



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

TAUTVYDAS RAMANAUSKAS

TRISLUOKSNIŲ SIENINIŲ PLOKŠČIŲ GAMYBOS
TECHNOLOGIJA

Magistro baigiamasis projektas (T000M167)

Vadovas

Doc. dr. Algirdas Augonis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Vitoldas Vaitkevičius

(data)

TRISLUOKSNIŲ SIENINIŲ PLOKŠČIŲ GAMYBOS
TECHNOLOGIJA

Baigiamasis magistro projektas

Statybos studijų programa (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Algirdas Augonis

(data)

Konsultantas

(parašas) Dr. Nerijus Adamukaitis

(data)

Konsultantas

(parašas) Lekt. Odeta Viliūnienė

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Valdas Paukštys

(data)

Projektą atliko

(parašas) Tautvydas Ramanauskas

(data)

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Tautvydas Ramanauskas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Trisluoksnių sieninių plokščių gamybos technologija“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. sausio 02 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Tautvydo Ramanausko**, baigiamasis projektas tema „Trisluoksnių sieninių plokščių gamybos technologija“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Ramanauskas, Tautvydas. TRISLUOKSNIŲ SIENINIŲ PLOKŠČIŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Algirdas Augonis; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *gamykla, santvara, daugiaskluksnė gelžbetoninė sieninė plokštė, betono paviršiaus kokybė, vertinimas.*

Kaunas, 2017. 119 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro projekte pateikiamas pramoninės - gamybinės paskirties statinys. Gamykla suprojektuota atsižvelgiant į gaminamo produkto – trisluoksnių sieninių plokščių, gamybos reikalavimus ir technologinius ypatumus. Pastato konstrukcijos buvo pasirinktos remiantis esamais funkcionalumo, ekonomiškumo ir architektūros reikalavimais. Pasirinktai gamybinių patalpų santvarai buvo atlikti skaičiavimai ir konstrukcijos patikrinimai, leidžiantys parinkti santvaros konstrukcijoje naudojamus elementus. Sudaryta trisluoksnių sieninių plokščių gamybos proceso technologinė schema, operacijų trukmių grafikas ir suprojektuota jų gamybinė linija, remiantis išanalizuotais žaliavų, gaminio bei gamybos reikalavimais, normatyvais ir atliktais gamybos technologijos skaičiavimais. Atlikti ekonominiai gaminio ir statinio statybos skaičiavimai, leidžiantys įvertinti gamyklos investicijų atsipirkimo trukmę.

Apžvelgta ir ištirta smėlio smulkiosios frakcijos santykio įtaka betono paviršiaus kokybei, atlikta bandinių paviršių vaizdo analizė ir pritaikyti egzistuojantys vertinimo kriterijai gautiems rezultatams kategorizuoti.

Ramanauskas, Tautvydas. *Master's thesis in THREE-LAYER SANDWICH PANELS PRODUCTION TECHNOLOGY* / supervisor assoc. prof. Algirdas Augonis. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Construction

Key words: *factory, truss, three-layered wall panel, concrete surface quality, evaluation.*

Kaunas, 2017. 119 p.

SUMMARY

In the final Master's degree project, a three-layer reinforced concrete wall panel manufacturing plant was being designed. The production intricacies and technical requirements of the product were taken into account throughout the factory's development process. The structures constructions were based to meet existing functionality, economical and architectural requirements. Elements for the manufacturing plant's truss were chosen in regard to calculation and analysis results. Multilayered reinforced concrete wall panel production process technological scheme, operation time schedule and production line were developed based upon the raw material, product's and production's base requirements, norms as well as calculations of the production technology. The economical expenses of the wall panel production and the factories building expenditure were measured to determent the average return on investment time of the facility.

Sand's small fractions ratio influence on the concrete surface quality was researched and overviewed. Tests on samples were conducted using picture analysis method, the results were categorized using pre-existing evaluation criteria.

TURINYS

ĮVADAS	12
1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS	13
1.1. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė	13
1.2. Statyba leidžiantys dokumentai	14
1.3. Statybos darbai, statinio statybos priežiūra	14
1.4. Statybos užbaigimas.....	15
1.5. Statybos vietos sąlygos	15
2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	16
2.1. Bendrieji statinio duomenys.....	16
2.2. Sklypo ir statinio techniniai rodikliai	16
2.3. Pastato architektūriniai sprendimai	17
2.4. Pastato konstrukciniai sprendimai	18
2.4.1. Pamatai	18
2.4.2. Kolonos.....	18
2.4.3. Kiaurymėtos perdangos plokštės	18
2.4.4. Santvaros	19
2.4.5. Stogo denginys	19
2.4.6. Langai	20
2.4.7. Vartai	20
2.4.8. Išorinės sienos.....	20
2.4.9. Grindys	20
2.5. Stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas	21
2.5.1. Gamybinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas	21
2.5.2. Administracinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas	23
3. KONSTRUKCINĖ DALIS. SANTVAROS SKAIČIAVIMAS.....	25
3.1. Apkrovų skaičiavimas.....	25
3.2. Ilginio skaičiavimas	27
3.3. Plieninės santvaros projektavimas	28
3.3.1. Skaičiuojamoji schema, konstrukcijos parinkimas.....	28
3.3.2. Santvaros įrašų skaičiavimas.....	29
3.3.3. Santvaros viršutinės juostos skaičiavimas	30
3.3.4. Santvaros apatinės juostos skaičiavimas	32

3.3.5. Santvaros spyrių skaičiavimas	33
3.3.6. Santvaros mazgų skaičiavimas	36
4. GAMYBOS TECHNOLOGINĖ DALIS	42
4.1. Aiškinamoji dalis	42
4.2. Trisluoksnės sienos charakteristika ir reikalavimai	44
4.2.1. Gaminio charakteristika.....	44
4.2.2. Gaminio techninės charakteristikos.....	44
4.2.3. Gamybinės žaliavos	45
4.2.4. Leistini gaminio geometrinių parametrų nuokrypiai	46
4.2.5. Gaminių ženklavimas	46
4.2.6. Trisluoksnių sienų sandėliavimas ir transportavimas	47
4.2.7. Gaminių atitikties tikrinimas, bandymai, kontrolės metodai.....	47
4.2.8. Gamintojo garantija	48
4.3. Mišinio sudėties projektavimas.....	49
4.4. Gamybinių pajėgumų skaičiavimas	54
4.5. Pagalbinių barų ir cechų projektavimas	57
4.6. Gamybos proceso technologinės schemos aprašymas	61
5. EKONOMINĖ DALIS	65
5.1. Technologinio režimo charakteristikos	65
5.2. Gamybos sąnaudų skaičiavimas.....	65
5.3. Gamybinės linijos techniniai–ekonominiai rodikliai	67
5.4. Statinio statybos darbų techniniai ekonominiai rodikliai.....	68
6. MOKSLINIS TIRIAMASIS DARBAS	69
6.1. Literatūros apžvalga	70
6.1.1. Betono paviršinių porų defektai, atsiradimo priežastys, prevencijos būdai	70
6.1.2. Sukietėjusio betono paviršiaus kokybės vertinimas	73
6.2. Tyrimo dalis	80
6.2.1. Tyrimo objektas, tikslas ir uždaviniai.....	80
6.2.2. Tyrimo medžiagos, metodika ir bandymai	80
6.2.3. Vaizdo analizės metodika ir vertinimas.....	82
6.3. Bandymo rezultatai	85
6.3.1. Bandymo rezultatai. Smėlio 0/2 ir 0/4 fr. santykio įtaka paviršiaus kokybei.....	86
6.3.2. Bandymo rezultatai. Bendra bandinių įtaka paviršiaus kokybei	88

Išvados.....	91
7. DARBŲ SAUGA, SVEIKATA IR APLINKOSAUGA.....	92
7.1. Darbų sauga.....	92
7.1.1. Įvadas.....	92
7.1.2. Bendros darbo taisyklės.....	92
7.1.3. Individualios apsaugos priemonės.....	93
7.1.4. Darbo įrenginiai.....	93
7.1.5. Judantys įrenginiai.....	94
7.2. Higienos normos.....	94
7.3. Gaisrinė sauga.....	94
7.4. Žaibosauga.....	95
7.5. Aplinkosauga.....	95
IŠVADOS.....	96
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	97
PRIEDAI.....	100
1 PRIEDAS. Santvaros skaičiavimas naudojant „ARSA“ programinę įrangą.....	100
2 PRIEDAS. Bendrųjų statybos darbų lokalinė sąmata.....	109
3 PRIEDAS. Mokslinė tiriamoji dalis.....	117

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

2.4.7.1. pav. Gamybinių patalpų grindų detalė.....	21
2.5.1.1. pav. Gamybinių patalpų stogo detalė	21
2.5.2.1. pav. Administracinių patalpų stogo detalė	23
3.3.1.1. pav. Santvaros skaičiuojamoji schema	28
3.3.2.1. pav. Ašinių jėgų diagrama	29
3.3.6.1. pav. 5 mazgo skaičiuojamoji schema	36
4.2.1.1. pav. Gaminio eskizas.....	44
4.2.6.1. pav. Gaminų sandėliavimo schema	47
4.3.1.1. pav. K_u priklausomybė nuo R_b/R_c	50
4.6.1. pav. Gaminimo proceso technologinė schema	61
6.1.1.1. pav. Monolitinio betono paviršiuje susidariusios poros (autorius nuotrauka).....	71
6.1.1.2. pav. Išplovų ruožai betono paviršiuje.....	72
6.1.1.3. pav. Susiformavęs korėjimas monolitinio betono paviršiuje (autorius nuotrauka)	72
6.1.2.1. pav. Betono konstrukcijų paviršiaus kokybės skalė pagal balus CIB Report No. 24 [21]	73
6.1.2.2. pav. Betono paviršiaus vertinimas pagal CIB skalę [21]	74
6.1.2.3. pav. Betono paviršiaus poringumo vertinimas pagal AS 3610.1 skalę [22]	75
6.1.2.4. pav. Betono paviršiaus atspalvių vertinimas pagal AS 3610.1 skalę [22].....	75
6.1.2.5. pav. Identiškų betono paviršių šviesumo (L^*) stulpelinė diagrama, esant skirtingiems apšvietimams [15]	77
6.1.2.6. pav. Vaizdų analizės metodu analizuojamas paviršius: a) vaizdo filtracija (grey scale); b) vaizdas pateikiamas dvejetainėje sistemoje; c) defektų vietos apibrėžiamos, skaičiuojamas jų kiekis ir plotas; [15].....	77
6.1.2.7. pav. Vaizdų analizės metodu iširtos CIB skalės rezultatai [15]	78
6.1.2.8. pav. Siūloma surenkamų elementų vertinimo sistema [28].....	79
6.2.2.1. pav. Betono mišinio maišyklė „Zyklos ZZ 50 HE“	81
6.2.2.2. pav. Bandinio A1 keturi tiriami paviršiai	82
6.2.3.1. pav. Bandinio paviršiaus vaizdo analizės procesas: a) pradinė nuotrauka; b) nuotraukos 8-bit (greyscale) kokybė; c) pilkumo filtracija (threshold); d) nustatyto ploto ir figūros dalelių analizė	83
6.2.3.2. pav. Vaizdo analizė „ImageJ“ programa: a – nuotraukos skalės nustatymai; b – dalelių analizės parametrai.....	83

6.2.3.3. pav. CIB Report No. 24 [21] sudaryta betono konstrukcijų paviršiaus kokybės skalė pagal balus.....	84
6.2.3.4. pav. CIB skalės rezultatai naudojant “ImageJ”	84
6.2.3.5. pav. CIB skalės rezultatai naudojant “ImageJ”	84
6.3.1.1. pav. Vidutinių santykinų paviršiaus defektų $A_{s,vid}$ priklausomybės nuo smėlio frakcijos 0/2 ir 0/4 santykio grafikas.....	86
6.3.1.2. pav. A2–A4 bandinių vidutinių santykinų paviršiaus defektų $A_{s,vid}$ priklausomybės nuo smėlio frakcijos 0/2 ir 0/4 santykio grafikas	87
6.3.1.3. pav. paviršiaus porų kiekio N ir defektų skersmens ekstremumų d_{max} priklausomybė nuo smėlio frakcijų 0/2 ir 0/4 santykio	88
6.3.2.1. pav. Bandinių vidutinių santykinų porų plotų $A_{s,vid}$ ir paviršiaus porų kiekių N pasiskirstymas	89
6.3.2.2. pav. Bandinių paviršiaus defektų skersmens ekstremumai	89
6.3.2.3. pav. Bandinių pasiskirstymas CIB skalėje pagal paviršiaus kokybę.....	90
3P.1. pav. Betono bandinio A1.1 keturi paviršiai	117
3P.2. pav. Betono bandinio A1.2 keturi paviršiai	117
3P.3. pav. Betono bandinio A2.1 keturi paviršiai	117
3P.4. pav. Betono bandinio A2.2 keturi paviršiai	117
3P.5. pav. Betono bandinio A3.1 keturi paviršiai	118
3P.6. pav. Betono bandinio A3.2 keturi paviršiai	118
3P.7. pav. Betono bandinio A4.1 keturi paviršiai	118
3P.8. pav. Betono bandinio A4.2 keturi paviršiai	118
3P.9. pav. Betono bandinio A5.1 keturi paviršiai	118
3P.10. pav. Betono bandinio A5.2 keturi paviršiai	118
3P.11. pav. Betono bandinio A6.1 keturi paviršiai	119
3P.12. pav. Betono bandinio A6.2 keturi paviršiai	119

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.2.1. lentelė. Statinio bendrieji rodikliai	16
3.1.1. lentelė. Stogo konstrukcijos apkrova.....	26
3.3.2.1. lentelė. Įrašos veikiančios santvaros elementuose	30
3.3.4.1. lentelė. Santvaros strypų suvestinė.....	35
4.2.1.1. lentelė. Gaminio charakteristikos	44
4.2.4.1. lentelė. Leisti gaminio nuokrypiai.....	46
4.3.1.1. lentelė. 1m ³ betono mišinio sudedamosios dalys	52
4.3.2.1. lentelė. 1m ³ betono mišinio sudedamosios dalys	54
4.4.1. lentelė. Gelžbetoninės trisluoksnės sieninės plokštės gamybiniai pajėgumai.....	54
4.4.2. lentelė. Medžiagų sąnaudos trisluoksnių sienų gamybai.....	56
5.2.1. lentelė. Įmonėje patvirtinti valandiniai tarifiniai atlygiai pagal darbuotojų kategoriją.....	65
5.2.2. lentelė. Pagrindinių gamybos linijos darbuotojų darbo užmokestis.....	66
5.2.3. lentelė. Numanomas energijos ir medžiagų poreikis 1m ³ gaminio	66
5.2.4. lentelė. Gaminio gamybos išlaidų suvestinė	66
5.3.1. lentelė. Gamybinės linijos techniniai–ekonominiai rodikliai.....	67
5.4.1. lentelė. Statinio statybos techniniai ekonominiai rodikliai.....	68
5.4.2. lentelė. Objektinė sąmata.....	69
5.4.3. lentelė. Suvestinė sąmata.....	69
6.1.1.1. lentelė. Galimi monolitinio betono paviršių defektai, priežastys ir prevencija.....	73
6.1.2.1. lentelė. Betono klasės vertinimas pagal CIB standartą	74
6.1.2.2. lentelė. GOST 13015.0–83 betono paviršiaus kokybės reikalavimai.....	76
6.1.2.3. lentelė. Betono kategorijų paskirstymas pagal tyrimo metodus.....	79
6.2.2.1. lentelė. Betono mišinių A1–A6 sudėtys	80
6.2.2.2. lentelė. Priverstinio maišymo maišyklės „Zyklos ZZ 50 HE“ parametrai	81
6.3.1. lentelė. Betono mišinių A1–A3 bandinių paviršiaus porų duomenys	85
6.3.2. lentelė. Betono mišinių A4–A6 bandinių paviršiaus porų duomenys	85
6.3.2.1. lentelė. Bandinių CIB standarto klasė pagal santykinį defektų paviršiaus plotą.....	90

IVADAS

Magistro baigiamajame darbe sprendžiami trisluoksnių sieninių plokščių gamyklos projektavimo klausimai. Baigiamąjį darbą sudaro septynios dalys apžvelgiančios kiekvieną statinio ir gamybinės linijos projektavimo stadiją, šias dalis sudaro: statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos, architektūrinė, konstrukcinė, gamybos technologinė, ekonominė dalys, mokslinis tiriamasis darbas bei darbų sauga, sveikata ir aplinkosauga.

Teisinėje dalyje apžvelgiami reglamentuojantys dokumentai ir normatyvai, kuriais besivadovaujama nuo statinio projektavimo pradžios iki statybos darbų užbaigimo. Remiantis jais atliekamas statinio projektas, jo architektūrinė ir konstrukcinė dalis, bei numatoma: projekto techninė ekspertizė, statybą leidžiančio dokumento išgavimo, statybos darbų vykdymo, jų priežiūros bei statybos užbaigimo proceso tvarka.

Architektūrinėje dalyje nurodomi statinio bendrieji duomenys, sklypo ir statinio techniniai rodikliai, architektūriniai ir pagrindinių konstrukcijų sprendimai. Apskaičiuojama administracinių ir gamybinių patalpų šilumos perdavimo koeficiento vertė pagal galiojančius normatyvus.

Konstrukcinėje dalyje atliekami pasirinktos konstrukcijos – plieninės santvaros skaičiavimai. Sudaroma skaičiuojamoji schema, apskaičiuojamos įrašos veikiančios santvarą. Pagal atliktus skaičiavimus parenkami viršutinės, apatinės juostos bei tempiamų ir gniuždomų spyrių profiliai, projektuojamas mazgas ir atliekami patikrinimai „ARSA“ programine įranga.

Gamybos technologinėje dalyje sudaroma ir apžvelgiama gamybos proceso technologinė schema. Atliekami gamybinių pajėgumų, sąnaudų, pagalbinių barų skaičiavimai ir sudaromas operacijų trukmių grafikas paremiantis sudarytą schemą.

Ekonominėje dalyje atliekami gamybos sąnaudų ir lokalinių sąmatų skaičiavimai, sudaroma suvestinė objekto sąmata, gamybinės linijos, bei statybos darbų techniniai-ekonominiai rodikliai.

Mokslinėje dalyje tiriama smėlio smulkiosios frakcijos santykio įtaka betono paviršiaus kokybei ir jos vertinimas. Atliekama literatūros apžvalga, skirtingos betono konsistencijos mišinių bandinių paviršių tyrimai. Pateikiami gauti rezultatai bei sudaromos tyrimo išvados.

Darbų saugos, sveikatos ir aplinkosaugos dalyje remiantis LR įstatymais, techniniais reglamentais bei kitais normatyviniais dokumentais sudaromos bendros darbų taisyklės, numatomos reikiamos apsaugos priemonės, elgesio su darbo įrenginiais taisyklės. Nurodomos tiekiamo vandens, mikroklimato bei apšvietimo sąlygos, pateikiami reikiami gaisrinės saugos, žaibosaugos ir aplinkosaugos reikalavimai.

1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

Statybos įstatymas [1], statybos techniniai reglamentai (toliau - STR), statybos norminiai dokumentai bei anksčiau patvirtinti statybos techniniai dokumentai – tai privalomi reglamentai ir dokumentai, kuriais yra remiamasi Lietuvos Respublikoje statinio projektavimo ir statybų metu.

Projektuojamas gamybinės paskirties pastatas Kauno raj. laisvojoje ekonominėje zonoje (LEZ), remiantis STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ [2] priskiriamas negyvenamųjų pastatų grupei.

Vadovaujantis ypatingųjų pastatų požymiais [[2] V skyrius 1 lentelė], projektuojamas statinys priskiriamas ypatingųjų statinių kategorijai pagal tris, ketvirtame punkte, išvardintas charakteristikas:

- Projektuojamo statinio laikančiosios konstrukcijos tarp atramų ilgesnės, kaip 12 m;
- Pastate yra mašininės pavaros kėlimo kranas (5t ir didesnės keliamosios galios);
- Skirtas pastoviems darbams statinio viduje bei pastato bendrasis plotas viršija 2000 m².

1.1. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė

Statinio projektavimo pradžia laikoma specialiųjų reikalavimų išdavimo diena arba statinio projektavimo darbų rangos sutarties pasirašymo diena. Projektas rengiamas remiantis statybos įstatymu, kitais reglamentuojančiais dokumentais, teisės aktais, normatyviniais statybos techniniais, statinio saugos ir paskirties dokumentais [3].

Statinio statybos projektas rengiamas dviem etapais – techniniu ir darbo projektais. Projektuojama gamykla rengiama dviem etapais [[3] II skirsnis].

Techninis projektas ruošiamas taip, jog juo remiantis galima būtų suprasti statytojo sumanymą, atlikti projekto ekspertizę, nustatyti statybos skaičiuojamąją kainą, parinkti statybos rangovą, gauti statybos leidžiantį dokumentą, parinkti statybos produktus ir įrenginius bei parengti darbo projektą. Vadovaujantis darbo projektu, atliekami statybos darbai bei vertinama statybos darbų normatyvinė kokybė.

Darbo projektas – tai dokumentas, rengiamas pagal techninio projekto technines specifikacijas. Juo remiantis gaminami konstrukcijų elementai, galimai rengiami brėžiniai gamybai bei vykdomi statybos darbai

Statinio bendrojo projekto ekspertizė ir dalinė projekto ekspertizė privaloma naujo statinio projektų atvejams. Statinio projekto ekspertizė inicijuojama viešojo administravimo subjektų, atliekančių statybos valstybinę priežiūrą arba statinių naudojimo priežiūrą [3].

1.2. Statyba leidžiantys dokumentai

Atliekant naujo ypatingojo statinio statybą privalomas statybos leidimas, kurį išduoda savivaldybės administracijos įgaliotas asmuo [1]. Statybos leidimui įgauti, nurodomi reikiami dokumentai Statybos įstatyme [[1] 27 straipsnis 5 dalis]. Reglamente [4] nurodyti rašytiniai statinio projekto pritarimai bei statybos projektas, pateikiami tiesiogiai, savivaldybės administracijai arba nuotoliniu būdu, naudojantis IS „Infostatyba“.

Pateiktas prašymas užregistruojamas ir atliekama patikra [[4] 4 skyrius 13 punktas]. Atitikus šio punkto reikalavimus, IS „Infostatyba“ prašymas pažymimas, kaip priimtas, įgaliotas valstybės tarnautojas nurodo kompetentingas institucijas, kurios patikrina pateiktą projektą ir informuoja įstatymų nustatyta tvarka [[4] IV skyrius 18–20 p.].

1.3. Statybos darbai, statinio statybos priežiūra

Atliekant statybos darbus rangos būdu, statybos darbų pradžia laikoma diena, kai rangovas po statybvietės priėmimo iš statytojo (užsakovo) pradėjo vykdyti bet kuriuos statybos darbus (STR 1.06.01:2016 „Statybos darbai. Statinio statybos priežiūra“ [5]). Darbams vadovauja asmuo, turintis statybos, architektūros ar kitą aukštąjį inžinerinį išsilavinimą ir statybos darbų vadovo ar specialiujų darbų vadovo atestaciją, remiantis STR 1.02.01:2017 „Statybos dalyvių atestavimo ir teisės pripažinimo tvarkos aprašas“ [6] nustatyta tvarka. Šis fizinis asmuo privalo vadovautis Vyriausybės nutarimais, įstatymais, kitais normatyviniais dokumentais bei privalo atlikti vadovui paskirtas pareigas [[4] IX skyrius 36 p.].

Remiantis [1] 35 ir 36 straipsniais, projektuojamam ypatingajam statiniui privaloma statinio statybos techninė ir statinio projekto vykdymo priežiūra.

Statinio statybos techninė priežiūra – statytojo (užsakovo) iniciatyva rengiama statinio statybos priežiūra, kurios metu prižiūrima statinio statybų atitiktis pagal projektą, statybos rangos sutarties sąlygas, normatyvinius dokumentus ir teisės aktų reikalavimus. Statinio statybos techninis prižiūrėtojas atlieka techninę priežiūrą nustatyta tvarka [[5] VII skyrius IV skirsnis]. Sudaryti sutartį su to statinio statybos rangovu ar jo struktūroje dirbančiais fiziniiais asmenimis techninei priežiūrai atlikti yra draudžiama.

Statinio projekto vykdymo priežiūra – statinio statybų priežiūra, vertinant statinio statybų atitiktį projektui ir numatyta architektūrai. Statinio projekto vykdymo priežiūros tvarką [[5] VII skyrius II skirsnis] atlieka statinio projektuotojas, statytojo (užsakovo) iniciatyva.

1.4. Statybos užbaigimas

Statybos užbaigimo aktas nurodo statybos darbų baigtį, jam įgauti, statytojas ar jo įgaliotas asmuo tiesiogiai arba nuotoliniu būdu (IS „Infostatyba“) pateikia prašymą aktui išduoti. Prašymas pateikiamas kartu su elektrine laikmena, kurioje yra prašymas ir reikiami dokumentai [[4] 5 skyrius 61 p.]. Prašymas išnagrinėjimas pagal reglamente nustatytą tvarką ir paskiria subjektus, kurie pagal Reglamento nustatytą kompetenciją [[4] 9 Priedas], nurodo savo, įvairių sričių atstovus, kurie galėtų atlikti visas būtinas statybos užbaigimo procedūras [4].

Paskirtoji komisija, pagal kompetenciją privalo vizualiai patikrinti statinio atitiktį statinio projekto sprendiniams, esminiams statinių reikalavimams. Statinio atitiktį kitiems statinio projekto sprendiniams ar statinio projekto atitiktį teisės aktų reikalavimams komisijos nariai gali patikrinti pasirinktinai [[4] 68 p.]. Statytojas ar jo įgaliotas atstovas teikia reikalingus paaiškinimus komisijos darbo metu, esant neaiškumams – komisija gali kreiptis į ekspertus.

Statybos užbaigimo aktas laikomas galiojančiu, pasirašius visiems komisijos nariams ir užregistravus aktą IS „Infostatyba“.

1.5. Statybos vietos sąlygos

- **Pagrindinė tikslinė žemės naudojimo paskirtis.** Sklypas kitos paskirties, būdas – pramonės ir sandėliavimo objektų teritorijos. Pobūdis – pramonės statinių statyba.
- **Žemės naudojimo apribojimai.** Nustatytos įrengtų inžinerinių tinklų (dujų, elektros, vandens tiekimo tinklų, buitinių ir lietaus nuotekų) apsauginės zonos.
- **Servituto teisės žemės sklype.** Servituto teisės nenustatytos.
- **Sanitarinė ir ekologinė situacija.** Sklypo ir jį supančios teritorijos sanitarinėje zonoje neaptikta jokių pavojingų medžiagų ar atliekų. Objektai į aplinką išskiriantys kenksmingas medžiagas nerasti.

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1. Bendrieji statinio duomenys

Projektuojamas gamybinės paskirties pastatas Kauno Laisvojoje ekonominėje zonoje (LEZ). Gamykla specializuosis trisluoksnių sieninių plokščių gamyboje. Tai vieno aukšto, stačiakampio formos statinys, kuris jungiasi su administracinėmis patalpomis ir betono maišymo cechu. Planuojama teritorija Industrijos g., pietvakarių pusėje sklypas ribojasi su Terminalo g., šiaurės vakarų – Plento g. (A6, E262 magistraliniu keliu). Pietvakarių ir pietryčių pusėse sklypą apjuosia pramonės ir ūkio paskirties statiniai, logistikos padaliniai. Likusiomis kryptimis perimetras ribojasi su valstybinėmis žemėmis.

Sklypo teritorijos reljefas yra sąlyginai kalvotas, altitudė virš jūros lygio svyruoja tarp 76.65 m. ir 76.97 m. Gamyklos sklypo teritoriją sudaro 14057 m² neužstatyto ploto. Projektuojamos gamyklos teritorijoje planuojamos 25 stovėjimo aikštelės vietos, iš kurių 2 vietos, artimiausios pagrindiniam įėjimui į statinį, skirtos žmonėms su negalia [7]. Stovėjimo aikštelės ir kitų pravažiavimų danga liejama iš asfalto, pėsčiųjų takai, juosiantys gamybinį ir administracijos pastatą sudaromi iš betono trinkelėlių.

2.2. Sklypo ir statinio techniniai rodikliai

Sklypo ir statinio techniniai rodikliai pateikiami 2.2.1. lentelėje.

2.2.1. lentelė. Statinio bendrieji rodikliai

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
1.1 sklypo plotas	m ²	14057	
1.2 sklypo užstatymo plotas	m ²	2288	
1.3 sklypo užstatymo intensyvumas	%	16.28	
1.4 statinio užimtas žemes plotas	m ²	2232	
1.5 apželdintas žemes plotas	m ²	3856.09	
1.6 automobiliu stovėjimo vietų skaičius	vnt.	25	2 neįgaliajam
1.7 sanitarines apsaugos zonos	m	–	
1.8 sklypo užstatymo tankumas	%	15.88	
II. PASTATAI			
2.1 Negyvenamieji pastatai			
2.1.1 paskirties rodikliai (sieninių plokščių gamykla)	žm. sk.	24	
2.1.2 pavojingų medžiagų ribinio kiekio lygis	–	–	
2.1.3 bendras plotas	m ²	2232	
2.1.4 pastato tūris	m ³	23597	

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
2.1.5 aukštų skaičius		1	
2.1.6 pastato aukštis	m	11.50	
2.1.7 pastato atsparumas ugniai klase		II	
2.1.8 atitvaru šilumos perdavimo koeficientas:			
2.1.8.1.1 sienų	W/m ² K	0.276	
2.1.8.1.2 langų	W/m ² K	1.00	
2.1.8.1.3 administracinių patalpų denginio	W/m ² K	1.500	
2.1.8.1.4 gamyklinių patalpų denginio	W/m ² K	0.110	
2.1.8.1.5 grindų	W/m ² K	1.140	
III. INŽINERINIAI TINKLAI			
4.1. Bendras kiekvienos paskirties inžinerinių tinklų ilgis:			
4.1.1 įvadinių	km	0.43	
4.2 kiekvienos paskirties inžinerinių tinklų ilgis:	km	–	
4.2.1 požeminės dalies	km		Aps. Zona
N Ø 160		0.055	5m
V Ø 63		0.059	5m
D Ø 40		0.049	5m
L Ø 160		0.16	5m
El. 4x150		0.039	1m

2.3. Pastato architektūriniai sprendimai

Projektuojamo gamybinio pastato priekinis fasadas orientuotas pietryčių kryptimi, pagrindiniai įvažiavimai ir išvažiavimai iš sklypo teritorijos įrengti taip pat pietryčių pusėje.

Pastatą sudaro dvi dalys: dviaukštis, 12,35 m pločio, 30,50 m ilgio, 8,05 m aukščio, administracinis korpusas, bei vieno aukšto, 24,35 m pločio, 72,70 m ilgio, 11,50 m aukščio – gamybinių patalpų korpusas. Administracinės dalies ir gamybinio pastato dalies stogas – sutapdintas, su 1,4° nuolydžiu.

Statinyje naudojamas gelžbetoninių kolonų tinklas, kuris perteikia apkrovas į sėklinius pamatus, tenkančias nuo plieninių santvarų, sijų ir stogo denginio konstrukcijų. Daugiasluoksnės „Sandwich“ tipo sieninės plokštės pasirinktos išorinių sienų konstrukcijoms. Plokštės gaminamos su 150 mm storio akmens vatos termoizoliacijos sluoksniu, kurių šilumos perdavimo koeficientas tenkina A energinio naudingumo klasės pastatų reikalavimus. Fasado spalvų paletė komplektuojama iš RAL 7016/3000/7035 spalvų spektro. Statinio cokolinė dalis tinkuojama ir dažoma atsižvelgiant į fasado spalvas. Vidinė administracinių ir gamybinių patalpų pertvara sudaroma iš 200 mm storio plytų mūro ir 150 mm daugiasluoksnių garso ir šilumos izoliacinių plokščių.

Administracinio pastato dalies grindys, pirmame ir antrame aukšte, dengiamos akmens masės plytelių danga. Gamybinio pastato dalies grindys – sustiprintu, armuotu betoniniu paviršiumi.

Pastate sudaroma natūralaus ir dirbtinio apšvietimo kombinacija, atsižvelgiant į reikiamus natūralaus apšvietimo poreikio reikalavimus bei įrengiamas natūralus ir mechaninis patalpų vėdinimas, užtikrinantis norminius mikroklimato lygius ir rodiklius.

2.4. Pastato konstrukciniai sprendimai

2.4.1. Pamatai

Projektuojamos gamyklos pamatams naudojami C25/30 klasės betono mišinio gelžbetoniniai seklieji pamatai. Jie įgilinami ne mažiau 1,2 m, atsižvelgiant į apskaičiuotą grunto įšalo gylį, laikomąją galią, gruntinio vandens lygį bei konstrukciją veikiančias apkrovas. Grunto tyrinėjimai ir bandymai atliekami pagal LST EN 1997–1:2005/P:2007. Pamato projektavimo metodikai, skaičiuojant įvairius parametrus, naudojami LST EN 1997–2:2007/P:2009 normatyvai.

2.4.2. Kolonos

Statinyje naudojamos C30/37 markės betono surenkamos gelžbetoninės kolonos ir kolonos su įrengtomis gembėmis, skirtomis tiltinio betono bunkerio bei 10 t tiltinio kranų pokraninėms sijoms atremti. Šio kolonos su dvejomis gembėmis įrengiamos gamyklos išorinėje „A“ ašyje, kolonos su viena gembe, skirta tiltinio kranų pokraninėms sijoms atremti – „E“ ašyje. Kolonų skerspjūvis – 400x400 mm.

Gretimame, administracinių patalpų priestate, projektuojamos 400x400 mm skersmens kolonos su gembe, laikančia antrojo aukšto perdangą.

Kolonų armavimui naudojama S400 klasės išilginė armatūra bei S240 klasės skersinė armatūra.

2.4.3. Kiaurymėtos perdangos plokštės

Surenkamos g/b kiaurymėtos perdangos plokštės projektuojamos administracinio pastato priestatui. Šios plokštės naudojamos perdengiant statinio stogo denginį bei skirtingus pastato aukštų lygius. Stogo denginiui projektuojamos perdangos plokštės, atsižvelgiant į jas veikiančias sniego ir stogo denginio apkrovas, tarpaukštines plokštės – į nuolatinės ir naudojimo apkrovas.

Projekte parenkamos HCS 250 perdangos plokštės, 6000x1200x250 mm dimensijų, gelžbetoninės konstrukcijos armuotos iš anksto įtempta armatūra.

2.4.4. Santvaros

Plieninės santvaros konstrukcijos projektuojamos pagal STR 2.05.04:2005 [8] normatyvus. Gamybinėje pastato dalyje suprojektuota 24,0 m ilgio santvara sudaryta iš S355MH stiprumo klasės plieno kvadratinio profilio elementų. Viršutinei juostai parinkti 120x120x6 mm kvadratiniai profiliai, apatinei – 120x120x4 mm. Gniuždomiems spyriams naudojami 80x80x5 mm kvadratiniai profiliai, tempiamiems – 80x80x3,2 mm profiliai. Įrengta santvara gruntuojama ir padengiama antikoroziniais, bei ugniai atspariais dažais.

2.4.5. Stogo denginys

Gamybinio pastato stogas projektuojamas sutapdintas su vidine vandens nuvedimo sistema, administracinio – sutapdintas su išorine vandens nuvedimo sistema. Nuolydžiai, reikalingi vandeniui paskirstyti, formuojami iš akmens vatos arba smėlio, žvyro. Sutekėjęs vanduo patenka į lietaus nuotekų tinklus.

Gamybinių patalpų denginys sudarytas iš plieninių profiliuotos skardos paklotų, tvirtinamų prie, ant santvarų įrengtų, plieninių ilginių. Ant pakloto viršaus montuojama 30 mm storio kieta akmens vata ROB 80, dengiamas orą ir garus izoliuojantis XMV 020bas sluoksnis. Ant orą ir garus izoliuojančio sluoksnio tiesiama ROL 30 200 mm storio akmens vata bei ROB 80 30 mm storio kieta akmens vata. Stogo hidroizoliacinę dangą sudaro dviejų sluoksnių prilydoma ritininė bituminė danga. Stogo šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.150 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, pramoninės paskirties A energinio naudingumo klasės pastatų pagal STR 2.01.02:2016 stogų norminis šilumos perdavimo koeficientas $U_N = 0.16 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Dviaukštės pastato dalies stogo pagrindą sudaro HCS 250 kiaurymėtos perdengimo plokštės, nuolydį formuojantis smėlio ir žvyro sluoksnis, išlyginamasis 30 mm storio cementinio smėlio skiedinio sluoksnis, orą ir garus izoliuojantis XMV 020bas sluoksnis, 330 + 30 mm ROL 30 akmens vatos bei ROB 80 kietos akmens vatos sluoksnis. Stogas padengiamas dviejų sluoksnių prilydoma ritinine bitumine danga. Stogo šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.108 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, visuomeninės paskirties A energinio naudingumo klasės pastatų pagal STR 2.01.02:2016 stogų norminis šilumos perdavimo koeficientas $U_N = 0.11 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

2.4.6. Langai

Administracinėse ir gamyklinėse patalpose naudojami įvairių dydžių, dviejų stiklo paketų, plastikiniai langai su aliuminio profiliu. Numatoma RAL 7016 spalva, modeliujamų statinio langų šilumos perdavimo koeficientas neviršija norminio - $U_N = 1.30 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

2.4.7. Vartai

Gamybinio pastato dalyje įrengiami vartai – pramoniniai, automatinės pakėlimo pavaros.

2.4.8. Išorinės sienos

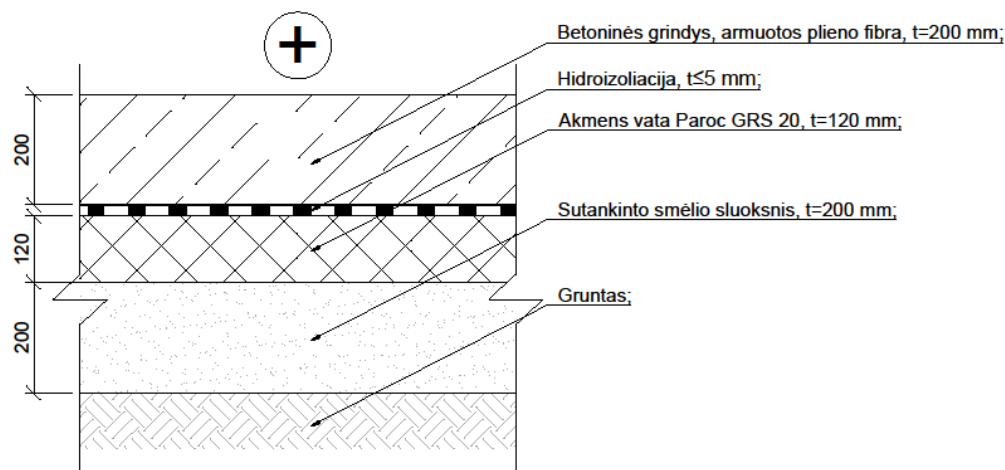
Išorinėms sienoms pasirinktos daugiasluoksnės, horizontalaus montavimo, plokštės – „Kingspan“ KS 1150 TL. Remiantis gaminių spalvų asortimentu, pasirinktos RAL 7016, RAL 3000, RAL 7035 spalvos. Projektuojamų sienų plokščių išmatavimai – 6000x1150x150 mm, pagal pasirinktą termoizoliacijos sluoksnio storį, produkto deklaruojamas šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.152 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Pramoninės paskirties A energinio naudingumo klasės pastatų pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [9] norminis šilumos perdavimo koeficientas $U_N = 0.20 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Tarp gamybinių ir administracinių patalpų reikalingos plokštės, pasižyminčios gera garso izoliacija. Šiam atvejui projektuojamos plokštės „Kingspan“ KS 1150 FA, kurių išmatavimai 6000x1150x100 mm, garso sugėrimo koeficientas $\alpha_w = 0.55(L)$, garso varža $R_w = 34 \text{ dB}$, garso absorbcijos klasė – D, šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.43 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

2.4.9. Grindys

Gamybinių patalpų grindys projektuojamos iš betoninės dangos. Pirmiausia paruošiamas 200 mm storio sutankinto smėlio sluoksnis, tiesiamas akmens vatos Paroc GRS 20 termoizoliacija, kurios storis 120 mm ir hidroizoliacijos sluoksnis, atskiriantis termoizoliaciją nuo liejamo 200 mm armuoto betono sluoksnio. Grindų paviršius apdirbamas šlifuojant.

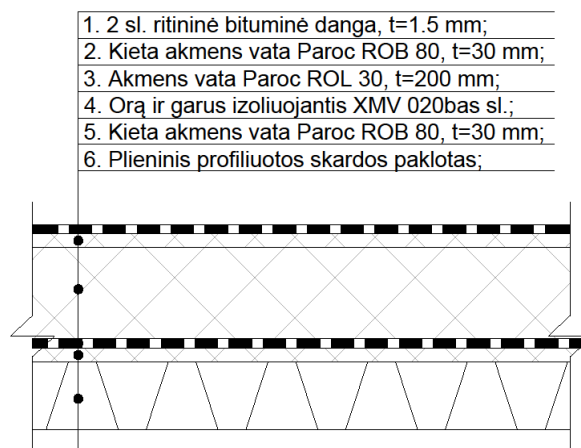
Administracinių patalpų danga dengiama akmens masės plytelėmis: smėlio sluoksnis sutankinamas, tiesiama 200 mm storio šilumos izoliacija Styrofoam 300 SL–A–N, hidroizoliacija, 200 mm g/b armuota grindų plokštė, šilumos ir garso izoliacija ISOVER FLO 30 mm, skiriamasis hidroizoliacijos sluoksnis, armuotas išlyginamasis cementinis sluoksnis – 60 mm storio ir klijuojama akmens masės plytelių danga.



2.4.7.1. pav. Gamybinių patalpų grindų detalė

2.5. Stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

2.5.1. Gamybinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas



2.5.1.1. pav. Gamybinių patalpų stogo detalė

Skaičiuojamas gamybinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas:

1. Prilydomos ritininės dangos sluoksnio šiluminė varža:

$$R_1 = 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W};$$

2. Kietos akmens vatos Paroc ROB 80 deklaruojamasis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_D = 0.038 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje atitvaroje, pagal [9]:

$$\Delta\lambda_{\omega} = 0.002 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$, pataisa dėl oro konvekcijos nereikiama.

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0.038 + 0.002 + 0 = 0.040 \frac{W}{m \cdot K}; \quad (2.5.1.1)$$

Sluoksnių šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.03}{0.04} = 0.75 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (2.5.1.2)$$

Akmens vatos Paroc ROL 30 deklaruojamasis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_D = 0.038 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje atitvaroje, pagal [9]:

$$\Delta\lambda_{\omega} = 0.002 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$, pataisa dėl oro konvekcijos nereikiama.

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} = 0.038 + 0.002 + 0 = 0.040 \frac{W}{m \cdot K};$$

Sluoksnių šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.20}{0.04} = 5.0 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

3. Garo izoliacija XNV 020bas priskiriama prie plonų sluoksnių, šiluminė varža:

$$R_4 = 0.02 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

Bendra stogo dangos šiluminė varža:

$$R = R_{se} + R_1 + 2 \cdot R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} = 0.04 + 0.02 + 2 \cdot 0.75 + 5.0 + 0.02 + 0.1 = 6.68 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (2.5.1.3)$$

Čia:

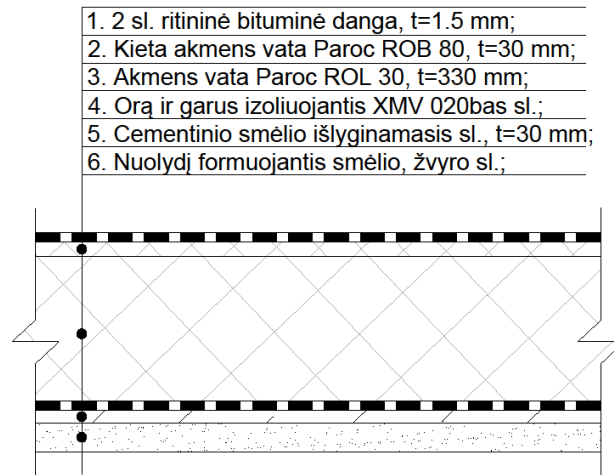
R_{si} – vidinio paviršiaus šiluminė varža;

R_{se} – išorinio paviršiaus šiluminė varža.

Stogo šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{6.68} = 0.150 \frac{W}{m^2 \cdot K}; \quad (2.5.1.4)$$

2.5.2. Administracinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas



2.5.2.1. pav. Administracinių patalpų stogo detalė

Skaičiuojamas administracinių patalpų stogo šilumos perdavimo koeficientas:

1. Prilydomos ritinės dangos sluoksnio šiluminė varža:

$$R_1 = 0.02 \frac{(m^2 \cdot K)}{W};$$

2. Kietos akmenis vatos Paroc ROB 80 deklaruojamasis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_D = 0.038 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje atitvaroje, pagal [9]:

$$\Delta\lambda_\omega = 0.002 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$, pataisa dėl oro konvekcijos nereikiama.

