



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Rokas Lakštauskas

KOLONŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA, PANAUDOJANT SUSITANKINANTĮ BETONO
MIŠINĮ

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Žymantas Rudžionis

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Prof dr.

Vitoldas Vaitkevičius

**KOLONŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA, PANAUDOJANT
SUSITANKINANTĮ BETONO MIŠINĮ**

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (621J80001)

Vadovas

Prof.. dr. Žymantas Rudžionis

Recenzentas

Dr. Nerijus Adamukaitis

Projektą atliko

Rokas Lakštauskas

KAUNAS, 2016

PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO PATVIRTINIMAS

Patvirtinu, kad parengtas magistro baigiamasis darbas

Kolonų gamybos technologija, panaudojant susitankinantį betono mišinį

- atliktas savarankiškai ir nebuvo kaip visuma pateiktas jokiame dėstomajame dalyke atsiskaityti šiame ar ankstesniuose semestruose;
- nebuvo pateiktas atsiskaityti kitame KTU fakultete arba kitoje Lietuvos aukštojoje mokykloje;
- turi visas į baigiamojo darbo literatūros sąrašą įtrauktą informacijos šaltinių nuorodas.

(parašas)

Data

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ KATEDRA

Magistro baigiamasis darbas

KOLONŲ GAMYBOS TECHNOLOGIJA, PANAUDOJANT SUSITANKINANTĮ
BETONO MIŠINĮ

Rokas Lakštauskas

Surenkamųjų gelžbetoninių elementų panaudojimas statyboje tiek Lietuvos, tiek kitose Europos šalių rinkose turi tendencijas didėti ir kasmet augti. Surenkamos g/b kolonos gali būti geras sprendimas siekiant mažinti darbo sąnaudas statybos aikštelėje, tumpinant statybos trukmę, atliekant darbus žiemos sezonu esant minusinei oro temperatūrai. Darbe nagrinėjama stendinė kolonų gamybos technologija. Siekiant sumažinti gamybos kaštus kolonų gamybai pasiūlytas naudoti naujos kartos susitankinantis betonas. Tokio tipo betonas leidžia eliminuoti betono mišinio vibravimo (priverstinio tankinimo) poreikį gaminių gamybos metu bei užtikrina kokybišką gaminio paviršių. Tuo pačiu gamybos metu naudojant aukštakrosnių pelenus vykdomas gamtos resursų tausojimas vykdant Europos parlamento ir tarybos reglamante 305/2011 numatytą septintąjį esminį statinio reikalavimą "Tvarus gamtos išteklių naudojimas".

Tiriamajame darbe buvo nagrinėjama cheminių priedų ir aukštakrosnių pelenų įtaka susitankinančio betono kietėjimo trukmei ir jo mechaninėms savybėms. Aukštakrosnių pelenais buvo keičiama iki 10 % cemento masės, o cheminių priedų (greitiklių) įdedama iki 2 % nuo cemento masės. .

Baigiamajame darbe pristatomas gamyklos, kurioje gaminamos g/b kolonos projektas. Atlikti technologiniai, organizaciniai ir konstrukciniai skaičiavimai bei išanalizuota ir suprojektuota technologinė linija.

Reikšminiai žodžiai: surenkamos g/b kolonos, susitankinantis betonas, aukštakrosnių pelenai, mikroužpildas, antrinės žaliavos.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

DEPARTMENT OF BUILDING MATERIALS

Master final work

PRODUCTION TECHNOLOGY OF THE REINFORCED CONCRETE COLUMNS
FROM SELF-COMPACTING CONCRETE MIX

Rokas Lakštauskas

Precast concrete elements being more and more popular not only in local, Lithuanian market, but also in other European countries markets and demand for these products growth year by year. Precast concrete columns could be one of best solutions for construction work carried out in winter time, when air temperature drops below zero degrees. We have analyzed precast concrete column technology and its optimization in this work. To reduce production costs self-compacting concrete (SCC) is chosen for manufacturing of columns. This type of concrete eliminates vibration demand during manufacturing process and ensures quality surface of product. Fly ash usage replaces a small amount of cement. Also European Parliament and Council regulation 305/2011 and seventh essential building requirement „Sustainable use of natural resources“ is implemented in the case of waste reduction.

This type of concrete lets to eliminate demand for vibration in manufacturing and also ensures quality of casting surface due to small fraction of concrete and recycled concrete microfiller was used

In research work fly ash and chemical addimixtures influence for self compacting concrete hardening and mechanical properties was researched. Fly ash replaced up to 10 % of cement mass and chemical addimixtres was used up to 2 % from cement mass.

In final thesis, reinforced concrete columns factory project is presented. Technological, organisational and cstructural calculations were made and production line was analyzed and designed.

Keywords: reinforced concrete columns, self-compacting concrete, fly ash, microfiller, secondary raw materials, facing surface.

Turinys

Lentelių ir paveikslėlių sąrašas	8
Įvadas	11
1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos	13
1.1. Esminiai statinio reikalavimai	13
1.2. Leidimų statyti išdavimo tvarka	14
1.3. Techninės priežiūros tvarka.....	14
1.4. Statybos vadovo bei specialiųjų darbų vadovo veikla.....	15
1.5. Statinių pripažinimas tinkamais naudoti.....	15
2. Architektūrinė dalis	17
2.1. Architektūriniai sprendimai	17
2.2. Konstrukciniai sprendimai.....	17
2.3. Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas	18
3. Konstrukcinė dalis	22
3.1. Santvaros skaičiavimas	22
3.1.1. Apkrovos	25
3.2. Santvaros elementų skaičiavimas	29
3.3. Kolonos skaičiavimas	39
3.3.1. Bendrieji duomenys.....	41
3.3.2. Kolonos išilginės armatūros tikrinimas	44
3.3.3. Skerspjuvio laikomosios galios tikrinimas rėmo plokštumoje.....	44
3.4.2. Skersinės armatūros patikrinimas.....	50
3.4.3. Kolonos gembės skaičiavimas.....	51
3.4.4. Kolonos KL-1 konstravimas.....	54
3.5. Gamybos technologijos dalis	55
3.5.1. Gaminio charakteristika.....	55
3.6. Žaliavos.....	57
3.6.1. Priedai.	58
3.6.2. Priemaišos	59
3.6.3. Užmaišymas.	60
3.6.4. Transportavimas.....	60
3.6.5. Betono sudėties projektavimas.....	60
3.6.6. Gamybinių pajėgumų skaičiavimas	64

3.6.7.	Gelžbetoninių kolonų gamybos proceso technologijos aprašymas.....	66
4.	Technologinė ir organizacinė dalis.....	72
4.1.1.	Pagalbinių cechų ir gamybinių barų aprašymas	73
4.1.2.	Užpildų sandėliai.....	74
4.1.3.	Armatūros sandėlys.....	74
4.1.4.	Produkcijos sandėlys.....	75
4.1.5.	Betono mišinio paruošimo cechas.....	75
4.1.6.	Gamybos kokybės kontrolė.....	77
4.1.7.	Operacijų trukmių grafiko sudarymas	82
5.	Ekonominė dalis	83
5.1.	Gamybines linijos techniniai – ekonominiai rodikliai.....	88
6.	Darbo sauga ir aplinkos apsauga	90
6.1.	Potencialūs rizikos veiksniai skirtingų technologinių operacijų metu	91
6.2.	Priemonės galima rizikai išvengti.....	92
6.3.	Gaisrinė sauga.....	94
	Išvados	96
7.	Mokslinis tiriamasis darbas	97
7.1.1.	Literatūros apžvalga ir darbo uždaviniai.....	97
7.1.2.	Tyrimui naudotos medžiagos	102
7.1.3.	Cheminiai priedai	103
7.1.4.	Tyrimams naudotų metodų aprašymas.....	107
7.1.5.	Tyrimo rezultatai	113
7.2.	Išvados.....	117
	Literatūros sąrašas	118

Lentelių ir paveikslėlių sąrašas

Lentelių sąrašas:

- 1 lentelė. Stogo element apkrovos.
- 2 lentelė. Strypus veikiančios įrašos.
- 3 lentelė. Pagrindinės gaminio charakteristikos.
- 4 lentelė. Slankumo klasės.
- 5 lentelė. Stiprio gniuždant reikalavimai portlandcemenčiui [LST EN 197-1:2001/A3:2007].
- 6 lentelė. Naudojamų medžiagų kokybės įvertinimo koeficientų reikšmės.
- 7 lentelė. Oro kiekį betono mišinyje įvertinančio koeficiento K_o reikšmės.
- 8 lentelė. Vandens kiekis $1m^3$ betono V_o , l.
- 9 lentelė. Optimalios stambaus užpildo dalelių praskyrimo koeficiento \square reikšmės.
- 10 lentelė. Racionalaus stambaus užpildo dalelių praskyrimo koeficiento \square suinterpoliuotos reikšmės.
- 11 lentelė. $1m^3$ betono C 30/37 sudėtis
- 12 lentelė. Gamybiniai pajėgumai
- 13 lentelė. Žaliavų poreikis, įvertinat projektinius gamybinius pajėgumus
- 14 lentelė. Žaliavų sąnaudų poriekis, įvertinant metinius nuostolius
- 15 lentelė. Formos alyvos „FormWay 10“ charakteristikos
- 16 lentelė. Gamybos kokybės kontrolė
- 17 lentelė. Produktų privalomųjų rodiklių kontrolės periodiškumas
- 18 lentelė. Reikalavimai kietėjimo greitikliams (kai konsistencija ta pati) (LST EN 934-2)
- 19 lentelė. Reikalingas energijos kiekis $1m^3$ gaminio gamybai
- 20 lentelė. Gamyklos darbuotojų atlyginimai pagal kategorijas
- 21 lentelė. Kolonos K-1 gamybos kaštų suma
- 21 lentelės tęsinys
- 22 lentelė. Gamybinio cecho darbuotojų atlyginimai
- 23 lentelė. Administracijos darbuotojų atlyginimai
- 24 lentelė. Lokalinė sąmata Nr. 02. Lauko inžineriniai tinklai
- 25 lentelė. Lokalinė sąmata Nr. 03. Vidaus inžineriniai tinklai
- 26 lentelė. Objektinė sąmata
- 27 lentelė. Gamybinių patalpų bendrastatybinių darbų kaina
- 28 lentelė. Suvestinė sąmata
- 29 lentelė. Gamybinės linijos techniniai – ekonominiai rodikliai gaminant koloną K-1
- 30 lentelė. Reikalavimai kietėjimo greitikliams (kai konsistencija ta pati) (LST EN 934-2)
- 31 lentelė. Pelenų cheminė sudėtis
- 32 lentelė. Betono sudėtis.

Paveikslėlių sąrašas.

- 1 pav. Santvaros matmenys.
- 2 pav. Stogo perdanga.
- 3 pav. Santvaros schema.
- 4 pav. Viršutinės juostos mazgas
- 5 pav. Atramos mazgas
- 6 pav. Apatinės juostos mazgas.
- 7 Pav. Kranų slėgio į rėmą influentė ir jos apkrovimas: a) skaičiuojamoji schema; b) influenčių diagrama.
- 8 pav. Kolonos kranų apkrovimo ekscentricitetai.
- 9 pav. Kolonos efektyviojo ilgio koeficientai.
- 10 pav. Koloną KL-1 veikiančios įrašos
- 11 Pav. Apsauginiai betono sluoksniai.
- 12 pav. Gniuždomos kolonos skerspjūvis (vaizdas pasuktas) (a), skaičiuotinis įtempių pasiskirstymas, kai $x_{eff} < h$ (b), ir deformacijos skerspjūvyje (c).
- 13 pav. Koloną KL-1 veikiančios didžiausios skersinės įrašos.
- 14 pav. Kolonos gembės skaičiuojamoji schema.
- 15 pav. Kolonos KL-1 skerspjūvio (ne ties gembe) ir gembės (vaizdas iš priekio) armavimas.
- 16 pav. Gelžbetoninės kolonos erdvinis vaizdas.
- 17 pav. Betono mišinio C30/37 ruošimo schema.
- 18 pav. Gelžbetoninių kolonų standinio gamybos būdo technologinė schema .
- 19 pav. Cemento akmens išdžiovinimo įtaka stiprumui.
- 20 pav. Cemento akmens sudrėkinimo įtaka stiprumui.
- 21 pav. Kietėjimo temperatūros įtaka cemento akmens stiprumui.
- 22 pav. Cemento akmens stiprumo didėjimas šūtinant jį a) 60°C temperatūroje, b) 80°C temperatūroje, c) 100°C temperatūroje.
- 23 pav. Kalcio chlorido įtaka šilumos išsiskyrimui (egzotermijai) cemento hidratacijos metu.
- 24 pav. Kalcio chlorido priedo įtaka C3S hidratacijos laipsniui.
- 25 pav. Kalcio chlorido priedo įtaka cemento akmens mikrostruktūrai: a – be priedo; b – su kalcio chlorido priedu.
- 26 pav. Smulkaus (kairėje) ir stambaus (dešinėje) užpildų granulimetrinės sudėties kreivės
- 27 pav. Suminė smulkaus ir stambaus užpildo granulimetrinė kreivė.
- 28 pav. Viko prietaisas įsmigimui nustatyti. 1. plokštelė; 2. kūgiškas ebonito žiedas; 3. adata; 4. skridinėlis slankiklio masei koreguoti.
- 29 pav. Automatinis Viko prietaisas.
- 30 pav. a) Formos 4x4x16 cm bandiniams ruošti vaizdas, b) suformuotų bandinių nuotrauka.
- 31 pav. Stiprio gniuždant bandymams atlikti naudojamas Toni Technik presas.

- 32 pav. Stiprio gniuždant nustatymo schema. 1 – viršutinė preso plokštė, 2 – plokštelės, 3 – bandinio puselė, 4 – apatinė preso plokštė.
- 33 pav. Stiprio lenkiant bandymams atlikti naudojamas Toni Technik presas.
- 34 pav. Bandinio lenkimo apkrovos schema.
- 35 pav. Standartinis kūgis.
- 36 pav. SSB slankumo-tekėjimo bandymui atlikti reikalinga įranga.
- 37 pav. 10x10x10 cm forma bandiniams ruošti.
- 38 pav. Cemento tešlos rišimosi laiko nustatymo bandymo rezultatai.
- 39 pav. Prizmių gniuždymo stipris po paros kietėjimo.
- 40 pav. Prizmių lenkiamasis stipris po paros kietėjimo.
- 41 pav. Mišinio slankumas.
- 42 pav. Kubelių laikytų vandenyje 1 parą (mėlyna spalva) ir šutinimo kameroje (oranžinė sp.) gniuždomojo stiprio palyginimas.
- 43 pav. Kubelių laikytų 2 paras vandenyje gniuždomasis stipris.
- 44 pav. Kubelių kietėjusių vandenyje, stipris gniuždant po 28 parų.

Įvadas

Magistro baigiamajame darbe analizuojama kolonų gamybos technologija, gamybai naudojant susitankinantį betoną. Projektuojama gamykla, kurioje pritaikoma nagrinėjama technologinė linija. Gaminiai skirti gyvenamosios ir visuomeninės paskirties statiniams.

Užsienio statybinių gaminių ir konstrukcijų rinkose susitankinančio betono panaudojimas yra dažnas reiškinys. Lietuvoje ši betono rūšis taip pat populiarėja, todėl vis daugiau betono mišinių gamintojų ją sertifikuoja ir naudoja tiek statybos aikštelėje, tiek įmonėse – surenkamų gaminių gamyboje. Susitankinantis betonas patrauklus gamintojams dėl savo reologinių ir technologinių savybių, poreikio gaminio vibravimui eliminavimo ir itin gražaus gaminio apdailinio paviršiaus.

Gaminant betoninius gaminius, kurie naudojami kaip architektūriniai elementai, ypatingas dėmesys skiriamas jų paviršiaus kokybei. Įvairios konfigūracijos, faktūros bei itin mažo poringumo gaminių paviršius suformuojamas gamybos procese panaudojus susitankinančio betono mišinį.

Baigiamojo darbo užduotis – suprojektuoti, išanalizuoti ir optimizuoti gamyklos technologinę liniją, parinkti tinkamą medžiagų asortimentą gaminių gamybai, įvertinti gamybai būtinuosius kaštus bei projekto atsiperkamumą.

Darbo tikslas – sukurti kolonų gamyklos projektą, kuris būtų patrauklus technologiniu ir ekonominiu atžvilgiais. Optimizuoti gamybos procesą, siekiant tvaraus gamybos plėtojimo. Atlikti kolonų gamybos technologijos panaudojant susitankinančio betono analizę, pastato architektūrinę analizę, laisvai pasirinktos vienos iš konstrukcijų skaičiavimą, gamybos kaštų analizę, darbų saugos ir aplinkosaugos sąlygų analizę.

Darbo uždaviniai:

- Išnagrinėti ir įsigilinti į norminių teisės aktų, reglamentuojančių projektavimo ir statybos sąlygas, reikalavimus;
- Išnagrinėti statinio architektūrinius sprendinius;
- Apskaičiuoti projektuojamos gamyklos santvaros konstrukciją ir kolonos rėmą;
- Atlikti technologinius skaičiavimus, parinkti tinkamus įrenginius ir medžiagas projektuojant gamybos liniją;
- Įvertinti darbų saugos reikalavimus ir gamybos proceso poveikį aplinkai.
- Tiriamasis darbas

Darbas susideda iš septynių pagrindinių dalių:

Teisinė dalis

Aprašomi pagrindiniai statinio projektavimo, architektūros ir statybos norminių teisės aktų reikalavimai. Aprašomos statybos leidimo gavimo ir statybos užbaigimo procedūros, nurodoma reikalinga dokumentacija.

Architektūrinė dalis

Detalizuojami pastato architektūriniai, sklypo planiniai, konstrukciniai sprendimai, apskaičiuojama stogo atitvaros šiluminė varža.

Konstrukcinė dalis

Atliekami pastato santvaros ir kolonos rėmo skaičiavimai. Pateikiamos rėmui tenkančios apkrovos, matmenys.

Technologinė iš organizacinė dalis

Aprašoma kolonų technologinė linija, parenkami įrengimai, apskaičiuojama betono sudėtis, reikalingų medžiagų kiekiai, jų saugyklų tūriai, sandėliavimo aikštelės plotas ir gamybos kaštai gaminiui.

Ekonominė dalis

Pateikiama gamybos pastato statybos kaina sudariusi lokalinę sąmatą.

Darbo saugos ir aplinkos apsaugos dalis

Aprašomi bendrieji darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimai, profesinės rizikos veiksniai. Įvertinami gaisrinės saugos ir aplinkos apsaugos reikalavimai bei darbo sąlygos.

Grafinė dalis

Pateikiamas sklypo ir gamyklos planas, technologinė ir organizacinė dalys, gamyklos pjūviai, fasadai, operacijų trukmių grafikas, ciklograma, konstrukcinės dalies brėžiniai.

Tiriamasis darbas

Betono kietėjimo laikas trukmės tyrimai ir jos pagreitinimo būdai yra mano mokslinio tiriamojo darbo dalies pagrindinė temaesmė. Mano tyrimo šios darbo dalies tikslas sužinoti ištirti betono kietinamo šutinimo kameroje ir cheminių priedų (greitiklių) įtaką ankstyvajam betono stipriui.

1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos

1.1. Esminiai statinio reikalavimai

Visų Lietuvos Respublikoje statomų, rekonstruojamų ir remontuojamų statinių esminius reikalavimus, statybos techninio normavimo, statybinių tyrinėjimų, statinių projektavimo, naujų statinių statybos, rekonstravimo, remonto, jų pripažinimo tinkamais naudoti, nugriovimo bei visos šios veiklos priežiūros tvarką, statybos dalyvių, viešojo administravimo subjektų, inžinerinių tinklų bei susisiekimo komunikacijų savininkų (ar naudotojų), kitų juridinių ir fizinių asmenų veiklos šioje srityje principus nustato Lietuvos Respublikos Statybos įstatymas.

Statinys (ar jo dalis) turi būti suprojektuotas ir pastatytas iš tokių statybos produktų, kurių savybės per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo trukmę užtikrintų šiuos esminius statinio reikalavimus:

- mechaninio atsparumo ir pastovumo, pagal STR 2.01.01(1):2005 „Mechaninis patvarumas ir pastovumas“;
- gaisrinės saugos, pagal STR 2.01.01(2):1999 „Gaisrinė sauga“;
- higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos, pagal STR 2.01.01(3):1999 „Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“
- saugaus naudojimo, pagal STR 2.01.01(4):2008 „Naudojimo sauga“;
- apsaugos nuo triukšmo, STR 2.01.01(5):2008 „Apsauga nuo triukšmo“;
- energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo, STR 2.01.01(6):2008 „Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“.

Statinio architektūra turi būti tokia, kad:

- neprieštarautų statinio esminiems reikalavimams;
- statinys derėtų prie kraštovaizdžio;
- atitiktų savivaldybės administracijos direktoriaus (jo įgalioto savivaldybės administracijos valstybės tarnautojo) išduotame projektavimo sąlygų sąvade nustatytus architektūros ir statybos sklypo tvarkymo urbanistinius reikalavimus, normatyvinius statybos techninius ir normatyvinius statinio saugos ir paskirties dokumentus;
- atitiktų statinio paskirtį;
- neprieštarautų statinio inžinerinių sistemų ir technologinių inžinerinių sistemų reikalavimams.

1.2. Leidimų statyti išdavimo tvarka

Statybos leidimas išduodamas statytojui (užsakovui) arba statybos valdytojui, turinčiam statytojo įgaliojimus.

Teisę būti statytoju Lietuvos Respublikoje turi Lietuvos bei užsienio valstybių fiziniai ir juridiniai asmenys. Ši teisė įgyvendinama, kai:

- statytojas žemės sklypą valdo nuosavybės teise arba valdo ir naudoja kitais Lietuvos Respublikos įstatymų nustatytais pagrindais;
- statytojas turi nustatyta tvarka parengtą ir patvirtintą (kai tai privaloma) statinio projektą ar kultūros paveldo statinio tvarkomųjų statybos darbų projektą;
- statytojas turi nustatyta tvarka išduotą statybos leidimą.

Kad gautų statybos leidimą, statytojas turi pateikti savivaldybės merui arba administracijos subjektui nustatytos formos prašymą; žemės sklypo nuosavybės teisę ar kitą valdymo ir naudojimo teisę patvirtinančius dokumentus; statinio bendraturčių sutikimą; sutartį su gretimo žemės sklypo savininku dėl šio sklypo dalies laikino naudojimo statybos metu; statinio projektą; statinio projekto ekspertizės išvadas; statinio projekto patvirtinimo dokumentą; atsakingos institucijos sprendimą dėl planuojamos ūkinės veiklos pasirinktoje vietoje leistinumų poveikio aplinkai požiūriu; dokumentą dėl statinio statybos techninės priežiūros vadovo paskyrimo ir jo kvalifikacijos atestato kopiją; statinių kadastrinių matavimų bylą.

Savivaldybės administracijos subjektas, gavęs išvardytus dokumentus, juos perduoda nuolatinei statybos komisijai, kuri privalo patikrinti ir nustatyti, ar statyba atitinka teritorijų planavimo dokumentuose nustatytus statybos sklypo tvarkymo bei projektavimo sąlygų sąvado reikalavimus. Komisija protokolu informina statinio projekto patikrinimo rezultatus ir rekomenduoja savivaldybės merui arba administracijos subjektui išduoti arba neišduoti statybos leidimą.

Statybos leidimas galioja 10 metų. Leidimas statyti ir naudoti laikiną statinį galioja iki leidime nurodyto laiko, kuris nustatomas Nuolatinės statybos komisijos protokolu, atsižvelgiant į statinio paskirtį, ir įrašomas statybos leidime, tačiau jis negali būti ilgesnis kaip 3 metai.

1.3. Techninės priežiūros tvarka

Statinio statybos techninė priežiūra yra statytojo (užsakovo) organizuota statinio statybos priežiūra, kurios tikslas – kontroliuoti, ar statinys statomas pagal statinio projektą, statybos rangos sutarties (kai statyba vykdoma rangos būdu), įstatymų, kitų teisės aktų, normatyvinių statybos techninių dokumentų, normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų reikalavimus. Statinio statybos techninė priežiūra yra privaloma, išskyrus I grupės nesudėtingus statinius.

Techninę priežiūrą organizuoja statytojas (užsakovas). Statinio statybos techninis priežiūrėtojas turi šias teises:

- atstovauti (be papildomo įgaliojimo) statytojui (užsakovui) sprendžiant Techninės priežiūros klausimus su valstybės ir savivaldos institucijomis, juridiniais ir fiziniais asmenimis;
- reikalauti, kad rangovas pateiktų atliktų statybos ir montavimo darbų, panaudotų statybos produktų bei įrenginių kokybę patvirtinančius dokumentus; pašalinti statinio projekto, normatyvinių statybos techninių dokumentų ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų reikalavimų pažeidimus;
- sustabdyti statybos darbus, jei statinys ar statinio statybos darbai kelia pavojų žmonėms bei aplinkai.

1.4. Statybos vadovo bei specialiųjų darbų vadovo veikla

Statybos vadovas yra atestuotas specialistas, kuris paskirtas statytojo arba rangovo pats vienas vadovauja atliekant visus statytojo sumanyto statinio statybos darbus nuo leidimo statyti gavimo iki statinio atidavimo naudoti arba vadovauja specialiųjų darbų vadovų grupei, koordinuodamas visus statybos darbus; pasirašo statinio atidavimo naudoti dokumentus ir atsako už statinio kokybę. Statybos vadovui yra pavaldūs visi statybos darbuose dalyvaujantys specialiųjų statybos darbų vadovai, specialistai ir darbininkai. Statybos vadovo parašas statinio priėmimo naudoti akte reiškia patvirtinimą, kad statinys pastatytas pagal statytojo patvirtintą statinio projektą, nepažeidus įstatymų, kitų teisės aktų ir statybos techninių reglamentų, nustatančių statybos darbų reikalavimus.

Specialiųjų darbų vadovas yra atestuotas specialistas, kuris paskirtas samdytojo, vadovauja atliekant statinio specialiuosius darbus (pagal statytojo patvirtintą projektą): nuo leidimo statyti gavimo iki statinio atidavimo naudoti pasirašo statinio atidavimo naudoti dokumentus ir atsako už jo vadovautų statybos darbų kokybę. Specialiųjų darbų vadovo parašas statinio priėmimo akte reiškia patvirtinimą, kad statinys pastatytas pagal statytojo patvirtinto projekto sprendinius, susijusius su jo vadovaujamų specialiųjų darbų sritimi, nepažeidus įstatymų, kitų teisės aktų ir statybos techninių reglamentų, nustatančių statybos darbų reikalavimus.

1.5. Statinių pripažinimas tinkamais naudoti

Statinį galima naudoti tik pripažinus jį tinkamu naudoti. Statinio naudojimas, nepripažinus jo tinkamu naudoti, užtraukia atsakomybę numatytą Administracinių teisės pažeidimų kodekso 1892 straipsnyje.

Pastatytas, rekonstruotas ar kapitališkai suremontuotas statinys (jo dalis, kuri gali būti naudojama neatsižvelgiant į tai, ar likusių dalių statyba užbaigta) pripažįstamas tinkamu naudoti

atlikus statinio (jo dalies) projekte numatytus statybos darbus ir įvykdžius to statinio (jo dalies) projektavimo sąlygas, atlikus nutiestų inžinerinių tinklų ir susisiekimo komunikacijų (reikalingų pripažįstamam tinkamu naudoti statiniui ar jo daliai funkcionuoti) bandymus ir padarius geodezines nuotraukas. Statinio pripažinimas tinkamu naudoti yra nustatyta tvarka sudarytos komisijos atliekamas patikrinimas ir patvirtinimas, kad statinys pastatytas pagal privalomųjų statinio projekto rengimo dokumentų reikalavimus, pagal statinio projektą ir atitinka esminius statinio reikalavimus.

Pripažintas tinkamu naudoti statinys turi būti įstatymų ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka įregistruotas pagal nekilnojamojo turto registro įstatymo reikalavimus.

2. Architektūrinė dalis

2.1. Architektūriniai sprendimai

Projektuojamas sklypas yra pramoniniame rajone, šalia kitų pramoninių pastatų. Sklype numatomas vienas įvažiavimas ir išvažiavimas geresnei kontrolei užtikrinti su sargo būdele prie vartų. Pagrindinis pastato fasadas nukreiptas į šiaurės rytus. Sklypo šiaurės vakarų pusėje numatoma produkcijos sandėliavimo aikštelė ir administracinis pastatas. Prieš administracinį pastatą numatoma 18 vietų automobilių stovėjimo aikštelė, kurioje numatytos 2 vietos žmonėms su negalia. Šios vietos yra platesnės nei įprastos bei pažymėtos specialiu ženkliniu. Važiuojamoji sklypo dalis dengta asfaltu, šaligatviai ir praėjimai betoninėmis trinkelėmis, o likusi neužstatyta teritorija užsėta veja. Bendras visos gamyklos plotas sudaro 1048,76 m², gamyklos tūris 10256,4 m³. Gamyklos pastate numatomas kabinetas gamybos vadovui, betono mazgo operatoriui, sanitarinė patalpa su dušais, persirengimo zona bei atskira betono mazgo patalpa. Gamybos vadovo kabinetas sudaro 13,3 m², betono mazgo operatoriaus kabinetas 7,86 m², gamybos cechas 972,0 m², sanitarinė patalpa 15,3 m², o betono mazgas 40,3 m². Sanitarinėje patalpoje įrengtas klozetas su praustuvu bei dušai. Betono mazge sukoncentruota visa betono paruošimui reikalinga įranga. Gamybos cechas užima didžiausią gamyklos ploto dalį, kurioje išdėstyta reikalinga technologinė įranga gaminiui pagaminti.

2.2. Konstrukciniai sprendimai

Pamatai. Kolonos remiamos į surenkamus, gelžbetoninius pamatus. Pamato bloko matmenys – 750x750x900 mm, pado matmenys – 1050x1050x300 mm. Pamatas įgilintas 1,2 m žemiau grunto paviršiaus. Ant pamato pado montuojami atraminiai stulpeliai, ant kurių remiamos visą pastato perimetrą juosiančios pamatinės sijos FB6-2, kurios dengiamos hidroizoliacija ir remiamos sienų apatinės dalys. Laiptams paremti įrengiami 300x300 mm poliniai pamatai, kurie įgilinti 1,6 m.

Grindys. Grindys formuojamos iš 150 mm storio C25/30 stiprumo klasės betono, sustiprinamos armatūriniu tinklu S400 Ø8 150x150mm. Grindų deformacinės – sėdimo siūlės įrengiamos kas 6 m. Administracinėse patalpose ant betono sluoksnio klijuojamos keraminės plytelės. Po betono sluoksniu pastatas visu perimetru apšildomas 1000 mm pločio putų polistirenu.

Kolonos. Kolonos gelžbetoninės 400x400, su pokraninėm sijom, vientiso skerspjuvio. Žingsnis – 6m. Kolona prie pamato tvirtinama standžiai.

Santvaros. Vienaaukščiam tarpniui perdengti suprojektuota 18,0 m ilgio plieninė santvara su pažeminta apatine juosta iš stačiakampio bei kvadratinio profilio, S235 stiprumo klasės

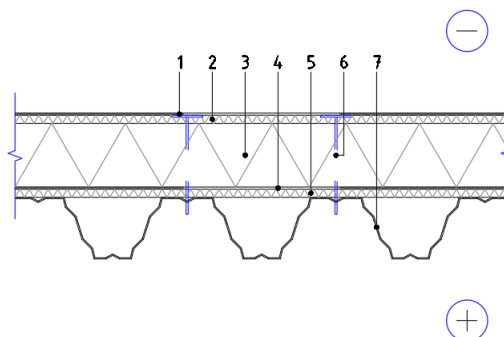
plieno, vamzdžių. Santvaros elementai jungiami tiesiai vienas į kitą suvirinant. Santvaros segmentai sujungiami flanšinėmis plokštelėmis. Santvaros viršutinės juostos nuolydžio kampas – $\alpha = 1,27^\circ$.

Sienos. Sienos yra montuojamos iš 250 mm storio daugiasluoksnių sieninių plokščių su akmens vatos plokštėmis.

Stogas. Stogas įrenginėjamas ant 130mm aukščio laikančiųjų profiliuotų lakštų, kurių paklotas remiamas ant santvaros viršutinės juostos ir metalinių sijų (IPE-330). Ant laikančiųjų profiliuotų lakštų, dedama plonas 20mm sluoksnis vatos („PAROC ROS 50“), ant kurios tiesiama garo izoliacija ir dedamas 160mm sluoksnis pusketės vatos (PAROC ROS 30“) ir vėl pasikartojamas 20mm vatos sluoksnis („PAROC ROB 60“), ant kurio prilydomi du hidroizoliacijos sluoksniai („MIDA TECHNOELA ST PV S5s“, „MIDA TECHNOELASTA ST PV S5b“).

2.3. Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

1	Hidroizoliacinė stogo danga
2	PAROC ROS 50 d=20mm
3	PAROC ROS 30, d=160mm
4	Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020 bas
5	PAROC ROB 60 d=20mm
6	Tvirtinimo elementas
7	Profiluotos skardos paklotas



1 pav. Stogo denginio konstrukcijos schema

Atitvarų visuminė šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama [21]:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (1)$$

čia: R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, šilumos srautas

juda vertikaliai, todėl $R_{si} = 0,1 \frac{m^2 \cdot K}{W}$;

R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$;

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, šilumos srautui judant visomis kryptimis $R_{se} = 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

Atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė šiluminė varža – R_s , $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama [21]:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q + R_u); \quad (2)$$

čia: R_1, R_2, \dots, R_n – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos;

R_g – oro tarpo šiluminė varža;

R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža;

R_u – nešildomos pastogės šiluminė varža.

Termiškai vienalyčio sluoksnio šiluminė varža R , $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama [21]:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}}; \quad (3)$$

čia: d – sluoksnio storis, m;

λ_{ds} – medžiagos sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, $\frac{W}{m \cdot K}$

Toliau pateikiamos 1 pav. pateiktos stogo denginio konstrukcijos sluoksnių šiluminės varžos skaičiavimas:

Prilydomos bituminės stogo dangos MIDA FIX TOP PV S5 šiluminės varžos skaičiavimas:

Hidroizoliacijos sluoksnis priimamas kaip plonas sluoksnis, glaudžiai prispaustas prie vieno iš atitvaros sluoksnio paviršiaus. Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_{q1} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (4)$$

Šiluminės izoliacijos PAROC ROS 50 20 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas:

Sluoksnio storis: $d_2 = 0,02m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_2} = 0,038 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv2} = \lambda_{D_2} \cdot K_{cv} = 0,038 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{W}{m \cdot K}; \quad (5)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K};$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_2} = \lambda_{D_2} + \Delta\lambda_{cv_2} + \Delta\lambda_w = 0,038 + 0,002 + 0,0019 = 0,0419 \frac{W}{m \cdot K}; \quad (6)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds_2}} = \frac{0,02}{0,0419} = 0,4773 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (7)$$

Šiluminės izoliacijos PAROC ROS 30 160 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas:

Sluoksnio storis: $d_3 = 0,16m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_3} = 0,036 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_3} = \lambda_{D_3} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0,05 = 0,0018 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (8)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_3} = \lambda_{D_3} + \Delta\lambda_{cv_3} + \Delta\lambda_w = 0,036 + 0,002 + 0,0018 = 0,0398 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (9)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds_3}} = \frac{0,16}{0,0398} = 4,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (10)$$

Garo izoliacijos, PAROC XMV strong 0,25 mm, šiluminės varžos skaičiavimas:

Garo izoliacijos sluoksnis priimamas kaip plonas sluoksnis, glaudžiai prispaustas prie dviejų atitvaros sluoksnio paviršių. Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_{q_4} = 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (11)$$

Šiluminės izoliacijos PAROC ROB 60 20 mm storio akmens vatos šiluminės varžos

skaičiavimas:

Sluoksnio storis: $d_5 = 0,02m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_5} = 0,038 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_5} = \lambda_{D_5} \cdot K_{cv} = 0,038 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (12)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_5} = \lambda_{D_5} + \Delta\lambda_{cv_5} + \Delta\lambda_w = 0,038 + 0,002 + 0,0019 = 0,0419 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (13)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds_5}} = \frac{0,02}{0,0419} = 0,4773 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (14)$$

Profiliuoto apkrovas laikančio skardos pakloto Ruukki T 120-68L-695 0,9mm

šiluminės varžos skaičiavimas:

Sluoksnio storis: $d_6 = 0,001m$.

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_6} = 50 \frac{W}{m \cdot K}$.

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds_6}} = \frac{0,0009}{50} = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (15)$$

Atitvaros visuminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_{q_1} + R_2 + R_3 + R_{q_4} + R_5 + R_6 + R_{se} = 0,04 + 0,02 + \\ + 0,4773 + 2,7638 + 0,04 + 0,4773 + 0,000018 = 5,07 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (16)$$

Šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas :

Šilumos perdavimo koeficiento pataisa $\Delta U_{fn}, \frac{W}{m^2 \cdot K}$ dėl papildomo šilumos nutekėjimo per metalines jungtis apskaičiuojama:

$$\Delta U_{fn} = \frac{\alpha \cdot \lambda_{fn} \cdot n_{fn} \cdot A_{fn}}{d_{fn}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 1,96 \cdot 10^{-5}}{0,16} = 0,0037 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (17)$$

čia: α – struktūrinis daugiklis;

λ_{fn} – metalinės jungties šilumos laidumo koeficientas, $W/(m \cdot K)$;

n_{fn} – jungčių skaičius viename m^2 ;

A_{fn} – vienos jungties skerspjūvio plotas, m^2 ;

d_{fn} – skaičiuojamasis jungties ilgis, prilygintas termoizoliacinio sluoksnio storiui, m.

Šilumos perdavimo koeficientas [21]:

$$U = \frac{1}{R_t} + \Delta U_{fn} = \frac{1}{3,8148418} + 0,0037 = 0,2655 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (18)$$

Pramonės pastato, stogo atitvaros, norminė šilumos perdavimo koeficiento U_N vertė [13]:

$$U_N = 0,25 \cdot \kappa = 0,25 \cdot 1,29 = 0,322 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (19)$$

čia: κ – temperatūros pataisa, $\kappa = \frac{20}{\theta_i - \theta_e} = \frac{20}{16 - 0,5} = 1,29$;

θ_i – patalpų vidaus oro temperatūra, $\theta_i = 16^\circ C$;

θ_e – šildymo sezono, Ukmergėje, vidutinė išorės oro temperatūra, $\theta_e = 0,5^\circ C$.

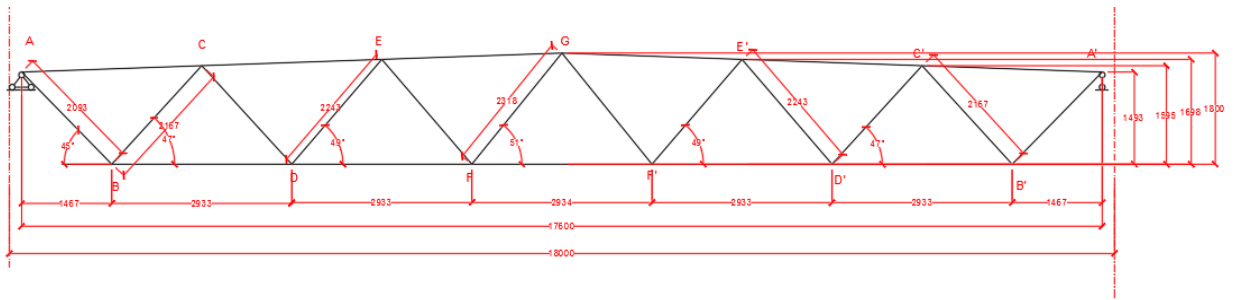
Suprojektuoto stogo denginio konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas yra pakankamas, nes $U = 0,2655 < U_N = 0,322 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

3. Konstrukcinė dalis

3.1. Santvaros skaičiavimas

Konstrukcijų išdėstymo schema ir santvaros geometrinių dydžių skaičiavimas

Projektuojamas pastato denginys panaudojant apkrovas laikančiuosius lakštus kaip ištisinį paklotą. Denginio laikantieji elementai iš pastato galų yra metalinės sijos SI – 3, o pastato viduje naudojamos SAN-17.6 santvaos, kurių tarpatramis yra 18 metrų. Atliekame trapecinės dvišlaitės santvaros SAN-17.6 skaičiavimus. Santvaros išdėstytos kas 6 metrus, elementų išdėstymo schema pateikta 1 pav.



1 pav. Santvaros matmenys.

Santvaros aukštis:

$$h = \frac{1}{10} * l; \quad (20)$$

$$h = \frac{1}{10} * 18 = 1,8m. \quad (21)$$

Statybinė pakyla:

$$h = \frac{1}{200} * l; \quad (22)$$

$$h = \frac{1}{200} * 24 = 0,12m. \quad (23)$$

Santvaros skaičiuojamasis ilgis:

$$l = l_{ašių} - \frac{b_{antk,1}}{2} - \frac{b_{antk,2}}{2}; \quad (24)$$

$$l = 18000 - \frac{400}{2} - \frac{400}{2} = 17600mm. \quad (25)$$

Viršutinės juostos nuolydis:

$$i = \frac{307}{8800} = 0,035; \quad (26)$$

$$\alpha = \arctg 0.035 = 2^\circ. \quad (27)$$

Viršutinės juostos pusės ilgis:

$$l_v = \sqrt{307^2 + 8800^2} = 8805mm. \quad (28)$$

Apatinės juostos panelių ilgiai:

$$BD = DF = FF' = F'D' = D'B' = \frac{l}{6} = \frac{17600}{6} = 2933,33mm; \quad (29)$$

$$\text{Kampas } \alpha_1 = \arctg \frac{1493}{1467} = 45,5^\circ; \quad (30)$$

Strypų AB ir A'B' ilgis:

$$AB = A'B' = \sqrt{1493^2 + 1467^2} = 2093\text{mm}; \quad (31)$$

Kampai α_2 ir α_3 ;

$$\alpha_2 = \alpha_3 = \arctg \frac{1595}{1467} = 47,4^\circ. \quad (32)$$

Strypų BC, CD, D'C', C'B' ilgis:

$$BC = CD = D'C' = C'B' = \sqrt{1595^2 + 1467^2} = 2167\text{mm}. \quad (33)$$

Kampai α_4 ir α_5 ;

$$\alpha_4 = \alpha_5 = \arctg \frac{1698}{1467} = 49,2^\circ. \quad (34)$$

Strypų DE, EF, F'E, E'D' ilgis:

$$DE = EF = F'E' = E'D' = \sqrt{1695^2 + 1467^2} = 2243\text{mm}. \quad (35)$$

Kampas α_6 :

$$\alpha_6 = \arctg \frac{1800}{1467} = 50,8^\circ. \quad (36)$$

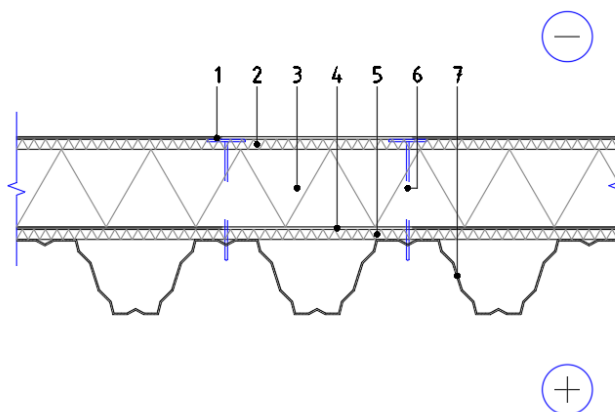
Strypų FG ir GF' ilgis:

$$FG = GF' = \sqrt{1800^2 + 1467^2} = 2322\text{mm}; \quad (37)$$

3.1.1. Apkrovos

Stogo konstrukcijai parenkama pagal šiluminius bei priešgaisrinius reikalavimus. Paklotas parenkamas pagal gamintojo pateiktas laikymo galios lenteles. Denginio konstrukcijos apkrovostenkančios į 1m^2 paskaičiuojamos pagal 2 pav. ir pateiktos 1 lentelėje.

1	Hidroizoliacinė stogo danga
2	PAROC ROS 50 d=20mm
3	PAROC ROS 30, d=160mm
4	Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020 bas
5	PAROC ROB 60 d=20mm
6	Tvirtinimo elementas
7	Profiliuotos skardos paklotas



2 pav. Stogo paklotas.

1 lentelė. Stogo elementų apkrovos.

Nr.	Stogo elementai ir jų masė	Norminė apkrova N/m ²	Patikimumo koeficientas, γ_g	Skaičiuojamoji apkrova, N/m ²
1.	Ruloninė prilydomoji bituminė stogo danga: MIDA TECHNOELA ST PV S5b (6.3 kg/m ²) MIDA TECHNOELA ST PV S5s (6.1 kg/m ²)	124	1,35	167,4
2.	Šilumos izoliacija: PAROC ROS 50 d=20mm (4kg/m ³) PAROC ROS 30 160mm (20,8kg/m ²) PAROC ROB 60 20mm (4kg/m ²)	288	1,35	388,8
3.	Garų izoliacija: Polietileno plėvelė 0,2mm (0.196kg/m ²)	1,96	1,35	2,65
4.	Apkrovą laikantis paklotas: Ruukki T130M-75L-930 (12,66kg/m ³)	126,6	1,35	170,91
	Iš viso	540,56		729,76

3.1.1.1. Sniego apkrova

Sniego apkrova į stogo horizontaliąją projekciją nustatoma pagal formulę:

$$s_n = \mu_i * C_e * C_t * s_k, \quad (38)$$

Čia: s_k – sniego dangos ant 1 m² horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė, imama pagal [1] 1 priedo 1 lentelę I sniego apkrovos rajonui $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$;

μ_i – togo sniego apkrovos formos koeficientas imamas pagal [10] 158–162 punktus, ties kraigu $\mu = 1$.

