



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Laura Bernotaitė

UNIVERSALIOS SPORTO SALĖS PASTATO STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lekt. Mindaugas Kasiulevičius

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Mindaugas Augonis

(data)

**UNIVERSALIOS SPORTO SALĖS PASTATO STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

T000M167

Vadovas

(parašas) lekt. Mindaugas Kasiulevičius

(data)

Recenzentas

(parašas) inž.-konstrukt. Kęstutis Matijošaitis

(data)

Projektą atliko

(parašas) Laura Bernotaitė

(data)

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITETŪROS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Laura Bernotaitė

(Studento vardas, pavardė)

M6046N21 Statyba

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„UNIVERSALIOS SPORTO SALĖS PASTATO STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES
PROJEKTAS“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2017 m. _____ sausio _____ 16 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Lauros Bernotaitės**, baigiamasis projektas tema „UNIVERSALIOS SPORTO SALĖS PASTATO STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Bernotaitė, Laura. Universalios sporto salės pastato stybinių konstrukcijų dalies projektas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lekt. Mindaugas Kasiulevičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: santvara, rėmsija, perdanga, kolona, poliai.

Kaunas, 2017. 132 p.

SANTRAUKA

Šio magistro baigiamojo darbo tikslas – suprojektuoti universalios sporto salės statinio laikančiasias konstrukcijas ir išnagrinėti statinio projektavimo ir statybos darbus, apimant pasiruošimą statybos darbams ir darbų organizavimą – projektuojamas 2018,41 m² ploto visuomeninės paskirties pastatas – universali sporto salė. Projektuojamo pastato vieta Alytus, Birutės g. 5. Darbe aprašomos statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos, statinio architektūriniai, konstrukciniai sprendimai. Didžiąją darbo dalį sudaro konstrukcinė dalis, kurioje projektuojama metalinė santvara, surenkama gelžbetoninė perdangos plokštė, rėmsijos, kolonos ir gręžtiniai pamatai. Atliekamas dviejų skirtingų konstrukcinių schemų ekonominis palyginimas ir sudaroma technologinė kortelė. Taip pat aprašomi pagrindiniai statinio statybos darbų organizavimo principai, darbų saugos ir aplinkosaugos reikalavimai.

Bernotaitė, Laura. *Master's thesis in Structural Part of Project of Universal Sport Hall: / supervisor assoc. Mindaugas Kasiulevičius. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Civil Engineering

Key words: *truss, beam, slab, column, poles.*

Kaunas, 2017. 1132 p.

SUMMARY

The aim of the thesis – to design multi-purpose sports hall supporting constructions and analyse building design and construction work including preparation of construction works and its organizing. The object - 2,018,41 m² designed public building - multi-purpose sports hall. The building is located in Birutės street 5, Alytus. In the thesis building regulations, legal conditions and architectural, structural building solutions are described. The main part of the thesis consists of construction part in which the metal trusses is designed, also reinforced concrete slab, collars, columns and drilled foundations are collected. The economic comparison of the two different design constructions schemes is carried out and then work card is created. Furthermore, the basic construction building organizing principles, work safety and environmental protection requirements are described.

Turinys

1.	Įvadas.....	7
2.	Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos	8
3.	Architektūrinė dalis	10
3.1	Architektūriniai sprendimai.....	10
3.2	Projektuojamų atitvarų konstrukciniai sprendimai.....	13
3.3	Stogo atitvaros šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.....	14
4.	Konstrukcinė dalis	17
4.1	Santvaros skaičiuojamoji schema.....	17
4.1.1	Santvaros apatinės juostos projektavimas	18
4.1.2	Santvaros viršutinės juostos projektavimas.....	19
4.1.3	Santvaros tinklelio projektavimas	19
4.1.4	Santvaros mazgų skaičiavimas	22
4.1.4.1	„3“ mazgo projektavimas	22
4.1.4.2	„7“ mazgo projektavimas	27
4.1.4.3	Kraigo mazgo projektavimas.....	32
4.1.4.4	Atraminio mazgo projektavimas	35
4.2	Metalinės sijos skaičiavimas	43
4.3	Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtos plokštės skaičiavimas	44
4.3.1	Apkrovos	44
4.3.2	Skerspjuvis. redukuoto skerspjuvio parinkimas	45
4.3.3	Reikalingo armatūros ploto apskaičiavimas	45
4.3.4	Redukuoto skerspjuvio parametrai	46
4.3.5	Pleišėjimo momento skaičiavimas.....	47
4.3.6	Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai.....	48
4.3.7	Plokštės viršutinio krašto pleišėtumas sandėliavimo metu.....	50
4.3.8	Kiaurymėtos plokštės skaičiavimas eksploatacijos stadijoje.....	51
4.4	L formos rėmsijos ir kolonos projektavimas	54
4.4.1	Skaičiuojamoji schema eksploataavimo sąlygos ir skerspjuvis.	54
4.4.2	1 skaičiuojamosios schemos skaičiavimai.....	54
4.4.2.1	Rėmsijos su pažeminta lentyna skaičiavimas.....	54
4.4.2.1.1	Rėmsijos stiprumo skaičiavimas	55
4.4.2.1.2	Lynų išankstinių įtempimų nuostoliai.	57

4.4.2.1.3	Įstrižojo pjūvio skaičiavimas	59
4.4.2.1.4	Rėmsijos lentynos skaičiavimas	60
4.4.2.1.5	Konstrukciniai sprendimai.....	63
4.4.2.2	1 varianto kolonos projektavimas.....	63
4.4.2.2.1	Kolonos skerspjūvio matmenys, naudojamas betonas ir armatūra.....	63
4.4.2.2.2	Liaunis	64
4.4.2.2.3	Pagrindinės armatūros skaičiavimas.....	65
4.4.2.2.4	Skersinė armatūra	68
4.4.2.2.5	Gembės skaičiavimas	68
4.4.2.2.6	Ilgos gembės skaičiavimas	69
4.4.2.2.7	Konstrukciniai sprendimai.....	70
4.4.3	2 skaičiuojamosios schemos skaičiavimai.....	71
4.4.3.1	Rėmsijos skaičiavimas.....	71
4.4.3.1.1	Rėmsijos stiprumo skaičiavimas	71
4.4.3.1.2	Lynų išankstinių įtempimų nuostoliai.	72
4.4.3.1.3	Įstrižojo pjūvio skaičiavimas.	74
4.4.3.1.4	Rėmsijos lentynos skaičiavimas	75
4.4.3.1.5	2 varianto rėmsijos montavimo konstrukciniai sprendimai.....	76
4.4.3.2	2 varianto kolonos projektavimas.....	76
4.4.3.2.1	Kolonos skerspjūvio matmenys, naudojamas betonas ir armatūra.....	77
4.4.3.2.2	Liaunis	77
4.4.3.2.3	Pagrindinės armatūros skaičiavimas.....	77
4.4.3.2.4	Skersinė armatūra	79
4.4.3.2.5	Kolonos gembės skaičiavimas.....	79
4.4.3.2.6	Konstrukciniai sprendimai.....	79
4.5	Polinio pamato projektavimas	80
4.5.1	Pamato projektavimas saugos ribiniam būviui.....	80
4.5.1.1	Projektavimo būdo DA-1 pirmasis derinys A1+M1+R1.....	80
4.5.2	Projektavimo būdo DA-1 antrasis derinys A2+M2+R1	84
4.5.3	Polio armavimas ir laikomosios galios tikrinimas.....	86
4.5.4	Polio suminių nuosėdžių skaičiavimas	88
4.5.5	Galvenos armavimas ir laikomosios galios tikrinimas	89
5.	Mokslinė tiriamoji dalis.....	90
6.	Technologinė, organizacinė ir ekonominė dalis	92