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{cv} = 0.038 + 0.002 + 0 = 0.040 \frac{W}{m \cdot K};$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.03}{0.04} = 0.75 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

3. Akmens vatos Paroc ROL 30 deklaruojamasis šilumos laidumo koeficientas:

$$\lambda_D = 0.038 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl medžiagos įdrėkimo nevėdinamoje atitvaroje [9]:

$$\Delta\lambda_\omega = 0.002 \frac{W}{m \cdot K};$$

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$, pataisa dėl oro konvekcijos nereikiama.

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{cv} = 0.038 + 0.002 + 0 = 0.040 \frac{W}{m \cdot K};$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.330}{0.04} = 8.25 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

4. Garo izoliacija XNV 020bas priskiriama prie plonų sluoksnių, šiluminė varža:

$$R_4 = 0.02 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

5. Cementinio smėlio išlyginamojo sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas pagal [9]:

$$\lambda_{ds} = 1.00 \frac{W}{m \cdot K};$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_5 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.03}{1.00} = 0.03 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

6. Nuolydį formuojantis smėlio, žvyro sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas [9]:

$$\lambda_{ds} = 2.00 \frac{W}{m \cdot K};$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_5 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0.06}{2.00} = 0.03 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

Bendra stogo dangos šiluminė varža:

$$R = R_{se} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} \\ = 0.04 + 0.02 + 0.75 + 8.25 + 0.02 + 0.03 + 0.03 + 0.1 = 9.24 \frac{m^2 \cdot K}{W};$$

Čia:

R_{si} – vidinio paviršiaus šiluminė varža;

R_{se} – išorinio paviršiaus šiluminė varža.

Stogo šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9.24} = 0.108 \frac{W}{m^2 \cdot K};$$

3. KONSTRUKCINĖ DALIS. SANTVAROS SKAIČIAVIMAS

Projektuojamos gamybinio pastato santvaros, esančios 1–13 ašyse, išdėstytos 6 m. žingsniu. Santvaros sudarytos iš S355MH klasės kvadratinio skerspjūvio vamzdžių profilių.

3.1. Apkrovų skaičiavimas

Projektuojamas pastatas Kauno rajone. Sniego apkrova tenkanti 1 m² žemės horizontalaus paviršiaus ploto, imama priklausomai nuo Lietuvos sniego apkrovos rajono. Esamu atveju priimamas I sniego apkrovos rajonas. Sniego apkrovos formos koeficientas μ pasirenkamas pagal apkrovų schemą [[8] 2 priedas 1 lentelė I schemą].

Sniego apkrovos į stogo horizontaliąją projekciją dydis nustatomas pagal formulę:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k; \quad (3.1.1)$$

Čia:

s_k – sniego dangos ant 1 m² horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakterinė reikšmė;

μ_i – stogo sniego apkrovos formos koeficientas ($\mu_i = 1,0$, kai $\alpha < 25^\circ$);

C_e – atodangos koeficientas ($C_e = 1,0$);

C_t – terminis koeficientas ($C_t = 1,0$);

Virš projektuojamos santvaros sniego maišai nesusidarys, o dėl mažo stogo nuolydžio, bus skaičiuojamas tik pirmas sniego apkrovos variantas, kai $\mu = 1.0$:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.2 = 1.2 \frac{kN}{m^2};$$

Charakteristinė sniego apkrova tenkanti vienam tiesiniam metrui:

$$q_s = 1.2 \cdot 6 = 7.2 \frac{kN}{m};$$

Apskaičiuojama apkrova dėl vėjo poveikio Kauno rajone, priklausiančiam 1 vėjo rajonui, vėjo greitis $v=24$ m/s.

Skaičiuojama atskaitinė vėjo greičio reikšmė:

$$v_{ref} = C_{DIR} \cdot C_{ALT} \cdot C_{TEM} \cdot v_{ref,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 24 = 24.0 \frac{m}{s}; \quad (3.1.2)$$

C_{DIR} – vėjo krypties koeficientas ($C_{DIR}=1.0$);

C_{ALT} – aukščio virš jūros lygio koeficientas (Visoje Lietuvos teritorijoje $C_{ALT}=1.0$);

C_{TEM} – statybos laikotarpio koeficientas ($C_{TEM} = 1.0$);

Atskaitinis vėjo slėgis q_{ref} :

$$q_{ref} = v_{ref}^2 \cdot \frac{\rho}{2} = 24.0^2 \cdot \frac{1.25}{2} = 360 \frac{N}{m^2} = 360 \frac{kN}{m^2}; \quad (3.1.3)$$

ρ – audros metu esantis vėjo oro tankis;

Skaičiuojama vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji [8]:

$$\omega_{me1} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot C_e = 0.360 \cdot 0,68 \cdot 0,8 = 0.196 \frac{kN}{m^2}; \quad (3.1.4)$$

$$\omega_{me2} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot C_e = 0.360 \cdot 0,68 \cdot (-0.6) = -0.147 \frac{kN}{m^2};$$

$c(z)$ – vėjo slėgio pokytis pagal aukštį z . ($z = 11.50$ m);

C_e – aerodinaminis koeficientas;

Stogo konstrukcijos apkrova pateikiama 3.1.1. lentelėje.

3.1.1. lentelė. Stogo konstrukcijos apkrova

	Apkrovos rūšis	Charakteristinė apkrova q_k , kN/m	Patikimumo koeficientas, γ_G	Skaičiuotinė apkrova q_d , kN/m
1.	2 sl. Bituminė ruloninė danga	0.074	1.35	0.100
2.	Kieta akmens vata Paroc ROB 80, d=30 mm	0.069	1.35	0.093
3.	Akmens vata Paroc ROL 30, d=200 mm	0.160	1.35	0.216
4.	Oro ir garų izoliacija Paroc XMV 020bas	0.001	1.35	0.001
5.	Kieta akmens vata Paroc ROB 80, d=30mm	0.069	1.35	0.093
6.	Profiliuotas plieninės skardos paklotas	0.098	1.35	0.132
	Viso:	0.471		0.635

Denginį laikančiosios santvaros savasis svoris:

$$g_{k,sant} = k_s \cdot l_1 \cdot l \cdot a = 7.0 \cdot 24.0 \cdot 6.0 \cdot 3.0 \cdot 10^{-3} = 3.024 \text{ kN};$$

Čia:

K_s – koef. Priklausantis nuo santvaros ilgio;

l_1 – santvaros ilgis;

l – atstumas tarp santvarų;

a – atstumas tarp santvaros mazgų.

3.2. Ilginio skaičiavimas

Ilginio konstrukcijos parinkimas:

Ilginiai gaminami iš lovinio skerspjūvio S355 plieno markės profilių. Ant santvaros viršutinės juostos ilginiai išdėstomi 3 m žingsniu.

Poveikių deriniai:

Ilginiai veikiami nuolatinės ir kintamosios apkrovos. Nuolatinę apkrovą sudaro stogo denginio elementai ir profiliuotas plieninės skardos paklotas, kintamąją – sniego apkrova.

Skaičiuojamas saugos ribinis būvis:

$$E_d = 1.35 \cdot \Sigma G_{k,j} + 1.30 \cdot Q_{k,j} = 1.35 \cdot 0.471 + 1.30 \cdot 1.20 = 2.196 \frac{kN}{m^2}; \quad (3.2.1)$$

Skaičiuojamas tinkamumo ribinis būvis:

$$E_d = 1.0 \cdot \Sigma G_{k,j} + 1.00 \cdot Q_{k,j} = 1.0 \cdot 0.471 + 1.00 \cdot 1.20 = 1.671 \frac{kN}{m^2}; \quad (3.2.2)$$

Ilginio skerspjūvio skaičiavimas:

Paskirstytas krūvis į ilginį:

$$q_{ilg,d} = b \cdot E_d = 3 \cdot 1.671 = 5.013 \frac{kN}{m};$$

Maksimalus ilginio lenkimo momentas:

$$M_{y,d} = \frac{q_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{5.013 \cdot 6.0^2}{8} = 22.559 \text{ kNm}; \quad (3.2.3)$$

Skaičiuojamas reikiamas ilginio atsparumo momentas:

$$W_{y,d} \geq \frac{M_{y,d}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{22.559 \cdot 10^{-3}}{322.73 \cdot 1.0} = 69.901 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3; \quad (3.2.4)$$

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1.1} = 322.73 \frac{N}{mm^2}; \quad (3.2.5)$$

Čia:

γ_c – darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.08:2005 [10] 6.5 lentelė);

$f_{y,d}$ – skaičiuotinas plieno stipris pagal takumo ribą;

$M_{y,d}$ – didžiausias lenkimo momentas;

f_y – plieno stipris pagal takumo ribą (plienas S355J0) $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$;

γ_M – medžiagos patikimumo koeficientas [[10] 35 p.].

Ilginio įlinkio skaičiavimas:

Apskaičiuojamas ribinis įlinkis [[8] 17.1 lentelė];

$$d_{lim} = \frac{l}{200} = \frac{6}{200} = 0.030 \text{ m}; \quad (3.2.6)$$

Reikiamas inercijos momentas:

$$I_{x, reik} \geq \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{y,k} \cdot l^4}{E \cdot d_{lim}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5.013 \cdot 10^3 \cdot 6.0^4}{210 \cdot 10^9 \cdot 0.030} = 1342.768 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4; \quad (3.2.7)$$

Parinkamas lovyς – UPN 180. $W_x = 150 \text{ cm}^3$, $W_y = 22.4 \text{ cm}^3$, $I_x = 1350 \text{ cm}^4$, $I_y = 114.0 \text{ cm}^4$, $b = 70 \text{ mm}$, $h = 180 \text{ mm}$; $t_f = 11,0 \text{ mm}$, $t_w = 8,0 \text{ mm}$, $m = 22.0 \text{ kg/m}$.

Tikrinamas stiprumas:

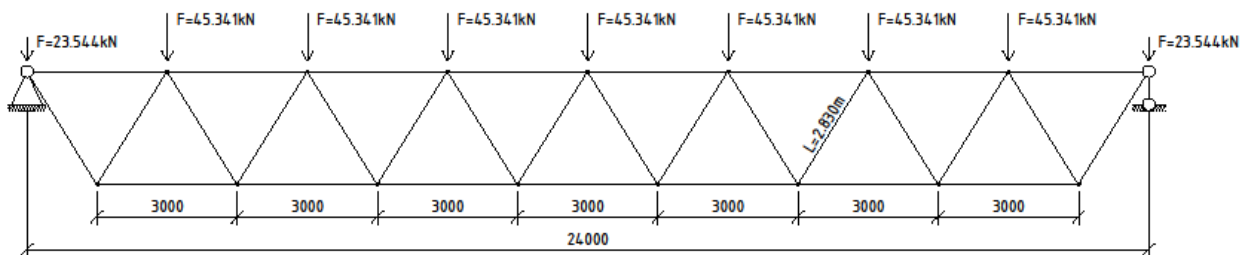
$$\sigma = \frac{M_{d,y}}{W_x} = \frac{22.559 \cdot 10^{-3}}{150 \cdot 10^{-6}} = 150.39 \text{ MPa} < 322.73 \text{ MPa}; \quad (3.2.8)$$

Įtempiai ribinių reikšmių neviršija.

3.3. Plieninės santvaros projektavimas

3.3.1. Skaičiuojamoji schema, konstrukcijos parinkimas

Projektuojama santvara iš stačiakampio skerspjūvio plieninių S355MH plieno markės vamzdžių, tarptraimis – 24 m., santvaros išdėstomos 6 m. žingsniu. Taikant vamzdinius skerspjūvius, santvarą skaičiuoti pagal lankstinę (šarnyrinę) schemą leidžiama, nes skerspjūvio aukščio santykis su elemento ilgiu neviršija 1/10.



3.3.1.1. pav. Santvaros skaičiuojamoji schema

Skaičiuojama nuolatinė santvaros mazgų apkrova.

Vidurinių mazgų:

$$\text{Charakteristinė apkrova} - G_{k,1} = q_{k, \text{stog}} \cdot l \cdot a + m_{ilg} \cdot g \cdot l + g_{k, \text{sant}} = 0.471 \cdot 6.0 \cdot 3.0 + 0.022 \cdot 9.81 \cdot 6.0 + 3.024 = 12.797 \text{ kN};$$

$$\text{Skaiciuojamoji apkrova} - G_{d,1} = q_{d, \text{stog}} \cdot l \cdot a + m_{ilg} \cdot g \cdot l \cdot \gamma_Q + g_{k, \text{sant}} \cdot \gamma_Q = 0.635 \cdot 6.0 \cdot 3.0 + 0.022 \cdot 9.81 \cdot 6.0 \cdot 1.35 + 3.024 \cdot 1.35 = 17,261 \text{ kN};$$

Kraštinių mazgų

$$\text{Charakteristinė apkrova} - G_{k,2} = q_{k, \text{stog}} \cdot l \cdot \frac{a}{2} + m_{ilg} \cdot g \cdot l + \frac{g_{k, \text{sant}}}{2} = 0.471 \cdot 6.0 \cdot 1.5 + 0.022 \cdot 9.81 \cdot 6.0 + \frac{3.024}{2} = 7.046 \text{ kN};$$

$$\text{Skaiciuojamoji apkrova} - G_{d,2} = q_{d, \text{stog}} \cdot l \cdot \frac{a}{2} + m_{ilg} \cdot g \cdot l \cdot \gamma_Q + \frac{g_{k, \text{sant}}}{2} \cdot \gamma_Q = 0,635 \cdot 6.0 \cdot 1.5 + 0.022 \cdot 9.81 \cdot 6.0 \cdot 1.35 + \frac{3.024}{2} \cdot 1.35 = 9,504 \text{ kN};$$

Skaiciuojama laikinoji santvaros mazgų apkrova.

Vidurinių mazgų:

$$\text{Charakteristinė apkrova} - G_{k,3} = s_k \cdot a \cdot l = 1.2 \cdot 3.0 \cdot 6 = 21.6 \text{ kN};$$

$$\text{Skaiciuojamoji apkrova} - G_{d,3} = s_d \cdot a \cdot l = 1.56 \cdot 3.0 \cdot 6 = 28.08 \text{ kN};$$

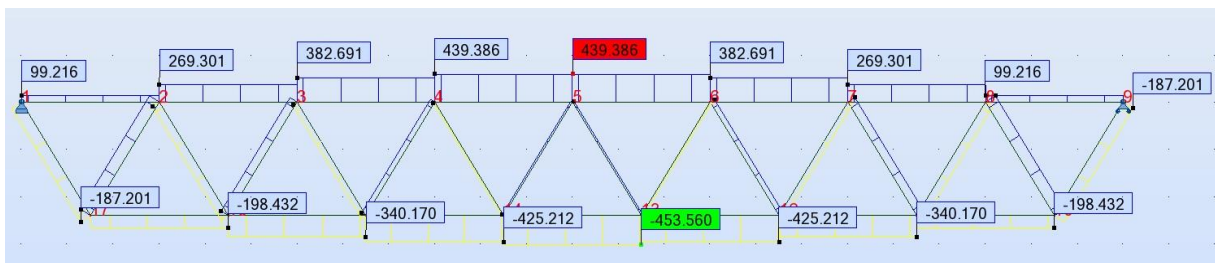
Kraštiniu mazgų:

$$\text{Charakteristinė apkrova} - G_{k,4} = S \cdot \frac{a}{2} \cdot l = 1.2 \cdot \frac{3.0}{2} \cdot 6 = 10.8 \text{ kN};$$

$$\text{Skaiciuojamoji apkrova} - G_{d,4} = S \cdot \frac{a}{2} \cdot l = 1.56 \cdot \frac{3.0}{2} \cdot 6 = 14.04 \text{ kN};$$

3.3.2. Santvaros įrašų skaičiavimas

Santvaros įrašos skaičiuojamos programa Autodesk RSA. Skaičiavimo duomenys pateikti prieduose.



3.3.2.1. pav. Ašinių jėgų diagrama

3.3.2.1. lentelė. Įrašos veikiančios santvaros elementuose

Santvaros elementai	Spyriai	Elemento ilgis, m	Skaičiuojamosios įrašos, kN
1	2	3	4
Viršutinė juosta	1–2	3,000	99,216
	2–3	3,000	269,301
	3–4	3,000	382,691
	4–5	3,000	439,386
	5–6	3,000	439,386
	6–7	3,000	382,691
	7–8	3,000	269,301
	8–9	3,000	99,216
Apatinė juosta	10–11	3,000	–198,432
	11–12	3,000	–340,170
	12–13	3,000	–425,212
	13–14	3,000	–453,560
	14–15	3,000	–425,212
	15–16	3,000	–340,170
	16–17	3,000	–198,432
Spyriai	1–17	2,830	–187,201
	2–17	2,830	187,201
	2–16	2,830	–133,715
	3–16	2,830	133,715
	3–15	2,830	–80,229
	4–15	2,830	80,229
	4–14	2,830	–26,743
	5–14	2,830	26,743
	5–13	2,830	26,743
	6–13	2,830	–26,743
	6–12	2,830	80,229
	7–12	2,830	–80,229
	7–11	2,830	133,715
	8–11	2,830	–133,715
	8–10	2,830	187,201
9–10	2,830	–187,201	

3.3.3. Santvaros viršutinės juostos skaičiavimas

Santvaros elementai gaminami iš kvadratinio skerspjūvio vamzdžių. Naudojamas plienas S355MH markės, kurio stipris pagal takumo ribą $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$, skaičiuojamasis stipris:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,727 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad (3.3.3.1)$$

Maksimali įraša veikianti santvaros viršutinėje juostoje $N_{Ed} = 439,386 \text{ kN}$;

Pasirenkamas sąlyginis liaunus $\lambda = 80$. Interpoliuojant randamas klupumo koeficientą $\varphi = 0,600$.

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{439.386 \cdot 10^3}{0.6 \cdot 322.727 \cdot 1.0} = 2269 \text{ mm}^2 = 22.69 \text{ cm}^2; \quad (3.3.3.2)$$

Čia:

γ_c – darbo sąlygų koeficientas. Gniuždomiems elementams imamas $\gamma_c = 1,0$ [[10] 7.1 lentelė].

Skaičiuojamieji strypo ilgiai: $l_{y,eff} = l_{z,eff} = 3,00m$.

Reikiami inercijos spinduliai:

$$i_y = \frac{l_{y,eff}}{\lambda} = \frac{3.00}{80} = 0.0375 \text{ m} = 375 \text{ cm}; \quad (3.3.3.3)$$

Iš asortimento parenkamas kvadratinio skerspjūvio vamzdis:

120x120x6, kurio:

$$A = 22.7 \geq A_{net,d} = 22.69 \text{ cm}^2, i_y = i_z = 4.98 \text{ cm};$$

Skaičiuojamas strypų liaunis ašies y ir z kryptimi:

$$\lambda_z = \lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{3.00}{0.0498} = 60.24; \quad (3.3.3.4)$$

Klupumo koeficientas nustatomas interpoliacijos būdu [[10] 1 priedo 1 lentelės], pagal liaunį $\lambda_z = 60.24$ ir takumo ribą $f_{y,d} = 322.727 \frac{N}{\text{mm}^2}$.

Kai liaunis $\lambda = 60.24$ ir $f_{y,d} = 320 \frac{N}{\text{mm}^2}$, tai:

$$\varphi_1 = \frac{(70 - 60.24) \cdot (0.766 - 0.687)}{70 - 60} + 0.687 = 0.764;$$

Kai liaunis $\lambda = 60.24$ ir $f_{y,d} = 360 \frac{N}{\text{mm}^2}$, tai:

$$\varphi_2 = \frac{(70 - 60.24) \cdot (0.749 - 0.654)}{70 - 60} + 0.654 = 0.747;$$

Kai liaunis $\lambda = 60.24$ ir $f_{y,d} = 322.727 \frac{N}{\text{mm}^2}$, tai:

$$\varphi_3 = \frac{(360 - 322.727) \cdot (0.764 - 0.747)}{(360 - 320)} + 0.764 = 0.763;$$

$$N_{c,Rd,z} = \varphi_z \cdot A_{net,d} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0.763 \cdot 22.7 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 1.0 = 558.966 \text{ kN}; \quad (3.3.3.5)$$

Ribinis liaunis juostoms, atraminiams spyriams ir statramsčiams:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0.786 = 132.84; \quad (3.3.3.6)$$

$$\alpha_y = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{439.386}{558.966} = 0.786 \leq 1; \quad (3.3.3.7)$$

Čia:

α – koeficientas, imamas ne mažiau kaip 0,5 ir apskaičiuojamas iš pastovumo sąlygos [[10] 7.18 lentelė].

$$\lambda_z = 60.24 < \lambda_u = 132.84;$$

Pastaba: sąlyga tenkinama.

3.3.4. Santvaros apatinės juostos skaičiavimas

Santvaros apatinė juosta skaičiuojama kaip centriškai tempiamas elementas.

Maksimali įraža veikianti santvaros apatinėje juostoje $N_{Ed} = 453,560 \text{ kN}$;

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įražą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{453.560 \cdot 10^3}{322.727 \cdot 0.95} = 1479 \text{ mm}^2 = 14.79 \text{ cm}^2; \quad (3.3.4.1)$$

čia: $A_{net,d}$ – reikiamas grynasis skerspjūvio plotas;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas. Tempiamiems elementams imamas $\gamma_c = 0,95$;

$f_{y,d}$ – skaičiuotinas tempiamasis (gniuždomasis) metalo stipris pagal stiprumo ribą [[10] 6.5 lentelė].

Iš asortimento parenkamas kvadratinio skerspjūvio vamzdis:

120x120x4, kurio:

$$A = 18.40 \geq A_{net,d} = 14.79 \text{ cm}^2, i_y = i_z = 4.72 \text{ cm};$$

Tikrinamas skerspjūvio stiprumas [[10] 7.3 formulė]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{453.560}{564.127} = 0.80 < 1.0; \quad (3.3.4.2)$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 18.40 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 0.95 = 564.127 \text{ kN}; \quad (3.3.4.3)$$

Pastaba: sąlyga tenkinama.

Tikrinami strypų ribiniai liauniai:

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i} = \frac{3.00}{0.0472} = 63.56 \leq \lambda_{u,t} = 400;$$

Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 3.00 \text{ m};$$

$\lambda_{u,t} = 400$, esant plokščioms santvaroms, veikiant statinei apkrovai. [[10] 7.19 lentelė].

Pastaba: sąlyga tenkinama.

3.3.5. Santvaros spyrių skaičiavimas

Visi elementai projektuojami iš kvadratinio skerspjūvio profilių. 2–17, 3–16, 4–15, 5–14, 5–13, 6–12, 7–11, 8–10 projektuojami kaip gniuždomi elementai pagal gniuždymo jėgą $2 - 17 N = 187.201 kN$. 1–17, 2–16, 3–15, 4–14, 6–13, 7–12, 8–11, 9–10 – kaip tempiamieji elementai pagal tempimo jėgą $N = -187.201 kN$.

Skaičiuojami gniuždomi elementai

Pasirenkamas sąlyginis liaunis $\lambda = 100$. Interpoliavimo būdu randame klupumo koeficientą $\varphi = 0,445$.

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{187.201 \cdot 10^3}{0.445 \cdot 322.727 \cdot 1.0} = 1304 mm^2 = 13,04 cm^2;$$

Čia:

γ_c – darbo sąlygų koef. Atraminiams spyriams imamas $\gamma_c = 1$ [[10] 7.1 lentelė].

Spyriai turi tenkinti šias sąlygas:

$$b \leq B - 3(t_f + t) = 120 - 3 \cdot (4 + 5) = 93 mm; \quad (3.3.5.1)$$

Čia:

B – apatinės juostos plotis;

t_f – juostos sienelės storis;

t – spyrio sienelės storis.

$$b > 0.6 \cdot B = 0.6 \cdot 120 = 72 mm; \quad (3.3.5.2)$$

Čia:

B – viršutinės juostos plotis.

Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0.9 \cdot l = 0.9 \cdot 2.83 = 2.547 m;$$

Reikiami inercijos spinduliai:

$$i_y = i_z = \frac{l_{y,eff}}{\lambda} = \frac{2.547}{100} = 0.0255 = 2,55 cm;$$

Iš asortimento parenkamas kvadratinio skerspjūvio vamzdis $80 \times 80 \times 5 mm$, kurio:

$$A = 14.70 cm^2 \geq A_{net,d} = 13,04 cm^2, i_y = i_z = 3.05 mm;$$

Skaičiuojami strypų liauniai ašies y ir z kryptimi:

$$\lambda_z = \lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{2.547}{0.0255} = 99,88;$$

Klupumo koeficientą nustatome interpoliacijos būdu [[10] 1 priedo 1 lentelė], pagal didesnę liaunį $\lambda_z = 99.88$ ir takumo ribą $f_{y,d} = 322.727 \frac{N}{mm^2}$;

Kai liaunis $\lambda_z = 99.88$ ir $f_{y,d} = 320 \frac{N}{mm^2}$, tai:

$$\varphi_1 = \frac{(100 - 99.88) \cdot (0.522 - 0.448)}{100 - 90} + 0.448 = 0.449;$$

Kai liaunis $\lambda_z = 99.88$ ir $f_{y,d} = 360 \frac{N}{mm^2}$, tai:

$$\varphi_2 = \frac{(100 - 99.88) \cdot (0.483 - 0.408)}{100 - 90} + 0.408 = 0.409;$$

Kai liaunis $\lambda_z = 99.88$ ir $f_{y,d} = 322.727 \frac{N}{mm^2}$, tai:

$$\varphi_3 = \frac{(360 - 322.727) \cdot (0.449 - 0.409)}{(360 - 320)} + 0.409 = 0.446;$$

$$N_{c,Rdz} = \varphi_z \cdot A_{net,d} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0.446 \cdot 14.70 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 1.0 = 211,586 \text{ kN};$$

Ribinis liaunis juostoms, atraminiams spyriams ir statramsčiams:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0.885 = 126.90;$$

$$\alpha_y = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{187.201}{211.586} = 0.885 \leq 1;$$

Čia:

α – koeficientas, imamas ne mažiau kaip 0,5 ir apskaičiuojamas iš pastovumo sąlygos [[10] 7.18 lentelė].

$$\lambda_z = 99.88 < \lambda_u = 126.90;$$

Pastaba: sąlyga tenkinama.

Skaičiuojami tempiami elementai

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{187.201 \cdot 10^3}{322.727 \cdot 0.95} = 551,1 \text{ mm}^2 = 5,51 \text{ cm}^2;$$

čia: $A_{net,d}$ – reikiamas grynasis skerspjūvio plotas;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas. Tempiamiems elementams imamas $\gamma_c = 0,95$;

$f_{y,d}$ – skaičiuotinas tempiamasis (gniuždomasis) metalo stipris pagal stiprumo ribą [[10]

6.5 lentelė].

Iš asortimento parenkamas kvadratinio skerspjūvio vamzdis:

80x80x3.2, kurio:

$$A = 9.72 \geq A_{net,d} = 5,51 \text{ cm}^2, i_y = i_z = 3.13 \text{ cm};$$

Tikrinamas skerspjūvio stiprumas [[10] 7.3 formulė]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{187.201}{298.006} = 0.63 < 1.0;$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 9.72 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 0.95 = 298.006 \text{ kN};$$

Pastaba: sąlyga tenkinama.

3.3.4.1. lentelė. Santvaros strypų suvestinė

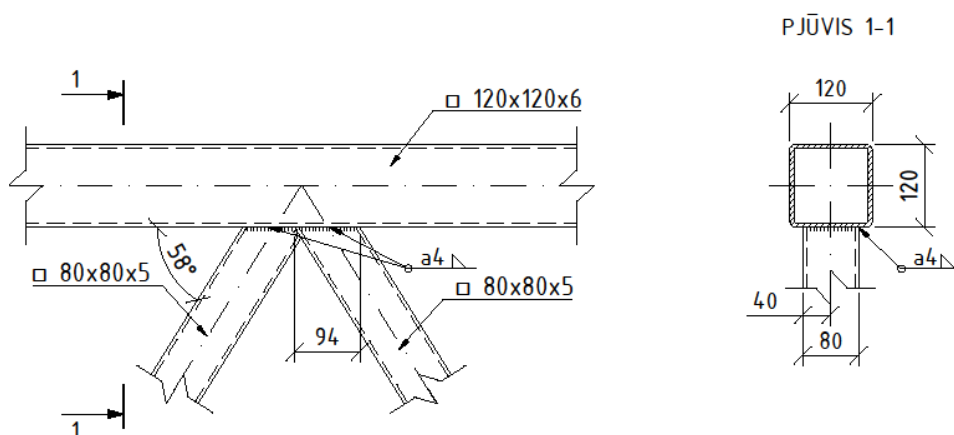
Santvaros elementai	Strypai	Elemento ilgis, m	Strypo skerspjūvis, mm	Skerspjūvio plotas, cm ²	Skerspjūvio masė, kg/m	Strypo masė, kg
1	2	3	4	5	6	7
Viršutinė juosta	1–2	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	2–3	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	3–4	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	4–5	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	5–6	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	6–7	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	7–8	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
	8–9	3,000	120x120x6	27,00	21,20	63,60
Apatinė juosta	10–11	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	11–12	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	12–13	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	13–14	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	14–15	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	15–16	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
	16–17	3,000	120x120x4	18,40	14,40	43,20
Spyriai	1–17	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	2–17	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	2–16	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	3–16	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	3–15	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	4–15	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	4–14	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	5–14	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	5–13	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	6–13	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	6–12	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	7–12	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	7–11	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
	8–11	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59
	8–10	2,830	80x80x5	14,70	11,60	32,83
9–10	2,830	80x80x3,2	9,72	7,63	21,59	

Santvaros viršutinė ir apatinė juosta sudaroma iš vientiso elemento profilio. Kadangi didžiausias strypo ilgis siekia 24 m., elementų transportavimas vykdomas naktiniu paros metu, vietose išmontuojant gatvių šviesoforų stulpus ir kitas kliūtis, kurios apriboja tokių gabaritų transporto priemonės sukimosi spindulį.

3.3.6. Santvaros mazgų skaičiavimas

5 mazgo skaičiavimas

Gniuždomo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas



3.3.6.1. pav. 5 mazgo skaičiuojamoji schema

Santvaros elementai gaminami iš S355MH klasės plieno. Kertinės siūlės, jungiančios tinklelio ir juostos elementus, virinamos pusiau automatiniu būdu. Virinimui naudojama elektrodinė viela G38.

1) Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Plieno skaičiuotinis stipris $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1.1} = 322.727 \text{ MPa}$, įrašos ženklų koeficientas

$\gamma_1 = 1.0$, nes tinklelio elementas gniuždomas.

Kadangi

$$\frac{|N_0|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{439,386}{27.00 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3} = 0.648 > 0.5; \quad (3.3.6.1)$$

Santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1.5 - \frac{|N_0|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = 1.5 - 0.648 = 0.852; \quad (3.3.6.2)$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0.12 - 0.08}{2} = 0.02 \text{ m}; \quad (3.3.6.3)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$b = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0.08}{\sin 58} = 0.09 \text{ m}; \quad (3.3.6.4)$$

Pusė atstumo tarp gretimų tinklelio elementų sienučių: $g = \frac{-0.019}{2} = -0.0095 \text{ m}$.

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0.08}{0.12} = 0.67 < 0.9$ ir $\frac{g}{b} = \frac{-0.0095}{0.09} = -0.11 < 0.25$;

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1.5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (b + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{\left(\left(0.4 + 1.8 \cdot \frac{g}{b} \right) \cdot a \cdot \sin \theta_1 \right)}; \quad (3.3.6.5)$$

Lenkiamasis momentas elemente ties juostos kraštu dėl mazgo standumo nevertinamas:

$M_1 = 0$;

$$\begin{aligned} & |80.229| + \frac{1.5 \cdot |0|}{0.08} = 80.229 \\ & < \frac{0.95 \cdot 1.0 \cdot 0.852 \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 0.006^2 \cdot (0.09 - 0.0095 + \sqrt{2 \cdot 0.12 \cdot 0.02})}{\left(\left(0.4 + 1.8 \cdot \frac{-0.0095}{0.09} \right) \cdot 0.02 \cdot \sin 58^\circ \right)} \\ & = 395.45 \text{ kN}; \end{aligned}$$

Čia: $\gamma_c = 0,95$ [[10] 7.1 lentelė].

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario sąlyga tenkinama.

2) Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį – $\gamma_t = 1.0$, kadangi $\frac{h_0}{t_0} = \frac{120}{6} = 20 < 25$;

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį – $k = 1$, kadangi

$$\frac{h_0}{t_0} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0.2 \cdot f_{y,d} + 81.8; \quad (3.3.6.6)$$

$$\frac{120}{6} = 20 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727^2 - 0.2 \cdot 322.727 + 81.8 = 42.77;$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq \frac{2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_1}{\sin^2 \theta_1}; \quad (3.3.6.7)$$

$$80.229 < \frac{2 \cdot 0.95 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 0.006 \cdot 0.08}{\sin^2 58^\circ} = 347.06 \text{ kN};$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

3) Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį – $k = 1$, kadangi

$$\frac{b_1}{t_1} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0.2 \cdot f_{y,d} + 81.8;$$

$$\frac{80}{5} = 16 < 2.45 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727^2 - 0.2 \cdot 322.727 + 81.8 = 42.77;$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0.5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot A_1}{1 + 0.013 \cdot \frac{b_0}{t_0}}; \quad (3.3.6.8)$$

Čia: $M_1 = 0$.

$$80.229 \leq \frac{1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 14.70 \cdot 10^{-4}}{1 + 0.013 \cdot \frac{0.12}{0.006}} = 376.51 \text{ kN};$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

4) Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virint naudojama elektrodinė viela G38, kurios charakteristinis stipris $f_{yw,u} = 470 \text{ MPa}$.

Plieno stipris pagal stiprumo ribą $f_u = 450 \text{ MPa}$ [[10] 6.13 lentelė].

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

1. Per siūlės metalą [[10] 6.11 lentelė]:

$$f_{vw,f,d} = 0.55 \cdot \left(\frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} \right) = 0.55 \cdot \frac{470}{1.25} = 206.8 \text{ MPa}; \quad (3.3.6.9)$$

Čia:

γ_{Mw} – virintinės siūlės metalo medžiagos patikimumo coef. [[10] 6.11 lentelė].

2. Per suvirinimo srities metalą [[10] 6.11 lentelė]:

$$f_{vw,z,d} = 0.45 \cdot f_u = 0.45 \cdot 450 = 202.5 \text{ MPa}; \quad (3.3.6.10)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $Bwf = 0.9$; $Bwz = 1.05$ [[10] 7.30 lentelė].

Tikrinama ar parinkta tinkama elektrodinė viela [[10] 7.136 formulė].:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \cdot \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}};$$

$$202.5 < 206.8 < 236.25 \text{ MPa};$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

Skaičiuojame siūlės statinį:

$$k_f = \frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \sum l_{w,eff} \cdot \gamma_c} = \frac{80.229 \cdot 10^3}{0.9 \cdot 206.8 \cdot 268.67 \cdot 1.0} = 1.60 \text{ mm}; \quad (3.3.6.11)$$

$$\sum l_{w,eff} = \frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 = \frac{2 \cdot 80}{\sin 58} + 80 = 268.67 \text{ mm}; \quad (3.3.6.12)$$

Siūlės aukštį, pagal reikalavimus minimaliems siūlių statiniams, priimame $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$\left(|N_1| + \frac{0.5 \cdot |M_1|}{h_1} \right) \cdot \frac{0.75 + 0.01 \cdot \frac{b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d}; \quad (3.3.6.13)$$

$$80.229 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\left(0.75 + 0.01 \cdot \frac{0.12}{0.006} \right)}{0.9 \cdot 0.004 \cdot \left(2 \cdot \frac{0.08}{\sin 58^\circ} + 0.08 \right)} = 78.80 < 1.0 \cdot 206.8 = 206.8 \text{ MPa};$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

Tempiamojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas

1) Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Iražos ženklo koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas tempiamas.

$$\text{Kadangi } \frac{|N_0|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{439,386}{27.00 \cdot 10^{-4} \cdot 322.727 \cdot 10^3} = 0.648 > 0.5;$$

Santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1.5 - \frac{|N_0|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = 1.5 - 0.648 = 0.852;$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_2}{2} = \frac{0.12 - 0.08}{2} = 0.02 \text{ m};$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$b_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0.08}{\sin 58} = 0.09 \text{ m};$$

Pusė atstumo tarp gretimų tinklelio elementų sienučių: $g = \frac{-0.019}{2} = -0.0095 \text{ m}$.

Kadangi $\frac{b_2}{b_0} = \frac{0.08}{0.12} = 0.67 < 0.9$ ir $\frac{g}{b} = \frac{-0.0095}{0.09} = -0.11 < 0.25$;

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_2| + \frac{1.5 \cdot |M_2|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (b_2 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{\left(\left(0.4 + 1.8 \cdot \frac{g}{b_2} \right) \cdot a \cdot \sin \theta_2 \right)};$$

Lenkiamasis momentas elemente ties juostos kraštu dėl mazgo standumo nevertinamas:

$M_2 = 0$;

$$|26.743| + \frac{1.5 \cdot |0|}{0.08} = 26.743$$

$$< \frac{0.95 \cdot 1.2 \cdot 0.852 \cdot 322.727 \cdot 10^3 \cdot 0.006^2 \cdot (0.09 - 0.0095 + \sqrt{2 \cdot 0.12 \cdot 0.02})}{\left(\left(0.4 + 1.8 \cdot \frac{-0.0095}{0.09} \right) \cdot 0.02 \cdot \sin 58^\circ \right)}$$

$$= 474.539 \text{ kN};$$

Čia: $\gamma_c = 0,95$ (pagal STR 2.05.08:2005 7.1 lentelę).

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atspario sąlyga tenkinama.

2) Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį – $\gamma_t = 1.0$, kadangi $\frac{h_0}{t_0} = \frac{120}{6} = 20 < 25$;

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį ir plieno stiprį – $k = 1$, kadangi

$$\frac{h_0}{t_0} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8;$$

$$\frac{120}{6} = 20 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8 = 42,77;$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_2 \leq \frac{2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_2}{\sin^2 \theta_2};$$

$$26,743 < \frac{2 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,006 \cdot 0,08}{\sin^2 58^\circ} = 347,06 \text{ kN};$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

3) Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį – $k = 1$, kadangi

$$\frac{b_2}{t_2} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8;$$

$$\frac{80}{3,2} = 25 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8 = 42,77;$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_2| + \frac{0,5 \cdot |M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d2} \cdot A_2}{1 + 0,013 \cdot \frac{b_0}{t_0}};$$

Čia: $M_1 = 0$.

$$26,743 \leq \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 9,72 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,12}{0,006}} = 248,961 \text{ kN};$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

4) Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virint naudojama elektrodinė viela G38, kurios charakteristinis stipris $f_{yw,u} = 470 \text{ MPa}$.

Plieno stipris pagal stiprumo ribą $f_u = 450 \text{ MPa}$ [[10] 6.13 lentelė].

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

1. Per siūlės metalą [[10] 6.11 lentelė]:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \left(\frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} \right) = 0,55 \cdot \frac{470}{1,25} = 206,8 \text{ MPa};$$

Čia:

γ_{Mw} – virintinės siūlės metalo medžiagos patikimumo koef. [[10] 6.11 lentelė].

2. Per suvirinimo srities metalą [[10] 6.11 lentelė]:

$$f_{vw,z,d} = 0.45 \cdot f_u = 0.45 \cdot 450 = 202.5 \text{ MPa};$$

Kertinės siūlės koeficientai: $B_{wf} = 0.9$; $B_{wz} = 1.05$ [[10] 7.30 lentelė].

Tikrinama ar parinkta tinkama elektrodinė viela [[10] 7.136 formulė]:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \cdot \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}};$$

$$202.5 < 206.8 < 236.25 \text{ MPa};$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

Skaičiuojame siūlės statinį:

$$k_f = \frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \sum l_{w,eff} \cdot \gamma_c} = \frac{26.743 \cdot 10^3}{0.9 \cdot 206.8 \cdot 268.67 \cdot 1.0} = 0.53 \text{ mm};$$

$$\sum l_{w,eff} = \frac{2 \cdot h_2}{\sin \theta_2} + b_1 = \frac{2 \cdot 80}{\sin 58} + 80 = 268.67 \text{ mm};$$

Siūlės aukštį, pagal reikalavimus minimaliems siūlių statiniams, priimame $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$\left(|N_2| + \frac{0.5 \cdot |M_2|}{h_2} \right) \cdot \frac{0.75 + 0.01 \cdot \frac{b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_2}{\sin \theta_2} + b_2 \right)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d};$$

$$26.743 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\left(0.75 + 0.01 \cdot \frac{0.12}{0.006} \right)}{0.9 \cdot 0.004 \cdot \left(2 \cdot \frac{0.08}{\sin 58^\circ} + 0.08 \right)} = 26.267 < 0.95 \cdot 206.8 = 196.460 \text{ MPa};$$

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra pakankamas.

4. GAMYBOS TECHNOLOGINĖ DALIS

4.1. Aiškinamoji dalis

Baigiamajame darbe buvo išnagrinėta trisluoksnių sieninių plokščių gamybos technologija. Šiam gaminiui gaminti pasirinktas stendinis gamybos tipas dėl gaminamo produkto didelių gabaritų. Šis gamybos tipas leidžia išvengti plokščių pažeidimo transportavimo metu, kadangi gamybos metu, gaminys yra stacionarus, o medžiagos – tiekiamos. Technologinėje linijoje gaminamas 5000 mm ilgio, 420 mm pločio bei 3000 mm aukščio gaminys, plokštėje yra įrenginama 1900 mm aukščio, 1400 mm pločio lango ertmė.

Trisluoksnės sienos gaminamos iš C30/37 vidinės ir C25/30 išorinės sienos klasės betono, atitinkančio LST EN 206–1:2014 sertifikato reikalavimus, standžiųjų poliizocianurato (PIR) putų plokštės, atitinkančios LST EN 14308:2016 reikalavimus, bei S400/S240 armatūros plieno, atitinkančio LST EN 10080:2005 ir techninės surenkamojo gaminio klasės reikalavimus.

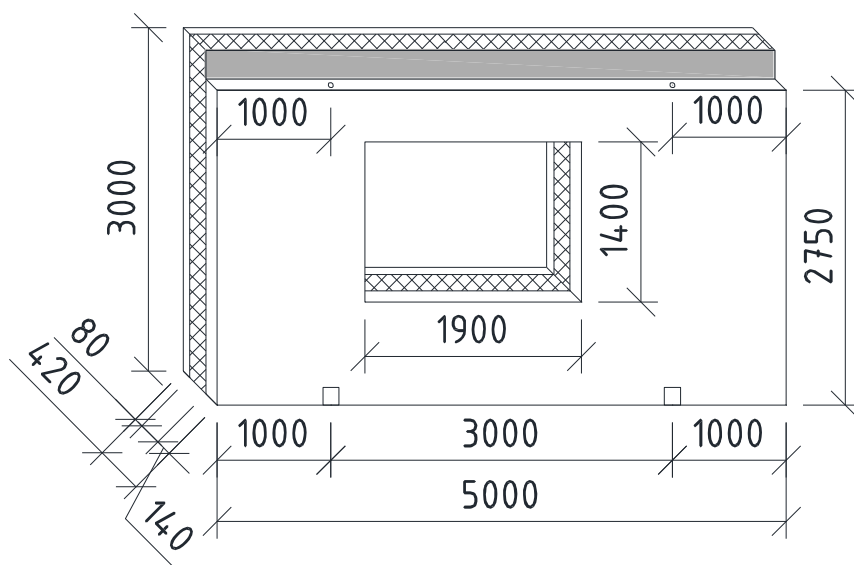
Baigiamajame projekte aprašoma procesų eiga, atlikta gamyklos projektavime ir pateikiami atlikti skaičiavimai, kurie paremia tam tikrus projektavimo sprendinius. Šiuos procesus sudaro trys dalys: technologinė dalis, ekonominė dalis ir paskutinioji – darbų sauga, sveikata ir aplinkosauga.

Technologinėje dalyje pateikiamos gaminio techninės charakteristikos, leistini nuokrypiai, aprašomos gamyboje naudojamos žaliavos: cementas – CEM I 42,5R, vanduo, smėlis 0/2 fr., žvyro skalda 4/16 fr., superplastiklis – „Sika VisoCrete – 2“, armatūra – S400 ir S240, termoizoliacinė medžiaga – poliizocianurato putų. Taip pat pateikiamos sandėliavimo sąlygos, kontrolės metodai. Pateikiami suprojektuoto betono mišinio žaliavų skaičiavimai, atlikti gamybinių pajėgumų skaičiavimai bei reikalingų sandėliuojamų medžiagų plotų apskaičiavimai. Aprašoma gamybos technologija ir pateikiama gamybos technologijos grafinė schema.

Ekonominėje dalyje atliekami stendinės gamybos ritmo skaičiavimai, padedantys sudaryti laiko trukmės grafiką. Darbo saugos, sveikatos ir aplinkosaugos dalyje nurodomos priemonės, kuriomis vadovaujamosi, norint išvengti atsitikimų susijusių su sveikata ar aplinkos tarša gamybos metu.