C_e – Atodangos koeficientas, kurio reikšmė paprastai imama 1,0;

C_t – terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos.

Terminis koeficientas turi būti panaudojamas, kai atsižvelgiama į dėl tirpimo sumažėjusią sniego

apkrovą ant stogo, turinčio didelį šiluminį laidumą ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$). Visais kitais atvejais $C_t = 1,0$.

Tuomet sniego apkrova į horizontaliąją projekciją pagal formulę:

$$s = 1 * 1 * 1 * 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}^2; \quad (39)$$

Skaičiuotinės sniego apkrovos nustatomos:

$$s = s_k * \gamma_Q, \quad (40)$$

Čia: γ_Q – dalinis patikimumo koeficientas priimamas 1,3.

$$s = 1,2 * 1,3 = 1,56 \text{ kN/m}^2. \quad (41)$$

Naudojimo apkrova

Projektuojamo pastato stogas pagal [7] 10.9 lentelę patenka į H kategoriją, neprieinami stogai, išskyrus normaliąją priežiūrą ir remontą. Pagal 144.4 punktą ir 10.10 lentelę naudojimo apkrovos: išskirstytoji $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$, koncentruotoji $Q_k = 1,1 \text{ kN}$. Atsižvelgiant į 131 punktą vienu metu nevertinamos sniego, naudojimo ir vėjo apkrovos, todėl įvertiname pavojingesnę sniego apkrovą.

Santvaros savojo svorio apkrova

Santvaros savojo svorį įvertinsime pasinaudoję programą ROBOT. Iš anksto užsiduodami stačiakampiai profiliai viršutiniai juostai, apatinei juostai ir santvaros tinkleliui. Programoje sukuriame 4 apkrovimus: q_1 -konstrukcijos savasis (santvaros) svoris, q_2 -denginio apkrova q_{deng} , q_3 -

sniego apkrova visame plotyje, q_4 -sniego apkrova pusėje santvaros. Kadangi vertinama ne tik atskirų apkrovų įtaka santaros vidiniams įtempimas sudaromi du apkrovimo deriniai saugumo ribiniams būviams:

$$D_1 = q_1 * 1,1 + q_2 * 1,35 + q_3 * 1,3; \quad (42)$$

$$D_2 = q_1 * 1,1 + q_2 * 1,35 + q_4 * 1,3; \quad (43)$$

Tame pačiame derinyje negali būti dviejų laikinųjų apkrovų. Paskaičiuotus derinių rezultatus pateikiame 2 lentelėje.

Paskaičiuotos apkrovos į horizontalųjį paviršių tolygiai pasiskirsto po visą nagrinėjamo denginio plotą. Norint paskaičiuoti santvaros mazgus veikiančias apkrovas paskaičiuojame apkrovas į tiesinį metrą:

Denginio apkrova:

$$q_{snieg} = g_{deng} * B = 0,7297 * 6 = 4,37kN/m. \quad (44)$$

Sniego apkrova:

$$q_{snieg} = S * B = 1,56 * 6 = 9,36kN/m. \quad (45)$$

Visos stogo konstrukcijos apkrova:

$$q_{deng} + q_{sant} = 13,74kN/m. \quad (46)$$

Kadangi programa pati įvertina savąjį santvaros svorį, dėl to vesdami duomenis į programą nuolatinę apkrovą įvertiname tik kaip denginio apkrovą.

Skaičiuojamos apkrovos į santvaros mazgus

Santvaros viršutinę juostą veikiančias išskirstytas apkrovas pakeičiame joms ekvivalentiškėmis centruotomis jėgomis veikiančias santvaros mazguose.

Nuolatinė apkrova:

$$F_1 = F_{13} = q_{konst} * \frac{AC}{2} = 4,37856 * 1,46675 = 6,42 kN; \quad (47)$$

$$F_3 = F_5 = F_9 = F_{11} = q_{konst} * \left(\frac{AC}{2} + \frac{CE}{2} \right) = 4,37856 * 2,93325 = 12,84 kN; \quad (48)$$

$$F_7 = q_{konst} * \left(\frac{EG}{2} + \frac{EG}{2} \right) = 4,37856 * 2,9335 = 12,85 kN. \quad (49)$$

Laikinoji apkrova visame ilgyje:

$$Q_1 = Q_{13} = q_{konst} * \frac{AC}{2} = 9,36 * 1,46675 = 13,73 kN; \quad (50)$$

$$Q_3 = Q_5 = Q_9 = Q_{11} = q_{konst} * \left(\frac{AC}{2} + \frac{CE}{2} \right) = 9,36 * 2,93325 = 27,46 kN; \quad (51)$$

$$Q_7 = q_{konst} * \left(\frac{EG}{2} + \frac{EG}{2} \right) = 9,36 * 2,9335 = 27,46 kN. \quad (52)$$

Laikinoji apkrova puse ilgio:

$$Q_1 = q_{konst} * \frac{AC}{2} = 9,36 * 1,46675 = 13,73 kN; \quad (53)$$

$$Q_3 = Q_5 = q_{konst} * \left(\frac{AC}{2} + \frac{CE}{2} \right) = 9,36 * 2,93325 = 27,46 \text{ kN}; \quad (54)$$

$$Q_7 = q_{konst} * \left(\frac{EG}{2} + \frac{EG}{2} \right) = 9,36 * 2,9335 = 27,46 \text{ kN}; \quad (55)$$

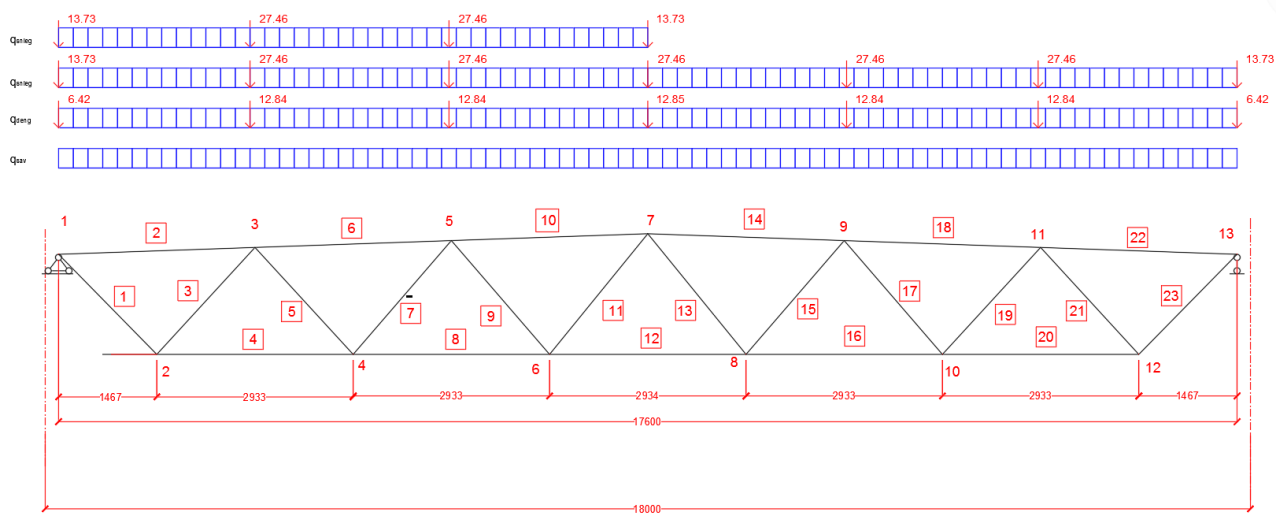
$$Q_9 = Q_{11} = Q_{13} = 0. \quad (56)$$

Sudarome skaičiuojamąją schemą

Atliekame santvaros skaičiavimus su programa. skaičiavimai atliekami pagal 3 pav.nurodyta schemą. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Strypus veikiančios įrašos.

Santvaros elementas	Elemento žymėjimas	Įrašos, veikiant denginio apkrovai (kN)	Įrašos, iš derinių D1 ir D2 (kN)		Skersinės įrašos	
			D1	D2	Tempimas	Gniuždymas
Viršutinė juosta	2	-30,5	-65,2	-45,6		-65,26
	6	-74,3	-159,0	-104,0		-159,09
	10	-91,5	-195,8	-109,4		-195,84
	14	-91,5	-195,8	-86,4		-195,84
	18	-74,3	-159,0	-55,0		-159,09
	22	-30,5	-65,2	-19,5		-65,26
Apatinė juosta	4	59,0	126,2	88,3	126,2	
	8	88,7	189,7	118,5	189,7	
	12	94,1	201,3	100,6	201,3	
	16	88,7	189,7	71,1	189,7	
	20	59,0	126,2	37,8	126,2	
Spyriai	1	43,5	93,0	65,1	93,0	
	3	-42,1	-90,1	-63,1		
	5	22,6	48,3	23,0	48,3	
	7	-21,9	-47,0	-22,3		
	9	4,27	9,14	-14,0	9,14	
	11	-4,17	-8,93	13,7		-8,93
	13	-4,17	-8,93	-22,6		-8,93
	15	4,27	9,14	23,2	9,14	
	17	-21,9	-47,0	-24,6		-47,0
	19	22,6	48,3	23,3	48,3	
	21	-42,1	-90,1	-21,0		-90,1
	23	43,5	93,0	27,9	93,0	



3 pav. Santvaros apkrovimo schema.

3.2. Santvaros elementų skaičiavimas

Santvaros elementams naudojamos keturkampio lygiašoniai uždaro skerspjūvio metalo profiliai. Profiliai tarpusavyje jungiami juos virinant be papildomų mazginių lakštų. Profilių paviršius nuvalomas, apdorojamas korozija stabdančiais preparatais, dažomi projekte numatyta spalva. Kadangi santvaros ilgis 17,5 metrų, santvara turės jungimą ties viduriu. Naudojamas plienas S235, plieno charakteristinis stipris pagal takumo ribą $f_y=235\text{MPa}$, o skaičiuotinis stipris:

$$f_{y,d} = f_y / f_M = 235 / 1,1 = 213,6 \text{ MPa.} \quad (57)$$

Viršutinės juostos skaičiavimas

Santvaros viršutinės juostos elementus veikia ašinė jėga ir vietinė apkrova. Viršutinė juosta apskaičiuojama, kaip centriškai gniuždomas strypas. Iš 2 lentelės matome, kad didžiausia gniuždymo įtempimą turi 10 ir 14 strypai $N_{Ed}=195,8483 \text{ kN}$, šio strypo ilgis $b_{\text{eff}}=2,9353 \text{ m}$. Pasirenkame profilį 80x80x6,3, kurio $A=1840\text{mm}^2$, $i=37,7\text{mm}$

$$\frac{N_{E,d}}{N_{C,Rd}} \leq 1.0 \quad (58)$$

Čia: $N_{C,Rd}$ – gniuždomo elemento pastovumo atsparis.

Gniuždomo elemento pastovumo atsparis skaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{C,Rd} = \varphi * A * f_{y,d} * \gamma_c, \quad (59)$$

Čia: φ – klupumo koeficientas,

$f_{y,d}$ – skaičiuotinas plieno stipris,

A – skerspjūvio plotas,

$\gamma_c = 0.95$, konstrukcinių elementų darbo sąlygų koeficientas.

Apskaičiuojame strypo liaunį:

$$\lambda_s = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} \quad (60)$$

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{29353}{37,7} = 77,86. \quad (61)$$

Tada:

$$\lambda_s = 77,86 * \sqrt{\frac{213,6}{2,1 * 10^5}} = 2,48 < 2,5 \quad (62)$$

Tuomet pagal [6] formulę:

$$\varphi = 1 - (0,073 - 5,53 * \sqrt{\frac{213,6}{2,1 * 10^5}}) * 2,48 * \sqrt{2,48} = 0,737. \quad (63)$$

Tuomet pagal formulę

$$N_{C,Rd} = 0,737 * 18,4 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 275,18 \text{ kN}; \quad (64)$$

$$\frac{195,8}{275,2} = 0,71 \leq 1,0 \quad (65)$$

Centriškai gniuždomos santvaros viršutinės juostos ribinis liaunis:

$$\lambda \leq \lambda_u \quad (66)$$

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 - 0,71 = 137,4; \quad (67)$$

$$\lambda = 77,86 < \lambda_u = 137,4. \quad (68)$$

Santvaros viršutinė juosta dirba su atsarga, strypo liaunis neviršija leistinojo. Viršutinės juostos skerspjūvis parinktas gerai.

Santvaros apatinės juostos skaičiavimas

Apatinė juosta skaičiuojama kaip centriškai tempiamas elementas. Didžiausia įrašą susidaro 12 strype $N_{Ed}=201,3733\text{kN}$, skaičiuotinis ilgis $l_{eff}=2,934\text{m}$.

Iš asortimento parenkame plieninį vamzdį $70 \times 70 \times 5$, kurio $A=1288\text{mm}^2$, $i=33,2\text{mm}$.

Strypas turi tenkinti sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (69)$$

Čia: $N_{pl,Rd}$ – tempiamo elemento atsparis.

Skerspjūvio stiprumo atsparis tempiant:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} * f_{y,d} * \gamma_c, \quad (70)$$

$$N_{pl,Rd} = 12,88 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 261,4 \text{ kN}. \quad (71)$$

Tikriname elementą pagal reikalavimą:

$$\frac{201,4}{261,4} = 0,77 < 1,0 \text{ sąlyga išlaikyta.} \quad (72)$$

Tikriname ar vamzdžio liaunis neviršija leidžiamųjų:

$$\lambda \leq \lambda_w \quad (73)$$

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2934}{33,2} = 88,37. \quad (74)$$

Pagal [5] 7.19 lentelę $\lambda_w = 400$

$$\lambda = 88,37 < 400 \quad (75)$$

Sąlyga išlaikyta, vamzdžiai išnaudojami ekonomiškai. Skerspjūvis parinktas gerai.

Santvaros spyrių skaičiavimas

Iš sudarytos 2 lentelės aiškiai matome, kad įrašos spyriuose pasiskirsčiusios labai nevienodai. Todėl išskiriame dvi spyrių grupes, siekdami sudaryti ekonomišką konstrukciją. Tai spyriai 1,3,21,23 ir 5,7,9,11,13,15,17,19,21. Spyriuose 1,3,21,23 didžiausia veikianti gniuždymo jėga veikia 3 ir 21 spyriuose $N_{Ed} = -90,1761 \text{ kN}$, šio strypo ilgis $l_{eff} = 2,1667 \text{ m}$. Iš asortimento pasirenkame vamzdį profilio 60x60x5, kurio $A=1017 \text{ mm}^2$, $i = 23,3 \text{ mm}$. Centriškai gniuždomi elementai turi tenkinti 2.9 sąlygą. Tuomet pagal 2.11 lygtį paskaičiuojame vamzdžio liaunį:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{21667}{23.3} = 92,99. \quad (76)$$

Tada:

$$\lambda_s = 92,99 * \sqrt{\frac{213,6}{2,1*10^5}} = 2,97 > 2,5 \quad (77)$$

Klupumo koeficientas pagal [6] 7.10 formulę:

$$\varphi = 1,47 - 13 \frac{f_{y,d}}{E} - \left(0,371 - 27,3 \frac{f_{y,d}}{E}\right) \lambda_s + \left(0,0275 - 5,53 \frac{f_{y,d}}{E}\right) \lambda_s^2 \quad (78)$$

$$\varphi = 1,47 - 13 \frac{213,6}{2,1*10^5} - \left(0,371 - 27,3 \frac{213,6}{2,1*10^5}\right) 2,97 + \left(0,0275 - ,53 \frac{213,6}{2,1*10^5}\right) 2,97^2 =$$

$$0,63. \quad (79)$$

Tada pagal formulę:

$$N_{C,Rd} = 0,63 * 10,17 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 130 \text{ kN}. \quad (80)$$

Tikriname sąlygą:

$$\frac{90,2}{130} = 0,67 \leq 1,0 \quad (81)$$

Sąlyga tenkinama, tikriname centriškai giunždomos santvaros spyrio ribinį liaunį:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 * 0,69 = 138,6 \quad (82)$$

$$\alpha = \frac{N_{E,d}}{N_{c,Rd}} = 0,69; \quad (83)$$

$$\lambda = 92,99 \leq \lambda_u = 138,6. \quad (84)$$

Santvaros spyrio liaunis neviršija leistinojo, atraminio spyrio skersmuo atlaiko gniūždymo įtempius, tikriname vamzdį tempimo įtempimams.

Tikriname strypą nr.1 arba nr.23, kurią veikia tempimo jėga $N_{Ed}=93,0645\text{kN}$, šio strypo ilgis $l_{eff}=2,0931\text{ m}$.

Skerspjūvio stiprumo atsparis pagal formulę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} * f_{y,d} * \gamma. \quad (85)$$

$$N_{pl,Rd} = 10,17 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 206,4 \text{ kN}. \quad (86)$$

Tikriname elementą pagal reikalavimą:

$$\frac{93,075}{206,4} = 0,45 < 1,0 \text{ sąlyga išlaikyta}. \quad (87)$$

Tikriname ar vamzdžio liaunis neviršija leidžiamųjų:

$$\lambda \leq \lambda_w \quad (88)$$

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2093}{23,3} = 89,8. \quad (89)$$

Pagal [6] 7.19 lentelę $\lambda_u = 400$

$$\lambda = 89,83 < \lambda_u = 400 \quad (90)$$

Santvaros spyrio liaunis nevirija ribinio liaunio. Santvaros strypų 1,3,21,23 skerspjūvis atlaiko veikiančius gniuždymo ir tempimo įtempius, skerspjūvis parinktas gerai.

Spyriuose 5,7,9,11,13,15,17,19,21 didžiausia veikianti gniuždymo jėga veikia spyryje 7 ar 17 strypas $N_{Ed}=47,0\text{kN}$, šio strypo ilgis $l_{eff}=2,24\text{m}$, didžiausia veikianti tempimo jėga spyryje 5 ar 19 strypas $N_{Ed}=48,3\text{kN}$, šio strypo ilgis $l_{eff}=2,16\text{m}$. Iš asortimento pasirenkame vamzdį $50 \times 50 \times 4$, kurio $A=719\text{mm}^2$, $i=18,6\text{mm}$. Centriškai gniuždomi elementai turi tenkinti sąlygą. Tuomet pagal lygtį paskaičiuojame vamzdžio liaunį:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2243,6}{18,6} = 120,6 \quad (91)$$

Tada

$$\lambda_s = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 120,6 \sqrt{\frac{213,6}{2,1 * 10^5}} = 3,85 > 2,5 \quad (92)$$

Klupumo koeficientas pagal [6] 7.10 formulę:

$$\varphi = 1,47 - 13 \frac{213,6}{2,1 * 10^5} - \left(0,371 - 27,3 \frac{213,6}{2,1 * 10^5}\right) 3,85 + \left(0,0275 - 5,53 \frac{213,6}{2,1 * 10^5}\right) 3,85^5 = 0,46 \quad (93)$$

Tada pagal formulę:

$$N_{C,Rd} = 0,46 * 7,19 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 67,11. \quad (94)$$

Tikriname sąlygą:

$$\frac{47,0}{67,1} = 0,7 < 1,0 \quad (95)$$

Sąlyga tenkinama, tikriname centriškai gniuždomos santvaros spyrio ribinį liaunį:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 * 0,7 = 138 \quad (96)$$

$$\alpha = \frac{N_{E,d}}{N_{c,Rd}} = 0,7 \quad (97)$$

$$\lambda = 120,6 < \lambda_u = 138 \quad (98)$$

Santvaros spyrio liaunis neviršija leistinojo, atraminio spyrio skersmuo atlaiko gniūždymo įtempius, tikriname vamzdį tempimo įtempimams. Tikriname strypą nr.5 arba nr.19, kuri veikia tempimo jėga $N_{Ed}=48,3kN$, šio strypo ilgis $l_{eff}=2,16m$.

Skerspjuvio stiprumo atsparis pagal formulę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} * f_{y,d} * \gamma \quad (99)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} * f_{y,d} * \gamma = 7,19 * 10^{-4} * 213,6 * 10^3 * 0,95 = 145,9 kN. \quad (100)$$

Tikriname elementą pagal reikalavimą:

$$\frac{48,3}{145,9} = 0,33 < 1, \text{ sąlygą išlaikyta.} \quad (101)$$

Tikriname ar vamzdžio liaunis neviršija leidžiamųjų:

$$\lambda \leq \lambda_u \quad (102)$$

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2166,7}{18,6} = 116,5 \quad (103)$$

$$\text{Pagal [6] 7.19 lentelę } \lambda_u = 400 \quad (104)$$

$$\lambda = 116,5 \leq \lambda_u = 400 \quad (105)$$

Santvaros spyrio liannis nevirija ribinio liaunio. Santvaros strypų 5,7,9,11,13,15,17,19 skerspjuvis atlaiko veikiančius gniūždymo ir tempimo įtempius, skerspjuvis parinktas gerai.

Santvaros mazgų projektavimas

Santvaros elementai tuščiaviduriai kertukampiai vamzdžiai. Jie tarpusavyje jungiami virinant be papildomų lakštinių mazgų. todėl pagal [5] VII skirsnį reikia patikrinti:

- Juostos sienutės, besiliečiančios su tinklelio elementu, atsparis praspaudimui, išplėsimui;
- Juostos šoninės sienutės (lygegriačios mazgo plokštumai) atsparis gniūždomojo elemento prijungimo vietoje;
- Tinklelio elemento atsparis jungimo prie juostos srityje;
- Virininių siūlų, jungiančių tinklelio elementą prie juostos, atsparis.

Tikriname juostos sienutės besiliečiančios su tinklelio elementais atsparį praspaudimui, atplėšimui pagal [6] 8 priedo 89 punktą. Kai pločių santykis $b_{juos}/b_{tin} \leq 0,9$ ir $g/c \leq 0,25$ tada tikrinama sąlyga:

$$|N_{1(2)}| + \frac{1,5|M_{1(2)}|}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b+g+\sqrt{2b_0a})}{(0,4+\frac{1,8g}{c_{1(2)}}) a \sin \theta_{1(2)}} \quad (106)$$

Čia: $N_{1(2)}$ – ašinė jėga prijungiamajame elemente;

$M_{1(2)}$ – lenkiamasis momentas elemente, kuris priimamas 0; γ_c – darbo sąlygų koeficientas, lygus 0,95;

γ_1 – įrašos ženklų prijungiamajame elemente įtakos koeficientas, 1.2 tempiamajam elementui ir 1.0 – kitais atvejais;

γ_0 – juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas, nustatomas pagal formulę.

N_{0j} – juostos ašinė jėga, veikianti tempiamojo tinklelio element pusėje;

A_0 – santvaros juostos skerspjūvio plotas;

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

t_0 – santvaros juostos sienutės storis;

$c_{1(2)}$ – prijungiamojo elemento ir juostos susikirtimo linijos ilgis juostos ašies kryptimi lygus $\frac{h_{1(2)}}{\sin \theta_{1(2)}}$;

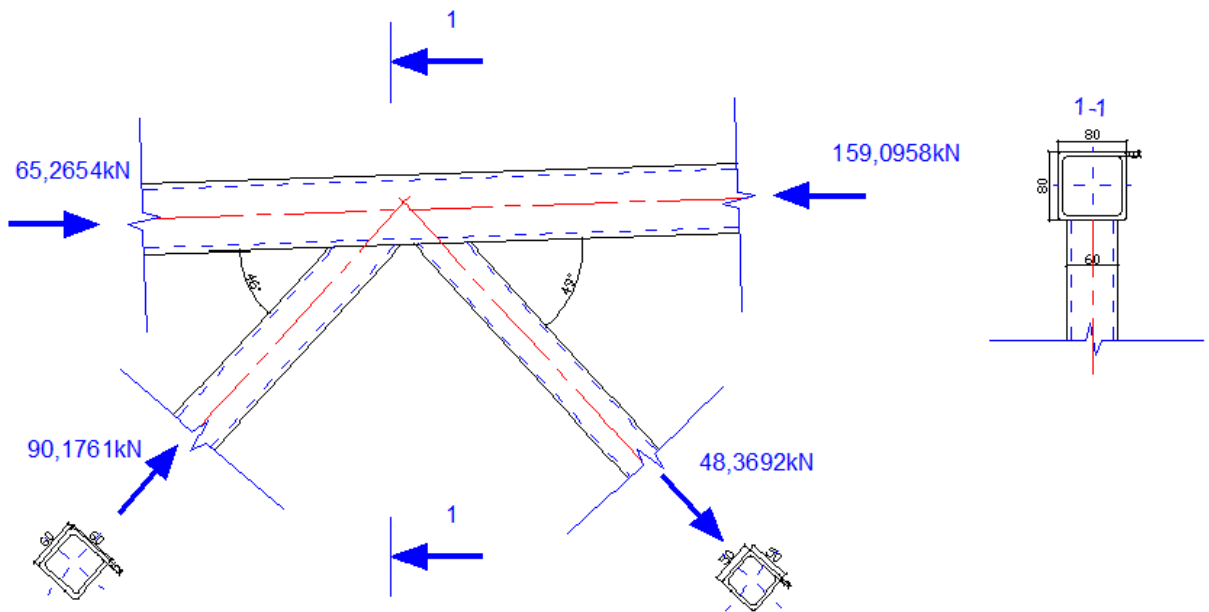
g - pusė atstumo tarp gretimų tinklelio elementų sienučių arba tarp spyrio ir atraminės briaunos;

$$a = (b_0 - b_{1(2)})/2 = 10mm; \quad (107)$$

$\theta_{1(2)}$ – tinklelio element prijungimo prie juostos kampas.

$$\gamma_0 = 1,5 - N_0/(A_0 f_{v,d}) \quad (108)$$

Tikriname mazgą C pagal sąlygą. Mazgo schema pateikta 4 paveiksle



4 pav. Viršutinės juostos mazgas

$$N_1 = 90.1761 \text{ kN}$$

$$N_2 = 48,3692 \text{ kN};$$

$$\gamma_{1,1} = 1,0;$$

$$\gamma_{1,2} = 1,2;$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm};$$

$$g = 5,0 \text{ mm};$$

$$c_1 = 89,7 \text{ mm};$$

$$c_2 = 81,2 \text{ mm};$$

$$N_0 = 65,3 \text{ kN};$$

$$N_0 = 159,1 \text{ kN};$$

$$A_0 = 1840,0 \text{ mm}^2;$$

$$f_{y,d} = 213,6 \text{ kN/m}^2;$$

$$\theta_1 = 46^\circ;$$

$$\theta_1 = 49^\circ;$$

$$\gamma_{0,1} = 1,5 - \frac{65,4}{18,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 213,6 \cdot 10^3 = 1,33 \quad (109)$$

$$\gamma_{0,2} = 1,5 - \frac{159,1}{18,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 213,6 \cdot 10^3 = 1,1 \quad (110)$$

Skaičiuojame juostos praspaudimą:

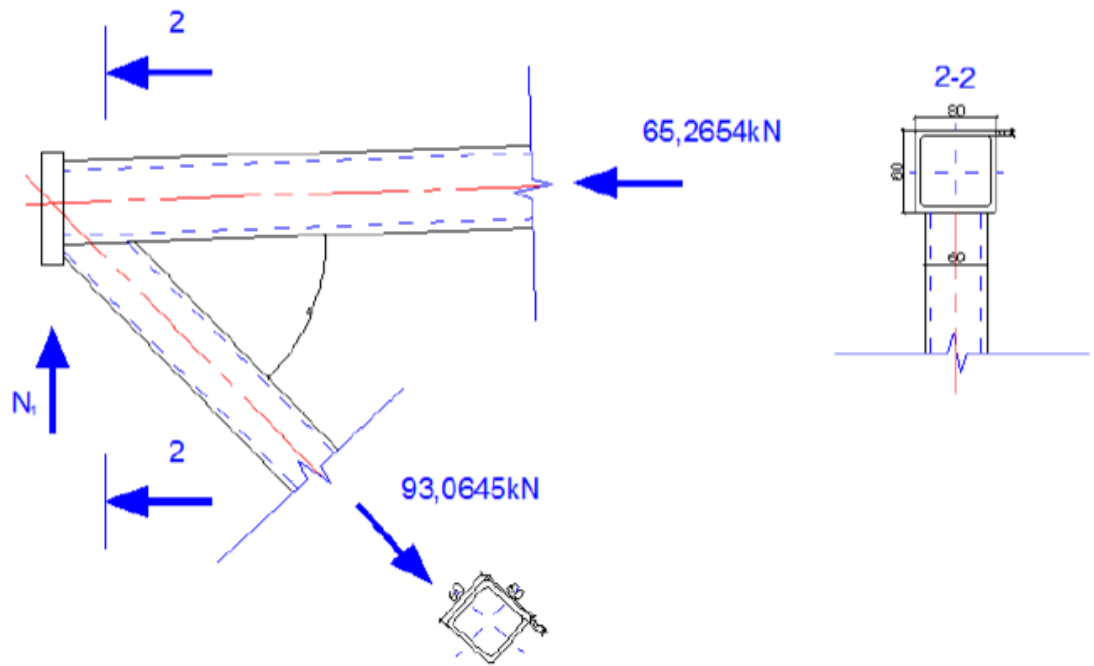
$$90,2 < \frac{0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,33 \cdot 213,6 \cdot 10^3 \cdot 0,0063^2 \cdot (0,06 + 0,005 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,01})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,005}{0,081}) \cdot 0,015 \sin 49} = 277,5 \quad (111)$$

Skaičiuojame juostos išplėšimą:

$$48,3692 < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,11 \cdot 213,6 \cdot 10^3 \cdot 0,0063^2 \cdot (0,06 + 0,005 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,005}{0,081}) \cdot 0,15 \sin 49} = 277,5 \quad (112)$$

Sąlygos išlaikytos, pasikeitus skerspjūviui jungties atsparis sumažėjo, tačiau jungties atsarga išlieka didelė. Tolimesnių vidurinių viršutinės juostos mazgų nebetikriname, nes įrašos mažesnės, o jungties pakitimai labai maži. Tikriname kitą mazgą.

Skaičiuojame mazgą A pagal sąlygą. Koeficientų, narių reikšmes randamos pagal pateiktą schemą 5 paveiksle:



5 pav. Atramos mazgas

$$N_2 = 93,0645 \text{ kN} \quad t_0 = 6,3 \text{ mm};$$

$$\gamma_1 = 1,2; \quad c = 93,3 \text{ mm};$$

$$N_0 = 65,2; \quad g = 5 \text{ mm};$$

$$A_0 = 1840 \text{ mm}^2; \quad \theta_1 = 47^\circ;$$

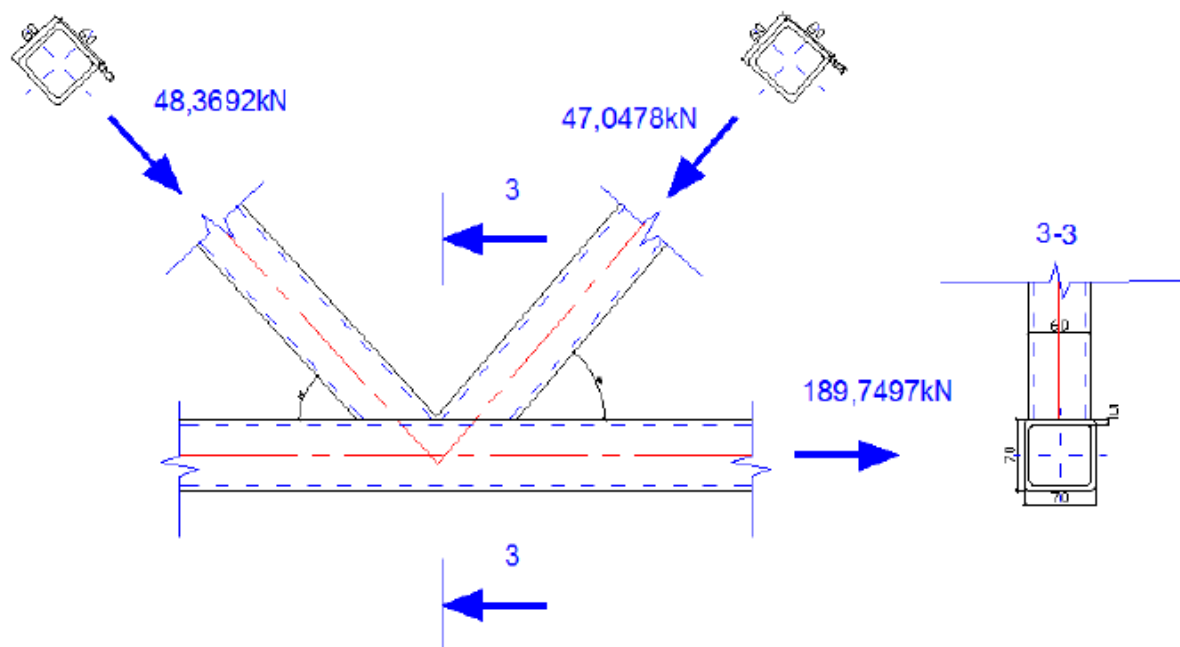
$$f_{y,d} = 213,6 \text{ kN/m}^2;$$

$$\gamma_0 = 1,5 - \frac{65,26}{184,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 213,6 \cdot 10^3 = 1,33 \quad (113)$$

$$93,0645 < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,33 \cdot 213,6 \cdot 10^3 \cdot 0,0063^2 \cdot (0,06 + 0,005 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,01})}{(0,4 \cdot 1,8 \cdot \frac{0,005}{0,0933}) \cdot 0,01 \sin 47} = 337,5 \quad (114)$$

Santvaros atramos mazgo atsparis ištraukimui pakankamas. Santvaros viršutinės juostos atsparis praspaudimui/išplėšimui pakankamas.

Tikriname mazgą D pagal sąlygą. Koeficientų, narių reikšmes randamos pagal pateikta schemą 7 paveiksle:



7 pav. Apatinės juostos mazgas.

$$N_1 = 48.3692 \text{ kN};$$

$$N_2 = 47,04 \text{ kN};$$

$$\gamma_{1,1} = 1,2;$$

$$\gamma_{1,2} = 1,0;$$

$$\theta_1 = 46^\circ;$$

$$\theta_2 = 49;$$

$$c_1 = 80,6 \text{ mm};$$

$$c_2 = 77,7 \text{ mm};$$

$$g = 5 \text{ mm};$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm};$$

$$N_0 = 189,74 \text{ kN};$$

$$A_0 = 1288 \text{ mm}^2;$$

$$f_{y,d} = 213,6 \text{ kN/m}^2;$$

$$\gamma_{0,1} = 1,0$$

$$\gamma_{0,2} = 1,5 - \frac{189,7497}{12,88 \cdot 10^{-4}} \cdot 213,6 \cdot 10^3 = 0,81 \quad (115)$$

Tikriname prapsaudimui:

$$189,74 < \frac{0,95 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 213,6 \cdot 10^3 \cdot 0,005^2 \cdot (0,06 + 0,001 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,005})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,001}{0,077}) \cdot 0,05 \sin 49} = 225 \quad (116)$$

Sąlyga tenkinama. Tikriname ištraukimui:

$$189,7 < \frac{0,95*1,2*1,0*213,6*10^3*0,005^2*(0,06+0,001+\sqrt{2*0,07*0,005})}{(0,4+1,8*\frac{0,001}{0,0806})*0,005\sin 46} = 353.3 \quad (117)$$

Sąlygos išlaikytos, juostų mazgų atspariai praspaudimui/išplėšimui pakankami.

Tikriname juostos šoninės sienutės gniuždymo atsparį. Tikrinsime plonesnės sienutės apatinę juosta mazge B. Kadangi $b_1/b_2=0,86$.

$$N_{Ed} \leq 2\gamma_t\gamma_c k f_{y,d} t_0 h_{1(2)} / \sin^2 \theta \quad (118)$$

Čia: γ_t – koeficientas, įvertinantis juostos plonasieniškumą, kai $\frac{h_0}{t_0} = 35 \geq 25$, tai γ_t imamas 0.8;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas, lygus 0.95;

k – koeficientas, atsižvelgiant į juostos plonasieniškumą ir skaičiuotinį plieno stiprį pagal takumo ribą $f_{y,d}$ imamas pagal [6] 8 priedo 91 punktu pateiktas tris sritis apibrėžiančias formules:

$$\text{Kai } \frac{h_0}{t_0} < 2,45 * 10^{-4} * f_{yd}^2 - 0.2 * f_{yd} - 0,2 * f_{yd} + 81.8; k = 1; \quad (119)$$

Tikriname sąlygą:

$$\frac{0,07}{0,005} = 14 < 2.45 * 10^{-4} * 213.6 - 0.2 * 213.6 + 81.8 = 50.25; k = 1; \quad (120)$$

Sąlyga tenkinama, juostos sienutės atsparis tinkamas.

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje turi būti tikrinamas pagal [6] 8 priedo 92 punktą.

Mazguose, nurodytuose 89 punkte, kai kampas tarp tinklelio ir juostos $\alpha = 40 - 50^\circ$ pagal formulę:

$$|N_{1(2)}| + \frac{0,5|M_{1(2)}|}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d,1(2)} A_{1(2)}}{1+0,013b_0/t_0} \quad (121)$$

Čia: k - nustatomas pagal 91 punkto reikalavimus, pakeičiant juostos charakteristikas tinklelio elementu charakteristikomis (b_0 – į didesnį iš $b_{1(2)}$ ir $h_{1(2)}$, t_0 į $t_{1(2)}$; $f_{y,d}$ į $f_{y,d,1(2)}$);

$f_{y,d,1(2)}$ – atitinkamo tinklelio elemento skaičiuotinis plieno stipris pagal takumo ribą;

$A_{1(2)}$ – atitinkamo tinklelio elemento skerspjūvio plotas;

$t_{1(2)}$ – atitinkamo tinklelio elemento sienutės storis;

pastaba: stačiakampio skerspjūvio tinklelio elementams dešinę formulės pusę reikia padauginti iš daugiklio $\frac{2}{3} (1 + \frac{1}{1 + \frac{b_{1(2)}}{h_{1(2)}}})$;

Skaičiuojame tinklelio elementų atsparį:

$$48,3692 \text{ kN} < \frac{0,9*0,8*1,0*213,6*10^3*10,17*10^{-4}}{1+0,013*\frac{0,06}{0,005}} * \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{1+\frac{0,06}{0,06}} \right) = 130.05 \text{ kN}. \quad (122)$$

Sąlyga tenkinama, tinklelio atsparis ties prijungimo vieta pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atsparis turi būti tikrinamas:

Parenkame elektrodus E35, kurio $f_{vw,u} = 440 \text{ N/mm}^2$.

mazguose, nurodytuose [6]8 priedo 89 punkte, kai kampas tarp tinklelio ir juostos $\alpha = 40 - 50^\circ$ pagal formulę:

$$\left(|N_{1(2)}| + \frac{0.5|M_{1(2)}|}{h_{1(2)}} \right) \frac{0.75 + \frac{0.01b_0}{t_0}}{\beta_{wf} k_f \left(\frac{2h_{1(2)}}{\sin\theta_{1(2)} + b_{1(2)}} \right)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (123)$$

Čia: β_{wf} – koeficientas įvertinantis suvirinimo būdą, siūlės padėti, ir siūlių statinius, imama 0,7;

k_f – siūlės statinis ne didesni nei 1,2 t, kur t – ploniausio iš jungiamųjų elementų storis, t=5mm;

$f_{vw,f,d}$ – imami pagal Reglamento XVII skirsnį; Tikriname mazgą B:

$$48,3692 \frac{0,75+0,01*\frac{0,07}{0,005}}{0,7*0,005\left(2*\frac{0,06}{\sin 46}+0,06\right)} = 53.81 \leq 0.55 \frac{440}{1.25} = 193.6. \quad (124)$$

Tikriname mazgą C:

$$48,3692 \frac{0,75+0,01*\frac{0,08}{0,0063}}{0,7*0,005\left(2*\frac{0,06}{\sin 49}+0,06\right)} = 56.64 \leq 0.55 \frac{440}{1.25} = 193.6. \quad (125)$$

Atsparis pakankamas. Santvaros vamzdžiai ir jungtys atlaiko veikiančias įrašas parenkame tokius vamzdžius:

Viršutinė juosta: 80x80x6,3; Apatinė juosta: 70x70x5; Spyriai 1,3,21,23: 60x60x5; Spyriai 5,7,9,11,13,15,17,19,21: 50x50x4.

3.3. Kolonos skaičiavimas

Krano apkrova

Projektuojamam pastatui numatomas tiltinis atraminis dvisijinis kranas (be kranų tiltų) ZLK 10tx18,5 m. Kranas daro režimas pagal Reglamento [2] 5 priedo 1 lentelę 3K, t.y., lengvo darbo režimo kranas. Kranas keliamoji galia $Q = 5t = 49,05 \text{ kN}$, kranas masė $G = 9,45 t = 92,70 \text{ kN}$, vežimėlio masė $Gv = 0,775 t = 7,60 \text{ kN}$, vieno rato didžiausi norminiai slėgiai į bėgį $F_{max,n} = 47.6 \text{ kN}$ (čia dydžiai G , Gv , F_{max} randami pagal kranų standartus arba gamintojo nurodymus.

Kranas remiamas ant bėgio kurios tiesinio metro svoris $g_b = 46.1 \frac{\text{kb}}{\text{m}} = 0.452 \text{ kN/m}$.

Skaičiuojamasis didžiausias vertikalus kranų slėgis:

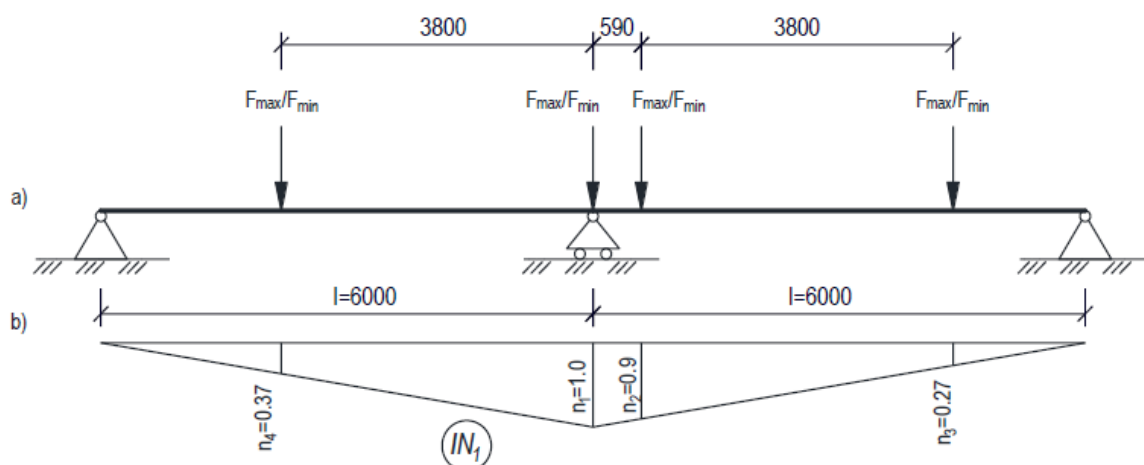
$$F_{max} = F_{max,n} * \gamma_{G,sup} * \gamma_{f1} * \psi = 47.6 * 1.1 * 1.1 * 0.85 = 48.96 \text{ kN}. \quad (126)$$

Čia: $\gamma_{G,sup}$ – dalinis patikimumo koeficientas nuolatiniams kranų poveikiams, randamas pagal Reglamento [2] 13.1 lentelę P/T situaciją 1,1;

γ_{f1} – dalinis patikimumo koeficientas įvertinantis vietinį ir dinaminį kranų vieno rato sutelktosios vertikaliosios apkrovos poveikį. Randamas pagal Reglamento [2] 228 punktą, kai naudojami 1K-6K kranai $\gamma_{f1} = 1,10$;

ψ – kranų derinio koeficientas, randamas pagal Reglamento [2] 232 punktą, kai kranų darbo režimas 3K tai 0,85.

Apkrovą patogiau apskaičiuoti naudojantis inliuentėmis:



7 pav. Kranų slėgio į rėmą inliuentė ir jos apkrovimas: a) skaičiuojamoji schema; b) inliuentių diagrama.

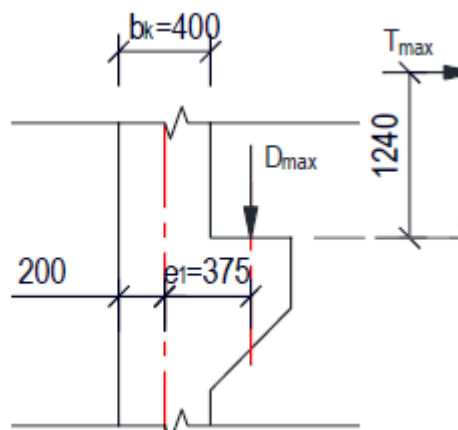
Maksimalus kranų slėgis į rėmą:

$$D_{max} = F_{max} \sum \eta = 48,9 * (1,0 + 0,9 + 0,27 + 0,37) = 124,3 \text{ kN}. \quad (127)$$

F_{max} yra apskaičiuotas toje kranų pusėje, kur yra kranų vežimėlis su krūviu. Tuo pačiu metu kitoje kranų pusėje rato slėgis yra F_{min} .

$$F_{min} = \left(\frac{Q+G}{n_0} - F_{max,n} \right) * \gamma_{G,sup} * \gamma_{f1} * \psi = \left(\frac{49,05+92,70}{2} - 47,60 \right) * 1,1 * 1,1 * 0,85 = 23,94 \text{ kN} \quad (128)$$

$$D_{min} = F_{min} \sum \eta = 23,94 * (1,0 + 0,9 + 0,27 + 0,37) = 60,81 \text{ kN}. \quad (129)$$



8 pav. Kolonos kranų apkrovimo ekscentricitetai

Kranai koloną apkrauna necentriškai. Necentrinio kranų slėgio momentai:

$$M_{max} = D_{max} * e_1 = 124,36 * 0,375 = 46,64 \text{ kNm}; \quad (130)$$

$$M_{min} = D_{min} * e_1 = 60,81 * 0,375 = 22,8 \text{ kNm}. \quad (131)$$

Vieno kranio horizontalus slėgis apskaičiuojamas:

$$T_1 = \frac{Q+G_v}{20*n_0} * n * \gamma_{G,sup} * \gamma_{f2} * \psi = \frac{49,05+7,60}{20*2} * 1,10 * 1,0 * 0,85 = 1,32 \text{ kN}. \quad (132)$$

Čia: γ_{f2} – dalinis patikimumo koeficientas naudojamas įvertinti kranio kelio sijų stiprį ir pastovumą, bei kranų tvirtinimą prie pastato laikančių konstrukcijų. Randamas pagal Reglamento [2] 229 punktą, kai kolonų žingsnis ne didesnis nei 12 m ir kranio darbo režimas 3K – tai $\gamma_{f2} = 1,0$.

n_0 – kranio ratų skaičius ant vienos pokraninės sijos, šiuo atveju $n_0 = 2 \text{ vnt}$.