6.1	Gelžbetoninio karkaso montavimo darbų kiekių skaičiavimas	92
6.2	Mašinų komplekso darbams atlikti parinkimas.	93
6.2.1	Montavimo priemonių parinkimas	93
6.2.2	Krano parinkimas	94
6.3	Pirmo aukšto karkaso montavimo technologinė kortelė	96
6.3.1	Kolonų montavimas.....	97
6.3.2	Rėmsijų montavimo technologinė kortelė.....	98
6.3.3	Tarpaukštinės perdangos plokštės	99
6.3.4	Karkaso montavimo darbų kiekiai.....	100
6.4	Kalendorinis darbo grafikas	101
6.5	Ekonominė dalis	103
6.6	Darbų saugas ir aplinkosauga.....	104
6.6.1	Bendrieji projektuojamo pastato vandentiekio, atliekų šalinimo, oro kokybės, šildymo bei triukšmo reikalavimai	104
6.6.2	Statybvietės darbų sauga	104
	Išvados.....	106
	Literatūros sąrašas	107
	Priedai 109	

Paveikslėlių sąrašas

1 pav.	Trimatė skaičiuojamoji schema.....	17
2 pav.	Santvaros geometrinė schema	18
3 pav.	„3“ mazgas	22
4 pav.	„7“ mazgas	27
5 pav.	Apatinės juostos flanšinė jungtis.....	32
6 pav.	Viršutinės juostos flanšinė jungtis.....	34
7 pav.	Mazgas „A“	35
8 pav.	HEB 220 sijos momentų diagrama (viršuje) ir skersinių jėgų diagrama (apačioje). ...	43
9 pav.	Plokštės skerspjūvis.....	45
10 pav.	Redukuotas plokštės skerspjūvis.....	45
11 pav.	Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema.....	45
12 pav.	Plokštės normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema.	51
13 pav.	1 skaičiuojamoji schema.	54
14 pav.	Rėmsijos įrašų diagramos: maksimalus momentas apačioje, toliau maksimalus momentas viršuje. Apačioje skersinių jėgų diagrama.	55
15 pav.	Sijos su pažeminta lentyna skerspjūvis.	55
16 pav.	Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema.....	56
17 pav.	Rėmsijos armavimas	57
18 pav.	Rėmsijos lentynos jėgos pridėjimo vieta.....	60
19 pav.	Ekscentriškai gniuždomo elemento skaičiuojamoji schema.	64
20 pav.	Kolonos gembė matmenys.	68
21 pav.	Ilgos gembės armavimas.	70
22 pav.	2 skaičiuojamoji schema.	71
23 pav.	Rėmsijos momentų diagrama.	71
24 pav.	Rėmsijos skerspjūvis.	72
25 pav.	2 varianto rėmsijos armavimas.....	72
26 pav.	Rėmsijos lentynos jėgos pridėjimo vieta.....	75
27 pav.	Ašinių jėgų momentų diagrama , kai veikia maksimali ašinė jėga.	76
28 pav.	Ašinių jėgų momentų diagrama , kai veikia maksimalus momentas.	77
29 pav.	Polių ir galvenos skaičiuojamoji schema.	82
30 pav.	Momentų diagrama.	86
31 pav.	Skersinių jėgų diagrama.	88

32 pav.	Jungtis, kai viena rėmsija atremiama ant kitos rėmsijos lentynos.....	90
33 pav.	Rėmsijų jungimas per įdėtinę detalę.	91
34 pav.	Krano skaičiuojamoji schema	94
35 pav.	Krano keliamosios galios grafikas.	96
36 pav.	Kolonos jungimas su pamatu.	97
37 pav.	Sijos laikinų ryšių įrengimas.	98
38 pav.	Lokalinių sąmatų palyginimas.	103
39 pav.	Stogo konstrukcijos detalė.	109
40 pav.	Santvaros momentų diagrama.	110
41 pav.	Ašinių jėgų diagrama	110

Lentelių sąrašas

1 lentelė.	Stogo apkrovų lentelė.....	18
2 lentelė.	Preliminari santvaros strypų suvestinė.....	22
3 lentelė.	Galutinė santvaros strypų suvestinė.....	42
4 lentelė.	Plokštei tenkančio apkrovos, charakteristinės.....	44
5 lentelė.	Nagrinėjamo geologinio sluoksnio (Nr. 5) rodikliai	80
6 lentelė.	DA-1 pirmojo derinio daliniai koeficientai	81
7 lentelė.	Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų	82
8 lentelė.	DA-1 antrojo derinio daliniai koeficientai	84
9 lentelė.	Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų	85
10 lentelė.	Montuojamų gelžbetoninių kolonų specifikacija.....	92
11 lentelė.	Montuojamų rėmsijų specifikacija.....	93
12 lentelė.	Montuojamų perdangos plokščių specifikacija.....	93
13 lentelė.	Kobinėjimo priemonės.....	94
14 lentelė.	Technologinių procesų darbų kiekių sąnaudos.....	100
15 lentelė.	Kalendorinis darbo grafikas 1 dalis.....	101
16 lentelė.	Kalendorinis darbo grafikas 2 dalis.....	102
17 lentelė.	1 varianto darbo užmokestis.....	114
18 lentelė.	1 varianto medžiagų poreikio žiniaraštis.....	115
19 lentelė.	1 varianto mechanizmų poreikio žiniaraštis.....	115
20 lentelė.	1 varianto lokaline sąmata.....	115
21 lentelė.	2 varianto darbo užmokestis.....	116
22 lentelė.	2 varianto medžiagų poreikis.....	116
23 lentelė.	2 varianto mechanizmų poreikis.....	116
24 lentelė.	2 varianto lokalinė sąmata.....	117

1. ĮVADAS

Magistro baigiamasis darbas yra sudarytas iš 6 dalių: statinio statybos teisinio reglamentavimo ir teisinių sąlygų, architektūrinės, konstrukcinės, technologinės, ekonominės bei darbo saugos ir aplinkosaugos dalių.

Teisinėje dalyje išvardinti Lietuvos Respublikos statybos techniniai reglamentai, higieninės normos ir kiti galiojantys normatyviniai dokumentai, kuriais remiantis buvo atliktas statybos projektas ir jo architektūros, konstrukcijų, technologijų projekto dalys.

Architektūrinėje dalyje aprašomi statinio architektūriniai sprendimai, statybai naudojamos konstrukcijos. Apskaičiuojama stogo šilumos perdavimo koeficiento vertė, gautas rezultatas palyginamas su norminiais reikalavimais.

Konstrukcinėje dalyje suprojektuojamos ir paskaičiuojamos pastato laikančiosios konstrukcijos (plieninė santvara, sija, kiaurymėta perdangos plokštė, gelžbetoninė kolona ir rėmsija). Šioms konstrukcijoms sudaromos skaičiuojamosios schemas, nustatomos apkrovos, apskaičiuojamos veikiančios įrašos, parenkami reikalingi skerspjūviai, konstruojami mazgai, parenkama armatūra.

Ekonominėje dalyje aprašoma lokalinės sąmatos sudarymo tvarka ir principai. Kompiuterine sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“ atliekamas dviejų tipų rėmsijų ir kolonų ekonominis palyginimas. Prieduose pateikiamos lokalinės sąmatos, šioms konstrukcijoms pagaminti ir montuoti.