4.2. Trisluoksnės sienos charakteristika ir reikalavimai

4.2.1. Gaminio charakteristika



4.2.1.1. pav. Gaminio eskizas

4.2.1.1. lentelė. Gaminio charakteristikos

Žymuo	Ilgis (L), mm	Plotis (B), mm	Aukštis (H), mm	Betono klasė	Betono kiekis, m ³	Plieno markė	Plieno kiekis, kg	Masė, t
TS 5-420-3	5000	420	3000	C 20/25 C 30/37	2,540	S400/S240	429,336	6144,836

4.2.2. Gaminio techninės charakteristikos

Remiantis LST EN 14992:2007+A1:2012 „Gamyklinių betoniniai gaminiai. Sienos elementai“ sertifikato gamybos kontrolės sistemų siekimo ir vykdymo reikalavimais, gaminamos trisluoksnės gelžbetoninės sieninės plokštės. CE ženklavimas suteikiamas sieninėms plokštėms, nurodant gaminio ES teisės aktų normatyvų atitikimą. Trisluoksnės sieninės plokštės gaminamos iš ne mažesnės kaip C30/37 vidinės ir C25/30 išorinės sienos klasės betono, atitinkančio LST EN 206-1:2011 sertifikato betono mišinio sudedamųjų dalių, savybių, specifikacijos, transportavimo, gamybos kontrolės ir atitikties reikalavimus. Pardavimo metu, betonas turi siekti 70% projekcinio betono stiprio. Gaminio termoizoliacijos sluoksnyje naudojamos standžiųjų poliizocianurato (PIR) putų plokštės, atitinkančios LST EN 14308:2016 reikalavimus.

Sieninės plokštės armuojamos S400/S240 klasės armatūros plieno karkasais, S400 klasė naudojama darbo armatūrai, S240 – pagalbinei. Gaminyje naudojama armatūra turi atitikti LST EN 10080:2005, LST EN ISO 15630-1:2011 ir techninės surenkamojo gaminio klasės reikalavimus. Apsauginio betono sluoksnio storis ne mažesnis kaip 30 mm arba darbo armatūros strypų diametro storio.

4.2.3. Gamybinės žaliavos

Gaminamų trisluoksnių sienų gamybos linijoje, naudojamas C30/37 ir C25/30 klasės betonai, atitinkamai vidinei ir išorinei sienai tam, kad būtų efektyviai panaudojamos ir nepereikvojamos medžiagos pagal gaminio konstrukcinius reikalavimus.

Betoną sudarančios žaliavos:

1) **Cementas CEM I 42,5R.** Betono gamyboje naudojamas 42.5 stiprumo klasės portlandcementis. Ši rišamoji medžiaga pasižymi mažu priemaišų kiekiu ir greitu kietėjimu, 28 ± 2 MPa gniuždomasis stipris įgaunamas po 2 parų. Betono mišinyje naudojamas cementas privalo turėti LST EN 197–1:2011 standarto atitikimo sertifikatą.

2) **Vanduo.** Gaminamo betono mišiniui, bei buitiniams reikmėms naudojamas vanduo iš centralizuotos vandens tiekimo sistemos, kuris atitinka LST EN 1008:2003 sertifikato standartą. Remiantis šiuo standartu, tiekiamas vanduo turi būti švarus, be betono kietėjimui žalingų priemaišų viršijančių leistinas normas. Vandens vandenilio jonų koncentracija tirpale turi atitikti 4–12,5 pH. Gamykloje naudojama vandens perdirbimo sistema, kur klojinių ir kitų įrenginių plovimui panaudotas vanduo yra perdirbamas ir gražinamas į sistemą.

4) **Užpildai.** Betono gamyboje užpildai sudaro pagrindinę mišinio masę. Jų tūris siekia iki 80% betono tūrio [11]. Užpildą sudaro smulkiųjų ir stambiųjų frakcijos dalelių užpildai, stambieji suformuoja betono mišinio karkasą, smulkieji – padengia tarp stambiųjų dalelių susidariusias tuštumas, taip suteikiant sistemai vientisumą. Pagrindinės savybės, į kurias privaloma atkreipti dėmesį, yra užpildų forma ir frakcija.

Betono mišiniui parenkami smėlio 0/2 frakcijos smulkusis ir žvyro skaldos 4/16 frakcijos stambieji užpildai, kurių leistiną kenksmingų priemaišų kiekį, smulkinimo laipsnį, pavyzdžių bandymus bei rūšiavimą reglamentuoja LST EN 12620:2003+A1:2008 sertifikato standartai.

5) **Superplastiklis.** Betono mišinio reologinėms savybėms keisti plačiai naudojamos plastifikuojančios, komponentų paviršių aktyvuojančios priemaišos - įvairios cheminės sudėties plastikliai bei superplastikliai.

Betono mišiniui naudojamas trečiosios kartos superplastiklis „Sika ViscoCrete – 2“, kurio pagrindas sudarytas iš modifikuotų polikarboksilų su priedais, reguliuojančiais adheziją, rišimąsi ir kietėjimą. Šis vandeninis tirpalas tinkamas naudoti esant vidutinėms temperatūrinėms sąlygoms ir vidutiniam paklojimo laikui. Turi atitikti LST EN 934–2:2009+A1:2012 reglamento atitikties, ženklavimo ir žymėjimo reikalavimus.

6) **Armatūra.** Trisluoksnių sienos plokščių gamybai naudojama sertifikuota pagal LST EN ISO 15630–1:2011 S400 klasės rifuota armatūra ir S240 klasės armatūra – pagalbinei armatūrai.

Sienų tvirtinimo (SUMO 30H, PVL 100) ir inkaravimo (JENKA SRA 30) detalės yra tiekiamos įmonės UAB „PEIKKO Lietuva“. Elementai surišami MAX RB 397 rišimo įrankiu, prireikus – virinami lankiniu būdu.

7) Termoizoliacinis sluoksnis. Tarpiniame sluoksnyje tarp vidinės ir išorinės sienos naudojamas IP–PIR 023 šiltinimo skydas, atitinkantis LST EN 14308:2016 standarto reikalavimus. Ši termoizoliacinė plokštė pagaminta iš standžių poliizocianurato putų, iš abiejų pusių padengtų dujoms nepralaidžia, daugiasluoksne danga.

4.2.4. Leistini gaminio geometrinių parametrų nuokrypiai

4.2.4.1. lentelė. Leisti gaminio nuokrypiai

Nuokrypio pavadinimas	Geometrinis parametras		Leistinas nuokrypis
1. Matmenys	Ilgis		±15 mm
	Skerspjuvis		±10 mm
	Apsauginis betono sluoksnis		±5 mm
2. Tiesumas	Paviršiaus tiesumas	$L \leq 2m$	±3 mm
		$L > 2m$	±10 mm
3. Paviršiaus lygumas	Briaunų nuskeldinimas	Ilgis	≤80 mm
		Gylis	≤8 mm
		Kiekis	≤2 vnt./m ²
4. Įdėtinių detalių nuokrypos	Išilgine kryptimi		±15 mm
	Skersine kryptimi		±10 mm
	Įleidimo gylis		±5 mm

4.2.5. Gaminių ženklėjimas

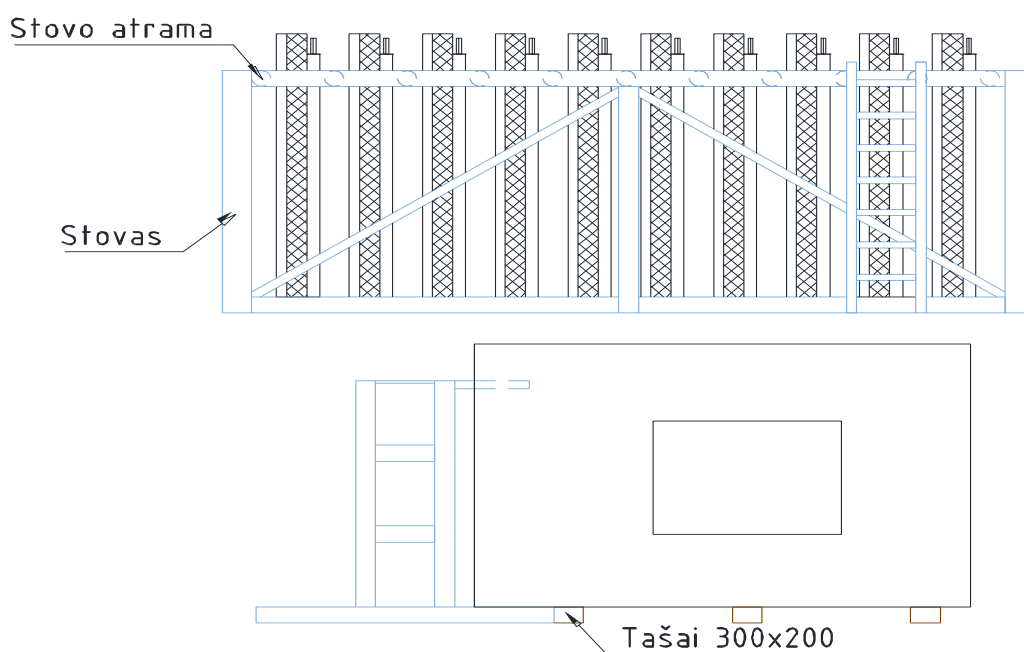
Pagaminti gaminiai turi būti ženklėjami, remiantis STR 1.01.04:2015 [12] reglamento normatyvais. Vadovaujantis nacionalinių teisės aktų reikalavimais, atliekamas gaminio eksploatacinių savybių pastovumo vertinimas ir tikrinimas pagal 2+ sistemą. Sertifikavimo įstaiga išduoda sertifikatą, paruoštą valstybine kalba, nurodantį jog visos gamybos kontrolės sistemos ir atitikties įvertinimo nuostatos įgyvendintos pagal LST EN 13225:2013 standarto reikalavimus. Atitikties sertifikate nurodoma informacija pagal STR 1.01.04:2015 [[12] 1 Priedas].

Kiekvienas individualus gaminytis ženklėjimas etikete su pateikta informacija: gamintojo pavadinimas, gamybos vieta, kliento/objekto pavadinimas, produkto pavadinimas, serijos numeris, betono klasė, vienetų skaičius (priklausomai nuo siuntos dydžio), formavimo data, geometriniai matmenys, masė, kokybės kontrolės tarnybos žyma.

4.2.6. Trisluoksnių sienų sandėliavimas ir transportavimas

Priklausomai nuo gaminamos sienos tipo, gabaritų ir stovimos padėties, transportavimą galima atlikti naudojant skirtingus stropavimo būdus ir kėlimo įrangą. Esant nedidelių gabaritų gaminiui, kėlimui naudojami stropai, kurių tarp šakų kampas yra $\leq 90^\circ$. Šioje gamybos technologijoje, trisluoksnės sienos transportuojamos traversa, kurioje galima reguliuoti atstumą tarp kablių.

Sandėliuojant sienines plokštes, naudojami specialūs sandėliavimo stovai, kurie statomi ant įrengtos, betoninio grindinio aikštelės, su $1-2^\circ$ paviršiaus nuolydžiu. „Atramos po sieninėmis plokštėmis turi būti ≥ 20 cm, kad nebūtų pažeistos gaminio rėmimosi vietos. Sandėliuojamų gaminių vienas šonas įstatomas tarp sandėliavimo stovo atramų ir medinių pleištu užpleištuojamos, kad neslystų iš stovo“ [13]. Pleištai padengti netepančia, vandens neįgeriančia medžiaga. Tarp stovų sudaromas 0,8–1,0m praėjimo tarpas.



4.2.6.1. pav. Gaminių sandėliavimo schema

4.2.7. Gaminių atitikties tikrinimas, bandymai, kontrolės metodai

Gamyklos viduje atlikinėjama gaunamų medžiagų bei gamybinių produktų patikra bei kontrolė. Medžiagų siuntos atvejo pagrindė atlikinėjama vizuali patikra, nustatinėjama siuntos atitiktis ir tvarkingumas. Gaminamo produkto eksploatacinių savybių pastovumo vertinimas ir tikrinimas atliekamas pagal STR 1.01.04:2015 [12] reglamento reikalavimus, gamykloje vykdoma gamybos kontrolė, produkto eksploatacines savybės vertinamos pagal paimtų mėginių bandymus pagal numatytą bandymų planą, skaičiavimus, matavimus, aprašomąją dokumentaciją.

Bandymų atlikimo standartai:

1) Betono mišiniui:

- LST EN 933–1:2012 – Užpildų granulometrija;
- LST EN 1008:2003 – Vandens rodikliai;
- LST EN 12350–1:2009 – Šviežio betono mėginių ėmimui;
- LST EN 12350–2:2009 – Betono slankumas;
- LST EN 12350–4:2009 – Betono tankumas;
- LST EN 12350–5:2009 – Betono sklidimas;
- LST EN 12350–6:2009 – Betono tankis;
- LST EN 12350–7:2009 – Oro kiekis betone;
- LST 1428.4:1996 – Betono mišinio stabilumo nustatymas;
- LST 1428.5:1996 – Betono mišinio temperatūros nustatymas.

2) Betono gaminiui:

- LST EN 12390–1:2012 – Bandinių formai;
- LST EN 12390–2:2009 – Bandinių kietėjimui;
- LST EN 12390–3:2009 – Bandinių gniuždomajam stipriui;
- LST EN 12390–5:2009 – Bandinių lenkiamajam stipriui;
- LST EN 12390–6:2010 – Bandinių stipris tempiant skėlimu;
- LST EN 12390–2:2009 – Sukietėjusio betono stiprio;
- LST EN 1428.15:2016 – Dilumo nustatymui;
- LST EN 1428.17:2016 – Atsparumo šalčiui nustatymui;
- LST EN 1413:10:1997 – Vandens įgeriamumo;
- LST EN 12504–2:2012 – Betono stipris Šmito plaktuku;
- LST EN ISO 15630–1:2011 – Armatūros gaminiai ir įdėtinės detalės.

4.2.8. Gamintojo garantija

Gamintojas užtikrina gaminio aukštą kokybę, patvarumą, atitiktis deklaracijoje deklaruojamas charakteristikas ir gaminio atitiktį LST EN 14992:2007+A1:2012 „Gamykliniai betono gaminiai. Sienos elementai“ standarto normatyvams. Gaminio garantija taikoma atvejais, kai produkto defektai atsirado dėl gamintojo kaltės (nekokybiškos medžiagos, gamybos klaida). Nustačius, jog gaminio kokybės trūkumas garantiniu laikotarpiu atsirado dėl netinkamo gaminio: transportavimo, sandėliavimo, priežiūros, montavimo, naudojimo ne pagal paskirtį ar dėl kitų, nuo gamintojo nepriklausančių priežasčių – pirkėjas prisiima atsakomybę už patirtus nuostolius.

Patyrus žalą eksploataavimo metu, pirkėjas pateikia faktus, įrodančius tinkamą eksploatuojamo gaminio naudojimą.

4.3. Mišinio sudėties projektavimas

4.3.1. Vidinės sienos mišinio sudėties projektavimas

Projektuojamo betono markė – C30/37;

Naudojamas cementas CEM I 42,5R;

Minimalus betono stipris gniuždant bandinį (kubinis bandinys 150x150x150mm) tyrimo metu: $f_{bk} = 37 \text{ MPa}$;

Pasirinkta slankumo klasė – S3=100–150mm;

Skaičiuojamas reikiamas kontrolinis betono stipris:

$$R_b = \frac{C}{(k_r \cdot (1 - 2.02 \cdot v))} = \frac{37}{1 - 2.02 \cdot 0.08} = 44.13 \text{ MPa}; \quad (4.3.1.1)$$

v – stiprio variacijos koeficientas (projektavimo stadijoje priimamas $v=0.08$);

k_r – stiprio redukcijos koeficientas, jei bandiniai nestandartinio dydžio (esamu atveju $k_r=1$);

Skaičiuojamas reikiamas cemento kontrolinis stipris:

$$R_c = \frac{CEM - 2.5}{1 - \lambda \cdot v} = \frac{42.5 - 2.5}{1 - 3.2 \cdot 0.04} = 45.87 \text{ MPa}; \quad (4.3.1.2)$$

λ – koeficientas, priklausantis nuo priimamo patikimumo ir bandytų cemento imčių skaičiaus (esant imčių skaičiui $n=6$, $\lambda = 3.20$);

v – stiprio variacijos koeficientas, kai $CEM \geq 42.5 \text{ MPa}$, $v=0.04$;

V/C santykio parinkimas:

Vandens ir cemento kiekis betono mišinyje priklauso nuo apskaičiuotų koeficientų šioje skiltyje ir atitinkamai parenkamas iš grafiko, pavaizduoto [4.3.1.2 pav.].

K_k – koeficientas, įvertinantis kietėjimo sąlygas (K_k priimamas 0,95);

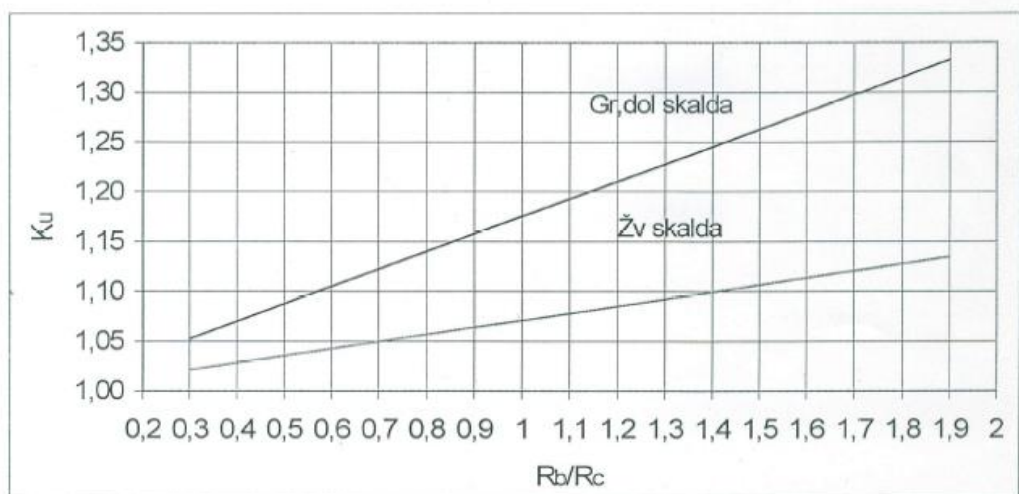
K_0 – koeficientas, įvertinantis oro sutankintame betono mišinyje įtaką ($K_0=0.9$);

K_u – koeficientas, įvertinantis užpildo atmainos įtaką (parenkamas iš 4.3.1.1 pav. grafiko pagal žvyro skaldos kreivę, kai $\frac{R_b}{R_c} = \frac{44.13}{45.87} = 0.96$, $K_u = 1.07$);

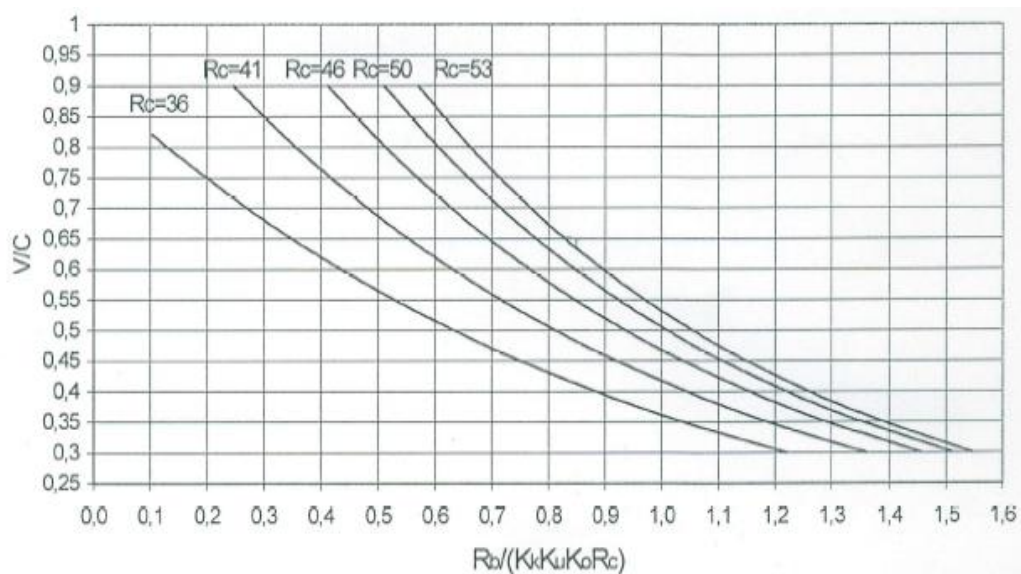
V/C santykio dydis, kai $\frac{R_b}{K_k \cdot K_u \cdot K_0 \cdot R_c} = \frac{44.13}{0.95 \cdot 1.07 \cdot 0.9 \cdot 45.87} = 1.05$, $R_c = 45.87 \approx 46$, lygus

0.45. (4.3.1.3)

Pasirenkamas vandens kiekis 1m^3 betono $V_0 = 205\text{ l}$, pagal esamą mišinio slankumą (S3) ir didžiausią skaldos frakciją ($D_{\max} = 16\text{mm}$);



4.3.1.1. pav. K_u priklausomybė nuo R_b/R_c .



4.3.1.1. pav. Koeficiento K_u priklausomybė nuo užpildo atmainos ir R_b/R_c .

Apskaičiuojamas reikiamas cemento kiekis:

Patikrinamas betono mišinyje susidarantis cementinės tešlos kiekis:

$$C_t \leq 325 \frac{l}{m^3};$$

$$C_t = \frac{C}{\rho_c} + V = \frac{455.55}{3.1} + 205 = 351.95 > 325 \frac{l}{m^3}; \quad (4.3.1.5)$$

Patikslinamas cemento tešlos kiekis C_t , įvertinant superplastiklių įtaką mišinyje.

Superplastiklio efektyvumas:

$$PL = \frac{22}{27} = 0.81; \quad (4.3.1.6)$$

Skaičiuojamas vandens kiekis naudojant superplastiklį:

$$V_{pl} = V_0 \cdot PL^{1.5} = 205 \cdot 0.81^{1.5} = 149.5 \frac{l}{m^3}; \quad (4.3.1.7)$$

Perskaičiuojamas cemento kiekis naudojant superplastilį:

$$C = \frac{V_{pl}}{\frac{V}{C}} = \frac{149.45}{0.45} = 332,1 \frac{kg}{m^3};$$

Patikslinamas cemento teslos kiekis C_t :

$$C_t = \frac{C}{\rho_c} + V_{pl} = \frac{332,1}{3.1} + 149,5 = 257 < 325 \frac{l}{m^3};$$

Apskaičiuojamas stambaus užpildo tuštumėtumas:

$$T = 1 - \frac{\rho_{stp}}{\rho_{st}} = 1 - \frac{1340}{2700} = 0.50; \quad (4.3.1.8)$$

ρ_{stp} –stambaus užpildo piltinis tankis;

ρ_{st} –stambaus užpildo dalelių tankis;

Apskaičiuojamas stambaus užpildo kiekis:

$$\begin{aligned} St &= 1000 \cdot \frac{1 - \varphi_0}{T \cdot K_{perp} \cdot \frac{1000}{\rho_{stp}} + \frac{1000}{\rho_{st}}} = \frac{1000 \cdot (1 - 0.05)}{0.5 \cdot 2.45 \cdot \frac{1000}{1340} + \frac{1000}{2700}} \quad (4.3.1.9) \\ &= 739.6 \frac{kg}{m^3}; \end{aligned}$$

φ_0 – oro dalis, sutankintame betono mišinyje;

Smulkaus užpildo kiekio apskaičiavimas:

$$\begin{aligned} S_m &= \left[(1 - \varphi_0) - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{St}{\rho_{st}} + \frac{V}{1000} \right) \right] \rho_{sm} \quad (4.3.1.10) \\ &= \left[(1 - 0.05) - \left(\frac{332,1}{3100} + \frac{739,6}{2700} + \frac{149,5}{1000} \right) \right] \cdot 2650 \\ &= 1111,5 \frac{kg}{m^3}; \end{aligned}$$

ρ_{sm} – smulkaus užpildo dalelių tankis;

Apskaičiuojamas plastiklio kiekis (0.5% cemento kiekio):

$$P_p = C \cdot 0.005 = 332,1 \cdot 0.005 = 1.66 \text{ kg}; \quad (4.3.1.11)$$

4.3.1.1. lentelė. 1m³ betono mišinio sudedamosios dalys

Medžiaga	Kiekis 1m ³ betono mišinio, kg	Kiekis 1m ³ betono mišinio, m ³
Cementas CEM I 42.5R	332,1	0,107
Vanduo (V/C =0.45)	149,5	0,150
Stambus užpildas	739,6	0,274
Smulkus užpildas	1111,5	0,419
Superplastiklis	1,66	0,002
Σ	2334,36	0,952

$$\text{Betono masės tankis } \rho_b = 2334,36 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

4.3.2. Išorinės sienos mišinio sudėties projektavimas

Projektuojamo betono markė – C25/30;

Naudojamas cementas CEM I 42,5R;

Minimalus betono stipris gniuždant bandinį (kubinis bandinys 150x150x150mm) tyrimo metu: $f_{bk} = 37 \text{ MPa}$;

Pasirinkta slankumo klasė – S3=100–150mm;

Skaičiuojamas reikiamas kontrolinis betono stipris:

$$R_b = C / (k_r \cdot (1 - 2.02 \cdot v)) = \frac{30}{1 - 2.02 \cdot 0.08} = 35,78 \text{ MPa};$$

Skaičiuojamas reikiamas cemento kontrolinis stipris:

$$R_c = \frac{CEM - 2.5}{1 - \lambda \cdot v} = \frac{42.5 - 2.5}{1 - 3.2 \cdot 0.04} = 45.87 \text{ MPa};$$

V/C santykio parinkimas:

Vandens ir cemento kiekis betono mišinyje priklauso nuo apskaičiuotų koeficientų šioje skiltyje ir atitinkamai parenkamas iš grafiko, pavaizduoto [2.4 pav.].

K_k – koeficientas, įvertinantis kietėjimo sąlygas (K_k priimamas 0,95);

K_0 – koeficientas, įvertinantis oro sutankintame betono mišinyje įtaką ($K_0=0.9$);

K_u – koeficientas, įvertinantis užpildo atmainos įtaką (parenkamas iš 5.3 pav. grafiko pagal žvyro skaldos kreivę, kai $\frac{R_b}{R_c} = \frac{35,78}{45,87} = 0.78$, $K_u=1.05$);

$$\text{V/C santykio dydis, kai } \frac{R_b}{K_k \cdot K_u \cdot K_0 \cdot R_c} = \frac{35,78}{0.95 \cdot 1.05 \cdot 0.9 \cdot 45.87} = 0,87, R_c = 45.87 \approx 46, \text{ lygus}$$

0.54.

Pasirenkamas vandens kiekis 1m³ betono $V_0=205 \text{ l}$, pagal esamą mišinio slankumą (S3) ir didžiausią skaldos frakciją ($D_{\max}=16\text{mm}$);

Apskaičiuojamas reikiamas cemento kiekis:

$$C = \frac{V}{\bar{C}} = \frac{205}{0.54} = 379.6 \frac{kg}{m^3};$$

Patikrinamas betono mišinyje susidarantis cementinės tešlos kiekis:

$$C_t \leq 325 \frac{l}{m^3};$$

$$C_t = \frac{C}{\rho_c} + V = \frac{379,63}{3.1} + 205 = 327.5 > 325 \frac{l}{m^3};$$

Patikslinamas cemento tešlos kiekis C_t , įvertinant superplastiklių įtaką mišinyje.

Superplastiklio efektyvumas:

$$PL = \frac{22}{27} = 0.81;$$

Skaičiuojamas vandens kiekis naudojant superplastiklį:

$$V_{pl} = V_0 \cdot PL^{1.5} = 205 \cdot 0.81^{1.5} = 149.5 \frac{l}{m^3};$$

Perskaičiuojamas cemento kiekis naudojant superplastilį:

$$C = \frac{V_{pl}}{\bar{C}} = \frac{149,5}{0.54} = 276,9 \frac{kg}{m^3};$$

Patikslinamas cemento tešlos kiekis C_t :

$$C_t = \frac{C}{\rho_c} + V_{pl} = \frac{276,9}{3.1} + 149,5 = 238,8 < 325 \frac{l}{m^3};$$

Apskaičiuojamas stambaus užpildo tuštumėtumas:

$$T = 1 - \frac{\rho_{stp}}{\rho_{st}} = 1 - \frac{1340}{2700} = 0.50;$$

Apskaičiuojamas stambaus užpildo kiekis:

$$St = 1000 \cdot \frac{1 - \varphi_0}{T \cdot K_{perp} \cdot \frac{1000}{\rho_{stp}} + \frac{1000}{\rho_{st}}} = \frac{1000 \cdot (1 - 0.05)}{0.5 \cdot 2.45 \cdot \frac{1000}{1340} + \frac{1000}{2700}} = 739.6 \frac{kg}{m^3};$$

Smulkaus užpildo kiekio apskaičiavimas:

$$\begin{aligned} S_m &= \left[(1 - \varphi_0) - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{St}{\rho_{st}} + \frac{V}{1000} \right) \right] \rho_{sm} \\ &= \left[(1 - 0.05) - \left(\frac{276,9}{3100} + \frac{739,6}{2700} + \frac{149,5}{1000} \right) \right] \cdot 2650 = 1158.7 \frac{kg}{m^3}; \end{aligned}$$

Apskaičiuojamas plastiklio kiekis (0.5% cemento kiekio):

$$P_p = C \cdot 0.005 = 276,9 \cdot 0.005 = 1.38kg;$$

4.3.2.1. lentelė. 1m³ betono mišinio sudedamosios dalys

Medžiaga	Kiekis 1m ³ betono mišinio, kg	Kiekis 1m ³ betono mišinio, m ³
Cementas CEM I 42.5R	276,9	0,089
Vanduo (V/C =0.45)	149,5	0,150
Stambus užpildas	739,6	0,274
Smulkus užpildas	1158,7	0,437
Superplastiklis	1,38	0,002
Σ	2326,08	0,952

$$\text{Betono masės tankis } \rho_b = 2326,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

4.4. Gamybinių pajėgumų skaičiavimas

Metinis gamybos pajėgumas P_m išreiškiamas per metus pagaminamų gaminių kiekiu kubiniais metrais (m³) arba vienetais (vnt.). Projektuojama gamybos linija turi atitikti 7745 m³ metinį gamybos pajėgumą. Gamybinių pajėgumų 4.4.1. lentelėje nurodytų pajėgumų skaičiavimai pateikti formulėse (4.4.1-4.4.7).

4.4.1. lentelė. Gelžbetoninės trisluoksnės sieninės plokštės gamybiniai pajėgumai

Gaminys	Gelžbetoninė trisluoksnė sieninė plokštė				
Gamybos būdas	Stendinis				
Gaminio eskizas					
Gaminio charakteristika	Betono klasė	Σ	C 25/30	C 30/37	
	Betono tūris, m ³	2.540	0.987	1.553	
	Gaminio masė, kg	6144.836			
	Armatūros kiekis, kg	429.336			
Gamybinis pajėgumas	Per metus	m ³	7745	3009.983	4735.017
		vnt.	3049	3049	3049
	Per parą	m ³	30.492	11.850	18.642
		vnt.	12	12	12
	Per pamainą	m ³	30.492	11.850	18.642
		vnt.	12	12	12
	Per valandą	m ³	4.764	1.852	2.913
		vnt.	1,88	1,88	1,88

Pajėgumo skaičiavimo algoritmas:

Metinis gamybos pajėgumas apskaičiuojamas:

$$\text{Vienetais} - P_{mv} = \frac{P_{mt}}{V_g} = \frac{7745}{2.540} = 3049 \frac{\text{vnt.}}{\text{m}}; \quad (4.4.1)$$

V_g – gaminio tūris, m^3 ;

$$P_{mt} = 7745 \text{ m}^3.$$

Skaičiuojamas paros pajėgumas:

$$\text{Kubiniais metrais} - P_{pt} = \frac{P_{mt}}{T_M} = \frac{7745}{254} = 30.492 \frac{\text{m}^3}{\text{parą}}; \quad (4.4.2)$$

$$\text{Vienetais} - P_{pv} = \frac{P_{mv}}{T_M} = \frac{3049}{254} = 12 \frac{\text{vnt.}}{\text{parą}}; \quad (4.4.3)$$

T_M – tikrasis metinis darbo laiko fondas dienomis – 254 d.

Skaičiuojamas pamainos pajėgumas:

$$\text{Kubiniais metrais} - P_{pamt} = \frac{P_{pt}}{n} = \frac{30.492}{1} = 30.492 \frac{\text{m}^3}{\text{pam.}}; \quad (4.4.4)$$

$$\text{Vienetais} - P_{pamv} = \frac{P_{pv}}{n} = \frac{12}{1} = 12 \frac{\text{vnt.}}{\text{pam.}}; \quad (4.4.5)$$

n – pamainų skaičius (1).

Skaičiuojamas valandos pajėgumas:

$$\text{Kubiniais} - P_{ht} = \frac{P_{pamt}}{6,4} = \frac{30.492}{6,4} = 4.764 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; \quad (4.4.6)$$

$$\text{Vienetais} - P_{hv} = \frac{P_{pamv}}{6,4} = \frac{12}{6,4} = 1,88 \frac{\text{vnt.}}{\text{h}}; \quad (4.4.7)$$

Tikroji pamainos darbo trukmė valandomis – 6,4.

Skaičiuojamos medžiagų sąnaudos trisluoksnių sieninių plokščių gamyboje. Gauti rezultatai naudojami tolimesniame pagalbinių barų ir gamybos proceso projektavime, gaminio ir gamyklos ekonominių rodiklių nustatyme.

Sąnaudų skaičiavimo algoritmas:

Kadangi gaminama sienos plokštė yra ne vienalytės konsistencijos, jos tūris paskirstomas į ją sudarantį betono mišinį, bei reikalingą armatūros kiekį. Gautas betono mišinio dydis naudojamas jį sudarančių medžiagų sąnaudoms apskaičiuoti.

Skaičiuojamos C20/25 betono mišinio sąnaudos:

$$V_{bet.miš} = V_g - V_a = 0.987 - 0,017 = 0.970 \text{ m}^3; \quad (4.4.8)$$

V_a – armatūros tūris gaminyje (vidinėje sienos plokštėje), m^3 .

Betono mišinio valandinės sąnaudos:

$$Q_{ht} = P_{hv} * V_{bet.miš} = 1,88 \cdot 0.970 = 1.824 \frac{\text{m}^3}{h}; \quad (4.4.9)$$

Betono mišinio pamainos sąnaudos:

$$Q_{pamt} = P_{pamv} * V_{bet.miš} = 12 \cdot 0.970 = 11.640 \frac{\text{m}^3}{pam.}; \quad (4.4.10)$$

Betono mišinio paros sąnaudos:

$$Q_{pt} = P_{pv} \cdot V_{bet.miš} = 12 \cdot 0.970 = 11.640 \frac{\text{m}^3}{para}; \quad (4.4.11)$$

Betono mišinio metinės sąnaudos:

$$Q_{mt} = P_{mv} \cdot V_{bet.miš} = 3049 \cdot 0.970 = 2957.53 \frac{\text{m}^3}{m}; \quad (4.4.12)$$

Atitinkamu skaičiavimo algoritmu remiantis, suskaičiuojamos kitų, betono mišinį sudarančių, medžiagų sąnaudos, įvertinant skirtingus matavimo vienetus, bei užpildų piltinius tankius. Dėl galimo žaliavų pasimetimo ar sugedimo sandėliavimo, transportavimo ir gaminimo metu, esamiems jų kiekiams nustatomas tam tikras nuostolių dydis, kuris kompensuotų šių įvykių padarinius. Likusių medžiagų paskaičiuotos sąnaudos, be ir su pridėtiniais nuostoliais, pateiktos 4.4.2. lentelėje.

4.4.2. lentelė. Medžiagų sąnaudos trisluoksnių sienų gamybai

Medžiagos		Sąnaudos per			
		Valandą	Pamainą	Parą	Metus
Betono mišinys C 25/30, m^3	Be nuostolių	1.824	11.640	11.640	2957.530
	Su 1 proc. nuostoliais	1.842	11.756	11.756	2987.105
Betono mišinys C 30/37, m^3	Be nuostolių	2.848	18.180	18.180	4620.750
	Su 1 proc. nuostoliais	2.876	18.362	18.362	4666.958
Armatūra, t	Be nuostolių	0.807	5.152	5.152	1309.045
	Su 4 proc. nuostoliais	0.839	5.358	5.358	1361.407
Cementas CEM I 42,5R, m^3	Be nuostolių	1.451	9.286	9.286	2358.644
	Su 2 proc. nuostoliais	1.480	9.472	9.472	2405.817
Vanduo, tūkst. l	Be nuostolių	0.691	4.422	4.422	1123.188
	Su 1 proc. nuostoliais	0.698	4.466	4.466	1134.42
Smėlis 0/2 fr., m^3	Be nuostolių	3.299	21.114	21.114	5362.956
	Su 3 proc. nuostoliais	3.398	21.747	21.747	5523.845
Žvirgždo skalda 4/16 fr., m^3	Be nuostolių	2.530	16.192	16.192	4112.768
	Su 3 proc. nuostoliais	2.606	16.678	16.678	4236.151
Superplastiklis, kg	Be nuostolių	7.245	46.368	46.368	11777.47

Medžiagos		Sąnaudos per			
		Valandą	Pamainą	Parą	Metus
Termoizoliacija, m ²	Su 1 proc. nuostoliais	7.317	46.832	46.832	11895.247
	Be nuostolių	23.199	148.080	148.080	37501.26
	Su 5 proc. nuostoliais	24.359	155.484	155.484	39376.323

4.5. Pagalbinių barų ir cechų projektavimas

Įrengus pagalbinius padalinius sudaromos sąlygos turėti gamybinių medžiagų rezervą. Įvykus nenumatytiems medžiagų tiekimo atvejams gamyklos darbas tęstųsi priklausomai nuo, projektuojant pasirinkto, norminio atsargų kiekio. Šiam kiekiui parinkti vertinami: galimi nuostoliai gamybos metu, įrenginių išnaudojimo koeficientai, paros, kurioms atsargų dydis bus pakankamas [14].

4.5.1. Cemento sandėlis

Skaičiuojamas cemento sandėlis:

$$m_{c1(sand)} = \frac{Q_{mt1} \cdot C \cdot n \cdot k_1}{T_{sk} \cdot k_2 \cdot 1000} = \frac{2987.105 \cdot 276,9 \cdot 8 \cdot 1.02}{254 \cdot 0.943 \cdot 1000} = 29.007 \text{ t}; \quad (4.5.1.1)$$

$$m_{c2(sand)} = \frac{Q_{mt2} \cdot C \cdot n \cdot k_1}{T_{sk} \cdot k_2 \cdot 1000} = \frac{4620.750 \cdot 332,1 \cdot 8 \cdot 1.02}{254 \cdot 0.943 \cdot 1000} = 52.279 \text{ t};$$

Čia:

Q_{mt} – betono gamybos cecho metinis gamybinis pajėgumas, m³;

C – cemento sąnaudos, reikalingos pagaminti vienam m³ betono mišinio, t;

n – norminė cemento atsarga paromis (parenkamas $n=8$);

k_1 – koeficientas, įvertinantis iškraunamo cemento galimus nuostolius ($k_1= 1.02$);

T_{sk} – skaičiuojamasis darbo dienų skaičius per metus ($T_{sk}= 254$);

k_2 – technologinių įrenginių išnaudojimo koeficientas ($k_2= 0.943$).

Apskaičiuojama reikiama sandėlio talpa:

$$V_{c(sand)} = \frac{m_{c1(sand)} + m_{c2(sand)}}{\rho_c} = \frac{29.007 + 52.279}{1190} \cdot 1000 = 68.308 \text{ m}^3; \quad (4.5.1.2)$$

ρ_c – cemento piltinis tankis, kg/m³ ($\rho_c = 1190 \text{ kg/m}^3$);

Apskaičiuojamas reikiamas siloso tūris:

$$V_{siloso} = \frac{V_{c(sand)}}{k_3} = \frac{68.308}{2} = 34.154 \text{ m}^3; \quad (4.5.1.3)$$

k_3 – cemento sandėlių kiekis, vnt.

Pasirenkamas SAMI gaminamas silosas SILMATIC 50, kurio talpa 50 m^3 (~70 tonų). Reikalingas silosų kiekis yra 3 – dviejuose iš jų laikomas apskaičiuotas cemento kiekis, likęs atlieka atsarginio siloso funkciją.