Dviejų ratų horizontalus slėgis į rėmą apskaičiuojamas naudojantis 3.5 pav. parodyta influente

$$T_{max} = T_1 * \sum \eta = 1,32 * (1,0 + 0,9 + 0,27 + 0,37) = 3,35 \text{ kN}. \quad (133)$$

$$\text{Jėgos atstumas nuo rėmo grindų lygio } (4,70 + 0,2) + 1,24 = 6,14 \text{ m}. \quad (134)$$

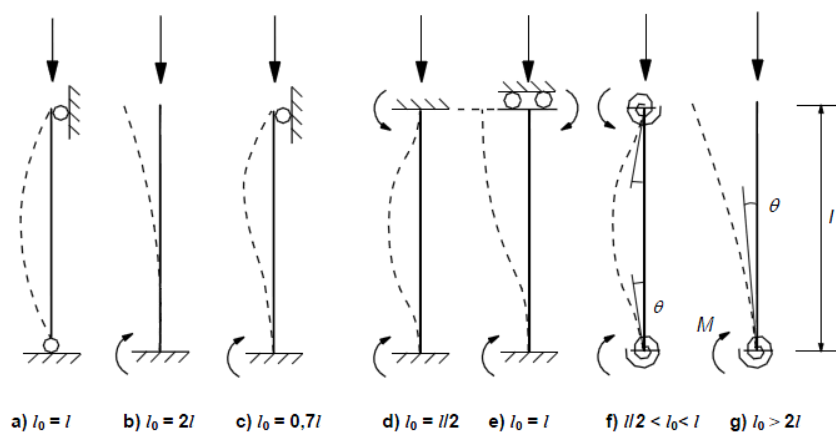
3.3.1. Bendrieji duomenys

Skaičiavimus atliksime pagal EC [20]. Projektuojama surenkama gelžbetoninė kolona su gembe, kurios matmenys 400x400 mm. Kolona projektuojama vientisa, vienos dalies.

Projektuojant kraštines kolonas rekomenduojama, kad jų liaunis būtų mažesnis už 120 (statmena rėmo plokštumai linkme) bei 85-100 (rėmo plokštumoje) [16].

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{\frac{b*h^2}{12}}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{40*40^2}{12}}{40*40}} = 11,55 \text{ cm}. \quad (135)$$

Skaičiuojamasis kolonos ilgis nustatomas pagal EC2 [20] 5.8.3.2 skyrių



9 pav. Kolonos efektyviojo ilgio koeficientai.

Kolonos efektyvusis ilgis – tai atstumas tarp išilginės strypo ašies lūžio taškų. Projektuojamas pastatas rėmo plokštumoje neturi ryšių, o atsižvelgiant į pastato kolonų viršutinės dalies poslinkį tik horizontalia linkme ir standžius kolonų įtvirtinimus pamatuose, galime teigti, kad pastatas, prarasdamas pastovumą, nuvirs į vieną pusę (angl. „sidesway structure“) [16].

Įvertinę 3.20 pav. pateiktas schemas, skaičiuojamasis kolonos ilgis rėmo plokštumoje ir iš rėmo plokštumos, kurioje numatyti ryšiai:

$$l_0 = \mu_k * l = 1,0 * 8,14 = 8,14 \text{ m}; \quad (136)$$

$$l_{0,z} = \mu_k * l = 0,7 * 8,14 = 5,70 \text{ m}. \quad (137)$$

Tuomet kolonos liauniai:

$$\lambda_y = \frac{l_0}{i_y} = \frac{814}{11,55} = 70,48 \leq 120. \quad (138)$$

$$\lambda_y = \frac{l_{0mz}}{i_z} = \frac{570}{11,55} = 49,35 \leq 85. \quad (139)$$

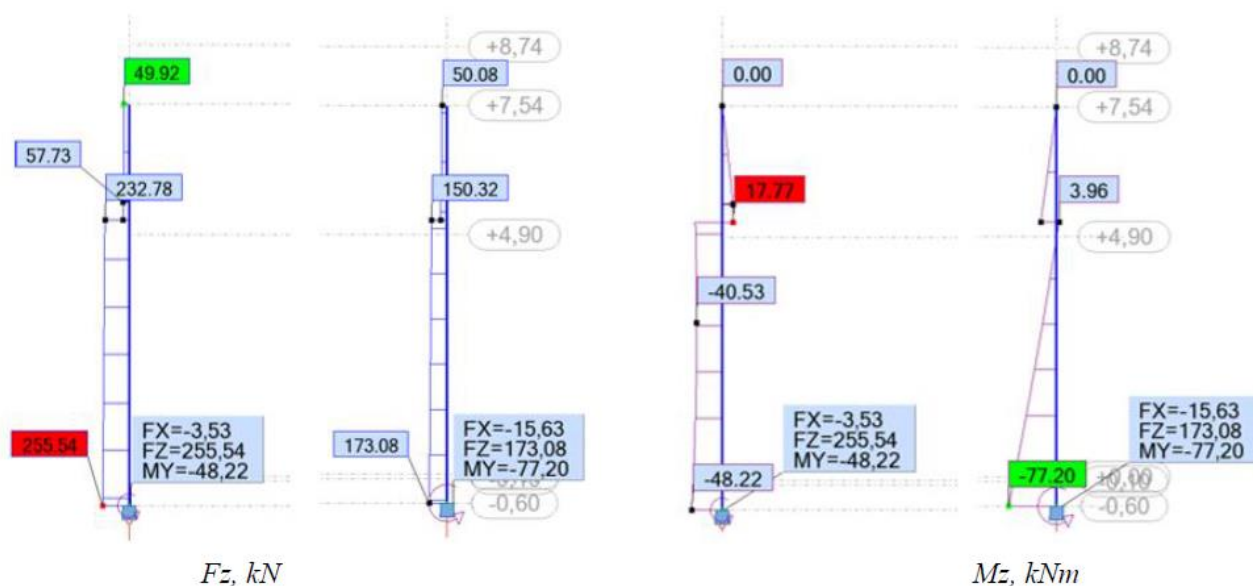
Kolona su pamatu sujungiama standžiai, t.y. stipriaisiais įtemptais varžtais ir užbetonuojama (kolonos ilgis skaičiuojamas nuo pamato viršaus). Viršuje ant kolonos montuojamos santvaros (santvaros išdėstytos kas 6 m).

Pastato naudojimo trukmė ~50 metų. Konstrukcijos klasė pagal EC2 [20] 4.4N lentelę – S4. Betono klasė surenkamai kolonai – C30/37. Betono C30/37 pagrindiniai mechaniniai ir fiziniai rodikliai: charakteristinis gniuždomasis stipris $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, charakteristinis tempiamasis stipris $f_{ctk,0.05} = 2,0 \text{ MPa}$, skaičiuotinis gniuždomasis stipris $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 * \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa}$, skaičiuotinis tempimo stipris $f_{ctd} = \alpha_{ct} * \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 0,9 * \frac{2,0}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$, vidutinis tamprumo modulis $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$.

Koloną armuosime S400 klasės išilgine ir S240 skersine armatūra.

Armatūros S400 pagrindiniai mechaniniai rodikliai: charakteristinis stipris $-f_{yk} = 400 \text{ MPa}$, skaičiuotinis tempimo stipris rambuotai armatūrai $-f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1.1} = 365 \text{ MPa}$, armatūros tamprumo modulis $-E_s = 200 \text{ GPa}$.

Armatūros S240 pagrindiniai mechaniniai rodikliai: charakteristinis stipris $-f_{yk} = 240 \text{ MPa}$, skaičiuotinis tempimo stipris rambuotai armatūrai $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{240}{1.1} = 218 \text{ MPa}$, armatūros tamprumo modulis $E_{cm} = 200 \text{ GPa}$.



10 pav. Koloną KL-1 veikiančios įrašos

Gniuždomojoje zonoje armatūros ir betono deformacijos iki pat betono suirimo yra vienodos, todėl laikydami, kad armatūra yra skerspjūvio kraštiniame sluoksnyje, jos įtempiai irties metu galėtų siekti $\sigma_{scu} = \varepsilon_{cu3} * E_s = 3.5 * 10^{-3} * 200 * 10^3 = 700 \text{ MPa}$.

Pagal EC2 [20] rekomenduojama konstrukcijos klasė S4, aplinkos poveikių klasė XC1. Tuomet apsauginio betono sluoksnio storis, atsižvelgiant į ilgąamžiškumo reikalavimus, paprastajai armatūrai pagal EC2 [20] 4.4N lentelę $c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$. Įvertinus mažiausią apsauginį betono sluoksnį pagal sukibties reikalavimus, pagal EC2 [20] 4.2 lentelę atskiriems strypams, ne mažiau nei strypo skersmuo. Išilginės armatūros diametras $\varnothing 16 \text{ mm}$, o skersinės armatūros $\varnothing 8 \text{ mm}$. Tuomet mažiausias apsauginio betono sluoksnio storis.

$$c_{min,l} = \max \begin{cases} c_{min,b} = 20 \text{ mm} \\ c_{min,dur} = 15 \text{ mm} = 20 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

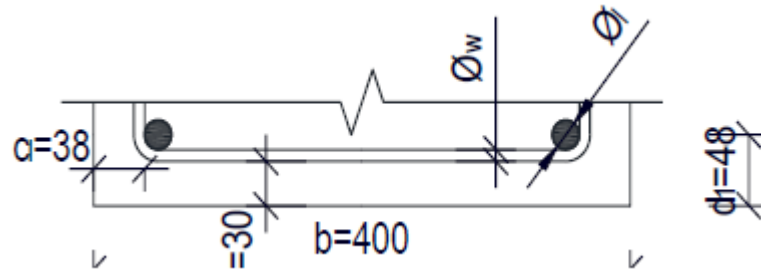
$$c_{min,w} = \max \begin{cases} c_{min,b} = 8 \text{ mm} \\ c_{min,dur} = 15 \text{ mm} = 15 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

Tuomet vardinis apsauginio betono sluoksnio storis:

$$c_{nom,l} = c_{min,l} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}; \quad (140)$$

$$c_{nom,w} = c_{min,w} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}; \quad (141)$$

Čia: Δc_{dev} – skaičiuotinis leidžiamasis sluoksnio nuokrypis, surenkamiems elementams $10 \text{ mm} \geq c_{dev} \geq 0 \text{ mm}$.



11 Pav. Apsauginiai betono sluoksniai.

Priimame kad atstumas nuo betono krašto iki pagrindinės armatūros centro $d_1 = 48 \text{ mm}$.

Tuomet faktiniai apsauginiai sluoksniai iki išilginės armatūros – $c_l = d_1 - \frac{\phi_l}{2} = 48 - \frac{20}{2} = 38 \text{ mm} \geq c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$, skersinės armatūros – $c_w = c_l - \phi_w = 38 - 8 = 30 \text{ mm} \geq c_{nom,w} = 25 \text{ mm}$.

3.3.2. Kolonos išilginės armatūros tikrinimas

Kolona KL-1 gniuždoma ekscentriškai. Mažiausias suminis išilginės armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_{s,tot,min} = \max \left\{ 0,10 * \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,10 * 149,36 * \frac{10}{365} \\ 0,002 * 40 * 40 = 3,2 \text{ cm}^2 \end{array} \right. = 3,2 \text{ cm}^2, \quad (142)$$

Čia: A_c – betono skerspjūvio plotas.

Pradiniam skaičiavimui pasirenkame $2\phi 20 \text{ mm S400}$ vienoje skerspjūvio pusėje:

$$A_{s,tot} = A_{s1} + A_{s2} = 4 * A_{s0} = 4 * 3,14 = 12,56 \text{ cm}^2 \quad (143)$$

$$A_{s,tot} = 12,56 \text{ cm}^2 > A_{s,tot,min} = 3,2 \text{ cm}^2. \quad (144)$$

3.3.3. Skerspjūvio laikomosios galios tikrinimas rėmo plokštumoje

Tariamasis elemento dydis:

$$h_0 = \frac{2 * A_c}{u} = \frac{2 * 0,4 * 0,4}{4 * 0,4} = 0,2 \text{ m}; \quad (145)$$

Čia: u – džiūstančios dalies perimetras.

Betono stiprio įtakos įvertinimo koeficientai:

$$\alpha_1 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,7} = \left[\frac{35}{38} \right]^{0,7} = 0,944; \quad (146)$$

$$\alpha_2 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,2} = \left[\frac{35}{38} \right]^{0,2} = 0,984; \quad (147)$$

$$\alpha_3 = \left[\frac{35}{f_{cm}} \right]^{0,5} = \left[\frac{35}{38} \right]^{0,5} = 0,960. \quad (148)$$

Koeficientas, kurį taikant atsižvelgiama į drėgnio įtaką tariamajam valkšnumo koeficientui pagal EC [20] B.1 priedą:

$$\varphi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0,1 * \sqrt[3]{h_0}} * \alpha_1 \right] * \alpha_2 = \left[1 + \frac{1 - \frac{50}{100}}{0,1 * \sqrt[3]{200}} * 0,944 \right] * 0,984 = 1,778; \quad (149)$$

Čia: RH – aplinkos drėgnis, XC1 aplinkai $RH = 50\%$.

Koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į betono stiprio įtaka tariamajam valkšnumui:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{38}} = 2,725. \quad (150)$$

Koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į apkrovos veikiamo betono amžiaus įtaka tariamajam valkšnumui:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,20}} = \frac{1}{0,1 + 28^{0,20}} = 0,488. \quad (151)$$

Koeficientas apibūdinantis valkšnumo plėtrą per laiką po apkrovimo:

$$\beta_H = 1,5 * [1 + (0,012 * RH)^{18}] * h_0 + 250 * \alpha_3 = 1,5 * [1 + (0,012 * 50)^{18}] * 200 + 250 * 0,96 = 539,96 \leq 1500 * \alpha_3 = 1500 * 0,96 = 1440. \quad (152)$$

$$\beta_c(t - t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3} = \left[\frac{18250 - 28}{539,96 + 18250 - 28} \right]^{0,3} = 0,991; \quad (153)$$

Čia: t – betono amžius dienomis nagrinėjamoju laikotarpiu, $t = \infty = 50 m = 50 \cdot$

$$365 = 18250 \text{ dienos}; \quad (154)$$

t_0 – apkrovos veikiamo betono amžius dienomis, lygus 28.

Tuomet tariamasis valkšnumo koeficientas, kuris gali būti apytiksliai apskaičiuotas taip:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0) = 1,767 * 2,725 * 0,488 = 2,366. \quad (155)$$

Tuomet galutinis valkšnumo koeficientas:

$$\varphi_{(\infty, t_0)} = \varphi_0 * \beta_c(t - t_0) = 2,366 * 0,991 = 2,35. \quad (156)$$

Tariamai nuolatinių apkrovų derinio pirmosios eilės lenkiamasis momentas:

$$M_{Eqp} = M_{gk1} + M_{gk2} + \Psi_{2,3} M_{gk3} + \Psi_{2,4} M_{gk4} + \Psi_{2,5} M_{gk5} = -0,28 - 1,59 - 0,2 * (2,84) - 0 * 24,44 - 0,5 * 33,51 = -19,19 \text{ kNm}, \quad (157)$$

Čia: M_{gk1}, M_{gk2} – lenkimo momentai nuo charakterisinių nuolatinių apkrovų;

M_{gk3}, M_{gk5} – lenkimo momentai nuo kintamų charakteristinių apkrovų (sniego, vėjo, kranų);

Ψ_2 – sniego apkrovai 0,2, vėjo apkrovai 0, kranų apkrovai 0,5.

Efektyvusis valkšnumo koeficientas:

$$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} * \frac{M_{Eqp}}{M_{0,Ed}} = 2,35 * \frac{|-19,19|}{|-77,20|} = 0,584. \quad (158)$$

Tuomet koeficientas priklausantis nuo betono valkšnumo:

$$A = \frac{1}{1+0,2*\varphi_{ef}} = \frac{1}{1+0,2*0,584} = 0,895. \quad (159)$$

Mechaninio armavimo koeficientas:

$$\omega = \frac{A_{s,tot}*f_{yd}}{A_c*f_{cd}} = \frac{12,56*10^{-4}*365}{0,16*18} = 0,159. \quad (160)$$

Koeficientas įvertinantis armatūros skerspjūvio ploto įtaka ribiniam liauniui:

$$B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 * 0,159} = 1,148. \quad (161)$$

Koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į kolonos galuose veikiančius pirmosios eilės momentus apytikriai gali būti laikomas $C = 0,7$.

Santykinė ašinė jėga:

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c*f_{cd}} = \frac{173,08*10^{-3}}{0,16*18} = 0,06. \quad (162)$$

Tuomet ribinis elemento liaunis pagal EC [20] 5.8.3.1 skyrių:

$$\lambda_{lim} = \frac{20*A*B*C}{\sqrt{n}} = \frac{20*0,895*1,148*0,7}{\sqrt{0,06}} = 58,72. \quad (163)$$

Tikriname sąlyga ar privaloma atsižvelgti į antros eilės efektus:

$$\lambda_y = 70,48 > \lambda_{lim} = 58,72. \quad (164)$$

Kaip matyti iš sąlygos antrosios eilės efektų įvertinimas yra būtinas. Pradinis pirmosios eilės efektų sukeltas ekscentricitetas:

$$e_0 = \frac{M_{0,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{|-77,20|}{173,08} = 0,446 \text{ m} = 44,6 \text{ cm}. \quad (165)$$

Pagal EC [20] 5.2 punkto reikalavimus apskaičiuojame atsitiktinį ekscentricitetą, priklausomai nuo rėmo posvyrio kampo. Šis kampas randamas:

$$e_a = \theta_i * \frac{l_0}{2} = 0,0035 * \frac{814}{2} = 1,42 \text{ cm}. \quad (166)$$

Pirmosios eilės ir atsitiktinio ekscentricitetų suma:

$$e_1 = e_0 + e_a = 44,6 + 1,42 = 46,02 \text{ cm}. \quad (167)$$

Pagal EC [20] nurodymus antrosios eilės efektai gali būti įvertinami pasinaudojant vardinio standžio arba kreivio metodais. Antrosios eilės sukeltą ekscentricitetą e_2 apskaičiuosime pasinaudoję vardinio kreivio metodu.

Armatūros ribinė santykinė deformacija:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{365*10^{-3}}{200} = 1,825 * 10^{-3}, \quad (168)$$

Tuomet

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45*d} = \frac{1,825*10^{-3}}{0,45*0,352} = 0,0115 \text{ m}^{-1}, \quad (169)$$

$$\check{\text{Cia:}} d - \text{efektyvusis aukštis, } d = h - d_1 = 400 - 38 = 352 \text{ mm.} \quad (170)$$

Nuo ašinės jėgos priklausantys koeficientas apskaičiuojamas:

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,159 - 0,06}{1,159 - 0,4} = 1,44 \leq 1,0 \rightarrow K_r = 1,0; \quad (171)$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,159 = 1,159; \quad (172)$$

$\check{\text{Cia:}} n_{bal}$ – pagal EC [20] nuostatas gali būti laikoma $n_{bal} = 0,4$.

Valkšnumą įvertinantis koeficientas:

$$K_\varphi = 1 + \beta * \varphi_{ef} = 1 + 0,03 * 0,584 = 1,018 \geq 1,0; \quad (173)$$

$$\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{30}{200} - \frac{70,48}{150} = 0,03; \quad (174)$$

Simetriškojo skerspjūvio kreivis pagal EC [20] 5.34 formulę:

$$\frac{1}{r} = K_r * K_\varphi * \frac{1}{r_0} = 1,0 * 1,018 * 0,0115 = 0,0117 \text{ m}^{-1}. \quad (175)$$

Tuomet atros eilės ekscentricitetas pagal formulę:

$$e_2 = \left(\frac{1}{r}\right) * \frac{l_0^2}{c} = 0,0117 * \frac{8,14^2}{10} = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm}, \quad (176)$$

$\check{\text{Cia:}} c$ – nuo kreivio pasiskirstymo priklausantis koeficientas, kai skerspjūvis vienodas, paprastai $c = \pi^2 \approx 10$.

Suminis ekcentricitetas:

$$e_{tot} = e_1 + e_2 = 46,02 + 8 = 54,02 \text{ cm.} \quad (177)$$

Neįvertinę armavimo, patikriname ar suminis ekscentricitetas yra už branduolio ribų:

$$e_{tot} = 54,02 > \left(\frac{1}{3} : \frac{1}{6}\right) h = (6,67 : 13,3) \text{ cm.} \quad (178)$$

Suminis ekscentricitetas yra už branduolio ribų, turime didelių ekscentricitetų atvejį.

Skerspjūvio laikomos galios tikrinimui naudosime supaprastintą gniuždomos zonos stačiakampę diagramą. Gniuždomosios zonos aukščio λ ir įtempių η redukavimo koeficientai, kaip charakteristinis betono stipris $f_{ck} = 30 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa}$, $\lambda = 0,8$ ir $\eta = 1,0$.

Ribinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{0,0035}{0,0035 + \frac{f_{yd}}{E_s \epsilon_{cu3}}} = \frac{1}{1 + \frac{f_{yd}}{\sigma_{scu}}} = \frac{1}{1 + \frac{365}{700}} = 0,657 \quad (179)$$

$$\xi'_{lim} = \frac{d_2}{d(1 - \frac{f_{scd}}{\sigma_{scu}})} = \frac{0,048}{0,352 * (1 - \frac{365}{700})} = 0,28 \quad (180)$$

S1 ir S2 armatūrų įtempiai atitinkamai yra lygūs plieno takumo ribai, kai $\xi'_{lim} \leq \xi \leq \xi_{lim}$. Darome prielaidą, kad įtempiai yra lygūs.

Pagal 3.23 pav. sudarome pagrindines pusiausviros lygtis $\Sigma N = 0$ ir $\Sigma M_{s1} = 0$.

$$\begin{cases} \eta * f_{cd} * \lambda * x * b + f_{scd} * A_{s2} - f_{yd} * A_{s1} - N_{Ed} = 0 \\ (N_{Ed} * e - \eta * f_{cd} * b * \lambda * x * (d - 0,5 * \lambda * x) - f_{scd} * A_{s2} * (d - d_2)) = 0 \end{cases} \quad (181)$$

Santykinis betono gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi = \frac{x}{d * \eta} = \frac{N_{Ed}}{\eta * f_{cd} * \lambda * b * d} = \frac{173,08 * 10^{-3}}{1,0 * 18 * 0,8 * 0,4 * 0,352} = 0,085. \quad (182)$$

Kadangi $\xi'_{lim} = 0,28 > 0,085 < \xi_{lim} = 0,657$ tai tik S1 armatūros įtempiai pasiekia takumo įtempių ribą. Ekscentricitetas S1 armatūros svorio centro atžvilgiu:

$$e = e_{tot} + \frac{h}{2} - d_1 = 54,02 + \frac{40}{2} - 4,8 = 69,22 \text{ cm}. \quad (183)$$

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = -2\sqrt{Q} * \cos\left(\frac{\theta+2\pi}{3}\right) - \frac{B}{3} = -2\sqrt{0,0356} * \cos\left(\frac{0,685+2*3,14}{3}\right) - \frac{0,608}{3} = 0,055 \text{ m}. \quad (184)$$

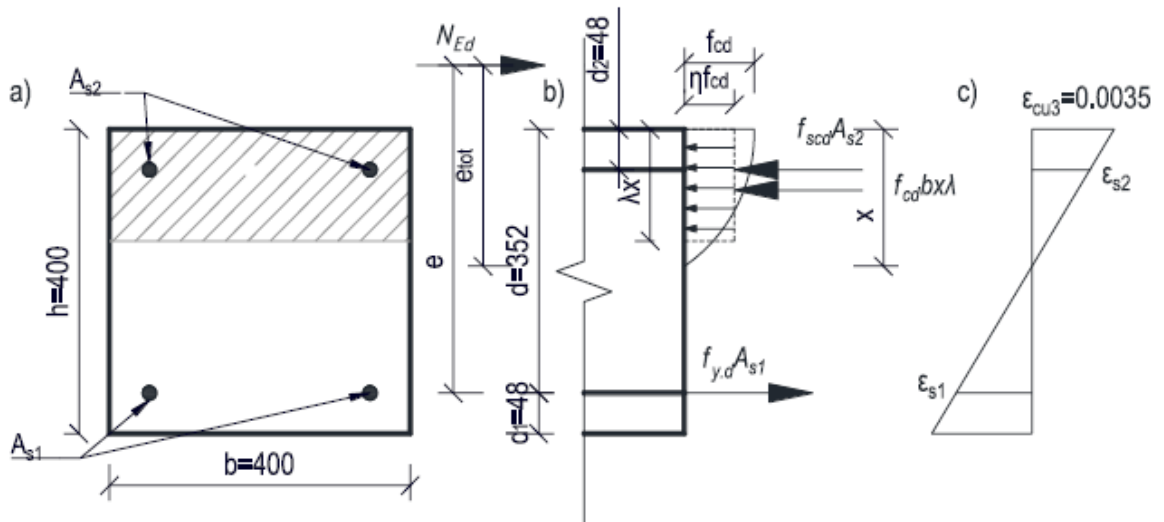
$$\lambda x = 0,8 * 0,055 = 0,044 \text{ m} < h = 0,4 \text{ m}. \quad (185)$$

Patikriname ar tenkinamos S1 ir S2 armatūrų takumo įtempių prielaidos. Apskaičiuojame šių armatūrų deformacijas:

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{cu3} * \frac{d-x}{x} = 0,0035 * \frac{0,352-0,055}{0,055} = 1,89 * 10^{-3} > \varepsilon_{yd} = 1,825 * 10^{-3}. \quad (186)$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cu3} * \frac{x-a_2}{x} = 0,0035 * \frac{0,055-0,048}{0,055} = 4,45 * 10^{-4} < \varepsilon_{scd} = 1,825 * 10^{-3}. \quad (187)$$

S1 armatūros įtempiai yra lygūs armatūros takumo ribai, o S2 – mažesnė, nes $\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd}$, o $\varepsilon_{s2} < \varepsilon_{scd}$, tuomet $\sigma_{s1} = f_{yd} = 365 \text{ MPa}$, o $\sigma_{s2} = \varepsilon_{s2} E = 0,445 * 200 = 89 \text{ MPa} < f_{scd} = 365 \text{ MPa}$. Tai reiškia, kad gniuždomos zonos aukštis x apskaičiuotas teisingai



12 pav. Gniuždomos kolonos skerspjūvis (vaizdas pasuktas) (a), skaičiuotinis įtempių pasiskirstymas, kai $\xi_{eff} < h$ (b), ir deformacijos skerspjūvyje (c).

Tuomet momentas apie S1 armatūra, neįvertinus gniuždomosios zonos armatūros:

$$\Delta M_{Edc} = \eta * f_{cd} * b * \lambda * x * (d - 0,5 * \lambda * x) = 1,0 * 18 * 0,4 * 0,8 * 0,055 * (0,352 - 0,5 * 0,8 * 0,055) * 10^3 = 104,54 \text{ kNm}, \quad (188)$$

skerspjūvio armavimas būtinas. Mažiausias armatūros plotas:

$$A_{s2} = 6,28 \text{ cm}^2 \geq \frac{N_{Ed} * e - \Delta M_{Edc}}{\sigma_{s3} * (d - d_2)} * 10 = \frac{173,08 * 0,692 - 104,54}{89,0 * (0,352 - 0,048)} * 10 = 5,63 \text{ cm}^2. \quad (189)$$

Laikomoji skerspjūvio galia:

$$N_{Rd} = \frac{\Delta M_{Edc} + \sigma_{s2} * A_{s2} * (d - d_2)}{e} = \frac{104,54 + 89 + 6,28 * (0,352 - 0,048) * 10^{-1}}{0,692} = 175,62 \text{ kN}. \quad (190)$$

Skerspjūvio laikomoji galia pakankama, nes:

$$N_{Ed} = 173,08 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 175,62 \text{ kN}. \quad (191)$$

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{Rd} - N_{Ed}}{N_{Rd}} * 100\% = \frac{175,62 - 173,08}{175,62} * 100\% = 1,45\%. \quad (192)$$

Skerspjūvio laikomoji galia kai skerspjūvis armuojamas 4 \emptyset 20 S400 ($A_{s,tot} = 12,56 \text{ cm}^2$) klasės armatūros strypais pakankama ir ekonomiškumo kriterijai tenkinami ($\Delta = 1,45\% \leq 5\%$).

Skerspjūvio laikomosios galios tikrinimas statmenai rėmo plokštumos

Šiuo atveju koloną veikia tik atsitiktinio ekscentriciteto sukeltas lenkimo momentas. Kadangi šio momento reikšmė $M_{Ed,z} = 3,46 \text{ kNm}$ tai įtakos laikymo galiai jis neturės.

3.3.4. DVIAŠIO LENKIMO ĮVERTINIMAS

Pagal EC2 [20] 5.8.9 skyriaus nurodymus dviašis lenkimas gali būti nevertinamas jei liaunio reikšmės atitinka šias sąlygas:

$$\frac{\lambda_z}{\lambda_y} = \frac{49,35}{70,48} = 0,70 \leq 2, \quad \frac{\lambda_y}{\lambda_z} = \frac{70,48}{49,35} = 1,43 \leq 2, \quad (193)$$

ir santykiniai ekscentricitetai atitinka vieną iš šių sąlygų:

$$\frac{e_y/h_{eq}}{e_z/b_{eq}} = \frac{e_y}{e_z} = \frac{0,54}{0,02} = 2,7 \leq 0,2; \quad (194)$$

$$\frac{e_z/b_{eq}}{e_y/h_{eq}} = \frac{e_y}{e_z} = \frac{0,02}{0,54} = 0,037 \leq 0,2. \quad (195)$$

$$\text{Čia: } b_{eq} = h_{eq} = i_y \sqrt{12} = 11,55 * \sqrt{12} = 40 \text{ cm}; \quad (196)$$

$$M_{Edy} - \text{skaičiuotinis momentas aplink y ašį, įskaitant antrosios eilės momenta. } M_{Ed,y} = M_{0,Ed,y} + N_{Ed}(e_a + e_z) = |-77,20| + 173,08(0,0142 + 0,08) = 93,50 \text{ kNm}; \quad (197)$$

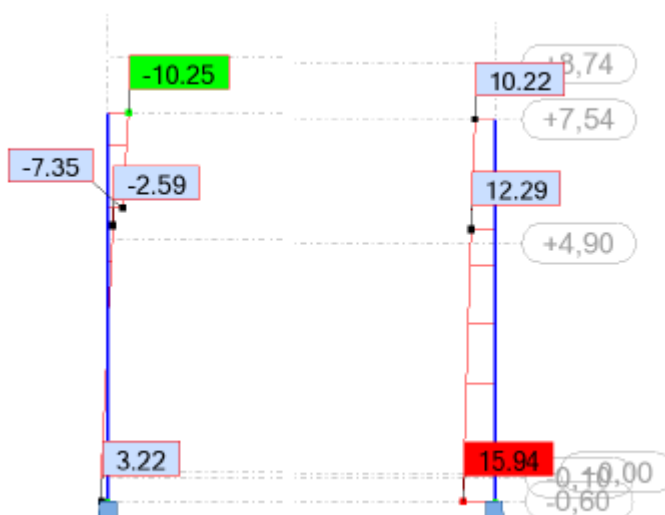
M_{Edz} – skaičiuotinis momentas aplink z ašį, įskaitant antrosios eilės momentą (šiuo atveju veikia tik atsitiktinio ekcetriciteto sukeltas momentas) $M_{Edz} = 3,46 \text{ kNm}$;

$$e_z - \text{ekscetricitetas išilgai z ašies, } e_z = \frac{M_{Edz}}{N_{Ed}} = \frac{3,46}{173,08} = 0,02 \text{ m}; \quad (198)$$

$$e_y - \text{ekscetricitetas išilgai y ašies, } e_y = \frac{M_{Edy}}{N_{Ed}} = \frac{93,50}{173,08} = 0,54 \text{ m}. \quad (199)$$

Sąlygos tenkinamos, todėl dviašio lenkimo patikrinti nebūtina.

3.3.5. Skersinės armatūros patikrinimas



13 pav. Koloną KL-1 veikiančios didžiausios skersinės įrašos

Maksimali kolonos skerspjūvyje veikianti skersinė jėga $V_{Ed} = 15,94 \text{ kN}$ ir ją atitinkanti ašinė jėga $N_{Ed} = 265,23 \text{ kN}$. Pagal EC2 [20] 6.2.2 skyrių tikriname ar elementams reikalinga skaičiuoti skersinę armatūrą. Elemento be skersinės armatūros atlaikoma skersinė jėga:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 * \sigma_{cp} \right] * b_w * d = \left[0,12 * 1,75 * (100 * 0,0045 * 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 * 1,66 \right] * 0,4 * 0,352 * 10^3 = 105,0 \text{ kN}. \quad (200)$$

$$\text{Čia: } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12; \quad (201)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{352}} = 1,75; \quad (202)$$

$$\rho_l = \frac{A_{s1}}{b_w * d} = \frac{6,28 * 10^{-4}}{0,4 * 0,352} = 0,0045 < 0,02; \quad (203)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{265,23 * 10^{-3}}{0,16} = 1,66 \text{ MPa} < 0,2 * f_{cd} = 0,2 * 18 * 10^6 = 3,6 \text{ MPa}. \quad (204)$$

Minimalus skersinės armatūros armavimo procentas:

$$v_{min} = 0,035 * k^{\frac{3}{2}} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 * 1,75^{\frac{3}{2}} * 30^{\frac{1}{2}} = 0,44. \quad (205)$$

Minimali atlaikoma skersinė jėga:

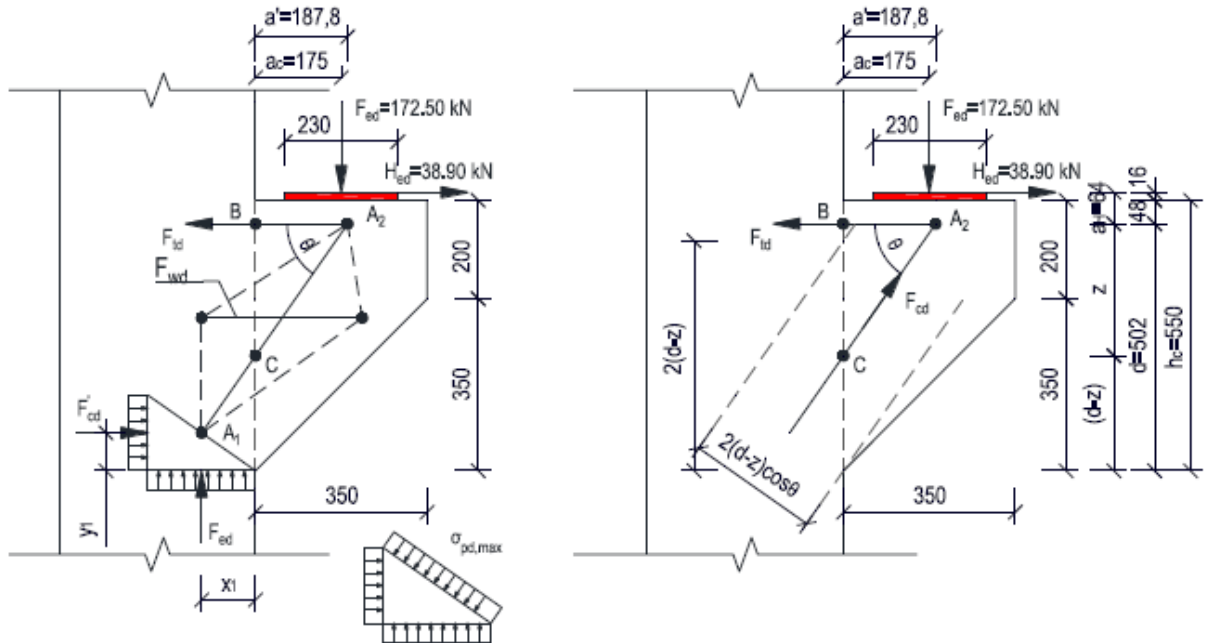
$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0,44 + 0,15 * 1,6) * 0,4 * 0,352 * 10^3 = 95,74 \text{ kN}. \quad (206)$$

Kadangi $V_{Rd,c} = 105,0 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 95,74 \text{ kN}$, tai $V_{Rd,c} = 105,0 \text{ kN}$. Kaip matyti iš sąlygos $V_{Ed} = 15,94 < V_{Rd,c} = 105,0 \text{ kN}$, tai skersinė armatūra nėra reikalinga, t.y. armavimas parenkamas pagal konstrukcinius reikalavimus. Pagal EC2 [20] 9.5 skyrių skersinės armatūros didžiausias atstumas tarp strypų:

$$s_{w,max} = \min \begin{cases} 20\phi_l = 20 * 20 = 400 \\ h = b = 400 \text{ mm} \\ s_{max} = 400 \text{ mm} \end{cases} = 400 \text{ mm}. \quad (207)$$

Pagal skaičiavimus skersinė armatūra parenkama konstruktyviai $\phi 8 \text{ mm}$ S240 jį išdėstant ne didesniu nei 400 mm žingsniu.

3.3.6. Kolonos gembės skaičiavimas



14 pav. Kolonos gembės skaičiuojamoji schema.

Skaičiavimai atliekami pagal EC [20] J.3 skyrių. Skaičiavimus atliksime pasinaudoję mokomąją literatūra [28]. Kolonos gembę veikiančios maksimalios jėgos:

$$F_{Ed} = D_{max} * \gamma_{Q,sup} + \left(G'_{k,ps} + \gamma * \left(0,20 + \frac{0,35}{3} \right) * 0,4 * 0,35 \right) * \gamma_{G,sup} = 124,36 * 1,3 + \left(6,92 + 25 * \left(0,20 + \frac{0,35}{3} \right) * 0,4 * 0,35 \right) * 1,35 = 172,5 \text{ kN} \quad (208)$$

$$H_{Ed} = 0,2F_{Ed} + T_{max} * \gamma_{Q,sup} = 0,2 * 172,5 + 3,35 * 1,30 = 38,9 \text{ kN}. \quad (209)$$

Gembėje įrengiama fiksuota plokštelė, kurios matmenys 230x350x16 mm.

Atramos atlaikomi maksimalūs įtempiai [28]:

$$\sigma_{A1Rd,max} = 0,48 * v * f_{ck} = 0,48 * 0,88 * 30 = 12,67 \text{ MPa}, \quad (210)$$

Faktiniai plokštelės įtempiai:

$$\sigma_{fact.} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{172,50 * 10^{-3}}{0,23 * 0,35} = 2,14 \text{ MPa} \leq \sigma_{1Rd,max} = 12,67 \text{ MPa}, \quad (211)$$

čia: v – koeficientas, apskaičiuojamas pagal išraiška:

$$v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{30}{250} = 0,88. \quad (212)$$

Betono leistini įtempiai [28]:

$$\sigma_{A2Rd,max} = 0,34 * f_{ck} * v = 0,34 * 30 * 0,88 = 8,98 \text{ MPa}, \quad (213)$$

Atstumas a' :

$$a' = a_c + 0.2 * a_H = 175 + 0,2 * 64 = 187,8 \text{ mm.} \quad (214)$$

Pagal mokomosios literatūros [28] 7.16 formulę:

$$\frac{F_{Ed}}{\sigma_{A2Rd,max} * d * b_w} = \left(\left(1 - \frac{a'}{d} \right) \tan \theta \right) \sin 2\theta. \quad (215)$$

Lygtis, negali būti tiesiogiai išspręsta, todėl pasinaudosime [28] sudaryta 7.16 lentelę interpoliuojant dydžius, kai $\frac{F_{Ed}}{\sigma_{A2Rd,max} * d * b_w} = 172,50 * \frac{10^{-3}}{8,98 * 0,502 * 0,40} = 0,096$ ir $\frac{a'}{d} = \frac{187,8}{502} = 0,374$, surandame, kad $\theta = 40,79^\circ$.

Armatūroje veikianti horizontali jėga taške B:

$$F_{td} = F_{Ed} \cos \theta = F_{Ed} * \frac{1}{\tan \theta} = 172,50 * \frac{1}{\tan 40,79} = 199,91 \text{ kN.} \quad (217)$$

Armatūroje veikianti horizontali jėga, įvertinus horizontalią jėga:

$$F'_{td} = F_{Ed} \left(\frac{1}{\tan \theta} + 0,2 \right) = 172,50 * \left(\frac{1}{\tan 40,79} + 0,2 \right) = 234,4 \text{ kN.} \quad (218)$$

Tuomet pagrindinės armatūros plotas:

$$A_{s,main} = \frac{F'_{td}}{0,87 * f_{yk}} = \frac{234,4 * 10}{0,87 * 400} = 6,74 \text{ cm}^2. \quad (219)$$

$$\text{Priimame } 2\emptyset 22 \text{ S400, } A_{f,main} = 7,60 \text{ cm}^2. \quad (220)$$

Geometriniai rodikliai:

$$x = \frac{F_{Ed}}{\sigma_{A1Rd,max} * b} = \frac{172,50}{12,67 * 0,4} = 34 \text{ mm,} \quad (221)$$

$$z = a' \tan \theta = 187,8 * \tan 40,79 = 162,05 \text{ mm,} \quad (222)$$

$$x_1 = \frac{x}{2} = \frac{34}{2} = 17 \text{ mm,} \quad (223)$$

$$y_1 = d - z = 505,0 - 162,1 = 342,9 \text{ mm.} \quad (224)$$

Jėga:

$$F_{cd} = \frac{F_{Ed}}{\sin \theta} = \frac{172,50}{\sin 40,79} = 264,0 \text{ kN.} \quad (225)$$

Tuomet įtempiai armatūroje:

$$\sigma_{sd} = \frac{F'_{td}}{A_{s1,main}} = \frac{236,5 * 10}{7,60} = 311,2 \text{ MPa,} \quad (226)$$

Armatūros ir betono ribinių sukibimo įtempių skaičiuotinė reikšmė:

$$f_{bd} = 2,25 * \eta_1 \eta_2 f_{ctd} = 2,25 * 1,0 * 1,0 * 1,20 = 2,70 \text{ MPa,} \quad (227)$$

Čia: η_1 – su su sukibties kokybe ir strypo padėtimi betonuojant susijęs koeficientas; jei sudaromos geros sąlygos $\eta_1 = 1,0$.

η_2 – koeficientas susijęs su strypo skersminių, kai skersmui iki 32 mm, $\eta_2 = 1,0$.

Strypo pagrindinis inkaravimo ilgis pagal EC [20] 8.3 formulę:

$$l_{s,rqd} = \frac{\phi}{4} * \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{22}{4} * \frac{311,2}{2,70} = 634 \text{ mm,} \quad (228)$$

Mažiausias inkaravimo ilgis:

$$l_{b,min} = \max \begin{cases} 0,3l_{s,rqd} = 0,3 * 634 = 190,2 \text{ mm} \\ 10\phi = 10 * 22 = 220 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{cases} = 220 \text{ mm}, \quad (229)$$

Strypo skaičiuotinis inkaravimo ilgis:

$$l_{bd} = a_1 * a_2 * a_3 * a_5 * l_{s,rqd} = 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 634 = 634 \text{ mm} > l_{b,min} =$$

$$220 \text{ mm} \rightarrow l_{bd} = 634 \approx 650 \text{ mm}. \quad (230)$$

čia: $\alpha_1 - \alpha_5$ – koeficientai nustatomi pagal EC [20] 8.2 lentelę.