Technologinėje dalyje aprašomas statinio konstrukcijų (kolonų ir rėmsijų) montavimas, parenkamas kranas ir sudaromas darbų atlikimo kalendorinis grafikas.

Darbo saugos ir aplinkosaugos dalyje vadovaujantis statybos techniniais reglamentais, numatančiais esminius projektuojamam statiniui keliamus reikalavimus higienos, sveikatos, apsaugos, aplinkosaugos srityse, aprašomi būtini šilumos, apšvietimo, oro kokybės, oro drėgnumo bei triukšmo reikalavimai. Nurodomi geriamo ir buitinio vandens tiekimo būdai, reikalavimai jų kokybei, reikalavimai nuotekų šalinimui. Aprašomi kietųjų atliekų šalinimo, išorės aplinkos tvarkymo ir gamtos apsaugos reikalavimai.

2. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

Alytaus miesto stadiono rekonstrukcija adresu Birutės g. 5, Alytus, suskirstyta į III etapus, šiame etape projektuojama ir statoma universali sporto salė remiantis:

- statybos techniniais reglamentais;
- kitais galiojančiais normatyviniais dokumentais.

STATYBOS RŪŠIS. Vadovaujantis STR 1.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“, statybos rūšis yra: naujo statinio statyba.

STATINIO PASKIRTIS. Gamybos, pramonės pastatas, remiantis „Gaisrinės saugos pagrindiniais reikalavimais“, 2011 m - P.2.14 funkcinė grupė (sporto pastatai), bei STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ – VI sk. p.8.14 (sporto paskirties pastatai);

STATINIO (dalies) KATEGORIJA. Ypatingas, įeina į STR 1.01.06:2013 „Ypatingi statiniai“ ir neįeina į STR 1.01.07:2010 „Nesudėtingi statiniai“ sąrašą .

Privalomųjų TP rengimo dokumentų bei pagrindinių normatyvinių statybos techninių dokumentų, kuriais vadovaujantis parengtas TP, sąrašas:

- 1) LR statybos įstatymas 1996 03 19, Nr. I – 1240, nauja redakcija 2010 10 01d.;
- 2) LR teritorijų planavimo įstatymas 1995 12 12, Nr. I – 1120, nauja redakcija 2004 005 01, įstatymas Nr. IX – 1962, priimtas 2004 01 15, įsigaliojantis 2004 05 01.;

Organizaciniai tvarkomieji statybos techniniai reglamentai:

STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“;

STR 1.01.06:2013. „Ypatingi statiniai“;

STR 1.01.08:2002. „Statinio statybos rūšys“;

STR 1.01.09:2003. „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“;

STR 1.14.01:1999. „Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka“;

Statybos techninių reikalavimų ir kiti reglamentai:

STR 2.01.01(1):2005. ESR. Mechaninis patvarumas ir pastovumas;

STR 2.01.04(2):2004. ESR. Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai;

STR 2.01.01(3):1999. ESR. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga;

STR 2.01.01(4):2008. ESR. Naudojimo sauga;

STR 2.01.01(5):2008. ESR. Apsauga nuo triukšmo;

STR 2.01.01(6):2008. ESR. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas;

STR 2.03.01:2001. Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms;

STR 2.02.02:2004 Visuomeninės paskirties statiniai

STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai;

STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos;

STR 2.05.05:2005. Betoninių ir g/b konstrukcijų projektavimas;

STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai;

STR 2.05.13:2004. Statinių konstrukcijos. Grindys;

STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys;

STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas;

Higieninės normos, standartai, rekomendacijos, taisyklės:

HN 123:2003 „Patalpų ir įrangos, skirtos kūno kultūrai ir sportui, higienos reikalavimai“

STR 2.05.01:2005 1 priedas. „Šilumos perdavimo per pastatų atitvaras skaičiavimo metodai“.

Papildomi dokumentai – kiti Lietuvoje galiojantys normatyvai, Vyriausybės nutarimai ir žinybų įsakymai.

3. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

Projektuojama Alytaus miesto stadiono rekonstrukcija, adresu Birutės g. 5, Alytuje. Rekonstrukcijos projektas suskirstytas į tris etapus. Šiame etape projektuojama universali sporto salė. Pastatas priskiriamas B energetinio efektyvumo klasei.

Pagrindinis privažiavimas numatomas esamoje vietoje nuo Birutės gatvės, pagal Alytaus miesto stadiono ir aplinkinės teritorijos sutvarkymo Birutės g. dalies: dviračių, pėsčiųjų tako esančio šalia stadiono, bei įvažiavimo kelio į stadioną rekonstrukcijos projektą. Atsižvelgiant į Statytojo užduotį įrengiamas naujas įvažiavimas, inžineriniai tinklai, automobilių stovėjimo aikštelė 21 lengvajam automobiliui, 4 vietos numatomos žmonėms su negalia (ŽN) automobiliams ir 4 autobusams. Projektuojamų įvažiavimų danga įrengiama ant skaldos pagrindo iš 8 cm storio betoninių trinkelė.

Šiame etape, prie projektuojamos sporto salės, pietinėje sklypo dalyje, įrengiamas pagrindinis žiūrovų įėjimas, su kasomis ir žiūrovų praleidimo barjeriais (su kryžminėmis užtvaramis).

3.1 ARCHITEKTŪRINIAI SPRENDIMAI

UNIVERSALIOS SPORTO SALĖS PLANINĖ STRUKTŪRA

Sporto salės pirmame aukšte įrengiami du 14 vietų sportininkų persirengimo kambariai (vienas vyrams ir vienas moterims), dušinės patalpos su sanitariniais mazgais, bei valymo inventoriaus patalpos. Dušų ir sanitarinių mazgų kabinos viena nuo kitos atskirtos lengvo tipo atspariomis drėgmei pertvaromis. Persirengimo patalpose numatomos individualios metalinės spintelės su stacionariais suoliukais. Be to, pirmame aukšte projektuojamos patalpos dviratininkams: treniruoklių patalpa, trenerių kambarys su sanitariniu mazgu, dviračių priežiūros ir laikymo patalpa, sportinio inventoriaus sandėlis, stadiono priežiūros inventoriaus patalpa bei salė.

Pirmame aukšte, šalia pagrindinio įėjimo, projektuojamas sanitarinis mazgas žmonėms su negalia (ŽN), o salėje numatomos vietos žiūrovams. Vertikaliam ryšiui prie pagrindinio įėjimo projektuojama laiptinė. Laiptinėje trečiame aukšte numatomas liukas patekimui ant stogo.

Antrame aukšte numatoma žiūrovų rūbinė, personalo patalpa, sanitariniai mazgai žiūrovams ir vent. kamera. Antrame aukšte taip pat numatomas balkonas žiūrovams su 159 sėdimomis vietomis su polipropileno kėdutėmis ir 40 stovimų vietų.

Trečiame aukšte projektuojama 10 laikino sportininkų apgyvendinimo dviviečių kambarių su sanitariniais mazgais bei švarios ir nešvarios patalynės sandėliais ir valymo inventoriaus patalpa.

Evakuacijai numatoma antra metalinių konstrukcijų laiptinė.

LANGAI, DURYS, ĮSTIKLINTOS PERTVAROS

Langai numatomi „šiltų“ aliuminio profilių dažytų milteliniu būdu su stiklo paketu (šilumos perdavimo koeficientas ne daugiau $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). Patalpoms vėdinti langai numatomi su dviejų kryptų varstymu. Dalis langų numatomi su „Duco“ tipo orlaidėmis.