4.5.2. Užpildų sandėliai

Apskaičiuojamas reikiamas sandėliuojamo stambiojo užpildo (žvyro skaldos 4/16 fr.) kiekis:

$$V_{St4/16(sand)} = Q_{St,p}^n \cdot n = 16.192 \cdot 8 = 129.536 \text{ m}^3; \quad (4.5.2.1)$$

n – norminė užpildų atsarga sandėlyje, paromis (parenkamas $n=8$);

Apskaičiuojamas reikalingas sandėlių kiekis:

$$K = \frac{V_{fr(sand)}}{V_{sand}} = \frac{129.536}{150} = 0.864 = 1 \text{ vnt}; \quad (4.5.2.2)$$

V_{sand} – vieno sandėlio tūris, m^3 ($V=150 \text{ m}^3$);

Apskaičiuojamas reikiamas smulkiojo užpildo (smėlio 0/2 fr.) sandėliuojamas kiekis:

$$V_{Sm0/2(sand)} = Q_{Sm,p}^n \cdot n = 21.114 \cdot 8 = 168.912 \text{ m}^3;$$

n – norminė užpildų atsarga sandėlyje, paromis (parenkamas $n=8$);

Apskaičiuojamas reikalingas sandėlių kiekis:

$$K = \frac{V_{fr(sand)}}{V_{sand}} = \frac{168.912}{150} = 1,126 = 2 \text{ vnt};$$

4.5.3. Armatūros sandėlis

Skaičiuojamas sandėliuojamo armatūros plieno kiekis:

$$Q_s = \frac{Q_{arm,m}}{k_{išn} \cdot T_{sk}} \cdot k_n \cdot n = \frac{1361.407}{0.8 \cdot 254} \cdot 1.04 \cdot 8 = 56.279 \text{ t}; \quad (4.5.3.1)$$

Čia:

$Q_{arm,m}$ – armatūros sąnaudos per metus, t;

$k_{išn}$ – metinis technologinių įrenginių naudojimosi koeficientas ($k_{išn} = 0.8$);

k_n – koeficientas, įvertinantis armatūros nuostolius ($k_n = 1.04$);

n – darbo dienų skaičius, kuriam sandėliuojama armatūra ((priimamas $n = 8$ dienos);

T_{sk} – skaičiuojamasis darbo dienų skaičius per metus ($T_{sk} = 254$);

Skaičiuojamas armatūros sandėlio plotas:

$$S_a = \frac{Q_{pak}}{q_{pak}} \cdot k \cdot n = \frac{5,358}{3.2} \cdot 3 \cdot 8 = 40.185 m^2; \quad (4.5.3.2)$$

Čia:

Q_{pak} – armatūrinio plieno paketuose kiekis, tonomis per parą;

q_{pak} – sandėliavimo normos ($q_{pak} = 3.2 t/m^2$);

n – darbo dienų skaičius, kuriam sandėliuojama armatūra;

k – koeficientas, įvertinantis sandėlio panaudojimą (priimu $k=3$);

4.5.4. Produkcijos sandėlis

Apskaičiuojamas gaminių sandėlio plotas:

$$S_p = \frac{P_{pv} \cdot t_s \cdot k_1 \cdot k_2}{q_n} \cdot k_n = \frac{30.492 \cdot 14 \cdot 1.5 \cdot 1.7}{1,2} \cdot 1 = 907,137 \quad (4.5.4.1)$$
$$\approx 907 m^2;$$

Čia:

P_{pv} – gaminių, atvežamų į sandėlį per parą, m^3 ;

t_s – gaminių sandėliavimo trukmė, paromis (priimamas $t_s = 14$ paros);

k_1 – koeficientas, padidinantis sandėlio plotą takams įrengti ($k_1=1.5$);

k_2 – koeficientas, padidinantis sandėlio plotą kranui įrenti (ožiniam kranui $k_2 = 1.7$);

q_n – sandėlio $1m^2$ plote laikomas norminis gaminių kiekis, m^3 (plokštės konfigūracijai priimamas $q_n = 1,2 m^3/m^2$);

k_n – gaminių aukštis sandėliuojat horizontaliai, vnt. (priimamas $k_n=1$);

4.5.5. Betono mišinių gamybos technologiniai skaičiavimai

Apskaičiuojamas maišytuvo našumas:

$$P_v = \frac{Q_{mt}^n}{T_m \cdot T} \cdot k_1 \cdot k_2 = \frac{7745}{254 \cdot 6.4} \cdot 1.1 \cdot 1.1 = 5.765 \frac{m^3}{h}; \quad (4.5.5.1)$$

Čia:

Q_{mt}^n – gamybinis pajėgumas per metus, m^3 ;

T_m – metinis darbo laiko fondas dienomis ($T_m=254$ paros);

k_1 – betono mišinio sunaudojimo netolygumo koeficientas ($k_1=1.1$);

k_2 – našumo atsargos koeficientas ($k_2=1.1$);

Apskaičiuojama vieno betono maišinio ruošimo ciklo trukmė:

$$t_c = t_p + t_m + t_t = 60 + 120 + 45 = 225 \text{ s}; \quad (4.5.5.2)$$

Čia:

t_p – komponentų tiekimo į maišytuvą trukmė, s (parenkama $t_p=60$);

t_m – komponentų sumaišymo trukmė, s (parenkama $t_m=120$);

t_t – mišinio išpylimo iš maišytuvo trukmė, s (parenkama $t_t=45$);

Apskaičiuojamas maišymų skaičius per valandą:

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{225} = 16 \text{ vnt.}; \quad (4.5.5.3)$$

Apskaičiuojama vieno ciklinio betono maišytuvo našumas:

$$N = \frac{V_m \cdot n \cdot \beta}{1000} = \frac{2250 \cdot 16 \cdot 0.7}{1000} = 25.20 \frac{m^3}{h}; \quad (4.5.5.4)$$

Čia:

V_m – maišytuvo talpa, l (parenkama $V_m=2250$ l);

n – maišymų skaičius per valandą;

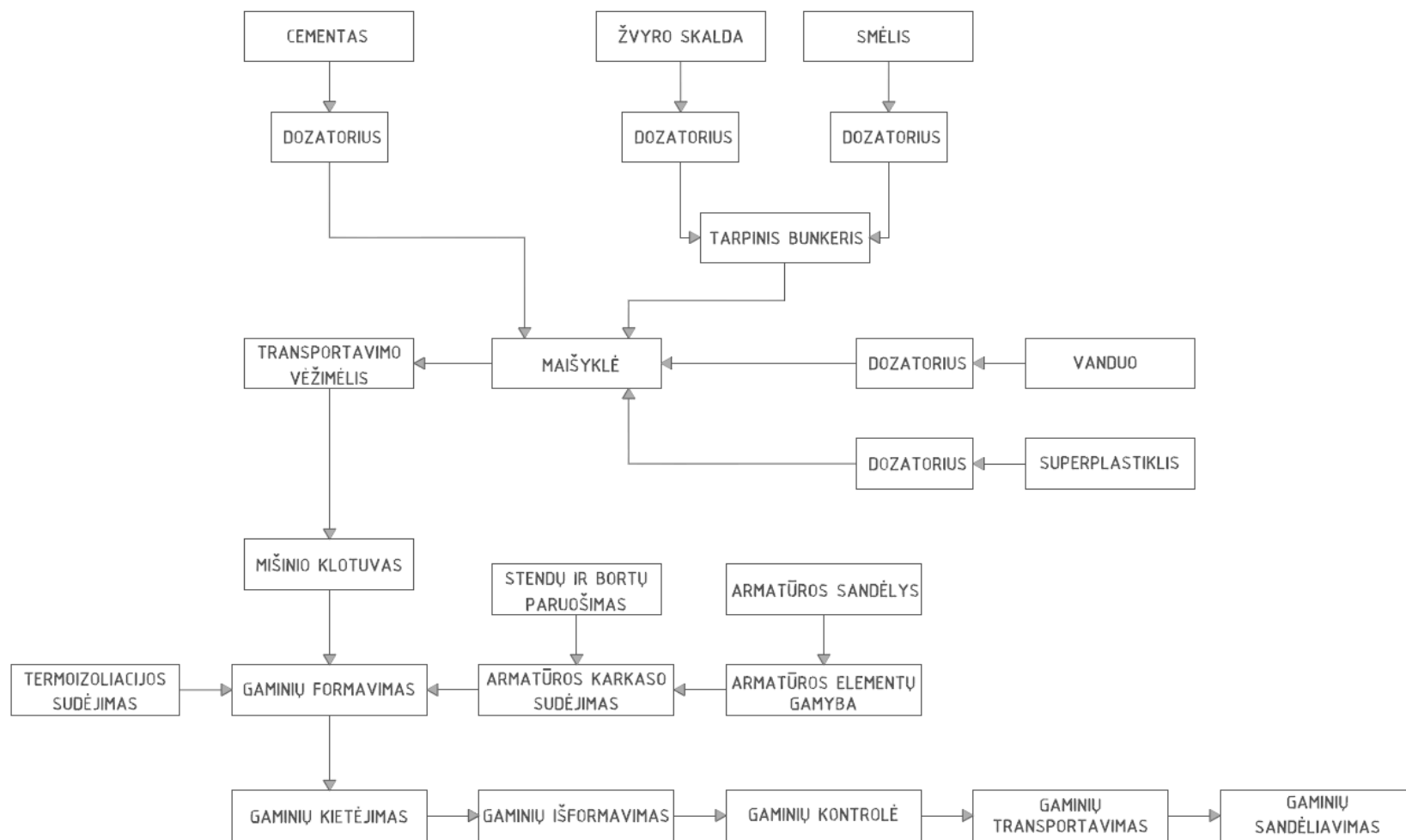
β – betono mišinio išeigos koeficientas (parenkamas $\beta = 0.70$);

Apskaičiuojamas reikalingas maišytuvų skaičius:

$$m = \frac{P_v}{N} = \frac{5.765}{25.20} = 0.229 \text{ vnt.}; \quad (4.5.5.5)$$

Parenkamas vienas firmos „Haarup“ maišytuvas – Haarup 2250 L.

4.6. Gamybos proceso technologinės schemos aprašymas



4.6.1. pav. Gaminimo proceso technologinė schema

1) Medžiagų transportavimas, dozavimas ir maišymas:

Į gamyklą cementas atvežamas palaidas, specialiuoju autotransportu. Naudojant pneumatinį transportavimą, medžiaga iškraunama į silosą. Transportavimo ir tiekimo metu, cementas turi būti apsaugotas nuo aplinkos drėgmės. Cementas sandėliuojamas trijuose cilindro formos silosuose SILMATIC 50, kurių talpa – 50 m³ (~70 tonų). Vienas iš silosų atlieka atsarginę funkciją, kuriame sandėliuojama nauja cemento siunta, kol atliekama pradinė ir laboratorinė patikra. Iš siloso, sraigtiniu konvejeriu, cementas transportuojamas į betono mišinių paruošimo cechą – cemento svorinį dozatorių.

Užpildai atvežami savivarčiais į dengtas, išbetonuotas, lauko aikšteles, kurios atribotos atskiriančiomis atraminėmis sienutėmis, priklausomai nuo medžiagos frakcijos. Skirtingos frakcijos užpildams naudojama po dvi lauko aikšteles, pirmoji medžiagos papildymui, antroji – eksportavimui. Ekskavatoriniai krautuvai, iš užpildų sandėliavimo aikštelės, medžiagas transportuoja į tarpinius užpildų bunkerius, kuriuose yra nustatomas užpildų drėgnumas. Juose užpildai patenka ant požeminio svorinio dozatoriaus, kuris atlieka juostinio transporterio funkcija, ir yra transportuojami į mišinio gamybos cechą.

Papildai perkeliama iš konteinerių į specialias talpyklas, esančias betono mišinio gaminimo ceche. Prieš turimus papildus tiekiant į betono maišyklę, medžiagos patenka į dozatorių, paskirstančius reikiamą papildų kiekį nustatytam betono mišiniui.

Betono mišinio ceche dirba vienas firmos „Haarup“ 2250L talpos maišytuvai, maišantis 25,20 m³ betono mišinio per valandą. Visi komponentai, tiekiami į maišyklę, dozuojami automatizuotai, naudojant svorinius ir tūrinius dozatorius pagal tiekiamos medžiagos reikmę. Atsakingas asmuo – betono mazgo operatorius, prižiūri dozavimo, tiekimo, maišymo procesą bei prireikus koreguoja mišinio konsistenciją.

2) Mišinio transportavimas

Gamykloje naudojama Elematic betono mišinio transportavimo ir distribucijos sistema: betono mišinys iš maišyklės tiekiamas į 2800L transportavimo vėžimėlį Elematic „Shuttle E9–2800“, kuris savo turinį perteikia betono paskirstymo į klojinius įrenginiui Elematic „Comcaster E9–2500“. Transportavimo vėžimėlis juda rėmo viršumi bei sijų lentynomis, įtvirtintomis kolonų gembėse, šių kolonų ašis besiriboja su betono mišinio gamybos cecho sienos ašimi. Betono mišinio paskirstymo įrenginys juda klojinių darbo zonoje. Elematic „Comcaster E9–2500“ tvirtinimas yra pusiau tiltinio krano tipo – viena dalis remiasi į įrengtus grindyse bėgius, kita į pokranines sijąs, įrengtas ant kolonų gembų.

3) Armatūros karkaso ir stendo paruošimas

Atliekant betono mišinio gaminimo ir transportavimo operacijas, lygiagrečiai vykdomi:

- Armatūros karkaso gaminimo ir transportavimo darbai;
- Stendo paruošiamieji darbai.

Akumuliatorinis vežimėlis transportuoja armatūros strypus ir įdėtines detales iš armatūros sandėlio link armatūros karkasų gaminimo stendų. Stenduose paliekami strypai, o į jų vietą perkeliama trys armatūros karkasai, kurie gabenami ties gelžbetoninių sieninių panelių klojinių. Armatūros stendų darbo zonoje įrengtas strėlinis kranas atlieka atvežtų medžiagų ir išvežamų gaminių perkėlimo operacijas. Armatūros strypai rišami į karkasus, naudojant MAX RB 397 surišimo įrankį.

Stendo paruošiamuosius darbus sudaro – stendo valymas, sutepimas bei klojinių surinkimas. Stendo ir klojinių valymas atliekamas po kiekvieno gaminių išformavimo, nuvalyti paviršiai išpurškiami įvairios suspensijos, vandens emulsijos, alyvos ar naftos produktais ir jų mišiniais. Naudojami mišiniai išpurškiami plonu sluoksniu, jie turi būti atsparūs vandeniui bei privalo nepakenkti gaminių kietėjimui ar kokybei. Klojiniai sudedami ir sustatomi į vietas hidraulikos, įrengtos gamybiniuose stenduose, pagalba. Atlikus stendo paruošiamuosius darbus ir bėginiu vežimėliu atgabenus armatūros karkasus, karkasai sumontuojami į stendo klojinius naudojant tiltinį kraną. Įrengiami poziciją fiksuojantys armatūros laikikliai bei įdėtinės detalės.

4) Gaminių formavimas:

Sustačius armatūros karkasą bei įdėtines detales į klojinius ir papildžius betono klotuvą mišiniu, pradedamas betono klojimas - formuojama išorinė sienos dalis. Klotuvas suteikia mišinio klojimo procesui stabilumo, tikslumo, bei sumažinami betono mišinio nuostoliai. Betoną suklojus, vykdomas vibravimo procesas, kurio metu tolygiai sutankinamas betono tūris. Dedamas termoizoliacinis sluoksnis ant išlieto betono viršaus, sustatoma į poziciją armatūra ir reikalingos įdėtinės detalės ir liejamas antrasis, vidinės sienos, betono sluoksnis. Užpildžius klojinius betonu išlyginamas paviršius ir įsitikinama, jog tolygiai pasidengė dengiamas viršus.

5) Gminių kietėjimas:

Gaminiai kietinami juos šildant. Šiluma gaminiui, kietėjimo metu, perduodama per stende išvedžiotus šildymo vamzdžius. Šiais vamzdžiais teka iki 60 °C temperatūros sušildytas vanduo. Ši temperatūra svyruoja priklausomai nuo aplinkos sąlygų (temperatūros, drėgmės). Suformuotas gaminys, prieš kietėjimą padengiamas plėvele. Šis kietėjimo procesas vyksta vieną parą, iki sekančios pamainos (kitos dienos pradžios).

6) Gminių išformavimas ir kontrolė:

Stendo klojiniai išformuojami praėjus vienai parai nuo gaminio formavimo pabaigos. Pašalinus klojinius, gaminys sukliamas 30–45° kampu, tam, kad būtų saugiau išimama lango rėmo pakraščius formuojanti detalė. Išformavus gaminį atliekama vizuali ir matavimo inspekcija pagal 4.2.4. skyriaus gaminio leistinus nuokrypius, bei gaminio kokybės kontrolė, pagal 4.2.7. skyriaus aprašytus bandymus. Gaminys pasiekia savo projektinį stiprumą atvirame produkcijos sandėlyje.

7) Transportavimas ir sandėliavimas:

Išformuotas ir kokybės kontrolę įvykdęs gaminys tiltiniu kranu keliamas į produkcijos transportavimo vežimėlį su jame įrengtu stovu. Sienoms perkelti naudojama speciali kėlimo traversa, leidžianti kelti įvairių gabaritų sieninių plokščių gaminius. Išardyti ir pakrauti į vežimėlį gaminiai, vežami į sandėliavimo aikštelę. Aikštelėje įrengti specialūs sandėliavimo stovai, panašios konstrukcijos, kaip produkcijos transportavimo stovai. Gaminys stovėdamas šioje vietoje pasiekia likusį projektinį stiprį. Šioje aikštelėje dirba ožinis kranas, kuris sandėliuoja produkciją, atvežtą transportavimo krautuvu, bei pakrauna klientų transporto priemonės sandėliuojamais gaminiais.

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1. Technologinio režimo charakteristikos

Stendinėje linijoje, gaminių gamybos trukmė nustatinėjama apskaičiuojant jų linijos gamybos ritmą – vienas po kito sekančio produkto pagaminimo trukmę. Remiantis šiuo ritmu, sudarinėjamas operacijų trukmių grafikas, kuriame nurodomos gaminio gamybos operacijų eiliškumas ir trukmė bei darbininkų ir įrenginių užimtumas [14].

Apskaičiuojamas stendinės linijos ritmas:

$$r = \frac{60}{T} \cdot n_1 \cdot n_2 = \frac{60}{1.88} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.5 = 47.87 \approx 48 \text{ min}; \quad (5.1.1)$$

Čia:

T – gamybos tempas (P_{hv});

n_1 – gaminių skaičius stendo ilgiu ($n_1=1$);

n_2 – gaminių skaičius stendo pločiu ($n_2=1$);

n_3 – gaminių skaičius gaminamų vienu metu ($n_3=1.5$);

Įrenginių ciklograma ir operacijų trukmių grafikas pateikiami grafinėje darbo dalyje.

5.2. Gamybos sąnaudų skaičiavimas

Apskaičiuojami linijos darbuotojų darbo užmokesčiai pagal įmonėje patvirtintus darbuotojų kategorijos valandinius tarifus.

5.2.1. lentelė. Įmonėje patvirtinti valandiniai tarifiniai atlygiai pagal darbuotojų kategoriją.

Darbuotojo kategorija	1	2	3	4	5	6
Darbo valandos kaina, €/h	2,71	3,03	3,59	4,07	4,40	4,99

$$A = T \cdot K \cdot D = 8 \cdot 3.03 \cdot 21 = 509.04 \text{ €}; \quad (5.1.2)$$

Čia:

T – dienos darbo valandos ($T = 8 \text{ val.}$);

K – darbo užmokestis pagal pateiktas kategorijas;

D – darbo dienų skaičius per mėnesį ($D = 21 \text{ d.}$);

Apskaičiuoti darbuotojų atlyginimai pateikti 5.2.2. lentelėje.

5.2.2 lentelė. Pagrindinių gamybos linijos darbuotojų darbo užmokestis

Pareigybės	Valiuta	Mėnesio atlyginimas	Metų atlyginimas
Gamybos vadovas V	EUR	739,20	8870,40
1 Betono cecho op. IV	EUR	683,76	8205,12
1 Operatorius III	EUR	603,12	7237,44
1 Sandėlininkas III	EUR	603,12	7237,44
1 Armatūros montuotojas II	EUR	509,04	6108,48
1 Betonuotojas IV	EUR	683,76	8205,12
2–3 Betonuotojas III	EUR	2 x 603,12	2 x 7237,44
4 Betonuotojas II	EUR	509,04	6108,48
1 Stropuotojas IV	EUR	683,76	8205,12
1 Sandėlininkas III	EUR	603,12	7237,44
1 Armatūros montuotojas II	EUR	509,04	6108,48
1–4 Armatūrinių III	EUR	4 x 603,12	4 x 7237,44
Iš viso darbuotojų $D_{\text{pagr}}=16$	EUR		Iš viso: $S_{\text{darb}}=116948.16$

Apskaičiuojamas apytikslis energijos poreikis 1 m^3 gaminio pagaminti:

5.2.3. lentelė. Numanomas energijos ir medžiagų poreikis 1 m^3 gaminio

Energijos rūšis	Kiekis 1 m^3 gaminio pagaminti	Kiekio 1 m^3 gaminio pagaminti žymėjimas	Energijos vieneto kaina, EUR	Energijos vieneto kainos žymėjimas
Elektros energija, kWh	43.84	G_{elektr}	0.14	k_{elektr}
Vanduo, m^3	0.372	G_{vand}	0.67(+0.54, jei kanalizuojamas)	$k_{\text{vand}}+k_{\text{vand,k}}$
Tepalas, kg $0,03\text{kg}/\text{m}^2$	0.542	G_{tep}	1.67	k_{tep}
Dujos, m^3	0.064	G_{duj}	0.39	k_{duj}

Apskaičiuojama ir sudaroma gaminio gamybos išlaidų suvestinė.

5.2.4. lentelė. Gaminio gamybos išlaidų suvestinė

Eil. Nr.	Pavadinimas	Matavimo Vnt.	Gamybos kainos per metus			1 m^3 gaminio gamybos kaina	
			Kiekis	Vnt.kaina be PVM	Suma, EUR	Kiekis, 1 m^3	Suma, EUR
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pagr. medžiagos						
	Cementas CEM I 42.5R	t	2405.817	107.44	258480.98	0.311	33.41
	Smėlis 0/2 fr.	m^3	5523.845	4.59	25354.45	0.713	3.27
	Žvirgždo skalda 4/16 fr.	m^3	4236.151	19.36	82011.88	0.547	10.59
	Superplastiklis	kg	11895.247	1,89	22482.02	1.536	2.90
	Armatūra	t	1361.407	552,68	752422.42	0.176	97.27
	Termoizoliacija	m^2	39376.32	9.26	364624.72	5.084	47.08
Iš viso:	–				1505376.47		194.52
2	Pagalbinės medž.	EUR	5% pagr.medž.	–	75268.82	–	9.73
3.	Sandėliavimo išlaidos	EUR	8% pagr.medž.	–	120430.12	–	15.56

Eil. Nr.	Pavadinimas	Matavimo Vnt.	Gamybos kainos per metus			1 m ³ gaminio gamybos kaina	
			Kiekis	Vnt.kaina be PVM	Suma, EUR	Kiekis, 1 m ³	Suma, EUR
4.	Kuras ir energija						
	Elektra	kWh	339540.80	0,14	47535.71	43.84	6.14
	Tepalas	kg	2881.14	1.67	4811.50	0.372	0.62
	Dujos	m ³ /kWh	4197.79	0.39	1637.14	0.542	0.21
	Vanduo	m ³	495.68	1.21	599.77	0.064	0.08
5.	Pagr. darbo užmokestis	EUR	–	–	116948.16	–	15.10
6.	Papildomas darbo užmokestis	EUR	8% pagr. darb. užmok.	–	9355.85	–	1.21
7.	Socialinis draudimas	EUR	31% viso darb. užmok.	–	36253.93	–	4.68
8.	Įrengimų išlaikymo ir eksploataavimo išlaidos	EUR	20% pagr.medž.	–	301075.29	–	38.87
9.	Įrengimų nusidėvėjimas	EUR	2% pagr.medž.	–	30107.53	–	3.89
10.	1 m ³ gaminio savikaina ceche(1–9)	EUR		–	2249400.29	–	290.61
11.	Bendrosios gamyklos išlaidos	EUR	100% pagr. darb. užmok.	–	116948.16	–	15.10
12.	Negamybinės išlaidos	EUR	10% 10p.	–	224940.03	–	29.04
13.	1 m ³ gaminio visa savikaina (10–12)	EUR		–	2591288.48	–	334.75
14.	Gaminio savikaina gamybos ceche	EUR	13p. padauginus iš gam. tūrio	–	–	–	850.27
15.	Pardavimo kaina	EUR	15% pelno	–	–	–	977.81
16.	Pardavimo kaina su PVM	EUR	15p.+21% PVM	–	–	–	1183.15
17.	1 m ³ gaminio pardavimo kaina su PVM	EUR	16p. padalijus iš gam. tūrio	–	–	–	465.81

5.3. Gamybinės linijos techniniai–ekonominiai rodikliai

5.3.1. lentelė. Gamybinės linijos techniniai–ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Rodiklių pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
1	Gamybinis plotas	m ²	1796
2	Metinis įmonės pajėgumas:		
	a) Produkcijos apimtis	m ³ ; vnt.	7745; 3049
	b) Produkcijos apimtis	EUR	2591288.48
3	Pagrindinių dirbančių skaičius	žmonės	24(16+8)
4	Išdirbis:		
	a) Produkcijos apimtis	m ³ žmogui	322.71
	b) Piniginė išraiška	eurai žmogui	107970.35
5	Gaminio savikaina:		

Eil. Nr.	Rodiklių pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
	a) Vieneto	vienetas, EUR	850.27
	b) metinė	EUR	2592473.23
6	Pelnas:		
	a) vieneto	EUR	127.54
	b) metinis	EUR	388869.46
7	Gamybos rentabilumas	%	15

Pagrindinių dirbančių skaičius:

$$D_{darb} = D_{pagr} + D_{adm} \cdot 16 = 16 + 0.5 \cdot 16 = 24 \text{ darb.}; \quad (5.1.3)$$

D_{pagr} – darbuotojų skaičius gamykloje;

D_{adm} – administracijos darbuotojai (priimama 50% D_{pagr});

Produkcijos apimtis:

$$P_{išd.prod} = \frac{P_{mt}}{D_{darb}} = \frac{7745}{24} = 322.71 \frac{m^3}{žm}; \quad (5.1.4)$$

Piniginė išraiška:

$$P_{išd.pinig.} = \frac{S_{g.sav}}{D_{darb}} = \frac{2591288.48}{24} = 107970.35 \frac{EUR}{žm}; \quad (5.1.5)$$

5.4. Statinio statybos darbų techniniai ekonominiai rodikliai

5.4.1. lentelė. Statinio statybos techniniai ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Sklypo plotas	m ²	14057.00	–
2	Pirmo aukšto plotas	m ²	2161.69	–
3	Visų aukštų plotas	m ²	2527.69	–
4	Užstatymo tankumas	%	15.88	–
5	Visų aukštų tūris	m ³	23597	–
6	Statinio suvestinė statybos kaina	tūkst. EUR	3771.70	–
7	Statybos ir montavimo darbų kaina	tūkst. EUR	1704.86	–
8	Įrenginių kaina, 70% 7p.	tūkst. EUR	1193.41	–
9	Kitos išlaidos	tūkst. EUR	236.27	Inž. tinklų kaina
10	Statinio suvestinė statybos kaina mato vienetai	EUR/m ²	1492.15	–
		EUR/m ³	157.52	–
11	Statinio statybos ir montavimo darbų kaina mato vienetai	EUR/m ²	674.47	–
		EUR/m ³	72.25	–
12	Inžinerinių tinklų statybos montavimo darbų kaina mato vienetai	EUR/m	102.79	Lauko inž. tinklų

Pastato bendrųjų statybos darbų, vidaus inžinerinių tinklų ir lauko inžinerinių tinklų sąmatos pateikiamos prie priedų. Objektinė ir suvestinė sąmatos nurodomos 5.4.2. ir 5.4.3. lentelėse.

5.4.2. lentelė. Objektinė sąmata

Lokalinės sąmatos	Darbų pavadinimas	Sąmatinė vertė		
		Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Iš viso
1	2	3	4	5
Nr. 01	Bendrieji statybos darbai	1704864.59	1193405.21	1704864.59
Nr. 02	Vidaus inžineriniai tinklai	209698.34	–	209698.34
Nr. 03	Lauko inžineriniai tinklai	26575.54	–	26575.54
	VISO	1941138.47	1193405.21	3134543.69

5.4.3. lentelė. Suvestinė sąmata

Eil. Nr.	Statybos darbai	Sąmatinė vertė			
		Statybos montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	Iš viso
1	2	3	4	5	6
I	Statybos sklypas	–	–	399980.00	399980.00
II	Statybos sklypo paruošimas (0,3%)	–	–	5114.59	5114.59
III	Statinio statyba ir įrengimas	1941138.48	1193405.21	–	3134543.69
IV	Projektavimo ir inžinerinės paslaugos (5%)	–	–	156982.91	156982.91
4.1	Projektavimo darbai (3.6%)	–	–	113027.70	
4.2	Techninė priežiūra (0,7%)	–	–	21977.61	
4.3	Autorinė priežiūra (0,35%)	–	–	10988.80	
4.4	Ekspertizė (0,35%)	–	–	10988.80	
V.	Kitos išlaidos (3%)	–	–	98899.24	98899.24
VI.	Užsakovo rezervas (5%)	–	–	169777.02	169777.02
	VISO	1941138.47	1193405.21	830753.77	3965297.45

Remiantis atliktais skaičiavimais, gaminant tik šio tipo gaminių ir parduodant jį su nustatytu 15% pelno antkainiu, gamyklos suvestinių statybos kaštų atsipirkimo laikas apytiksliai siektų – 10 metų. Atsipirkimo laikotarpis gali kisti priklausomai nuo pasirinkto gaminti, įvairios konfigūracijos, gaminių asortimento, produktų savikainos bei antkainio.

6. MOKSLINIS TIRIAMASIS DARBAS

Šiais laikais, statybos industrijoje, betono konstrukcijų paviršius vis dažniau paliekamas neapdirbtas, bandant įgyvendinti užsakovo ar architekto sumanytą dizaino estetinę išvaizdą, tad natūralu, jog betono paviršiui keliami sąlyginai aukšti reikalavimai. Šiuos reikalavimus pagrinde

sudaro konstrukcijos paviršiaus lygumas (tiesumas), spalva ir paviršinių porų defektų kiekis, ir dydis [15].

Paviršiaus porų defektai, šiuo metu, Amerikoje, patapo geidžiamu architektūriniu bruožu statinio dizaine, tačiau didžiojoje dalyje pasaulio, įskaitant ir Lietuvoje – tai nenorimas konstrukcijos paviršiaus kokybės trūkumas. Kokybiškiems betono konstrukcijos paviršiams įrengti reikalinga viso technologinio proceso darna, t.y. tinkamos mišinio struktūros, klojinių parinkimas, deramas betono klojimas, tankinimas ir kiti įtakojantys faktoriai.

Darbo aktualumas

Paviršiaus defektų šalinimo mišiniai retai pasiteisina, jų panaudojimas yra ekonomiškai netikslingas. Mėginant išgauti aukštesnės paviršiaus kokybės gaminį, tiriamajame darbe analizuojama paviršiaus kokybės priklausomybė, nuo keičiamos betono mišinio sudėties.

Paviršiaus porų defektams nustatyti, Lietuvoje ir užsienyje, naudojamos metodikos arba rekomendacijos paremtos vizualia betono konstrukcijos paviršiaus kokybės vertinimo ekspertize. Šioje metodikoje pasireiškia rezultatų subjektyvumas, priklausantis nuo vertintojo. Tiriamajame darbe naudojama vaizdo analizės programa, kuri pateikia tiriamo objekto rezultatus be vartotojo subjektyvaus vertinimo.

6.1. Literatūros apžvalga

6.1.1. Betono paviršinių porų defektai, atsiradimo priežastys, prevencijos būdai

Santykinai mažas betono paviršinių porų kiekis yra vienas iš esminių reikalavimų, keliamų betono paviršiaus kokybei. Pagal prigimtį, išskiriami trys paviršiaus tuštumų (porų) tipai: vandens poros, oro poros, prisirišusios poros [16].

Vandens poros betono paviršiuje susidaro dėl įstrigusių vandens dalelių tarp mišinio masės bei klojinio formos, betono kietėjimo metu, kuomet, vėlesniu momentu, įstrigęs vanduo išgaruoja, sudarydamas paviršiaus tuštumas. Šios sferinės formos poros pasireiškia esant aukštam V/C santykiui betono mišiniuose, vandens porų plotą galima sumažinti didinant smulkiųjų dalelių kiekį. Antrasis tipas, oro poros, taip pat susidaro, kai oras negali pasišalinti pro betono masę bei klojinio formą. Šias poras sunku pašalinti iš mažo slankumo mišinių, pagrindinė jų charakteristika yra nereguliari forma. Trečiasis tipas – prisirišusios poros, susiformavusios dėl prisirišusių vandens ir oro porų prie užpildo dalelių bei armatūros. Šios poros įprastai susidaro naudojant trupintą, nereguliarios formos, grubaus paviršiaus užpildą [16].

Didelę įtaką porų kiekiui turi vibracijos įranga bei metodika, bet to, poveikį turi mišinio sudėtis, savybės, tiekimo vieta ir kiti faktoriai [17].

Norint sumažinti paviršiaus porų kiekį betone, remiantis Amerikos betono instituto praktinėmis specifikacijomis Specifications for structural concrete ACI 301–05 [18], reikia mažinti atstumo intervalus tarp giluminių vibratorių, bei prailginti vibravimo laiką. Esant tam tikroms situacijoms gali praversti galingesni vibravimo įrenginiai. Naudojant giluminius vibratorius privalu išlaikyti minimalius atstumus tarp jų ir betono konstrukcijų formų vidinių sienelių. Kritiškai svarbu, jog vibratorių veikimo zonos viena kitą dengtų. A. Klovo [19] teigimu, uždarytas oras lengviau pasišalina iš betono mišinio sumažinus įtraukto oro arba smulkiojo užpildo kiekį. Taip pat, sumažinus mišinio klojimo į klojinius aukštį bei tankinant mišinį arčiau klojinių paviršiaus, žymiai sumažinamos nepasišalinusio įtraukto oro ir vandens pertekliaus sankaupos ties klojinio paviršiumi [19].

Šaltiniuose pabrėžiama vibracijos ir jos metodikos svarba išgaunant reikiamą betono paviršiaus kokybę, tačiau tam galima priskirti viso technologinio proceso (mišinio struktūros, klojinių, klojimo, tankinimo ir kitų veiksnių faktorių) darnos reikšmingumą.

6.1.1.1. pav. pateikiamas monolitinio betono paviršiuje susidariusių porų pavyzdys, galimai vandens ir oro porų kombinacija, susiformavusi dėl pasirinkto mišinio sudėties bei nepakankamo vibracijos laiko.



6.1.1.1. pav. Monolitinio betono paviršiuje susidariusios poros (autorius nuotrauka)

Išplovų ruožai betono paviršiuje susidaro ištekant cemento tešlai, dėl atsiskyrusio perteklinio vandens, pro klojinio, kuriame suklotas mišinys, nesandarumus. Tai pasireiškia esant pertekliniam tankinimui, itin dideliu V/C santykiu arba mišinio slankumui, nesandariuose klojiniuose [20]. Išplovų ruožų prevencijai reikia užtikrinti klojinių sandarumą, pakankamą cemento kiekį, tinkamą granulometrijos gradaciją.



6.1.1.2. pav. Išplovų ruožai betono paviršiuje

Betono paviršiaus korėjimas – tai nepakankamas betono mišinio (cemento tešlos) pasiskirstymas tarp jame esančių užpildų dalelių – sudaromas netolygus, šiurkštus paviršius. Paprasčiau, tai galimas per mažo mišinio tankinimo laiko, cemento tešlos kiekio, netinkamai atliktos tankinimo metodikos, vibratoriaus ištraukimo kampo arba prastai parinkto stambaus ir smulkiojo užpildo santykio rezultatas. Vadovaujantis Amerikos betono instituto praktinėmis specifikacijomis [18], šie paviršiaus defektai turi būti šalinami ir užtaisomi, apsiribojant mažu taisymų kiekiu, plotu, kadangi tai pakenkia betono stiprumui ir paviršiaus išvaizdai. Korėjimo prevencijai galima didesniu dažniu išdėstyti giluminių vibratorių tinklą, naudoti plastifikuojančias įmaišas esant tankiam armatūros išdėstymui, parinkti tinkamą naudojamų užpildų granulometriją.

6.1.1.3. pav. pateikiamas betono paviršiaus korėjimo pavyzdys.



6.1.1.3. pav. Susiformavęs korėjimas monolitinio betono paviršiuje (autoriaus nuotrauka)

Kiti galimi paviršių defektai pateikiami 6.1.1.1. lentelėje.

6.1.1.1. lentelė. Galimi monolitinio betono paviršių defektai, priežastys ir prevencija

Paviršiaus defektas	Priežastis	Prevencija
Vizualios linijos (patamsėjimai)	Per didelis laiko intervalas tarp dviejų mišinių klojimo	Periodiškas sluoksnio tankinimas, neperžengiant pervibravimo ribos
	Nepakankamas giluminio vibratoriaus gylis	Tankinant viršutinį sluoksnį reikia prasiskverbti į užlietą apatinį sluoksnį
Paviršinis įtrūkimas	Galimai dėl atsiradusių įtempių betono kietėjimo pradžios metu	Atlikti pakartotinį tankinimą prieš kietėjimo pradžią (giluminis vibratorius grimzta nuo savojo svorio)
Paviršiaus nukrypimai	Nepakankamai standūs klojiniai, jų įtvirtinimai	Klojinių formų ir sutvirtinimų apžiūra

6.1.2. Sukietėjusio betono paviršiaus kokybės vertinimas

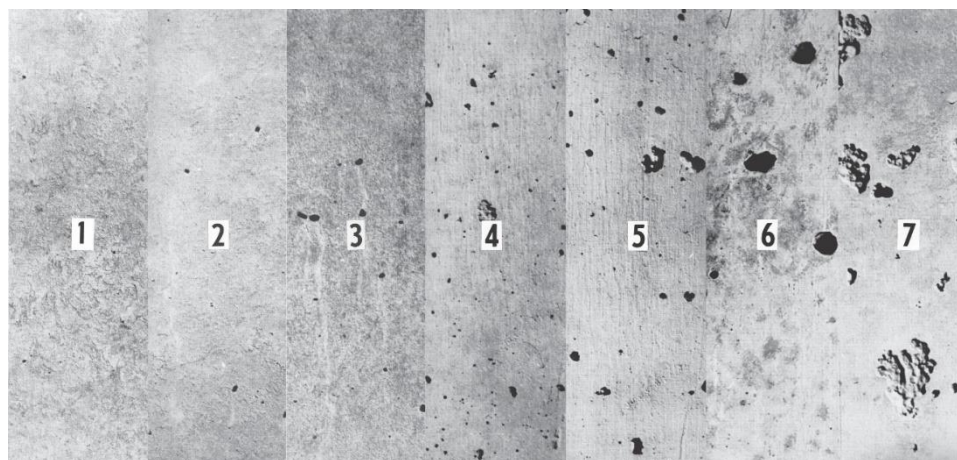
Vertinant betono paviršiaus kokybę, pagrindinis dėmesys skiriamas paviršiaus porų, betono atspalvio bei paviršių netolygumų defektams. Nustatyti ir vertinti šiems betono paviršių netobulumams išskiriamos trys metodikos rūšys: vizuali ekspertizė, vaizdo analizė ir lazerinis paviršiaus nuskaitymas (skenavimas).

Taikant vizualią ekspertizę remiamasi įvairiais išleistais standartais – CIB standarto [21] etalonine skale, Australijos standartu [22], GOST 13015.0–83 [23], taip pat AFNOR P18–503, NBN B 21–601 standartų reikalavimais.

CIB standarte [21] sudarytos keturios paviršių tolerancijos klasės:

1. Grubaus paviršiaus – kai betono paviršiui nekeliama išskirtiniai reikalavimai;
2. Įprasto paviršiaus – paviršiaus išvaizdai keliama nežymus kokybės reikalavimai;
3. Detalaus paviršiaus – šiai klasei yra nustatyti apibrėžti kokybės reikalavimai;
4. Specialusis paviršiaus – aukščiausios kokybės standartus atitinkantis betono paviršius.

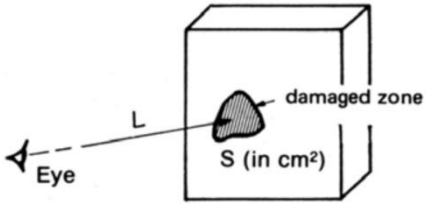
CIB skalė sudaryta iš septynių pavyzdinių betono paviršiaus nuotraukų, sunumeruotų pagal savo paviršiaus kokybę, kaip nurodyta 6.1.2.1. pav.



6.1.2.1. pav. Betono konstrukcijų paviršiaus kokybės skalė pagal balus CIB Report No. 24 [21]

Priklausomai nuo tiriamo betono paviršiaus defekto (lokalinių porų, tolygiai pasiskirsčiusių porų, paviršiaus atspalvių), įvertinami didžiausi skirtumai betono konstrukcijos plote. Šie skirtumai priskiriami prie tam tikros sunumeruotos skalės nuotraukos. Didžiausių variacijų skalės numeriai atimami vieni iš kitų, jų rezultatas priskiriamas tam tikros klasės betono paviršiui (6.1.2.1. lentelė), nustatytam pagal CIB standartą [21].

6.1.2.1 lentelė. Betono klasės vertinimas pagal CIB standartą

Paviršiaus defektas	Paviršiaus betono klasė						
	Specialioji		Detalioji		Įprasta		Grubi
1. Dėmės ir lokaliniai defektai. Pažeistos zonos ploto S (cm^2) priklausomybė nuo atstumo L 	3L		4L		5L		–
2. Pasiskirsčiusios paviršiaus poros. Didžiausias leistinas skalės balų skirtumas pagal klases	2	4	4	6	6	–	–
3. Spalvos variacija. Didžiausias leistinas skalės balų skirtumas pagal klases naudojant pilkąją skalę (angl. grey scale), žiūrint iš 3 m atstumo nuo betono paviršiaus	2	2	2	3	3	4	–

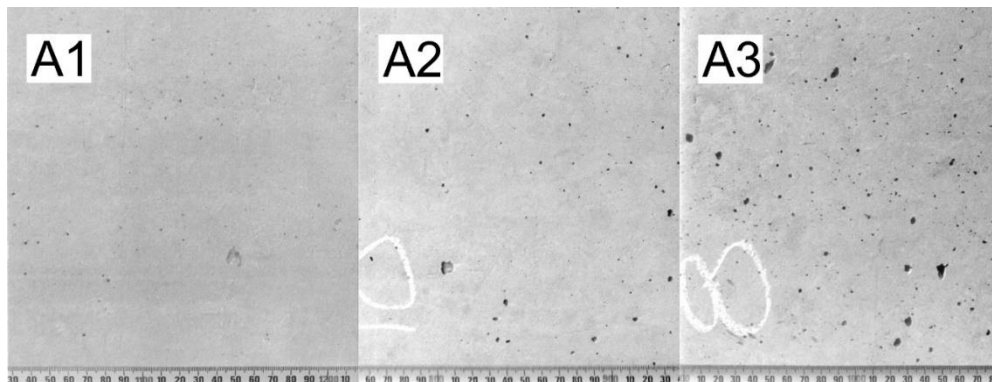
Metodo pritaikymas praktikoje nurodytas 6.1.2.2. pav.



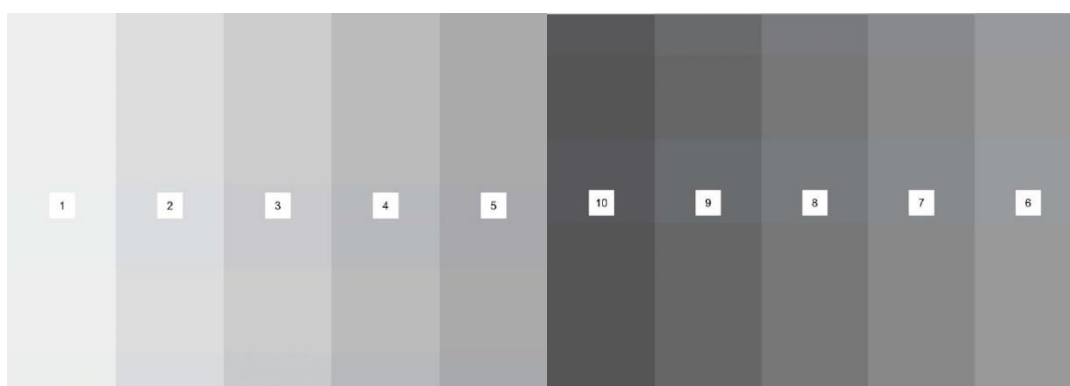
6.1.2.2. pav. Betono paviršiaus vertinimas pagal CIB skalę [21]

Australijos standartas [22], nustatinėjant paviršinių porų ir betono atspalvių defektus, remiasi panašiu principu, naudojamu CIB metode – betono konstrukcijų paviršių kokybė suskirstoma į penkias klases. Šios klasės padalintos nuo aukščiausios kokybės reikalavimus

tenkinančios pirmos iki gerą, bendrą vaizdą išlaikančios trečios klasės, kur ketvirta bei penkta klasės priskiriamos nereikšmingos vizualios kokybės grupei. Klasių skalės pagal paviršinių porų kiekį ir išsidėstymą bei betono atspalvį pateikiamos atitinkamai 6.1.2.3. ir 6.1.2.4. pav.



6.1.2.3. pav. Betono paviršiaus poringumo vertinimas pagal AS 3610.1 skalę [22]



6.1.2.4. pav. Betono paviršiaus atspalvių vertinimas pagal AS 3610.1 skalę [22]

Remiantis GOST 13015.0–83 standartu [23], atliekant vizualią ekspertizę, įvertinamas paviršiaus kavernų skersmens dydis bei kiekis, paviršiaus kokybė skirstoma į kategorijas A1–A7, pradedant nuo idealaus, etaloninio paviršiaus A–1. Standarte nurodyta, jog galimos atskiros poros (ne daugiau kaip 1 vnt. 1 m² paviršiaus ploto), kurių skersmuo arba didžiausias matmuo, ne didesnis kaip:

1. 2 mm – A2 paviršiaus kategorijai;
2. 6 mm – A3 paviršiaus kategorijai;
3. 15 mm – A4 paviršiaus kategorijai.

6.1.2.2. lentelė. GOST 13015.0–83 betono paviršiaus kokybės reikalavimai

Betono paviršiaus kategorija	Poros skersmuo/didžiausias matmuo	Vietiniai iškilimai/įdubų gylis	Briaunoje esančių nudužimų/ištrupėjimų gylis	Suminis nudužimų/ištrupėjimų ilgis 1 m. ilgio briaunoje
	Duomenys, mm			
A1	Lygus etaloninis paviršius		2	20
A2	1	1	5	50
A3	4	2	5	50
A4	10	1	5	50
A5	–	3	10	100
A6	15	5	10	100
A7	20	–	20	–

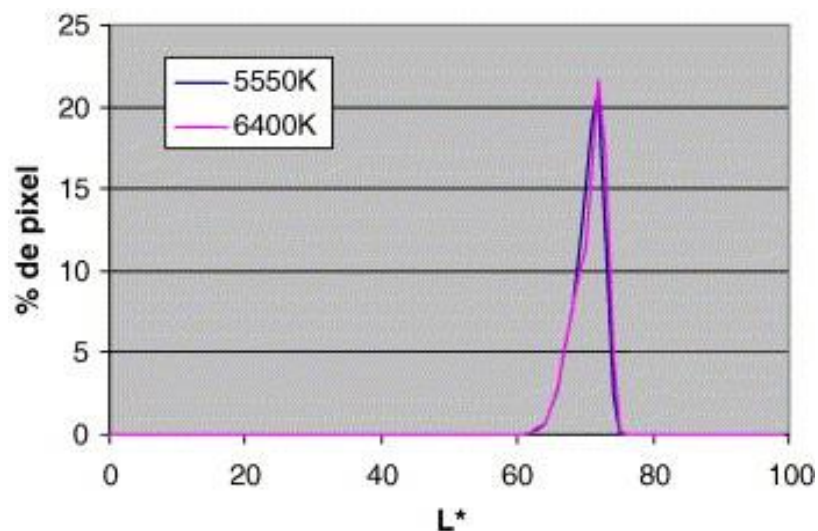
Apibendrinant, vizualioji ekspertizė, tai pasenusi metodikos rūšis, kurią, dėl savo trūkumų, bandoma pakeisti naujesniais betono paviršiaus kokybės vertinimo būdais. Vadovaujantis standartais, dideli subjektyvaus vertinimo rėmai paliekami paviršiaus tyrinėtojų. Esant ekspertų trūkumui, priklausomai nuo vertintojo kvalifikacijos lygio, gauti rezultatai gali įgauti didelę paklaidą.

Vaizdo analizės metodas buvo sudarytas, norint eliminuoti vizualios ekspertizės trūkumus. Remiantis šią metodiką sumažinama tyrinėtojo subjektyvaus vertinimo įtaka betono paviršiaus kokybės įvertinime.

