršiaus nelygumu visuma. Pagal reljefo pobūdį vietovės skirstomos į kalnai, lygumos, žemumos, plokščiakalniai, kalvos, aukštumos, slėniai, griovos, daubos. Reljefas plokštumoje dažniausiai vaizduojamas horizontalėmis – tarp dviejų taškų su žinomais aukščiais randami papildomi taškai, per kuriuos turi eiti horizontalės (Stepanovienė ir kt. 2005, 83 p.). Jos gaunamos reljefo elementą tariamai kertant lygio paviršiais, lygiagrečiais su absoliučiuoju lygio paviršiumi (geoido). Atstumai tarp tų lygio paviršių turi būti vienodi (pav.). Vertikalusis atstumas tarp gretimų lygio paviršių vadinamas horizontalių laiptu (h).

Horizontalių laiptas gali būti 0,25, 0,5 ..., 10 m ir didesnis. Paprastai jis skaičiuojamas pagal formulę:

$$h = 0.2 \cdot M, mm. \quad (1)$$

M – mastelio vardiklis.

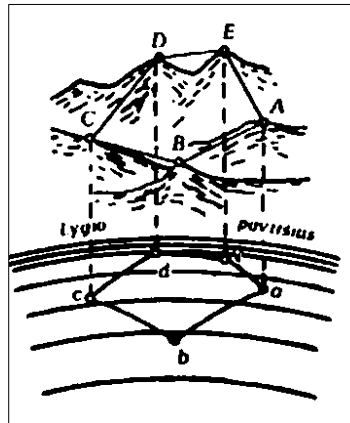
Mano darbe pasirinktas horizontalių laiptas lygus $h = 0.2 \cdot 500 = 100 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$. Nedideliame žemės plote lygio paviršius galima pakeisti horizontaliomis plokštumomis. Plokštumų susikirtimo su Žemės paviršiumi linija, ortogonaliai suprojektuota į plokštumą ir bus horizontalė.

Analizuojama uosto krovos aikštelių ir kelių teritorijos dalis priskiriama lygumų tipui. Vietovės reljefą reikia taip atvaizduoti plane, kad jis būtų vaizdas, kad būtų galima spręsti apie šlaitų kryptį bei jų statumą ir pagal planą nustatyti taškų aukštį. Stambių mastelių planuose reljefas vaizduojamas tik dviem būdais: užrašomos altitudės ir nubraižomos horizontalės (žr. Priedai Nr. 2,3). Statybinėje praktikoje naudojamas ir vienas, ir kitas būdas, t.y. vietovės reljefas vaizduojamas horizontalėmis, o altitudės, pagal kurias buvo nubrėžtos horizontalės, paliekamos. Horizontale vadinama uždara plano kreivė, kurios visi taškai vietovėje yra viename ir tame pačiame aukštyje jūros lygio paviršiaus atžvilgiu. Šlaito pobūdį nusako horizontalių laiptas, atstumas tarp horizontalių ir nuolydis.

4.2 Techniniai geodeziniai uždaviniai

Mokslinis techninis geodezijos uždavinys – išmatuoti ir atvaizduoti Žemės paviršių popieriuje žemėlapių ir planų pavidalu. Geodezija, kaip mokslas, skirstomas į visą eilę mokslinių disciplinų: aukštoji geodezija, topografija, kartografija, inžinerinė geodezija. Inžinerinė geodezija sprendžia su inžinerine statyba susijusius geodezinius uždavinius. Inžinerinėje geodezijoje nagrinėjami labai tikslūs unikalūs matavimai, taikant aero ir antžemyninės fotonuotraukos metodus ir priemones. Geodezijos vaidmuo ypač svarbus statybos srityje. Geodeziniai metodai ir duomenys reikalingi ruošiant statybos projektą ir perkelti jį į vietovę. Remiantis geodeziniais matavimais, tikrinama, kaip išlaikoma pastatų geometrinė schema ir paruošiami jų įvykdymo brėžiniai. Eksploatuojant pastatus, geodezinėmis priemonėmis stebimas jų sėdimas ir deformacijos. Taigi, geodeziniais darbais pradedamas ir lydimas projektavimas, o taip pat visos stadijos statybos procese, kuris užbaigiamas įvykdymo plano sudarymu, be kurio objekto negalima priimti eksploatacijai (Livanovas, 1971, 6 p.). Centriniam Klaipėdos keleivių ir krovinių terminale buvo atlikti sklypo aukščių matavimų planas, sklypo dangos planas, kurie panaudoti matavimų rezultatų lyginamajai analizei atlikti.

Žemės paviršius yra sudėtingas nelygumų – iškilimų ir įdubimų, labai įvairių dydžio ir formos atžvilgiu, kompleksas. Žemės paviršiui atvaizduoti taikomas horizontalių projekcijų metodas. Šio metodo esmė – fizinio Žemės paviršiaus taškais ABCDE (27 pav.) vertikaliomis linijomis projektuojami į lygio, t.y. į horizontalųjį paviršių. Lygio paviršiuje gauti taškai a, b, c, d ir e vadinami fizikinio Žemės paviršiaus taškų horizontaliomis projekcijomis. Nagrinėjant fizikinį Žemės paviršių, nustatoma taškų horizontalių projekcijų padėtis lygio paviršiuje ir surandami jų aukščiai virš šio paviršiaus (Aa, Bb ir t.t.) Žemės paviršiaus taškų horizontalių projekcijų padėtis nusakoma bet kurios priimtose sistemos koordinatėmis. Lietuvoje naudojama LKS – 94 koordinacių sistema. Geodezinės koordinatės apskaičiuojamos pasinaudojant Žemės paviršiuje atliktų matavimų rezultatais. Bet kurio taško padėtis plokštumoje apibūdinama koordinatėmis. Labai svarbu tinkamai organizuoti geodezinių darbų atlikimą planuojamoje statybvietėje, tinkamai parinkti eilę pagrindinių taškų, kurių koordinatės ir aukščiai nustatomi didžiausiu tikslumu. Didelės teritorijos atraminių taškų sudarymas apima pagrindinių geodezinių darbų kompleksą, į kurį įeina I, II, III ir IV klasės trianguliacija, poligometrija, trilateracija, niveliacija.