Pagrindinio fasado antrame aukšte numatoma aliuminio-stiklo sistema su vertikaliomis struktūrinėmis siūlėmis ir masyviais dangteliais, išryškinančiais horizontalų dalinimą. Kavinės langams numatoma aliuminio-stiklo sistema su vertikaliomis struktūrinėmis siūlėmis, be dangtelių (siūlės tarp stiklo paketų užtaisomos silikonu).

Vidaus durys medinės sustiprintos konstrukcijos (vidus užpildytas MDP), skydinės laminuotos vyšnios spalva. Pagrindinių įėjimų ir holų durys gaminamos iš „šiltų“ aliuminio profilių ir įstiklinamos. Kitų lauko įėjimų durys – metalinės, su tamsios medienos tekstūros imitacija, apšiltintos 50 mm akmens vata.

Į ventiliacinę kamerą numatomos EI 30 ugniai atsparumo durys.

Durys į objektą pristatomos visiškai sukomplektuotos (su vyriais, sandarinančiomis tarpinėmis, spynomis), su atitiktis sertifikatais ir gaminių pasais.

VIDAUS APDAILA

Mūrinės sienos ir pertvaros tinkuojamos. Paviršiai glaistomi ir dažomi emulsiniais dažais, kur reikia - sienos apdailinamos glazūruotų plytelių danga .

Grindų dangos numatomos šios: sanitariniuose mazguose, techninėse patalpose, sportinio inventoriaus patalpoje, valymo inventoriaus patalpose, dušinėse, laiptinėse ir koridoriuose - akmens masės plytelių; persirengimo patalpose, laikino apgyvendinimo patalpose, administracijos patalpoje - PVC linoleumo 2 mm storio su viršutiniu 0,7 mm storio 100% PVC dėvimuoju sluoksniu.

Patalpų lubos įrengiamos iš gipso kartono, perforuotų aliuminio profilių, sanitariniuose mazguose įrengiamos iš atsparaus drėgmei gipso kartono. Kur nėra pakabinamų lubų – užtrinama, glaistoma ir dažoma emulsiniais dažais.

FASADO APDAILA

Universalios sporto salės mūrinės sienos iš išorės apšiltinamos akmens vatos sluoksniu. Antro aukšto dalis nuo alt. +3,0 – ventiliuojamas kompozicinių aliuminio plokščių fasadas. Pirmo aukšto dalis, tarp langiai ir galinė siena, kuri jungiasi su pagrindiniu pastatu, - tinkuojama mineraliniu 2-2,5 mm frakcijos tinku ir dažoma fasadiniais dažais.

Pačios salės tūris aptaisomas tamsiai ir šviesiai sidabrinės spalvos daugiasluoksnėmis sieninėmis plokštėmis. Fasadas pagyvinamas „Trimo“ apdailiniais elipsės formos profiliais dažytais raudona spalva. Evakuacinės laiptinės sienos aptaisomos „Ducowall“ tipo profiliais, o virš salės langų įrengiamos „Ducosun“ tipo žaliuzės.

TECHNINIAI RODIKLIAI

Bendras plotas	2018,41 m ²
Pagrindinis plotas	1596,05m ²
Pagalbinis plotas	422,36 m ²
Pastato tūris	15390 m ³
Užstatymo plotas	1362 m ²
Sklypo plotas	30860 m ²
Šiame etape tvarkomos teritorijos plotas	7442 m ²

PROJEKTINĖS PASTATO ATITVARŲ ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTO U (W/m²K) REIKŠMĖS:

Grindų ant grunto	0,3
Tinkuotas fasadas	0,25
Ventiliuojamas fasadas	0,25
Daugiasluoksnės plokštės	0,28
Deginio (stogo konstrukcija)	0,17

GAISRINĖ SAUGA

Projektuojamojo pastato paskirtis – negyvenamasis pastatas (pagal STR 1.01.09:2003).

Statinio kategorija – ypatingas statinys.

Pastato laikančios konstrukcijos: gelžbetonio karkasas, išorėje užpildytas 300 mm storio keramzitetonio blokeliais „Fibo“, apšiltintos 150 mm storio akmens vatos plokštėmis, tinkuotos; Antras aukštas – ventiliuojamas fasadas iš kompozicinių aliuminio plokščių; pačios salės tūris

aptaisomas 140 mm storio daugiasluoksnėmis plokštėmis; pastato perdangos ir denginys – surenkamo gelžbetonio kiaurymėtos plokštės. Stogas sutapdintas. Ant denginio įrengta šilumos izoliacija, skirta sutapdintų stogų šiltinimui. Stogo danga du sluoksniai bituminės ruloninės dangos. Stogas turi tenkinti B_{ROOF} klasės reikalavimus.

Gaisro atveju, dūmai iš patalpų, koridorių ir laiptinių šalinami per atidaromus langus. Gesintuvai yra kiekvienoje gaisrinio čiaupo spintelėje. Evakuacijos keliuose būtini ženklai - rodyklės.

Statinio atsparumo ugniai laipsnis - I

Gaisro apkrovos kategorija - 3

Gaisro apkrovos tankis iki 600MJ/m²

Leidžiama statinio gaisrinio pavojingumo klasė C1.

3.2 PROJEKTUOJAMŲ ATITVARŲ KONSTRUKCINIAI SPRENDIMAI

Sienos

Sporto salės sienos dviejų tipų: daugiasluoksnės plokštės, 140 mm storio pakabinamos plokštės su akmens vatos užpildu. Sienos ir plokštės montuojamos ant surenkamų g/b pamatų sijų. Plokštės varžtais, per tarpines, tvirtinamos prie g/b kolonų, keramzitbetonio blokelių mūras remiamas ant surenkamų g/b rėmsijų. Juostinių pakabinamų daugiasluoksninių sienų šilumos perdavimo koeficientas $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$. Keramzitbetonio blokelių siena apšiltinama 150 mm storio akmens vatos sluoksniu iš išorės, įrengiant kompleksinę išorinio apšiltinimo sistemą. Šilumos perdavimo koeficientas $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Triaukštės pastato dalies atitvarinės sienos mūrijamos iš 30 cm storio 3 MPa stiprumo keramzitbetonio blokelių, kaip užpildas tarp karkaso kolonų. Virš durų, langų angų montuojamos keramzitbetonio sąramos. Sienos iš išorės apšiltinamos įrengiant dviejų tipų apšiltinimo sistemas: neventiliuojamą ir ventiliuojamą. Ventiliuojama sistema įrengiama su metaliniu karkasu ir lakštine apdaila, neventiliuojama su plonasluoksniu tinku. Abi sistemos apšiltinamos 150 mm akmens vatos plokštėmis. Sienų storio šilumos perdavimo koeficientas $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Pertvaros

Pertvaros dviejų tipų: keramzitbetonio blokelių ir keraminių plytų. Keramzitbetoninės pertvaros mūrijamos iš 3 MPa stiprumo blokelių ant skiedinio S5, plytų mūro pertvaros mūrijamos iš M150 plytų ant skiedinio S5. Virš durų angų montuojamos surenkamos armuotos keramzitbetonio sąramos, keramzitbetonio blokelių pertvaroms ir g/b sąramos pertvaroms iš plytų.

Stogas

Salės stogas sutapdintas, dvišlaitis su vidiniu lietaus vandens nuvedimu. Stogo atitvarinė laikanti konstrukcija – profiliuoti cinkuotos skardos lakštai, varžtais tvirtinami į santvarų viršutinę juostą. Apšiltinimas – kietos akmens vatos plokštėmis, danga – ruloninė bituminė prilydoma dviejų sluoksnių. Stogo konstrukcija pagal gaisrinę saugą atitinka B_{ROOF} (t1) klasę. Laikančios konstrukcijos (profiluoto) pakloto atsparumas ugniai RE15. Stogo šilumos perdavimo koeficientas $U=0,20$ W/m²K.