Betono paviršiaus kokybės tyrime, mokslininkai Lemaire, Escadeillas, Ringot [15] sudarė GTM–LMDC procesą, sudarytą iš dviejų etapų:

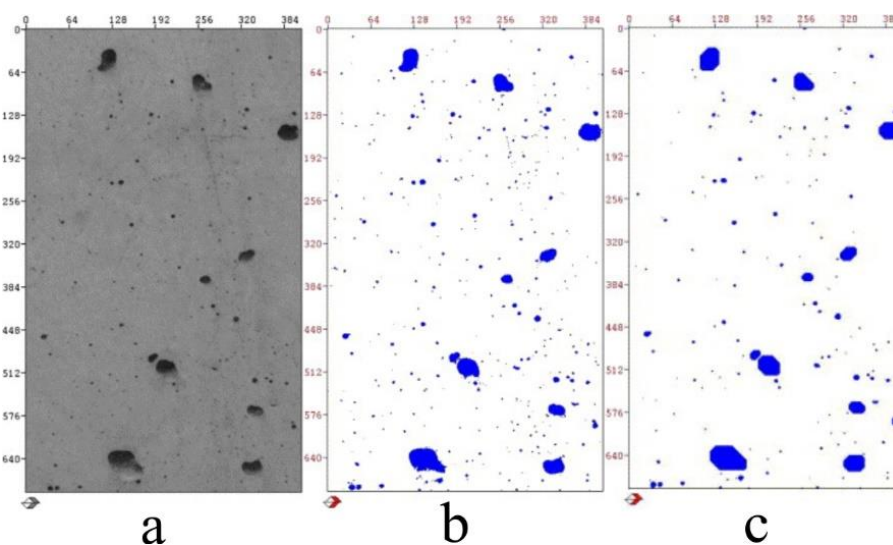
1. Atvaizdo gavimo ir apdirbimo;
2. Paviršiaus atspalvio ir porų tankumo nustatymo.

Tyrime pasirenkama CIELab spalvų erdvės sistema ir nustatoma, jog pagrindinis kintamasis betono paviršiaus atspalvyje yra šviesumas (L^*). Gautiems atvaizdų pikseliams mokslininkai pritaiko jų sudarytas koduotes, pašalindami galimą rezultatų variaciją, naudojant skirtingas kameras bei esant netolygiems apšvietimams. Gauti šviesumo (L^*) rezultatai lyginami su nustatytais spektro kolorimetru parodė, jog rezultatų duomenys nepriklauso nuo esamo apšvietimo.

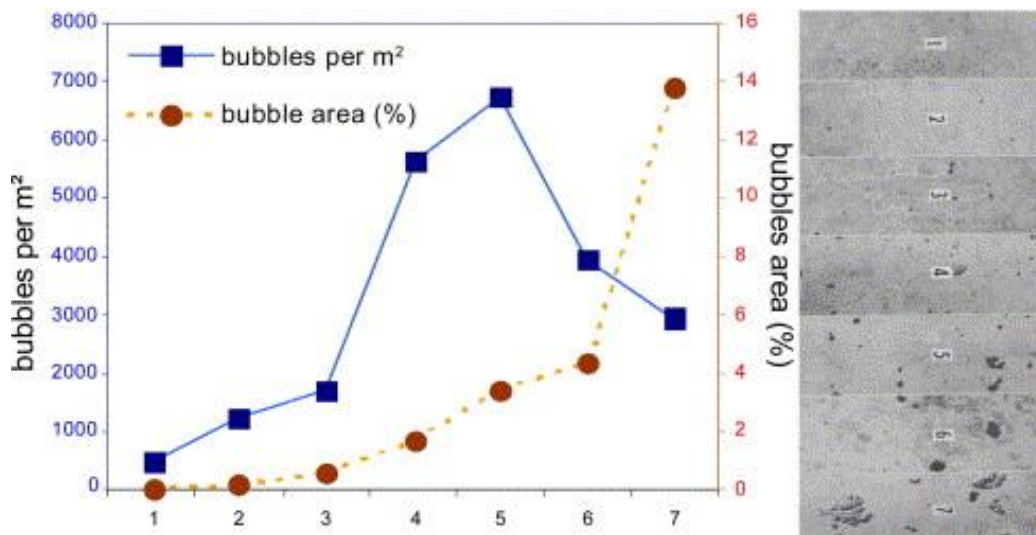


6.1.2.5. pav. Identiškų betono paviršių šviesumo (L^*) stulpelinė diagrama, esant skirtingiems apšvietimams [15]

Remiantis CIB standartu [21], mokslininkai apdirbo standarto skalę pasinaudodami savo sudarytu metodikos algoritmu (6.1.2.6. pav.). Iš gautų paviršiaus vaizdų, tyrėjai nustatė paviršiaus porų kiekį kvadratiniam metre ir santykinį paviršiaus kavernų plotą CIB skalės paviršiams. 6.1.2.7. pav. galima išvelgti, jog didžiausias porų kiekis (6500 vnt./m^2) nustatytas penktame paviršiuje, o santykinis kavernų plotas (14%) – septintame paviršiuje [14].



6.1.2.6. pav. Vaizdų analizės metodu analizuojamas paviršius: a) vaizdo filtracija (grey scale); b) vaizdas pateikiamas dvejetainėje sistemoje; c) defektų vietos apibrėžiamos, skaičiuojamas jų kiekis ir plotas; [15]



6.1.2.7. pav. Vaizdų analizės metodu ištirtos CIB skalės rezultatai [15]

Mokslininkai Klovas ir Daukšys [24] tyrinėjo dekoratyvinio betono horizontalių paviršių kokybės vertinimo metodus. Bandyje buvo naudoti trijų skirtingų mišinių betono bandiniai (BA1, BA7, BA8), sukloti į penkias skirtingų medžiagų klojinių formas: polimerine alyva impregnuotos medienos, guma padengtos medienos, pjautinės medienos, metalo ir plastiko. Vertinimui pasirinko vizualios ekspertizės CIB Report No. 24 [21], GOST 13015.0–83 standartų [22] ir nemokamos prieigos vaizdų analizės programos „ImageJ“ metodus. Naudojant „ImageJ“ programą, metodikos atlikimo algoritmas panašus siūlytą Lemaire et al. [15]:

1. Betono paviršiaus nuotraukos įkėlimas į ImageJ programą;
2. Pasirenkama 8-bit nuotraukos kokybės, defektams išryškinti;
3. Nustatomas nuotraukos mastelis;
4. Nuotraukos spalvos pakeičiamos į dvejetainę sistemą (juoda–balta);
5. Analizuojami >1 mm skersmens didumo defektai;
6. Skaičiuojamas paviršiaus defektų plotas.

Pasinaudojus standartų nurodymais ir gautais rezultatais, tyrėjai sudarė metodų palyginimą pagal betono paviršiaus kokybes klases (6.1.2.3. lentelė). Mokslininkai nustatė, jog didžiausias paviršiaus porų pasiskirstymas (SD) mišiniuose BA1 ir BA2 gautas, naudojant pjautinės medienos klojinių formas [24].

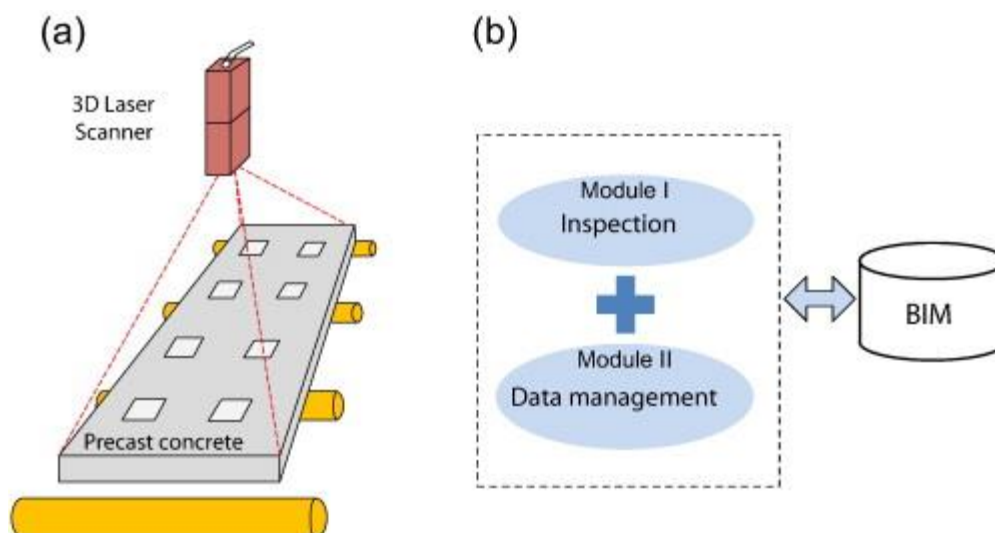
6.1.2.3. lentelė. Betono kategorijų paskirstymas pagal tyrimo metodus

Metodas	Betono paviršiaus klasė			
	Specialusis	Detalusis	Įprastas	Grubus
GOST 13015.0–83 kategorijos	A1–A2	A3–A4	A5–A6	A7>
CIB Report No. 24, vertinimo balai	0–2	2–4	4–6	Nėra reikalavimų
ImageJ, paviršinių porų santykinis plotas, %	0–0.1	0.1–2	2–4	13>

Kiti tyrėjai, betono paviršiaus porų nustatymui, naudojo kitas programas, pritaikę panašius vaizdo analizės metodikos [15] algoritmus. Mokslininkai Liu ir Yang [25] pasinaudojo programos MATLAB vaizdo apdirbimo funkcijas, nustatant betono paviršiaus defektus ir jų kiekį. Pasinaudojus programos kontrasto išryškinimo parinktimi, OTSU vaizdo filtro segmentacija ir nustačius leistiną defektų formos koeficientą, tyrėjai ištyrė CIB skalę ir sudarė jos kokybės vertinimo sistemą. Kwasny ir Sonebi [26] ir Klovas [18] tyrė betono reologinių savybių įtaką paviršių kokybei, atitinkamai panaudojant Adobe Photoshop CS4 ir BetonGuy 2.0 programas.

Lazerinis tiriamojo objekto nuskaitymas (skenavimas) orientuotas į betono konstrukcijos geometrijos nuokrypių [27] ir tam tikrų defektų (įtrūkimų, išsigaubimų) nustatymą. Tyrėjai Kim, Cheng, Sohn, Chang [28] savo darbe pristatė struktūrą BIM ir 3D lazerinio skenavimo surenkamų betono elementų kokybei įvertinti:

1. Sudaromas patikros kontrolinis sąrašas;
2. Atliekama patikra;
3. Pasirenkamas optimalus 3D skaitytuvas ir jo parametrai;
4. Gautų duomenų saugojimas ir pristatymas į BIM sistemą.



6.1.2.8. pav. Siūloma surenkamų elementų vertinimo sistema [28]

Remiantis sudarytu metodu, buvo sėkmingai nustatytas surenkamo elemento dimensijų dydis, esant vid. 2.5 mm netikslumui. Taip pat, nustatytas paviršiaus skilimo defektų tūris, kai jų storis keičiasi virš 3 mm dydžio, 86.9 % tikslumu. Darbe pabrėžiama, jog paviršiaus kokybė gali būti nustatoma tik stačiakampio formos, vienodo storumo, surenkamiems betonui elementams. Skaitytuvo modelio kokybė turi įtakos paviršiaus kokybės rezultatams [28]. Šie trūkumai BIM ir 3D skenavimo metodiką sudaro riboto panaudojimo.

6.2. Tyrimo dalis

6.2.1. Tyrimo objektas, tikslas ir uždaviniai

Tyrimo objektas – aukštos paviršiaus kokybės konstrukcinis betonas.

Tiriamąo darbo bandymo tikslas – vaizdų analizės metodu nustatyti smulkiojo užpildo 0/2 ir 0/4 fr. (smėlio) kiekių santykio užpilde įtaką betonui paviršiaus kokybei.

Tiriamąo darbo uždaviniai:

1. Naudojant paviršiaus kokybės vaizdo analizės metodiką, ištirti skirtingos betonui mišinio sudėties bandinių paviršiaus kokybę.
2. Įvertinti skirtingos betonui mišinio sudėties įtaką betonui paviršinių porų defektų dydžiui, kiekiui ir santykiniam plotui su tiriamuoju paviršiumi.
3. Pagal vaizdo analizės būdu konvertuotą CIB Report No. 24 [21] skalę suskirstyti skirtingų betonui mišinių tyrimo bandinius į jiems atitinkančias betonui paviršiaus kokybės kategorijas.

6.2.2. Tyrimo medžiagos, metodika ir bandymai

Šešių skirtingų betonui mišinio konsistencijų bandiniai (žym. A1–A6) buvo paruošti bandymo metu (žr. 6.2.2.1. lentelę). Kontroliniu mišiniu pasirinktas bandinys A1 kurio smulkiojo užpildo dalį sudaro tik 0/4 fr. smėlis. Koreguojant etaloninio bandinio sudėtį, buvo keičiamas mišinių 0/2 ir 0/4 fr. smėlio kiekių santykis bandiniuose A2–A4: 0,124/0,373 (0,332); 0,249/0,249 (1,00); 0,373/0,124 (3,008). Bandinio A5 mišinyje buvo panaudotos lakiųjų pelenų smulkiosios dalelės remiantis A1 mišinio cemento kiekio santykiu 1/9 (0.111), A6 bandinyje – plastifikuojantis priedas pridėtas į A1 mišinio pagrindą.

6.2.2.1. lentelė. Betonui mišinių A1–A6 sudėtys

Medžiagos	Matmuo	Medžiagų kiekiai 1m ³ betonui mišinio					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Cementas	kg	300	300	300	300	270	300
Lakieji pelenai	kg	–	–	–	–	30	–

Medžiagos	Matmuo	Medžiagų kiekiai 1 m ³ betono mišinio					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
Vanduo	l	170	170	170	170	170	170
Stambus užpildas, žvyras – 4/16 fr.	kg	960	960	960	960	960	960
Smulkus užpildas, smėlis – 0/4 fr.	kg	950	712.5	475	237.5	950	950
Smulkus užpildas, smėlis – 0/2 fr.	kg	–	237.5	475	712.5	–	–
Superplastiklis – Sika ViscoCrete (1%)	l	–	–	–	–	–	3.00

Mišinių maišymas vyko dviem etapais, pasinaudojus priverstinio maišymo maišyklę „Zyklos ZZ 50 HE“ (6.2.2.1. pav.). Maišyklės darbo parametrai pateikti 6.2.2.2. lentelėje. Pirmojo etapo metu, į maišyklę buvo supiltas cementas, lakieji pelenai (jeigu naudojami mišinyje), stambusis ir smulkusis užpildai bei du trečdaliai viso vandens kiekio. Šiame etape maišymas buvo atliekamas 1 minutę 30 sekundžių, antrajame etape – supylus likusį vandens kiekį, maišymas tęsiamas 30 sekundžių. Naudojant priedus A6 bandinio mišinyje, superplastiklis buvo pridėtas kartu su vandeniu, antrojo etapo dalyje.

6.2.2.2. lentelė. Priverstinio maišymo maišyklės „Zyklos ZZ 50 HE“ parametrai

Parametrai	Matmuo	Dydis
Max. sausos įkrovos dydis	l	80
Max. sausos įkrovos dydis	kg	90
Būgno diametras	mm	700
Apsisukimų kiekis	rpm	1500
Maišymo galia	kw	2.2
Dažnis	Hz	50



6.2.2.1. pav. Betonų mišinio maišyklė „Zyklos ZZ 50 HE“

Paruošti mišiniai buvo klojami į kubo formos metalinius klojinius, kurių matmenys 100x100x100 mm (6.2.2.2. pav.). Bandymo metu, klojiniai buvo padengiami tepalais, nepašalinant susidariusio jų pertekliaus. Du kubo formos bandiniai suformuojami iš kiekvienos

skirtingos mišinio sudėties. Tiriant betono paviršiaus defektų kiekį pasirinkta naudoti bandinių keturių paviršių bendrus duomenis.



6.2.2.2. pav. Bandinio A1 keturi tiriami paviršiai

Bandinių tankinimui buvo panaudotas vibravimo stendas, įrenginio vibravimo dažnis – 50 Hz. Tankinimas buvo atliekamas, kol uždaras oras šalinosi iš betono mišinio, neviršijant vidutinio tankinimo laiko – 7 sekundžių.

Sutankinti bandiniai buvo laikomi 3 dienas klojiniuose, praėjus šiam laikui, formos buvo išmontuotos, tyrimo objektams buvo atlikta paviršiaus vaizdino analizės vertinimas.

6.2.3. Vaizdo analizės metodika ir vertinimas

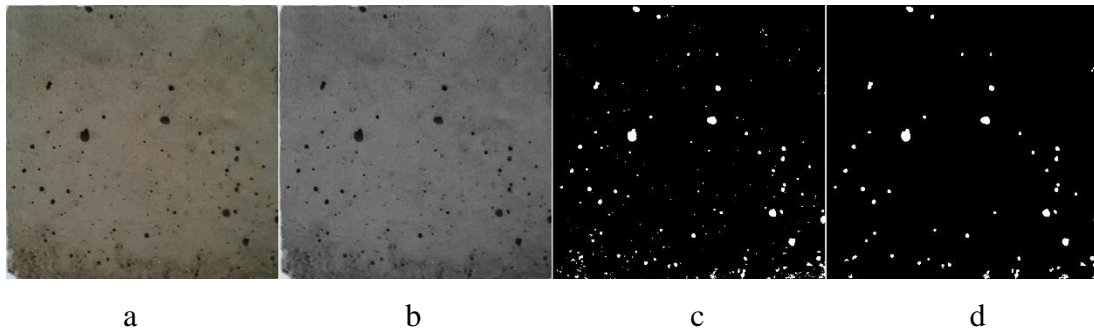
Betono paviršiaus vaizdo analizei atlikti pasirinkta atviro kodo programa „ImageJ“. „ImageJ“ – Java pagrindu paremta vaizdo apdorojimo programa, galinti atvaizduoti, koreguoti, analizuoti, apdoroti, užsaugoti ir spausdinti įvairaus spalvų spektro ir formatų failus. Programos atviras kodas leidžia keisti programos parametrus pagal naudotojo poreikį.

Nuotraukos, betono paviršiaus vertinimui, buvo gautos naudojant 5 megapikselių Sony Cyber-shot DSC-W1 fotoaparata, išlaikant 30 cm atstumą nuo bandinio paviršiaus iki kameros objektyvo. Suformuotos nuotraukos buvo toliau tiriamos pagal žemiau pateiktą vaizdinės analizės metodiką:

1. Įkeliama nuotrauka į „ImageJ“ programą;
2. Nuotraukos vaizdo kokybė pakeičiama į 8-bit spalvų pilkumo spektrą (angl. grey-scale);
3. Nustatomas fiksuojamo pilkumo slenkstis (angl. treshold), nuotrauka tampa dvejetainio spalvų spektro;
4. Pagal žinomus bandinių kubelių matmenis nustatomas nuotraukos mastelis;
5. Nustatomi vaizdo matavimo parametrai (fiksuojamas defektų plotas, formos apvalumo faktorius) ir norimi rezultatų duomenys;
6. Analizuojamas vaizdo paviršiaus defektų kiekis.

Tiriant paviršiaus oro porų kiekį ir jų plotą, trečio punkto pilkumo rėmais galima išskirti tiriamą defektą nuo nepageidaujamų rodmenų, pavyzdžiui betono paviršiaus atspalvio

patamsėjimo. Bandymo metu, buvo bandomi įvairūs filtro nustatymai, siūlomi „ImageJ“ programos. Atsižvelgiant į tai, jog bandoma išryškinti paviršiaus poras pašalinant aplinkinį foną, šie rėmai buvo pasirinkti tarp 0 ir 60–65 (6.2.3.1. pav. c).



6.2.3.1. pav. Bandinio paviršiaus vaizdo analizės procesas: a) pradinė nuotrauka; b) nuotraukos 8-bit (greyscale) kokybė; c) pilkumo filtracija (treshold); d) nustatyto ploto ir figūros dalelių analizė

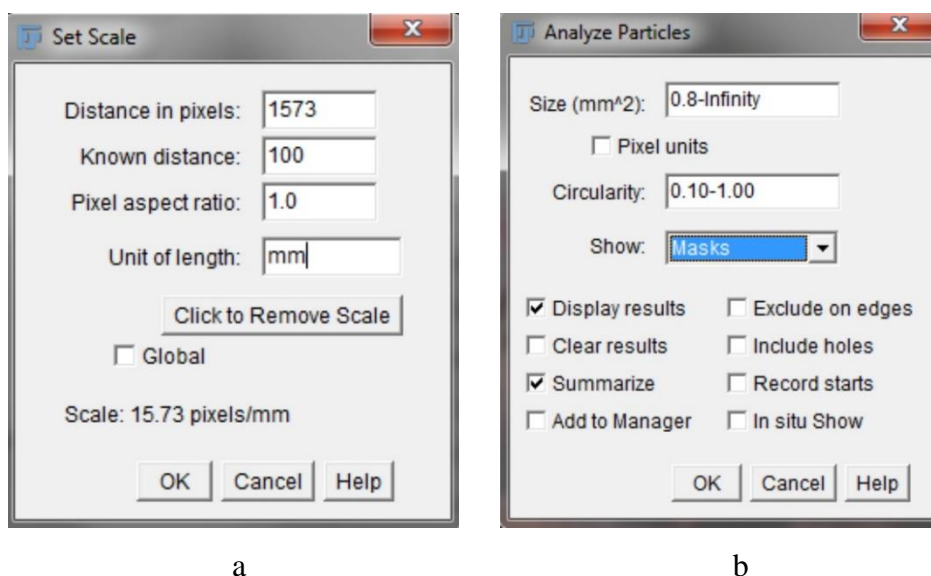
Penktame metodikos punkte minėtais matavimo parametrais buvo apribotas mažiausių fiksuojamų defektų dalelių plotas – 0.8 mm^2 , tiriant tik didesnes, iš tolo akiai matomas, daleles (6.2.3.1. pav. d). Taip pat buvo nustatomas leistinas formų apvalumo faktorius nuo 0.1 iki 1.0, kur 1.0 yra tobulas apskritimas, o artėjant ties 0.0 – ištįsusi figūra (žr. 6.2.3.2. pav., b). Formų apvalumas skaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{circ} = \frac{4\pi A}{P^2}; \quad (6.2.3.1)$$

Čia:

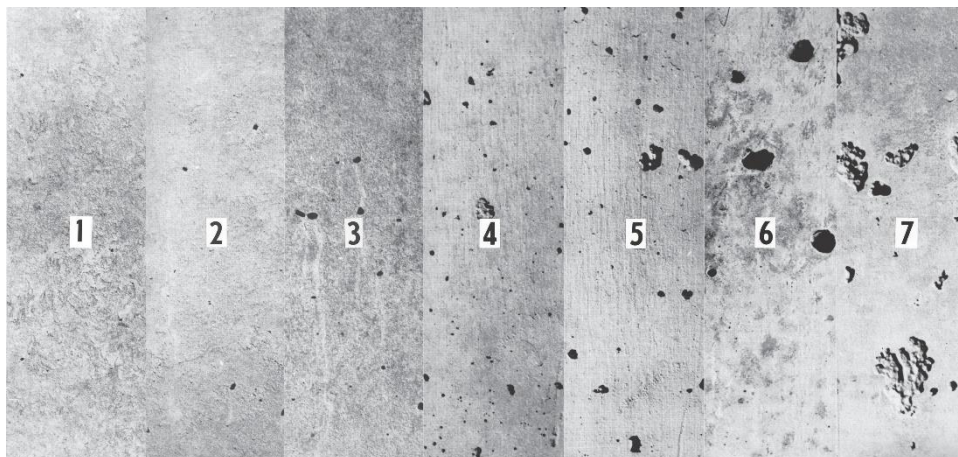
A – betono paviršiaus defekto (poros) plotas;

P – betono paviršiaus defekto (poros) perimetras.

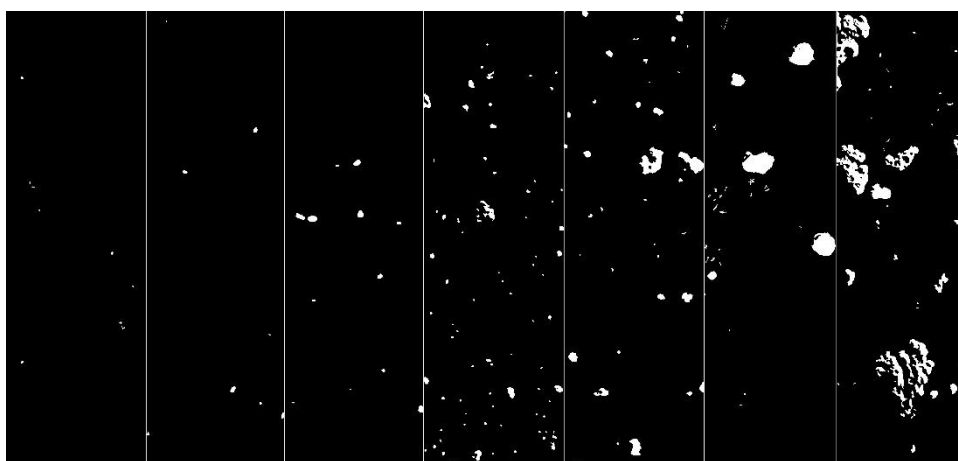


6.2.3.2. pav. Vaizdo analizė „ImageJ“ programa: a – nuotraukos skalės nustatymai; b – dalelių analizės parametrai

Vadovaujantis „ImageJ“ programos vaizdo analizės metodika, bandyme buvo iširta CIB Report No. 24 [21] betono paviršiaus kokybės vertinimo skalė. Žemiau pateikiami gauti rezultatai ir CIB skalės įvertinimo priklausomybė nuo paviršiaus porų ploto.

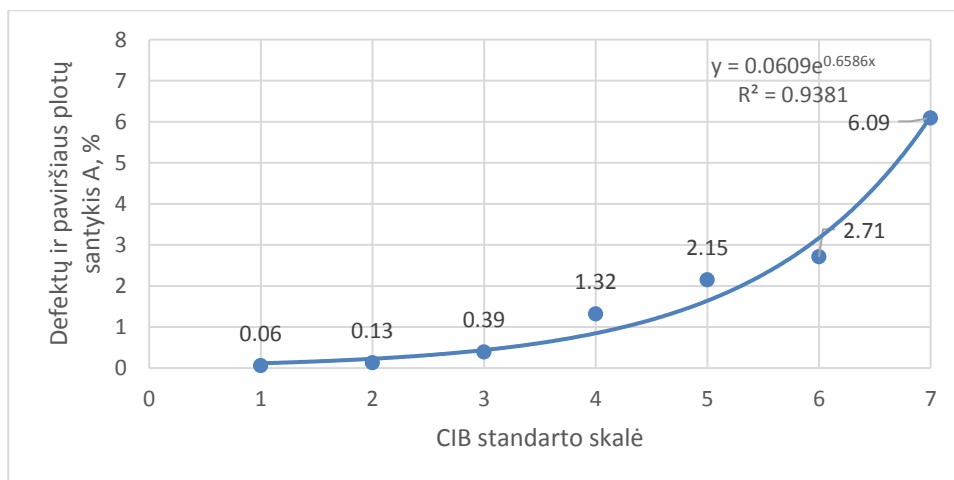


6.2.3.3. pav. CIB Report No. 24 [21] sudaryta betono konstrukcijų paviršiaus kokybės skalė pagal balus



0.06% 0.13% 0.39% 1.32% 2.15% 2.71% 6.09%

6.2.3.4. pav. CIB skalės rezultatai naudojant „ImageJ“



6.2.3.5. pav. CIB skalės rezultatai naudojant „ImageJ“

Didžiausias lygties empirinis koeficientas ($R = 0.9381$) gautas, pasirinkus eksponentinę duomenų priklausomybę, atitinkamai koreliacijos koeficientas $r = 0.9686$. Tai nurodo, jog tarp kintamųjų yra stiprus ryšys.

6.3. Bandymo rezultatai

Betono bandinių paviršiai buvo ištirti pateikta vaizdo analizės metodika, naudojantis „ImageJ“ programa. Atrinkti duomenys, pateikti 6.3.1. ir 6.3.2. lentelėse nurodo šešių skirtingų mišinių rezultatus. Po du atskirus bandinius buvo pagaminta iš kiekvieno minėto mišinio, šių gaminių keturių paviršių vidurkiai ir ekstremumai apskaičiuoti, ir nurodyti žemiau.

6.3.1. lentelė. Betono mišinių A1–A3 bandinių paviršiaus porų duomenys

Parametras	Matmuo	Keturių paviršių bendri betono bandinių duomenys					
		A1		A2		A3	
		A1.1	A1.2	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2
N	vnt.	166	208	167	186	202	151
N_{vid}	vnt.	187		177		177	
d_{min}	mm	0.265		0.661		0.780	
d_{max}	mm	5.641		7.889		11.905	
A_{vid}	mm ²	2.2285		3.116		2.832	
A_{max}	mm ²	11.898		38.538		61.749	
A_s	%	0.94	1.111	1.160	1.371	1.019	1.266
$A_{s,vid}$	%	1.025		1.266		1.143	

6.3.2. lentelė. Betono mišinių A4–A6 bandinių paviršiaus porų duomenys

Parametras	Matmuo	Keturių paviršių bendri betono bandinių duomenys					
		A4		A5		A6	
		A4.1	A4.2	A5.1	A5.2	A6.1	A6.2
N	vnt.	104	76	107	98	314	269
N_{vid}	vnt.	90		103		292	
d_{min}	mm	0.553		0.629		0.645	
d_{max}	mm	6.357		6.869		19.407	
A_{vid}	mm ²	2.344		2.981		2.860	
A_{max}	mm ²	17.497		26.853		79.674	
A_s	%	0.665	0.445	0.677	0.826	2.274	1.602
$A_{s,vid}$	%	0.555		0.752		1.938	

6.3.1. Bandymo rezultatai. Smėlio 0/2 ir 0/4 fr. santykio įtaka paviršiaus kokybei

Remiantis gautais duomenimis, sudaromas vidutinių paviršiaus defektų ($A_{s,vid}$) ir tiriamų paviršiaus plotų santykių priklausomybės nuo smėlio frakcijos santykio grafikas (6.3.1.1 pav.). Šiame grafike galime matyti, jog modifikuojant etaloninio mišinio A1 sudėties 0/2 ir 0/4 fr. smėlio santykį, kinta santykinų paviršiaus defektų ploto dydis. Esant pradinio mišinio 0/2 ir 0/4 fr. smėlio santykiui (0), $A_{s,vid} = 1,025\%$. Šį santykį didinant, bandinių A2 (santykis 0,332) ir A3 (1) paviršiuose susidarė ne ženklus paviršiaus defektų ploto padidėjimas, nulėmęs bandinių didesnį santykinį defektų plotą $A_{s,vid}$, atitinkamai 1.266% ir 1.143%. Tačiau, kaip galima matyti iš A2 ir A3 kitimo, tęsiant smėlio frakcijų santykio didinimą, bandinyje A4 (3.008) pasireiškė ryškus paviršiaus kokybės pagerėjimas – $A_{s,vid} = 0.555\%$. Matematiškai, ši priklausomybė geriausiai išreiškiama daugianario formule:

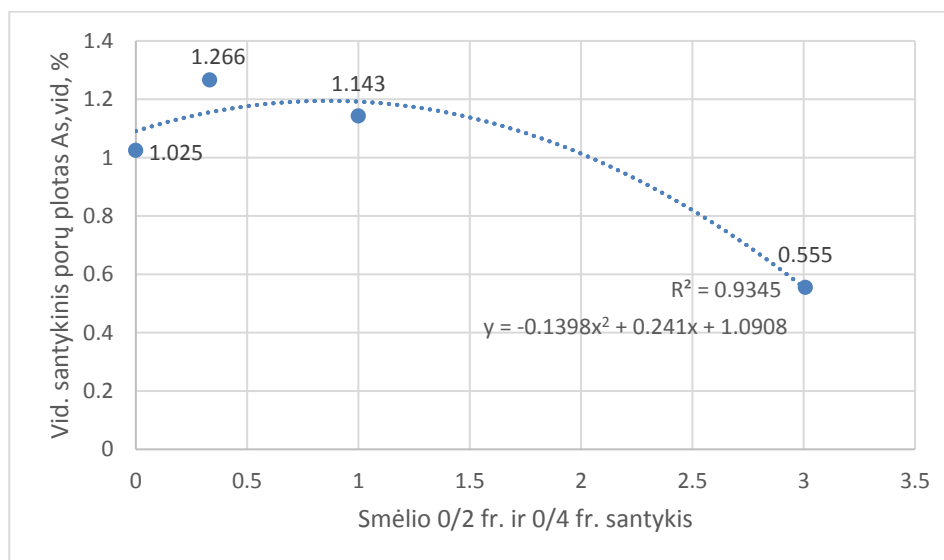
$$y = -0.1398x^2 + 0.241x + 1.0908; \quad (6.3.1.1)$$

Čia:

y – vid. Santykinis porų plotas $A_{s,vid}$, %;

x – smėlio 0/2 ir 0/4 frakcijos santykis.

Pagal pasirinktą priklausomybės formulę, gautas didžiausias empirinis koeficientas $R = 0.9345$, koreliacijos koeficientas $r = 0.9667$. Kadangi koreliacijos koeficientas artimas vienetui, galima teigti, jog tarp kintamųjų yra stiprus ryšys.



6.3.1.1. pav. Vidutinių santykinų paviršiaus defektų $A_{s,vid}$ priklausomybės nuo smėlio frakcijos 0/2 ir 0/4 santykio grafikas

6.3.1.2. pav. grafike pateikiama minėta vidutinių paviršiaus defektų ($A_{s,vid}$) ir tiriamų paviršiaus plotų santykių priklausomybė nuo smėlio frakcijos santykio, tačiau neįtraukiant

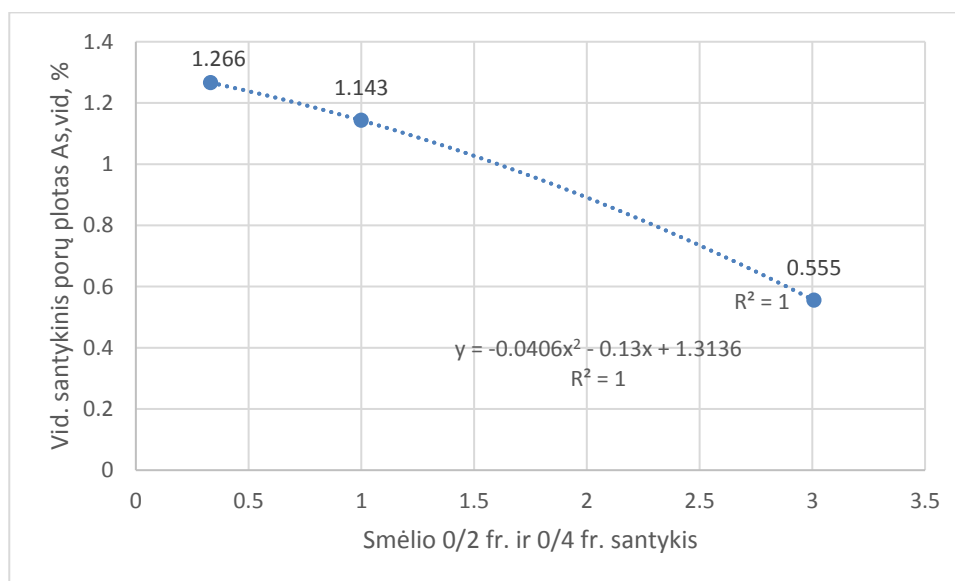
pradinio mišinio A1 duomenų, kurio sudėtyje nėra 0/2 fr. smėlio. Galima matyti, jog lyginant tik bandinius su abiejų frakcijų smėlio dalelėmis, gaunamas empirinis koeficientas $R = 1$, atitinkamai koreliacijos koeficientas $r = 1$, nurodantis stiprą ryšį tarp kintamųjų. Matematiškai, ši priklausomybė geriausiai išreiškiama daugianario formule:

$$y = -0.0406x^2 + 0.13x + 1.3136; \quad (6.3.1.2)$$

Čia:

y – vid. Santykinis porų plotas $A_{s,vid}$, %;

x – smėlio 0/2 ir 0/4 frakcijos santykis.

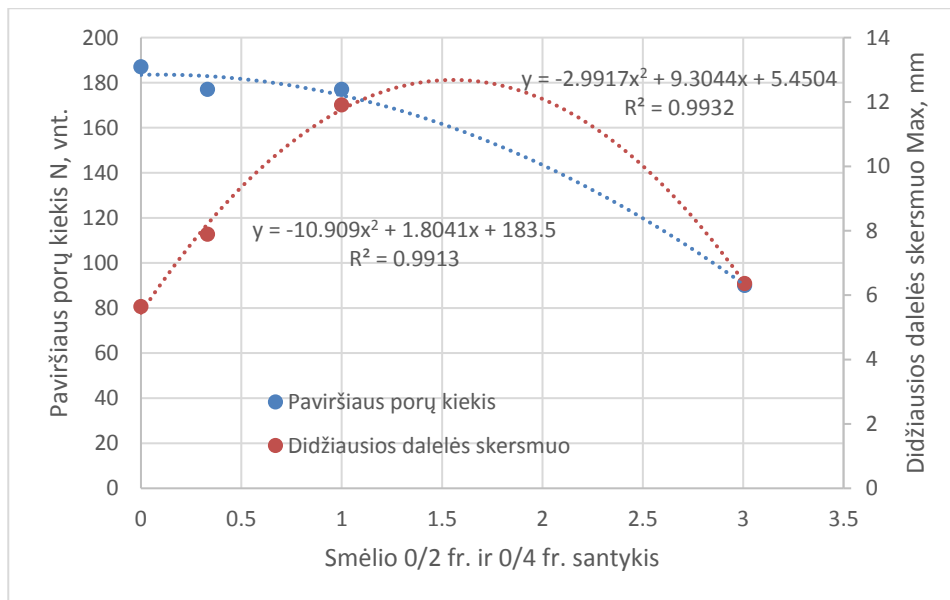


6.3.1.2. pav. A2–A4 bandinių vidutinių santykinų paviršiaus defektų $A_{s,vid}$ priklausomybės nuo smėlio frakcijos 0/2 ir 0/4 santykio grafikas

6.3.1.3. pav. paviršiaus porų kiekio N ir defektų skersmens ekstremumų d_{max} priklausomybė nuo smėlio frakcijų 0/2 ir 0/4 santykio. Iš grafiko galime nustatyti, jog smėlio frakcijų santykio didinimas turi teigiamą įtaką paviršiaus porų kiekiui N , t.y. jų kiekis mažėja. A1 bandinyje (santykis – 0) porų kiekis tolygus 187 vnt., šį santykį didinant, bandiniuose A2 (0,332), A3 (1) ir A4 (3.008), paviršiaus defektų kiekis sumažėja atitinkamai iki 177, 177 ir 90 vnt. Matematinė daugianario priklausomybės išraiška:

$$y = -10.909x^2 + 1.8041x + 5.4504; \quad (6.3.1.3)$$

Pasirinktos priklausomybės formulės empirinis koeficientas $R = 0.9913$, koreliacijos koeficientas $r = 0.9956$. Tarp kintamųjų yra stiprus ryšys.



6.3.1.3. pav. Paviršiaus porų kiekio N ir defektų skersmens ekstremumų d_{max} priklausomybė nuo smėlio frakcijų 0/2 ir 0/4 santykio

Taip pat galima pastebėti, jog didinant šį smėlio dalelių santykį, didėja defektų skersmens ekstremumas d_{max} , kuris sumažėja, esant didžiausiam frakcijų santykiui, nepasiekiant etaloninio bandinio rezultato. Pradiniam bandinyje A1 maksimalus skersmuo tolygus 5.641 mm, A2 ir A3 bandiniuose jis didėja iki 7.889 ir 11.905 mm. A4 mišinio bandinyje, matomas skersmens sumažėjimas – $d_{max} = 6.357$ mm. Matematinė daugianario priklausomybės išraiška:

$$y = -2.9917x^2 + 9.3044x + 5.4504; \quad (6.3.1.4)$$

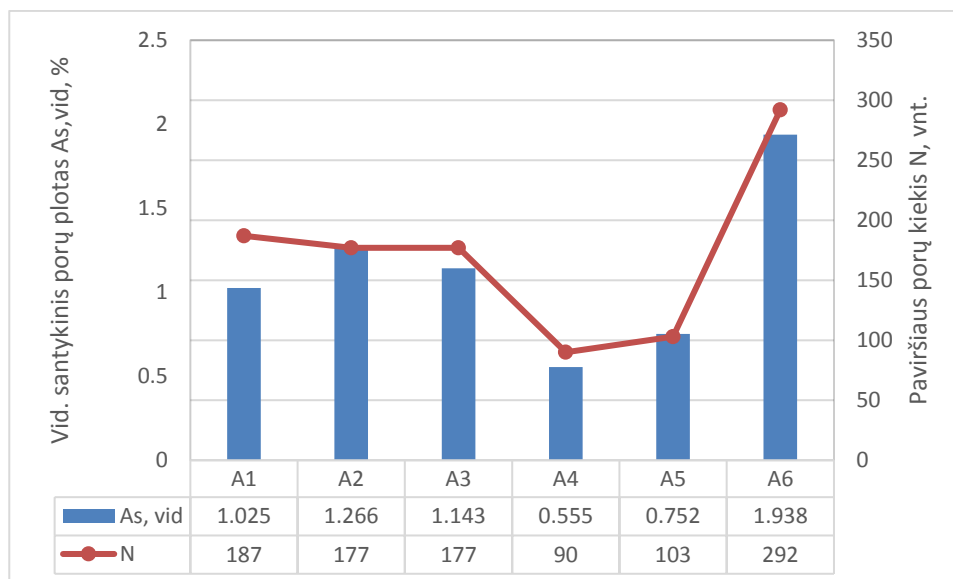
Pasirinktos priklausomybės formulės empirinis koeficientas $R = 0.9932$, koreliacijos koeficientas $r = 0.9966$. Tarp kintamųjų yra stiprus ryšys.

6.3.2. Bandymo rezultatai. Bendra betono mišinio struktūros įtaka paviršiaus kokybei

Pagal 6.3.1. ir 6.3.2. lentelių duomenis buvo sudarytas bandinių rezultatų palyginimas, remiantis vidutiniu santykinu porų plotu $A_{s,vid}$ ir paviršiaus porų kiekiu N pasiskirstymu (6.3.2.1. pav.). Žemiau pateiktame grafike matomas daugmaž tolygus paviršiaus porų kiekio kitimas, lyginant su santykinu porų plotu. Tačiau bandiniuose A1 ir A6 susidaro didesnis duomenų nukrypimas, kurį nulemia mažesnis vidutinis paviršiaus porų plotas A_{vid} bandiniuose.

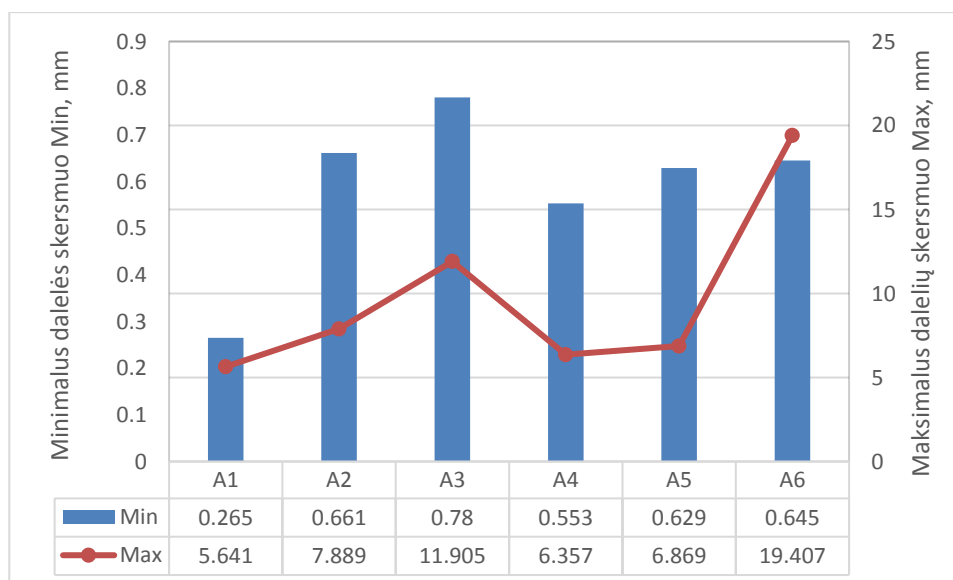
Reikia pabrėžti, jog bandinyje A5, naudojant lakiuosius pelenus, buvo gauti stebėtinai geri rezultatai, lyginant su etaloniniu A1 bandiniu. Naudojant šią mišinio sudėtį, sėkmingai sumažėjo vidutinis santykinis porų plotas ($A_{vid} = 0.752\%$) bei porų kiekis ($N = 103$ vnt.).