27 pav. Fizikinio žemės paviršiaus taškų projektavimas į horizontalųjį paviršių

Savo baigiamajame darbe pritaikiau ir panaudojau tris plačiausiai pataikomus geodezinius matavimo būdus, kurie leido įvertinti nagrinėjamo objekto t. y. Centrinio Klaipėdos keleivių ir krovinių terminalo krovos aikštelių ir kelių trinkelio dangos pokyčius eksploatavimo metu. Jų dėka nustatytos jautriausios (deformuotos) trinkelio dangos vietos, įvertinti ir išmatuoti aukščiai. Atliktas techninio projekto vertinimas nagrinėjant Lietuvos Respublikos teritorijoje taikomus normatyvinius dokumentus, bei mokslinę literatūrą.

4.2.1 Tacheometrinės nuotraukos sudarymas

Tacheometrinė nuotrauka – tai kombinuota nuotrauka, čia kartu nustatoma taško padėtis plane ir aukštis (Kosčiauskas ir kt., 1969, 169 p.). Planinė taško padėtis nustatoma poliniu būdu. Tacheometrinės nuotraukos matavimo būdas labai patogus esant tiek lygesnėms vietovėms

tiesiogiai reljefas įvairus, sudėtinga situacija ar nereikia didelio tikslumo (Variakojis, 1984, 158 p.). Tiriamąjį objektą teritorijoje tacheometrinė nuotrauka atlikta skaitmeniniu tacheometru. Labai svarbi tacheometrinės nuotraukos ypatybė yra tai, kad lauke tik matuojama, o planas sudaromas patalpoje. Duomenis perkėlus ir apdorojus programinę įrangą, gaunamas vietovės vaizdas su visais reikiama duomenimis. Tai leidžia sutrumpinti lauko darbų trukmę, tai ypač svarbu nepalankiomis atmosferos sąlygomis. Svarbiausi tacheometrinės nuotraukos technologiniai procesai šie:

- vietovės apžiūrėjimas, nuotraukos pagrindo taškų ženklavimas ir nuotraukos metodikos detalizavimas;
- nuotraukos pagrindo taškų koordinavimas ir jų altitudžių radimas;
- situacijos ir reljefo nuotrauka;
- plano sudarymas, braižymas ir dauginimas.

Šiame darbe svarbiausia buvo tiksliau išmatuoti vietovės aukščius nagrinėjamoje betoninių trinkelų dangos aikštelėje. Tam tikslui būtina labai tiksliai išmanyti geometrinio niveliavimo principą. Knygoje „Taikomoji geodezija“ (Vilnius mokslas 1979 p. 120) tiksliai išanalizuotas ir pateiktas principas geometrinio niveliavimo. Geometrinis niveliavimas – tai vienas iš tiksliausių ir inžinerinėje praktikoje labiausiai paplitusių metodų. Jis pagrįstas horizontalaus spindulio projektavimu į matuokles, pastatytas niveliavimo taškuose. Šiuo metodu aukščių skirtumai nustatomi keleto milimetrų tikslumu. Atliekant geodezinius matavimus ir turint vietovės tacheometrinius planus galima spęsti šiuos uždavinius:

- nustatyti taškų geodezines (elipsoidines) koordinates;
- nustatyti taškų stačiakampes koordinates;
- nustatyti linijų orientavimo kampus: direkcinis kampus, rumbus, tikruosius ir magnetinius azimutus;
- nustatyti taškų aukščius (altitudes);
- nustatyti linijų ilgius;
- nustatyti reljefo nuolydžius bei šlaitų statumą;
- sudaryti linijų išilginius profilius;
- apskaičiuoti sklypų plotus.

Kaip ir visuose matavimuose tiek ir atliekant geodezinius matavimus turi būti įvertintos ir galimos paklaidos, kurios kai kuriais atvejais labai reikšmingos. Matuojant fizikiniai dydžiai palyginami su dydžiu, kuris priimtas kaip matavimo vienetas. Gaunamos tik apytikslės fizikinių dydžių reikšmės, tikrosios jų reikšmės lieka nežinomos. Matavimų rezultatų nuokrypių nuo tikrųjų reikšmių priežastys gali būti labai įvairios: netobulas matavimo prietaisas, neracionali matavimo metodika, blogos matavimo sąlygos, nepatyręs matuotojas ir kt. (Tamutis ir kt. 1992, 72 p.). Geodezijoje ir statyboje dažniausiai matuojami ilgiai ir kampai t.y. dydžiai, nusakantys objekto