Triaukštės pastato dalies stogas sutapdintas su vidiniu lietaus vandens nuvedimu. Laikanti konstrukcija – surenkamos g/b kiaurymėtos plokštės. Nuolydis formuojamas iš mineralinės vatos. Apšiltinimas – 19 cm. Stogo danga – dvisluksnė, ruloninė, bituminė, prilydomoji. Stogo konstrukcija pagal gaisrinę saugą atitinka B_{ROOF} (t1) klasei. Stogo šilumos perdavimo koeficientas $U=0,20$ W/m²K.

Grindys

Grindų konstrukcija įrengta ant grunto. Ant sutankinto smėlio–skaldos pasluoksnio klojamos 10 cm storio 100 kPa stiprio gniuždant putų polistireno plokštės, betonuojamas 10cm storio armuotas išlyginamasis sluoksnis. Tualetų, dušų patalpų bloko grindims virš išlyginamojo sluoksnio įrengiama klijuotinė hidroizoliacija ir 2cm storio išlyginamasis cementinio skiedinio sluoksnis. Grindų ant grunto šilumos perdavimo koeficientas $U=0,3$ W/m²K.

Grindų konstrukcija ant tarpaukštinių perdenginių. Įrengiamas 3,5 cm storio smėlio pasluoksnis, klojamas 2,2 cm storio smūgio garsą izoliuojančios akmens vatos plokštės, betonuojamas 6 cm storio armuoto betono išlyginamasis sluoksnis. Tualetuose, dušuose papildomai, virš išlyginamojo sluoksnio klijuojama hidroizoliacinė plėvelė ir 2 cm storio cementinio skiedinio tarpsluoksnis.

3.3 STOGO ATITVAROS ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTO SKAIČIAVIMAS

Negyvenamos viešosios paskirties pastato stogui norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė lygi:

$$U_N = 0,20 \cdot k = 0,20 \cdot 1 = 0,2 \text{ W}(m^2 \cdot)$$

$k = 1$, - temperatūros pataisa, lygi 1 kai vidutinė projektinė išorės temperatūra 0°C ir vidaus 20°C.

Leistina šilumos perdavimo koeficiento reikšmė:

$$U_{MN} = 0,25 \cdot k = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ W}(m^2 \cdot K)$$

Projektinės šilumos perdavimo koeficiento reikšmės skaičiavimas:

$$U_d = \frac{1}{R_t} W / (m^2 \cdot K); \quad (3.1)$$

Turi būti tenkinama sąlyga:

$$U_d \leq U_{MN} \quad (3.2)$$

R_t – šiluminė varža;

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (3.2)$$

R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža; $R_{si}=0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (šilumos srauto kryptis aukštyn);

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

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža, $R_{se}=0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$;

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q + R_u) \quad (3.3)$$

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

R_g – oro tarpo šiluminė varža šiuo atveju lygi 0, nes oro tarpo nėra.

R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža;

R_u – nešildomos pastogės šiluminė varža, taip pat lygi 0, nes pastogės nėra.

$$R_n = \frac{d}{\lambda_{ds}} (m^2 \cdot K) / W; \quad (3.4)$$

D – sluoksnio storis, m;

λ_{ds} – medžiagos sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Projektinė termoizoliacinės medžiagos šilumos laidumo koeficiento vertė λ_{ds} , $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ apskaičiuojama pagal formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_{\omega} + \Delta\lambda_{cv} \quad (3.5)$$

$\Delta\lambda_{\omega}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo atitvaroje, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, imama iš STR 2.05.01:2005 2, 3 ir 4 lentelių;

Mineralinei vatai $\Delta\lambda_{\omega}=0,002 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

$\Delta\lambda_{cv}$ – šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl šilumos konvekcijos poveikio, apskaičiuojama pagal formulę.

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_D \cdot K_{cv} / \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \quad (3.6)$$

K_{cv} – šilumos konvekcijos poveikio koeficientas, imamas iš 5 lentelės, priklausomai nuo konstrukcijos vėdinimo intensyvumo, vėjo izoliacijos sluoksnio orinio laidžio K vertės, termoizoliacinio sluoksnio įrengimo būdo ir šio sluoksnio medžiagos oro laidumo koeficiento l , $K_{cv}=0$;

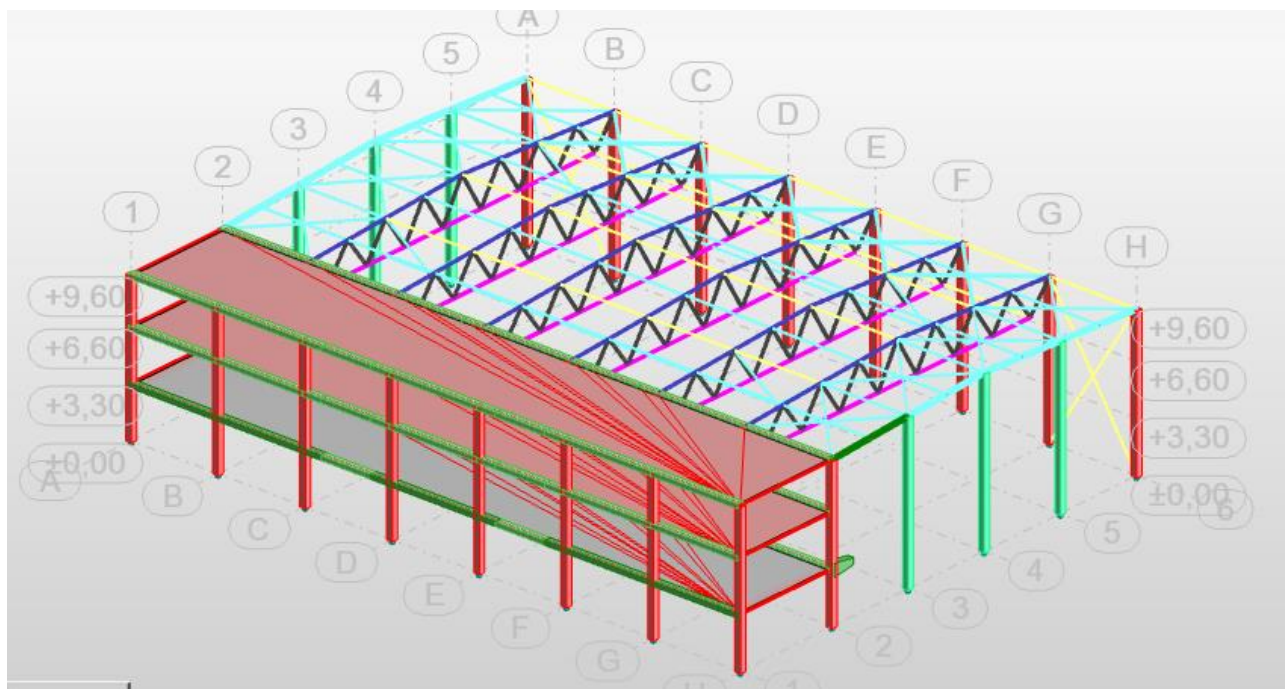
Stogo atitvaros detalė ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimai pateikti 1 priede.

$$U_d = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{5,833} = 0,17 \frac{W}{m^2 \cdot K} < U_N;$$

Išvada: Stogo konstrukcija atitinka jai keliamus techninius reikalavimus.