Bandinyje A6, kuriame buvo panaudotas superplastiklis prie pradinio mišinio sudėties A1, priedų panaudojimas turėjo neigiamą įtaką paviršiaus porų santykiniam plotui ir kiekiui ($A_{vid} = 1.938\%$, $N = 292$ vnt.).



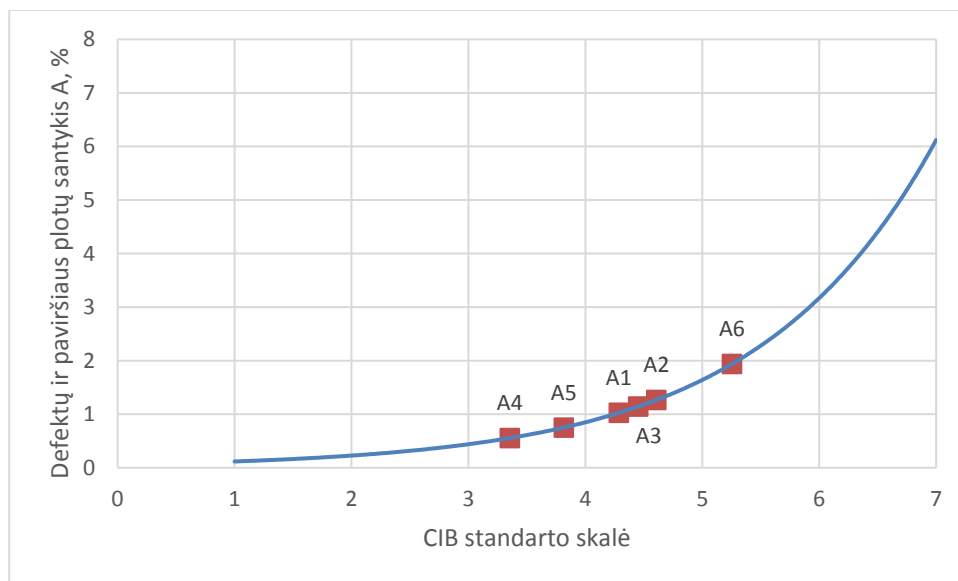
6.3.2.1. pav. Bandinių vidutinių santykinų porų plotų $A_{s,vid}$ ir paviršiaus porų kiekių N pasiskirstymas

6.3.2.2. pav. pateiktas paviršiaus defektų skersmens ekstremumų grafikas. Šie ekstremumai buvo atrenkami iš visų bandinių paviršių. Defekto minimalų skersmenį dalinai įtakoja pasirinktas vaizdo analizės metodo nustatytas minimalus fiksuojamo poros ploto dydis. Šiame tyrime minimalus defekto skersmuo gautas A1 bandinyje ($d_{min} = 0.265$ mm). Maksimalaus skersmens defektas nustatytas bandinyje A6 ($d_{max} = 19.407$ mm).



6.3.2.2. pav. Bandinių paviršiaus defektų skersmens ekstremumai

Naudojantis 6.1.2.6. pav. vaizdo analizės būdu sudaryta CIB standarto [21] skalės kreivė ir gautais paviršiaus kokybės rezultatų duomenimis, bandiniai A1–A6 buvo suskirstyti į atitinkamas CIB standarto [21] skalės klases (6.3.2.3. pav.). Žemiau pateiktame grafike galima matyti, geriausia paviršiaus kokybė gauta A4 ir A5 mišiniuose, t.y. naudojant mišinius su smėlio 0/2 ir 0/4 fr. dalelių santykiu 3/1 ir lakiaisiais pelenais. Šie bandiniai patenka tarp CIB skalės 3–4 klasės, A4 arčiau trečios, A5 – ketvirtos klasės. Etaloninis bandinys A1(0) ir kintamo smėlio fr. santykio bandiniai A3(1), A2(0.332) atitinka 4–5 klasę CIB skalėje. Blogiausia betono paviršiaus kokybe pasižymėjęs A6 bandinys patenka į 5–6 klasę.



6.3.2.3. pav. Bandinių pasiskirstymas CIB skalėje pagal paviršiaus kokybę

Apibendrinti rezultatai pagal CIB standarto [21] skalę pateikiami 6.3.2.1. lentelėje.

6.3.2.1. lentelė. Bandinių CIB standarto klasė pagal santykinį defektų paviršiaus plotą

Vertinimas	Betono bandiniai					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
CIB Report No. 24, 1973, klasė	4–5	4–5	4–5	3–4	3–4	5–6
Vidutinis paviršiaus defektų plotas, %	1.025	1.266	1.143	0.555	0.752	1.938

Išvados

1. Naudojant atviro kodo vaizdo analizės programą „ImageJ“ bei vaizdo analizės metodiką buvo ištirti betono paviršiai ir nustatyti jų paviršiaus kokybę nurodantys parametrai. Pagal vieną iš pagrindinių parametrų – santykinį paviršiaus defektų plotą, bandinių paviršiai buvo įvertinti, remiantis CIB Report No. 24 standarto [21] forma.

2. Aukščiausios paviršiaus kokybės betonas gautas keičiant smulkiųjų smėlio dalelių 0/2 ir 0/4 fr. santykį iki ribinio taško – 3.008 (A4 bandinys). Šia mišinio sudėtimi pasiektas mažiausias santykinis paviršiaus porų plotas $A_{s,vid} = 0.555 \%$ ir mažiausias porų kiekis $N = 90$ vnt., CIB standarto 3–4 klasė. Didinant smulkiųjų užpildo dalelių kiekį, dalėlės tolygiau pasiskirsto mišinyje – oras gali lengviau pasišalinti iš jo ir betono paviršiuje susidaro mažesnis paviršiaus porų kiekis.

3. Keičiant smulkiųjų smėlio dalelių frakcijų santykį, nustatytas ne tiesinis betono paviršiaus kokybės kitimas. Didinant šį santykį pastebėtas santykinio paviršiaus ploto didėjimas, lyginant jį su etalonini bandinio A1, iki lūžio taško A2. Šio bandinio santykinis paviršiaus porų plotas didžiausias tarp bandinių A1–A4 ($A_{s,vid} = 1.266 \%$).

4. Lakiųjų pelenų panaudojimas bandinyje A5, pagal etaloninio mišinio sudėtį A1, gerokai sumažino ne tik santykinį paviršiaus defektų plotą nuo 1.025 iki 0.752 %, bet ir paviršiaus porų kiekį nuo 187 iki 103 vnt. Sferinė dalelių forma įtakoja jų kompaktišką išsidėstymą mišinyje bei mažą dalelių trintį ir mišinio klampą. Taip pat sumažinamas vandens poreikis, kadangi pasiekiamas optimalus vandens pasiskirstymas sistemoje.

5. Prasčiausios paviršiaus kokybės betonas gautas naudojant plastifikuojančias įmaišas (1.0 % cemento masės). Superplastiklis 1.89 karto padidino santykinį paviršiaus defektų plotą ($A_{s,vid} = 1.938 \%$) lyginant su etaloniniu bandiniu. Paviršiaus defektų kiekis taip pat pakilo iš 103 iki 292 vnt. Pasiekta žemiausia tarp bandinių CIB standarto [20] vertinimo klasė 5–6.

7. DARBŲ SAUGA, SVEIKATA IR APLINKOSAUGA

7.1. Darbų sauga

7.1.1. Įvadas

Darbų sauga – svarbus aspektas gaminių gamybos procese, gamykloje ir jos teritorijoje, darbo metu, jada didelis kiekis įvairių, didelių gabaritų, įrenginių ir gaminių. Norint išvengti nelaimingų atsitikimų tiek darbdavys, tiek darbuotojas turi aktyviai dalyvauti darbų saugos struktūros įgyvendinime.

Darbdavio įgaliotas asmuo ar nusamdyta įmonė nustato įvairias kritines vietas bei vertina rizikos faktorius darbo vietose, imasi priemonių, kad jos atitiktų norminių teisės aktų nustatytus reikalavimus. Sudaro darbų saugos metodikas, visapusiškai informuoja darbuotoją apie darbuotojų saugos ir sveikatos organizavimą įmonėje, praveda darbų saugos instruktažą, kontroliuoja darbuotojo laikymąsi juo ir aprūpina darbuotoją reikiamomis priemonėmis saugumui užtikrinti [29].

Darbuotojas privalo vykdyti įmonės darbuotojų saugos ir sveikatos, pagal norminius ir teisinius dokumentus sudarytus, reikalavimus. Naudoti darbo įrankius, įrenginius ir asmens apsaugos priemones pagal paskirtį, rūpintis savo ir kitų darbuotojų sauga ir sveikata – pašalinti traumas galinčias sukelti priežastis arba/ir informuoti apie jas už saugą ir sveikatą atsakingam asmeniui įmonėje [29].

7.1.2. Bendros darbo taisyklės

Draudžiama:

- 1) Būti po keliamais arba nuleidžiamais gaminiais, kroviniais, judančiais įtaisais ar pavojingose mechanizmo veikimo zonose;
- 2) Dirbi neblaiviam, darbo metu naudoti alkoholį, narkotines ar psichotropines medžiagas;
- 3) Naudoti įrenginius ne pagal jų paskirtį;
- 4) Naudoti įrenginius, neturint jiems nustatytos reikalingos kvalifikacijos;
- 5) Dirbti su nesaugiais įrankiais (sulūžusiais, pažeistais);

Būtina:

- 1) Dėvėti, pagal darbo vietos rizikos įvertinimą paskirtas, asmenines apsaugos priemones;
- 2) Pranešti apie pastebėtus įrenginių mechaninius ir elektroninius pažeidimus gamybos vadovui ar už darbų saugą ir sveikatą atsakingam asmeniui;

- 3) Pastebėjus asmenis, nesilaikančius išvardintų taisyklių, pranešti gamybos vadovui ar už darbų saugą ir sveikatą atsakingam asmeniui.

7.1.3. Individualios apsaugos priemonės

Vadovaujantis įstatymo Nr. A1–331 „Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatos“ [30], darbdavys privalo, pagal įvertintas rizikas darbo vietoje, nemokamai aprūpinti darbuotoją asmeninėmis, jam pritaikytomis, apsaugos priemonėmis. Asmenines apsaugos priemones sudaro:

- 1) Apsauginiai šalmai galvos apsaugai;
- 2) Prieštriukšminiai kamščiai klausos apsaugai;
- 3) Apsauginiai akiniai bei virinimo metu naudojami apsaugos skydeliai akių ir veido apsaugai;
- 4) Pirštinės plaštakų ir rankų apsaugai;
- 5) Avalinė su apsaugine nosele pėdų ir kojų apsaugai;
- 6) Apsauginiai darbo drabužiai viso kūno apsaugai.

Asmens apsaugos priemonės turi būti tinkamai prižiūrimos ir dėvimos, esant jų susidėvėjimui ar netinkamumui naudoti, darbuotojas turi informuoti už darbuotojų saugą ir sveikatą įgaliotam asmeniui. Apsaugos priemonės turi būti gražinamos į tam skirtą vietą po pasinaudojimo. Nuostolius kompensuoja darbuotojas, jeigu asmeninės apsaugos priemonės dingo ar buvo sugadintos esant jo kaltei [30].

7.1.4. Darbo įrenginiai

Darbo įrenginių naudojimą reglamentuoja nuostatos Nr. 102 „Darbo įrenginių naudojimo bendrieji nuostatai“ [31]. Pagal juos, įrenginiai turi atitikti LR norminių aktų ir Europos Sąjungos direktyvų saugos reikalavimus. Įrenginiai turi būti techniškai prižiūrimi per visą naudojimo laikotarpį, jiems rengiami periodiniai patikrinimai vadovaujantis LR įstatymais ir techniniais reglamentais. Ten kur reikia, įrenginiams turi būti sudaryta rašytinė naudojimosi instrukcija bei darbuotojams perteikta reikiama informacija ir apmokymai apie darbo įrenginių saugų naudojimąsi. Darbo įrenginiai gali būti naudojami tik pagal jiems sukurtas paskirtis, jų darbo zonos turi būti tinkamai apšviestos. Visi darbo įrenginiai turi turėti avarinio sustabdymo sistemą,

7.1.5. Judantys įrenginiai

Strėlinių ir tiltinių kranų eksploatacija reglamentuojama Nr. A1–425 „Kėlimo kranų naudojimo taisyklės“ [32] įstatymu. Darbdavys privalo užtikrinti saugų krano naudojimasi, nuolatinę jo priežiūrą bei periodinius patikrinimus pagal reglamentuojančius teisės aktus, nuostatas ir reikalavimus.

Gaminių ir armatūros transportavimo vėžimėlių saugaus naudojimo sąlygos nurodytos įstatyme [31]. Transportavimo vėžimėlių judėjimo trajektorija pažymima geltonomis, punktyrinėmis linijomis. Asmuo, kontroliuojantis šį įrenginį, privalo judėti su juo, išlaikant saugų atstumą. Visi įrenginiai periodiškai tikrinami, pažymint būsimos patikros datą.

Krovimo vietos įrengtos prie nedegių medžiagų ir ugnies daviklių, įrenginių krovimas atliekamas pamainos pabaigoje.

7.2. Higienos normos

Gamykloje naudojamas vanduo gaunamas iš viešojo vandentiekio skirstomojo tinklo, kuriam yra privaloma higienos norma HN 24:2003 [33].

Remiantis HN 69:2003 [34] darbo zonose turi būti užtikrintas optimalus mikroklimatas. Gamykloje, esant dideliame medžiagų ir produkcijos judėjimui iš ir į gamybines patalpas, šiluminio komforto aplinkos parametrai nustatomi ir palaikomi atsižvelgiant į metų laikotarpį ir HN nurodytus reikalavimus.

Gamykloje sudaromas mišrus apšvietimas, šoninis natūralus ir dirbtinis, kurio ribinės vertės pasirenkamos pagal HN 98:2000 [35] nuostatas.

7.3. Gaisrinė sauga

Priešgaisrinė sauga vertinama ir praktikuojama remiantis įstatymu Nr. 64 [36]. Statinys priklauso II atsparumo ugniai kategorijai. Gamyklos teritorija turi būti nuolatos tvarkoma, žolė pjaunama, gamybos atliekos ir šiukšlės išgabenamos. Transporto priemonių ir medžiagų laikymo vietos – specialiai paženklintos. Įrengta evakuacinė laiptinė suteikia prieigą prie statinio stogo iš išorės.

Evakuacijos planai iškabinami visose esminėse patalpose, gerai matomose vietose. Ant grindų sužymimos evakuacinių kelių kryptis, šie keliai turi būti neužkrauti, parengti žmonėms evakuoti. Pastate įrengti dūmų ir ugnies davikliai, prijungti prie centralizuotos priešgaisrinės sistemos. Strategiskose ir būtinausiose vietose laikomi gesintuvai, kurių tipai ir skaičius

parenkami pagal poreikį esamoje patalpoje. Priešgaisrinės sistemos ir gesintuvai periodiškai tikrinami [36].

7.4. Žaibosauga

Pastato žaibo apsauga projektuojama pagal STR 2.01.06:2009 [37] reikalavimus. Potencialūs žaibo padariniai galimi tiek įrenginiams, tiek darbininkams. Pagal LST EN 62305–2 nuostatas, pastatas priskiriamas 2 išorinės statinių apsaugos klasei. Remiantis LST EN 62305–3 reikalavimais, įrengiami tarpusavyje sujungti žaibo ėmikliai, kurie jungiami, įžeminimo laidininkais, su įžemintuvu.

7.5. Aplinkosauga

Pagal įstatymo Nr. VIII–1636 [38] nuostatas, betoninių konstrukcijų gamyklos, kurios gamybinis pajėgumas daugiau kaip 5000 m³ per metus, vykdoma atranka dėl poveikio aplinkai privalomo vertinimo. Vertinimo ataskaita rengiama pagal numatyto įstatymo reikalavimus.

IŠVADOS

1. Suprojektuotos statinio stogo denginio konstrukcijos remiantis A energinio naudingumo klasės reikalavimais. Gamybinių patalpų stogo denginio konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.150 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ neviršija pramoninių pastatų stogo pertvaros normatyvinės vertės $U_N = 0.160 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$. Apskaičiuotas administracinių patalpų šilumos perdavimo koeficientas $U = 0.108 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ mažesnis už viešosios paskirties norminį rodiklį $U_N = 0.110 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$.

2. Remiantis STR 2.05.08:2005 buvo atlikti 24 metrų plieninės santvaros skaičiavimai ir parinkti elementų skerspjūviai: santvaros viršutinės juostos – 120x120x6 mm, apatinės juostos – 120x120x4 mm, gniuždomų spyrių – 80x80x5 mm, tempiamų spyrių – 80x80x3.2 mm.

3. Suprojektuota daugiasluoksnių gelžbetoninių sieninių plokščių gamybinė linija, kurios užsiduotas metinis pajėgumas 7745 m³.

4. Apskaičiuota 1m³ gaminio savikaina be PVM – 334,75 eurų, pardavimo kaina – 465,80 eurų.

5. Keičiant smulkiųjų smėlio dalelių frakcijų santykį, nustatytas ne tiesinis betono paviršiaus kokybės kitimas. Aukščiausios paviršiaus kokybės betonas gautas keičiant smulkiųjų smėlio dalelių 0/2 ir 0/4 fr. santykį iki ribinio taško – 3.008 (A4 bandinys). Lakiųjų pelenų panaudojimas bandinyje A5, pagal etaloninio mišinio sudėtį A1, gerokai sumažino ne tik santykinį paviršiaus defektų plotą nuo 1.025% iki 0.752 %, bet ir paviršiaus porų kiekį nuo 187 iki 103 vnt.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Lietuvos Respublikos Statybos Įstatymas 1996 m. kovo 19d. Nr. I-1240. Aktuali redakcija nuo 2017 m. Lapkričio 1 d. [žiūrėta 2017-06-10]. Prieiga per internetą: < <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F31E79DEC55D> >.
2. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“. TAR, 2016-11-21, Nr. 27168.
3. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“. TAR, 2016-11-11, Nr. 26687.
4. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.05.01:2017 „Statybą leidžiantys dokumentai. Statybos užbaigimas. Statybos sustabdymas. Savavališkos statybos padarinių šalinimas. Statybos pagal neteisėtai išduotą statybą leidžiantį dokumentą padarinių šalinimas“. TAR, 2016-12-12, Nr. 28700.
5. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.06.01:2016 „Statybos darbai. Statinio statybos priežiūra“. TAR, 2016-12-05, Nr. 28228.
6. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.02.01:2017 „Statybos dalyvių atestavimo ir teisės pripažinimo tvarkos aprašas“. TAR, 2016-12-12, Nr. 28703.
7. Statybos Techninis Reglamentas STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“. Valstybės žinios, 2001-06-22, Nr. 53-1898.
8. Statybos Techninis Reglamentas STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“. Valstybės žinios, 2003-06-20, Nr. 59-2683.
9. Statybos Techninis Reglamentas STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“. TAR, 2016-12-01, Nr. 27896.
10. Statybos Techninis Reglamentas STR 2.05.08:2005 "Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos". Valstybės žinios, 2005-02-26, Nr. 28-895.
11. Gailius, A; Vislavičius, K; Žukauskas, D. Some Optimisation Problems of the Aggregates Composition of Concrete, in 6 th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques. Vilnius, 1999, pp. 158-162.
12. Statybos Techninis Reglamentas STR 1.01.04:2015 „Statybos produktų, neturinčių darnųjų techninių specifikacijų, eksploatacinių savybių pastovumo vertinimas, tikrinimas ir deklaravimas. Bandymų laboratorijų ir sertifikavimo įstaigų paskyrimas. Nacionaliniai

- techniniai įvertinimai ir techninio vertinimo įstaigų paskyrimas ir paskelbimas“. TAR, 2015-12-11, Nr. 19649.
13. Surenkamų gelžbetoninių sienų ir liftų šachtų montavimas. *Surenkamų gelžbetoninių gaminių montavimo rekomendacijos*, 2008, leidimas 1. Prieiga per internetą: < https://www.betonika.lt/files/parsisiust/montavimo_instrukcijos/montavimo_rekomendacijos.lt/montavimo_rekomendacijos_sienos.pdf >.
 14. VAITKEVIČIUS. V ir kt., *Statybinių dirbinių gamybos įmonių projektavimas: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija, 2011. ISBN 978-9955-20-691-0.
 15. LEMAIRE, G., G. ESCADEILLAS AND E. RINGOT. Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Construction and Building Materials*, 2005, Volume 19, Issue 8, pp. 604–611.
 16. STAMENKOVIC, H. Causes, mechanisms and control of surface voids in concrete, *Matériaux et Construction*, 1973, Volume 6, Issue 2, pp. 153-154.
 17. SAMUELSSON, P. Voids in Concrete Surfaces. *ACI JOURNAL*, 1970, pp. 868-874.
 18. ACI 301-05, Specification for structural concrete, American Concrete Institution, 2005, pp. 536-539.
 19. KLOVAS, A. (2016). *Reologinių betono mišinio savybių įtaka monolitinių konstrukcijų paviršiaus kokybei bei jos vertinimas: daktaro disertacija*. Kauno technologijos universitetas. Kaunas: Technologija.
 20. Portland Cement Association. Types and Causes of Concrete Deterioration, *PCA R&D* Serial No. 2617, 2002, pp. 13-15.
 21. CIB Report No. 24, Commission W29. Tolerances on Blemishes of Concrete, 1973.
 22. AS 3610.1 Formwork for Concrete, Standards Australia, 2010: pp. 21 – 50.
 23. GOST 13015.0-83. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные.
 24. KLOVAS A., DAUKŠYS M. The evaluation methods of decorative concrete horizontal surfaces quality. *Materials Science*, 2013, Vol. 19, No. 3, pp. 343-348.
 25. LIU B., YANG T. Image analysis for detection of bugholes on concrete surface. *Construction and Building Materials*, 2017, Vol. 137, pp. 432-440.
 26. KWASNY J., SONEBI M., PLASSE J., AMZIANE S. Influence of rheology on the quality of surface finish of cement-based mortars, *Construction and Building Materials*, 2015, Vol. 89, pp. 102-109.

27. TANG P., HUBER D., AKINCI B. Characterization of laser scanners and algorithms for detecting flatness defects on concrete surfaces. *Juornal of Computing in Civil Engineering*, 2011, Vol. 25, Issue 1, pp. 31-42.
28. KIM. M., CHENG J., SOHN H., CHANG C. A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning. *Automation in Construction*, 2015, Vol. 49, part B, pp. 225-238.
29. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas Nr. IX-1672. Valstybės žinios, 2003-07-16, Nr. 70-3170.
30. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsaugos priemonėmis nuostatos. Valstybės žinios, 2007-11-29, Nr. 123-5055.
31. Darbo įrenginių naudojimo bendrosios nuostatos. Valstybės žinios, 2000-01-12, Nr. 3-88.
32. Kėlimo kranų naudojimo taisyklės. Valstybės žinios, 2010-09-23, Nr. 112-5717.
33. HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“. Valstybės žinios, 2003-08-13, Nr. 79-3606.
34. HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“. Valstybės žinios, 2004-03-26, Nr. 45-1485.
35. HN 98:2000 „Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“. Valstybės žinios, 2004-03-26, Nr. 45-1485.
36. Bendrosios priešgaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2005-02-24, Nr. 26-852.
37. Statybos Techninis Reglamentas STR 2.01.06:2009 „Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo“ Valstybės žinios, 2005-02-24, Nr. 26-852.
38. Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas. Valstybės žinios, 1996-08-30, Nr. 82-1965.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Santvaros skaičiavimas naudojant „ARSA“ programinę įrangą

Santvaros viršutinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 9 Viršus

MEMBER: 4 Viršus_4

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00

m

LOADS:

Governing Load Case: 9 2 7*1.35+8*1.30

MATERIAL:

S 355 N/NL (S 355) $f_y = 355.000$ MPa



SECTION PARAMETERS: T CAR 120x4

h=12.0 cm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=12.0 cm

Ay=9.24 cm²

Az=9.24 cm²

Ax=18.48 cm²

tw=0.4 cm

Iy=413.50 cm⁴

Iz=413.50 cm⁴

Ix=634.30 cm⁴

tf=0.4 cm

Wply=80.77 cm³

Wplz=80.77 cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 439.386 kN

Nc,Rd = 656.040 kN

Nb,Rd = 510.467 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 3.00 m

Lam_y = 0.83

Lcr,y = 3.00 m

Xy = 0.78

Lamy = 63.42



About z axis:

Lz = 3.00 m

Lam_z = 0.42

Lcr,z = 1.50 m

Xz = 0.95

Lamz = 31.71

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.67 < 1.00$ (6.2.4.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{b,y} = 63.42 < \lambda_{b,max} = 210.00$

$\lambda_{b,z} = 31.71 < \lambda_{b,max} = 210.00$ STABLE

$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.86 < 1.00$ (6.3.1.1.(1))

Section OK !!!

Santvaros apatinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 1 Apačia

MEMBER: 13 Apačia_13

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 9 2 7*1.35+8*1.30

MATERIAL:

S 355 N/NL (S 355) $f_y = 355.000$ MPa



SECTION PARAMETERS: TCR 120x3.2

h=12.0 cm

b=12.0 cm

tw=0.3 cm

tf=0.3 cm

gM0=1.00

Ay=7.43 cm²

Iy=338.10 cm⁴

Wply=65.50 cm³

gM1=1.00

Az=7.43 cm²

Iz=338.10 cm⁴

Wplz=65.50 cm³

Ax=14.86 cm²

Ix=516.00 cm⁴

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = -453.559 kN

Nt,Rd = 527.619 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.86 < 1.00$ (6.2.3.(1))

Section OK !!!

Santvaros gniuždomų spyrių skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 13 Viduriniai_gn

MEMBER: 18 Simple bar_18

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 9 2 7*1.35+8*1.30

MATERIAL:

S 355 N/NL (S 355) $f_y = 355.000$ MPa



SECTION PARAMETERS: TCar 80x3.6

$h=8.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=8.0$ cm	$A_y=5.45$ cm ²	$A_z=5.45$ cm ²	$A_x=10.89$ cm ²
$t_w=0.4$ cm	$I_y=106.00$ cm ⁴	$I_z=106.00$ cm ⁴	$I_x=164.00$ cm ⁴
$t_f=0.4$ cm	$W_{ply}=31.54$ cm ³	$W_{plz}=31.54$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{Ed} = 187.201$ kN
 $N_{c,Rd} = 386.606$ kN
 $N_{b,Rd} = 208.034$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$L_y = 2.83$ m $\lambda_{m,y} = 1.19$
 $L_{cr,y} = 2.83$ m $X_y = 0.54$
 $L_{m,y} = 90.72$



About z axis:

$L_z = 2.83$ m $\lambda_{m,z} = 1.19$
 $L_{cr,z} = 2.83$ m $X_z = 0.54$
 $L_{m,z} = 90.72$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.48 < 1.00$ (6.2.4.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 90.72 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 90.72 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.90 < 1.00$ (6.3.1.1.(1))

Section OK !!!

Santvaros tempiamų spyrių skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: EN 1993-1:2005/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 12 Viduriniai

MEMBER: 18 Simple bar_18 **POINT:** 1

COORDINATE: $x = 0.00$ $L = 0.00$

m

LOADS:

Governing Load Case: 9 2 7*1.35+8*1.30

MATERIAL:

S 355 N/NL (S 355) $f_y = 355.000$ MPa



SECTION PARAMETERS: TCar 80x3.2

$h=8.0$ cm $gM0=1.00$ $gM1=1.00$

b=8.0 cm
tw=0.3 cm
tf=0.3 cm

Ay=4.89 cm²
Iy=95.85 cm⁴
Wply=28.33 cm³

Az=4.89 cm²
Iz=95.85 cm⁴
Wplz=28.33 cm³

Ax=9.78 cm²
Ix=147.70 cm⁴

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 187.201 kN
Nc,Rd = 347.225 kN
Nb,Rd = 187.736 kN

Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

BUCKLING PARAMETERS:

About y axis:

Ly = 2.83 m Lam_y = 1.18
Lcr,y = 2.83 m Xy = 0.54
Lamy = 90.41



About z axis:

Lz = 2.83 m Lam_z = 1.18
Lcr,z = 2.83 m Xz = 0.54
Lamz = 90.41

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

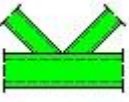

N,Ed/Nc,Rd = 0.54 < 1.00 (6.2.4.(1))

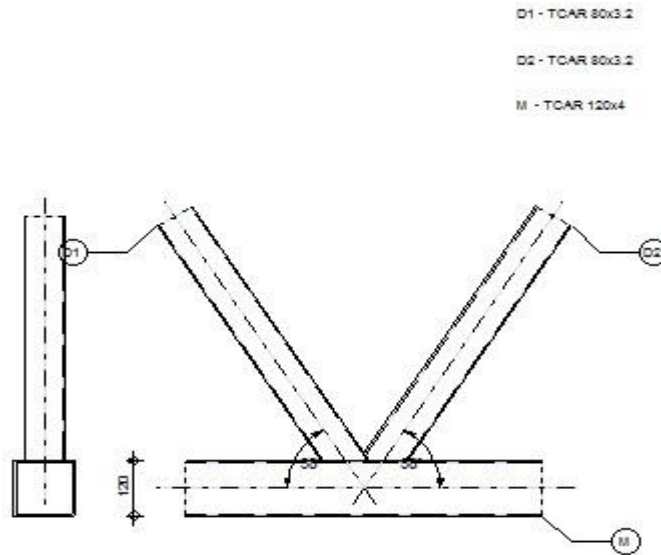
Global stability check of member:

Lambda,y = 90.41 < Lambda,max = 210.00 Lambda,z = 90.41 < Lambda,max = 210.00 STABLE
N,Ed/Nb,Rd = 1.00 < 1.00 (6.3.1.1.(1))

Section OK !!!

„K“ tipo 5 mazgo patikrinimas:

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014	
	Design of truss node connection EN 1993-1-8:2005/AC:2009	



8. GENERAL

Connection no.: 1
 Connection name: Tube
 Structure node: 5
 Structure bars: 4, 24, 25

9. GEOMETRY

1.6. BARS

		Chord	Diagonal 1	Diagonal 2	Post	
Bar no.:		4	25	24		
Section:		TCAR 120x4	TCAR 80x3.2	TCAR 80x3.2		
	h	120	80	80		mm
	b _f	120	80	80		mm
	t _w	4	3	3		mm
	t _f	4	3	3		mm
	r	4	3	3		mm
Material:		S 355 N/NL	S 355 N/NL	S 355 N/NL		
	f _y	355.000	355.000	355.000		MPa
	f _u	490.000	490.000	490.000		MPa
Angle	θ	0.0	58.0	58.0		Deg
Length	l	3000	2830	2830		mm

1.7. OFFSET

$e_0 = 0$ [mm] Offset

1.8. SPACINGS

$g_2 = -19$ [mm] Spacing of 2nd diagonal

1.9. WELDS

$a_d = 4$ [mm] Thickness of welds of diagonals and posts

10. LOADS

Case: 9: 2 7*1.35+8*1.30

1.10. CHORD

$N_{01,Ed} = -439.386$ [kN] Axial force
 $M_{01,Ed} = 0.000$ [kN*m] Bending moment

$N_{02,Ed} = -439.386$ [kN] Axial force
 $M_{02,Ed} = 0.000$ [kN*m] Bending moment

1.11. DIAGONAL 1

$N_1 = -26.743$ [kN] Axial force
 $M_1 = 0.000$ [kN*m] Bending moment

1.12. DIAGONAL 2

$N_2 = -26.743$ [kN] Axial force
 $M_2 = 0.000$ [kN*m] Bending moment

Shear forces were not included in the connection verification. The connection was designed as a truss node.

11. RESULTS

1.13. CAPACITY VERIFICATION EUROCODE 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1.00$ Partial safety factor [Table 2.1]

The connection geometry does not comply with the table. [7.8]

1. FAILURE MODES FOR JOINTS (RHS CHORD MEMBERS)

[Table 7.12] for $N_{i,Rd}$ and [Table 7.14] for $M_{i,Rd}$

2. GEOMETRICAL PARAMETERS

$$\beta = 0.67 \quad \text{Coefficient taking account of geometry of connection bars} \quad \beta = (b_2 + b_1) / (2 \cdot b_0) \quad [1.5 (6)]$$
$$\gamma = 15.00 \quad \text{Coefficient taking account of geometry of the chord} \quad \gamma = b_0 / (2 \cdot t_0) \quad [1.5 (6)]$$

1.14. TUBE CHORD FACE FAILURE

3. DIAGONAL 2

$$M_{2,Rd} = 2.536 \text{ [kN*m]} \text{ Bending resistance} \quad M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_2 \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta} + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$$

$$|M_2| \leq M_{2,Rd} \quad |0.000| < 2.536 \text{ verified} \quad (0.00)$$

4. DIAGONAL 1

$$M_{1,Rd} = 2.536 \text{ [kN*m]} \text{ Bending resistance} \quad M_{1,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_1 \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta} + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$$

$$|M_1| \leq M_{1,Rd} \quad |0.000| < 2.536 \text{ verified} \quad (0.00)$$

1.15. TUBE BRACE FAILURE

5. DIAGONAL 2

$$\lambda_{ov} = 20.50 \text{ [%]} \text{ Value of the overlap of bars}$$

$$b_{e,ov} = 32 \text{ [mm]} \text{ Effective width for the overlapping diagonal}$$

$$b_{e,ov} = [10 / (b_1 / t_1)] \cdot [f_{y1} \cdot t_1 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$$

$$b_{eff} = 33 \text{ [mm]} \text{ Effective width in the connection of the diagonal to the chord} \quad b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] \cdot [f_{y0} \cdot t_0 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$$

$$N_{2,Rd} = 134.200 \text{ [kN]} \text{ Compression capacity}$$

$$N_{2,Rd} = f_{y2} \cdot t_2 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 \cdot h_2 \cdot (\lambda_{ov} / 50) - 4 \cdot t_2] / \gamma_{M5}$$

$$|N_2| \leq N_{2,Rd} \quad |-26.743| < 134.200 \text{ verified} \quad (0.20)$$

6. DIAGONAL 1

$$\lambda_{ov} = 20.50 \text{ [%]} \text{ Value of the overlap of bars}$$

$$b_{e,ov} = 32 \text{ [mm]} \text{ Effective width for the overlapping diagonal}$$

$$b_{e,ov} = [10 / (b_1 / t_1)] \cdot [f_{y1} \cdot t_1 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$$

$$b_{eff} = 33 \text{ [mm]} \text{ Effective width in the connection of the diagonal to the chord} \quad b_{eff} = [10 / (b_0 / t_0)] \cdot [f_{y0} \cdot t_0 / (f_{y2} \cdot t_2)] \cdot b_2$$

$$N_{1,Rd} = 134.200 \text{ [kN]} \text{ Compression capacity}$$

$$N_{1,Rd} = f_{y2} \cdot t_2 \cdot [b_{eff} + b_{e,ov} + 2 \cdot h_2 \cdot (\lambda_{ov} / 50) - 4 \cdot t_2] / \gamma_{M5}$$

$$|N_1| \leq N_{1,Rd} \quad |-26.743| < 134.200 \text{ verified} \quad (0.20)$$

1.16. VERIFICATION OF WELDS

7. DIAGONAL 2

$\beta_w =$	0.89	Correlation coefficient	[Table 4.1]
$\gamma_{M2} =$	1.25	Partial safety factor	[Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} =$	-11.534	[MPa]	Normal stress in a weld
$\tau_{\perp} =$	-11.534	[MPa]	Perpendicular tangent stress
$\tau_{\parallel} =$	-10.194	[MPa]	Tangent stress
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ -11.534 < 352.800$ verified (0.03)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$29.050 < 441.690$ verified (0.07)

Transverse inner weld

$\sigma_{\perp} =$	-12.849	[MPa]	Normal stress in a weld
$\tau_{\perp} =$	-5.350	[MPa]	Perpendicular tangent stress
$\tau_{\parallel} =$	0.000	[MPa]	Tangent stress
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ -12.849 < 352.800$ verified (0.04)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$15.842 < 441.690$ verified (0.04)

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} =$	-5.350	[MPa]	Normal stress in a weld
$\tau_{\perp} =$	-12.849	[MPa]	Perpendicular tangent stress
$\tau_{\parallel} =$	0.000	[MPa]	Tangent stress
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ -5.350 < 352.800$ verified (0.02)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$22.889 < 441.690$ verified (0.05)

8. DIAGONAL 1

$\beta_w =$	0.89	Correlation coefficient	[Table 4.1]
$\gamma_{M2} =$	1.25	Partial safety factor	[Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} =$	-14.921	[MPa]	Normal stress in a weld
$\tau_{\perp} =$	-14.921	[MPa]	Perpendicular tangent stress
$\tau_{\parallel} =$	-13.188	[MPa]	Tangent stress
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ -14.921 < 352.800$ verified (0.04)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$37.581 < 441.690$ verified (0.09)

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} =$	-16.008	[MPa]	Normal stress in a weld
$\tau_{\perp} =$	-21.659	[MPa]	Perpendicular tangent stress
$\tau_{\parallel} =$	0.000	[MPa]	Tangent stress

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -16.008 < 352.800$	verified	(0.05)
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$40.787 < 441.690$	verified	(0.09)

12. REMARKS

A value of the overlap of diagonal 2 with diagonal 1 is too small [%] 20.50 < 25.00
Width of the overlapping diagonal is too large 80 [mm] > 60 [mm]

Connection conforms to the code	Ratio	0.20
--	-------	------

2PRIEDAS. Bendrųjų statybos darbų lokalinė sąmata

LOKALINĖ SĄMATA						
Sudaryta pagal 2017.03 kainas						
Statinių grupė 112 Magistro baigiamasis projektas						
Statynys 1 Gelžbetoninių trisluoksnių sieninių plokščių gamykla						
Žiniaraštis 1 Bendrastatybiniai darbai						
2017.11.11			Suma žiniaraščiui 1704864.59 EUR			
Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1						
1 F1-1-6		100 m ³		28.114		
	Grunto išlyginimas mechanizuotai pagal nurodytas atžymas k9=1.15					
48070	Statybinės mašinos traktorių iki 59 kW (80 AG) galingumo baz	maš.val	2.8	78.7192	28.6	2251.37
F1-1-6	Darbo užm. Medžiagos		Mechanizmai 2251.37		Iš viso 2251.37	
2 F1-1-2						
Mechanizuotas grunto kasimas, pakraunant ir vežant gruntą 5 km atstumu bei darbas sąvartoje k9=1.15		100 m ³		2.05		
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	2.0	4.1	4.98	20.42
48020	Statyb. mašinos ekskavat. (0.5 kub.m kaušo talpos) bazėje	maš.val	4.1	8.405	35.0	294.17
48080	Statybinės mašinos traktorių iki 132 kW (180 AG) galingumo b	maš.val	0.54	1.107	40.8	45.17
48160	Autogreideriai iki 66 kW (90 AG)	maš.val	0.46	0.943	35.99	33.94
48325	Krovininės automašinos iki 8.5 t	maš.val	15.0	30.75	28.85	887.14
F1-1-2	Darbo užm. 20.42 Medžiagos		Mechanizmai 1260.42		Iš viso 1280.84	
3 F1-2-1						
Grunto kasimas rankiniu būdu k9=1.15		m ³		36.12		
	Darbo sąn. kateg. 2.5	žm.val.	3.0	108.36	4.55	493.04
F1-2-1	Darbo užm. 493.04 Medžiagos		Mechanizmai		Iš viso 493.04	
4 F1-1-4						
Mechanizuotas tranšėjų ir pamatų užpylimas, perstumiant, palaistant ir sutankinant gruntą k9=1.15		100 m ³		1.437		
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	16.7	23.9979	4.98	119.51
48070	Statybinės mašinos traktorių iki 59 kW (80 AG) galingumo baz	maš.val	2.1	3.0177	28.6	86.31
48320	Statybos mašinos automobilio bazėje	maš.val	1.4	2.0118	24.27	48.83
48379	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliai	maš.val	5.2	7.4724	7.27	54.32
F1-1-4	Darbo užm. 119.51 Medžiagos		Mechanizmai 189.46		Iš viso 308.97	
5 F1-2-3						
Tranšėjų ir duobių užpylimas rankiniu būdu k9=1.15		m ³		21.47		
	Darbo sąn. kateg. 2.0	žm.val.	1.2	25.764	4.19	107.95
F1-2-3	Darbo užm. 107.95 Medžiagos		Mechanizmai		Iš viso 107.95	

6 F7-2-2		m3		73.024		
	Surenkami gelžbetonio pamatai					
	Darbo sąn. kateg. 3.2	žm.val.	2.5	182.56	5.05	921.93
190	Pamatų blokai (banketės)	m3	1.0	73.024	140.03	10225.55
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m3	0.03	2.19072	57.48	125.92
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	0.63	46.00512	24.45	1124.83
F7-2-2	Darbo užm. 921.93	Medžiagos 10351.47	Mechanizmai 1124.83			Iš viso 12398.23
7 F7-2-16		m3		59.04		
	Surenkamos gelžbetonio pamatų sijos					
	Darbo sąn. kateg. 3.5	žm.val.	7.5	442.8	5.25	2324.7
110	Ilgų gelžbetonio gaminiai	m3	1.0	59.04	578.68	34165.27
320	Betono mišiniai	m3	0.046	2.71584	72.82	197.77
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	0.72	42.5088	24.45	1039.34
F7-2-16	Darbo užm. 2324.70	Medžiagos 34363.04	Mechanizmai 1039.34			Iš viso 37727.08
8 F7-2-3		m3		74.525		
	Surenkamas gelžbetonio karkasas (kolonos, rygeliai, diafragmos) k8=1.04					
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	7.5	558.9375	5.62	3141.23
120	Karkasiniai gaminiai	m3	1.0	74.525	537.69	40071.35
320	Betono mišiniai	m3	0.09	6.70725	72.82	488.42
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m3	0.001	0.074525	57.48	4.28
920	Suvirinimo elektrodai	t	0.002	0.14905	1942.75	289.57
940	Tvirtinimo detalės	t	0.01	0.74525	1927.16	1436.22
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	1.0	74.525	24.45	1822.14
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	2.0	149.05	2.88	429.26
F7-2-3	Darbo užm. 3141.23	Medžiagos 42289.84	Mechanizmai 2251.40			Iš viso 47682.47
9 F7-2-10		m3		12.096		
	Iki 9 m ilgio viėšlaitės gelžbetonio sijos k8=1.04					
	Darbo sąn. kateg. 4.2	žm.val.	7.1	85.8816	5.66	486.09
130	Įtemptai armuotos sijos	m3	1.0	12.096	711.05	8600.86
920	Suvirinimo elektrodai	t	0.001	0.012096	1942.75	23.5
48120	Vėkšriniai kranai	maš.val	1.2	14.5152	31.66	459.55
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	1.0	12.096	2.88	34.84
F7-2-10	Darbo užm. 486.09	Medžiagos 8624.36	Mechanizmai 494.39			Iš viso 9604.84
10 F7-2-11		m3		20.742		
	Iki 18 m ilgio dvišlaitės gelžbetonio sijos k8=1.04					
	Darbo sąn. kateg. 4.2	žm.val.	4.4	91.2648	5.66	516.56
130	Įtemptai armuotos sijos	m3	1.0	20.742	711.05	14748.6
920	Suvirinimo elektrodai	t	0.0005	0.010371	1942.75	20.15
48120	Vėkšriniai kranai	maš.val	0.86	17.83812	31.66	564.75
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	0.5	10.371	2.88	29.87
F7-2-11	Darbo užm. 516.56	Medžiagos 14768.75	Mechanizmai 594.62			Iš viso 15879.93