Gniuždymo betono įtempiai A1 mazge:

$$\sigma_{c,A1} = \frac{F_{cd}}{2*y_1*b} = \frac{264*10^{-3}}{2*0,343*0,4} = 0,96 \text{ MPa} \leq \sigma_{A1.Rd.max} = 12,67 \text{ MPa}. \quad (231)$$

Gniuždymo betono įtempiai A2 mazge:

$$\sigma_{c,A2} = \frac{F_{cd}}{A} = \frac{264*10^{-3}}{0,23*0,35} = 3,28 \text{ MPa} \leq \sigma_{A2.Rd.max} = 8,98 \text{ MPa}. \quad (232)$$

Gniuždymo įtempiai mazguose neviršija ribinių įtempių. Jėga, kurią turi atlaikyti skersinė armatūra:

$$F_{wd} = \frac{2*\frac{z}{a'+x_1}-1}{3+\frac{F_{Ed}}{F_{cd}}} * F_{cd} = \frac{2*\frac{0,162}{0,1878+0,017}-1}{3+\frac{172,05}{264}} * 264 = 42,08 \text{ kN}. \quad (233)$$

Reikalingas skersinės armatūros (horizontalių armatūros strypų) plotas:

$$A_{sw} = \frac{F_{wd}}{f_{yd}} = \frac{42,08*10}{218} = 1,93 \text{ cm}^2. \quad (234)$$

Kadangi $a_c = 175 \text{ mm} < 0,5 \cdot h_c = 0,5 \cdot 550 = 275 \text{ mm}$ tai be pagrindinės tempiamosios armatūros, turėtų būti įrengtos uždarnosios horizontaliosios ar įstrižosios sankambos, kurioms galioja nelygybė:

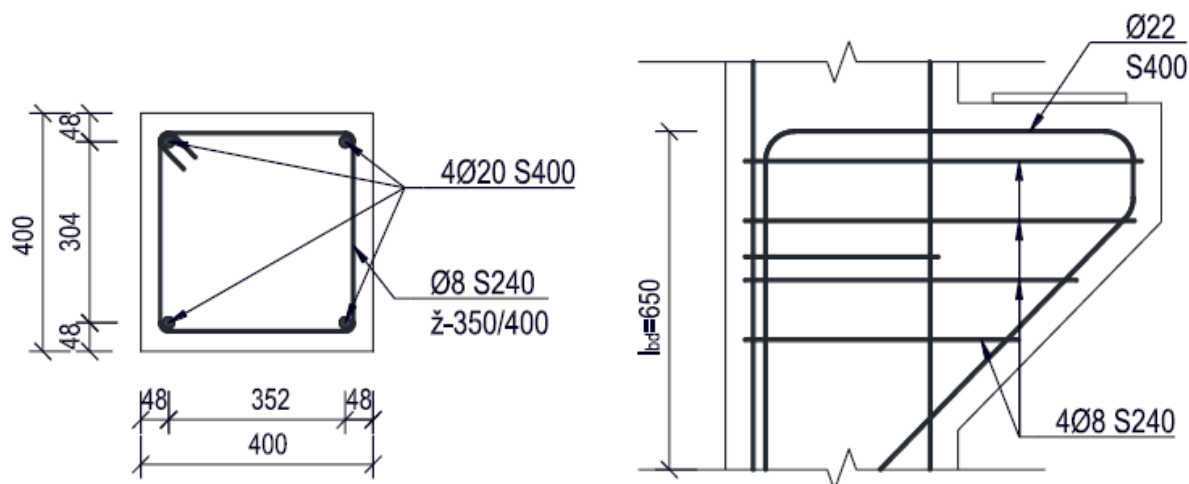
$$A_{s,link} \geq k_1 * A_{s,main} = 0,25 * 6,74 = 1,69 \text{ cm}^2, \quad (235)$$

Čia: k_1 – rekomenduojamas koeficientas $k_1 = 0,25$.

Kadangi $A_{sw} = 1,93 \text{ cm}^2 > A_{s,link} = 1,69 \text{ cm}^2$. Priimame 4Ø8 S240 klasės armatūra, kurios $A_{f.sw} = 2,01 \text{ cm}^2 \geq A_{sw} = 1,93 \text{ cm}^2$.

3.3.7. Kolonos KL-1 konstravimas

Pagal atliktus skaičiavimus ekscentriškai gniuždoma kolona KL-1 armuojama išilgine 4Ø20 S400 klasės armatūra, bei skersine Ø8 S400 klasės armatūra, kuri priimta pagal konstrukcinius reikalavimus. Kolonos gembė armuojama 2Ø22 S400 klasės ir 4Ø8 S240 klasės armatūros strypais. Kitos kolonos skaičiuojamos analogiškai, todėl skaičiavimų nerodysime.



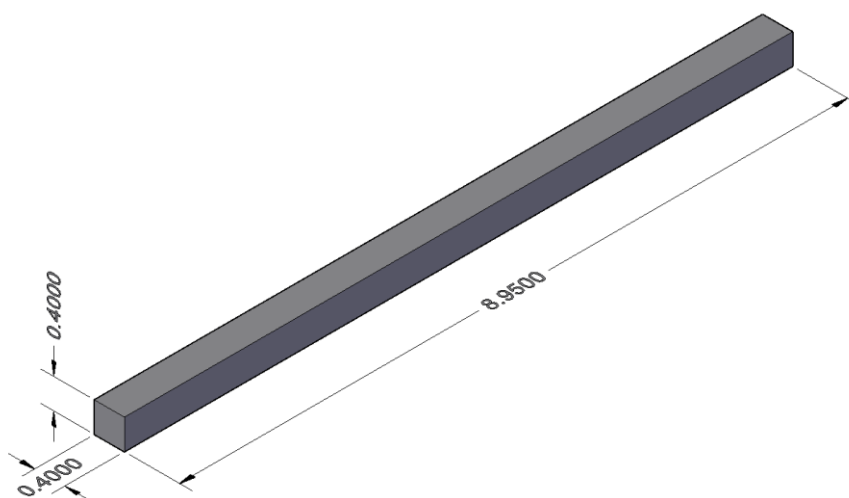
15 pav. Kolonos KL-1 skerspjūvio (ne ties gembe) ir gembės (vaizdas iš priekio) armavimas.

3.4. Gamybos technologijos dalis

3.4.1. Gaminio charakteristika

G/b kolonos gaminamos stendiniu būdu, naudojant C30/37 klasės susitankinantį betono mišinį su kietėjimą greitinančiais betono priedais. Kolonų gamyboje naudojami cheminiai priedai „Sika Rapid 1“ pagreitinti kietėjimo kolonų kietėjimo greitį, „Sika Stabilizer4R“ ir superplastiklis „Sika ViscoCrete D190“, kad pasiektume susitankinančio betono tinkamas reologines savybes.

Projektuojamoje gamybos linijoje bus gaminamos gelžbetoninės kolonos:



16 pav. Gelžbetoninės kolonos erdvinis vaizdas

3 lentelė. Pagrindinės gaminio charakteristikos.

Charakteristika	Matavimo vienetai	Dydis
kolonos matmenys:	-	
Aukštis	mm	8950
Plotis	mm	400
Ilgis	mm	400
Betono tūris	m ³	1,432
Armatūros kiekis	kg	277,5
Betono klasė	-	C30/37

Gelžbetoninės kolonos gamybos būdas – stendinis.

Gelžbetoninės kolonos turi atitikti darbo brėžinių ir gelžbetoninių kolonų standartų reikalavimus. Kolonos gaminamos iš normaliojo betono pagal LST EN 206-1:2002 su iš anksto įtempta armatūra ir įdėtinėmis detalėmis. Betonai, naudojami gamybai, turi būti ne mažesnis kaip C30/37 klasės, jo atsparumas šalčiui F50, Vandens ir cemento santykis turi būti didesnis už 0,5. Betono kietinimas vyksta natūraliu būdu, neviršijant standartuose LST EN 12390-2:2003 nurodytos temperatūros (60 °C). Betonai po 28 parų kietėjimo normaliuose sąlygose turi pasiekti projekcinį stiprį 37 MPa, įvertiant jo 95 proc. patikimumą. Betono prekinis stipris, parduodant kolonas vartotojui, turi būti ne mažesnis kaip 80% projekcinio betono stiprio (29,6 MPa). Darbo armatūros nuokrypis turi būti ne didesnis kaip 5 %. Galuose po armatūra neturi būti tuštumų. Apsauginis betono sluoksnis turi būti ne mažesnis kaip 30 mm.

Gamintojo garantijos.

Gamintojas garantuoja, kad kolonų kokybė atitinka LST EN 13230-1:2003/AC:2006 standarto reikalavimus, jei laikomasi gabenimo, laikymo, montavimo ir naudojimo taisyklių. Projektinis gelžbetoninių kolonų eksploatacijos laikas – 60 metų.

Laikymas ir gabenimas.

Kolonos laikomos ir gabenamos pagal darbo brėžinių ir įmonės standarto reikalavimus bei gamintojo patvirtintą laikymo, gabenimo schemą. Kolonos laikomos horizontalioje padėtyje. Jos dedamos ant medinių padėklų, kurie turi būti padėti ant tvirtos dirbtinės dangos arba išlyginto grunto. Tarp gaminių dedami mediniai tarpikliai. Gaminiai laikomi taip, kad matytusi ženklėjimas. Praėjimai ir pravažiavimai tarp gaminių taip pat turi atitikti statybos normų saugos reikalavimus.

Ženklėjimas.

Sijos dažniausiai yra ženklėjamos ant kolonos paviršiaus su nenuplaunamais dažais, firminiu spaudu ar įskaitomai užrašoma ranka:

- a) gaminio žymuo;
- b) įmonės pagaminusios gaminių pavadinimas arba prekės ženklas;
- c) pagaminimo data;
- d) gaminio masė
- e) TK (techninės kontrolės) žyma;

Taip pat galima ženklinti ir priklijuojant atmosferos poveikiui atsparę etiketę, kurioje yra surašyti visi minėti reikalavimai.

3.5. Žaliavos

Gelžbetoninės kolonos yra labai atsakingas konstrukcinis elementas, juos nuolat veikia įvairios dinaminės apkrovos, aplinkos poveikiai todėl norint pagaminti tinkamų eksploatacinių savybių gaminį reikia naudoti ir atitinkamos kokybės žaliavas. Todėl reikia nepagailėti laiko ir dideli dėmesį skirti žaliavų kokybės kontrolei.

Užpildai.

Betonas gaminamas su smulkiu (smėliu) ir stambiu (skalda) užpildais. Čia užpildai sudaro apie 78% betono tūrio.

Kaip smulkus užpildas naudojamas smėlis yra vidutinio stambumo, o kaip stambus užpildas naudojama žvigrdo skalda, didžiausias dalelės stambumas $D = 16\text{mm}$.

Transportuojant, iškraunant ir sandėliuojant užpildus, reikia laikytis tokių taisyklių:

Sandėlys turi būti toks, kad užpildus gamybai būtų galima tiekti nepertraukiamai. Užpildų paėmimas iš transporto priemonių, sandėliavimas, jų transportavimas į betono mišinio paruošimo cechą turi būti mechanizuotas ir automatizuotas. Mechanizuoto užpildo iškrovimo iš transporto priemonių trukmė turi būti mažiausia. Iškraunant iš transporto priemonių, gabenant iš vienos vietos į kitą, užpildai neturi būti trupinami ir skirstomi į frakcijas. Užpildus reikia apsaugoti nuo užteršimo įvairiomis, jų kokybę bloginančiomis priemaišomis.

Smulkus užpildas (smėlis)

Smulkus užpildas, dažniausia smėlis, tai biri natūrali arba gali būti trupinto akmens medžiaga, kurios $d \leq 4\text{ mm}$. Į betoną yra dedamas suklasifikuotas ir išplautas gamtinis smėlis. Labiausiai tinkami yra pirminiai smėliai, likę dūlėjimo vietose, nes jų dalelių formą kampuotesnė, o paviršius šiurkštesnis. Betono stiprumui kenkia įvairios priemaišos, tokios kaip dulkės, molis, žėrutis, sulfatai, ir įvairios organinės kilmės medžiagos. Jų kiekis yra ribojamas standartais ir priklauso nuo užpildo stambumo.

Stambus užpildas (skalda)

Stambus užpildas turėtų būti kietas, tvirtas ir tokios formos, kokią suteikia mažos vandens sąnaudos, nesumažinus cemento tešlos fizinio sukibimo. Gerai suformuota smulkinta skalda paprastai duoda gerus rezultatus. Smūginis trupintuvas geriau suformuoja palyginus su žiauniniais trupintuvais ar giraciniais trupintuvais.

Šiurkšti skalda su cemento akmeniu gerai sukimba. Skalda yra gaminama trupinant stambias gamtines magmines uolienas, tokias kaip granitas, diabazas, sienitas, bei tankias nuosėdines

uolienas, tokias kaip dolomitas, smiltainis, klintis, žvirgždo rieduliai. Stambaus užpildo dalelių dydis $d=4-16$ mm.

Cementas.

Įvertinant specifines cementų savybes, keliami tokie reikalavimai:

Jie turi būti sandėliuojami pagal rūšis ir markes. Naujai atvežtą cementą reikia laikyti atskiroje taroje ir nenaudoti tol, kol nebus gauti laboratorinių tyrimų rezultatai. Kad nesumažėtų aktyvumas, cementą reikia apsaugoti nuo kritulių ir grunto drėgmės, kad cementas sandėlyje nesusigulėtų, reikia perkrauti iš vienos sandėlio taros į kitą. Pagal konstrukciją cemento sandėliai būna bunkeriniai ir silosiniai.

Vanduo.

Betono mišiniui ruošti ir betonui laistyti vanduo turi būti švarus, be žalingų, trukdančių betonui normaliai kietėti, priemaišų (sulfatų, rūgščių, riebalų ir t.t.). Jame gali būti ne daugiau kaip 5000mg/l įvairių ištirpusių druskų. Vanduo turi būti ne rūgštus, t.y. jo pH turi būti ne mažesnis kaip 4. Betonui geriausiai tinka geriamas vandentiekio bei švarus upių ir ežerų vanduo.

3.5.1. Priedai.

Betonui naudojami priedai skirstomi į mineralinius ir cheminius. Priedai padeda sumažinti cemento ar vandens santykį, pirmu atveju betono mišinys tampa pigesnis, antru atveju betono mechaninės ar kitos savybės yra gaunamos geresnės.

Mineraliniai priedai būna:

1) aktyvieji mineraliniai – jie jungiasi su $\text{Ca}(\text{OH})_2$, atsiradusiu hidrolizuojantis cemento kalcio silikatams, sudaro stiprius ir stabilus kalcio hidrosilikatus;

2) inertinius mikroužpildus – šie yra sumalami iki cemento smulkumo, jie padidina betono plastiškumą, rišlumą, gerina struktūrą;

Cheminiai priedai būna:

1) reguliuojantys reologines savybes;

2) reguliuojantys rišimosi ir kietėjimo trukmę;

3) reguliuojantys betono struktūrą;

4) apsaugantys nuo korozijos;

5) specialiųjų savybių betonų priedai.

Kolonoms gaminti naudojamas superplastiklis Sika ViscocreteD190 – tai yra naujos kartos didelio efektyvumo superplastiklis, kuris pagamintas polikarboksilato eterio pagrindu.

Gaminant kolonas, rekomenduojama naudoti superplastiklį, nes priešingu atveju gali būti sudėtinga pasiekti reikiamą vandens ir cemento santykį. Betono atsparumą šalčiui pagerinti galima naudoti orą įtraukiančius priedus. Praktikoje buvo išsiaiškinta, kad pakankamą atsparumą šalčiui galima pasiekti ir be orą įtraukiančių priedų, tam reikia kad vandens ir cemento santykis būtų mažesnis už 0,42. Jei užsakovas pageidauja didesnio atsparumo šalčiui, tada būtina naudoti orą įtraukiančius priedus. Reikėtų vengti priemaišų kurios greitina kietėjimo procesus, nes tai gali daryti neigiama poveikį gaminio ilgaamžiškumui.

SikaRapid 1 yra betono bei cementinio skiedinio kietėjimo greitiklis. Priedas atitinka greitikliams keliamus reikalavimus pagal EN 934-2 standartą. Su SikaRapid 1 priedu efektyviai padidinamas ankstyvasis stipris, neįtakojant galutinių stiprių. SikaRapid 1 sudėtyje nėra chloridų arba jokių kitų sudedamųjų dalių, kurios skatina plieno koroziją. Todėl šis priedas yra tinkamas naudoti gaminant įprastines ar įtemptai armuotas gelžbetonines konstrukcijas. Priedo savybės atitinka EN 934-2 keliamus reikalavimus reikalavimus.

Sika Stabilizer4R tai stabilizatorius specialiai sukurtas susitankintiems betono mišiniams (SSB) arba betonams, kuriems transportavimo metu ar padavimo metu, reikia geresnio stabilumo. Jis pagerina betono mišinio koheazines (rišlumo) charakteristikas. Pagerina mišinio savaiminį ar priverstinį vibruojant tekamumą ir sklidumą. Dėl šių charakteristikų klojiniai kokybiškiau užpildomi mišiniu, nevyksta mišinio segregacija ar vandens atsiskyrimas.

3.5.2. Priemaišos

Reikėtų pasirinkti geros kokybės vandenį, turinti kuo mažiau priemaišų. Vandenyje esančios priemaišos daro didelę įtaką ankstyvam betono kietėjimui ir į tai reikia atsižvelgti. Optimalus priemaišų kiekis priklauso nuo žaliavų ir gamybos technologijos. Svarbiausiai kad priemaišų kiekis vandenyje, užpilduose ir cemente, nebūtų didesnis leistina normatyviniuose dokumentuose. Priemaišų kiekis yra nustatomas atliekant cheminę/minerologinę vandens, cemento, užpildų ir priedų sudėtį.

Kolonų gamybai turėtų būti labai atsargiai naudojami įvairūs mineraliniai priedai, tokie kaip lakieji pelenai, granuliuotas aukštakrosnės šlakas, kvarco milteliai, SiO₂ mikrodulkės. Nerekomenduojama naudoti lakiuosius pelenus ir granuliuotą aukštakrosnės šlaką, ypač, jei reikia didelio atsparumo šalčiams betono. Kvarco miltelius galima naudoti šviežio betono savybių pagerinimui arba šarminio užpildo reakcijos rizikai sumažinti. Paprastai kvarco miltelių kiekis turi sudaryti < 5 % cemento svorio. kvarco miltelių naudojimas gali padidinti eksploatacines savybes,

didelis kiekis SiO₂ mikrodulkių gali sumažinti šarminę aplinką betone ir gali prasidėti armatūros korozija. SiO₂ mikrodulkių neturėtų viršyti 10 % cemento svorio.

3.5.3. Užmaišymas.

Labai gerų eksploatacinių savybių betonui reikia labai gero išmaišymo. Reikėtų naudoti planetarinį arba mentinį maišytuvą, ypač, jei yra naudojamas superplastiklis ar įvarūs mikroužpildai, bei paluškai. Prieš pradėdant naują gamybą turi būti išaiškintas maišytuvo maišymo efektyvumas konkrečiai betono rūšiai. Visas maišymas turėtų užtrukti mažiausiai 150 s ir prieš įdedant superplastiklį bei likusį vandenį rekomenduojama, kad cementas ir užpildai būtų maišoma 60 s. Superplastilio įdėjimas į maišyklę turėtų būti vykdomas tik po pirminio užpildų. cemento ir nedidelio vandens kiekio išmaišymo. Tai padidina superplastiklio veikimo efektyvumą ir pagerina mišinio susimaišymo kokybę. Racionaliausias maišymo laikas yra 180 s.

3.5.4. Transportavimas.

Betonas turi būti transportuojamas ir išverčiamas į mašinos kaušą taip, kad betonas nesisluoksniuotų. Maksimalus išvertimo aukštis neturėtų viršyti 3 m. Betonas turėtų būti nedelsiant transportuojamas ne ilgiau, kaip 30 minučių nuo užmaišymo pradžios. Tarpinis betono tiektuvas, norint apsaugoti nuo aplinkoje esančiu dulkių, lietaus ir kitų nereikalingų priemaišų transportavimometu (kai juda iš betono mišinio paruošimo cecho į gamyklą) turėtų būti uždengtas t.y. apsaugotas nuo atmosferinio poveikio.

3.5.5. Betono sudėties projektavimas

Gelžbetoninėms kolonomis gaminti naudojamas ne žemesnės kaip C30/37 klasės betonas. Projektuojama betono mišinio sudėtis:

a) Betonas C 30/37, slankumas S4, kuris parenkamas iš lentelės:

4 lentelė. Slankumo klasės.

Klasė	Slankumas, mm
S1	nuo 10 iki 40
S2	nuo 50 iki 90
S3	nuo 100 iki 150
S4	nuo 160 iki 210

Reikalingas betono stipris gniuždant 37 MPa, atitinkamos klasės betono stipris gniuždant f_b turi tenkinti sąlygą:

$$f_b \geq f_{ck} + 2 \quad (236)$$

$$f_b = 37 + 2 = 39 \text{ MPa}; \quad (237)$$

$f_{ck} = 37 \text{ MPa}$ – reikiamas betono stipris gniuždant, gaunamas iš betono klasės C30/37, (Lietuvoje naudojama kubų stiprumo vertė);

Nustatome vandens ir cemento santykį:

$$V/C = \frac{A \cdot k_0 \cdot f_c}{f_b + 0,5 \cdot A \cdot k_0 \cdot f_c} = \frac{0,65 \cdot 0,9 \cdot 52,5}{39 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot 52,5} = \frac{30,7125}{54,35625} = 0,565 \approx 0,57 \quad (238)$$

f_b – betono stipris gniuždant, MPa;

f_c – cemento klasė, šiuo atveju naudojamas portlandcementis CEM II/A-LL 52,5 R (sudėtinis klintinis portlandcementis, didelės ankstyvojo stiprumo klasės) cementas, kuris gaminamas Švedijoje. Šis cementas po 2 parų kietėjimo pasiekia 32 MPa gniuždymo stiprį, o po 28 parų kietėjimo – 54 MPa. Rišimosi pradžia 160 min. Šarmų kiekis skaičiuojant Na_2O ekvivalentu – 0,84%. (žiūr. 1.4.lentelę).

A – užpildų kokybę įvertinantis koeficientas;

5 lentelė. Stiprio gniuždant reikalavimai portlandcemenčiui [LST EN 197-1:2001/A3:2007].

Stipris gniuždant, MPa				
Stiprumo klasė	ankstyvasis		standartinis	
	2 paros	7 paros	28 paros	
32,5 N	–	≥ 61	$\geq 5,23$	$\leq 5,25$
32,5 R	$\geq 0,01$	–		
42,5 N	$\geq 0,01$	–	$\geq 5,24$	$\leq 5,26$
42,5 R	$\geq 0,02$	–		
52,5 N	$\geq 0,02$	–	$\geq 5,25$	–
52,5 R	$\geq 0,03$	–		

6 lentelė. Naudojamų medžiagų kokybės įvertinimo koeficientų reikšmės

Medžiagos	A	A ₁
Aukštos kokybės (tankių uolienų skalda, optimalaus stambumo smėlis, aukštos klasės cementas, švarūs ir frakcionuoti užpildai)	0,65	0,43
Vidutinės kokybės (vidutinės kokybės užpildai, vidutinės klasės cementas)	0,6	0,4
Žemos kokybės (silpni stambūs užpildai, smulkus smėlis, žemos klasės cementas)	0,55	0,37

k_0 – koef., įvertinantis oro kiekį betono mišinyje, (parenkame iš 7 lentelės);

7 lentelė. Oro kiekį betono mišinyje įvertinančio koeficiento K_0 reikšmės

Betono mišinys	k_0 , kai			
	a	2 α	3 α	St=0
Be plastifikuojančio priedo	1	1	0,97	0,75
Su plastifikuojančiu priedu	1	0,95	0,9	0,7

Pagal vandens ir cemento santykį ir reikalaujamą konsistenciją parenkame vandens kiekį. Esant betono mišinio slankumas S4 ir didžiausio stambaus užpildo dalelių skerseniui $D_{\max} = 16$ mm, vandens kiekis iš lentės 1.7 buvo parinktas $V_0 = 185$ l;

8 lentelė. Vandens kiekis 1m^3 betono V_0 , l

Betono mišinio			Didžiausias stambumas D, mm								
Vebe klasė-	Slankumas	Sklidumas	žvirgždo					skaldos			
			V, s	S, mm	F, mm	4	8	16	32	63	4
≥ 31	-	-	160	150	135	125	120	170	160	150	135
30...21	-	-	170	160	145	130	125	180	170	160	145
20...11	-	-	175	165	150	135	130	185	175	165	150
10...6	-	-	185	175	160	145	140	195	185	175	160
-	10..40	-	200	190	175	160	155	210	200	190	175
-	50..90	-	210	200	185	170	165	220	210	200	185
-	100..150	350..410	215	205	190	175	170	225	215	205	190
-	160..210	420..480	225	215	205	190	180	235	225	215	200
-	-	490..550	230	220	210	197	185	240	230	220	207
-	-	560..620	234	224	214	207	189	244	234	224	210
-	-	≥ 630	237	227	218	213	192	247	237	228	213

Kadangi yra naudojamas superplastiklis, vandens kiekis yra mažinamas (0,80-0,90):

$$V = 0,9 \cdot V_0 = 0,9 \cdot 185 = 166,5 \text{ l}; \quad (239)$$

Apskaičiuojame cemento kiekį betono mišinyje:

$$C = \frac{V}{V/C} = \frac{165,5}{0,565} = 294,67 \text{ kg/m}^3; \quad (240)$$

Stambaus užpildo (granitinės skaldos) kiekis betono mišinyje:

$$St = \frac{1000}{\frac{T_{st} \cdot 2\alpha}{\rho_{pst}} + \frac{1}{\rho_{st}}} = \frac{1000}{\frac{0,38 \cdot 2 \cdot 1,33}{1,35} + \frac{1}{2,60}} = 882,3 \text{ kg/m}^3; \quad (241)$$

T_{st} – stambaus užpildo tuštumingumas (0,38);

ρ_{pst} – stambaus užpildo piltnis tankis (1,35kg/l);

ρ_{st} – stambaus užpildo dalelių tankis (2,60 kg/l).

α – stambaus užpildo dalelių praskyrimo koef., parenkamas iš lentelės pagal cemento kiekį ir V/C;

9 lentelė. Optimalios stambaus užpildo dalelių praskyrimo koeficiento α reikšmės.

Cemento kiekis, kg/m ³	V/C santykis					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	-	1,3	1,36	1,42	-
350	-	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,31	1,4	1,46	-	-	-
500	1,44	1,52	1,56	-	-	-
600	1,52	1,56	-	-	-	-

Pastaba: kadangi reikalingas cemento kiekis ir V/C santykis nesutampa su lentelėse pateiktomis reikšmėmis papildomai pasidarome papildomą 1.9 lentelę ir tarpines reikšmes suinterpoliuojame.

10 lentelė. Racionalaus stambaus užpildo dalelių praskyrimo koeficiento α suinterpoliuotos reikšmės.

Cemento kiekis, kg/m ³	V/C santykis		
	0,5	0,56	0,6
250	-	-	1,26
294,68	-	1,33	-
300	1,3	1,35	1,36

Smulkaus užpildo (smėlio) kiekis betono mišinyje:

$$Sm = \left[1000 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{St}{\rho_{st}} + V \right) \right] \cdot \rho_{sm} = \left[1000 - \left(\frac{294,68}{3,05} + \frac{882,34}{2,60} + 166,5 \right) \right] \cdot 2,6 = 1033,6$$

kg/m³; (242)

ρ_c – cemento tankis (3,05kg/l);

ρ_{sm} – smėlio dalelių tankis (2,6 kg/l).

Patikrinimas, betono mišinį sudarančių komponentų tūrių suma turi būti lygi 1000:

$$1000 = \frac{C}{\rho_c} + \frac{St}{\rho_{st}} + \frac{Sm}{\rho_{sm}} + V = \frac{294,64}{3,05} + \frac{882,34}{2,60} + \frac{1033,56}{2,6} + 166,5 = 1000; \quad (243)$$

Apskaičiuojame superplastiklio (Sika ViscocreteD190) kiekį:

Jis apskaičiuojamas imant $x=1,14\%$ nuo cemento kiekio, kiekis priklauso nuo to, kad užmaišyti tinkamos konsistencijos S4 slankumo mišinį, kuris nustatomas bandymais:

$$Sp = \frac{(x \cdot C)}{100} = \frac{(1,14 \cdot 294,68)}{100} = 3,36 \text{ kg}; \quad (244)$$

11 lentelė. 1m³ betono C 30/37 sudėtis

Medžiagos pavadinimas	Kiekis
Cementas	294,68 kg (0,096 m ³)
Vanduo	165,5 kg (0,165 m ³)
Stambus užpildas (granitinė skalda)	882,34 kg (0,339 m ³)
Smulkus užpildas (smėlis)	1033,56kg (0,397 m ³)
Superplastiklis (Sika ViscocreteD190)	3,36 kg
Greitiklis SikaRapid 1	3,36 kg
Stabilizatorius Sika Stabilizer4R	3,36 kg

3.5.6. Gamybinių pajėgumų skaičiavimas

Per metus yra dirbama 248 dienas. Gamyba vyksta viena pamaina, kurios bendra trukmė 8 h, (skaičiuojama taip, kad naudingas darbas sudaro 80% visos bendro darbo trukmės. Gauname, kad naudingų valandų yra $0,8 \cdot 8=6,4$). Gamybiniai pajėgumai pateikti 12 lentelėje

12 lentelė. Gamybiniai pajėgumai

Gaminys		G/b kolona	
Gamybos būdas		Stendinis	
Gaminio charakteristika	Betono klasė	C30/37	
	Betono tūris	1.43	
	Gaminio masė, kg	3857.50	
	Armatūros kiekis, kg	277.50	
Gamybinis pajėgumas	Per metus	m3	5682.18
		vnt	3968.00
	Per parą	m3	22.91
		vnt	16.00
	Per pamainą	m3	8.59
		vnt	6.00
	Per valandą	m3	1.79
		vnt	0.47

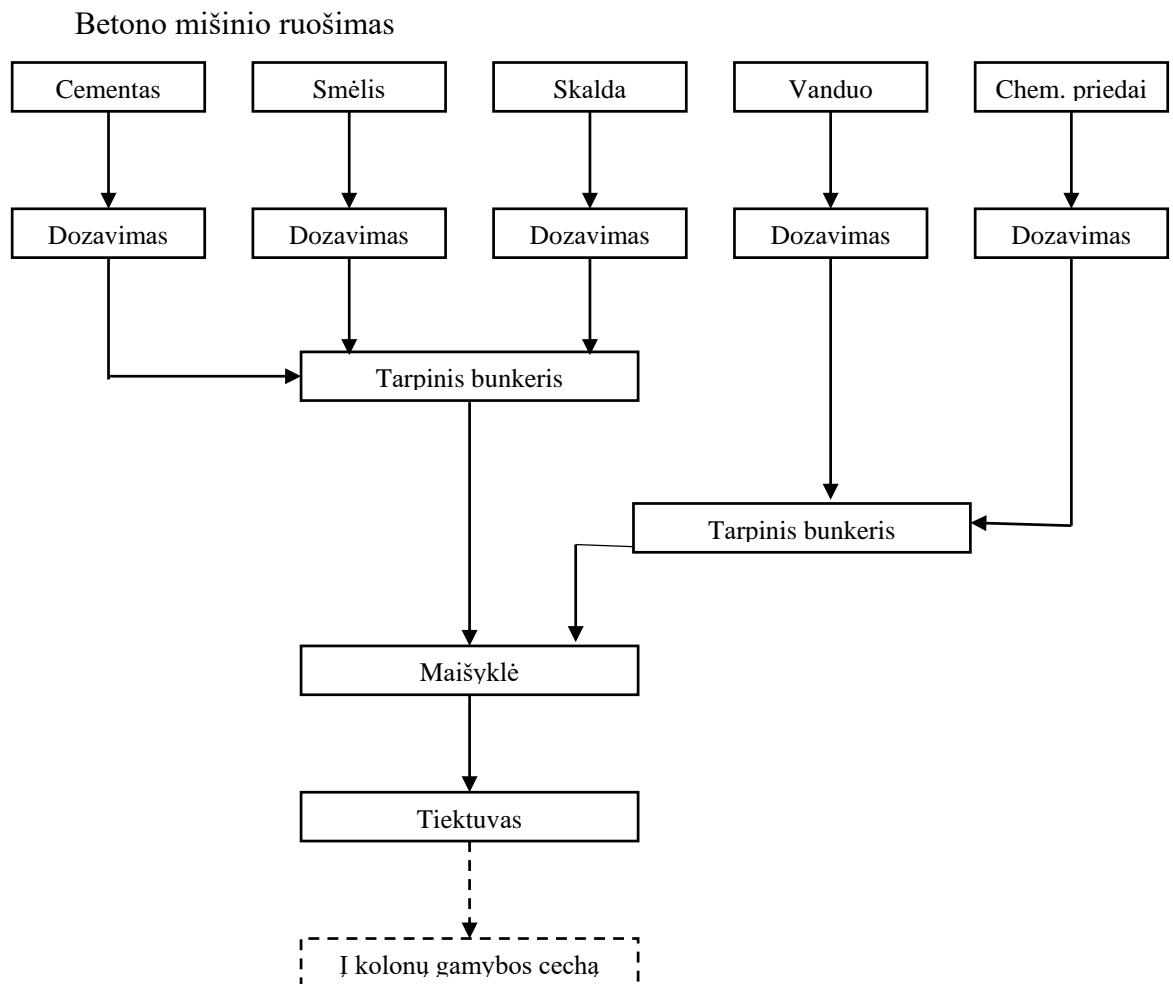
13 lentelė. Žaliavų poreikis, įvertinat projektinius gamybinius pajėgumus

Medžiaga		Sąnaudos per			
		valandą	pamainą	parą	metus
Betono mišinys, m ³	Be nuostolių	1.79	8.592	22.912	5682
	Su 1 proc. nuostoliais	1.81	8.68	23.14	5739.00
Cementas, t	Be nuostolių	0.69	4.39	4.39	1088.53
	Su 2 proc. nuostoliais	0.70	4.48	4.48	1110.30
Vanduo, tūkst. l(kg)	Be nuostolių	0.34	2.20	2.20	545.66
	Su 1 proc. nuostoliais	0.35	2.22	2.22	551.12
Stambus užpildas, t	Be nuostolių	1.19	7.62	7.62	1889.97
	Su 3 proc. nuostoliais	1.23	7.85	7.85	1946.67
Smulkusis užpildas, t	Be nuostolių	1.53	9.82	9.82	2434.50
	Su 3 proc. nuostoliais	1.58	10.11	10.11	2507.53
Superplastiklis (Sika viscocrete D190), t	Be nuostolių	0.01	0.09	0.18	43.54
	Su 1 proc. nuostoliais	0.01	0.09	0.18	43.98
Stabilizatorius (Sika stabilizer 4R), t	Be nuostolių	0.00	0.09	0.18	43.54
	Su 1 proc. nuostoliais	0.01	0.09	0.18	43.98
Greitiklis (Sika rapid 1), t	Be nuostolių	0.04	0.09	0.18	43.54
	Su 1 proc. nuostoliais	0.01	0.09	0.18	43.98
Armatūra, t	Be nuostolių	0.34	2.19	4.37	1084.50
	Su 5 proc. nuostoliais	0.36	2.30	4.59	1138.72

14 lentelė. Žaliavų sąnaudų poriekis, įvertinant metinius nuostolius

Medžiaga	Kiekis
Cemento, t	2668,6
Vandens tūkst. l	1493,04
Stambaus užpildo, m ³	2876,17
Smulkaus užpildo, m ³	3635,26
Armatūros, t	3012,38
Plastiklio, kg	1806,48
Greitklis, kg	1806,48
Stabilizatorius, kg	1806,48

3.5.7. Gelžbetoninių kolonų gamybos proceso technologijos aprašymas



17 pav. Betono mišinio C30/37 ruošimo schema

Ruošiant betono mišinį medžiagos turi būti dozuojamos pagal masę; išskyrus vandens, skystųjų priedų ir šių priedų vandeninių tirpalų dozavimas yra tūrinis. Dozavimo paklaida turi būti ne didesnė kaip:

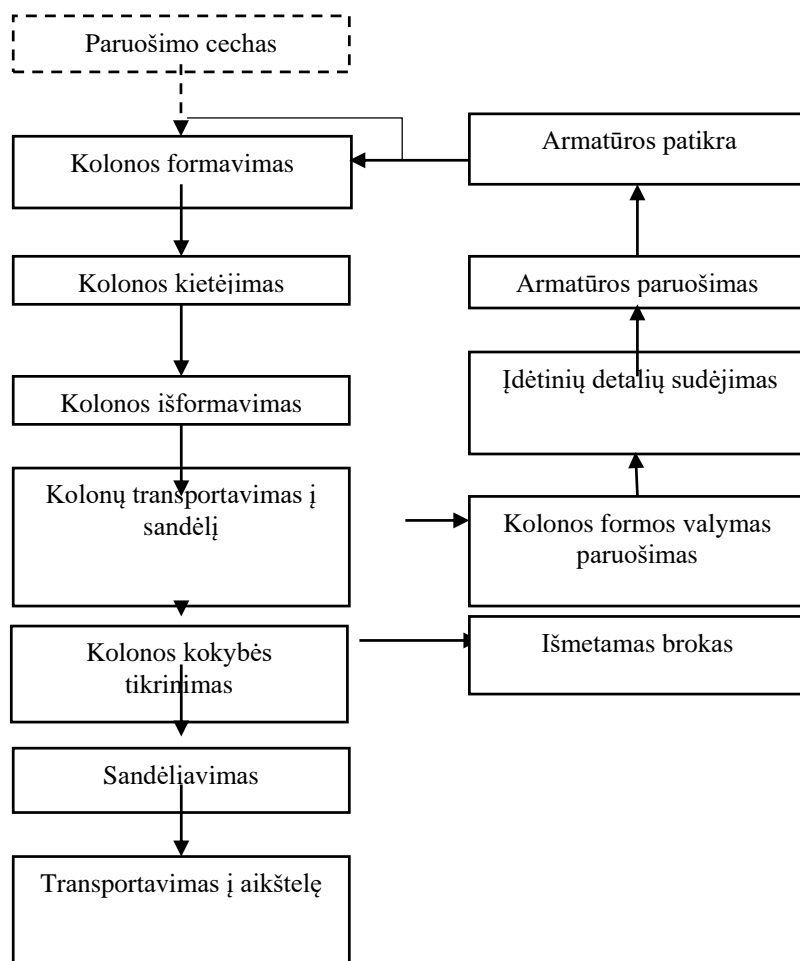
- cemento, vandens, užpildų ir priedų, kai jų kiekis $> 5\%$ nuo cemento masės, $-\pm 3\%$;
- priedų, kai jų kiekis $\leq 5\%$ nuo cemento masės, $-\pm 5\%$.

Nuo cemento, užpildų, vandens ir įvairių priedų dozavimo tikslumo priklauso betono mišinio kokybė. Net šiek tiek pakeitus medžiagų santykį, kinta stiprumas ir kitos sukietėjusio betono savybės.

Betono mišinys turi tenkinti tokius reikalavimus:

- 1) Garantuoti sukietėjusio betono reikiamą stiprį, tankį, vandens nepralaidumą, atsparumą šalčiui ir kitas deklaruojamas savybių vertes;
- 2) Neišsisluoksniuoti (išsisluoksniavimo laipsnis ne didesnis kaip 15%);
- 3) Turėti tinkama konsistenciją, kad gerai užpildytų formą ir tarpus tarp armatūros strypų;
- 4) Turėti tinkamai sudozuotus komponentus.

Kolonų gamybos cecho technologinė schema



18 pav. Gelžbetoninių kolonų standinio gamybos būdo technologinė schema

Kolonų formų paruošimas

Gaminių formavimo formos yra skirtos reikiamai formuojamo gaminio formai ir ilgiui išgauti, bei lygaus gaminio paviršiaus gavimui. Formų konstrukcija turi užtikrinti jų standumą, t. y. jos turi nesideformuoti, turi būti sandarios, kad neįvyktų cementinės tešlos ištekėjimas. Įmonėje yra 5 stendai, viename stende yra 5 formos. Gamykloje yra saugomos 4 atsarginės formos.

Formos paruošimas susideda iš kelių operacijų: formos montuojamos ant stendo, jos yra išvalomos, išsiurbiami likę sustingusio betono gabaliukai, išplaunamos ir išpurškiamos tepalu.

Formos ruošimo tepalas

Yra įvairių rūšių formų ruošimo tepalų - tai mineralinės alyvos ir aliejų pagrindo mišiniai. Visi jie gali būti naudojami kolonų gamyboje. Pastaruoju metu dėl aplinkos, sveikatos ir saugumo reikalavimų padidėjimo, pagrinde naudojami aliejaus mišinio pagrindu pagaminti klojinių tepalai.

Formų ruošimo tepalus galima skirstyti į tokias pagrindines grupes:

- grynas mineralines alyvas;
- chemiškai modifikuotus aliejus;
- mineralinės alyvos ir aliejų mišinius;
- emuliuotas mineralines alyvas;
- emuliuotus aliejus.

Formų tepalo klampumas paprastai turėtų būti $<15 \text{ mm}^2/\text{s}$, priešingu atveju, tepalo klampa tampa per maža ir tepalas pradeda tekėti į formos apačią. Natūralūs (nemodifikuoti) aliejai netinka aukštos kokybės betono gamybai dėl savo didelio klampumo. Grynos mineralinės alyvos neduoda cheminio atpalaidavimo efekto, dėl to jų reikia daug didesnio kiekio. Paprastai didelis kiekis pablogina galutinio produkto paviršiaus kokybę. Alyvomis išpurkštos formos turi techninio atpalaidavimo efektą t.y. formų ruošimo tepalas chemiškai reaguoja su betono paviršiumi ir lengviau įvyksta išformavimas (išėmimas iš formos).

Formų ruošimo tepalai turi didelį poveikį paviršiaus kokybei. Dėl produkto paviršiaus kokybės pagrindinė problema tampa per didelis alyvos kiekis, kai naudojama gryna mineralinė alyva. Geriausia paviršiaus kokybę normaliomis sąlygomis galima pasiekti naudojant emulsijas. Vanduo emulsijoje išgaruoja ir todėl galutinis klojinių ruošimo tepalo kiekis formoje bus palyginti mažas. Iš kitos pusės mažas atpalaidavimo medžiagos kiekis gali sukelti išformavimo (išėmimo iš formos) problemų. Betonai gali prikibti prie formos ir bus problematiškas jų išformavimas. Geriausias

rezultatas pasiekiamas, kai formos kaip reikiant išvalomos ir formų ruošimo tepalai yra vienodai išpurškiami į visas formos dalis. Optimalus tepalo kiekis priklauso nuo tepalo kokybės, o taip pat ir nuo formos ir betono rūšies.

Svarbu konkrečiai tepalo rūšiai parinkti tinkamą forsuoto pūtimo purkštuką. Priešingu atveju bus sunku išgauti vienodą tepalo sluoksnį. Klojinių ruošimo tepalas bus purškiamas prieš surenkant (sumontuojant) plieno armatūros ir išlietas detales. Projektuojamoje gamykloje bus naudojamas „FormWay 10“ formų tepalas, kurio pagrindinės charakteristikos surašytos lentelėje:

15 lentelė. Formos alyvos „FormWay 10“ charakteristikos.

Klumpumas, mm ² /s		Takumo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
12,0	3,0	≤36	≤106

Įdėtinių detalių sudėjimas

Įdėtiniu detalių sudėjimas susideda iš tokių etapų: į formų dugnų matricas sudedamos įdėtinės detalės, kurios prie formų dugnų pritvirtinamos plastmasiniais varžtais. Tarp formų sudedami sandarikliai, taip pat sudedami varžtai prie kurių bus tvirtinami kolonų tvirtinimo sistemos.

Armatūros paruošimas

Kolonomis naudojama įvairių skerspjūvių strypinė armatūra. Armatūrai reikalingi profiluočiai, stripynai, armatūros karkasai gaminami atskirame ceche, naudojant lankstymo, sandūrinio suvirinimo, erdvinio suvirinimo ir pjaustymo stakles.

Formavimas

Iš betono mišinio paruošimo cecho tiektuvu betonas transportuojamas į gamyklą ir supilamas į klotuvą. Betonas į formas paduodamas klojimo mašinos pagalba, kuri keliauja per visą formų stendą.

Kai reikia nutraukti ar sustabdyti liejimą dėl pamainos pasikeitimo ar pietų pertraukos, liejimo pertraukos laikas turėtų būti ribojamas iki 40 minučių.

Kietėjimas

Kadangi cemento kiekis didelis, kolonų gamyboje reikėtų vengti betono šiluminio (terminio) apdorojimo, paprastai dėl cemento hidratacijos, užtenka terminės energijos išsiskyrimo. Jei naudojamas terminis apdorojimas reikia daug priežiūros, didėja gaminio savikaina. Galima prieš

betono liejimą, betoną šiek tiek pašildyti (25-28 °C) ir svarbu jog šildomo betono temperatūra neviršytų 30 °C, nes tada dėl cemento egzoterminių reakcijų betonai kietėdamas viršys maksimalią leistiną kietėjimo metu temperatūrą 60 °C.

Jeigu bus taikomas terminis apdorojimas (žiemos metu) reikia taikyti įvairius atsargumo apdorojimus, net jei ir nėra temperatūrinio apdorojimo vis tiek betono temperatūros padidėjimas dėl egzotermijos turi būti kontroliuojamas. Vasaros metu net ir cemento hidratacijos šiluma gali pakelti betono temperatūrą virš leistino lygio. Šiltuoju metu kai betonai yra supiltas į formas technologinė linija uždengiama polietilenu plėvele ir papildomai ant jos uždengiamas tentas. Kai yra šaltesnis metas technologinė linija dar papildomai yra šildoma šilumos registru esančiu po linija, kuri neturi tiesioginio kontakto su formomis. Betonai formose kietėja ne mažiau kaip 16 h.

Pradinė betono temperatūra, betono pašildymas

Pradinė betono temperatūra neturėtų viršyti 30 °C. Aukštesnė pradinė temperatūra gali sudaryti mikro įtrūkimus, kurie vėliau gali turėti neigiamos įtakos gaminio ilgaamžiškumui. Pastebėta, kad kai betono temperatūra apie 30 °C žymiai padidėja vandens sąnaudos betono mišiniui paruošti, o didesnis vandens ir cemento santykis taip pat daro neigiamą poveikį betono ilgaamžiškumo savybėms (šalčio, susitraukimo atsparumo ir kt.).