4. KONSTRUKCINĖ DALIS

Šioje dalyje skaičiuojamos didžiausių apkrovų veikiamos, t.y. pavojingiausios konstrukcijos. Į programą „Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016“ buvo suvestas trimatis skaičiuojamasis modelis, priskirti skerspjūviai, įvestos apkrovos (nuolatinės ir laikinos: sniegas, vėjas, naudojimo apkrova), bei sudaryti skaičiuojamieji ir charakteristiniai deriniai. Trimatė skaičiuojamoji schema pateikta 1 pav.



1 pav. Trimatė skaičiuojamoji schema.

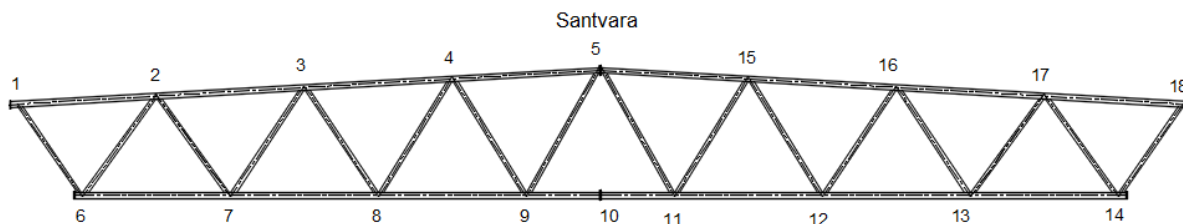
Projektuojamas pastatas patenka į 2 sniego apkrovos rajoną ir į 1 vėjo apkrovos rajoną.

4.1 SANTVAROS SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA

Santvara skaičiuojama pagal gautas įrašas nuo sudaryto pavojingiausio apkrovų derinio. Santvarą veikiančios apkrovos tai nuolatinės apkrovos – savasis svoris, stogo konstrukcijos apkrova ir laikinos apkrovos – sniegas ir vėjas.

Projektuojamas pastatas patenka į II Lietuvos sniego rajoną, charakteristinė apkrova nuo sniego $1,6 \text{ kN/m}^2$. Įvertinamos du sniego apkrovos pasiskirstymo variantai – sniegas pasiskirstęs tolygiai, ir sniego vienoje pusėje daugiau nei kitoje.

Pavojingiausias apkrovų derinys gautas, kai veikia nuolatinės apkrovos ir sniegas pasiskirstęs netolygiai. Įrašų diagramas sudarytos pagal pavojingiausius apkrovų derinius pateiktos 2 priede.



2 pav. Santvaros geometrinė schema

Santvara projektuojamas pagal STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas nurodymus [22].

1 lentelė. Stogo apkrovų lentelė

Dangos pavadinimas	kN/m
Hidroizoliacija 2sl	0,58
Paroc ROB 80	3,79
Paroc ROS30 g	1,54
Izoliacinis sluoksnis PROC XMV 020 bas	0,01
Paroc ROB 80	0,27
Rukki stogo lakstai	0,45
	6,63

4.1.1 Santvaros apatinės juostos projektavimas

Visi santvaros elementai (viršutinė ir apatinė juosta, spyriai) projektuojami iš kvadratinių vamzdžių. Plienas S355, kurio $f_y=355 \text{ N/mm}^2$, skaičiuojamasis plieno stipris [22]:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322 \text{ MPa}$$

Apatinė juosta projektuojama iš vientiso kvadratinio profilio vamzdžio. Apatinė juosta skaičiuojama kaip centriškai tempiamas elementas. Skaičiavimui parenkamas didžiausią įrąžą turintis strypas kurio ašinė jėga $N_{Ed} = 659,72 \text{ kN}$.

Skaičiuojamas reikalingas elemento skerspjūvis:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{659,72 \cdot 10^3 \cdot 10^4}{322 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 21,57 \text{ cm}^2$$

Pasirinktą profilį: **120x120x6**, $A = 26,4 \text{ cm}^2$, $i_{y,z} = 4,49 \text{ cm}$. Tikriname atsparį ir liaunį:

Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{659,72}{850,08} = 0,776 \leq 1,0;$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 26,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 850,08 \text{ kN}$$

Sąlyga tenkinama.

Efektyvusis santvaros juostos strypo ilgis:

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = l = 300 \text{ cm}$$

Strypo ribiniai liauniai:

$$\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{300}{4,49} = 66,8 \leq \lambda_{u,t} = 400 - \text{sąlyga tenkinama.}$$

4.1.2 Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Viršutinė juosta projektuojama iš vientiso kvadratinio profilio vamzdžio. Viršutinė juosta skaičiuojama kaip centriškai gniuždomas elementas. Skaičiavimui parenkamas pavojingiausią apkrovų derinį turintis strypas, kurio ašinė jėga $N_{Ed} = 657,66 \text{ kN}$.

Skaičiuojamas reikalingas elemento skerspjūvis:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{657,66 \cdot 10^3 \cdot 10^4}{322 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 21,50 \text{ cm}^2$$

Iš sortimento parenkamas kvadratinis vamzdinis **120x120x10** profilis, $A = 40,6 \text{ cm}^2$, $i_{y,z} = 4,38 \text{ cm}$. Strypo skaičiuojamasis ilgis: $l_{eff,y} = l_{eff,z} = l_1 = 3,0 \text{ m}$

Viršutinės juostos strypo liauniai: $\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{300}{4,38} = 68,5$

Skaičiuotino centriškai gniuždomo elemento pastovumo atspario reikšmė:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,697 \cdot 40,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 1 = 911,2 \text{ kN}$$

Čia: φ – koeficientas nustatomas interpoliuojant iš STR 2.05.08:2005 1 priedo

Centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{657,66}{911,2} = 0,72 \leq 1,0$$

Santvaros strypo ribinis liaunis:

$$\lambda_{y,z} = 68,5 \leq \lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,72 = 136,8$$

Sąlyga tenkinama.

4.1.3 Santvaros tinklelio projektavimas

Visi elementai projektuojami iš kvadratinio profilio vamzdžių. Spyris 2-6 projektuojamas kaip gniuždomas elementas pagal gniuždymo jėgą $N = 294,27 \text{ kN}$.

Iš sortimento parenkamas kvadratinis vamzdinis **90x90x8** profilis, $A = 24,0 \text{ cm}^2$, $i_{y,z} = 3,25 \text{ cm}$. Strypo skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = 0,9 \cdot 2,51 = 2,26 \text{ m}$$

Strypų liauniai:

$$\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{266}{3,25} = 81,85$$

Skaičiuotino centriškai gniuždomo elemento pastovumo atspario reikšmė:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,579 \cdot 24 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 1 = 447,4 \text{ kN}$$

Čia: φ – koeficientas nustatomas interpoliuojant iš STR 2.05.08:2005 1 priedo

Centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{294,27}{447,4} = 0,66 \leq 1,0$$

Santvaros strypų ribinis liaunis:

$$\lambda_{y,z} = 81,85 \leq \lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha = 210 - 60 \cdot 0,66 = 170,4 \text{ -sąlyga tenkinama.}$$

Spyriai 3-7, 4-8, 4-9 projektuojamas kaip gniuždomi elementai pagal gniuždymo jėgą $N = 171,5 \text{ kN}$.

Iš sortimento parenkamas kvadratinis vamzdinis **90x90x5** profilis mm profilis, $A = 16,4 \text{ cm}^2$, $i_{y,z} = 3,43 \text{ cm}$. Skaičiuojamas strypų skaičiuojamasis ilgis ir liaunis: $l_{eff,y} = l_{eff,z} = 0,9 \cdot 2,65 = 2,52 \text{ m}$, $\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{252}{3,43} = 73,5$.