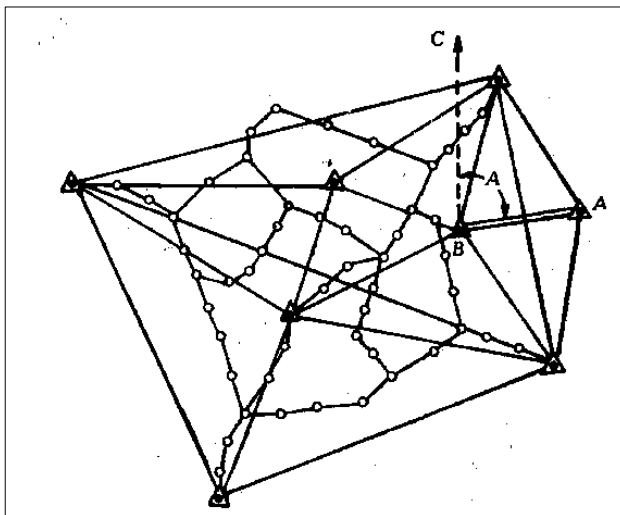
geometrinę formą. Bet kuris matavimas atliekamas su didesne ar mažesne paklaida. Taigi būtina įvertinti kad paklaidų dydžiai apibūdina matavimų tikslumą.

Sudarant planus, projektuojant, nužymint bei eksploatuojant inžinerinius statinius, būtina žinoti taškų aukščius virš pasirinkto lygio paviršiaus. Niveliuojant nustatomi vieno žemės paviršiaus taškų aukščių skirtumai kitų taškų atžvilgiu ir tada pagal žinomą pradinio taško aukštį – kitų taškų aukščiai nuo pasirinkto lygio paviršiaus (Stepanovienė, 2011, 96 p.).

Atlikus matavimus uosto krovos aikštelių ir kelių teritorijoje matavimų metu nustatyti aukščių skirtumai nuo projektinių skyrėsi nežymiai. Vertinant techniniame projekte pateiktus esamos būklės duomenis atlikus matavimus altitudės skyrėsi nuo 1-5 mm (žr. Priedai Nr. 2,3).

4.2.2 Trianguliacijos metodas

Trianguliacija vadinamas taškų, kurie yra Žemės paviršiuje sudarytų trikampių (28 pav.) viršūnės, planinės padėties nustatymo metodas. Trikampių viršūnės vietovėje yra paženklintos geodeziniais požeminiais centrais ir antžeminiais ženklais. Visi trikampių tinklo kampai matuojami iš anksto nustatyto tikslumu. Atsižvelgiant į teritorijos dydį ir eilę techninių sąlygų, matuojama viena ar kelios trikampių tinklo kraštinės (bazės). Visos likusios kraštinės apskaičiuojamos analogiškai. Inžinerinių darbų pagrindui sudaroma trianguliacinių tinklų trikampių kraštinių ilgis lygus 5-2 km. Savo tiriamajame objekte pasirinkau trianguliaciniam tinklui sudaryti trikampių kraštinių ilgį 50 m. Toks atstumas pasirinktas tikslingai įvertinant tai, kad būtų patogų grafiškai atvaizduoti plane.



28 pav. Trianguliacijos schema

Trianguliacijos metodą galima taikyti geodezinius ir topografinius darbus vykdant atskirai vienas nuo kito, nepriklausomuose sklypuose (teritorijose). O jeigu reikia šias teritorijas matavimus sutankinti ir sujungti į vieną visumą.

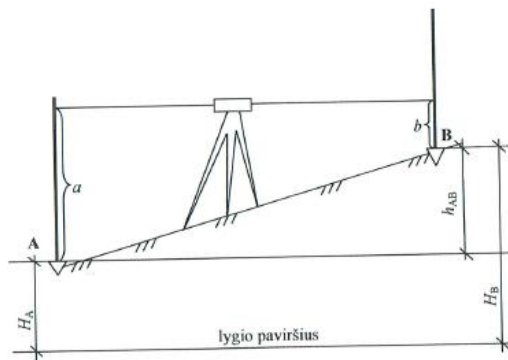
4.2.3 Geometrinis niveliavimas

Niveliuojant geometrinio metodu, horizontaliu vizavimo spinduliu tiesiogiai išmatuojamas aukščių skirtumas tarp taškų. Tai vienas labiausiai taikomų ir tiksliausių niveliavimo metodų. Niveliuojant geometriškai, nivelyras ir matuoklės vertikalios statomos ant taškų, tarp kurių reikia nustatyti aukščių skirtumus. Niveliavimas pagal tikslumą skirstomas į keturias klases (Stepanovienė ir kt., 2011, 97 p). Atliekant matavimus buvo taikomas 1 klasės niveliavimas, siekiant tiksliausių rezultatų.

Pagal nivelyro padėtį niveliuojamųjų taškų atžvilgiu yra du geometrinio niveliavimo būdai: niveliavimas pirmyn ir niveliavimas iš vidurio. Savo tiriamajame darbe matavimus atlikau niveliuojant iš vidurio. Niveliuojant iš vidurio nivelyras statomas tarp atgalinio taško A, kurio aukštis H_A žinomas ir priekinio taško B, kurio aukštį H_B reikia nustatyti (29 pav.). Tada atskaitoma atskaita a atgalinėje matuoklėje ir atskaita b priekinėje matuoklėje. Iš brėžinio galima apskaičiuoti:

$$h = a - b \quad (2)$$

Jei priekinis taškas aukščiau už atgalinį, aukščių skirtumas yra teigiamas, ir atvirkščiai. Jeigu aukščių skirtumas tarp dviejų taškų nustatomas prietaisą pastačius vieną kartą (iš vienos stoties), toks niveliavimas vadinamas paprastuoju. Gana dažnai nustatant aukščių skirtumą tarp dviejų taškų būtinos kelios stotys, t.y. sudaromas niveliavimo ėjimas. Toks niveliavimas vadinamas sudėtinio. Mano atveju pasirinkto taško H_A , žinomas ir parenkamas iš techninio darbo projekto. Kadangi nagrinėjama aikštelė yra atviroje vietoje, kurioje matomumas geras matomumas, pasirinktas ir atliktas paprastas niveliavimas, ir visi taškai sumatuoti iš vieno pasirinkto reperio taško. Aikštelėje kurioje atlikti matavimai, tai ženkliai palengvino darbus, nes nagrinėjamos aikštelės plotas didelis ir esamiems aukščiams nustatyti buvo pasirinkta daug taškų, kurie leistu labai tiksliai išmatuoti esamą padėtį ir gautais rezultatais įvertinti galimas pažaidų vietas, kuriuose aukščių skirtumai turėjo būti didžiausi. Niveliuojant iš vidurio, nivelyro nebuvo būtina statyti tiesėje tarp niveliuojamųjų taškų, tačiau buvo stengiamasi išlaikyti vienodus atstumus iki matuoklės.



29 pav. Niveliavimas iš vidurio

Nivelyras yra geodezinis prietaisas, kuriuo gaunama horizontali vizavimo linija. Pagal tikslumą nivelyrai skirstomi į precizinius (labai tikslus), tiksluosius ir techninius. Pagrindinės nivelyro dalys – kelmelis, žiūronas ir cilindrinis gulsčiukas. Pagal įtaisą, kurio žiūrono vizavimo ašis nustatoma į horizontalią padėtį. Nivelyrai esti dviejų tipų – su cilindrinio gulsčiuku (gulsčiukiniai) ir su žiūrono posvyrio kampo kompensatoriumi (kompensaciniai arba automatiniai) (Stepanovienė ir kt., 2011, 101 p.). Niveliavimo rezultatai gaunami su neišvengiamomis paklaidomis, kurios gali priklausyti nuo naudojamų prietaisų, nuo aplinkos poveikio arba nuo niveliuotojo. Niveliavimo paklaidos būna atsitiktinės arba sisteminės (Tamutis ir kt. 1992, 2 d. 141 p.). Ypač svarbu išvengti pastarųjų.

4.3 Geodeziniai prietaisai ir veikimo technologija

Elektroniniai geodeziniai prietaisai naudojami sudarant geodezinius tinklus, topografiniams darbams, nustatant žemės paviršiaus taškų koordinates, darant aerofotonuotaukas, geodinaminiam matavimams, geodezinėje metrologijoje. Specialią elektroninių geodezinių prietaisų rūšį sudaro GPS imtuvai, kuriais nustatomos taškų, esančių Žemės paviršiuje arba jos erdvėje koordinatės (Skeivalas, 2004, 6 p.). Pagal koordinačių sistemas GPS matavimų metodai skirstomi į absoliutinius ir santykinius. Absoliutiniu metodu taškų koordinatės nustatomos bendrojoje koordinačių ir laiko sistemoje. Šią bendrąją (absoliutinę) koordinačių sistemą fiksuoja GPS kosminis segmentas. Tokioms koordinatėms nustatyti buvo sukurta dirbtinių Žemės palydovų navigacinė sistema, veikianti radijo bangų aplinkoje. Geodezijos mokslui didelę įtaką padarė kosminės technologijos, naudojant dirbtinius Žemės palydovus (DŽP). GPS (Global Positioning System - globalinė padėčių nustatymo sistema) metodas yra taikomas geodezijos, kartografijos, navigacijos, aplinkosaugos, eismo tvarkymo, įvairiose inžinerijos ir kt. srityse. Jis užtikrina patikimesnę ir tikslesnę taškų, esančių Žemės paviršiuje ir erdvėje aplink ją, koordinačių, jų pokyčių laikui bėgant ir atitinkamų vektorių nustatymą. GPS taškų koordinačių nustatymo metodas pagrįstas amerikiečių sukurta kosmine navigacijos sistema NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging- navigaciniai laiko ir atstumų nustatymo palydovai) ir rusų navigacine sistema GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema - globalinė navigacinė palydovinė sistema) (Skeivalas, 2008, 6 p.). Galimi trys taškų padėties nustatymo metodai: statinis, kinematinis ir dinaminis (Skeivalas, 2010, 144-145 p.). Matuojant atstumus elektroniniais prietaisais svarbu įvertinti atmosferos įtaką elektromagnetinių virpesių sklidimui. Dabartinių modelių prietaisuose matavimo procesas yra automatizuotas, matavimo rezultatai kaupiami magnetiniuose kaupikliuose, toliau įvedami ir apdorojami kompiuteriuose. Matavimų rezultatai apdorojami naudojant tam tikras kompiuterines programas - tai priklauso nuo imtuvų tipo.

Centriniame Klaipėdos keleivių ir krovinių terminale matavimus atlikau elektroniniu tacheometru „Trimble S6“ bei GPS imtuvu „Trimble 5800“ ir nivelyru „Leica Runner 20“.

Elektroniniai tacheometrai skirti horizontaliems ir vertikaliesiems kampams, linijų ilgiams, aukščių skirtumams matuoti, taškų aukščiams, koordinačių prieaugiams nustatyti, geodeziniais tinklams, topografinėi nuotraukai sudaryti.