Temperatūros išlaikymas

Turi būti tam tikras temperatūros išlaikymas prieš pradėdant betono terminį apdorojimą, kad neįvyktų rizika atsirasti mikro įtrūkimams. Rekomenduojamas išankstinis betono išlaikymo laikotarpis yra 3 valandos. Trumpesnis laikas priimtinas tik tuo atveju jei yra atlikti bandymai ir nustatyta, kad yra pakankamas stiprumo augimas. Tai priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip, cemento rūšis, kokybė, pradinė betono temperatūra, naudojami cheminiai priedai, o taip pat ir formavimo metu esančios betono temperatūros, armatūros bei aplinkos. Tačiau išankstinis betono išlaikymo laikas negali būti trumpesnis nei 2 valandos.

Temperatūros kėlimas

Temperatūros kėlimas turi vykti lėtai, taip kad tarp betono išorinio paviršiaus ir jo vidinių dalių išnyktų per didelių temperatūros gradientų riziką. Kuo didesni skirtumai, tuo didesnė tikimybė atsirasti įtempimams, kurie gali sukelti mikro įtrūkimus (krekingą). Temperatūros padidėjimas neturėtų būti didesnis kaip 15°C/h.

Leistina maksimali temperatūra

Gelžbetoninėse kolonose maksimali temperatūra kietėjimo metu pagal standartus negali viršyti 60 °C. Rekomenduojama 50 °C maksimali temperatūra, kuri taip pat priklauso nuo cemento cheminių savybių. Aukštesnės temperatūros padidina tikimybę atsirasti mikro įtrūkimams.

Temperatūros atleidimas

Temperatūros mažėjimas neturi sukelti didelių temperatūros gradientų, todėl maksimalus aušinimas neturėtų būti didesnis kaip 15 °C/h. Šis reikalavimas galioja prieš ir po išformavimo, tai reiškia, kad sandėliavimo laikas ceche turi būti pailgintas, kai lauke vėjuota ar šalta. Jei lauko temperatūra yra žemesnė nei +5 rekomenduojama kolonas po išformavimo viduje laikyti ne mažiau dvi paras.

Kolonų formų išformavimas:

Kai gelžbetonės kolonos yra pasiekusios transportavimo stiprį, formas po vieną nuleidžiamos žemyn, o kolona lieka ant stendo..

4. Technologinė ir organizacinė dalis

Technologinės linijos metinis pajėgumas $P_{st} = 8878 \text{ m}^3$

Stendinės technologinės linijos metinis gamybinis pajėgumas skaičiuojamas pagal formulę:

$$P_{st} = Q_{fpam} \cdot T_m = 35,8 \cdot 248 = 8878 \text{ m}^3 \quad (243)$$

T_m - metinis darbo laiko fondas dienomis ($T_m=248$ paros)

Gamybinės linijos pajėgumas per pamainą:

$$Q_{fpam} = \frac{n_{std.} \cdot V_g \cdot n_{g.eil.}}{A} = \frac{5 \cdot 1,432 \cdot 5}{1} = 35,8 \text{ m}^3 \quad (244)$$

Stendų skaičius:

$$n_{std.} = \frac{Q_{fpam} \cdot A}{V_g \cdot n_{f.eil.}} = \frac{35,8 \cdot 1}{1,432 \cdot 5} = 4 \text{ vnt} \quad (245)$$

$$V_g = v_g \cdot n_g = 1,432 \cdot 1 = 1,432 \text{ m}^3 \text{ kolonos telpančios į vieną padėklą tūris}; \quad (246)$$

$v_g = 1,432 \text{ m}^3$ - vienos kolonos tūris;

$n_g = 1 \text{ vnt}$ – kolonų telpančių vienoje formoje skaičius;

$n_{f.eil.} = 4 \text{ vnt}$ – formų skaičius stendinėje linijoje;

$$A = \frac{24}{\tau} = \frac{24}{16} = 1,5, \text{ priimu } 1,0 \text{ – Formų apyvartumas}; \quad (247)$$

$\tau = 16 \text{ val}$ – kolonos formoje išbuvimo laikas;

Priimu jog skaičiuojamoje linijoje bus 4 stendai po 4 formas.

4.1.1. Pagalbinių cechų ir gamybinių barų aprašymas

Cemento sandėlio talpa:

$$V_c = \frac{Q \cdot c \cdot n \cdot k_1}{T_{sk} \cdot k_2} = \frac{8967,18 \cdot 0,294 \cdot 5 \cdot 1,04}{248 \cdot 0,943} = 58,75t; \quad (248)$$

$Q = 8967,18 \text{ m}^3$ – betono paruošimo cecho metinis gamybinis pajėgumas su nuostoliais;

$c = 0,294 \text{ t}$ – cemento sąnaudos, reikalingos paruošti vienam m^3 betono mišinio;

$n = 5$ – norminė cemento atsarga dienomis;

$k_1 = 1,04$ – koeficientas, įvertinantis iškraunamo cemento galimus nuostolius;

$T_{sk} = 248$ – skaičiuojamasis darbo dienų skaičius metuose;

$k_2 = 0,943$ – technologinių įrenginių išnaudojimo koeficientas.

Cemento sandėlio talpa m^3 ;

$$V_{c(m^3)} = \frac{V_c}{\rho_{cp}} = \frac{58,75}{1,1} = 53,41\text{m}^3; \quad (249)$$

$\rho_{cp} = 1100\text{kg}/\text{m}^3$ - piltinis cemento tankis:

Parenku silosą, kurio skersmuo $D = 2,0\text{m}$, o aukštis:

$$h_s = \frac{V_{c(m^3)}}{\pi \cdot \left(\frac{D^2}{4}\right)} = \frac{53,41}{3,14 \cdot \left(\frac{3,0^2}{4}\right)} = 7,56\text{m} \approx 8,0\text{m}; \quad (250)$$

Į gamyklą cementą atvežame palaidą, specialiu autotransportu. Iškrovimui naudojame pneumatinį transportavimą. Cementą sandėliuojame metaliniuose cilindro formos silosuose. Jų parametrai: skersmuo $d = 2,0 \text{ m}$; aukštis $h = 8,0 \text{ m}$; tūris $V = 37,0 \text{ m}^3$; Reikalingi 2 silosai. Iš silosų srarigtiniu transporteriu transportuojame cementą į betono mišinių paruošimo cechą. Čia cementas tiekiamas į tarpinius bunkerius, o iš jų į dozatorius.

4.1.2. Užpildų sandėliai

Stambaus užpildo (granitinės skaldos) sandėlio talpa:

$$V_{st} = Q_{pst} \cdot n = 11,6 \cdot 5 = 58,0m^3; \quad (251)$$

$Q_{pst} = 11,6 \text{ m}^3$ – stambaus užpildo sąnaudos per pamainą su nuostoliais;

$n = 5$ – norminė užpildų atsarga sandėlyje dienomis, kai atvežama į aikštele savivarčiu;

Smulkaus užpildo (smėlio) sandėlio talpa:

$$V_{sm} = Q_{psm} \cdot n = 14,66 \cdot 5 = 73,29 \approx 74m^3; \quad (252)$$

$Q_{psm} = 14,66 \text{ m}^3$ – smulkaus užpildo (smėlio) sąnaudos per pamainą;

$n = 5$ – norminė užpildų atsarga sandėlyje dienomis, kai atvežama į aikštele savivarčiu;

Užpildai yra atvežami savivarčiais ir yra saugomi atvirose išbetonuotose aikštelėse. Sandėlys susideda iš trijų aikštelių. Vienoje jų laikome smulkų užpildą t.y. smėlį, o kitose stambūs užpildai pagal frakcijas. Stambaus užpildo aikštelės tūris apie $58,0m^3$, o smulkaus užpildo aikštelių tūris apie $74,0 \text{ m}^3$. Užpildai iš sandėlio į betono mazgo bunkerius pakraunami krautuvu.

4.1.3. Armatūros sandėlys

Sandėlio plotas:

$$F_s = \frac{Q_r}{q_r} \cdot k \cdot n = \frac{7,28}{1,2} \cdot 2 \cdot 10 = 121,4m^2 \quad (253)$$

$Q_r = 7,28 \text{ t}$ – armatūrinio plieno kiekis parai;

$q_r = 1,2 \text{ t/m}^2$ – sandėliavimo normos;

$k = 2$ koeficientas, įvertinantis sandėlio panaudojimą;

$n = 10$ – armatūros sandėliavimo dienų skaičius.

Armatūra turi būti laikoma uždaroje sausuose patalpose. Kadangi sandėlio plotas yra mažas, tai atskirą priestatą statyti būtų neekonomiška, tai tokiu atveju sandėlys bus pačiame ceche. Laikoma armatūra neturi užsiteršti ar surūdyti. Ceche armatūra laikoma dviejuose vietose: ant specialaus įrenginio, kuris paskirsto armatūros tiekimą ir nuošalesnėje sandėlio vietoje. Į gamyklą armatūra atsivežame autotransportu. Sandėlio plotas $122m^2$.

4.1.4. Produkcijos sandėlys

Gaminių produkcijos sandėlio plotas:

$$F_s = \frac{Q_n \cdot t_s \cdot k_1 \cdot k_2}{q_n} = \frac{35,8 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot 1,3}{1,4} = 997,28 \approx 1000m^2 \quad (254)$$

$Q_n = 35,8 \text{ m}^3$ –gelžbetoninių kolonų atvežamų į sandėlį per parą kiekis;

$t_s = 20$ –gelžbetoninių kolonų sandėliavimo trukmė, paromis;

$k_1 = 1,5$ – koeficientas, kuriuo įvertinamas didesnis sandėlio plotas, reikalingas takams įrengti;

$k_2 = 1,3$ – koeficientas, kuriuo įvertinamas didesnis sandėlio plotas, reikalingas kranui įrengti;

$q_n = 1,4$ – sandėlio 1 m^2 plote laikomas norminis gelžbetoninių kolonų kiekis, m^3 .

Gaminiai sandėliuojami tiek viduje tiek lauke. Gaminiai laikomi ant padėklų trimis aukštais sudėti vienas ant kito, iš viso sudėti trimis aukštais. Lauke bėginiais vežimėliais išvežami ir sandėliuojami taip pat. Po išformavimo jei lauko temperatūra yra žemesnė nei +5 rekomenduojama kolonas laikyti viduj ne mažiau kaip dvi paras. Kad kraunant vienus gaminius nebūtu apgadinti kiti tarp rietuvių paliekami tarpai. Rietuvėje apatinių gaminių eilė dedama ant 100x100 mm skerspjūvio tašelių. Tarp gaminių dedami mediniai 60x80 mm skerspjūvio tašeliai. Produkcijos sandėlio plotas 1000 m^2 .

4.1.5. Betono mišinio paruošimo cechas

Šis cechas susideda iš:

1. Medžiagų bunkerį
2. Juostinio transporterio
3. Tarpinių bunkerį;
4. Dozatorių;
5. Sudozuotų medžiagų bunkerio;
6. Maišytuvo;
7. Betono mišinio bunkerio;
8. Betono mišinio tiektuvo;

9. Užpildų lygio daviklių.

Iš birių medžiagų bunkerio juostinio transporterio pagalba medžiagos keliauja į tarpinius bunkerius. Dozatoriais sudozuojamas reikiamas medžiagų kiekis ir medžiagos nukeliauja į sudozuotų medžiagų bunkerį, o iš ten reikiamas medžiagų kiekis pakliūna į maišytuvą. Maišytuvui sumaišius mišinį, jis supilamas į tiektuvą ir keliauja į gamybos cechą. Tiek tiektuve tiek tarpiniuose bunkeriuose yra užpildo lygio davikliai kurie neleidžia, kad betono ar medžiagų būtų perdozuota per daug. Šiame ceche dirba dvi TPZ 1875 planetarinės maišyklės. Per valanda sumaišo 26,25 m³ betono mišinio.

Reikalingas betono maišytuvo našumas:

$$P_V = \frac{Q}{T_m \cdot T} \cdot k_1 \cdot k_2 = \frac{8878}{248 \cdot 6,4} \cdot 1,4 \cdot 1,2 = 9,39 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (255)$$

$Q = 8878 \text{ m}^3$ – cecho gamybinis pajėgumas per metus;

$T_m = 248 \text{ d}$ – metinis darbo laiko fondas dienomis;

$T = 6,4 \text{ val}$ – darbo valandų skaičius pamainoje;

$k_1 = 1,4$ – betono mišinio pareikalavimo netolygumo koeficientas;

$k_2 = 1,2$ – našumo atsargos koeficientas ($k_2 = 1,1$).

Vieno betono maišinio ruošimo ciklo trukmė:

$$t_c = t_p + t_m + t_i = 1,5 + 3,0 + 1,5 = 6 \text{ min} \quad (256)$$

$t_p = 1,5 \text{ min}$ – komponentų padavimo į maišytuvą trukmė, 1,0;

$t_m = 3,0 \text{ min}$ – komponentų sumaišymo trukmė;

$t_i = 1,5 \text{ min}$ – mišinio išpylimo iš maišytuvo trukmė, 1,0 min.

Maišinių skaičius per valandą:

$$n = \frac{60}{t_c} = \frac{60}{6} = 10 \quad (257)$$

Vieno ciklinio betono maišytuvo našumas :

$$N = \frac{V_m \cdot n \cdot \beta}{1000} = \frac{1875 \cdot 10 \cdot 0,7}{1000} = 13,125 \text{ m}^3/\text{h} \quad (258)$$

$V_m = 1875 \text{ l}$ maišytuvo talpa;

$n = 10$ – maišinių skaičius per valandą;

$\beta = 0,7$, betono mišinio išėigos koeficientas.

Reikalingas maišytuvų skaičius:

$$m = \frac{P_v}{N} = \frac{9,39}{13,125} = 0,72 \approx 1 \quad \text{priimu, kad ceche bus 2 maišytuvai;} \quad (259)$$

$P_v = 9,39 \text{ m}^3/\text{h}$ – Reikalingas betono maišytuvo našumas.

4.1.6. Gamybos kokybės kontrolė

Pirkėjas nustato stiprio gniuždant reikalavimus. Pagal Europos standartų reikalavimus kolonomis gaminti yra naudojamos šios betono stiprio gniuždant klasės: C30/37 ir C45/55. Bandant stiprį gniuždant reikia laikytis standarto EN 123090-1.

Bandymų periodiškumas gali būti keičiamas, bet ši procedūra įrodė įrodė savo patikimumą kai:

- pradinis gniuždomasis stipris bandomas kasdien po 16 val. kietėjimo, bandant 2 kubus/cilindrus
- gniuždomasis stipris nustatomas kasdien bandant po 7 parų kietėjimo 2-3 kubus/cilindrus
- gniuždomasis stipris nustatomas kasdien bandant po 28 parų kietėjimo 2-3 kubus/cilindrus

Pradinis gniuždomasis stipris naudojamas tikrai atsparumo lygiui kontroliuoti. Stiprio gniuždant klasė nustatoma bandymais atliktais po 28 parų kietėjimo.

Be to, ponustant gniuždamąjį stiprį po 7 parų kietėjimo galima nustatyti gaminio tinkamumą pateikti realizacijai, jei jis pasiekė didesnę nei 85 proc. projekcinį stiprį.

Akivaizdus įtrūkimo tikrinimas

Kolonos yra tikrinamos vizualiai pvz. išformuojant. Neturi būti pastebėta jokių matomų įtrūkimų. Jei pastebimi matomi įtrūkimai, reikia nustatyti trūkinėjimo priežastį. Kolonos bus išbrokuotos arba mažus įtrūkimus galima bus pataisyti pvz. Jei pirkėjui priimtina – injektavimo metodu.

Atsparumas šalčiui ir kontrolinis ištraukto oro kiekis betono mišinyje

Atsparumo šalčiui bandymas reikalingas tose ES šalyse, kuriuose jis reglamentuojamas adaptuose šalies standartuose. Bandymą galima atlikti panaudojant vandenį arba natrio chlorido tirpalą. Tačiau, griežtesnės sąlygos (natrio chlorido tirpale) bandyme yra pagrįstos, kadangi įprastinis užšaldymo atšildymo bandymas (naudojant vandenį) labai geras eksploatacines savybes turinčiam betonui užima labai daug laiko. Bandymams gali būti naudojamas betonas tiek su papildomai įtraukto oro kiekiu tiek ir be. Pastaruoju atveju oro kiekis neturėtų būti per daug didelis, priešingu atveju būtų

sunku įvykdyti gniuždomojo stiprio reikalavimus. Paprastai 3-5 % oro kiekio pakanka. Tai reikėtų patvirtinti bandymais. Jei yra naudojami orą įtraukiantys priedai, tai turėtų būti kontroliuojamas oro kiekis šviežiame betono mišinyje. Matavimas rekomenduojamas kas 4 valandos. Jei oro išsiurbimas nenaudojamas, oro kiekis turėtų būti matuojamas bent jau kartą per dieną.

Vandens įgėrio bandymas

Be užšaldymo – atšildymo bandymų sukietėjusio betono kokybę galima nustatyti vandens įgerties bandymais. Šiuos bandymus galima naudoti kartu su užšaldymo atšildymo bandymais. Atsaprumo šalčiui ciklų skaičių poreikį nustato pirkėjas arba valstybiniai standartai.

Vandens įgėrimo bandymo nauda yra jo greitumas. Bandymo rezultatus galima gauti per 1-2 savaites; užšaldymo atšildymo bandymai užima keletą mėnesių. Iš kitos pusės, vandens įgerties bandymai duoda tik netiesioginius betono ilgaamžiškumo parodymus. Europos standartas (prEN 13230) aprašo paprastą vandens įgeriamumo bandymą. Šiame bandyme papildomai matuojamas betono kapiliarinis poringumas. Pagal standartą poringumas turi būti mažesnis arba lygus 12%.

Kolonų periodinė kontrolė

Produktų privalomųjų rodiklių kontrolė atliekama pagal Lietuvos respublikos aplinkos ministro įsakymą „dėl reglamentuojamų produkto sąrašo“ Nr., D1-444 2005-09-16 bei LST EN 13230-1:2007, LST EN 13230-2:2003, bei ĮST 1081114-1:2006 reikalavimus.

16 lentelė. Gamybos kokybės kontrolė

Kontroliuojami parametrai	Kontrolės metodas	Ribos	Kontrolės apimtis, periodiškumas	Kas pildo
Betono mišinio komponentai				
Užpildų drėgnumas	LST 1413.10:1997	-	Kasdien	Laborantas
Užpildų granulometrija	LST EN 933-1:2002/A1:2005	-	Vieną kartą per savaitę	Laborantas
Užpildų užterštumo molio ir dulkių priemaišos	LST EN 12620:2003+A1:2008	Smėlis 0/4 <3% Skalda 2/8 < 1,5% Skalda 2/16 < 1,5%	Vieną kartą per savaitę	Laborantas
Betono priedai	LST EN 934-2:2003/A2:2006	-	Pradedant naudoti naują talpą	Betono mišinio paruošimo cecho darbuotojas
Betonas				
Betono mišinio slankumas	LST EN 206-1:2002/A2:2005	50-90 mm	Kiekvienai technologinei linijai	Laborantas

Oro kiekis betono mišinyje	LST EN 206-1:2002/A2:2005	3-4%	Kiekvienai technologinei linijai	Laborantas
Betono mišinio temperatūra betonuojant	Matavimas	$\leq 30^{\circ}\text{C}$	Kiekvienai technologinei linijai	Laborantas
Betono mišinio maišymo temperatūra	Vizualiai	$\leq 30^{\circ}\text{C}$	Kiekvienam maišyklės maišymui	Betono gamybos padalinio vadovas
Vandens/cemento santykys	LST 1635:2002	Mažesnis negu 0,45	Kiekvienam maišyklės maišymui	Betono gamybos padalinio vadovas
Betono mišinio komponentų dozavimas	Vizualiai	Cementas, vanduo, užpildai $\pm 3\%$, priedai $\pm 5\%$	Kiekvienam maišyklės maišymui	Betono gamybos padalinio vadovas
Betono kietėjimo temperatūra	Matavimas	Ne daugiau kaip 60°C	Kiekvienai technologinei linijai	Kokybės vadybininkas
Apspaudžiamasis betono stipris	LST EN 12390-3:2003	Ne mažiau 30MPa	Kiekvienai technologinei linijai	Laborantas
Betono stipris po 7 parų	LST EN 12390-3:2003		Vieną kartą per dieną labor, sąlygomis (po 3 bandynius); atmosferos sąlygomis (po 2 bandynius)	Laborantas
Betono stipris po 28 parų	LST EN 12390-3:2003	$\geq 37\text{MPa}$		Laborantas
Betono atitikties kontrolė	LST EN 206-1:2002/A2:2005	-	Kiekvienai gamybos dienai	Kokybės vadybininkas
Armatūra				
Padėtis kolonoje	DI-8.2-05	Bendras centro nuokrypis ne didesnis $\pm 3\text{ mm}$, o atskiros vijos $\pm 6\text{ mm}$	-	Laborantas
Neatitiktys, neatiktinis produkto žymėjimas				
Neatitinkančių reikalavimams kolonų žymėjimas	DI-8.3-01; 1	F7.5-	-	Pastoviai Laborantas, Kokybės vadybininkas
Neatitiktinio produkto registravimas	-	-	-	Pastoviai Laborantas, Kokybės vadybininkas
Technologinio proceso ir įrangos kontrolė	DI - 8.2-01	-	-	Pastoviai Visi, pastebėję trūkumus

17 lentelė. Produktų privalomųjų rodiklių kontrolės periodiškumas:

Pavadinimas	Operacijų tipas	Pagrindinės techninės charakteristikos	Matmenys, mm		
			ilgis	aukštis	plotis
Maišyklė Haarup 1500	Betono mišinio maišymas	Maksimalus medžiagų pakrovimas - (1500/2400)l/kg; Sutankinto betono kiekis (išeiga) - 1000 l; Variklio galingumas - 45 kW; Maišyklės žvaigždžių skaičius - 2; Maišymo menčių skaičius - 4 (2 ant 2); Šoninių grandiklių skaičius - 1;	-	-	-
Betono mišinio transportavimo įrenginys Conflex CF 1500	Betono mišinio transportavimas	Įkrovos kiekis - 1500/2400 l/kg; Bunkerio tūris - 1730 l; Greitis (hidraulinė pavarą)- 0 – 2,8 m/s; Posvirio kampas - 6° / 10,5 (° / %)	2530	1343	2055
Automatizuota betono mišinio padavimo įranga EB-2340	Paduoda betoną į klotuvą	Talpa – 2.0 m ³ ; Betono išpylimo greitis – 500 l/min; Galia – 16 kW, 400 V, 50 Hz;	-	-	-
Betono klotuvas Slipformer T-20	Kloja betoną į formas	Talpa – 1500 m ³ ; Visas svoris – 5800 kg; Kabelio būgno svoris – 2640 kg; Kabelio būgno ilgis – 130 m; Galia – 41 kW; 400 V, 50 Hz; Klojimo greitis – 1,2-1,8 m/min;	3000	1560	1700
Formos valymo ir tepalo tepimo mašina BedMaster EL-411	Išvalo stendą, išpurškia formas tepalu.	Laisvo judėjimo greitis – 1,25 m/s; Valymo greitis – 0,5 m/s; Tepimo greitis – 1 m/s; Tepalo bako talpa – 60l; Vandens bako talpa – 50l; Valymo šepetio skersmuo – 700 mm; Valymo šepetio ilgis – 1300 mm; Svoris – 5300 kg; Galia – 33 kW;	4210	2200	1700
Tiltinis kranas ZLK 10 t	Perkeliami įrenginiai ir gaminiai	Keliamoji galia - 10 t; Krano judėjimas greitis – 40 m/min; Vežmėlio judėjimo greitis – 32 m/min; Kėlimo greitis – 12,5 m/min	24000	3000	1500

18 lentelė. Pagrindinės įrengimų charakteristikos

Pavadinimas	Operacijų tipas	Pagrindinės techninės charakteristikos	Matmenys, mm		
			ilgis	aukštis	plotis
Maišyklė Haarup 1500	Betono mišinio maišymas	Maksimalus medžiagų pakrovimas - (1500/2400)l/kg; Sutankinto betono kiekis (išeiga) - 1000 l; Variklio galingumas - 45 kW; Maišyklės žvaigždžių skaičius - 2; Maišymo menčių skaičius - 4 (2 ant 2); Šoninių gramdiklių skaičius - 1;	-	-	-
Betono mišinio transportavimo įrenginys Conflex CF 1500	Betono mišinio transportavimas	Įkrovos kiekis - 1500/2400 l/kg; Bunkerio tūris - 1730 l; Greitis (hidraulinė pavara)- 0 – 2,8 m/s; Posvirio kampas - 6° / 10,5 (° / %)	2530	1343	2055
Automatizuota betono mišinio padavimo įranga EB-2340	Paduoda betoną į klotuvą	Talpa – 2.0 m ³ ; Betono išpylimo greitis – 500 l/min; Galia – 16 kW, 400 V, 50 Hz;	-	-	-
Betono klotuvai Slipformer T-20	Kloja betoną į formas	Talpa – 1500 m ³ ; Visas svoris – 5800 kg; Kabelio būgno svoris – 2640 kg; Kabelio būgno ilgis – 130 m; Galia – 41 kW; 400 V, 50 Hz; Klojimo greitis – 1,2-1,8 m/min;	3000	1560	1700
		Svoris – 2495 kg; Pjovimo gylis – 0-42 cm; Disko diametras – 800-900 mm; Disko sukimosi greitis – 1240 rpm;			
Formos valymo ir tepalo tepimo mašina BedMaster EL-411	Iišvalo stendą, išpurškia formas tepalu.	Laisvo judėjimo greitis – 1,25 m/s; Valymo greitis – 0,5 m/s; Tepalo bako talpa – 60l; Vandens bako talpa – 50l; Valymo šepetio skersmuo – 700 mm; Valymo šepetio ilgis – 1300 mm; Svoris – 5300 kg; Galia – 33 kW;	4210	2200	1700
Tiltinis kranas ZLK 10 t	Perkeliami įrengimai ir gaminiai	Keliamoji galia - 10 t; Krano judėjimas greitis – 40 m/min; Vežymėlio judėjimo greitis – 32 m/min; Kėlimo greitis – 12,5 m/min	24000	-	-

Gamybos organizavimo dalis

Gamybos procesas - tai toks procesas, kai medžiagos ir žaliavos paverčiamos gaminiais. Gamybos procesas susideda iš eilės žaliavų ir medžiagų perdirbimo stadijų ir palaipsniui tampa gatava produkcija, ir vadinamas gamybos proceso ciklu.

Projekto aiškinamajame rašte turi atsispindėti technologinio proceso nuoseklumas, medžiagų ir darbo jėgos poreikavimas.

Gelžbetonės kolonos gaminamos stendiniu būdu, priimama jog per metus dirbama 248 darbo dienų. Per savaitę yra dirbama 5 dienas po 8 valandas, o iš jų $8 \cdot 0,8 = 6,4$ naudingų valandų.

4.1.7. Operacijų trukmių grafiko sudarymas

Operacijų trukmių grafike technologinis procesas suskaidytas į atskiras operacijas, nurodant jų atlikimo eiliškumą ir trukmę. Čia taip pat pateiktos elementaraus ciklo trukmės, darbininkų ir įrengimų užimtumas. Technologinių operacijų trukmės priimtos atsižvelgiant į gamybos linijos ritmą. Stendinės linijos taktas (ritmas) yra atvirkštinis dydis gamybos tempui T .

Stendinės linijos ritmas:

$$r = \frac{1}{T} \cdot n \cdot m = \frac{60}{3,91} \cdot 5 \cdot 5 = 384 \text{ min}; \quad (260)$$

$T = 3,91$ vnt./h – gamybos tempas;

$n = 3$ vnt. - gaminių skaičius stendo ilgyje;

$m = 4$ vnt. - gaminių skaičius stendo plotyje.

5. Ekonominė dalis

19 lentelė. Reikalingas energijos kiekis 1m³ gaminio gamybai

Energijos rūšis	Kiekis 1m ³ gaminio pagaminti	Energijos vieneto kaina €
Elektros energija kW/h:	33,00	0,08
Vanduo nekanalizuojamas, m ³	0,18	0,63
Vanduo kanalizuojamas, m ³	0,12	0,61
Tepalas, kg	1,4	0,88

Įmonėje gamybiniame ceche dirba 8 darbuotojai:

Vienas darbuotojas penktos kategorijos, du darbuotojai ketvirtos kategorijos, keturi darbuotojai trečios kategorijos ir du darbuotojai antros kategorijos. Atlyginimai pagal kategorijas 16 lentelėje.

20 lentelė. Gamyklos darbuotojų atlyginimai pagal kategorijas

Kategorija	I	II	III	IV	V	VI
Vidutinis mėnesinis atlyginimas dirbant 168 val. Per mėnesį.	565,0	650,0	720,0	830,0	980,0	1150,0

Kolonos K-1 gamybos kaštų sąmata detalizuojama 21 lentelėje.

21 lentelė. Kolonos K-1 gamybos kaštų suma

Eil. Nr	Pavadinimas	Matavimo vnt.	Gamybos kaštai per metus			Gaminio m ³ gamybos kaštai	
			Kiekis	Vnt, kaina be PVM	Suma, €	Kiekis	Suma, €
	2	3	4	5	6	7	8
	Pagrindinės medžiagos						
	Cementas 30/37 R	t	1110,30	63,30	70 281,99	0,34	21,52
	Pelenai	t	111,03	8,56	950,16	0,08	0,68
	Žvirgždas fr. 4/16	m ³	1946,67	12,34	24 021,98	0,51	6,29
	Smėlis fr. 0/1	m ³	1253,76	3,15	3949,35	0,08	0,25
	Smėlis fr. 0/4	m ³	1253,76	3,15	3949,35	0,63	1,98
	Vanduo	m ³	1136,40	0,63	715,68	0,18	0,11
	Armatūra	t	1138,72	721,20	821 244,86	0,043	30,81
	Plastiklis „Sika ViscoCrete D190“	kg	43 980,60	1,78	78 285,47	4,92	8,76
	Stabilizatorius (Sika stabilizer 4R)	kg	43 980,60	1,93	84 882,55	2,3	4,439
	Greitiklis (Sika rapid 1)	kg	43 980,60	1,72	75 646,63	1,64	2,8208
					1 163 923,15		174,98
2	Pagalbinės medžiagos	€	5% nuo pagr.medž.		58 196,15		8,74
3	Transporto išlaidos	€	6% nuo pagr.medž.		69 835,38		10,49
	Kuras ir energija						
4	Elektros energija	kWh	253605,00	0,08	21302,82	33,00	2,77
	Vanduo kanalizuojamas	m ³	922,20	0,61	746,98	0,12	0,10
	Tepalas	kg	10759,00	0,88	9467,92	1,40	1,23

21 lentelės tęsinys

5	Pagr. darbo užmokestis	€			59630,4		4,10
6	Papild. darbo	€	8% nuo pagr. darb .užm.		6019,2		0,78
7	Socialinis draudimas	€	31% nuo viso darb užm.		40972		5,33
8	Kiti tiesioginiai gamybos kaštai	€	20% nuo pagr darb užm.		15048		1,95
9	1m ³ gaminio savikaina	€					210,50
10	Gaminio savikaina	€	1,43m ³				530,46
11	Pardavimo kaina	€	10% antkainis				583,46
12	Pardavimo kaina su PVM	€					706,04

22 lentelė. Gamybinio cecho darbuotojų atlyginimai

Darbuotojų skaičius	Pareigybės	Matavimo vnt	Mėnesio atlyginimas	Metų atlyginimai
1	Gamybos vadovas V	€	1150,0	13800,0
1	1 Operatorius III	€	720,0	8640,0
1	1 Betonuotojas III	€	720,0	8640,0
1	2 Betonuotojas III	€	720,0	8640,0
1	1 Armatūrininkas IV	€	830,0	9960,0
1	2 Armatūrininkas IV	€	830,0	9960,0
			Viso:	59640,0

Įmonėje taip pat dirba administracinis personalas, kurį sudaro penki žmonės.

23 lentelė. Administracijos darbuotojų atlyginimai

Darbuotojų skaičius	Pareigybes	Matavimo vnt	Mėnesio atlyginimas	Metu atlyginimai
1	Direktorius	€	1395,5	16746,0
1	Buhalterė	€	930,0	11160,0
1	Sekretorė	€	728,0	8736,0
1	Konstruktorius/projektuotojas	€	950,5	11406,0
1	Pardavimų vadybininkas	€	740,2	8882,4
			Viso:	56930,4

Statinio statybos kaina apskaičiuojama pagal sustambintus statybos darbų kainų normatyvus. Tokiu būdu įvertinama orientacinė skaičiuojamoji statybos kaina, reikalinga projekto įgyvendinimui, investicijų poreikiui. Reikalingi statybos kaštai grindžiami sąmatine dokumentacija: objektinėmis, lokalinėmis, suvestinėmis sąmatomis, įrengimų, medžiagų, darbo užmokesčio poreikių žiniaraščiais. Apskaičiuota reikalinga investicijų suma projekto įgyvendinimui negali skirtis daugiau nei 20 % nuo tikslios statinio statybos kainos.

Statinio statybos kaina susideda iš dviejų stambių išlaidų grupių: tiesioginių ir netiesioginių išlaidų. Netiesiogines išlaidas sudaro pridėtinės išlaidos ir pelnas, o tiesiogines išlaidas – statinio statybos darbų išlaidos, darbo užmokestis, socialinis draudimas, išlaidos medžiagoms ir mechanizmams.

24 lentelė. Lokalinė sąmata Nr. 02. Lauko inžineriniai tinklai

Eil. Nr.	Darbų pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis (atstumas)	Vieneto metro kaina, €	Sąmatinė kaina
1.	Vandentiekio tinklai	m	42,11	169,7	7146,06
2.	Nuotekų šalinimo tinklai	m	40,47	120,8	4888,77
3.	Elektros perdavimo kabelių linijos	m	52,12	41,3	2152,56
4.	Ryšių kabelių linijos	m	25,91	60,5	1567,55
5.	Dujų tinklai	m	49,11	63,4	3113,57
Viso:					18 866,57

25 lentelė. Lokalinė sąmata Nr. 03. Vidaus inžineriniai tinklai

Eil. Nr.	Darbų pavadinimas	Mato Vienetai	Statybos montavimo darbai	Inžinerinių tinklų kaina
1.	Šildymas 3,5 %	€	607 697,75	14 805,4
2.	Vandentiekis 2 %	€	607 697,75	8960,22
3.	Nuotekų šalinimas 1,5 %	€	607 697,75	6345,17
4.	Elektra 5 %	€	607 697,75	21 150,57
5.	Vėdinimas ir kondicionavimas 1,5 %	€	607 697,75	6245,17
Viso:				58 306,54

26 lentelė. Objektinė sąmata

Lokalinės sąmatos	Darbų pavadinimas	Sąmatinė vertė, €		
		Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Iš viso
Nr. 01	Bendrastatybiniai darbai	607 697,75	-	607 697,75
Nr. 02	Lauko inžineriniai tinklai	19 650,12	-	80 780,75
Nr. 03	Vidaus inžineriniai tinklai	49 107,14	-	155 013,30
Nr. 04	Administracinio pastato statyba	94 224,66	-	94 224,66

Viso pagal sąmatą:

937 714,44

27 lentelė. Gamybinių patalpų bendrastatybinių darbų kaina

Eil. Nr.	Rodiklis	Mato vnt.	Reikšmė
1.	Statybos montavimo darbų kaina	€	607 697,75
2.	Pastato patalpų bendras plotas	m ²	1507,0
3.	Vieno m ² statybos montavimo kaina	€	403,25

Skaičiuojant bendrastatybinių statybos darbų kainą nurodoma, koks resursų poreikis yra reikalingas pastatui pastatyti. Prie statybos darbų kainos papildomai pridedama po 3% mechanizmų ir medžiagų vertės, už sezoninius darbus darbo užmokestis padidinamas 15 %, o už specifinius padidinamas – 17 % . Papildomas darbo užmokestis padidinamas 8 % priimant socialinio draudimo išlaidas 31 % nuo visos darbo užmokesčio sumos. Tiesioginėms išlaidoms priskiriamos statybvietės išlaidos, kurios – įvertinamos 9 % nuo statinio statybos išlaidų. Netiesioginėms išlaidoms priskiriamos pridėtinės išlaidos - 30 % nuo viso darbo užmokesčio sumos ir 5 % pelno, kuris skaičiuojamas nuo tiesioginių ir pridėtinių išlaidų sumos. Apskaičiavus visą statybos darbų kainą pridedamas pridėtinės vėtės mokestis, kuris šiuo metu sudaro 21 %.

Atlikus sąmatinius skaičiavimus nustatyta, jog gamybiniam ir administraciniam pastatams pastatyti reikalinga – 937 714,44 € suma, technologinės įrangos kaina sudaro dar papildomus 734 324,44 €.

Eil. Nr.	Statybos darbai	Sąmatinė vertė			
		Statybos montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	Iš viso
I	Statybos sklypas			17 615,00	17 615,00
II	Statybos sklypo paruošimas			9853,12	9853,12
III	Statybos statyba ir įrengimas	937 714,44			937 714,44
IV	Projektavimo ir inžinerinės paslaugos 5%			46 885,70	46 885,70
4.1	Projektavimo darbai 72%			33 757,20	33 757,20
4.2	Techninė priežiūra 14%			6563,90	6563,90
4.3	Autorinė priežiūra 7%			3281,95	3281,95
4.4	Ekspertizė 7%			3281,95	3281,95
V.	Kitos išlaidos 3%			1406,55	1406,55
VI.	Užsakovo rezervas			46 885,70	46 885,70
	VISO:	937 714,44	734 324,44	74 353,04	1 746 391,88

5.1. Gamybinės linijos techniniai – ekonominiai rodikliai

29 lentelė. Gamybinės linijos techniniai – ekonominiai rodikliai gaminant koloną K-1

Eil.nr	Rodiklio pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
1	Gamybinis plotas	m ²	1507,0
2	Metinis įmonės našumas:		
	a.) produkcijos apimtis	m ³ /vnt	5682,0/3968,0
	b.) pinigine išraiška	€	1404525,5
3	Pagrindiniu dirbančiųjų skaičius	žm.	6
4	Išdirbis:		
	a) produkcijos apimtimi	m ³ /žm	947
	b) pinigine išraiška	€/žm	234 087,5
5	Gaminio savikaina:		
	a) vieneto	€/vnt	530,46
	b) metine	tukst. €	2 103 040,0
6	Pelnas:		
	a) vieneto	€	53,0
	b) metinis	€	210 304,0
7	Gamybos rentabilumas	%	10 (%)

Metinis gamyklos pelnas gaminant kolonas :

210 304,0 €

(261)

Taip pat numatoma parduoti apytiksliai 2200 m³ prekinio betono, kurio savikaina siektų 30,85 €, o pardavimo kaina sudarytų 43,0 € + PVM. Numatomas metinis pelnas parduodant prekinį betoną:

$$2000 \text{ m}^3 \cdot (43,0 - 30,85) = 24\,300 \text{ €} \quad (262)$$

Bendras metinis numatomas gamyklos pelnas:

$$210\,304 + 24\,300 = 234\,604 \text{ €} \quad (263)$$

Bendros Investicijos į gamyklos įrengimą: 1 746 391,36 €

Planuojama investicijų grąža:

$$\frac{\text{Investicijos}}{\text{metinis pelnas}} = \frac{1\,746\,391,36}{234\,604,0} = 7 \text{ metai ir 4 mėnesiai}$$

6. Darbo sauga ir aplinkos apsauga

Bendroji informacija

Projektuojamoje gamykloje bus gaminamos gelžbetoninės kolonos. Naudojamos žaliavos gamyboje yra serifikuotos ir paruoštos tinkamam, saugiam gamybos procesui. Cementas ir pelenai į jiems skirtus silosus ir iš jų į betono maišyklę transportuojami suspaustu oru. Plieninės detalės ir armatūra skirta kolonoms gamykloje perkeliama tiltiniu kranu tam skirtoje zonoje.

Gamybinių patalpų grindys yra ženklinamos horizontaliuoju ženkliniu, nurodančiu saugias pėsčiųjų judėjimo zonas. Gamybinėse ir pagalbinėse patalpose aiškiai matomose vietose pakabinami evakuacijos planai bei įrengiami ženklai, padedantys žmonėms evakuotis pavojaus atveju. Lengvai prieinamoje vietoje įrengiamos pirminės gaisro gesinimo priemonių laikymo vietos su gesintuvais ir nedegiu audeklu.

Cemento ir pelenų dulkės gamybos metu gamykloje tiesiogiai neveikia nė vieno dirbančio darbuotojo. Mineraliniai užpildai sandėliuojami atviruose sandėliuose lauke ir nesudaro potencialaus pavojaus darbuotojų saugai ir sveikatai. Cheminiai betono priedai gamybos procese naudojami automatizuotos dozavimo įrangos pagalba ir tiesioginio sąlyčio su žmogumi neturi. Gamybos proceso metu siekiama užtikrinti saugias darbuotojų darbo sąlygas. Darbuotojai dirba prie formavimo stalų, darbo metu naudoja smulkius elektrinius įrankius t. y. akumuliatorinį suktuvą, diskinį pjūklą. Operatorius valdymo pultu valdo tiltinį kraną. Visi darbuotojai yra aprūpinami asmeninėmis apsaugos priemonėmis: darbo rūbais (puskombinezonis ir švarkas), darbo batais, šalmais, apsauginiais akiniais, ausų kištukais, prištinėmis.

Sanitarinės zonos dydis

Projektuojant naują pramoninį pastatą ir vertinant jo įtaką aplinkai būtina nustatyti sanitarinės zonos dydį. Tai svarbu padaryti dėl to, jog būtų apsaugota gamyklos aplinka bei žmonių sveikata nuo taršos. Konkrečiu atveju sanitarinės zono dydis nustatomas pagal teisės aktų nustatytus sanitarinės apsaugos zonų dydžius. Įvertinus komercinės veiklos rūšį nustatyta, jog sanitarinės apsaugos zona betoninių statybos produktų gamyklai yra 500 metrų.

6.1. Potencialūs rizikos veiksniai skirtingų technologinių operacijų metu

Cemento transportavimas:

Kolonų gamykloje cementas atvežamas automobilineis cementovežiais ir iškraunamas į cemento silosą. Iškvėmimą atlieka pneumatiniai įrenginiai, kurie suslėgtu oru transportuoja cemento daleles į cemento silosą.

Orui suslėgti naudojami kompresoriai, kurių eksploatavimo metu atsiranda potenciali rizika juos aptarnaujantiems asmenims dėl šių priežasčių:

- padidėjusio oro slėgio proveržio;
- galimo sprogo išsiplėtimo inde;
- elektros nuotekio tikimybės;
- neteisingo įrenginių sumontavimo ir judančių mechanizmų

Betono mišinio ruošimas:

Betono mišinys gaminamas betono paruošimo mazge. Šiame poste nuolat dirba tik operatorius, prižiūrintis technologines operacijas maišymo proceso metu. Kiti darbuotojai šiose patalpose lankosi epizodiškai, aptarnaudami technologinę įrangą. Potencialią riziką darbuotojų saugai ir sveikatai gali sukelti betono užpildų ir jų transportavimo įrenginiai, betono maišyklė, įrangos keliamas triukšmas ar dėl technologinių operacijų kylanti dulkės.

Gaminių formavimas:

Gamybos procese naudojami smulkūs elektriniai įrenginiai, betono tiektuvas, klotuvas, tiltiniai kranai. Tiltiniai kranai yra valdomi kranų operatoriaus, betono tiektuvas valdomas betono mazgo operatoriaus, betono klotuvą valdo betonuotojas.

Rizikos veiksniai darbuotojų sveikatai: elektros srovės nuotekis, mechaninis kūno dalių pažeidimas, triukšmas.

Gaminių transportavimas į gaminių sandėliavimo aikštelę:

Pagaminta produkcija išformuojama, iškeliamą iš formavimo stalo ir tiltinio kraną pagalba transportuojama iki išvežimo vežimėlio. Darbo rizikos veiksniai gaminių išformavimo ir transportavimo sandėliuoti metu:

- triukšmas;
- galimas kritimas iš aukščio;
- nepalankios metrologinės sąlygos;
- prispaudimas ir kiti mechaniniai sužalojimai.

6.2. Priemonės galima rizikai išvengti

Rišamųjų medžiagų transportavimas:

Avarijai išvengti kompresoriuose ir vamzdynuose, kur naudojamas suslėgtas oras, montuojami apsauginiai vožtuvai. Ši apsaugos priemonė slėgiui pasiekus ribinę vertę automatiškai atsidaro ir sumažina slėgį sistemoje. Įrenginiuose, kur naudojamas suslėgtas oras sumontuojami manometrai, kad darbuotojai galėtų įvertinti esamą sistemos būklę. Adekvačiai reaguojant į manometrų parodymus galima užkirsti kelią potencialiai avarijai. Mechanizmų, dalys, kurios gali įkaisti darbinio režimo metu, turi apsaugines reles, kurios išjungia mechanizmus užkirsdomos kelią perkaitimui. Technologinę įrangą prižiūri ir aptarnauja kvalifikuoti meistrai, turintys leidimus ir kvalifikacinius atestatus užsiimti šia veikla.

Betono mišinio ruošimas:

Operatorius, valdantis, betono maišymo procesą apsaugomas nuo trumpojo jungimo srovės, visa įranga montuojama su įžeminimu, įrengiami elektros srovės automatiniai kirtikliai su srovės nuotėkio relėmis. Įrengimų dalys, kurios gali sužeisti darbininką aptveriamos apsauginiais skydais ar tvorelėmis. Potencialiai pavojingose zonose įrengiami įspėjamieji ženklai, įrengti evakuavimosi ženklai. Patalpose įrengtas dirbtinis apšvietimas ir šildymo/vėdinimo sistema.