Skaičiuotino centriškai gniuždomo elemento pastovumo atspario reikšmė:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,655 \cdot 16,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 1 = 345,90 \text{ kN}$$

Čia: φ – koeficientas nustatomas interpoliuojant iš STR 2.05.08:2005 1 priedo

Centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga: $\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{171,5}{345,90} = 0,50 \leq 1,0$

Santvaros strypų ribinis liaunis tikrinamas pagal sąlyga:

$$\lambda_{y,z} = 73,5 \leq \lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha = 210 - 60 \cdot 0,50 = 180 \quad \text{– strypų liaunio sąlyga}$$

tenkinama. Spyriai 1-6, 2-7, 3-8, 5-9 projektuojami kaip centriškai tempiami elementai pagal tempimo jėgą $N = 307,50 \text{ kN}$.

Iš sortimento parenkamas kvadratinis vamzdinis **80x80x8** profilis, $A = 20,8$

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = 0,9 \cdot 2,37 = 2,13 \text{ m}$$

Strypų liauniai: $\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{213}{2,84} = 75$

Skaičiuotinio centriškai tempiamo elemento ašinės jėgos atspario reikšmė:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 20,8 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 636,27 \text{ kN}$$

Skaičiuojama centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga: $\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{307,50}{636,27} = 0,48 \leq 1,0$

Strypų ribinis liaunio sąlyga tenkinama: $\lambda_{y,z} = 75 \leq \lambda_u = 400$

Tinklelio spyrių matmenys turi tenkinti konstrukcinius reikalavimus:

Priklausomai nuo viršutinės juostos:

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 120 - 2 \cdot (10 + 5) = 90 \text{ mm} ; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ mm} \end{cases}$$

Priklausomai nuo apatinės juostos:

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 120 - 2 \cdot (8 + 5) = 94 \text{ mm} ; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ mm} \end{cases}$$

čia: B – juostos plotis;

t_b – juostos vamzdžio sienelės storis;

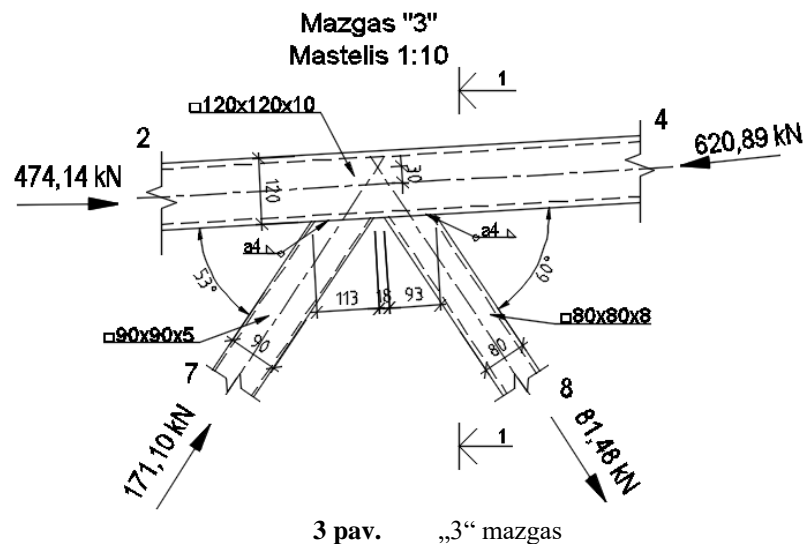
t_w – spyrio vamzdžio sienelės storis.

2 lentelė. Preliminari santvaros strypų suvestinė.

Strypo numeris	Strypo ilgis, mm	Strypo skerspjūvis	Skerspjūvio plotas, cm ²	Skerspjūvio masė, kg/m	Strypo masė, kg
APATINĖ JUOSTA					
6-7	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
7-8	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
8-9	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
9-10	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
VIRŠUTINĖ JUOSTA					
1-2	2810	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
2-3	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
3-4	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
4-5	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
SPYRIAI					
1-6	2180	□ 80x80x8	20,8	16,4	63,87
2-6	2330	□ 90x90x8	24,0	18,9	44,04
2-7	2340	□ 80x80x8	20,8	16,4	68,56
3-7	2480	□ 90x90x5	16,4	12,8	31,74
3-8	2500	□ 80x80x8	20,8	16,4	73,25
4-8	2700	□ 90x90x5	16,4	12,8	34,56
4-9	2640	□ 90x90x5	16,4	12,8	33,79
5-9	2770	□ 80x80x8	20,8	16,4	81,16

4.1.4 SANTVAROS MAZGŲ SKAIČIAVIMAS

4.1.4.1 „3“ mazgo projektavimas



Gniuždomojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.

Mazge veikiančios įrašos pateiktos 3 pav.

Viršutinės juostos praspaudimo atspario tikrinimas.

Įrašos ženklų koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{620,89}{40,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3} = 0,475 < 0,5$$

Santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas: $\gamma_0 = 1,0$ [22].

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,12 - 0,09}{2} = 0,015 \text{ m}$$

$$\text{Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis: } c_1 = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,09}{\sin 53} = 0,113 \text{ m}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų: $g = 0,009 \text{ m}$

$$\text{Kadangi } \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,09}{0,12} = 0,75 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_1} = \frac{0,009}{0,113} = 0,08 < 0,25$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal 6 nelybę:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (c_1 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g / c_1) \cdot a \cdot \sin \theta_1} \quad (4.1.1)$$

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$171,10 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,09} < \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,01^2 \cdot (0,113 + 0,009 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,009 / 0,113) \cdot 0,015 \cdot \sin 53}$$

$$= 855,3 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Viršutinės juostos sienutės pastovumo tikrinimas.

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį, $\gamma_t = 1$, nes $h_0/t_0 = 120/10 = 12 < 25$

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

$$h_0/t_0 = 120/10 = 12 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_1 / \sin^2 \theta_1 \quad (4.1.2)$$

$$171,10 < 2 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,09}{\sin^2 53} = 863,3 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas.

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

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{0,09}{0,005} = 18 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d,1} \cdot A_1}{(1 + 0,013^{b_0/t_0})^3} \cdot \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{1 + b_1/h_1} \right) \quad (4.1.3)$$

$M_1=0$

$$171,10 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} < \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 16,4 \cdot 10^{-4}}{(1 + 0,013^{0,12/0,01})^3} \cdot \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,09/0,09} \right) = 434,0$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas.

Virinti naudojama elektrodinė viela G38,

kurios charakteristinis stipris $f_{vw,u} = 470 \text{ MPa}$

Plieno stipris pagal takumo ribą: $f_u = 450 \text{ MPa}$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{470}{1,25} = 207 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 450 = 202 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,0$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} \quad (4.1.4)$$

$$202 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa} < 202 \cdot 1,0/0,7 = 289 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

Siūlės statinis $k_f = 5 \text{ mm}$

$$\left(|N_1| + \frac{0,5 \cdot |M_1|}{h_1} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot b_0/t_0}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (2 \cdot h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (4.1.5)$$

$$\left(171,10 \cdot 10^3 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,12/0,01}{0,7 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,09 / \sin 53 + 0,09)} =$$

$$= 134,9 \text{ MPa} < 1 \cdot 207 = 207 \text{ MPa}$$

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

Tempiamojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios

tikrinimas

Santvaros viršutinės juostos išplėšimo atspario tikrinimas.