Trimble S6 (30 pav.). Šios serijos gaminiai pasižymi sparčiais atstumų matavimais ir preciziniu tikslumu. Trimble S6 - tikslus ir greitas instrumentas, kampas matuojantis 2° tikslumu, atstumus tiek prizminių, tiek lazerinių režimu $\pm(3+2 \text{ ppm} \times D)$ mm tikslumu. Itin spartus atstumų matavimo įrenginys, matuojantis atstumus nuo 0,5 sek. greičiu, suteikia galimybę lauko matavimo darbus atlikti sparčiai ir produktyviai.

Elektroninis tacheometras su MagDrive™ technologija, leidžiančia prietaisui sukis apie vertikalią ašį net 115° per sekundę greičiu. Tvirtas, greitas ir tikslus prietaisas gaminamas „Servo“, „Autolock“ arba „Robotic“ modifikacijų. Galimybė sekti aktyvius taikinius dirbant „Robotic“ režimu leidžia dirbti keliomis prizmėmis.

Trimble „SurePoint“ technologija užtikrina tikslumą esant sudėtingoms matavimo sąlygoms, stipriam vėjui, vibracijai ar pašaliniais veiksniams. Prietaisas tiksliai vizuoja į taikinį, koreguodamas klaidas, atsirandančias dėl stovo sujudinimo ar netyčinio prietaiso pajudavimo.

Prietaisu galimi matavimai lazeriu, nenaudojant reflektoriaus. GPS imtuvo sekimo technologija „GPS Search“ paspartina taikinio sekimą prietaisu naudojant GPS imtuvo fiksuojamas koordinates Trimble S6 orientavimui į prizmę greičiau nei per kelias sekundes.

Trimble S6 elektroninis tacheometras komplektuojamas su naujausiu valdikliu - Trimble CU. Pagal pažangias technologijas pagamintas elektroninis tacheometras gali būti „Servo“ (prietaiso sukimosi apie vertikalią ašį valdymas), „Autolock“ (automatinė prizmės paieškos ir vizavimo į taikinį sistema), „Robotic“ (dirba vienas žmogus, prietaisas seka taikinį, valdomas per atstumą) modifikacijų.



30 pav. Trimble S6 elektroninis tacheometras

GPS imtuvai – sudėtingi įrenginiai, pagaminti remiantis šiuolaikinės elektronikos, skaičiavimo technikos ir programinio aprūpinimo laimėjimais. Prietaisai veikia automatizuotai, pradedant matavimų planavimu ir baigiant geodezinių parametrų skaičiavimais. Šiuo metu sukurti kelių dešimčių tipų GPS imtuvai. Jie skiriasi pagal naudojimo sritį, palydovų siunčiamų elektromagnetinių virpesių priėmimo būdą, matuojamus dydžius, rezultatų tikslumą bei kitus parametrus.

Trimble 5800 (31 pav.) - dvidažnis GPS imtuvas, antena ir pasirinktinai komplektuojamas radijo bangų modemas viename įrenginyje, kuris sveria tik 1,21 kg. Integruota Bluetooth technologija suteikia belaidį jungimąsi su duomenų kaupikliais Trimble TSC2 arba Trimble CU. Naudojamas „post-processing“ matavimams, kai tikslūs duomenys gaunami po matavimų apdorojimo arba realiaame laike (RTK) matavimus VRS referencinių stočių tinkle užtikrinant GSM/GPRS mobiliuoju telefonu.

Trimble 5800 GPS imtuvas gali būti naudojamas kaip bazinė stotis ir kaupti pataisinius duomenis 2 MB vidinėje atmintyje. Pagamintas pagal pažangias technologijas Trimble 5800 yra 24 kanalų GPS/WASS/EGNOS imtuvas su Trimble Maxwell™ technologija, leidžiančia stebėti palydovus sunkiomis matavimo sąlygomis. Tvirtas (atlaiko kritimą iš 2 m. aukščio), atsparus aplinkos poveikiams imtuvo korpusas atitinka IPX7 standartą (atlaiko panardinimą į 1 m. gylį).

Komplektuojamas su dviem baterijomis, užtikrinančiomis 11 val. darbą GPS imtuvu. Trimble 5800 lengvai valdomas, tikslus, tiek geodezijos darbuose, tiek statybų aikštelės matavimuose plačiai panaudojamas GPS imtuvas, dirbantis Lietuvos VRS referencinių stočių tinkle.



31 pav. GPS Trimble 5800

Panaudojant elektroninį tacheometrą Trimble S6 bei GPS imtuvą Trimble 5800 buvo išmatuota teritorija. Plane pavaizduojamos dangos bei statiniai. Kad būtų lengviau juos atskirti bei sugrupuoti, šie elementai užštrichuoti skirtingo tipo štrichais bei spalvomis (4 priedas).

Optinis nivelyras, Leica Runner20 (32 pav.) skirtas statybininkams, melioracijos specialistams, kelininkams ir matininkams, dirbantiems sunkiausiomis sąlygomis. Šie prietaisai gerai apsaugoti nuo dulkių, vandens poveikio, atsparūs vibracijai. Automatinis kompensatorius ir greitai sureguliuojama optika padidina darbo našumą ir matavimų tikslumą. Mažiausias fokusavimo nuotolis yra 80cm, todėl kuo puikiau galima naudoti nedidelėse patalpose, tuneliuose.