Gaminių formavimas:

Darbuotojai dirbdami technologinėje linijoje maksimaliai apsaugomi nuo galimų pavojų. Jiems suteikiamos asmeninės apsaugos priemonės, t. y. darbo batai, puskombinezonis, švarkas, darbo pirštinės, šalmas, apsauginiai akiniai, ausų kištukai klausos apsaugojimui nuo triukšmo. Visi įrengimai įžeminti ir apsaugoti nuo srovės nuotėkio. Gamybos ceche ant grindų įrengiamas horizontalus ženklinimas išskiriant saugias pėsčiųjų zonas. Judant tiltiniui kranui įjungiamas šviesinis signalas, įspėjantis, jog būtina saugotis judančių ir kabančių gaminių ar kitų daiktų.

Visi valymo ir remonto darbai atliekami tik išjungus elektros srovę ir prie įjungimo skydo pakabinus lentelę su užrašu: "Nejungti. dirba žmonės".

Gaminių transportavimas į gaminių sandėliavimo aikštelę:

Elektros srovės, terminių ir cheminių nudegimų poveikio rizika pašalinama reguliariai tikrinant autokrautuvo techninę būklę, atliekant autokrautuvo pagrindinių mazgų (stabdžiai, įspėjamieji signalai ir t.t.) patikrinimą prieš darbą. Darbininkai apsisaugo nuo triukšmo naudodami ausų kištukus.

Darbo higiena ir buitis

Gamybos metu darbuotojai saugomi nuo pavojaus rizikos veiksnių, susijusių su jų profesija, arba ši rizika sumažinama iki minimumo, vadovaujantis darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymu. Darbo vietoje darbuotojui sudaromos saugios ir nekenksmingos darbo sąlygos.

29 lentelė. Esminiai darboviečių higienos reikalavimai

Parametrai	Reikalavimai
Uždarytųjų darbo vietų ir statybos aikštelių vėdinimas	Uždarose patalpose turi būti pakankamai šviežio oro, o jeigu yra dirbtinė vėdinimo sistema, ji turi būti paminėta darbo reglamente. Vėdinimo sistemos turi nesukelti diskomforto.
Temperatūra	Temperatūra darbo vietose turi atitikti darbo pobūdį ir būti tinkama žmonėms. Poilsio, budėjimo, sanitarinėse patalpose temperatūra turi atitikti specialiųjų patalpų reikalavimus. Langai neturi praleisti per didelio saulės šviesos srauto. Normatyvinis dokumentas: HN 69:2003
Natūralus ir dirbtinis apšvietimas	Darbo vietos turi būti kuo ilgiau apšviečiamos natūralios šviesos ir aprūpintos pakankamu dirbtiniu apšvietimu. Apšvietimo įrenginiai turi nekelti pavojaus. Pavojingos darbo vietos turi būti aprūpintos avariniu apšvietimu. Apšvietimas turi užtikrinti pakankamą kontrastą tarp ekrano ir toliau esančių įrenginių. Normatyvinis dokumentas: HN 98:2014

Vėdinimas:

Mikroklimatas darbuotojų darbo aplinkoje turi atitikti HN 69:2003 normos reikalavimus. Pastate įrengtas natūralaus pritekėjimo ir priverstinis mechaninis vėdinimas. Gamybinėse patalpose įrengiama mišri vėdinimo sistema. Priverstinis mechaninis vėdinimas įrengiamas operatorinėje, buitinėse patalpose, taip pat ir gamybinėse patalpose mechaniškai išpučiant užterštą orą iš patalpų naudojant ventiliatorius. Yra užtikrinama, kad tiekiamas oras į patalpą ir iš kitų patalpų atitekantis oras turi būti švaresnis už aptarnaujamos patalpos orą. Ventilaicinės sistemos našumas parenkamas pagal individualų gamybos poreikį. Šviežias oras tiekiamas į patalpas pro ventiliacines groteles užtikrinant, jog nebus sudaromi skersvėjai ar kitaip sukeliamas diskomfortas darbuotojams.

Temperatūra:

Gamybinių patalpų šiluminė aplinka palaikoma pagal darbo sunkumą ir jo kategoriją. Nustatoma vidutinio sunkumo – IIa darbo sunkumo kategorija. Šaltuoju metų laiku gamykoje

palaikoma darbo patalpų temperatūrą - 18-20 °C , drėgmė - 40 – 60%, oro judėjimo greitis 0,2 m/s. Šiltuoju metų laiku darbo patalpų temperatūrą - 21-23 °C , drėgmė - 40 – 60%, oro judėjimo greitis $\leq 0,4$ m/s. Betono magzo operatoriaus patalpoje ir gamybos vadovo kabinete sumontuota oro kondicionavimo sistema.

Apšvietimas:

Patalpų apšvietimas turi atitikti HN 98:2014 normos reikalavimus. Statybos produkcijos gamybos darbai priklauso VIII regėjimo darbo grupei, A pogrupiui. Šios grupės patalpoms taikomas darbo paviršių apšviestumas $E=75$ Lx.

Gamybos ceche numatomas mišrus apšvietimas. Natūralus apšvietimas numatomas projektuojant pastatą, statybos proceso metu įrengiant langus esančius išorinėse pastato atitvaruose. Bendrasis dirbtinis apšvietimas įrengtas visose patalpose.

Triukšmas ir vibracija:

Triukšmo poveikio lygis darbo patalpose neturi viršyti viršutinės ekspozicijos vertės veiksmams pradėti - 85 dBA bei didžiausios akimirkinės garso slėgio vertės $p_{\text{peak}} = 200$ Pa (140 dB (C)).

Gamybos metu didžiausias triukšmas keliamas lokaliai naudojant smulkius elektrinius įrankius ar kitus mechaninio apdirbimo įrankius. Triukšmą taip pat sukelia tiltinio kranų ir betono tiektuvo judėjimas. Darbininkai dirbantys prie įrengimų aprūpinami asmeninėmis klausos apsaugos priemonėmis. Gamyboje naudojamas susitankinantis betonas, todėl formavimo stalas nėra vibruojamas visu savo plotu, o tai užtikrina vibracijos žmogui poveikio nebuvimą ir triukšmo sumažinimą.

6.3. Gaisrinė sauga

Esminiai gaisrinės saugos aspektai statomai gamyklai:

- statinio laikančiosios konstrukcijos atitinka REI 60 klasę ;
- ribojamas ugnies bei dūmų plitimas statinyje;
- ribojamas gaisro plitimas į gretimus statinius;
- pastato statybai naudojamos tik nedegios ir kiek įmanoma mažiau dūmus skleidžiančios medžiagos;
- Įrengiami evakuacijos planai, gesinimo priemonės koridoriuose, evakuaciniai ženklai;
- Įrengiama gaisrinės saugos ir gaisro gesinimo sistema;
- užtikrinamas saugus ugniagesių gelbėtojų darbas.

Gaisrinė statinio sauga užtikrinama tokiomis priemonėmis kaip tikslinius statinių išdėtymu sklype, statybos produktų parinkimu, projektinių sprendimų priėmimu, inžinerinių sistemų parinkimu. Sklype įrengiamas gaisrinis hidrantas, užtikrinantis reikiamą vandens debitą gaisro gesinimo atveju. Atsižvelgiant į gaisro riziką, atskiri reikalavimai gali būti taikomi visam pastatui ir atskiroms jo patalpoms.

Visi statinio priešgaisriniai sprendimai turi tenkinti teisės aktų reikalavimus. Pastate numatoma įrengti automatinę sprinklerinę gaisro gesinimo sistemą. Pagal gamybos plotą bei technologinės linijos išdėstymą parenkamas ir gesinimo priemonių kiekis bei jų išdėstymas.

Gamybinėse patalpose numatomi ir rankiniu būdu valdomos gesinimo žarnos, ir gesintuvai, kuriais galima pasiekti reikiamą gamyklos tašką ir vietiškai lokalizuoti kilusį gaisrą. Šiems įrenginiams numatytas didesnis vandens debitas nei kitiems gamykloje veikiančioms vandens tiekimo įrenginiams. Gesintuvas turi būti apsaugotas nuo tiesioginių saulės spindulių, o taip pat atitrauktas ne mažiau kaip per 1 m nuo šildymo įrenginių bei pakabintas žemiau nei 1,5 m nuo grindų. Atidarytos durys turi netrukdyti paimti gesintuvo. Gesinimo priemonės ir įranga privalomai ženklinami ir laikomi lengvai prieinamose ir gerai matomose vietose.

Veiksniai, lemiantys gaisro kilimą ir plitimą priklauso nuo gaisro pobūdžio, plitimo intensyvumo, oro pateikimo į gaisro zoną, pastato atitvarų ir konstrukcijų atsaparumo ugniai, gaisro signalizacijos ir gesinimo sistemos veikimo, dūmų šalinimo sistemos įrengimo. Žmonių, esančių gamykloje, saugumo užtikrinimui numatomos gaisro aptikimo sistemos bei efektyvi autonominė gaisro gesinimo sistema. Numatomos priemonės, kuriomis būtų ribojamas gasras į gretimas patalpas. Šiam tikslui įrengiami vožtuvai ventiliacijos sistemoje, kad ugnis neplistų kanalais tarp patalpų, durys ir kitos varstomos atitvaros tarp patalpų įrengiamos nedegios ir ribojančios dūmų plitimą į kitas patalpas.

Gamyklos teritorijoje gaisro gesinimo priemonėms laikyti įrengiami specialūs skydai. Juose turi būti laikomi: 2 vienetai 6 kg milteliniai ABC tipo gesintuvų, 2 kibirai, smėlio dėžė ir kastuvai, nedegus audeklas, 2 laužtuvai, 2 kirviai. Skydai ir standai turi būti įrengti lengvai prieinamose ir gerai matomose vietose, netoli nuo išėjimų iš patalpų. Prie skydo ar stendo turi būti įrengta smėlio dėžė. Prie dėžės su smėliu privalo būti kastuvai. Dėžės su smėliu arba sorbentu turi būti įrengiamos galimo ypač degių, labai degių ir degių skysčių nuotėkio vietose. Smėlio dėžė įrengiama taip, kad į ją nepatektų kritulių ir būtų patogų kasti smėlį. Gamybinėse patalpose numatomi 2 vienetai 6 kg miltelinių ABC tipo gesintuvų. Taip pat įrengiamas gaisrinis čiaupas, kuriame saugomos žarnos ilgis yra 30 m. Įvairios talpos indai ir inventoriūs dažomas raudonai.

Išvados

1. Suprojektuota gamykla gelžbetoninių kolonų gamybai Gamyklos metinis našumas siekia 3968 vnt., o kolonos gaminamos stendiniu būdu. Remiantis metiniu našumu, parinkta technologine įranga, sudaryta įrenginių judėjimo ciklograma bei operacijų trukmių grafikais gamykloje per parą pagaminama 16 kolonų.
2. Įvertinus investicijų dydį ir maksimalų gamybos pelningumą, gamykla turėtų atsipirkti per 7 metus 4 mėn..
3. Planuojama gauti pajamas ne tik iš gelžbetoninių gaminių pardavimo, tačiau ir iš prekinio betono mišinio pardavimo. Numatomas metinis pelnas iš prekinio betono mišinio pardavimo yra 26730 €.
4. Gamyboje planuojama eliminuoti betono sutankinimo metodą vibratoriais naudojant susitankinantį betono mišinį.
5. Įvertinti profesinės rizikos veiksniai ir sudarytos saugios darbo sąlygos gamyklos darbuotojams. Darbuotojai aprūpinami asmeninėmis apsaugos priemonėmis.

7. Mokslinis tiriamasis darbas

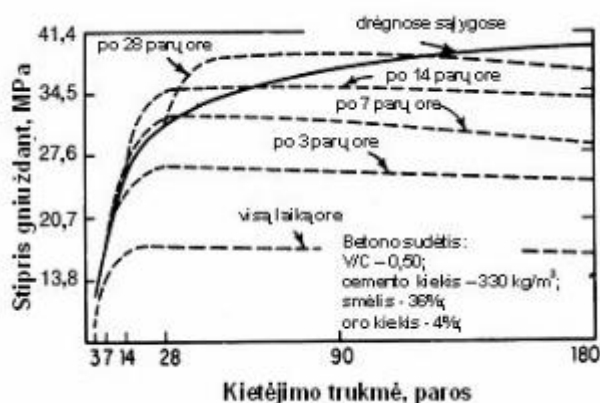
Betono kietėjimo trukmės tyrimai ir jos pagreitinimo būdai yra mano mokslinio tiriamojo darbo dalies esmė. Šios darbo dalies tikslas ištirti betono kietinamo šutinimo kameroje ir betono įmaišų (greitiklių) įtaką ankstyvajam betono gniuždymo stipriui. Mokslinis tiriamasis darbas susideda iš 6 dalių. Po įvado ir literatūros apžvalgos, trečiame skyriuje aprašytos medžiagos kurios buvo naudojamos tyrimams, ketvirtame skyriuje trumpai aprašyti betono ir cemento tyrimo metodai, penktajame pateikti tyrimo rezultatai iš kurių galima daryti išvadas apie kietėjimo greitinimo metodų įtaką betono gniuždomajam ir cemento stipriui. Šeštame skyriuje pateiktos apibendrintos darbo išvados.

7.1.1. Literatūros apžvalga ir darbo uždaviniai

Darbo tikslas yra – taikant įvairius tyrimų metodus ištirti kietėjimo greitiklių, bei šutinimo betono specialaus drėgminio ir temperatūrinio. režimo kameroje įtaką ankstyvajam betono stiprumui. Ankstyvąjį betono stiprį pasiekti per pirmąją parą yra svarbu norint pagdidinti surenkamo gelžbetonio formų apyvartumą, o vėliau gaminį išėmus iš formos, sandėliuoti iki pasieksi pakankamą stiprį tinkamą gaminį realizuoti.

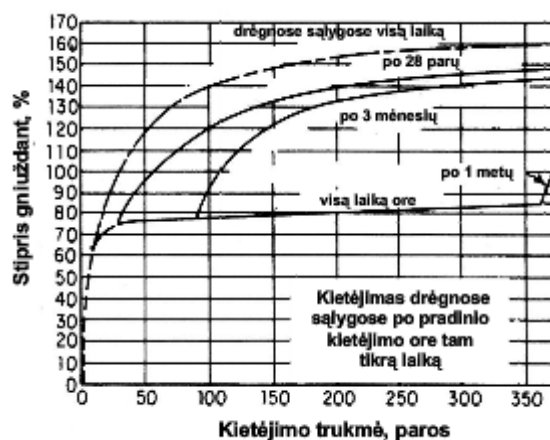
Cemento akmens kietėjimo intensyvumas

Literatūros apžvalgoje pateikiama praktikoje taikomi būdai betono kietėjimui. G. Skripkiūnas pateikia cemento kietėjimo greičiui didžiausią įtaką darančius faktorius. Labai didelę įtaką cemento akmens kietėjimo greičiui turi kietėjimo sąlygos. Cementas geriausiai kietėja vandenyje arba vandens garų prisotintoje aplinkoje (kai santykinė oro drėgmė daugiau nei 90 %). Ore, kurio santykinė drėgmė mažesnė nei 40-50 %, cementas beveik nustoja kietėjęs, nes iš kapiliarinių porų išgaruoja vanduo ir sustoja hidratacijos procesas. Cemento akmens išdžiovinimo įtaka jo stiprumui parodyta 2,1 pav., kuriame matome, kad, išėmus kietėjantį cemento akmenį iš drėgnos aplinkos į kambario drėgmės orą, jo kietėjimas po tam tikro laiko nebevysta.



19 pav. Cemento akmens išdžiovinimo įtaka stiprumui.

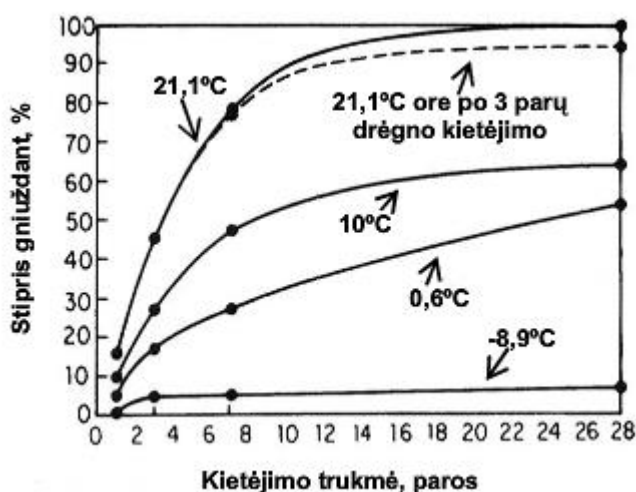
Sudrėkinus išdžiovintą cemento akmenį, cemento hidratacija vyksta toliau ir didėja cemento akmens stiprumas. Cemento akmens, laikyto sausame ore, sudrėkinimo įtaka stiprumui parodyta 2.2 pav.



20 pav. Cemento akmens sudrėkinimo įtaka stiprumui.

Norint gauti tankų ir stiprų cemento akmenį reikia apsaugoti jį nuo ankstyvo išdžiūvimo, jam kietėjant, bent pirmąsias 7-14 parų.

Mažėjant temperatūrai, cemento kietėjimo greitis mažėja, ir atvirkščiai. Palyginus su normaliomis kietėjimo sąlygomis (temperatūra apie 20° C), sumažėjus aplinkos temperatūrai iki 0-8° C, cemento kietėjimas sulėtėja 2-3 kartus. Šis sulėtėjimas tuo didesnis, kuo mažesnio aktyvumo cementas ir kuo didesnis vandens ir cemento (V/C) santykis. Cementinio akmens stiprumo sumažėjimas, kietėjant jam žemesnėse temperatūrose, parodytas 2.3 pav.



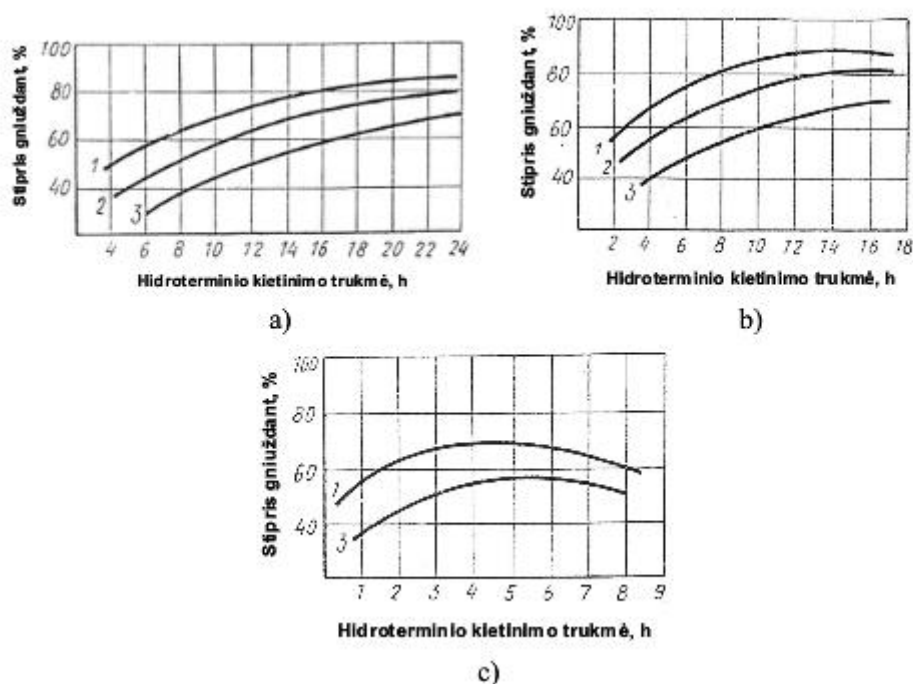
21 pav. Kietėjimo temperatūros įtaka cemento akmens stiprumui.

Žemesnėse temperatūrose galima naudoti greitai kietėjančius (padidinto ankstyvojo stiprumo) ir didelio aktyvumo (didelės stiprumo klasės) cementus arba specialius cheminius priedus – greitiklius.

Aukštesnėje temperatūroje (jau 30-40° C temperatūroje) cemento kietėjimas pagreitėja. Cemento kietėjimo procesas labai suintensyvėja 60-100 °C temperatūroje, ypač 175-200 °C temperatūroje, jeigu tokioje temperatūroje išlaikoma drėgna aplinka. Jeigu, kietėjant cementui aukštesnėje temperatūroje, išgaruoja vanduo, hidratacijos procesas ir kietėjimas sulėtėja. Išgaravus visam vandeniui, kietėjimo procesas visiškai sustoja.

Cementinių mišinių kietinimui aukštesnėse temperatūrose ir drėgnoje aplinkoje naudojami du hidroterminio kietinimo būdai – šutinimas ir autoklavinis kietinimas. Cementiniai mišiniai gali būti kietinami aukštesnėje temperatūroje iki 100 °C naudojant ir elektrinį šildymą, šildymą infraraudonaisiais spinduliais ar kitokį šildymą.

Šutinimo būdu mišiniai kietinami 50-90 °C temperatūroje vandens garų aplinkoje esant normaliam (atmosferiniam) slėgiui. Šutinant cementinius mišinius 80-90 °C temperatūroje 8-10 h, jų stiprumas pasiekia 60-75 % stiprumo, pasiekiamo kietėjant normaliomis sąlygomis 28 paras. Cemento akmens stiprumo didėjimas jį šutinant, esant skirtingoms temperatūroms, parodytas 2.4 pav.



22 pav. Cemento akmens stiprumo didėjimas šutinant jį a) 60°C temperatūroje, b) 80°C temperatūroje, c) 100°C temperatūroje.

Aukštesnė šutinimo temperatūra (80-100 °C) pagreitina cemento kietėjimą pradinio laikotarpio, tačiau vėliau gaunamas mažesnis stiprumas už tą, kuris pasiekiamas cementui kietėjant normaliomis sąlygomis. Šutinimas aukštoje temperatūroje teigiamai veikia pucolaninio bei šlakinio cementų kietėjimą.

Autoklavinis kietinimas atliekamas 8-16 at slėgyje 175-200 °C temperatūroje. Autoklavinio kietinimo metu cementas per 24 h įgauna beveik tokį pat stiprumą kaip normaliomis sąlygomis kietėjęs cementas per 28 paras.

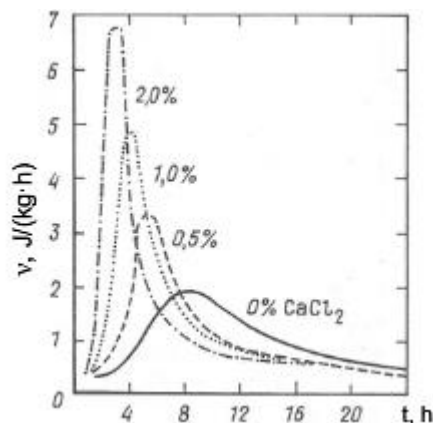
Neigiamose temperatūrose cemento kietėjimas sustoja, nes užšąla laisvasis vanduo ir sustoja cemento hidratacija. Be to, užšalant vandeniui pradėjusiam kietėti cemento akmenyje, vyksta destruktiniai procesai dėl užšalancio vandens tūrio didėjimo. Todėl atšildytas cemento akmuo kietėja toliau, tačiau neįgauna to stiprumo, kurį pasiekia normaliai kietėdamas. Cemento akmens stiprumo sumažėjimas priklauso nuo stiprumo, kurį jis būna pasiekęs užšalimo metu – kuo jis didesnis, tuo stiprumo sumažėjimas mažesnis. Cementinius mišinius galima naudoti neigiamose temperatūrose pridėdant į juos specialių cheminių priedų – prieššaltinių priedų.

Cheminiai priedai

Be išorinių veiksnių gerinančių kietėjimo sąlygas, betono kietėjimą galima paspartinti į sudėtį įmaišant cheminių priedų.

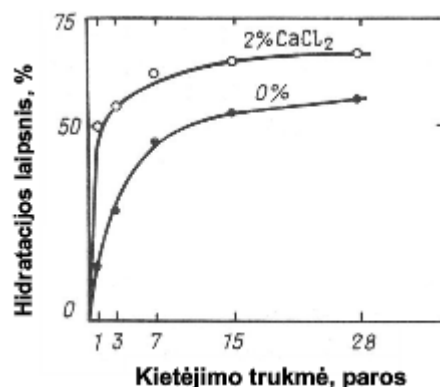
Kietėjimo greitikliai suintensyvina mišinio kietėjimą, tačiau nekeičia (negreitina) rišimosi pradžios. Jie naudojami betonuojant žemose temperatūrose. Kaip greitikliai naudojamos įvairios medžiagos, dažniausiai mineralinės drukos: kalcio chloridas, natrio chloridas, aliuminio chloridas, potašas, kalcio nitratas, natrio nitratas, formiatai, silikatai ir fluoro silikatai. Plačiai naudojamas kalcio chloridas, tačiau jis turi ir neigiamą poveikį, ypač armatūros korozijai sukietėjusiam mišinyje. Šiuo metu vis daugiau naudojama bechloridinių greitiklių

Kalcio chloridas greitina C_3S hidrataciją, sutrumpindamas indukcinį periodą. Indukcinio periodo sutrumpinimas galimas dėl solvatinių plėvelių suardymo ir difuzinių savybių pagerinimo. Dėl to pakinta šilumos išsiskyrimo (egzoterminės) kreivės.



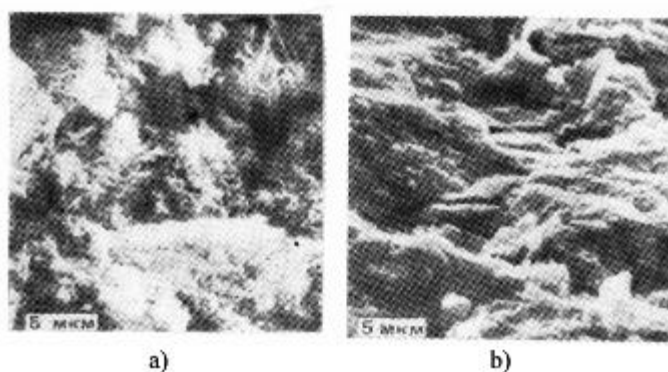
23 pav. Kalcio chlorido įtaka šilumos išsiskyrimui (egzotermijai) cemento hidratacijos metu.

Dėl indukcinio periodo sutrumpėjimo greičiau vyksta C_3S (trikalčio silikato, alito) hidratacija



24 pav. Kalcio chlorido priedo įtaka C₃S hidratacijos laipsniui

Kalcio chloridas keičia cementinio rišiklio hidratacijos produktų morfologiją – padidina hidratacijos produktų savitąjį paviršių, ir vietoje plaušelių pavidalo C-S-H kristalų susidaro plonų plokštelių formos kristalai (2.2.3. pav.), dėl to padidėja sukietėjusio mišinio stipris gniuždant pradiniu kietėjimo laikotarpiu. Kietėjimo greitis padidėja ir žemesnėse temperatūrose.



25 pav. Kalcio chlorido priedo įtaka cemento akmens mikrostruktūrai: a – be priedo; b – su kalcio chlorido priedu

Kalcio chloridas sukelia armatūros koroziją sukietėjusiuose mišiniuose dėl geležies oksido apsauginės plėvelės suardymo. Chloro jonai sudaro geležies chloridą, kuris tirpus vandenyje. Be to, kalcio chloridas sumažina skystosios terpės pH rišiklio mišinyje. Dėl poveikio armatūros korozijai ribojamas kalcio chlorido kiekis gelžbetonuose gaminiuose. Armuotuose gaminiuose kalcio chlorido turi būti ne daugiau 2 % rišiklio masės, o įtemptai armuotuose konstrukcijose arba leidžiami maži kiekiai, arba naudoti visiškai neleidžiama.

Naudojami ir bechloridiniai greitikliai: aliuminatai, sulfatai, formiatai, nitratai, nitritai, karbonatai, trietanolaminas, formaldehidas ir kt.

30 lentelė. Reikalavimai kietėjimo greitikliams (kai konsistencija ta pati) (LST EN 934-2)

Savybė	Reikalavimai
Stipris gniuždant	Esant 20 °C temperatūrai po 24 h bandomojo mišinio \geq 120 % lyginant su kontroliniu mišiniu; Esant 20 °C temperatūrai po 28 parų bandomojo mišinio \geq 90 % lyginant su kontroliniu mišiniu; Esant 5 °C temperatūrai po 48 h bandomojo mišinio \geq 130 % lyginant su kontroliniu mišiniu
Oro kiekis betono mišinyje	Bandomajame mišinyje \leq 2 % (tūrio) didesnis nei kontroliniame mišinyje, jeigu gamintojas nenurodo kitaip

Greitai kietėjantis (didelio ankstyvojo stiprumo) portlandcementis

Pasižymi dideliu ankstyvuoju stipriu (po 2-7 parų kietėjimo) ir intensyviu kietėjimu. Tai pasiekama smulkiau sumalus cemento klinkerį (iki 350-400 m²/kg savitojo paviršiaus) ir padidinus trikalcio silikato (iki 50-60 %) bei trikalcio aluminato kiekius (iki 8-12 %). Kitos šio cemento savybės panašios kaip ir portlandcemenčio. Greitai kietėjantis portlandcementis naudojamas surenkamų betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų gamybai ir betonavimui žiemos metu. Greitai kietėjantis cementas pasižymi dideliu šilumos išsiskyrimu kietėjimo metu (egzotermiškumu), todėl netinka masyvioms konstrukcijoms betonuoti.

7.1.2. Tyrimui naudotos medžiagos

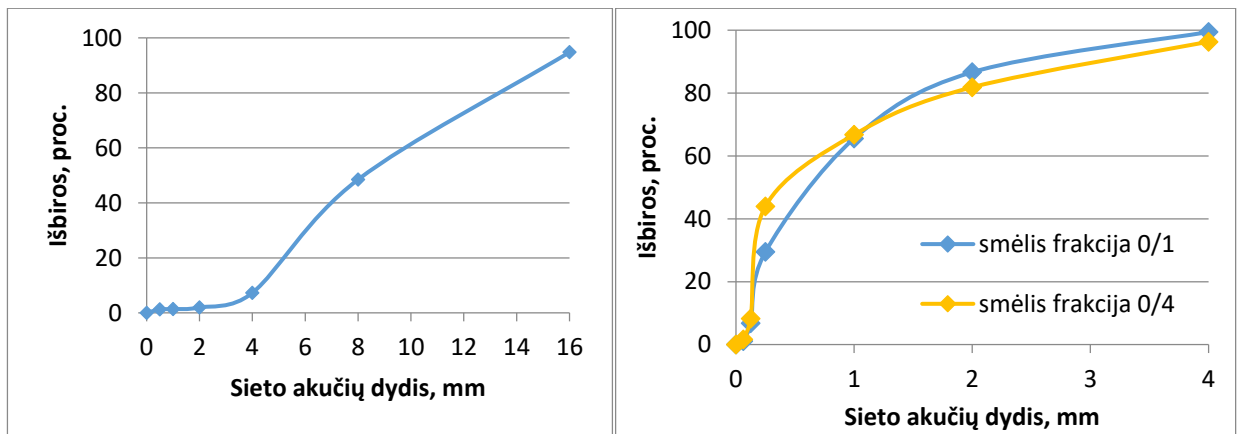
Cementas

Tyrimams buvo naudotas CEM II/A-LL 42,5 R (sudėtinis klintinis portlandcementis, didelės ankstyvojo stiprumo klasės) cementas, kuris gaminamas Švedijoje esančioje “ Heidelberg Cement group” koncerno gamykloje.

Šis cementas po 2 parų kietėjimo pasiekia 32 MPa gniuždymo stiprį, o po 28 parų kietėjimo – 54 MPa. Rišimosi pradžia 160 min. Šarmų kiekis skaičiuojant Na₂O ekvivalentu – 0,84%.

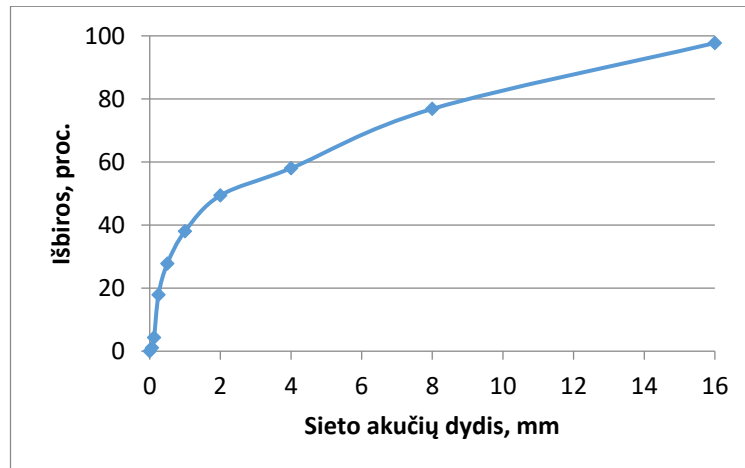
Užpildai

SSB mišiniuose buvo naudojamas 2 rūšių smulkus užpildas: 0/1 ir 0/4 frakcijos smėlis, bei stambus užpildas – 4/16 frakcijos žvirgždas. Užpildų granulimetrinės sudėties kreivės pateikiamos 19 pav.



26 pav. Smulkaus (kairėje) ir stambaus (dešinėje) užpildų granulimetrinės sudėties kreivės

Kad būtų gauta nenutrūkstama smulkaus ir stambaus užpildo granulimetrinė kreivė su didesniu smulkių dalelių kiekiu, atsižvelgiant į standarto LST 1974:2012 reiklavimus eksperimentiniu būdu buvo parinkti šie užpildų santykiai: smėlis 0/1 – 7%, smėlis 0/4 – 48% ir žvirgždas 4/16 – 45%. Suminė užpildų granulimetrinės sudėties kreivė pateikiama 27 pav.



27 pav. Suminė smulkaus ir stambaus užpildo granulimetrinė kreivė.

7.1.3. Cheminiai priedai

Betono kietėjimo greitiklis „Sika Rapid 1“

SikaRapid 1 yra betono bei cementinio skiedinio kietėjimo greitiklis. Priedas atitinka greitikliams keliamus reikalavimus pagal EN 934-2 standartą. Su SikaRapid 1 priedu efektyviai padidinamas ankstyvasis stipris, neįtakojant galutinio betono stiprumo klasės. SikaRapid 1 ypač tinka ten, kur reikalingas ankstyvasis stipris, nuo 6 iki 24 valandų laikotarpiu. SikaRapid 1 yra naudojamas prastiniuose betoniniuose ar gelžbetoniniuose gaminiuose, gaminant įtemptąjį gelžbetonį, gaminant prekinį betoną, kai reikalingas ankstyvasis klojinių nuėmimas, šaltuoju periodu, siekiant užtikrinti pakankamą stiprumo augimą, slenkančių klojinių betonavimo darbuose

gaminant prekinį betoną, kai reikalaujami minimalūs kietėjimo laikotarpiai ir terminai yra labia svarbūs.

SikaRapid 1 suteikia šiuos privalumus betono pagreitinto kietėjimo metu:

- Kai naudojami superplastikliai, SikaRapid 1, jienekeičia šviežio betono savybių;
- Pasiekiamas didesnis formų apyvartumas, gelžbetonio gamyboje;
- Ankstyvesnis įtemptos armatūros/vijų atleidimas įtemptose gelžbetoninėse konstrukcijose;
- Panaikinamas arba sumažinamas šiluminis kietinimas ar šutinimas;
- Greitas statybų procesas ir didelė ankstyvoji konstrukcijų laikančioji geba;
- Nuolatinis betonavimas esant žemai temperatūrai;
- Nėra neigiamo poveikio galutiniam stiprumui.

SikaRapid 1 sudėtyje nėra chloridų arba jokių kitų sudedamųjų dalių, kurios skatina plieno koroziją. Todėl jis yra tinkamas naudoti gaminant įprastines ar įtemptai armuotas gelžbetonines konstrukcijas. Atitinka EN 934-2 7 lentelės reikalavimus.

Techniniai SikaRapid 1 duomenys:

- Raudona spalva;
- Tankis: 1,17 kg/dm³ (20° C);
- pH: 9,0 +/-0,5;
- Chloridų kiekis <0,01 %;
- Šarmų kiekis <9,0 %;
- Dozavimas: 0,5 – 2,0 % nuo cemento masės;
- Suderinamumas: SikaRapid 1 gali būti naudojamas su daugeliu kitų Sika produktų. Šio priedo negalima naudoti kartu su plėtikliais ar susitraukimą kompernsuojančiais priedais. SikaRapid 1 maišomas kartu su vandeniu arba dozuojamas tiesiogiai į maišyklę ant drėgno betono mišinio. Taip pat priedą galima dozuoti į autobetonvežes statybos aikštelėje tiesiogiai prieš klojant betoną. Atkreipti dėmesį į kruopštų komponentų išmaišymą. Betono maišymo laikas – 1 minutė 1 m³ mišinio

Betono stabilizatorius Sika Stabilizer4R

Sika Stabilizer4R tai stabilizatorius specialiai sukurtas susitankintiems betono mišiniams (SSB) arba betonams, kuriems transportavimo metu ar padavimo metu, reikia geresnio stabilumo. Jispagerina betono mišinio kohezines (surišimo) charakteristikas, pagerina mišinio savaiminį ar priverstinį vibruojant, tekamumą ir sklidumą. Dėl šių charakteristikų klojiniai kokybiškiau užpildomi mišiniu, nevyksta mišinio segregacija ar vandens atsiskyrimas. Sika

Stabilizer4R produktas tinkamas susitankinantiems betono mišiniams (SSB) ir norint pagerinti betono mišinio savybes, kuriame yra mažai smulkių dalelių arba yra granulometrijos trūkiai.

Techniniai duomenys:

- Forma: skystis;
- Spalva: melsva;
- Tankis: 1,02 kg/l;
- pH vertė: 8,0;
- Chloridų kiekis <0,1 % nuo masės;
- Šarmų kiekis <0,2 % nuo masės;
- Dozavimas: 0,1 – 1,0 % nuo cemento masės. Rekomenduojama norma 0,1 – 0,6 %.
- Atitiktis: Sika Stabilizer4R yra išbandytas Sintefo mieste Norvegijoje pagal NS-EN 206 standartą ir atitinka NS-EN 934-2 standarto reikalavimus.

Sika Stabilizer4R turi būti dozuojamas kartu su vandeniu arba ant šlapio mišinio. Negalima dozuoti priedo ant sauso mišinio. Sika Stabilizer4R gali būti dozuojamas betono mišinio paruošimo ceche arba statybos aikštelėje. Statybos aikštelėje, kad išgauti homogenišką mišinį, betonvežės turi maksimaliu režimu išmaišyti sudozuotą priedą ne mažiau kaip 1 minutė 1 m³ mišinio, bet ne trumpiau kaip 5 minutes. Sika Stabilizer4R suderinamas su kitais priedais yra geras. Todėl su daugeliu priedų rūšių jį galima naudoti bendroje sistemoje. Perdozavus pasireiškia lėtinimo efektas ir žymus konsistencijos praradimas. Rekomenduojama atlikti bandymus prieš naudojant.

Didelio efektyvumo vandenį mažinantis superplastiklis Sika ViscoCrete D190

Sika ViscoCrete D190 yra didelio efektyvumo betono superplastiklis, atitinkantis EN 934:2 standartą. Sika ViscoCrete D190 tinka naudoti gaminant technologinį betoną, kuriam reikalingas didelis ankstyvasis stipris, didelis vandens sumažinimas bei padidintas mišinio tekamumas. ViscoCrete D190 yra tinkama technologiniam betonui, ten kur reikalingas didelis ankstyvasis stipris, norint padidinti formų apyvartumą, gaminant susitankinančius betono mišinius (SSB), Tunelių betono gamyboje.

Sika ViscoCrete D190 kaip veiksmingas superplastiklis įtakoja keletą skirtingų mechanizmų įskaitant paviršiaus adsorbciją ir sferinį cemento dalelių atskyrimą. Su priedu pasiekiamos šios savybės:

- Žymiai padidinamas ankstyvasis stipris, kas leidžia padidinti formų apyvartumą gelžbetonyje, ar klotinių apyvartumą statybos aikštelėse;
- Itin veiksmingas vandens kiekio sumažinimas mišinyje, tuo būdu gaunamas didesnis betono tankis, didesnis stipris, sumažinamas vandens pralaidumas, kt;

- Dėl efektyvaus plastifikuojančio poveikio, padidinamas tekamumas, pagerinamas apdirbamumas ir sutankinamumas;
- Sumažinami energijos kaštai reikalingi kietinant gelžbetoninius gaminius;
- Itin veiksmingas ir tinkamas gaminant susitankinančius betono mišinius (SSB);
- Sumažinamos susitraukimo deformacijos bei valkšnumas;
- Sika ViscoCrete D190 savo sudėtyje neturi chloridų ar kitų komponentų skatinančių armatūros koroziją betonuose. Todėl šis priedas tinkamas naudoti gaminant armuotus ar įtemptai armuotus elementus.

Techniniai duomenys:

- Cheminis pagrindas: modifikuotų polimerų vandeningas tirpalas;
- Spalva: šviesiai rusvas skystis;
- Tankis: 1,08 kg/l;
- pH 4,5 +/- 0,5;
- Chloridų kiekis <0,1 % nuo masės;
- Šarmai <0,4 % nuo masės.

Dozavimas: 0,2 – 0,8% nuo cemento masės įprastinių betonų gamyboje. 1,0 – 2,0% nuo cemento masės gaminant didelio tekamumo, itin mažo vandens/cemento santykio bei susitankinančius betono mišinius.

- Dozuojant priedą automatizuotai pagal masę ar pagal tūrį, rekomenduojama įvertinti priedo tankį bei sausų medžiagų kiekį jame, priedą reikia dozuoti kartu su vandeniu arba į drėgną betono mišinį. Priedo veikimas paprastai pasireiškia po 20-30 sekundžių. Kad išvengtų vandens perdozavimo, rekomenduojama galutinį vandens kiekį sudozuoti atlikus 2/3 betono mišinio maišymo laiką. Priklausomai nuo mišinio tipo, rekomenduojamas betono mišinio maišymo laikas apie 60s. Sika ViscoCrete D190 tinkamas naudoti su visų rūšių priedais, tačiau kiekvienas priedas turi būti naudojamas atsakingai. Šio priedo dozavimo norma 0,2 – 2,0 % nuo cemento masės.

Pelenai

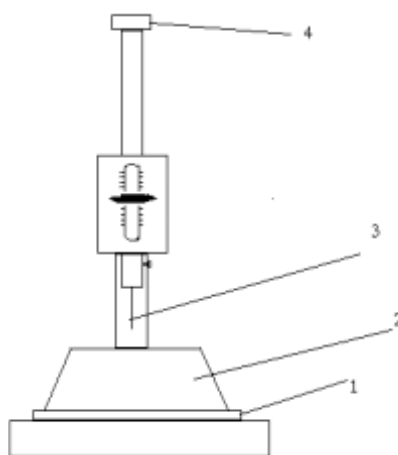
Tyrimams naudojami pelenai, surinkti kompanijos “ Balux“ (Lenkija, Bialistokas) šiluminės elektrinės filtruose. Ši šiluminė elektrinė kūrenama rudąja anglimi. Pelenų cheminė sudėtis pateikta 19 lentelėje. PSCH – 4 prietaisu buvo nustatytas pelenų savitasis paviršius. Savitasis pelenų paviršius yra 450 m²/kg. Pelenų piltnis tankis yra 650...700 kg/m³.

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	Na ₂ O	TiO ₂
42,7	7,13	17,56	2,82	1,14	0,462	0,46	0,092	0,055	0,054	1,1

7.1.4. Tyrimams naudotų metodų aprašymas

Normalios cemento tešlos nustatymas

Normalaus tirštumo tešla – tai tokios konsistencijos cemento tešla, į kurią standartinis (Vikos) prietaiso strypelis įsminga tam tikru sutartiniu gyliu (6±/– 1 mm nepasiekia dugno). Normalaus tirštumo tešla apibūdinama jai paruošti reikalingu vandens kiekiu.



28 pav. Viko prietaisas įsmigimui nustatyti. 1. plokštelė; 2. kūgiškas ebonito žiedas; 3. adata; 4. skridinėlis slankiklio masei koreguoti.

Bandymo eiga buvo tokia: žiedas sudrėkinamas ir po juo padėjus poliruotą plokštelę pripildomas tešlos. Tešlos perteklius nubraukiamas liniuote ir pripildytas cemento tešla žiedas padedamas po Viko prietaiso strypeliu. Prietaiso judamoji dalis su strypeliu nustatoma tokioje padėtyje, kad strypelis liestų cementinės tešlos paviršiu, ir po to strypeliui leidžiama laisvai smigti į tešlą. Po kiekvieno įsmigimo strypelis ištraukiamas ir nuvalomas. Užrašomas atstumas turi būti lygus 6±1 mm. Jei atstumas yra mažesnis ar didesnis, bandymas kartojamas atitinkamai didinant ar mažinant vandens kiekį (±2%) ruošiamojoje cemento tešloje. Bandymas baigiamas, kai gaunama normalaus tirštumo tešla. Bandymas atliekamas pagal LST EN 196-3:1996 standarto metodiką.

Cemento tešlos rišimosi pradžia ir pabaiga

Cemento tešlos rišimosi laikas buvo nustatomas su automatinio Viko prietaisu 28. Bandymo eiga buvo tokia: žiedas sudrėkinamas ir po juo padėjus poliruotą plokštelę pripildomas tešlos. Tešlos perteklius nubraukiamas liniuote ir pripildytas žiedas padedamas po Viko prietaiso

stypeliu. Automatinis prietaisas penkių minučių intervalu smaigstydavo tešlą ir fiksuodavo penetracijos gylį. Pagal gautus duomenis būdavo matoma tešlos rišimosi pradžia ir pabaiga.