11 F9-1		t		137.908		
	Plieno sijos ir rygeliai (gruntuojant ir dažant du kartus) k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	22.0	3033.976	5.78	17536.38
60	Metalinės konstrukcijos	t	1.0	137.908	1511.3	208420.36
791	Emaliniai ir alkininiai dažai	t	0.0075	1.03431	5336.55	5519.65
792	Gruntas	t	0.004	0.551632	3057.09	1686.39
920	Suvirinimo elektrodai	t	0.003	0.413724	1942.75	803.76
940	Tvirtinimo detalės	t	0.003	0.413724	1927.16	797.31
48120	Vikšriniai kranai	maš.val	2.0	275.816	31.66	8732.33
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	3.0	413.724	2.88	1191.53
F9-1	Darbo užm. 17536.38	Medžiagos 217227.47		Mechanizmai 9923.86		Iš viso 244687.71
12 F9-2		t		24.02		
	Plieno ryšiai ir spyriai (gruntuojant ir dažant du kartus) k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	30.0	720.6	5.78	4165.07
60	Metalinės konstrukcijos	t	1.0	24.02	1511.3	36301.43
791	Emaliniai ir alkininiai dažai	t	0.0075	0.18015	5336.55	961.38
792	Gruntas	t	0.004	0.09608	3057.09	293.73
920	Suvirinimo elektrodai	t	0.004	0.09608	1942.75	186.66
940	Tvirtinimo detalės	t	0.02	0.4804	1927.16	925.81
48120	Vikšriniai kranai	maš.val	3.0	72.06	31.66	2281.42
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	4.0	96.08	2.88	276.71
F9-2	Darbo užm. 4165.07	Medžiagos 38669.01		Mechanizmai 2558.13		Iš viso 45392.21
13 F15-6-2		100m2		2.24		
	Paviršių (sienų, grindų ir pan.) labai geras dažymas aliejiniais dažais, paruošiant paviršių					
	Darbo sąn. kateg. 3.4	žm.val.	86.0	192.64	5.18	997.88
607	Švitrinis popierius	m2	3.0	6.72	3.15	21.17
760	Pokostas	t	0.01	0.0224	2390.96	53.56
791	Emaliniai ir alkininiai dažai	t	0.03	0.0672	5336.55	358.62
820	Glaistai	t	0.07	0.1568	785.97	123.24
F15-6-2	Darbo užm. 997.88	Medžiagos 556.59		Mechanizmai		Iš viso 1554.47
14 F7-2-4		m3		180.0		
	Surenkami gelžbetonio tuštuminių plokščių perdenginiai					
	Darbo sąn. kateg. 3.5	žm.val.	1.6	288.0	5.25	1512.0
140	Kiaurymėtosios perdangų plokštės PK, PTK	m3	1.0	180.0	95.94	17269.2
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m3	0.038	6.84	57.48	393.16
440	Pjautinė miško medžiaga (spygl.)	m3	0.005	0.9	197.74	177.97
940	Tvirtinimo detalės	t	0.002	0.36	1927.16	693.78
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	0.25	45.0	24.45	1100.25
F7-2-4	Darbo užm. 1512.00	Medžiagos 18534.11		Mechanizmai 1100.25		Iš viso 21146.36

15 F12-1-7		100m ²		17.23		
	Sutapdinto stogo su prilydoma bitumine danga, šiltinanti mineral. vatos pl., įrengimas ant profiliuoto plieninio pakloto					
	Darbo sąn. kateg. 3.2	žm.val.	150.0	2584.5	5.05	13051.73
580	Prilydomosios bituminės stogų dangos	t.m ²	0.24	4.1352	5122.56	21182.81
625	Plėvelės, kartonai (garo, hidro, vėjo, garso ir kt. izoliac.)	t.m ²	0.11	1.8953	689.05	1305.96
756	Apkrovas laikančios mineralinės vatos izoliacinės plokštės	m ³	19.6	337.708	91.94	31048.87
759	Kietos mineralinės vatos plokštės plokščiems stogams	m ³	2.06	35.4938	132.64	4707.9
965-46	Mūrinės (su įsukamu varžtu) SDF-KB 8x260	vnt.	500.0	8615.0	0.49	4221.35
48180	Keltuvai, montažiniai lopšiai	maš.val	10.5	180.915	3.5	633.2
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	30.0	516.9	0.5	258.45
F12-1-7	Darbo užm. 13051.73	Medžiagos 62466.89	Mechanizmai 891.65			Iš viso 76410.27
16 F12-1-1		100m ²		3.555		
	Sutapdinto stogo įrengimas šiltinanti mineralinės vatos pl.ir dengiant 2 sl.prilydoma ritinine danga (be nuolydžio įren.)					
	Darbo sąn. kateg. 3.3	žm.val.	160.0	568.8	5.13	2917.94
15	Cinkuotoji skarda	t	0.034	0.12087	981.3	118.61
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m ³	0.06	0.2133	57.48	12.26
580	Prilydomosios bituminės stogų dangos	t.m ²	0.26	0.9243	5122.56	4734.78
625	Plėvelės, kartonai (garo, hidro, vėjo, garso ir kt. izoliac.)	t.m ²	0.11	0.39105	689.05	269.45
756	Apkrovas laikančios mineralinės vatos izoliacinės plokštės	m ³	14.7	52.2585	91.94	4804.65
759	Kietos mineralinės vatos plokštės plokščiems stogams	m ³	2.1	7.4655	132.64	990.22
965-6	Smeigės su metaline įkalama vinimi TID-T 08/60x175mm (akmens vatos tvirt.)	vnt.	520.0	1848.6	0.19	351.23
48180	Keltuvai, montažiniai lopšiai	maš.val	10.6	37.683	3.5	131.89
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	30.0	106.65	0.5	53.33
F12-1-1	Darbo užm. 2917.94	Medžiagos 11281.20	Mechanizmai 185.22			Iš viso 14384.36
17 F60-5-13		m ²		2508.46		
	Sienų šiltinimas 100mm storio izoliacija, įrengiant metalinį karkasą ir aptaisant profiliuotais lakštais					
	Darbo sąn. kateg. 3.5	žm.val.	1.78	4465.0588	5.25	23441.56
625-38	Difuzinė plėvelė 'Tyvek HD-Soft', 60g/m ²	m ²	1.05	2633.883	0.77	2028.09
750	Universalios izoliacinės mineralinės vatos plokštės ir dembliai	m ³	0.105	263.3883	29.35	7730.45
8	Plieninės stogų ir sienų dangos	m ²	1.0	2508.46	10.84	27191.71
80-24	Z profiliai 1.2/100	m	1.33	3336.2518	3.95	13178.19
80-34	Apdailos lenkti profiliai (ZN)	m	0.31	777.6226	5.98	4650.18
940	Tvirtinimo detalės	t	0.0026	6.522	1927.16	12568.93
48130	Autokranai iki 10 t kėlimo galios	maš.val	0.15	376.269	24.45	9199.78
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	0.39	978.2994	0.5	489.15
F60-5-13	Darbo užm. 23441.56	Medžiagos 67347.55	Mechanizmai 9688.93			Iš viso 100478.04

18 F15-2-1		100m ²		43.44		
	Labai geras fasadinis tinkas kalkių - cemento skiediniu (įrengiant ir išardant pastolius) k8=1.05, k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 3.8	žm.val.	190.0	8253.6	5.46	45064.66
361	Sudėtiniai skiediniai	m ³	3.0	130.32	69.48	9054.63
48190	Tinkavimo-liejimo agregatai	maš.val	10.0	434.4	2.82	1225.01
F15-2-1	Darbo užm. 45064.66	Medžiagos 9054.63	Mechanizmai 1225.01	Iš viso 55344.30		
19 F15-6-2		100m ²		43.44		
	Paviršių (sienų, grindų ir pan.) labai geras dažymas aliejiniais dažais, paruošiant paviršių					
	Darbo sąn. kateg. 3.4	žm.val.	86.0	3735.84	5.18	19351.65
607	Švitrinis popierius	m ²	3.0	130.32	3.15	410.51
760	Pokostas	t	0.01	0.4344	2390.96	1038.63
791	Emaliniai ir alkininiai dažai	t	0.03	1.3032	5336.55	6954.59
820	Glaistai	t	0.07	3.0408	785.97	2389.98
F15-6-2	Darbo užm. 19351.65	Medžiagos 10793.71	Mechanizmai	Iš viso 30145.36		
20 F11-3-18		100m ²		20.757		
	Armuotos, šlifotos 100 mm storio betoninės grindys, paduodant betoną siurbliu					
	Darbo sąn. kateg. 3.6	žm.val.	88.0	1826.616	5.32	9717.6
10	Armatūra	t	0.54	11.20878	640.59	7180.23
320-5	Betono mišiniai C16/20	m ³	10.2	211.7214	73.48	15557.29
44	Bendros paskirties plieninė viela	t	0.004	0.083028	898.26	74.58
825	Hermetikai sandarinimui	l	2.3	47.7411	4.77	227.73
48200	Betono siurbliai (betonvežiai)	maš.val	1.5	31.1355	40.87	1272.51
48379	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliai	maš.val	10.6	220.0242	7.27	1599.58
48380	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliais	maš.val	8.4	174.3588	2.88	502.15
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	6.0	124.542	0.5	62.27
F11-3-18	Darbo užm. 9717.60	Medžiagos 23039.83	Mechanizmai 3436.51	Iš viso 36193.94		
21 F11-4-1		100m ²		24.283		
	Šilumos ir garso izoliavimas 50 mm storio mineralinės vatos plokštėmis					
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	30.0	728.49	4.98	3627.88
750	Universalios izoliacinės mineralinės vatos plokštės ir dembliai	m ³	5.3	128.6999	29.35	3777.34
F11-4-1	Darbo užm. 3627.88	Medžiagos 3777.34	Mechanizmai	Iš viso 7405.22		
22 F11-2-2		m ³		415.13		
	Skaldos (žvyro) pasluoksnis					
	Darbo sąn. kateg. 2.5	žm.val.	3.5	1452.955	4.55	6610.95
880	Dolomito skalda	m ³	1.25	518.9125	25.72	13346.43
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	0.25	103.7825	0.5	51.89
F11-2-2	Darbo užm. 6610.95	Medžiagos 13346.43	Mechanizmai 51.89	Iš viso 20009.27		

23 F11-2-5		100m ²			3.5277		
	40 mm storio armuotas cementinis išlyginamasis sluoksnis						
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	56.0		197.5512	4.98	983.8
11	Armatūrinis tinklas	t	0.1		0.35277	969.23	341.92
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m ³	4.1		14.46357	57.48	831.37
48180	Keltuvai, montažiniai lopšiai	maš.val	6.0		21.1662	3.5	74.08
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	5.0		17.6385	0.5	8.82
F11-2-5	Darbo užm. 983.80	Medžiagos 1173.29		Mechanizmai 82.90			Iš viso 2239.99
24 F11-3-5		100m ²			7.0554		
	Keraminių plytelių danga klojama ant cementinio skiedinio						
	Darbo sąn. kateg. 3.5	žm.val.	150.0		1058.31	5.25	5556.13
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m ³	2.2		15.52188	57.48	892.2
660	Grindų plytelės	m ²	102.0		719.6508	8.77	6311.34
F11-3-5	Darbo užm. 5556.13	Medžiagos 7203.54		Mechanizmai			Iš viso 12759.67
25 F11-2-4		100m ²			3.5277		
	20 mm storio cementinis išlyginamasis sluoksnis						
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	40.0		141.108	4.98	702.72
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m ³	2.05		7.23179	57.48	415.68
48180	Keltuvai, montažiniai lopšiai	maš.val	3.0		10.5831	3.5	37.04
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	4.0		14.1108	0.5	7.06
F11-2-4	Darbo užm. 702.72	Medžiagos 415.68		Mechanizmai 44.10			Iš viso 1162.50
26 F10-3-9		m ²			237.346		
	Aluminio langai su palangėmis (m ² bloko)						
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	4.8		1139.2608	5.62	6402.65
104	Aluminio langai	m ²	1.0		237.346	204.89	48629.82
656	Laminuotos MDP ir PVC palangės	m	0.8		189.8768	5.64	1070.91
825	Hermetikai sandarinimui	l	0.16		37.97536	4.77	181.14
965-15	Tvirtinimo kaiščiai SDF-KB 10x80	vnt.	4.0		949.384	0.31	294.31
F10-3-9	Darbo užm. 6402.65	Medžiagos 50176.18		Mechanizmai			Iš viso 56578.83
27 F10-4-7		m ²			13.75		
	Aluminio durys (m ² bloko)						
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	4.0		55.0	5.62	309.1
105	Aluminio durys	m ²	1.0		13.75	272.89	3752.24
825	Hermetikai sandarinimui	l	0.17		2.3375	4.77	11.15
965-15	Tvirtinimo kaiščiai SDF-KB 10x80	vnt.	4.0		55.0	0.31	17.05
F10-4-7	Darbo užm. 309.10	Medžiagos 3780.44		Mechanizmai			Iš viso 4089.54
28 F9-15-3		vnt			2.0		
	Segmentinių pakeliamų vartų 4500x2150mm (standartinio pakilimo) su el. pavara ir automatika įrengimas						
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	10.9		21.8	5.78	126.0
418-10	Automatika vartams	vnt.	1.0		2.0	176.36	352.72
418-11	Rakinama spyra vartams	vnt.	1.0		2.0	46.97	93.94
418-3	Apšiltinti pakeliamieji segment. garažų vartai (pl.-4500mm, aukštis-2150mm)	vnt.	1.0		2.0	666.57	1333.14
48382	Kiti smulkūs mechanizmai	maš.val	4.0		8.0	0.5	4.0
F9-15-3	Darbo užm. 126.00	Medžiagos 1779.80		Mechanizmai 4.00			Iš viso 1909.80

29 F27-1-3		100m		8.0329		
	Betoninių bordiūrų (80x200 mm) įrengimas ant betono pagrindo k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	61.0	490.0069	4.98	2440.23
255	Šaligatvių plytelės, bordiūrai	m3	1.6	12.85264	157.62	2025.83
320	Betono mišiniai	m3	2.6	20.88554	72.82	1520.89
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m3	0.02	0.160658	57.48	9.23
48315	Autokrautuvai	maš.val	0.2	1.60658	31.3	50.29
F27-1-3	Darbo užm. 2440.23	Medžiagos 3555.95	Mechanizmai 50.29			Iš viso 6046.47
30 F27-2-2		100m2		3.5801		
	7 cm storio betoninių plytelių šaligatvio įrengimas k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 2.5	žm.val.	72.0	257.7672	4.55	1172.84
255	Šaligatvių plytelės, bordiūrai	m3	7.0	25.0607	157.62	3950.07
350	Cemento ir smėlio skiediniai	m3	0.08	0.286408	57.48	16.46
910	Statybinis smėlis	m3	15.7	56.20757	12.74	716.08
48280	Plentvoliai 5 t	maš.val	1.3	4.65413	29.37	136.69
48315	Autokrautuvai	maš.val	0.98	3.5085	31.3	109.82
48320	Statybos mašinos automobilio bazėje	maš.val	0.21	0.751821	24.27	18.25
48379	Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliai	maš.val	2.8	10.02428	7.27	72.88
F27-2-2	Darbo užm. 1172.84	Medžiagos 4682.61	Mechanizmai 337.64			Iš viso 6193.09
31 F27-6-2		100m2		4.9		
	Autotransporto stov. aikštelių 5 cm viensl. asfaltbet. danga, 15 cm smėlio-žvyro pagrindas ir 20 cm smėlio sluoksnis k8=1.03, k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 2.9	žm.val.	9.3	45.57	4.89	222.84
330-29	Asfalt. viensluoksnių dangų mišiniai AC 16 PD	t	12.12	59.388	69.2	4109.65
440	Pjautinė miško medžiaga (spygl.)	m3	0.0017	0.00833	197.74	1.65
907	Gamtinis žyras	m3	18.62	91.238	11.25	1026.43
910	Statybinis smėlis	m3	22.0	107.8	12.74	1373.37
48160	Autogreideriai iki 66 kW (90 AG)	maš.val	0.86	4.214	35.99	151.66
48278	Pneumovoliai 16 t	maš.val	0.53	2.597	43.15	112.06
48280	Plentvoliai 5 t	maš.val	1.0	4.9	29.37	143.91
48281	Plentvoliai 10 t	maš.val	1.0	4.9	37.54	183.95
48283	Plentvoliai 16 t ir sunkesni	maš.val	0.54	2.646	48.12	127.33
48362	Laistymo mašinos	maš.val	0.32	1.568	31.5	49.39
48368	Asfalto klotuvai iki 500 t/h	maš.val	0.16	0.784	112.09	87.88
F27-6-2	Darbo užm. 222.84	Medžiagos 6511.10	Mechanizmai 856.18			Iš viso 7590.12

32 F27-5-2		100m ²		69.0174		
	Pravažiuojamų kelių 9 cm dvisl. asfaltbet. dangą, 15 cm smėlio-žvyro mišinio pagrindas ir 20 cm smėlio sluoksnis k8=1.06, k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 2.9	žm.val.	11.0	759.1914	4.89	3712.45
330-37	Asfalt. apatinio sluoksnio mišiniai AC 11 AN	t	14.76	1018.69682	71.37	72704.39
330-41	Asfalt. viršutinio sluoksnio mišiniai AC 8 VN, AC 11 VN	t	7.58	523.15189	71.37	37337.35
440	Pjautinė miško medžiaga (spygl.)	m ³	0.0034	0.234659	197.74	46.4
907	Gamtinis žyras	m ³	18.62	1285.10399	11.25	14457.42
910	Statybinis smėlis	m ³	22.0	1518.3828	12.74	19344.2
48160	Autogreideriai iki 66 kW (90 AG)	maš.val	0.86	59.35496	35.99	2136.19
48278	Pneumovoliai 16 t	maš.val	0.97	66.94688	43.15	2888.76
48280	Plentvoliai 5 t	maš.val	1.26	86.96192	29.37	2554.07
48281	Plentvoliai 10 t	maš.val	1.2	82.82088	37.54	3109.1
48283	Plentvoliai 16 t ir sunkesni	maš.val	0.54	37.2694	48.12	1793.4
48362	Laistymo mašinos	maš.val	0.32	22.08557	31.5	695.7
48368	Asfalto klotuvai iki 500 t/h	maš.val	0.32	22.08557	112.09	2475.57
F27-5-2	Darbo užm. 3712.45	Medžiagos 143889.76	Mechanizmai 15652.79			Iš viso 163255.00
33 88001002		100 m ²		38.5609		
	Vejos sodinimas					
	Darbo sąn. kateg. 0.0	žm.val.	1.0	38.5609	250.0	9640.22
88001002	Darbo užm. 9640.22	Medžiagos	Mechanizmai			Iš viso 9640.22
Iš viso skyriuje 1	Darbo užm. 187396	Medžiagos 809661	Mechanizmai 55295			Iš viso 1052352
Viso žiniaraštyje 1	Darbo užm. 187396	Medžiagos 809661	Mechanizmai 55295			Iš viso 1052352
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			24290		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				1659	
	Sezoniniai darbai 15.00% (53354)		8003			
	Specifiniai darbai 17.00%		3300			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(187396+8003+3300)		15896			
	Viso:		214595	833951	56954	1105500
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(187396+8003+3300+15896)		66524			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	281119	833951	56954	1172024
	Statyb vietės išlaidos 9.00%					105482
	Iš viso tiesioginės išlaidos					1277506
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(187396+8003+3300+15896)					64379
	Pelnas 5.00%(1277506+64379)					67094
	Iš viso netiesioginės išlaidos					131473
					Bendra vertė be PVM	1408979
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					295885.59
					Bendra vertė su PVM	1704864.59

3 PRIEDAS. Mokslinė tiriamoji dalis

Betono bandinių paviršiai



3P.1. pav. Betono bandinio A1.1 keturi paviršiai



3P.2. pav. Betono bandinio A1.2 keturi paviršiai



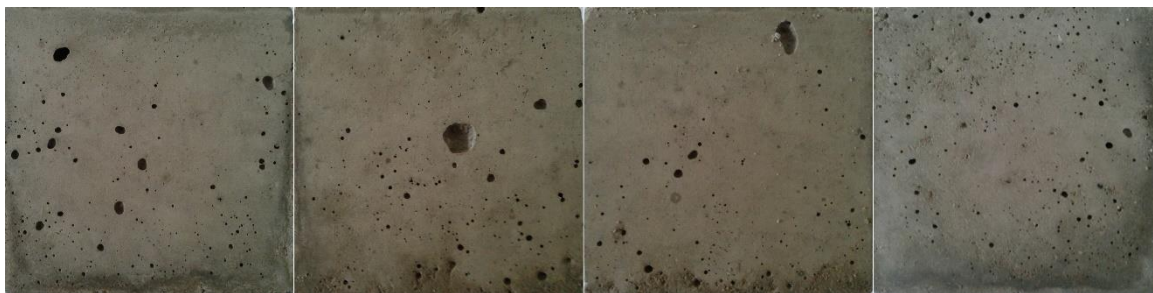
3P.3. pav. Betono bandinio A2.1 keturi paviršiai



3P.4. pav. Betono bandinio A2.2 keturi paviršiai



3P.5. pav. Betono bandinio A3.1 keturi paviršiai



3P.6. pav. Betono bandinio A3.2 keturi paviršiai



3P.7. pav. Betono bandinio A4.1 keturi paviršiai



3P.8. pav. Betono bandinio A4.2 keturi paviršiai



3P.9. pav. Betono bandinio A5.1 keturi paviršiai



3P.10. pav. Betono bandinio A5.2 keturi paviršiai

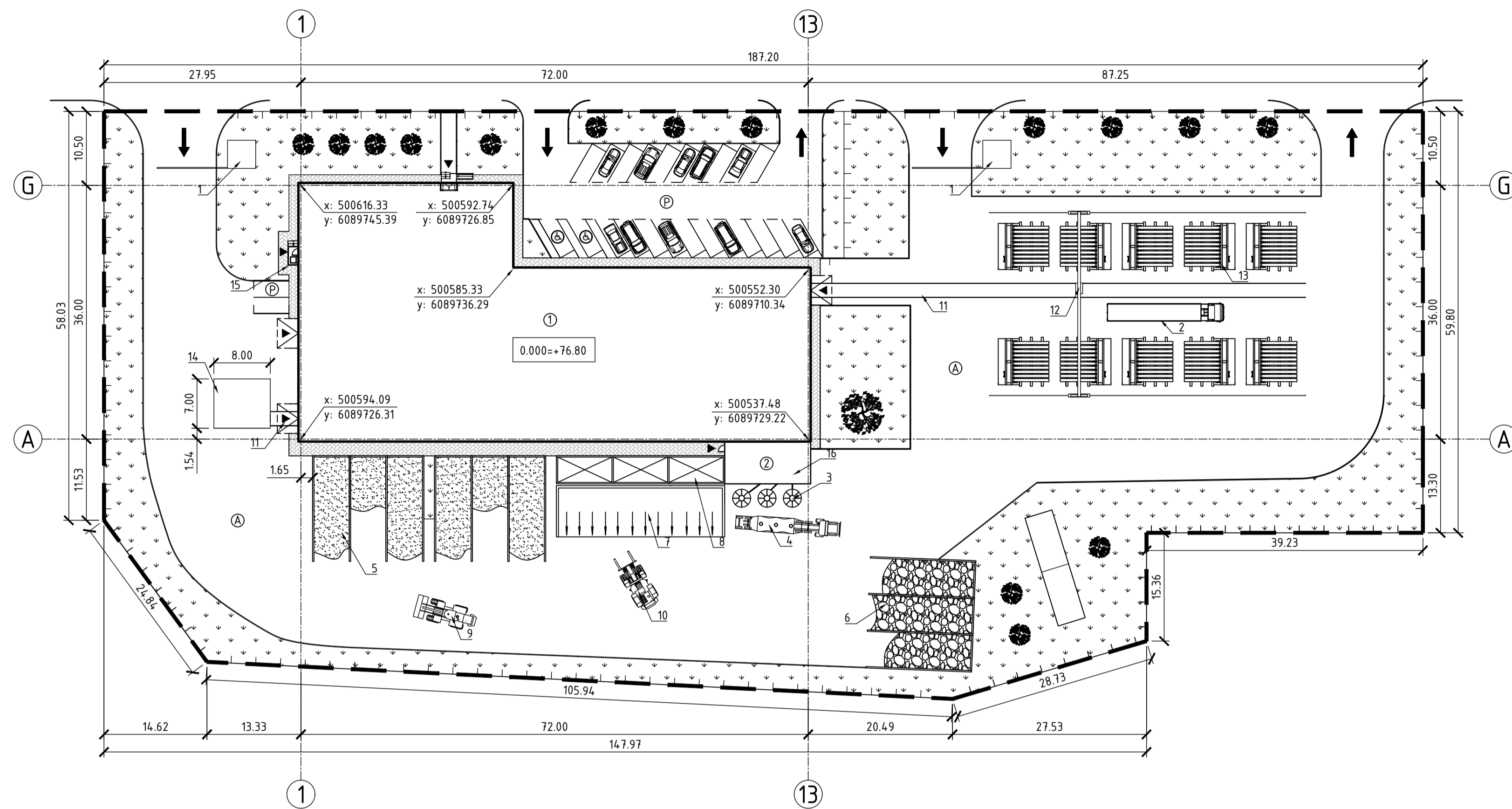


3P.11. pav. Betono bandinio A6.1 keturi paviršiai

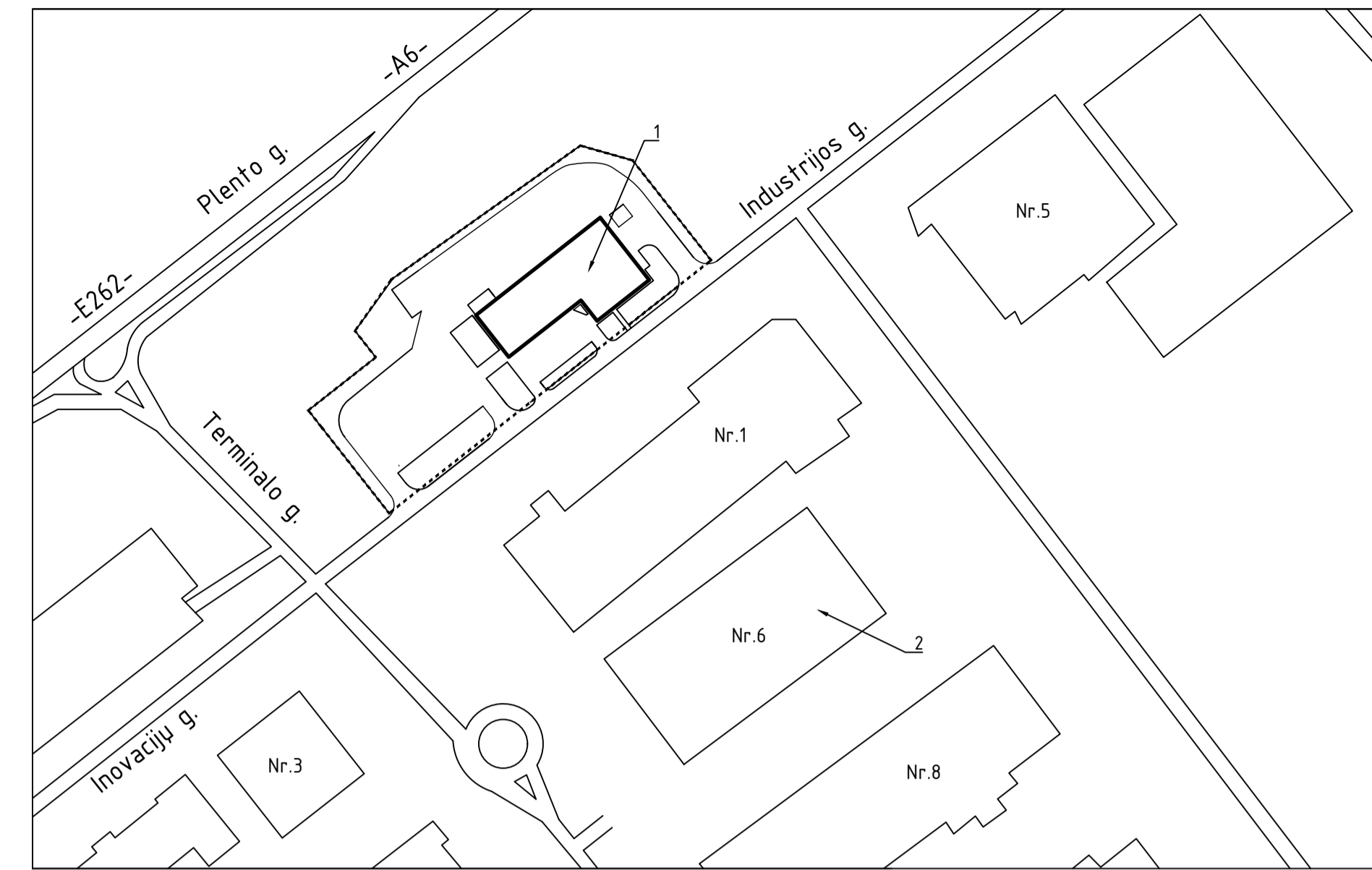


3P.12. pav. Betono bandinio A6.2 keturi paviršiai

SKLYPO PLANAS. MASTELIS 1:500



SITUACIJOS SCHEMA



Sutartiniai žymėjimai:
 1 - Projektuojama gamykla;
 2 - Aplinkiniai pastatai.

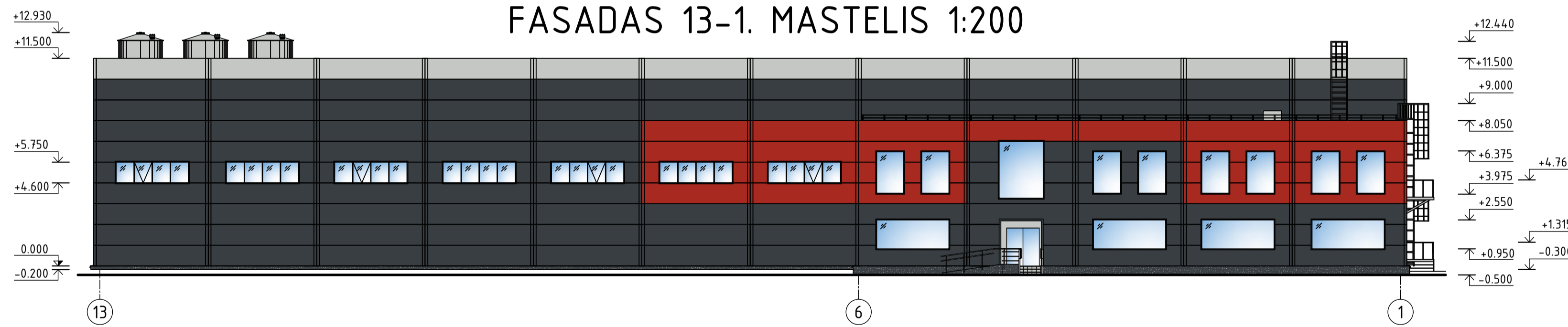
Eksplikacija

Pažymėjimas	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Žymuo	Kiekis
1	Apsaugos punktas		1
2	Gaminų išvežimo transportas		
3	Cemento silosai, 45m ³ talpa	SAMI SM 45/29	3
4	Cementovežis	32m ³ talpa	
5	Smulkaus užpildo sandėliai, 0/2 fr.	Uždengiami, 150m ³ talpos	2
6	Stambaus užpildo sandėliai, 4/16 fr.	Uždengiami, 150m ³ talpos	1
7	Užpildų išpytymo rampa		1
8	Užpildų bunkeris		3
9	Rafinis užpildų krautuvas su priekiniu pakrovimo kaušu	CATERPILLAR	1
10	Pakrovejai	Dyzelinis	1
11	Transportavimo bėgiai	Iglinti	2
12	Sandėlio kranas	Ožinis, 10t	1
13	Atviras gaminių sandėlysis	160 vnt.	1
14	Armatūros sandėlysis	Uždaras	1
15	Priešgaisrinė laiptinė		1
16	Betono mišinio gamybos cechas		1

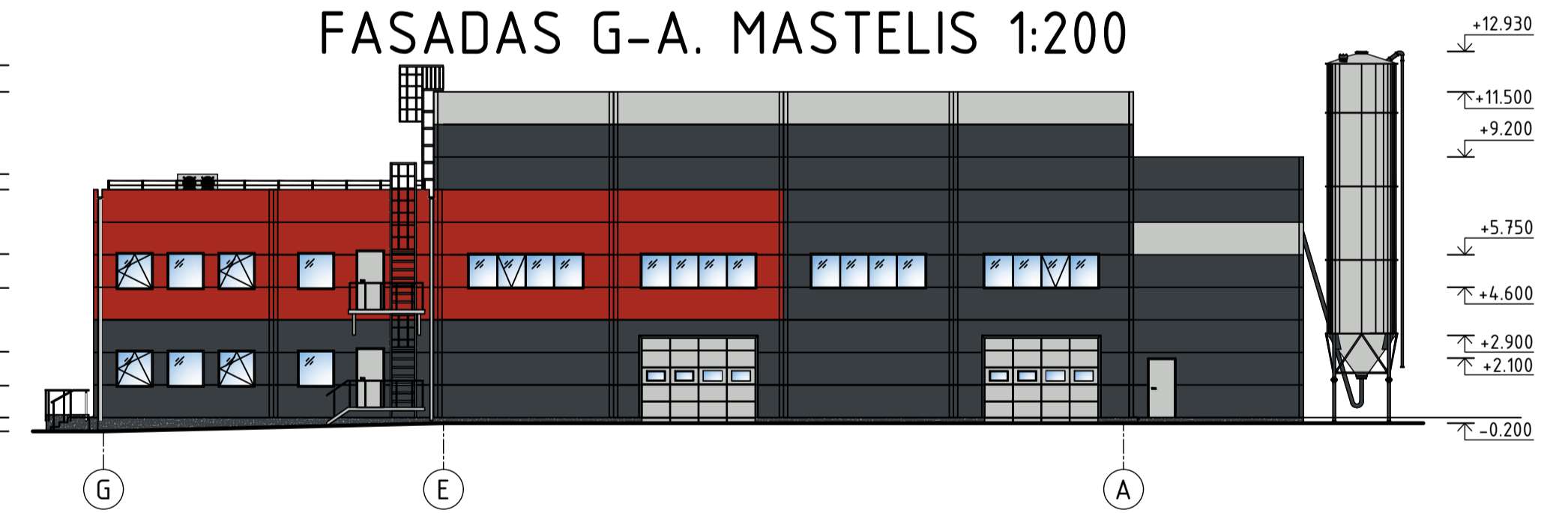
Bendrieji statinio rodikliai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
11 sklypo plotas	m ²	14057	
12 sklypo užstatymo plotas	m ²	2288	
13 sklypo užstatymo intensyvumas	%	16.28	
14 statinio užimtas žemės plotas	m ²	2232	
15 apželdintas žemės plotas	m ²	3856.09	
16 automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	25	2 neigaliju
17 sanitarinės apsaugos zonos	m	-	
18 sklypo užstatymo tankumas	%	15.88	
II. PASTATAI			
2.1 Negyvenamieji pastatai			
2.1.1 paskirties rodikliai (sieninių plokščių gamykla)	žm. sk.	24	
2.1.2 pavojingų medžiagų ribinio kiekio lygis	-	-	
2.1.3 bendras plotas	m ²	2232	
2.1.4 pastato tūris	m ³	23597	
2.1.5 aukštų skaičius		1	
2.1.6 pastato aukštis	m	11.50	
2.1.7 pastato atsparumas ugniai klasei		II	
2.1.8 atitvarų šilumos perdavimo koeficientas:			
2.1.8.11 sienų	W/m ² K	0.276	
2.1.8.12 langų	W/m ² K	1.00	
2.1.8.13 administracinių patalpų denginio	W/m ² K	0.150	
2.1.8.14 gamyklinių patalpų denginio	W/m ² K	0.110	
2.1.8.15 grindų	W/m ² K	1.14	

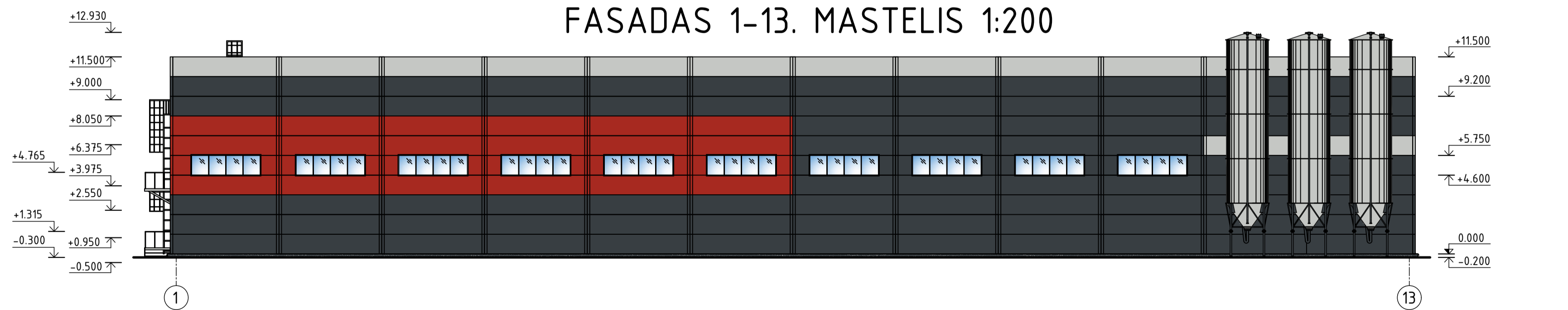
FASADAS 13-1. MASTELIS 1:200



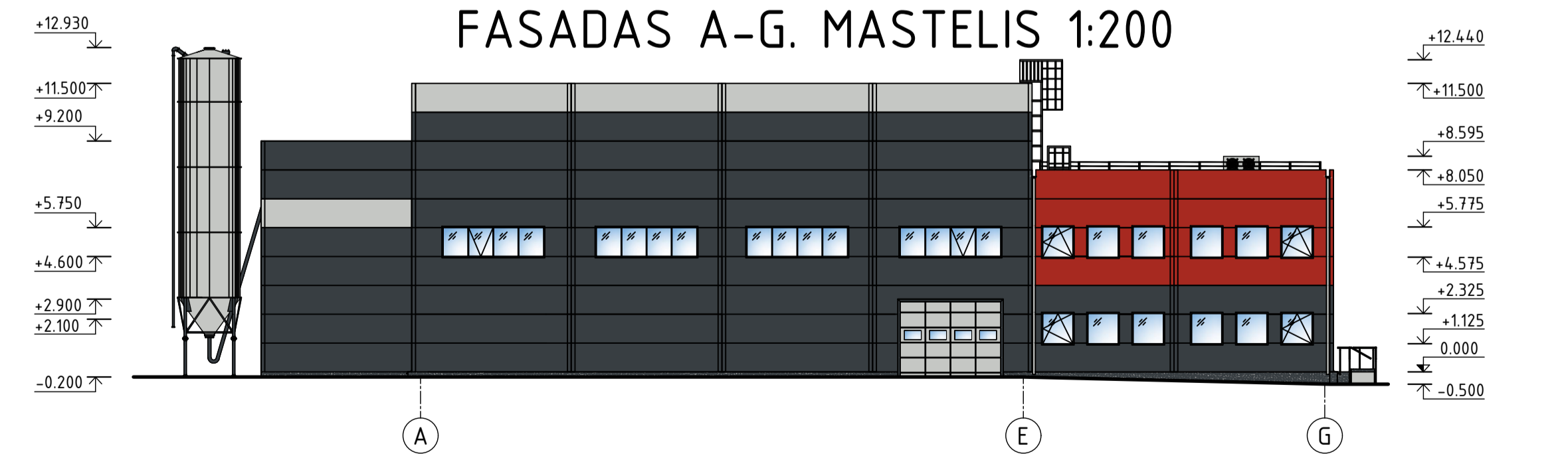
FASADAS G-A. MASTELIS 1:200



FASADAS 1-13. MASTELIS 1:200



FASADAS A-G. MASTELIS 1:200

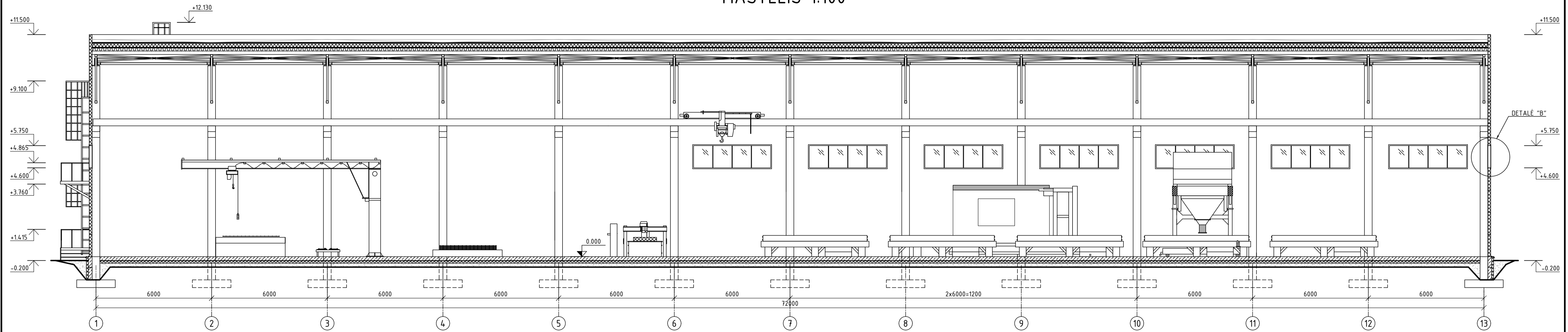


Fasadų sustartiniai žymėjimai

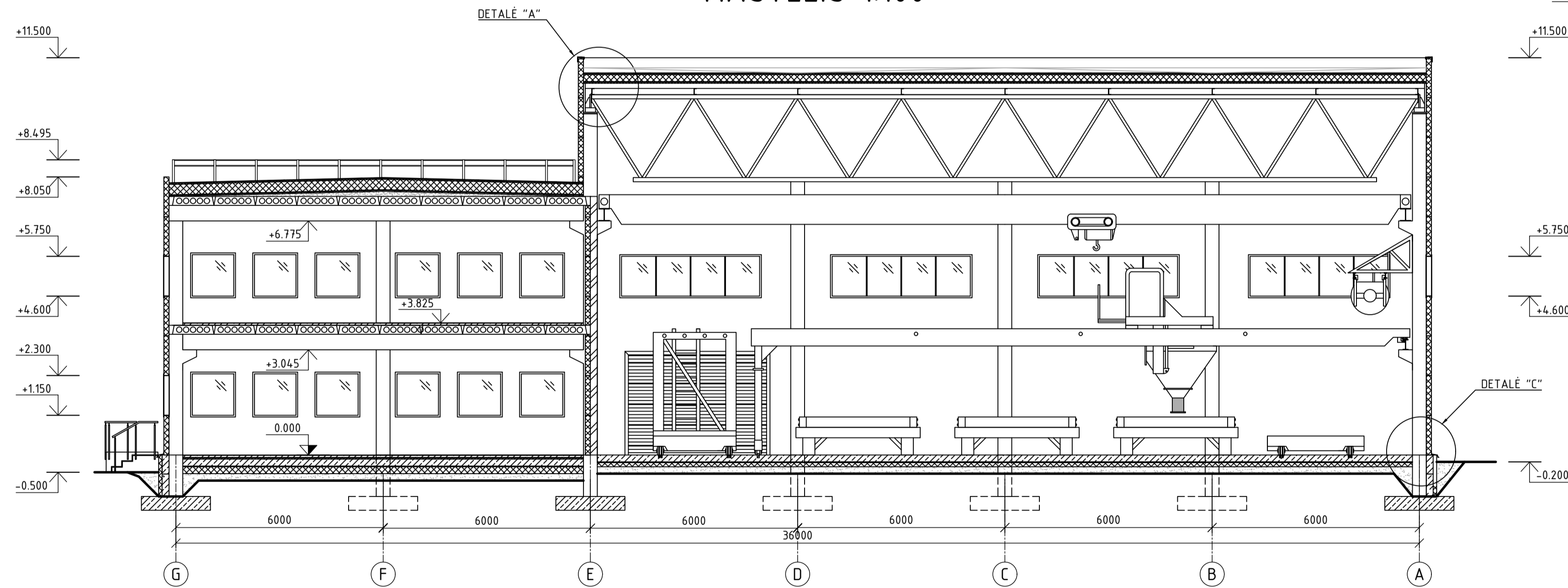
- daugiastuoksnės "Sandwich" tipo plokštės, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 7016
- daugiastuoksnės "Sandwich" tipo plokštės, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 7035
- daugiastuoksnės "Sandwich" tipo plokštės, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 3000
- tinkuojamas ir dažomas cokolis, spalva RAL 7016

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-6/1	Studentas	T. Ramanauskas	Gelžbetoninių trisluoksnių sieninių plokščių gamybos technologija	
	Vadovas	A. Augonis	Sklypo planas; Statinio rodikliai; Fasada 1-13, 13-1, A-G, G-A	
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra		2017-MBD-SM	
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Lapas	Lapų
			1	5