32 pav. Leica Runner 20

Juose įmontuotas automatinis kompensatorius ir gera optika pagreitina darbą ir užtikrina aukštą matavimų tikslumą. Šiam nivelyrui nebūtinai ilgai trunkančios detalios apžiūros ir derinimo darbai. Nivelyras automatiškai apskaičiuoja aukštį ir atstumą. Leica Runner 20 skirtas tiksliausiems niveliavimo darbams atlikti.

4.3.1 Duomenų perkėlimas taikant TGOOffice kompiuterinę programą

Užbaigus lauko darbus visi sukaupiti matavimų duomenys buvo perkelti iš matavimo prietaisų į kompiuterį. Duomenys iš elektroninio tacheometro Trimble S6 perkeliama valdymo pultą prijungus tiesiogiai prie kompiuterio ir naudojant kompiuterinę programą TGOOffice (33 pav.). Jie eksportuojami į GeoMap programą. Šiuo metu duomenų apdorojimui nebereikia pildyti žiniaraščių, atlikti rankiniu būdu skaičiavimų. Šiuolaikiniai geodeziniai prietaisai ir programinė įranga pilnai automatizuota ir inžinieriui – geodezininkui matavimų duomenis lieka tik grafiškai apdoroti (parengti planus). Moderni technika leidžia išvengti klaidų, taip pat duomenys gaunami labai tikslus, be apvalinimo klaidų. Kameriniai lauko darbai atliekami greitai, duomenų apdorojimas trukęs labai ilgai, dabar leidžia duomenis apdoroti ir susisteminti per daug trumpesnę laiką, kad leidžia atpiginti ir geodezinių darbų kainas statybų eigoje.



34 pav. Apdoroti nuomenys GeoMap programos aplinkoje

Centriniame Klaipėdos keleivių ir krovinių uosto teritorijoje atlikti topografiniai ir geodeziniai planai įtraukiami į erdvinių duomenų rinkinius. Minėti planai daromi, nes yra ir ateityje bus vykdomi uosto infrastruktūros gerinimo projektai. Šią medžiagą ateityje bus galima naudoti kitiems geodeziniais darbams ir techniniams darbams uosto teritorijoje.

Geografinė informacinė sistema (GIS) – informacinė sistema, skirta darbui su erdvine ir aprašomąja informacija. Sistema skirta skaitmeninių koordinuotų erdvėje duomenų kaupimui, saugojimui, vaizdavimui, redagavimui, integravimui bei analizei.

GIS duomenys gali būti išreikšiami naudojant vektorinį arba rastrinį duomenų modelį.

Rastrinis duomenų modelis gali būti suprantamas kaip paprasčiausias skaitmeninis paveikslėlis. Šiame duomenų modelyje informacija saugoma ląstelėse (angl. cell, pixel). Ląstelės

yra organizuotos eilutėmis ir stulpeliais, ir kiekviena ląstelė saugo vieną reikšmę. Dažniausiai ląstelėse saugoma informacija apie spalvą, gali būti koduojamos reikšmės ir apie kitus reiškinius: žemės dangos tipą, žemės paviršiaus temperatūrą ir pan. Paplitęs rastrinio modelio naudojimas kuriant skaitmeninius paviršiaus modelius, kur saugoma informacija apie žemės paviršiaus aukščius. Rastrinio duomenų modelio detalumą apibūdina skiriamoji geba (rezoliucija) – ji nurodo, koks yra vienos ląstelės kraštinės ilgis žemės paviršiuje.

Vektoriniame duomenų modelyje informacija saugoma koordinatų X , Y , (Z) rinkiniais. Objektų vaizdavimui, priklausomai nuo GIS erdvinio duomenų rinkinio mastelio bei paskirties, pasirenkami taškai, linijos arba plotai. Dažniausiai taškiniais objektais kartografuojami tokie objektai, kurių kaip ploto naudojamame mastelyje nebegalima pavaizduoti; linijomis kartografuojami objektai, kurių pločio tam tikrame mastelyje nebegalima išreikšti kaip ploto; plotais vaizduojamos vienaarūšių objektų teritorijos. Linijos turi pradžios ir pabaigos taškus, taigi ir kryptį, kuri gali būti panaudojama objektų judėjimui nurodyti (pvz.: upės tėkmei, automobilių eismo kryptims).

Lietuvoje geoinformacinės sistemos naudojamos žemės reformai vykdyti. Susikūrė nemažai privačių įmonių vis plačiau naudojančių geoinformacines sistemas praktiniams uždaviniams spręsti. Taigi geoinformacijos sistemos naudojamos gamtiniais ir kitokiems ištekliams inventorizuoti, infrastruktūrai (keliams, prekybos taškų išdėstymui, gyventojų aptarnavimui) gerinti.

Žmogaus praktinė veikla ir kitų mokslų vystymasis bei nauji pasiekimai savo ruožtu verčia geodeziją keisti darbo metodus, konstruoti naujus prietaisus ir tobulinti savo veiklą, kuri sėkmingai taikoma statybų srityje.