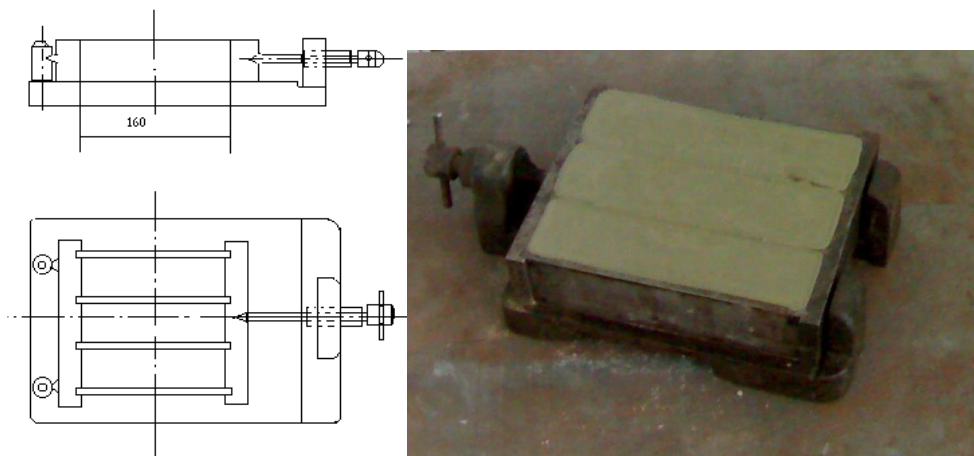


29 pav. Automatinis Viko prietaisas.

Stiprio gniuždant ir lenkiant nustatymas

Cemento akmens savybėms nustatyti buvo formuojami bandiniai liejimo būdu – prizmės 40x40x160 mm. Prizmių vaizdas pateiktas 29 pav.

Cemento prizmėms paruošti naudojamas cementas ir vanduo iš normalaus tirštumo tešlos konsistencijos mišinio.



30 pav. a) Formos 4x4x16 cm bandiniams ruošti vaizdas, b) suformuotų bandinių nuotrauka.

Cemento akmens stipris gniuždant nustatytas pagal LST EN 196-1:2007 standarto reikalavimus, apkraunant jų šonines (prie formos sienelių buvusias) plokštumas. Kad gniuždomas plotas būtų vienodas, naudojamos specialios 25 cm² ploto plieninės plokštelės. Bandymui atlikti buvo naudojamas Toni Technik hidraulinis presas, kuris pavaizduotas 33 paveiksle. Stiprio gniuždant nustatymo schema pateikta 32 paveiksle.

Apkrova bandymo metu tolygiai didinama standarte nurodytu intensyvumu iki bandinio suirimo. Stipris gniuždant apskaičiuojamas taip:

$$f_c = \frac{F_c}{A_c}; \quad (246)$$

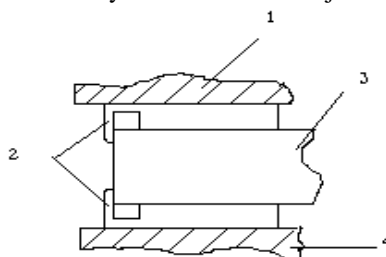
čia:

F_c – ardančioji gniuždymo jėga, nustatyta bandymo metu;

A_c – bandinio gniuždomas plotas, mm².



31 pav. Stiprio gniuždant bandymams atlikti naudojamas Toni Technik presas.



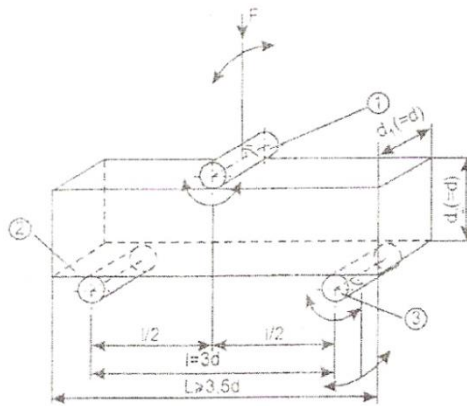
32 pav. Stiprio gniuždant nustatymo schema. 1 – viršutinė preso plokštė, 2 – plokštelės, 3 – bandinio puselė, 4 – apatinė preso plokštė.

Cements stiprio lenkiant nustatytas pagal LST EN 196-1:2007. Bandymui atlikti naudojamas Toni Technik hidraulinis presas, kuris pavaizduotas 33 paveiksle.



33 pav. Stiprio lenkiant bandymams atlikti naudojamas Toni Technik presas.

Bandinio lenkimo apkrovos schema pavaizduota 34 paveiksle.



34 pav. Bandinio lenkimo apkrovos schema.

Atstumas tarp atramų 100 mm, vertikali apkrova perduodama per ritinėlių, uždėtą ant prizmės viršaus. Apkrova standarte nurodytu intensyvumu tolygiai didinama tol, kol prizmė perlūžta. Stipris lenkiant apskaičiuojamas taip :

$$f_l = \frac{3F_l l}{2bh^2}; \quad (247)$$

čia:

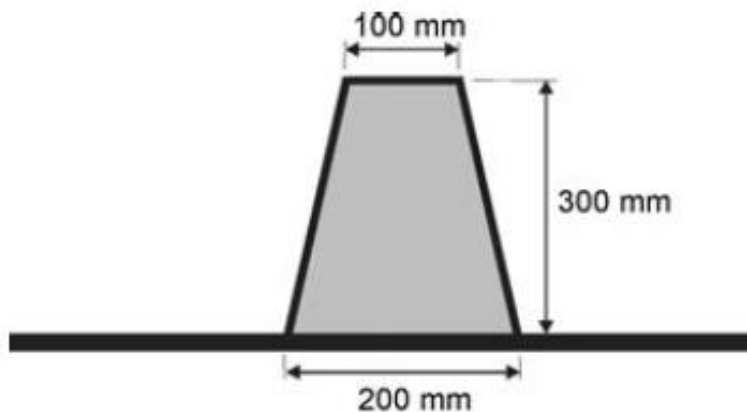
F_l – ardančioji lenkimo jėga, nustatyta bandymo metu, N;

l – atstumas tarp atramų, mm;

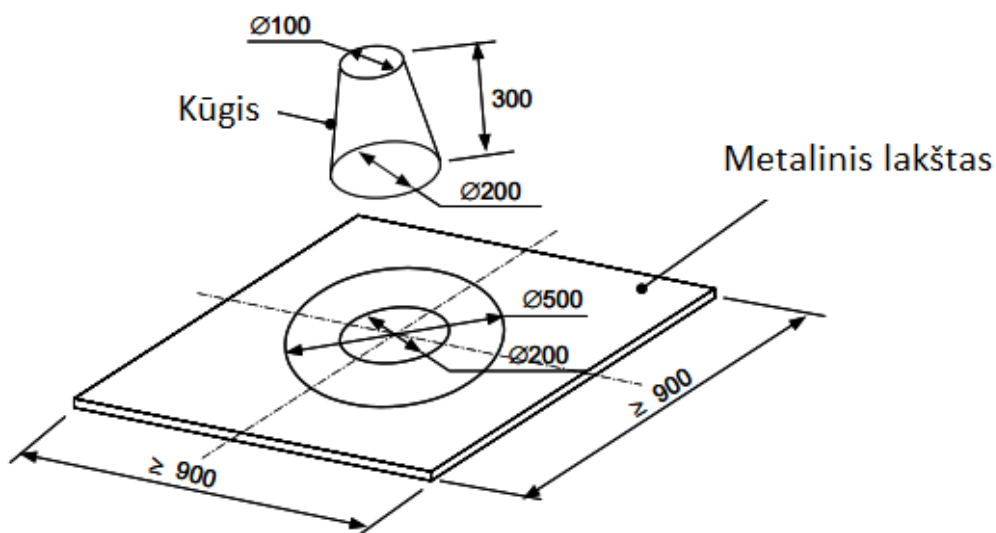
Susitankinančio betono (SSB) mišinio savybių nustatymas.

Slankumo-tekėjimo bandymas buvo atliekamas, naudojant standartinį Abramsso kūgį pagal LST EN 12350-8 standartą (35 pav.). Slankumas – tai mišinio savybė pasklisti, veikiant savaiai masei. Slankumas nustatomas taip: betono mišinys į kūgį, kuris padėtas ant lygaus metalinio lakšto, supilamas iki pat kūgio viršaus. Nuėmus kūginį indą, betono mišinys, veikiamas nuosavos

masės, suslūgsta, ir išmatuojamas pasklidusio mišinio vidutinis skersmuo, kuris rodo mišinio slankumą-tekamumą.



35 pav. Standartinis kūgis.



36 pav. SSB slankumo-tekėjimo bandymui atlikti reikalinga įranga.

Susitankinančio betono (SSB) mechaninių savybių nustatymas

Buvo nustatomos susitankinančio betono mechaninės savybės pagal LST EN 12390-3:2009 standarto reikalavimus. Stipriui gniuždant nustatyti dažniausiai gaminami kubo formos bandiniai (37 pav.), kurių briauna yra 100, 150, 200 arba 300 mm ilgio, bei cilindrai, kurių skersmuo (d) 100, 150, 200 mm, o aukštis $h = 2d$. bandinių dydis priklauso nuo užpildų stambumo. Mažiausias matmuo turi būti ne mažesnis už keturgubą betono mišinio stambiausių užpildo dalelių dydį. Šiame eksperimentiniame tyrime buvo naudojami 100x100x100 mm dydžio kubai.

Bandiniai iš betono mišinio formuojami mineraline alyva išteptoje išardomoje metalinėje formoje. Bandiniai gali būti gaminami juos išpjaunant ir išgręžiant iš bandomojo gaminio ar konstrukcijos.

Formoje betono mišinys turi būti sutankinamas taip, kad jis neištekėtų, nesisluoksniuotų ir kad kuo labiau atitiktų konstrukcijų tankinimo režimą ir mišinio tankinimo laipsnį. Bandiniai formoje laikomi ne trumpiau kaip 16 val., bet ne ilgiau kaip 3 paras. Išimti iš formų bandiniai laikomi iki 28 parų, drėgnoje aplinkoje – kameroje, kurioje santykinis drėgnis $(98\pm 5)\%$, arba vandenyje $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ temperatūroje.

Bandiniai prieš strio gniuždant nustatymą nušluostomi drėgnu skuduru, slankmačiu išmatuojami matmenys, pasveriami. Nuvalomi preso plokščių ir bandinio paviršiai. Kubo formos bandinys dedamas ant apatinės plokštės ta plokštuma, kuri lietsi su formos sienele arba buvo atitinkamai paruošta, ir centruojamas 0,01d tikslumu. Ant bandinio nuleidžiama ir prigludžiama viršutinė plokštė, sudarant gerą sąlytį su bandinio paviršiumi.

Ijungiamas presas (33 pav.), gniuždymo jėga didinama taip, kad betono bandinyje atsirandantys gniuždymo įtempimai didėtų $(0,5\pm 0,2)$ N/mm² per sekundę.

Bandinio stipris gniuždant f_c apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$f_c = \frac{F}{A}, N/mm^2 (MPa) \quad (249)$$

čia F – ardančioji gniuždymo jėga (N);

A – bandinio gniuždymo plotas (mm²);

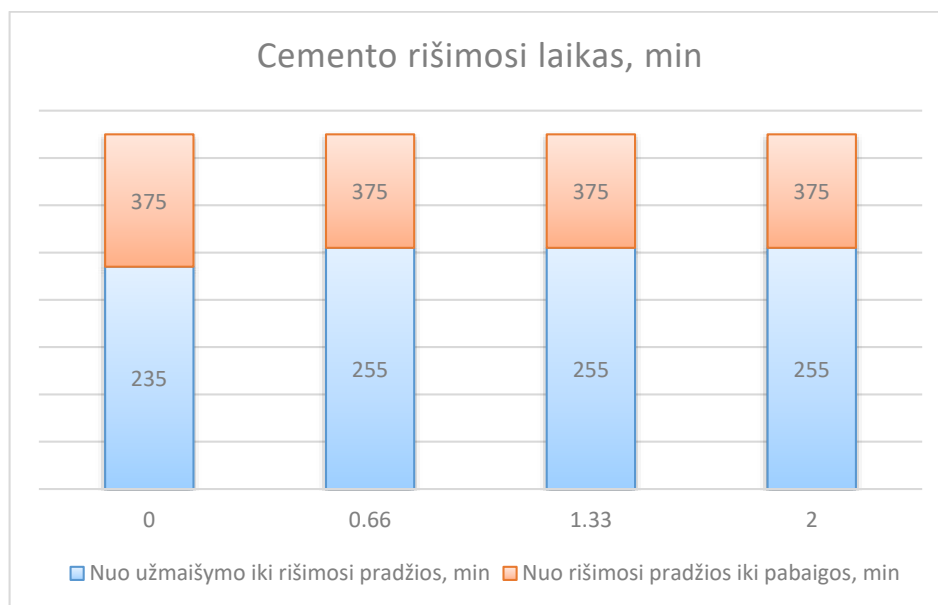


37 pav. 10x10x10 cm forma bandiniams ruošti.

7.1.5. Tyrimo rezultatai

Cemento tešlos rišimosi laiko pradžios ir pabaigos nustatymas

Bandymas su Viko prietaisu buvo atliekamas keturis kartus. Keturi bandiniai buvo ruošiami iš tokios pačios cemento tešlos į trijų sudėtį įdedant Sika Rapid 1 kietėjimo greitiklio, atitinkamai 0.67 proc. nuo cemento kiekio, 1.33 proc. ir 2 proc.. Vandens ir cemento santykis (V/C) buvo išlaikomas pastovus (V/C=0,29).



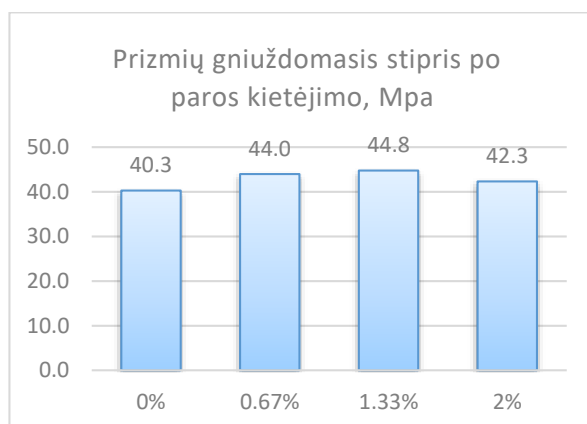
38 pav. Cemento tešlos rišimosi laiko nustatymo bandymo rezultatai.

Tyrimo rezultatai parodė, kad kietėjimo greitiklis cemento rišimosi pradžia ir pabaigai turėjo minimalią įtaką. Bandinio be kietėjimo greitiklio rišimosi pradžia užfiksuota praėjus 3 h 55 min po tešlos užmaišymo, o rišimosi pabaiga 6 h 15 min nuo užmaišymo. Tuo tarpu bandinių su Sika Rapid 1 rišimosi pradžia prasidėdavo identišškai, po 4 h 15 min po užmaišymo ir baigdavo rištis 6 h 15 min po užmaišymo.

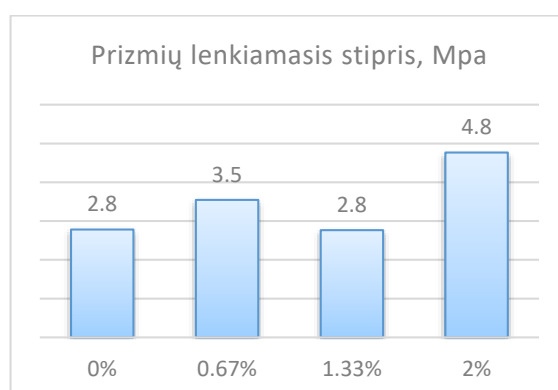
Cemento prizmių stiprio gniuždant ir lenkiant nustatymas

Keturi bandiniai buvo ruošiami iš tokios pačios cemento tešlos į trijų sudėtį įdedant Sika Rapid 1 kietėjimo greitiklio, atitinkamai 0.67 proc. nuo cemento kiekio, 1.33 proc. ir 2 proc.. Vandens ir cemento santykis pastovus (V/C= 0,29). Prizmės parą kietėjo drėgname ore, patalpos temperatūroje (20 °C).

Iš rezultatų matyti, kad lyginant su kontroliniu bandiniu, labiausiai padidėjo prizmės su 1,33 proc. kietėjimo greitikliu gniuždomasis stipris. Lyginant su kontroliniu bandiniu, gniuždomasis stipris padidėjo 9 proc., o lenkiamasis stipris 70 proc.



39 pav. Prizmių gniuždymo stipris po paros kietėjimo



40 pav. Prizmių lenkiamasis stipris po paros kietėjimo.

Susitankinančio betono (SSB) mišinio sudėtis

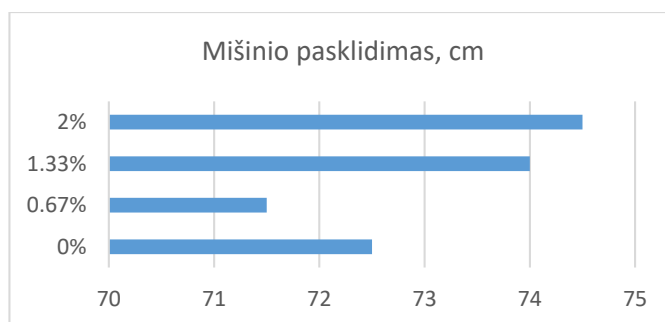
Betono sudėtis skaičiuota aštuoniems litrams betono. Kubeliams formuoti buvo sumaišytos keturios betono partijos su skirtingu kiekiu betono greitiklio Sika Rapid 1. Visų kitų komponentų kiekis nekito. Viso bandymams buvo suformuoti 28 kubeliai. 7 kubeliai be kietėjimo greitiklio Sika Rapid 1 ir po 7 kubelius su atitinkamai 0,67 %, 1,33 % ir 2 %, kietėjimo greitiklio.

32 lentelė. Betono sudėtis.

	I	II	III	IV
Cementas, kg	3,112	3,112	3,112	3,112
Vanduo, l	1,62	1,62	1,62	1,62
Smėlis 0/1, kg	0,936	0,936	0,936	0,936
Smėlis 0/4, kg	6,4	6,4	6,4	6,4
Žvirgždas, kg	6	6	6	6
Pelenai, kg	0,3304	0,3304	0,3304	0,3304
Superplastiklis (Sika viscocrete D190)(2%), kg	0,05904	0,05904	0,05904	0,05904
Stabilizatorius (Sika stabilizer 4R) (0,5%), kg	0,01556	0,01556	0,01556	0,01556
Greitiklis (Sika rapid 1) %	0%	0,67%	1,33%	2%
Greitiklis (Sika rapid 1), kg	0	0,02085	0,04139	0,06224

Mišinio slankumas-tekėjimo tyrimai

Iš viso buvo atlikti keturi slankumo-tekėjimo matavimai su skirtingais betono mišiniais. Vidutinis slankumas buvo 731 mm.



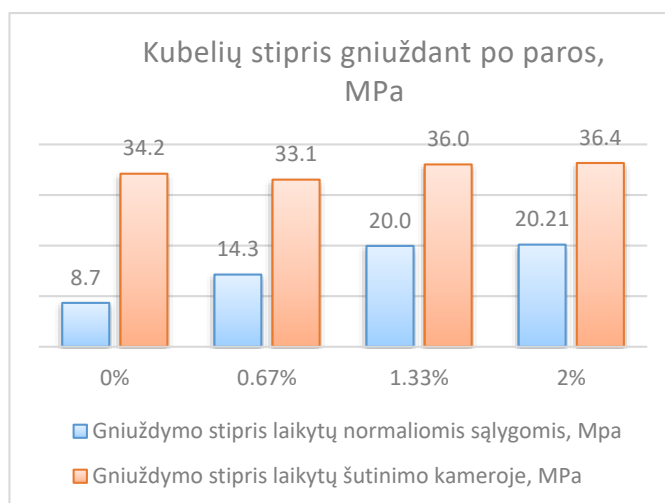
41 pav. Mišinio slankumas.

Iš tyrimo duomenų matome, kad greitiklis Sika Rapid vienas neženkiai padidina susitankinąčio betono mišinio tekmumą. Slankumo tekėjimo rodiklis padidėjo 2,76 proc. ir tekino SF2 klasės rodiklio reikalavimus vertinant pagal LST EN 12350-8 standartą.

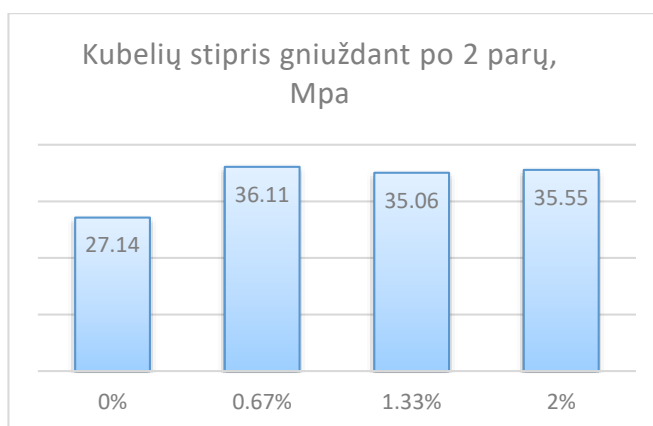
Betono stiprio gniuždant tyrimai

Bandymo metodika aprašyta 4.5 skyriuje. Viso bandymams buvo suformuoti 28 kubeliai. 7 kubeliai be kietėjimo greitiklio Sika Rapid 1 ir po 7 kubelius su atitinkamai 0,67 %, 1,33 % ir 2 %, kietėjimo greitiklio. Kubelių matmenys 10x10x10 cm.

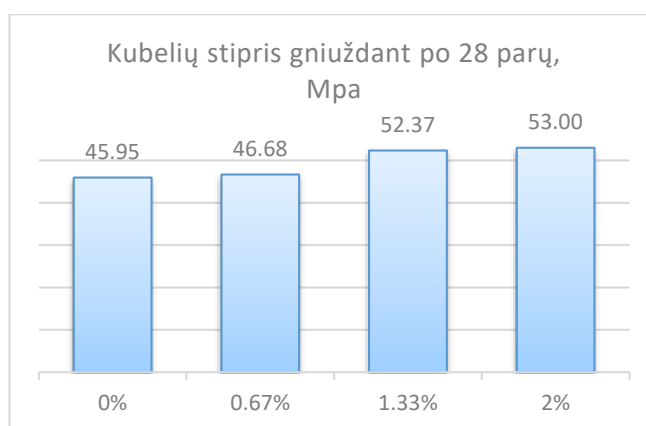
Betono kubeliai kietėjo parą vandenyje, 20° C temperatūroje ir šutinimo kameroje. Šutinimo kameroje buvo palaikoma 60° C temperatūra 12 valandų. Taip pat buvo gniuždomi kubeliai po 2 parų kietėjimo vandenyje ir visi tyrimo rezultatai buvo apibendrinti 42 pav.



42 pav. Kubelių laikytų vandenyje 1 parą (mėlyna spalva) ir šutinimo kameroje (oranžinė sp.) gniuždomojo stiprio palyginimas.



43 pav. Kubelių laikytų 2 paras vandenyje gniuždomasis stipris.



44 pav. Kubelių kietėjusių vandenyje, stipris gniuždant po 28 parų.

Kubeliai kietėję šutinimo kameroje pasiekė didelį ankstyvąjį stiprį. Bandinys be priedų kietėjęs parą vandenyje tepasiekė 8,7 MPa stiprį, o šutinimo kameroje kietėjęs bandinys, net 34 MPa gniuždomąjį stiprį, net 293 proc. didesnis gniuždomasis stipris.

Betono su 1,33 ir 2,0 proc kietėjimo greitiklio priedais kubeliai po paros pasiekė 20 MPa stiprį. Lyginant su kontroliniu bandiniu stipris padidėjo 129 proc.

Kubeliai su priedais kietėję 2 paras vandenyje pasiekė vidutiniškai 35,58 MPa stiprį, beveik identišką kaip kietėjusių parą šutinimo kameroje – 35,15 MPa.

Po 28 parų sugniuždyti betono kubeliai pasiekė skirtingą klasę. Kubelis be priedų ir su 0,67 % kietėjimo greitiklio - C35/45, o kubeliai su 1,33 ir 2,0 % Sika Rapid 1 pasiekė C40/50 betono klasę.

7.2. Išvados

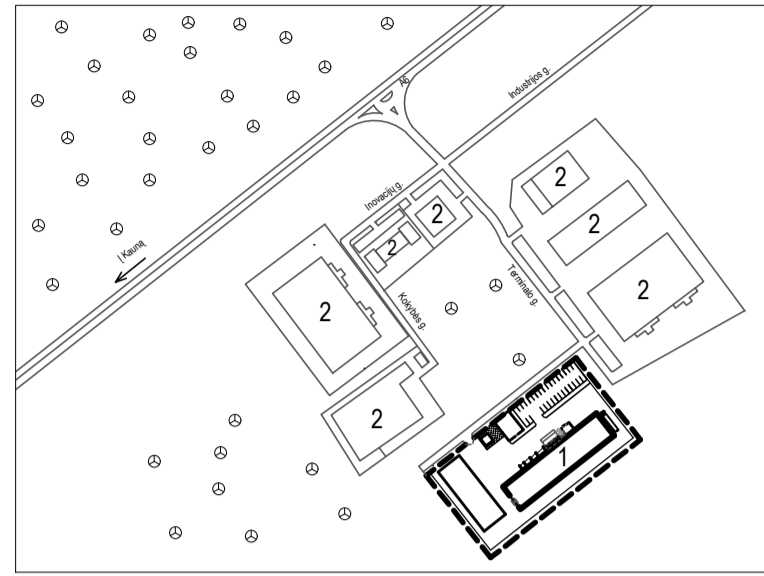
1. Betono kietėjimo greitiklis Sika Rapid 1 turi labai nedidelę įtaką betono mišinio slankumo-tekėjimo rodikliui, o betono mišinio ribinė sklidimo trukmė padidėja tik 2,76 proc., naudojant 2 proc. cemento masės greitiklio kiekį.
2. Norėdami pagreitinti surenkamo gelžbetonio gaminių kietėjimą ir pasiekti reikiamą gniuždamąjį stiprį po paros, turėtume rinktis kietinimą šutinimo kameroje, nes betono su priedais stipris gaunams beveik dvigubai mažesnis. Tačiau esant įprasto armavimo g/b gaminiams (be išanksto įtemptos armatūros) užtenka 20 MPa stiprumo, kad galėtume išformuoti gaminį. Tuo atveju galime naudoti betoną pagamintą su 1,33 – 2,00 % betono greitiklio kiekiu nuo cemento masės.
3. Po 2 parų kietėjimo betonas su 0,67 – 2,00 % Sika Rapid 1 priedu pasiekia identišką stiprį kaip kietėjęs parą šutinimo kameroje. Tad jei gamykloje sumažėjęs užsakymų ir darbų kiekis ir yra galimybė gaminius kietinti 2 paras – tuomet galima sumažinti energetines sąnaudas bei gaminių nekietinti šutinimo kameroje.

Literatūros sąrašas

1. STR 2.05 03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai.
2. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
3. STR 2.01.01(2):1999. Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga.
4. STR 1.05.08:2003 Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai. Vilnius, 2003.
5. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
6. STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.
7. GAJAUSKAS, Julius, et al. Pastatų konstruktoriaus ir statybininko žinynas. Vilnius: Naujasis lankas, 2009. 1520 p. ISBN 978-9955-03-565-7.
8. STR 2.05.01:2013 Pastatų energinio naudingumo projektavimas.
9. STR 2.09.04:2008 Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui.
10. STR 2.01.09:2012 Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas.
11. STR 2.09.02:2005 Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas.
12. STR 2.02.02:2004 Visuomeninės paskirties pastatai.
13. STR 1.05.06:2010 Statinio projektavimas.
14. STR 1.07.02:2005 Žemės darbai.
15. STR 1.08.02:2002 Statybos darbai.
16. LAKIŪNAS, Gediminas. *Pramoninio pastato metalinės konstrukcijos*. Kaunas, 1989.
17. STR 1.14.01:1999 Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka.
18. STR 2.01.03:2009 Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projekcinės vertės.
19. STR 2.03.01:2001 Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms.
20. LST EN 1992-1-1:2005. *Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės*. Vilnius, 2005. 232 p.
21. STR 2.05.02:2008 Statinių konstrukcijos. Stogai.
22. STR 2.06.04:2014 Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai.
23. LST EN 1993-1-1:2005+AC:2006. *Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės*. Vilnius, 2007. 102 p.
24. PALAUSKAS, J., KVEDARAS A. *Metalinės konstrukcijos*. Vilnius, 1977. UDK624.014.
25. BALEVIČIUS, R., JOKŪBAITIS, V., ZAMBULIONIS, D. *Vienaukščio pramoninio pastato gelžbetoninių kolonų ir pastatų projektavimas*. Vilnius, 2011. ISBN 978-9955-28-887-9.
26. G. Marčiukaitis, J. Valivonis, Statybinės konstrukcijos ir jų projektavimo pagal Euronormas pagrindai: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2010.

27. Statybinės medžiagos. Betonai : mokomoji knyga / Algimantas Naujokaitis. Vilnius : Technika, 2007.
28. MOSLEY, B., BUNGEY, J., HULSE, R. *Reinforced Concrete Design to Eurocode 2*. London, 2007. ISBN-13 978-0-230-50071-6.
29. V. Vaitkevičius, A. Augonis, A. Grinys, A.A. Navickas. Statybinių dirbinių gamybos įmonių projektavimas. Mokomoji knyga. Kaunas, 2011. B. Černius, Seklieji pamatai: mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 2010.
30. Ivanauskas, E. (2006). Savaime sutankėjančio betono struktūros analizė ir savybių tyrimai daktaro disertacija : Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T). Kaunas.

SITUACIJOS PLANAS MASTELIS 1:5000



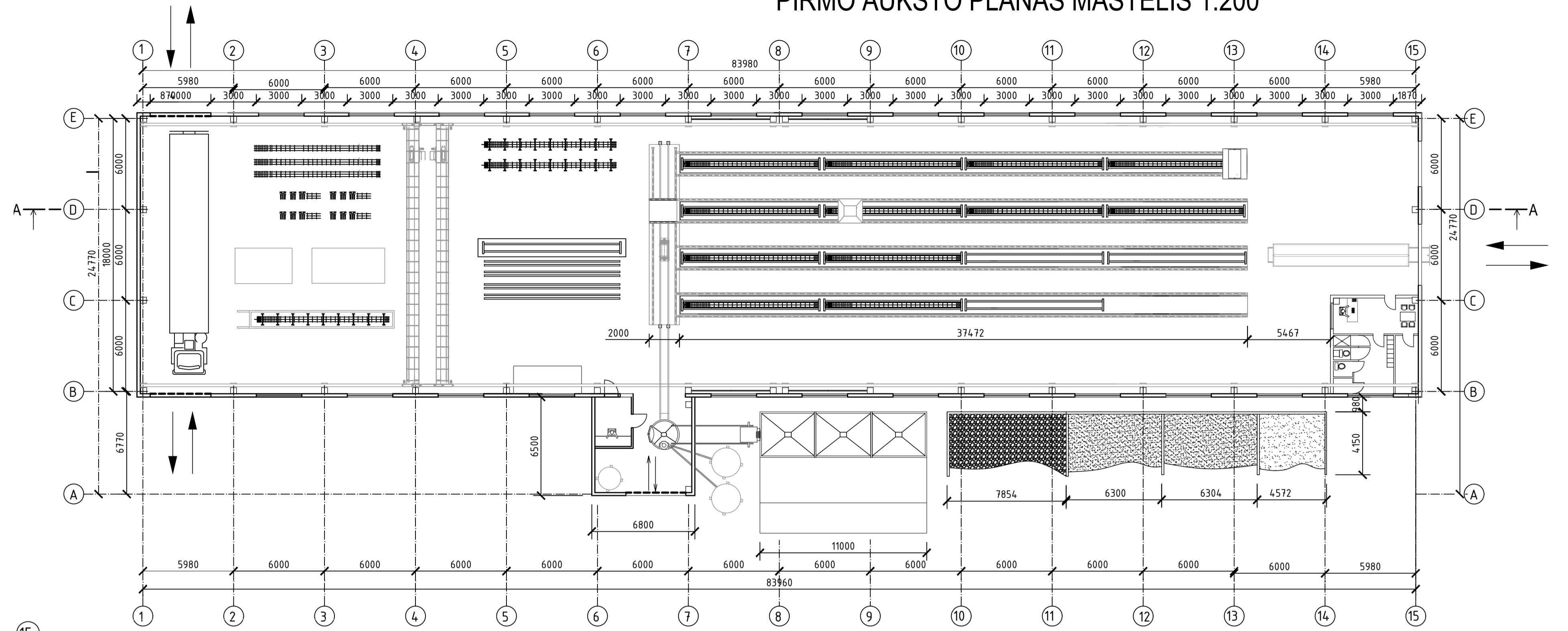
Eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas
1.	Projektuojamas pastatas
2.	Pramoniniai pastatai

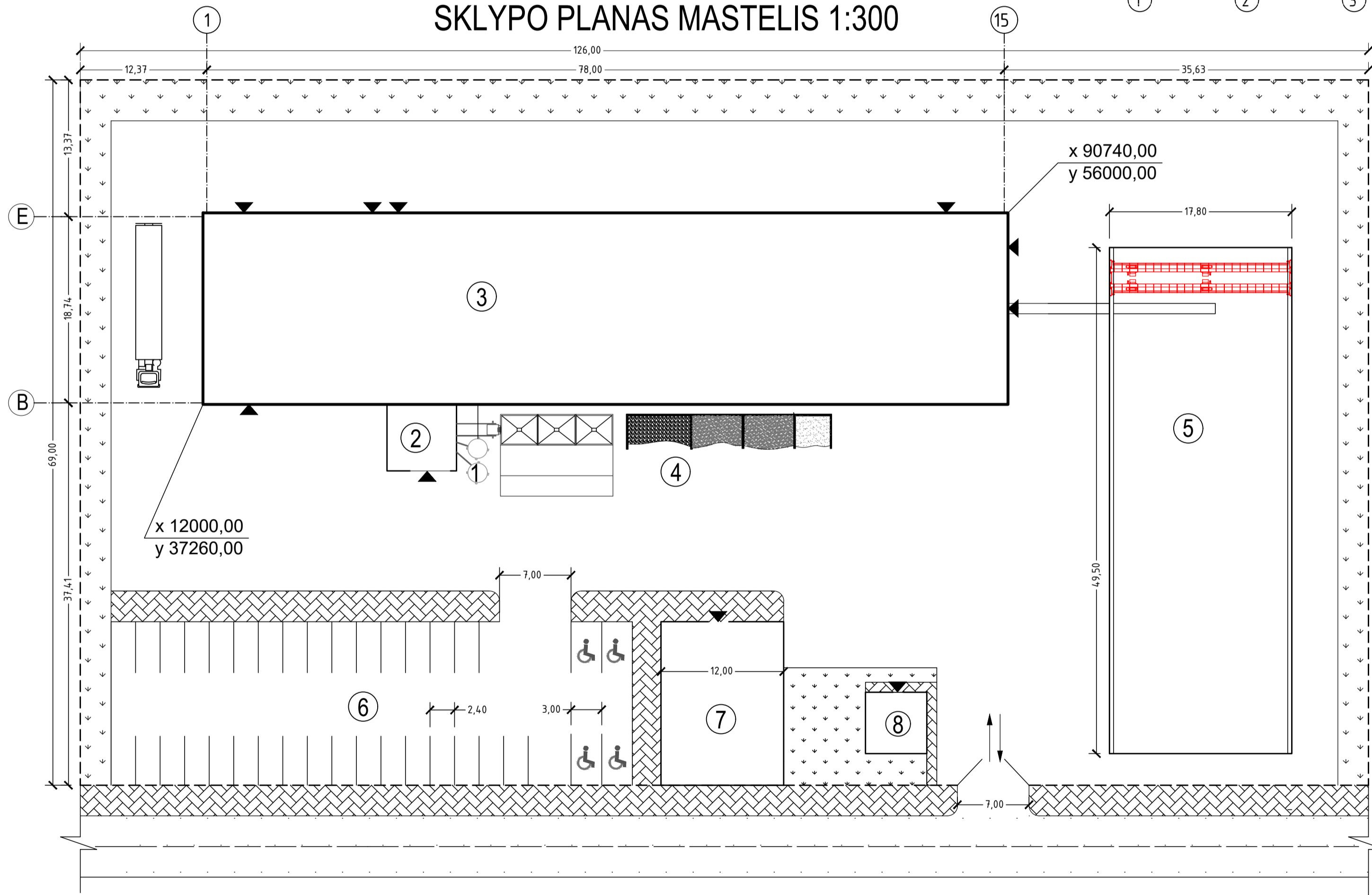
Sutartiniai žymėjimai

	Projektuojamo sklypo riba
	Medžiai

PIRMO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200



SKLYPO PLANAS MASTELIS 1:300



Patalpų eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1.	Gamybos vadovo kabinetas	13,31
2.	Gamybos cechasis	1095,00
3.	San. mazgas	15,27
4.	Betono mazgas	40,32
5.	Operatoriaus patalpa	7,86
6.	Viso:	1171,13

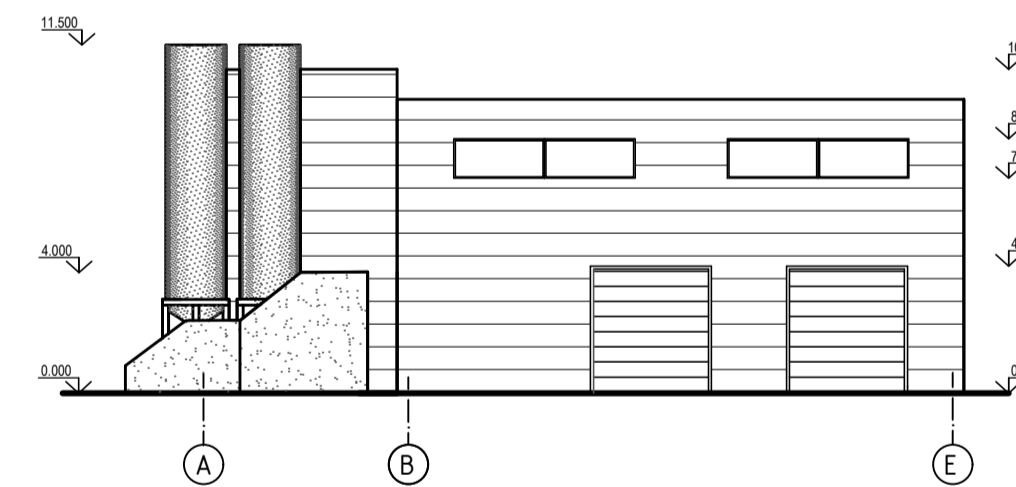
Sutartiniai žymėjimai

	Metalas (cemento silosai), Geltona RAL 1021
	Profiluotas skardos lakštas, Pilkos spalvos, RAL 7024
	Betonas
	Profiluotas skardos lakštas, Pilkos spalvos, RAL 7024
	Smėlis 0/1 frakcija
	Smėlis 0/4 frakcija
	Žvirgždas 4/16 frakcija

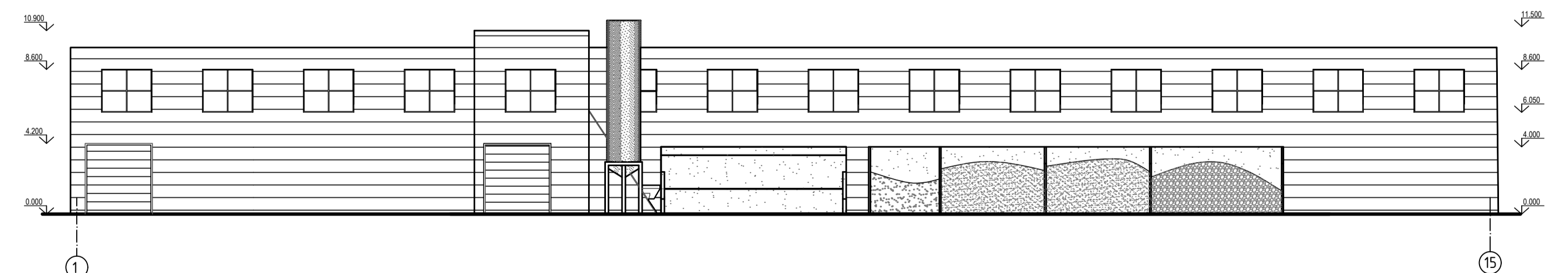
Bendrieji statinio rodikliai

Pavadinimas	Mat.vnt.	Kiekis
I Sklypas		
1.1 Sklypo plotas	m ²	8674,0
1.2 Sklypo užstatymo plotas	m ²	2571,0
1.3 Sklypo užstatymo intensyvumas	%	29,2
1.4 Sklypo užstatymo tankumas	%	25,5
1.5 Apželdintas žemes plotas	m ²	894,0
1.6 Automobilų stovėjimo vietų skaičius	vnt.	40
II Pastatai:		
2.1 Bendrasis plotas	m ²	2571,0
2.2 Naudingas plotas	m ²	2571,0
2.3 Pastato aukštis	m	+11,50
2.4 Pastato aukštų skaičius	vnt.	1

FASADAS A-E MASTELIS 1:250



FASADAS 1-15 MASTELIS 1:250



Eksplikacija

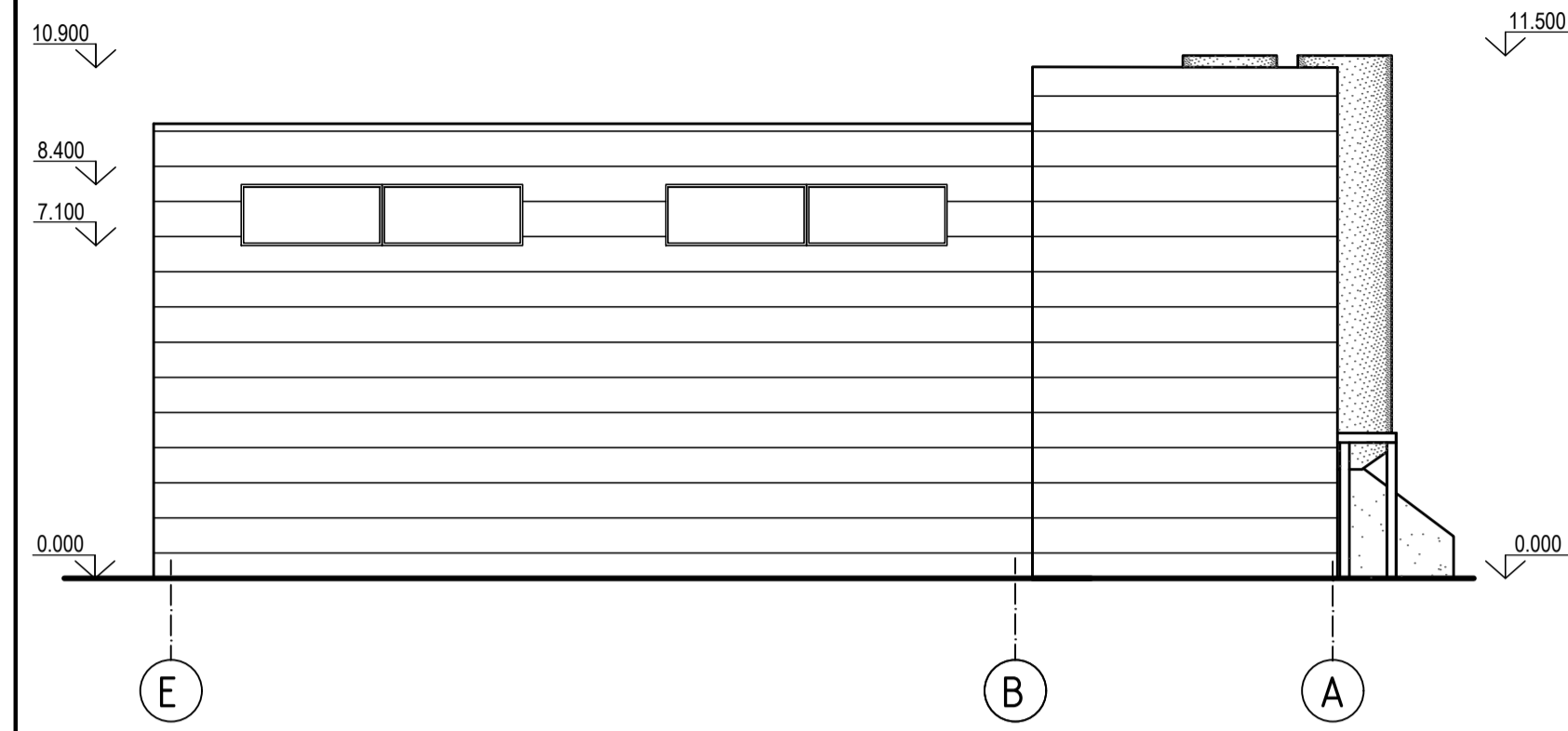
Eil. Nr.	Pavadinimas
1.	Cemento silosai
2.	Betono mazgas
3.	Gamykla
4.	Užpildų sandėliai
5.	Produkcijos sandėlis
6.	Automobilių stovėjimo aikštelė
7.	Administracija
8.	Sargo būdelė