PJŪVIS 1-1
MASTELIS 1:100

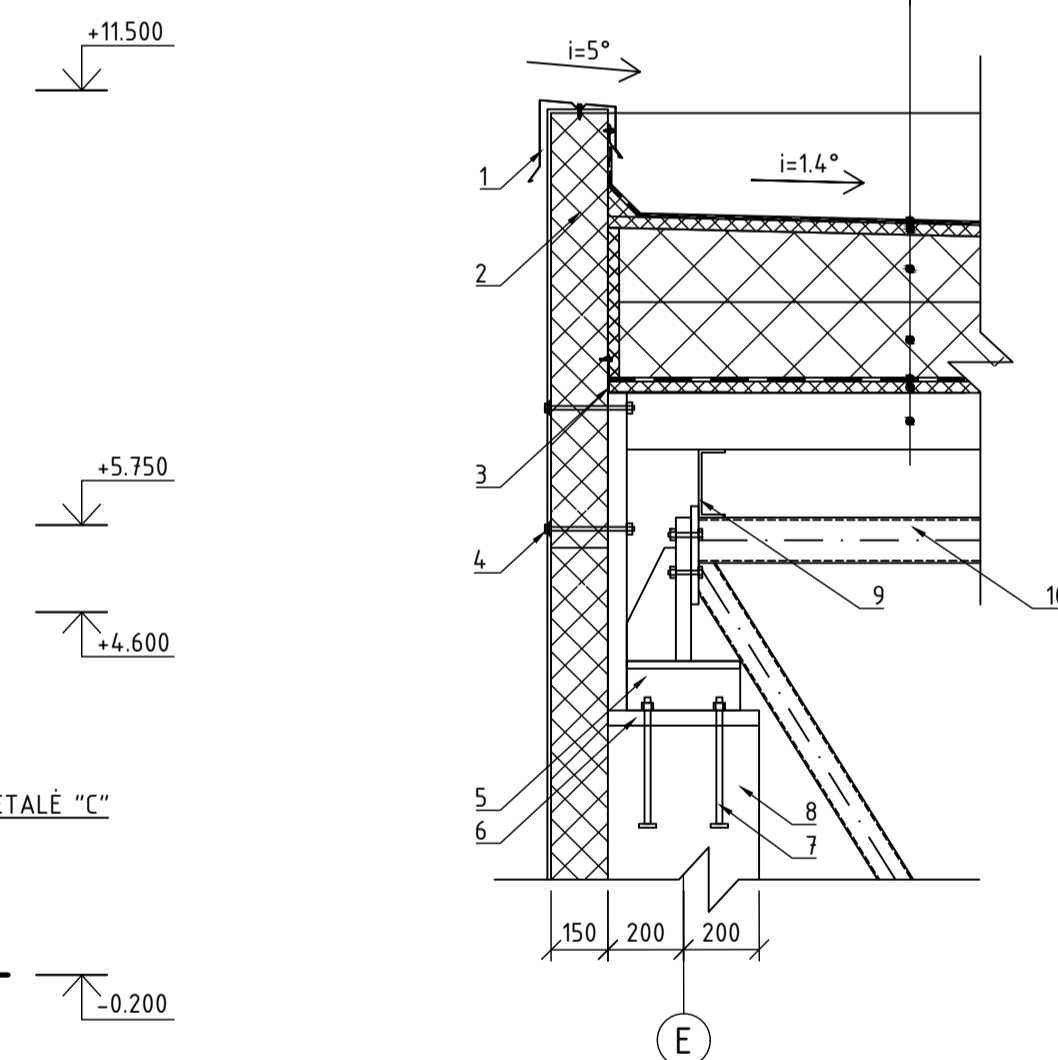


PJŪVIS 2-2
MASTELIS 1:100



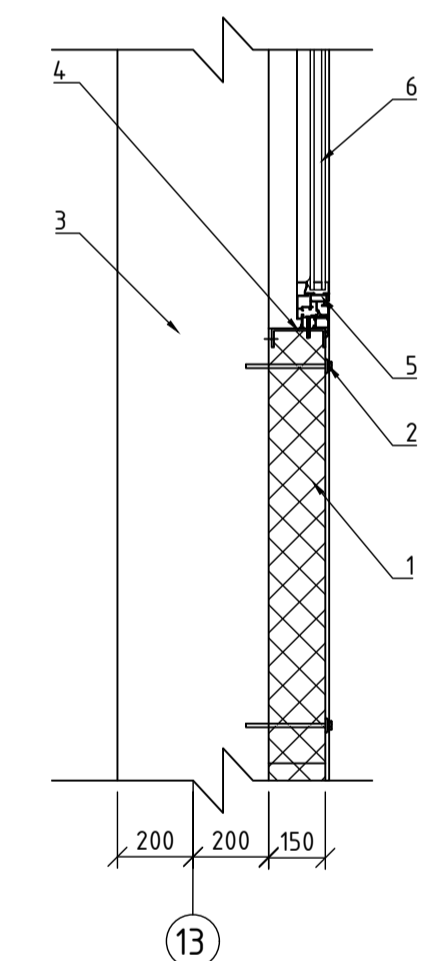
1. 2 sl. ritininė bituminė danga, t=1.5 mm;
2. Kietą akmenį vata Paroc ROB 80, t=30 mm;
3. Nuolydį formuojantis akmenis vatos sl;
4. Akmenis vata Paroc ROL 30, t=200 mm;
5. Orą ir garus izoliuojantis XMV 020bas sl;
6. Kietą akmenį vata Paroc ROB 80, t=30 mm;
7. Plieninis profiliuotas skardos paklotas;

DETALĖ "A"
MASTELIS 1:20



1. Skarda;
2. Sienu plokštė KS1150TL 1150x6000x150;
3. "L" profilio lankstinys;
4. Plokštės tvirtinimo varžtas;
5. Antkolonis;
6. Įdėtinė detalė;
7. Inkariniai varžtai;
8. Gelžbetoninė kolona 400x400;
9. Nelygiašonis kampuočius 180x70x8;
10. Plieninė santvara;

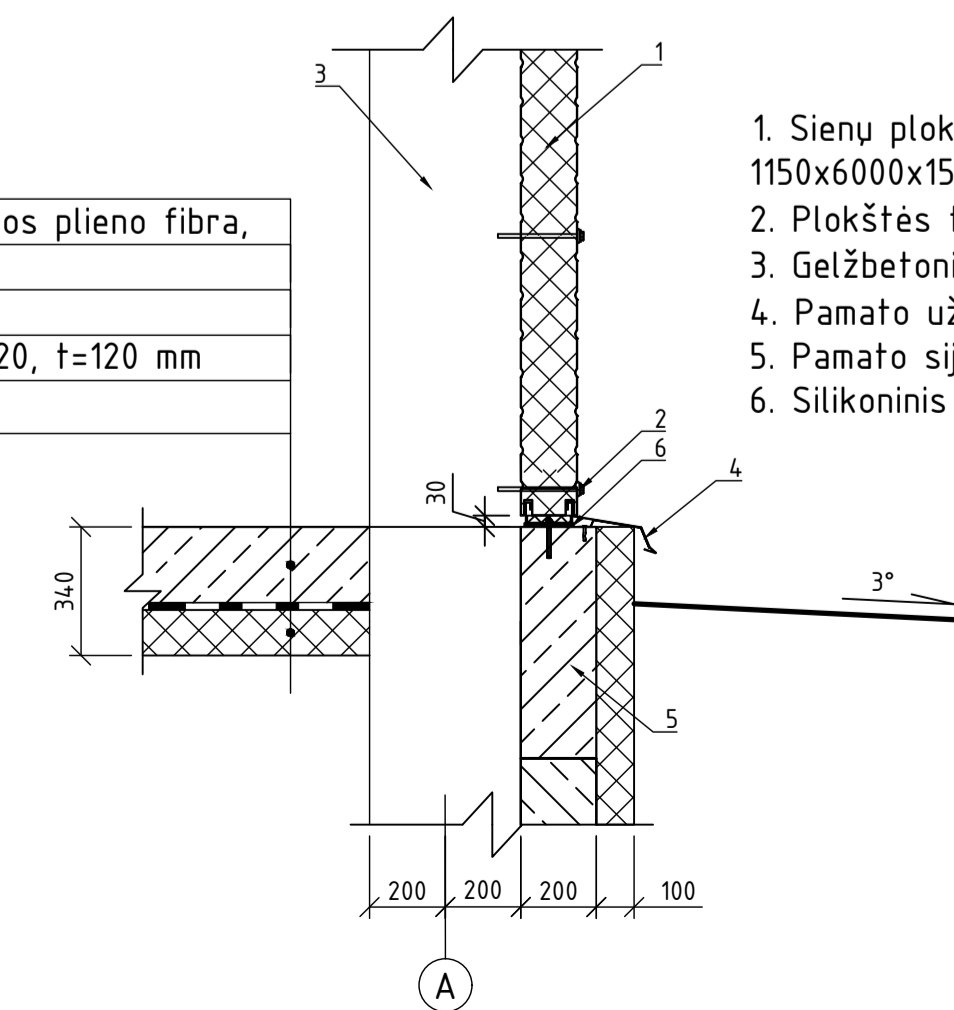
DETALĖ "B"
MASTELIS 1:20



1. Sienu plokštė KS1150TL 1150x6000x150;
2. Plokštės tvirtinimo varžtas;
3. Gelžbetoninė kolona 400x400;
4. Karšto valcavimo lovy;
5. Aluminio lango tvirtinimo mechanizmas;
6. Dvisluksnis stiklo paketas;

DETALĖ "C"
MASTELIS 1:20

1. Betoninės grindys, armuotos plieno fibra, t=200mm (R=0.20 m²K/W);
2. Hidroizoliacija;
3. Akmenis vata Paroc GRS 20, t=120 mm (R=3.53 m²K/W);



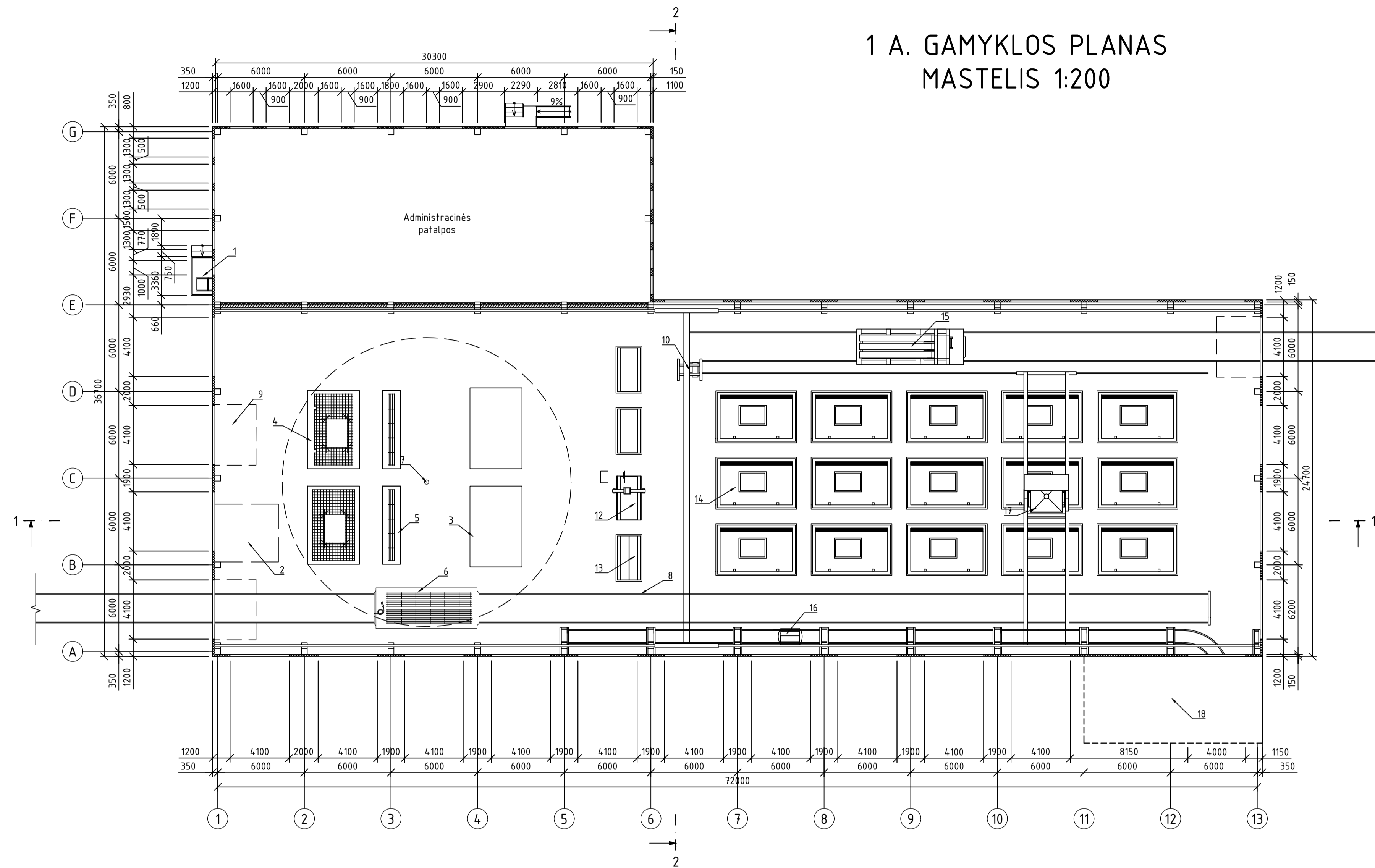
1. Sienu plokštė KS1150TL 1150x6000x150;
2. Plokštės tvirtinimo varžtas;
3. Gelžbetoninė kolona 400x400;
4. Pamato uždengimo lankstinys;
5. Pamato sija;
6. Silikoninis hermetikas;

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-6/1	Studentas	T. Ramanauskas	Gelžbetoninių trisluksnių sieninių plokščių gamybos technologija	
	Vadovas	A. Augonis	Pjūviai 1-1, 2-2; Detalės "A", "B", "C"	
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra		Laida	0
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Lapas	3
	2017-MBD-SM		Lapų	5

Irenginių ir mechanizmų specifikacija

Pozicija	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Žymuo	Kiekis
1	Priešgaisrinė laiptinė		1
2	Irenginių pakrovimo vieta		1
3	Armatūros tinklų gamybos stendas		2
4	Armatūros tinklų sandėliavimo vieta		2
5	Armatūros strypų tarpinis sandėliavimas		2
6	Armatūros transportavimo vežimėlis	Tiltinis	1
7	Armatūros keliamasis kranas	Gembinis, 10t	1
8	Transportavimo bėgiai	Igilinti	2
9	Gamykliniai varžai		3
10	Keliamasis kranas	Tiltinis, 10t.	1
11	Termoizoliacijos plokščių tarpinė sandėliavimo vieta		2
12	Termoizoliacijos plokščių pjaustymo stendas		1
13	Supjaustytų termoizoliacijos plokščių sandėliavimo vieta		1
14	Sieniųjų plokščių gamybos stendas	Šildomas	15
15	Gaminio transportavimo vežimėlis		1
16	Betono transportavimo bunkeris 2.25m ³	Kabantis	1
17	Betono klotuvas		1
18	Betono mišinio gamybos cechas		1

1 A. GAMYKLOS PLANAS MASTELIS 1:200



Statinio techniniai-ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
1	Sklypo plotas	m ²	14057	-
2	Pirmo aukšto plotas	m ²	2110.80	-
3	Visu aukštų plotas	m ²	2470.80	-
4	Užstatymo tankumas	%	15.76	-
5	Visu aukštų tūris	m ³	23040	-
6	Statinio suvestinė statybos kaina	tūkst. EUR	3771.70	-
7	Statybos ir montavimo darbų kaina	tūkst. EUR	1704.86	-
8	Irenginių kaina, 70% 7p.	tūkst. EUR	1193.41	-
9	Kitos išlaidos	tūkst. EUR	236.27	inž. tinklu kaina
10	Statinio suvestinė statybos kaina mato vienetui	EUR/m ²	1526.51	-
11	Statinio statybos ir montavimo darbų kaina mato vienetui	EUR/m ²	163.70	-
12	Inžinerinių tinklų statybos ir montavimo darbų kaina mato vienetui	EUR/m ³	690.01	-
13	Inžinerinių tinklų statybos ir montavimo darbų kaina mato vienetui	EUR/m	74.00	-
14	Inžinerinių tinklų statybos ir montavimo darbų kaina mato vienetui	EUR/m	102.79	Lauko inž. tinklu

Objektinė sąmata

Lokalinės sąmatos	Darbu pavadinimas	Sąmatinė vertė		
		Statybos ir montavimo darbai	Irenginiai	Iš viso
1	2	3	4	5
Nr. 01	Bendrieji statybos	1704864.59	1193405.21	2898269.80
Nr. 02	Vidaus inžineriniai	209698.34	-	209698.34
Nr. 03	Lauko inžineriniai	26575.54	-	26575.54
VIŠO		1941138.47	1193405.21	3134543.69

Suvestinė sąmata

Eil. Nr.	Statybos darbai	Sąmatinė vertė			Iš viso
		Statybos ir montavimo darbai	Irenginiai	Kitos išlaidos	
1	2	3	4	5	6
I	Statybos sklypas	-	-	399980	399980
II	Statybos sklypo paruošimas	-	-	5114.59	5114.59
III	Statinio statyba ir įrengimas	1941138.47	1193405.21	-	3134543.69
IV	Projektavimo ir inžinerinės paslaugos (5%)	-	-	156982.91	
4.1	Projektavimo darbai (72%)	-	-	113027.70	
4.2	Techninė priežiūra (14%)	-	-	21977.61	156982.91
4.3	Autorinė priežiūra (7%)	-	-	10988.80	
4.4	Eksperfizė (7%)	-	-	10988.80	
V	Kitos išlaidos (3%)	-	-	98899.24	98899.24
VI	Užsakovo rezervas (5%)	-	-	169777.02	169777.02
VIŠO		1941138.47	1193405.21	830753.77	3965297.45

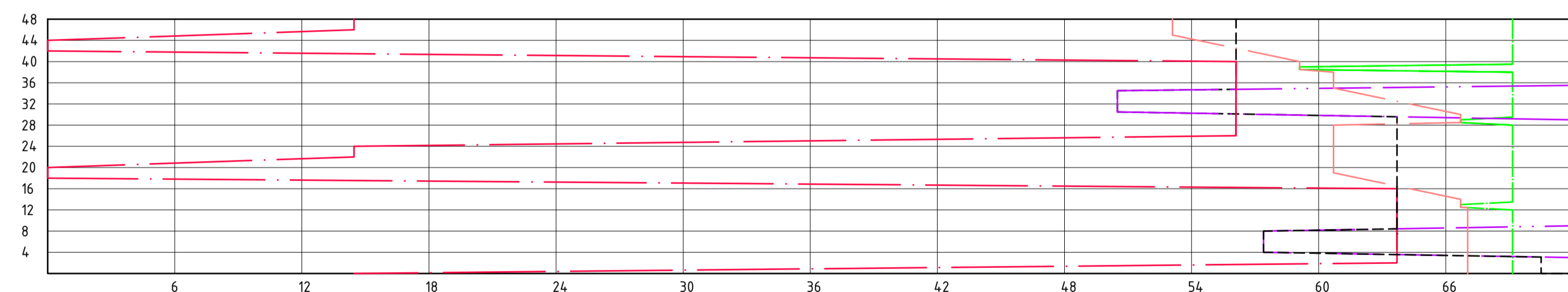
Pirmo aukšto plano sutartiniai žymėjimai

- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, t=150 mm
- keramito blokėliai

Ciklogramos sutartiniai žymėjimai

- betono transportavimo bunkeris
- tiltinis kranas Nr. 1
- gaminio transportavimo vežimėlis
- armatūros transportavimo vežimėlis
- betono klotuvas

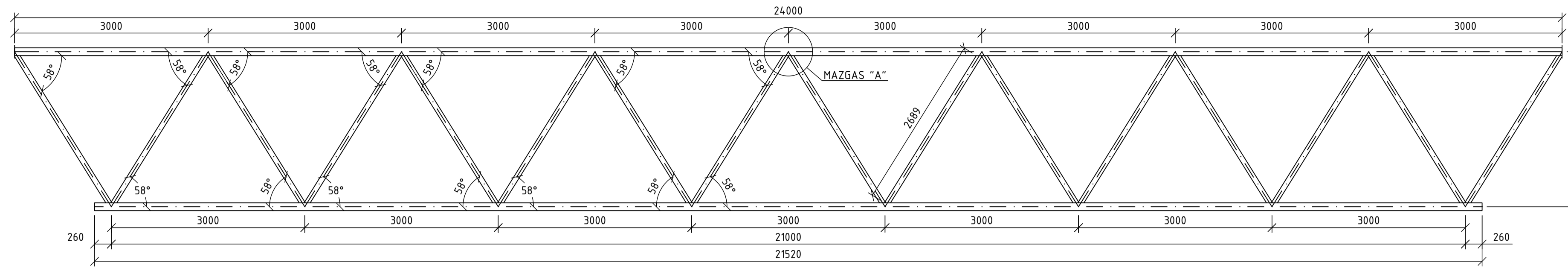
TECHNOLOGINĖS LINIJOS CIKLOGRAMA



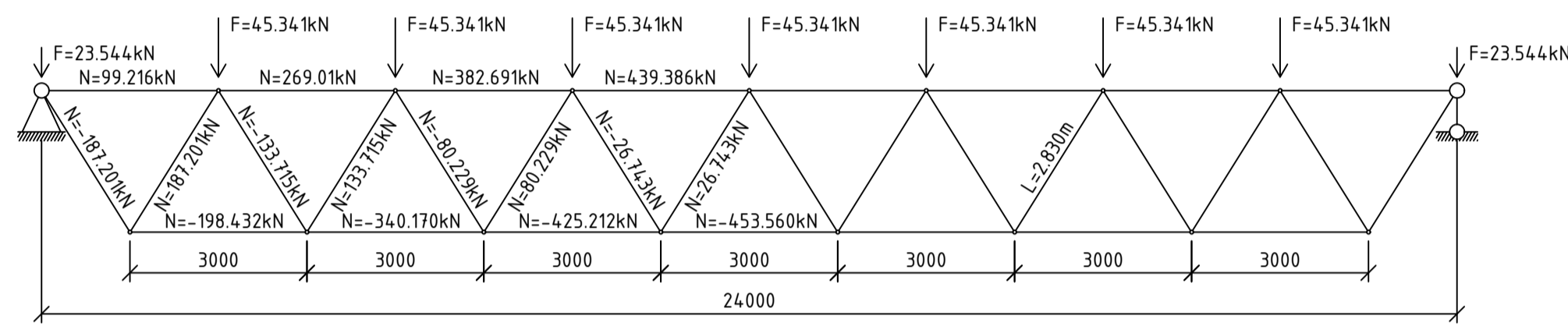
Pastabos:
 Administracinės patalpos.
 1 a. sudarytas iš laboratorijos, administracinių patalpų, kaštines, buitinių patalpų, papildu ir kitų įrankių sandėlio, poilsio patalpų.
 2 a. - administracinės ir poilsio patalpos.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-6/1	Studentas T. Ramanauskas Vadovas A. Augonis	Gelžbetoninių trisluksniųjų sieninių plokščių gamybos technologija
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Technologinės linijos planas; Technologinės linijos ciklograma; Statinio ekonominiai rodikliai
MBD		2017-MBD-SM
		Laida 0
		Lapas 4
		Lapų 5

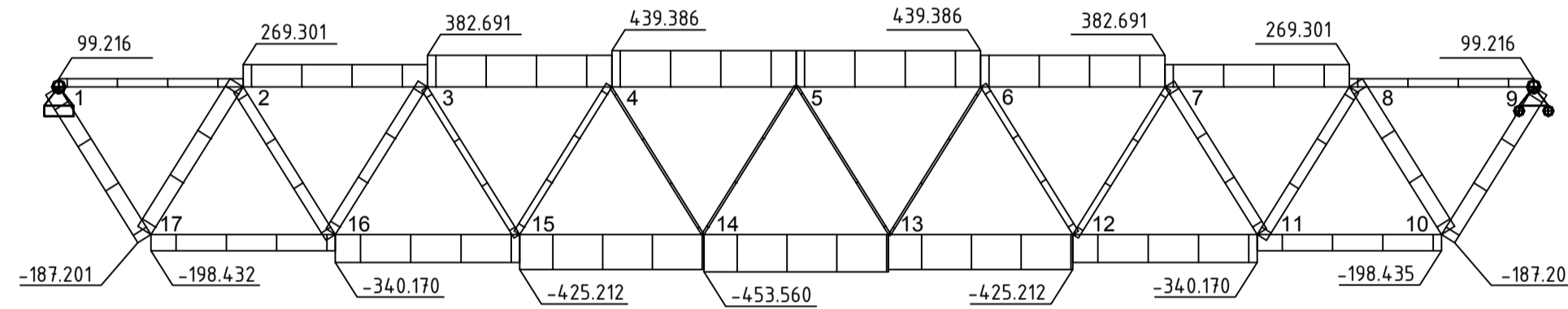
SANTVARA SN-1. MASTELIS 1:50



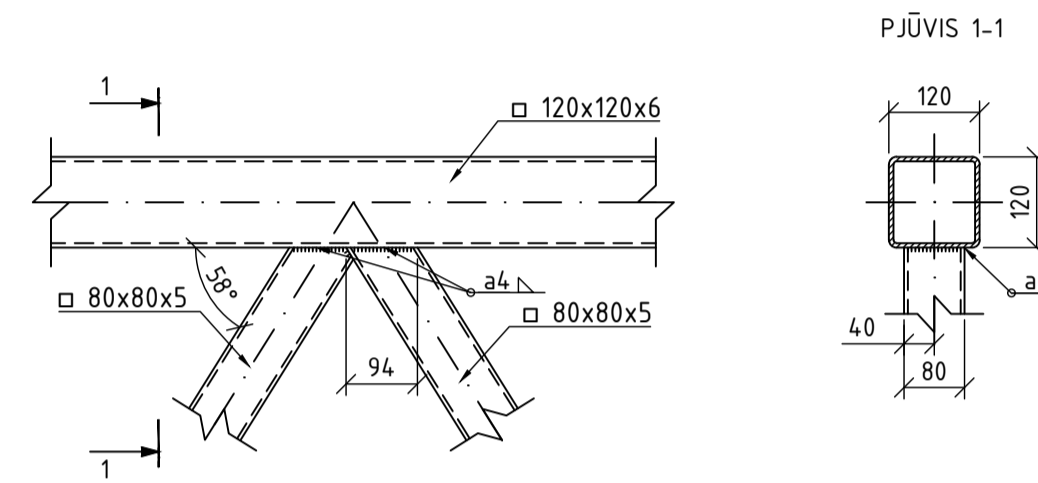
PLIENINĖS SANTVAROS SKAIČIOJAMOJI SCHEMA



AŠINIŲ JĖGŲ DIAGRAMA



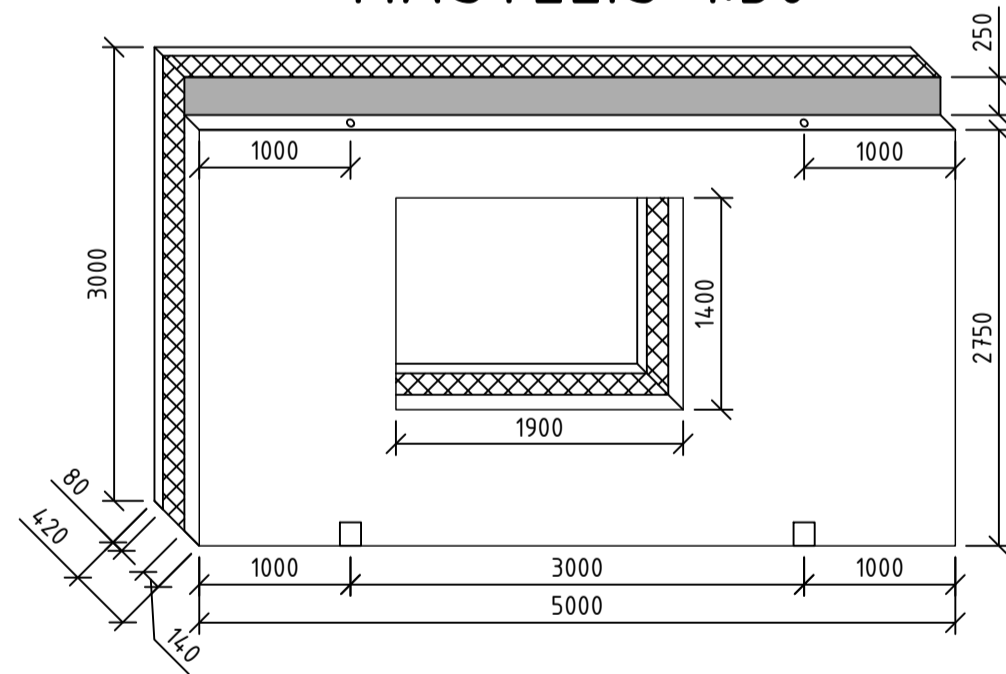
MAZGAS "A" MASTELIS 1:10



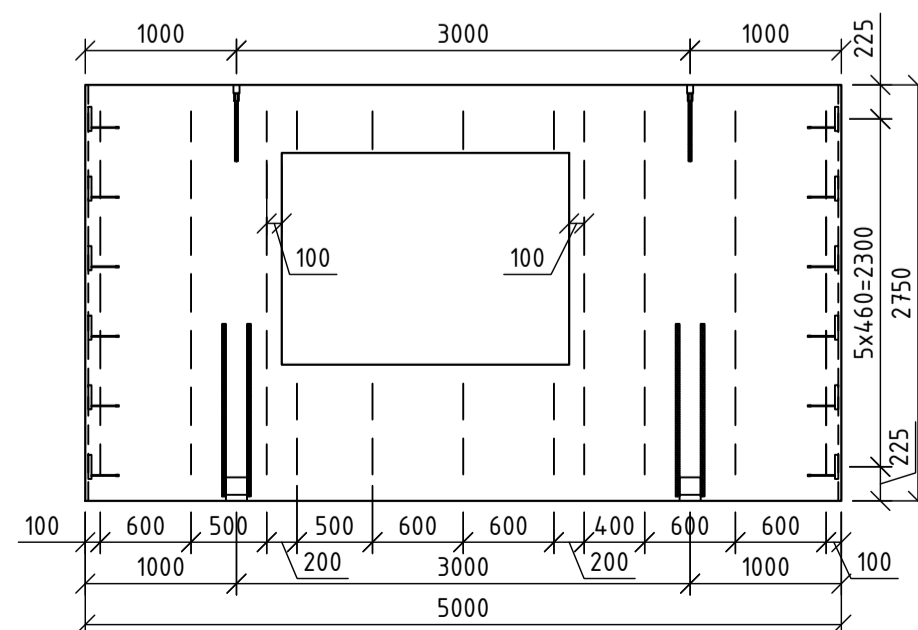
Santvaros SN-1 specifikacija

Pozicijos Nr.	Skerspjūvis / matmenys, mm	Kiekis, vnt.	Masė, kg		Klasė	Standartas / pastabos
			Vieneto	Viso		
Santvara SN-1						
1	SHS 120x120x6 L=24000	1	496.800	496.800	S355MH	LST EN 10219
2	SHS 120x120x4 L=18520	1	262.984	262.984	S355MH	LST EN 10219
3	SHS 80x80x5 L=2689	8	30.386	243.088	S355MH	LST EN 10219
4	SHS 80x80x3.2 L=2689	8	20.517	164.136	S355MH	LST EN 10219
			Suvirinimo siūlėms - 1%			
			Viso: 1178.678			

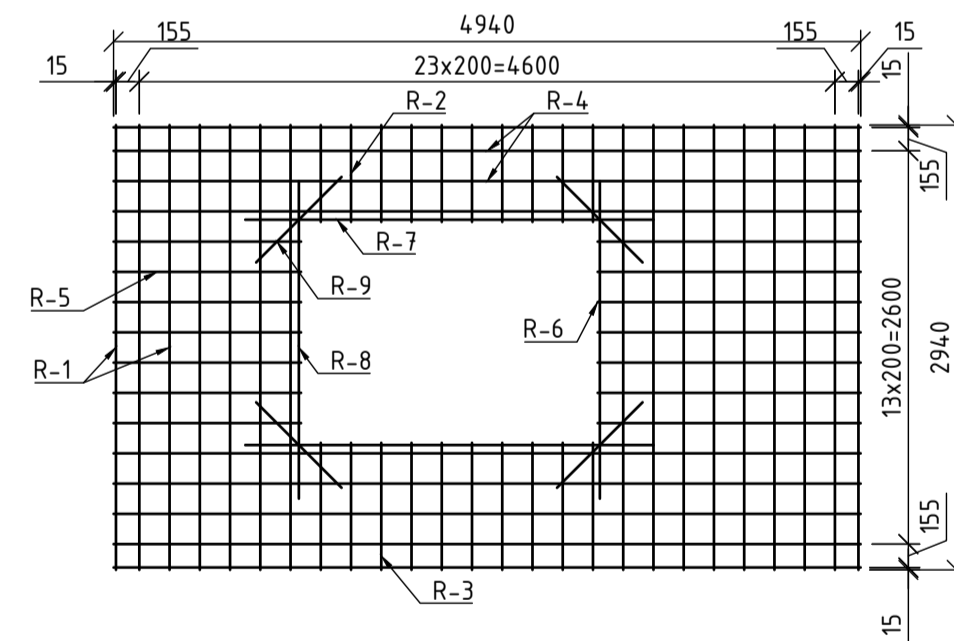
TRISLUOKSNĖ SIENINĖ PLOKŠTĖ TS-1 MASTELIS 1:50



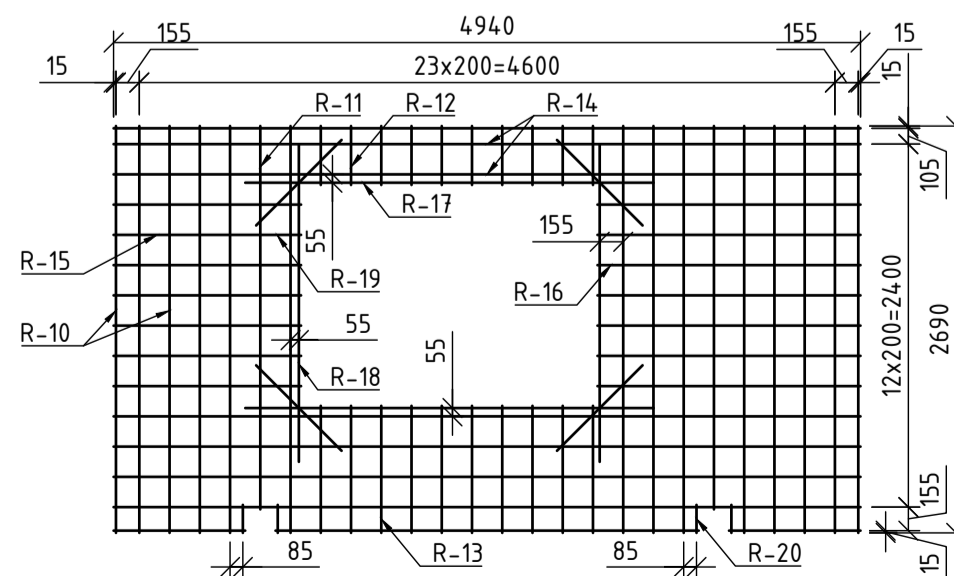
ĮDĖTINIŲ DETALIŲ SCHEMA MASTELIS 1:50



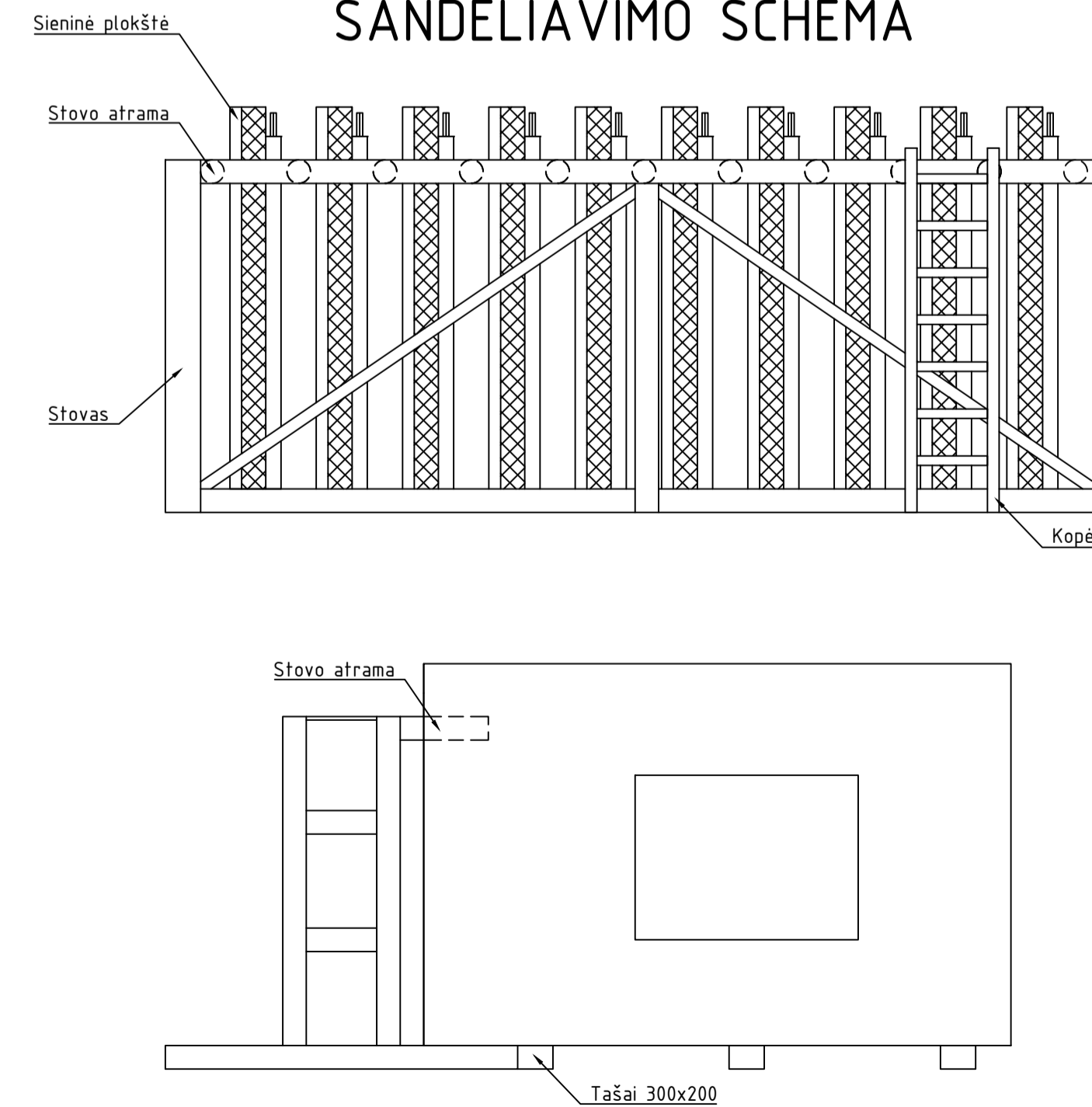
TINKLAS T-1 MASTELIS 1:50



TINKLAS T-2 MASTELIS 1:50



TRISLUOKSNIŲ SIENINIŲ PLOKŠČIŲ SANDĖLIAVIMO SCHEMA



Gaminio gamybos išlaidų suvestinė

Eil. Nr.	Pavadinimas	Matavimo vnt.	Gamybos kainos per metus			1 m³ gaminio	
			Kiekis	Vnt.kaina be PVM	Suma, EUR	Kiekis, 1 m³	Suma, EUR
1	Pagr.medžiagos		4	5	6	7	8
1	Cementas CEM I 42.5R	t	2405.817	107.44	2584.81	0.311	33.41
	Smelis 0/2 fr.	m³	5523.845	4.59	25354.45	0.713	3.27
	Žvirgždo skalda 4/16 fr.	m³	4236.151	19.36	82011.88	0.547	10.59
	Superplastifiklis	kg	11895.247	1.89	22482.02	1.536	2.9
	Armatūra	t	1361.407	552.68	752422.4	0.176	97.27
	Termoizoliacija	m²	39376.32	9.26	364624.7	5.084	47.08
	Iš viso:	-	-	-	1505376	-	-
2	Pagalbinės medž.	EUR	5% pagr.medž.	-	75268.82	-	9.73
3	Sandėliavimo išlaidos	EUR	8% pagr.medž.	-	120430.1	-	15.56
4	Kuras ir energija	kWh	339540.8	0.14	47535.71	4.384	6.14
	Elektra	kg	2881.14	1.67	4811.5	0.372	0.62
	Dujos	m³/kWh	4197.79	0.39	1637.14	0.542	0.21
	Vanduo	m³	495.68	1.21	599.77	0.064	0.08
5	Pagr.darbo užmokesis	EUR	-	-	11694.82	-	15.1
6	Papildomas darbo užmokesis	EUR	8% pagr.darb. užmok.	-	9355.85	-	1.21
7	Socialinis draudimas	EUR	31% viso darb. užmok.	-	36253.93	-	4.68
8	Įrengimų išlaikymo ir eksploatavimo išlaidos	EUR	20% pagr.medž.	-	301075.3	-	38.87
9	Įrengimų nusidėvėjimas	EUR	2% pagr.medž.	-	30107.53	-	3.89
10	1 m³ gaminio savikaina ceche(1-9)	EUR	-	-	2249400	-	290.61
11	Bendrosios gamyklos išlaidos	EUR	100% pagr.darb. užmok.	-	11694.82	-	15.1
12	Negamybinės išlaidos	EUR	10% 10p.	-	22494.0	-	29.04
13	1 m³ gaminio visa savikaina (10-12)	EUR	-	-	2591288	-	334.75
14	Gaminio savikaina gamybos ceche	EUR	13p. padauginus iš gam. tūrio	-	-	-	850.27
15	Pardavimo kaina	EUR	15% pelno	-	-	-	977.81
16	Pardavimo kaina su PVM	EUR	15p.+21% PVM	-	-	-	1183.15
17	1 m³ gaminio pardavimo kaina su PVM	EUR	16p. padalijus iš gam. tūrio	-	-	-	465.81

Gamybinės linijos techniniai-ekonominiai rodikliai

Eil. nr.	Rodiklio pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
1	Gamybinis plotas	m²	1796
2	Metinis imonės pajėgumas:		
	a) Produkcijos apimtį	m³, vnt.	7745; 3049
	b) Produkcijos apimtį	EUR	2591288
3	Pagrindinių dirbančių skaičius	žmonės	24(116-8)
4	Išdirbis:		
	a) Produkcijos apimtį	m³ žmogui	322.71
	b) Piniginė išraiška	EURai žmogui	107970.35
5	Gaminio savikaina:		
	a) Vieneto	vienetas, EUR	850.27
	b) Metinė	EUR	2592473.23
6	Pelnas:		
	a) Vieneto	EUR	127.54
	b) Metinis	EUR	388869.46
7	Gamybos rentabilumas	%	15

Sieninės plokštės SP-1 armatūros specifikacija

Pozicija	Pavadinimas	Žymėjimas	Kiekis, vnt.	Masė, kg		Pastabos
				Vieneto	Viso	
Armatūros tinklas T-1						
R-1	Ø10 S220, L=2940	LST EN ISO 15630-1	16	132.670	132.670	
R-2	Ø10 S220, L=640	LST EN ISO 15630-1	10	1.814	29.024	
R-3	Ø10 S220, L=840	LST EN ISO 15630-1	10	0.518	5.180	
R-4	Ø14 S400, L=4940	LST EN ISO 15630-1	9	5.977	53.793	
R-5	Ø14 S400, L=1240	LST EN ISO 15630-1	7	1.500	10.500	
R-6	Ø14 S400, L=1740	LST EN ISO 15630-1	7	2.105	14.735	
R-7	Ø14 S400, L=2700	LST EN ISO 15630-1	2	3.267	6.534	
R-8	Ø14 S400, L=2100	LST EN ISO 15630-1	2	2.541	5.082	
R-9	Ø14 S400, L=800	LST EN ISO 15630-1	4	0.968	3.872	
Armatūros tinklas T-2						
R-10	Ø10 S220, L=2690	LST EN ISO 15630-1	14	1.660	23.240	
R-11	Ø10 S220, L=2535	LST EN ISO 15630-1	2	1.564	3.128	
R-12	Ø10 S220, L=390	LST EN ISO 15630-1	10	0.241	2.410	
R-13	Ø10 S220, L=840	LST EN ISO 15630-1	10	0.518	5.180	
R-14	Ø14 S400, L=4940	LST EN ISO 15630-1	8	5.977	47.816	
R-15	Ø14 S400, L=1240	LST EN ISO 15630-1	7	1.500	10.500	
R-16	Ø14 S400, L=1740	LST EN ISO 15630-1	7	2.105	14.735	
R-17	Ø14 S400, L=2700	LST EN ISO 15630-1	2	3.267	6.534	
R-18	Ø14 S400, L=2100	LST EN ISO 15630-1	2	2.541	5.082	
R-19	Ø14 S400, L=800	LST EN ISO 15630-1	4	0.968	3.872	
R-20	Ø14 S400, L=185	LST EN ISO 15630-1	4	0.224	0.896	
Įdėtinės detalės			-	-	49.880	
				Viso:	429.336	

- Pastabos:
 1. Santvarai naudojami S355MH klasės plienas.
 2. Santvarų elementai vadinami pusiau automatinio būdu apsauginėse dujose, padėtis - žemutinė.
 3. Elektrodinė viela G38, d=2 pagal LST EN 440.
 4. Konstrukcijos elementai gruntuojami ir dažomi dviem sluoksniais.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-6/1	Studentas T. Ramanauskas	Gelžbetoninių trisluoksnių sieninių plokščių gamybos technologija
sk.	Vadovas A. Augonis Konsult. N. Adamukaitis	
Pr.etapas	Statybinių medžiagų katedra	Santvara SN-1; Gaminama sieninė plokštė TS-1; Gamybos išlaidų suvestinė; Linijos ekonominiai rodikliai
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-SM
		Lapas Lapų
		5 5