IŠVADOS

1. Svarbu teisingai parinkti statybos produktus bei įrenginius. Jie turi atitikti visus techniniame projekte numatytus keliamus reikalavimus, technines specifikacijas (stiprumo sąlygos, standumo rodikliai ir kt.).
2. Siekiant užtikrinti statinio stiprumą, pastovumą ir normalią eksploataciją svarbu kompleksiskai ir visapusiškai įvertinti fizikines – mechanines gruntų savybes. Trinkelių dangos pagrindo sluoksniai turi užtikrinti stabilumą ir pakankamą laikomąją galią.
3. Uosto krovos aikštelėse kroviniai sandėliuojami, perkilnojami, transportuojami naudojant metalinius konteinerius. Terminalo teritorijoje šie konteineriai statomi tiesiogiai ant grindinio dangos be jokių paklotų, amortizuojančių dinامينius smūgius, keturiomis metalinėmis atramomis, nuo kurių dangą paveikia sutelktosios jėgos. Būtina įvertinti sukimosi momentą, trinkelį dangą važiuojant sunkiasvorei technikai (tiek su krovinium, tiek be jo).
4. Atlikus techninio darbo projekto ir tyrimo eigoje gautų matavimų duomenų lyginamąją analizę nustatyti 0,5 – 1,5 cm. aukščių skirtumai.
5. Uosto krovos aikštelių ir kelių dangos pagrindinės pažaidų atsiradimo priežastys:
 - sunkiojo transporto ardomojo poveikio įtaka – atsiranda plyšiai, įdubos, suirimai, įskyliimai, nuotrupos.
 - klimato veiksniai – staigus oro atšalimas, dažnos oro temperatūrų kaitos, tiesioginiai saulės spinduliai, gruntinio vandens poveikis.
 - Netinkamai parinktas ir įrengtas dangos tipas, pagrindas, sluoksniai.
 - Žmogiškasis faktorius atliekant statybos darbus.
6. Atliekant uosto krovos aikštelių trinkelį dangos monitoringą nustatyta, kad naudojant skirtingą matavimo įrangą bei metodus gauti beveik identiški matavimo rezultatai.

•

CONCLUSIONS

1. It is important to correctly select building products and equipment. The latter must correspond with all the requirements and technical specifications indicated within the technical project (strength conditions, stiffness indexes, etc.).
2. In order to ensure the strength, stability and normal exploitation it is important to evaluate the physical-mechanical ground features in a complex and thorough way. Scotch cover base layers must ensure stability and sufficient holding power.
3. Shipments within port load grounds are stored, transferred and transported with the help of metal containers. Within the terminal territory these containers are placed right on the pavement layer without any flooring amortizing dynamic strokes with four metal supports affecting the cover undiverted forces. It is essential to evaluate the turning moment while it is being ridden by a heavyweight machinery (both with a load or without it).
4. After making the comparative analysis of the work project and measuring data received during the research there were 0,5 – 1,5 cm height differences found.
5. The main causes of injuries within port load ground and road ground are the following:
 - influence of heavy transport destructive impact – it causes cracks, hollows, disintegrations, cleavages and crumbs;
 - climate factors – sudden weather warming, frequent weather temperature changes, direct sun rays, ground water influence;
 - wrongly selected and equipped cover type, base and layers;
 - human factor performing the building works.
6. Performing the monitoring of port load ground scotch cover it has been established that there were almost identical measuring results obtained while using different methods and measuring equipment.

REKOMENDACIJOS

Prognozuojama, kad krovinių transporto priemonių per artimiausius 20 metų Lietuvoje padaugės 3-4 kartus, todėl svarbu parinkti tokius kelio dangos konstrukcijos remonto projektus, metodus ir medžiagas, kad kuo ilgiau išlaikytų projektines (arba artimas joms) eksploatacines savybes (Petkevičius, 2012, 114 p.). Tam tikslui siūlau:

1. Ruošiant uosto krovos aikštelių ar kelių technikus projektus svarbu atsižvelgti į skirtingas gruntų savybes, derėtų atlikti vietovės atlikti geologinius tyrimus.
2. Būtina priimti technikus sprendimus numatant gruntinio vandens pašalinimą, lietaus nuotekų ir drenažo sistemų įrengimą uosto teritorijoje.
3. Naudoti tik kokybiškas ir sertifikuotas statybines medžiagas: geotinklus, geotekstilę ir kt.
4. Uosto krovos aikštelių ir kelių dangai naudoti tašytų akmenų – tašelių grindinį. Šio tipo grindiniai ant betono ar smėlio pagrindo yra tvirčiausios dangos rūšys (Rimkus, 2008, 174 p.).
5. Projektuojant sunkiasvorių ir didelių gabaritų jūrinių konteinerių transportavimo, sandėliavimo, perkilnojimo aikšteles, techninio projekto dalyje būtina paskaičiuoti statines, dinamines apkrovas, sukimo momentus, kurie veiks dangą atliekant technologines operacijas su konteineriais.
6. Paruošti tikslinius normatyvinius dokumentus, jūrų uostų, atvirų krovos aikštelių ir kelių dangų projektavimui, įrengimui, paremtus ilgalaikiais monitoringo rezultatais, laboratoriniais tyrimais, praktika.