Sutartiniai žymėjimai

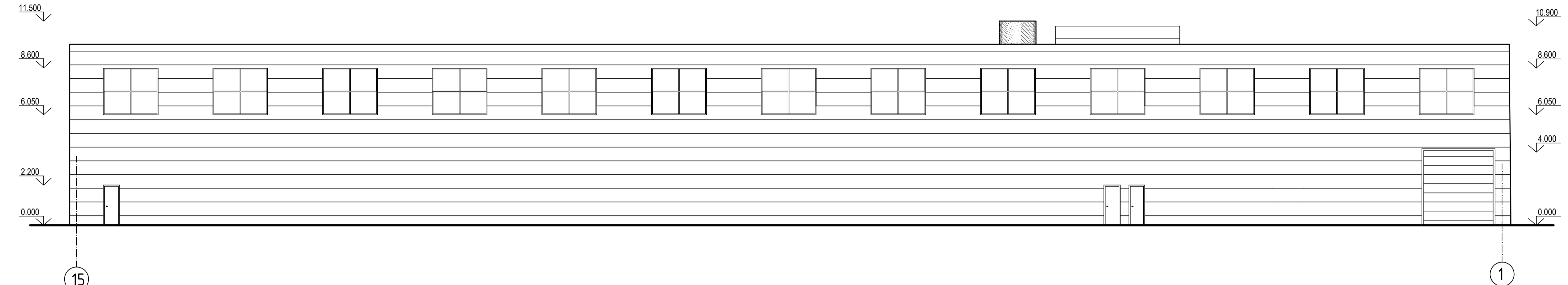
	Veja
	Įėjimas/išėjimas
	Asfalto danga
	Betoninės trinkelės
	Automobilio stovėjimo vieta neigaliesiems
	Transporto judėjimo kryptys
	Smėlis 0/1 frakcija
	Smėlis 0/4 frakcija
	Žvirgždas 4/16 frakcija

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-4	Studentas R. Lakšauskas	Kolonų gamyba, panaudojant susitinkančią betoną
	Vadovas Ž. Rudzionis	Sklypo planas, fasadas 1-15; A-E, pirmo aukšto planas.
	Konsult.	Laida
	Konsult.	0
	Konsult.	Lapas
	Konsult.	Lapų
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra	2016-BMD-SM
BMD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	1 4

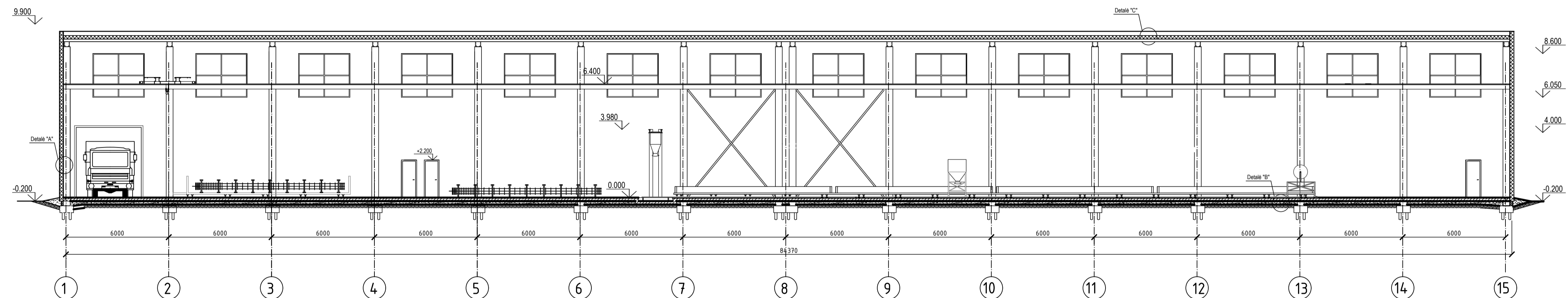
FASADAS E-A MASTELIS 1:150



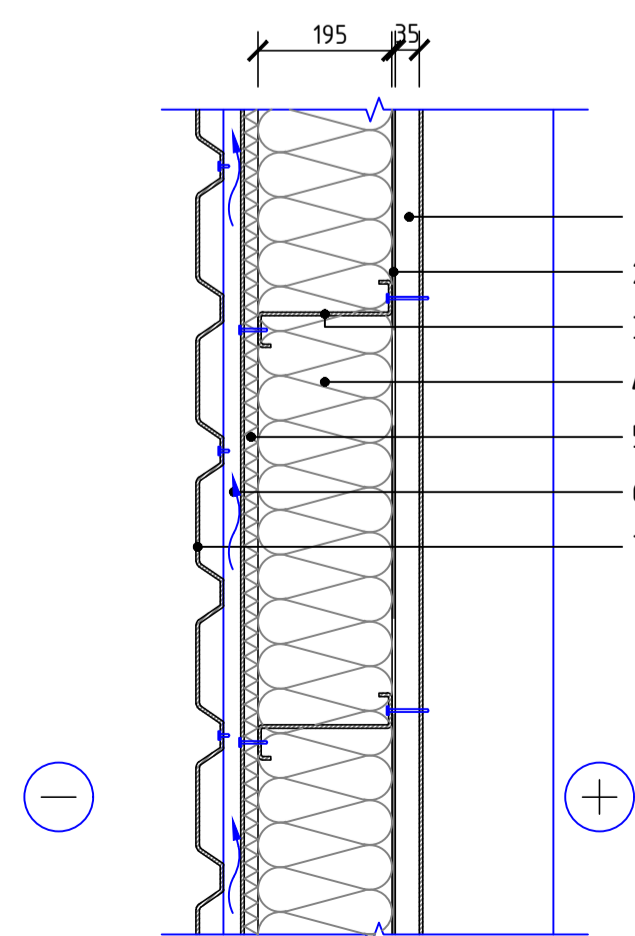
FASADAS 15-1 MASTELIS 1:150



PJŪVIS A-A MASTELIS 1:150

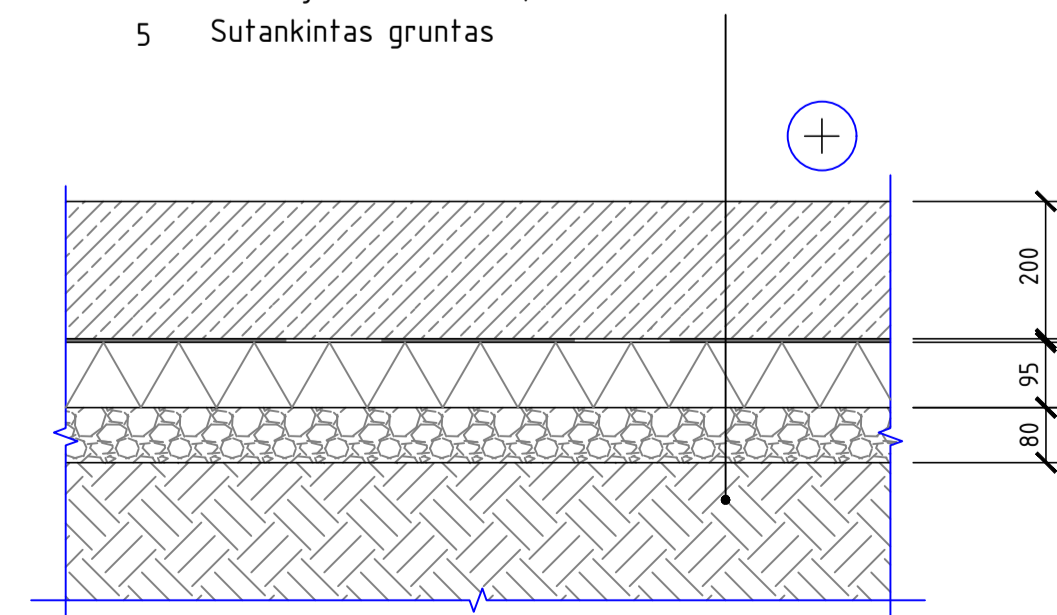


DETALĖ A MASTELIS 1:10



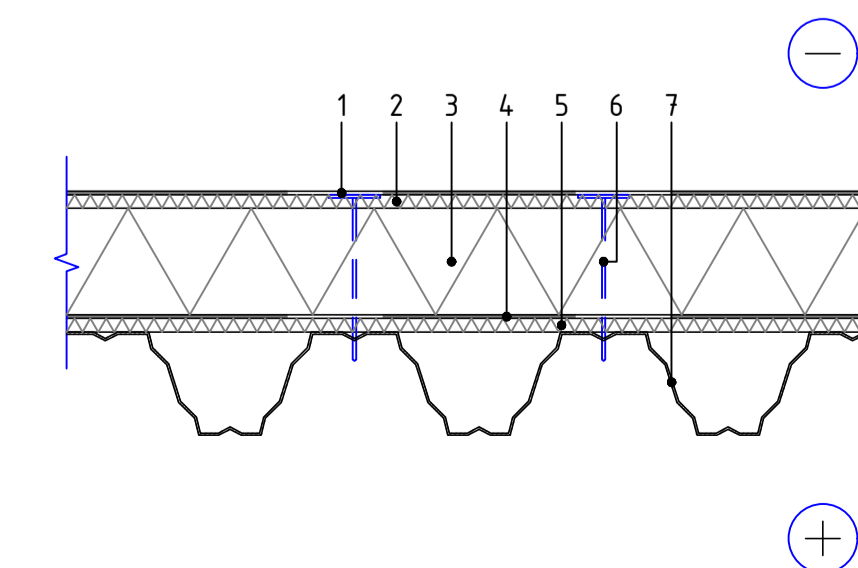
- 1 Profiliuotas skardos lakštas
- 2 Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis
PAROC XMV 020 bas
- 3 Z profiliuotis
- 4 PAROC eXtra
- 5 PAROC Cortex 10t d=20mm
- 6 Vėdinamas oro tarpas / Omega profiliuotis, d=30mm
- 7 Išorės apdaila - profiliuotas skardos lakštas

DETALĖ B MASTELIS 1:10



- 1 Betoninė danga
- 2 Skiriamasis sluoksnis
- 3 XPS 300
- 4 Drenuojantis sluoksnis, d=80mm
- 5 Sutankintas gruntas

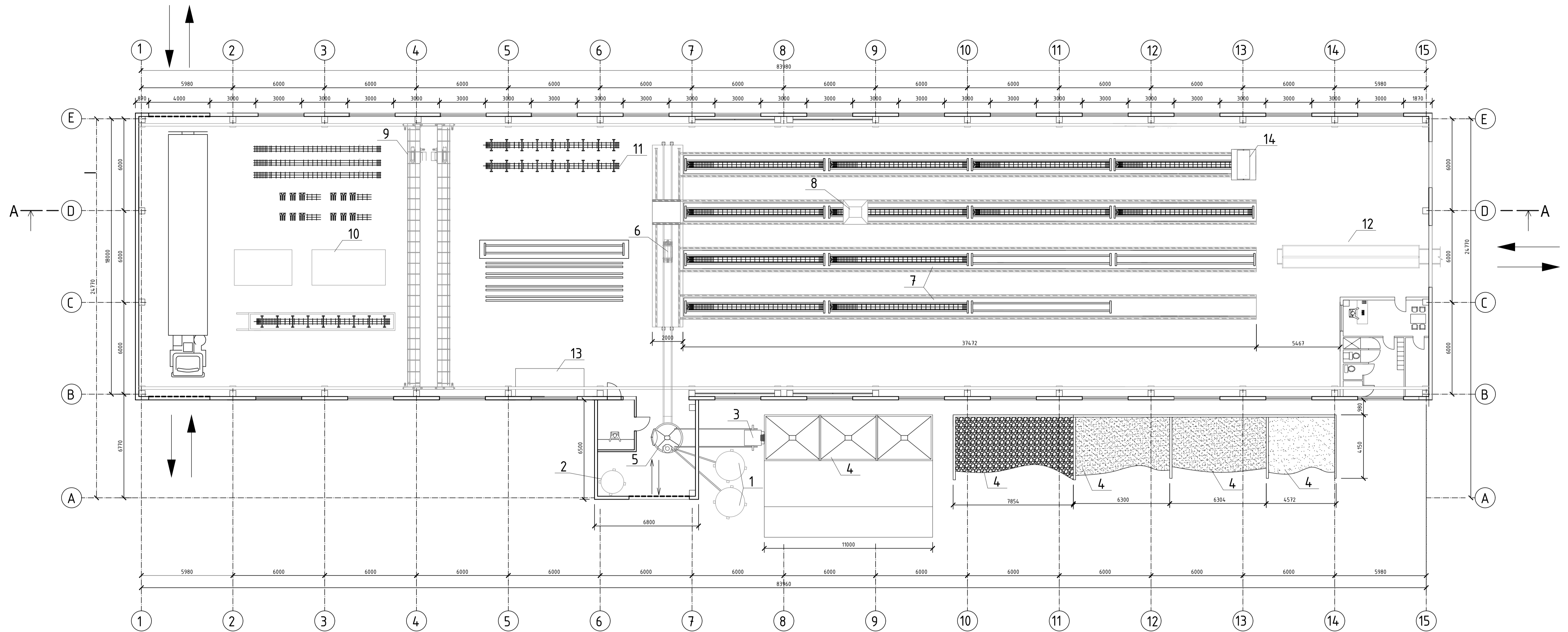
DETALĖ C MASTELIS 1:10



- 1 Hidroizoliacinė stogo danga
- 2 PAROC ROS 50 d=20mm
- 3 PAROC ROS 30, d=160mm
- 4 Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis
PAROC XMV 020 bas
- 5 PAROC ROB 60 d=20mm
- 6 Tvirtinimo elementas
- 7 Profiliuotas skardos paklotas

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-4	Studentas	R. Lakštauskas	Kolonų gamybos technologija, panaudojant susitankinantį betoną	
	Vadovas	Z. Rudzionis		
	Konsult.			
	Konsult.			
	Konsult.		Pjūvis A-A, fasadai 15-1; E-A, detalės A, B, C.	
Pr. etapas	Statybinų medžiagų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Laida	0
BMD			Lapas	2
			Lapų	4
			2016-BMD-SM	

KOLONŲ GAMYBOS PANAUDOJANT SUSITANKINANTĮ BETONĄ
TECHNOLIGINĖS LINIJOS PLANAS MASTELIS 1:125



Technologinės įrangos specifikacija

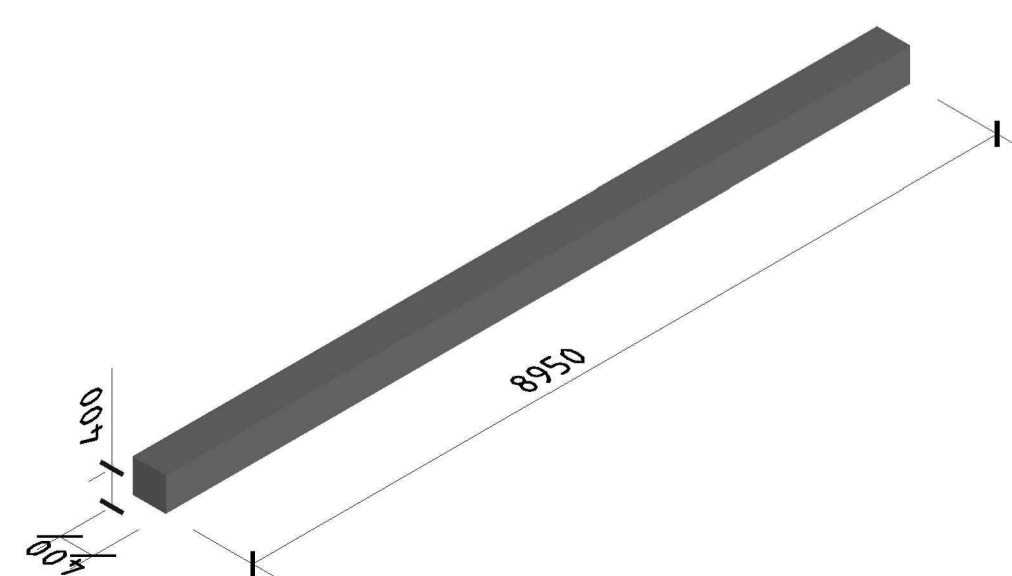
Eil. Nr	Pavadinimas	Žymuo (markė, tipas)	Kiekis
1	Cemento silosas	CS100	2
2	Pelių silosas	CS60	1
3	Inertinių medžiagų dozatorius	Dorner 2200	1
4	Užpildų sandėliavimo bunkeris	-	4
5	Betono maišyklė	Haarup 1500	1
6	Betono mišinio tiektuvas	Conflex CF 1500	1
7	Formavimo stendai	Vollert-V	4
8	Betono klotuvas	Slipformer T-20	1
9	Tiltinis kranas	ZLK 10 t	1
10	Armatūros paruošimo vieta	-	1
11	Armatūros tinklų sandėliavimo vieta	-	1
12	Produkcijos transportavimo vežimėlis	BEFANBY KPJ-34T	1
13	Įrankių valymo ir sandėliavimo vieta	-	1
14	Stendo uždengimo įrenginys	-	1

Eil.Nr	Rodiklių pavadinimai	Matavimai	Reikšmė
1	Gamybinis plotas	m ²	1507,0
2	Metinis įmonės našumas:		
	a.) produkcijos apimtis	m ³ /m	5682,0/3968,0
	b.) pinigine išraiška	€	1404525,5
3	Pagrindiniu dirbančiųjų skaičius	žm.	6
4	Išdirbis:		
	a) produkcijos apimtims	m ³ /m	947
	b) pinigine išraiška	€/m	234 087,5
5			
	a) vieneto	€/vnt	530,46
	b) metine	tūkst. €	2 103 040,0
6	Pelnus:		
	a) vieneto	€	53,0
	b) metinis	€	210 304,0
7	Gamybos rentabilumas	%	10 (%)

Patalpų eksplikacija

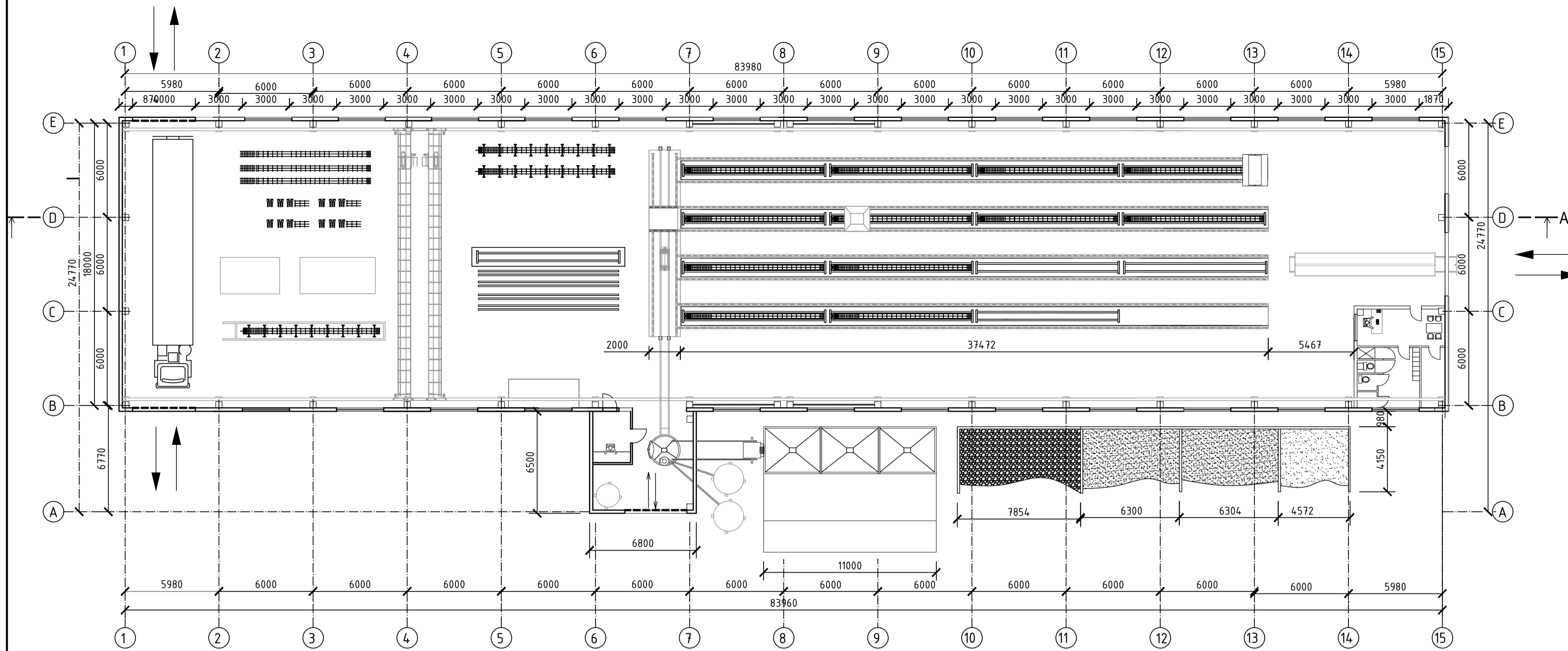
Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1.	Gamybos vadovo kabinetas	13,44
2.	Gamybos cechasis	1507,00
3.	San. mazgas	22,25
4.	Betono mazgas	40,32
5.	Operatoriaus patalpa	7,92
6.	Viso:	1590,93

Kolona K-1



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-4	Studentas R. Lakštauskas Vadovas Ž. Rudžionis	Kolonų gamyba, panaudojant susitankinantį betoną
	Konsult.	Kolonų gamybos panaudojant susitankinantį betoną technologinės linijos planas, techniniai-ekonominiai rodikliai, Kolona K-1.
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2016-BMD-SM
BMD		Lapas 3 / Lapų 4

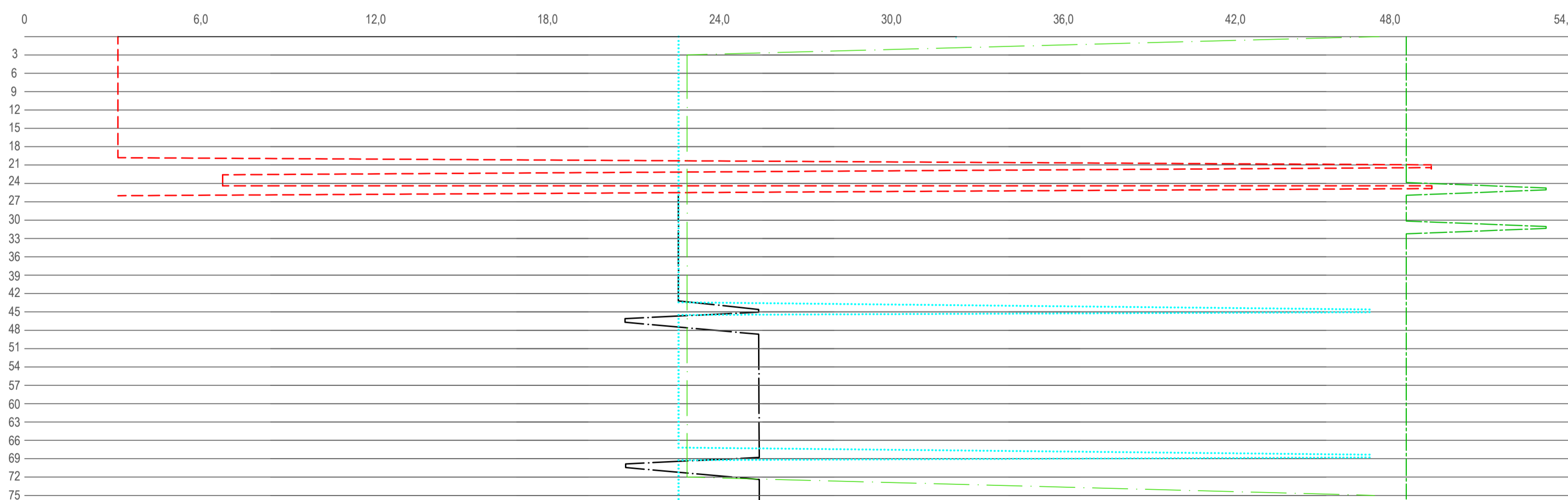
KOLONŲ GAMYBOS PANAUDOJANT SUSITANKINANTĮ BETONĄ TECHNOGINĖS LINIJOS PLANAS MASTELIS 1:200



OPERACIJŲ TRUKMIŲ GRAFIKAS

Proceso elementai	Operacijos	Įrengimai, instrumentai	Darbininkai Prof. kategorija	Sk	Darbo imlumai min	Trukmė, min	Trukmės, min.										
							20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Betono mišinio paruošimas	Medžiagų dozavimas	Dozatoriai	Operatorius(3)	1	4	4	[Gantt chart bars]										
	Betono mišinio maišymas	TPZ 750	Operatorius(3)	1	2	2	[Gantt chart bars]										
	Betono mišinio išpylimas tiktuvą	TPZ 750	Operatorius(3)	1	1	1	[Gantt chart bars]										
	Betono mišinio transportavimas į klotuvą	Tiektuvas conflex CF 1500	Operatorius(3)	1	1/2	1/2	[Gantt chart bars]										
	Betono mišinio tiktuvu grįžimas		Operatorius(3)	1	1	1	[Gantt chart bars]										
Formų valymas ir tepimas	Formų valymas	Šepetys	1/2 Betonuootojas(2)	2	40	20	[Gantt chart bars]										
	Formų tepimas	Puršk. įranga	1/2 Betonuootojas(2)	2	24	12	[Gantt chart bars]										
Armavimas	Armavimas tinklo montavimas	Kranas Nr.1	Armatorininkas(4)	1	15	15	[Gantt chart bars]										
	Pakėlimo kilpų montavimas	-	Armatorininkas(4)	1	3	3	[Gantt chart bars]										
Formavimas	Betono klotuvo paruošimas	Betono Klotuvai	4 Betonuootojas(3)	2	6	3	[Gantt chart bars]										
	Betono mišinio klojimas	Betono klotuvai	4 Betonuootojas(3)	1	18	18	[Gantt chart bars]										
	Paruošimas kietinimui	-	4 Betonuootojai(3)	2	28	14	[Gantt chart bars]										
Gaminio išvežimas	Formų išardymas	-	1 Betonuootojas(3)	2	24	12	[Gantt chart bars]										
	Gaminio iškėlimas iš formos	Kranas Nr.1	1 Betonuootojas(3) Operatorius(3)	2	2	1	[Gantt chart bars]										
	Gaminio nugabenimas iki vežimėlio	Kranas Nr.1	1 Betonuootojas(3) Operatorius(3)	2	2	1	[Gantt chart bars]										
	Krano grįžimas	Kranas Nr.1	Operatorius(3)	1	2	1	[Gantt chart bars]										
	Gaminio išvežimas iš cecho	Išvežimo vežimėlis	Operatorius(3)	1	1	1	[Gantt chart bars]										
Elementaraus ciklo trukmė	Betono mišinio paruošimas				9,2/0,52		[Gantt chart bars]										
	Formų paruošimas				32/0,78		[Gantt chart bars]										
	Armavimas				3/0,66		[Gantt chart bars]										
	Formavimas				3/0,66		[Gantt chart bars]										
	Gaminio išvežimas				5/0,16		[Gantt chart bars]										
Darbininkų ir įrengimų užimtumas	1 Operatorius(3)				9,2/0,8		[Gantt chart bars]										
	1 Betonuootojas(2)				14,5/0,78		[Gantt chart bars]										
	2 Betonuootojas(2)				95,3/0,78		[Gantt chart bars]										
	Armatorininkas(3)				95,3/0,63		[Gantt chart bars]										
	4 Betonuootojas(3)				95,3/0,63		[Gantt chart bars]										
	Kranas Nr.1				42/0,55		[Gantt chart bars]										

TECHNOGINĖS LINIJOS CIKLOGRAMA



Sutartiniai žymėjimai

	Siendo užklotuvo judėjimas
	Tiltinio krano judėjimas
	Betono tiktuvu judėjimas
	Betono klotuvo judėjimas
	Produkcijos vežimėlio judėjimas

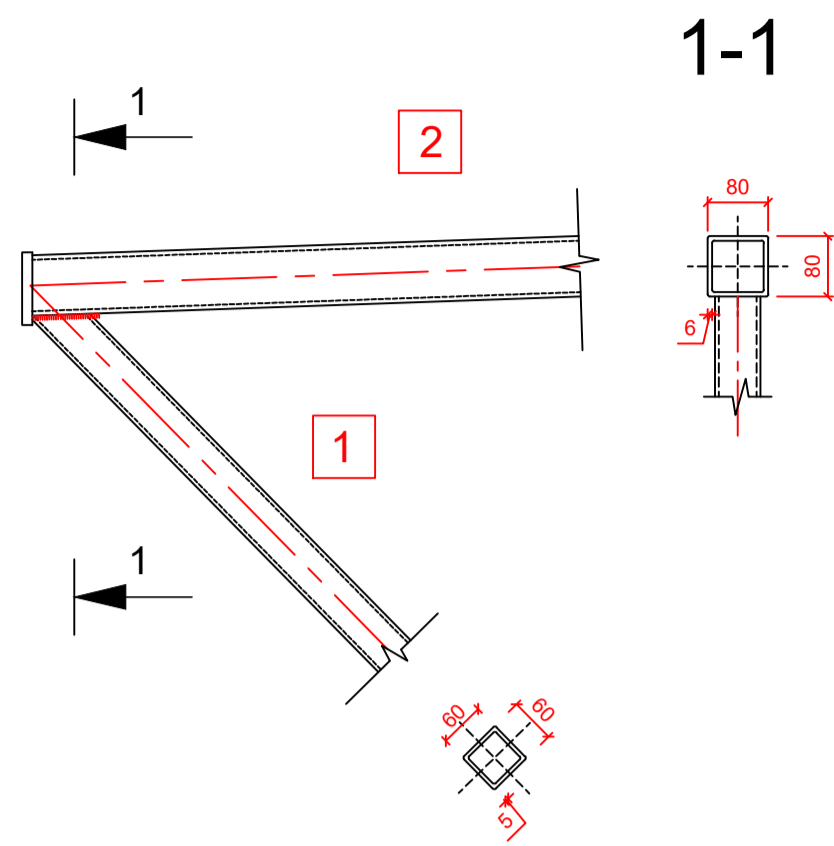


Technologinės įrangos specifikacija

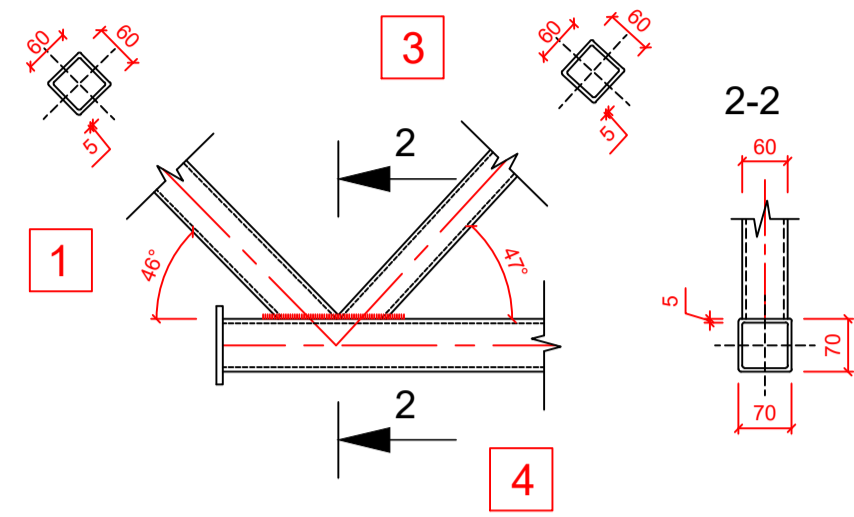
Eil. Nr	Pavadinimas	Žymuo (markė, tipas)	Kiekis
1	Cemento silosai	CS100	2
2	Pelenų silosai	CS60	1
3	Inertinių medžiagų dozatoriai	Dorner 2200	1
4	Užpildų sandėliavimo bunkeris	-	4
5	Betono maišyklė	Haarup 1500	1
6	Betono mišinio tiektuvai	Conflex CF 1500	1
7	Formavimo stendai	Vollert-V	4
8	Betono klotuvai	Slipformer T-20	1
9	Tiltinis kranas	ZLK 10 t	1
10	Armavimas paruošimo vieta	-	1
11	Armavimas tinklų sandėliavimo vieta	-	1
12	Produkcijos transportavimo vežimėlis	BEFANBY KPJ-34T	1
13	Įrankių valymo ir sandėliavimo vieta	-	1
14	Stendo uždengimo įrenginys	-	1

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-4	Studentas R. Lakštauskas	Kolonų gamybos technologija, panaudojant susitankinantį betoną
Vadovas	Ž. Rudzionis	Situacijos planas, sklypo planas, fasadas 15-1; F-A, pirmo aukšto planas.
Konsult.		Laida 0
Konsult.		Lapas 3
Konsult.		Lapų 4
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2016-BMD-SM

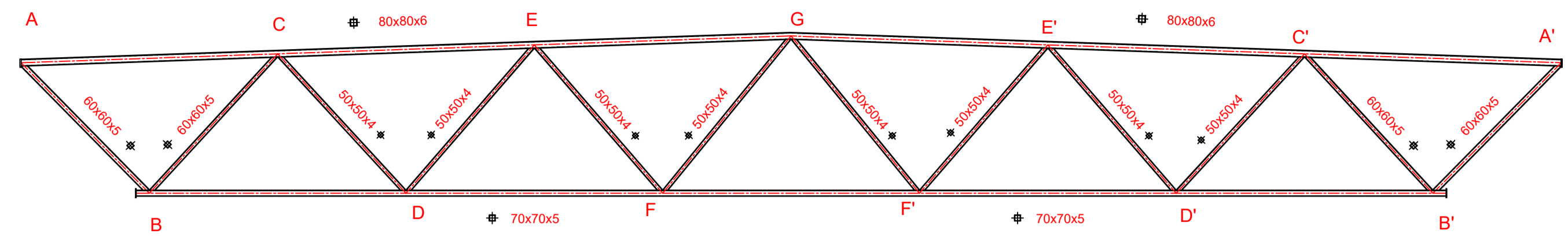
MAZGAS A MASTELIS 1:10



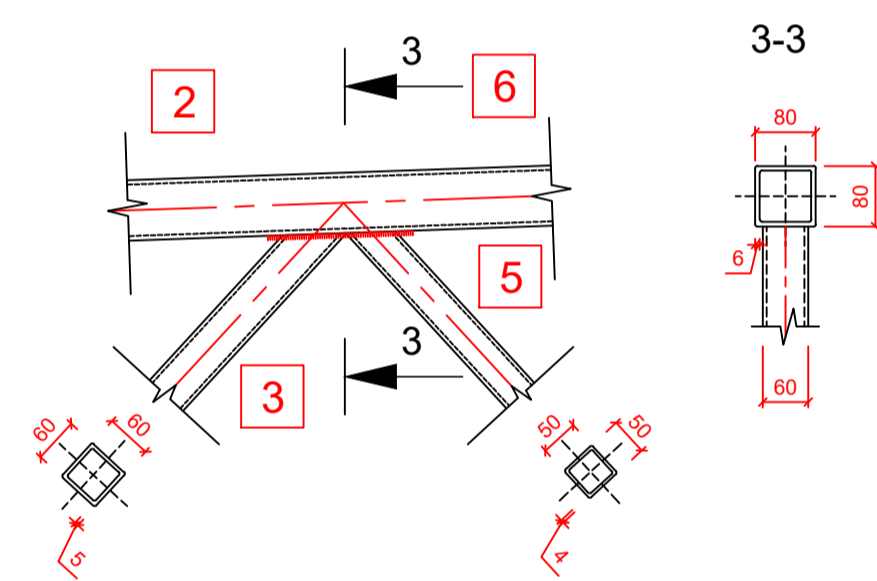
MAZGAS B MASTELIS 1:10



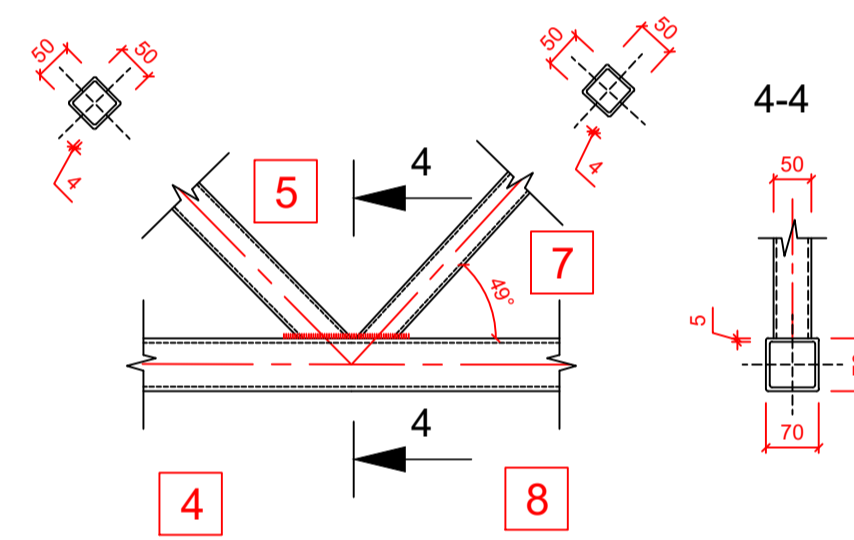
SANTVARA SAN17-6 MASTELIS 1:50



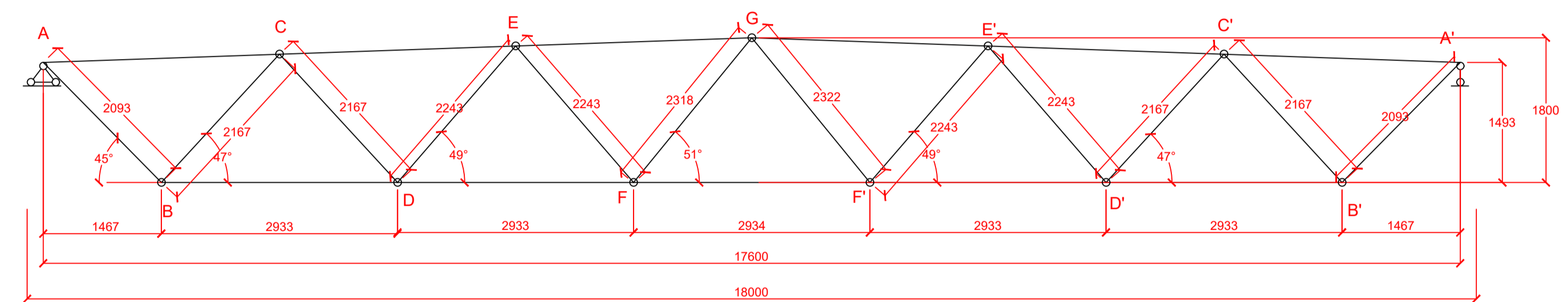
MAZGAS C MASTELIS 1:10



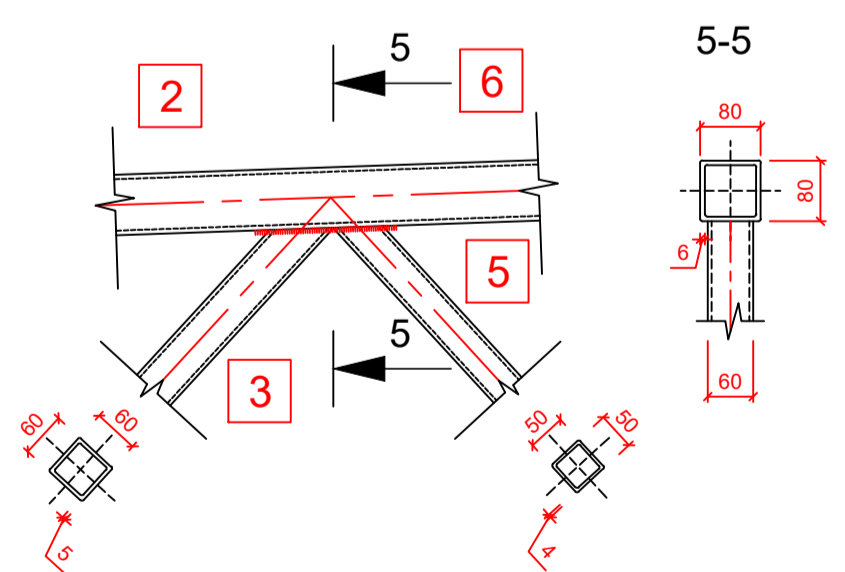
MAZGAS D MASTELIS 1:10



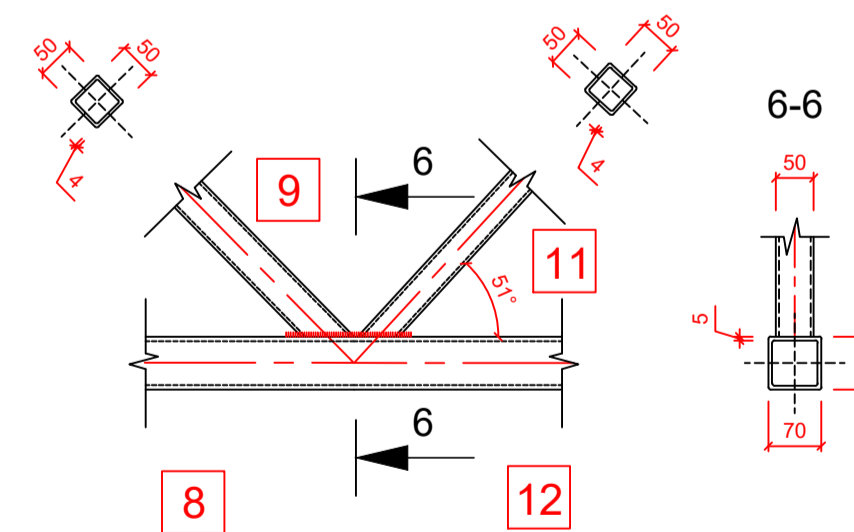
SANTVAROS GEOMETRIJA MASTELIS 1:50



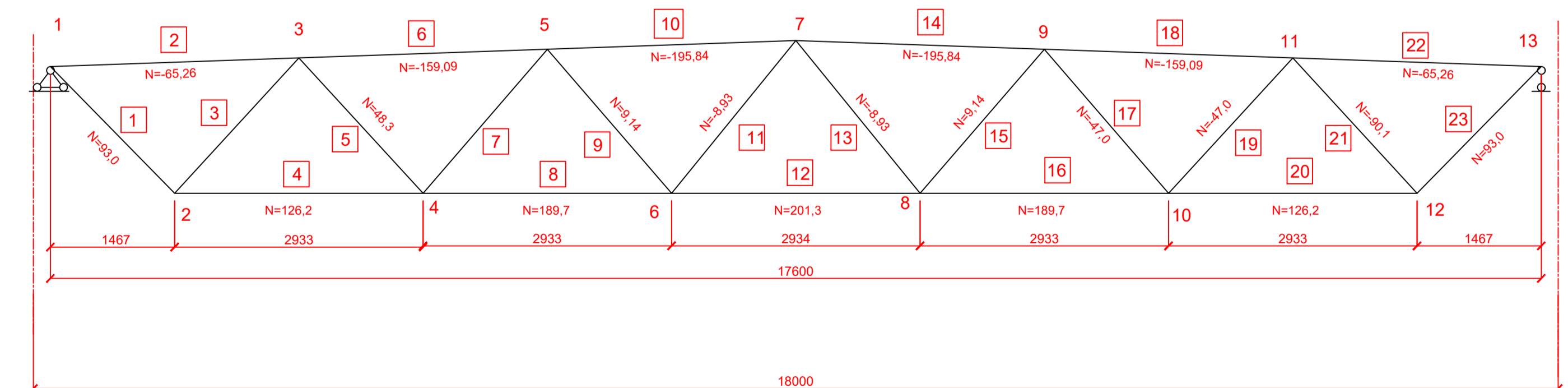
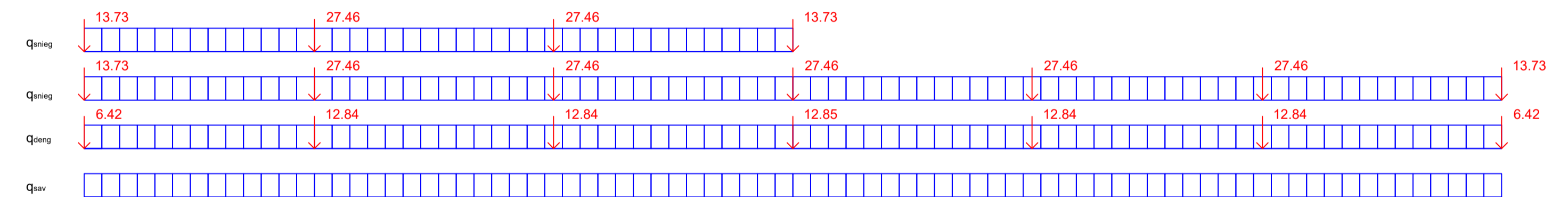
MAZGAS E MASTELIS 1:10



MAZGAS F MASTELIS 1:10



SANTVAROS APKROVIMO SCHEMA MASTELIS 1:50



Medžiagų specifikacija						
Nr.	Elementas	Skerspjūvis, mm	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg	Viso, kg
1	Vamzdis	80x80x6	8800	2	119,68	239,36
2	Vamzdis	70x70x5	7500	2	73,35	146,60
3	Vamzdis	60x60x5	2090	2	17,16	34,32
4	Vamzdis	60x60x5	2170	2	17,82	35,64
5	Vamzdis	50x50x4	2170	2	11,96	23,92
6	Vamzdis	50x50x4	2240	4	12,34	49,36
7	Vamzdis	50x50x4	2320	2	12,78	25,56
					Viso	554,86

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-4	Studentas	R. Lakštauskas	Kolonų gamybos technologija, panaudojant susitankinantį betoną	
	Vadovas	Ž. Rudzionis	Santvara SAN 17-6, Santvaros apkrovimo schema, Mazgai A, B, C, D, E, F.	
	Konsult.		Laida	0
	Konsult.		Lapas	5
Pr. etapas	Statybinių medžiagų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		2016-BMD-SM	5