LITERATŪRA

1. Čygas D.; Žilionienė D.; Vitkienė J. 2009. Automobilių kelių projektavimas. Vilnius: Technika.
2. Kosčiauskas M.; Ratautas M.; Vainauskas V. 1969. Inžinerinė geodezija. Vilnius: Mintis.
3. Lazauskienė L.; Vaitonis G.; Draugelis A. 2000. Klaipėdos uostas. Vilnius: Baltic ECO.
4. Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus 2014 . vasario 21 d. įsakymas Nr. 70 „Automobilių kelių trinkelė, plokščių ir kitų techninių reikalavimų aprašas TRA trinkelės 14“ // TAR. 2014. Nr. 1955.
5. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymas 2008 m. sausio 9 d. įsakymas Nr. D1-11/3-3 „Dėl kelių techninio reglamento KTR 1.01:2008. Automobilių keliai“ //Valstybės žinios. 2008. Nr. 9-322.
6. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymas 2014 m. vasario 21 d. įsakymas Nr. V-71 „Dėl automobilių kelių dangos konstrukcijos iš trinkelė ir plokščių įrengimo taisyklių IT trinkelės 14“ //TAR. 2014. Nr. 1924.
7. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymas 2014 m. vasario 21 d. įsakymas Nr. V-72 „Dėl automobilių kelių dangos konstrukcijos iš trinkelė ir plokščių įrengimo metodinių nurodymų MN trinkelės 14“ // TAR. 2014. Nr. 1923.
8. Livanovas M. 1971. Geodezija statyboje. Vilnius: Mintis.
9. LST 1551.1:1999. Betoniniai aplinkos tvarkymo gaminiai. Bandymo metodai. Stiprio gniuždant ir lenkiant nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1999.
10. LST 1551.1:1999/1K:2002. Betoniniai aplinkos tvarkymo gaminiai. Bandymo metodai. Stiprio gniuždant ir lenkiant nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002.
11. LST EN 1338:2003. Betoninės grindinio trinkelės. Reikalavimai ir bandymo metodai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2008.
12. LST EN 206-1. Betonai. 1 dalis. Techniniai reikalavimai, savybės, gamyba ir atitiktis. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2005.
13. LST EN 13242:2003 „Kelių mineralinės medžiagos nesurištiems ir hidrauliškai surišiems mišiniams, naudojamiems inžineriniams statiniams ir keliams tiesti. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2003.
14. Naujokaitis A. 2007. Statybinės medžiagos: betonai. Vilnius: Technika.
15. Nouhy, H.; Zeedan, S. (2012), Performance evaluation of interlocking paving units in aggressive environments. HBRC Journal. (2012) 8, 81–90.

16. Nouhy, H. (2013), Properties of paving units incorporating slag cement. HBRC Journal. (2013) 9, 41–48.
17. Osman Gencil, O.; Ozel, C.; Koksall, F.; Erdogmusd, E.; Martínez-Barrerae, G.; Brostowf, W. (2012), Journal of Cleaner Production. Journal of Cleaner Production.(2012) 21:62–70.
18. Paršeliūnas E. 2001. Geoinformacinės sistemos: technologija. Vilnius: Technika.
19. Petkevičius K. 2012. Automobilių kelių sisteminė analizė. Vilnius: Technika.
20. Rimkus A. 2004. Miesto gatvių priežiūra ir remontas. Vilnius: Technika.
21. Rimkus A. 2008. Gatvių tiesyba. Vilnius: Technika.
22. Syč V.; Samofalov M. 2011. Konteinerių apdorojimo sandėlio projekto pakeitimas įrengiant konteinerių sandėliavimo aikštes, Perkėlos g. 8, Klaipėdoje. Specialisto išvados. Vilnius.
23. Skeivalas J. 2004. Elektroniniai geodeziniai prietaisai. Vilnius: Technika.
24. Skeivalas J. 2008. GPS tinklų teorija ir praktika. Vilnius: Technika.
25. Skeivalas J. 2010. Elektroniniai geodeziniai prietaisai. Vilnius: Technika.
26. Skerys K.; Christauskas J. 2010. Vilnius: Technika.
27. ST 188710638.06:2004. Automobilių kelių žemės sankasos įrengimas. Vilnius: Lietuvos automobilių kelių prie susisiekimo ministerija, 2004.
28. Statybos rekomendacijos R 34-01. Automobilių kelių pagrindai. Vilnius. Automobilių kelių Direkcija, inf. pr. 2002, Nr. 18-60.
29. Stepanovienė J.; Tumelienė E. 2011. Inžinerinė geodezija. Vilnius: Technika.
30. Stepanovienė J.; Tumelienė E.; Zigmantienė E. 2005. Geodezijos mokomoji praktika: metodiniai nurodymai. Vilnius: Technika.
31. STR 1.01.09:2003. Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį. Vilnius: Valstybės žinios, 2003.
32. STR 1.04.02:2011. Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai. Vilnius: Valstybės žinios, 2012.
33. STR 2.02.02:2006. Hidrotechniniai statiniai. Pagrindinės nuostatos. Vilnius: Valstybės žinios, 2004.
34. STR 2.02.07:2012. Sandėliavimo, gamybos ir pramonės statiniai. Vilnius: Valstybės žinios, 2012.
35. STR 2.02.08:2012. Automobilių saugyklų projektavimas. Valstybės žinios, 2012.
36. STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai. Vilnius: Valstybės žinios, 2003.
37. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. Vilnius: Valstybės žinios, 2003.
38. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. Vilnius: Valstybės žinios, 2005.

39. STR 2.05.15:2004. Hidrotechninių statinių poveikiai ir apkrovos. Vilnius: Valstybės žinios, 2004.
40. Šimkus J. 1985. Pagrindai ir pamatai. Vilnius: Mokslo.
41. Tamutis Z.; Tulevičius V.; Žalnierukas A. 1992. Geodezija. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla.
42. Valiūnas k. 2007. Gruntų stiprumas ir deformacija. Kaunas: Technologija.
43. Valiūnas k. 2007. Statybinės gruntų savybės. Kaunas: Technologija.
44. Wattanasiriwech, D.; Saiton, A.; Wattanasiriwech, S. (2009), Paving blocks from ceramic tile production waste. Journal of Cleaner Production. 17:1663–1668.

PRIEDAI