Įrašos ženklo koeficientas, kai tinklelio elementas yra tempimas – $\gamma_1 = 1,2$.

$$\text{Kadangi } \frac{|N_2|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{81,48}{40,6 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3} = 0,062 < 0,5$$

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_{1(2)}}{2} = \frac{0,12 - 0,08}{2} = 0,02 \text{ m}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0,08}{\sin 45} = 0,113 \text{ m}$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,08}{0,12} = 0,67 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,009}{0,113} = 0,08 < 0,25$$

Tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (c_2 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g / c_2) \cdot a \cdot \sin \theta_2} \quad (4.1.6)$$

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$81,48 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,08} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,01^2 \cdot (0,113 + 0,009 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,009 / 0,113) \cdot 0,02 \cdot \sin 45} = 761,5 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

Viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas.

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį, $\gamma_t = 1$

$$\text{Nes } h_0 / t_0 = 120 / 10 = 12 < 25$$

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

$$h_0 / t_0 = 120 / 10 = 12 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_2 \leq 2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_2 / \sin^2 \theta_2 \quad (4.1.7)$$

$$81,48 < 2 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 0,08 / \sin^2 45 = 978,9$$

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas.

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

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{0,09}{0,008} = 11,25 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_2| + \frac{0,5 \cdot |M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d,2} \cdot A_2}{(1 + 0,013^{b_0/t_0})} \quad (4.1.8)$$

$M_2=0$

$$81,48 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,08} \leq \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 20,8 \cdot 10^{-4}}{(1 + 0,013^{0,12/0,01})} = 550,4$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G38, kurios charakteristinis stipris $f_{vw,u} = 470 \text{ MPa}$

Plieno stipris pagal takumo ribą: $f_u = 450 \text{ MPa}$

$$\text{Skaičiuotiniai siūlių stipriai: } f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{470}{1,25} = 207 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 450 = 202 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,0$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} \quad (4.1.9)$$

$$202 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa} < 202 \cdot 1,0/0,7 = 289 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

Siūlės statinis $k_f = 5 \text{ mm}$

$$\left(|N_2| + \frac{0,5 \cdot |M_2|}{h_2} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot b_0/t_0}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (2 \cdot h_2 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (4.1.10)$$

$$\left(81,48 \cdot 10^3 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,12/0,01}{0,7 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,08 / \sin 45 + 0,08)} = 66,12 \text{ MPa} < 1 \cdot 207 = 207 \text{ MPa}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrinio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (c_1 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g/c_1) \cdot a \cdot \sin \theta_1} \quad (4.1.12)$$

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$171,58 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,09} < \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 0,826 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,006^2 \cdot (0,109 + 0,011 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,011/0,109) \cdot 0,015 \cdot \sin 56} = 226,4 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrinio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Apatinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas.

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį, $\gamma_t = 1$

$$N_{es} \frac{h_0}{t_0} = 120/6 = 20 < 25$$

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

$$\frac{h_0}{t_0} = 120/6 = 20 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_1 \leq 2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_1 / \sin^2 \theta_1$$

$$171,58 < 2 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,006 \cdot 0,09 / \sin^2 56 = 480,7$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

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

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{0,09}{0,005} = 18 < 2,45 \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8 = 42,8$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d,1} \cdot A_1^2}{(1 + 0,013 \cdot b_0/t_0)^3} \left(1 + \frac{1}{1 + b_1/h_1} \right) \quad (4.1.13)$$

$M_1=0$

$$171,58 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} < \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 16,4 \cdot 10^{-4} \cdot 2}{(1 + 0,013 \cdot 0,12/0,006)^3} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,09/0,09} \right) = 398,2 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas.

Virinti naudojama elektrodinė viela G38, kurios charakteristinis stipris

$$f_{vw,u} = 470 \text{ MPa}$$

Plieno stipris pagal takumo ribą:

$$f_u = 450 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{470}{1,25} = 207 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 450 = 202 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,0$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela pagal 4.8 sąlygą:

$$202 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa} < 202 \cdot 1,0 / 0,7 = 289 \text{ MPa}$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5 \cdot |M_1|}{h_1} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot b_0 / t_0}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (2 \cdot h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (4.1.14)$$

$$\left(171,58 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,12 / 0,006}{0,7 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,09 / \sin 56 + 0,09)} = 151,6 \text{ MPa} < 1 \cdot 207 = 207 \text{ MPa}$$

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

Tempiamojo santvaros tinklelio spyrio ir apatinės juostos jungties laikomosios galios

tikrinimas

Apatinės juostos išplėšimo atspario tikrinimas.

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

Kadangi

$$\frac{|N_2|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{177,78}{26,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322 \cdot 10^3} = 0,209 < 0,5$$

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas

$$\gamma_0 = 1$$

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_{1(2)}}{2} = \frac{0,12 - 0,08}{2} = 0,02 \text{ m}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0,08}{\sin 54} = 0,099 \text{ m}$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,08}{0,12} = 0,67 < 0,9 \text{ ir } \frac{a}{c_2} = \frac{0,011}{0,099} = 0,11 < 0,25$$

Tai santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelybę:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (c_2 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g / c_2) \cdot a \cdot \sin \theta_2} \quad (4.1.15)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_{1(2)} = 0$;

$$177,78 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,08} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,006^2 \cdot (0,099 + 0,011 + \sqrt{2 \cdot 0,12 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,011 / 0,099) \cdot 0,02 \cdot \sin 54} = 201,58 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

Apatinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį, $\gamma_t = 1$ [22].

$$\text{Nes } h_0 / t_0 = 120 / 6 = 20 < 25$$

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

$$h_0 / t_0 = 120 / 6 = 20 < 2,45 \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8 = 42,8$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atspario sąlyga:

$$N_2 \leq 2 \cdot \gamma_c \cdot \gamma_t \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot t_0 \cdot h_2 / \sin^2 \theta_2 \quad (4.1.16)$$

$$177,78 < 2 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 0,006 \cdot 0,08 / \sin^2 54 = 448,7$$

Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atsparis yra pakankamas.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį,

$k=1$

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{0,09}{0,008} = 11,25 < 2,45 \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8 = 42,8$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui,

$$|N_2| + \frac{0,5 \cdot |M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d,2} \cdot A_2}{(1 + 0,013 \cdot b_0 / t_0)} \quad (4.1.17)$$

$M_2=0$

$$177,78 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,08} \leq \frac{0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322000 \cdot 20,8 \cdot 10^{-4}}{(1 + 0,013 \cdot 0,12 / 0,006)} = 505,0$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas.

Virinti naudojama elektrodinė viela G38, kurios charakteristinis stipris $f_{vw,u} = 470 \text{ MPa}$

Plieno stipris pagal takumo ribą: $f_u = 450 \text{ MPa}$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{470}{1,25} = 207 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 450 = 202 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,0$. Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela: $202 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa} < 202 \cdot 1,0/0,7 = 289 \text{ MPa}$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_2| + \frac{0,5 \cdot |M_2|}{h_2} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot b_0/t_0}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(2 \cdot h_2 / \sin \theta_1 + b_1 \right)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (4.1.18)$$

$$\left(177,78 \cdot 10^3 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot 0,12/0,006}{0,7 \cdot 0,005 \cdot \left(2 \cdot 0,08 / \sin 54 + 0,08 \right)} = 140,81 \text{ MPa} < 1 \cdot 207$$
$$= 207 \text{ MPa}$$

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

Tikrinamas ekscentriškai gniuždomos juostos 6-7 stiprumas:

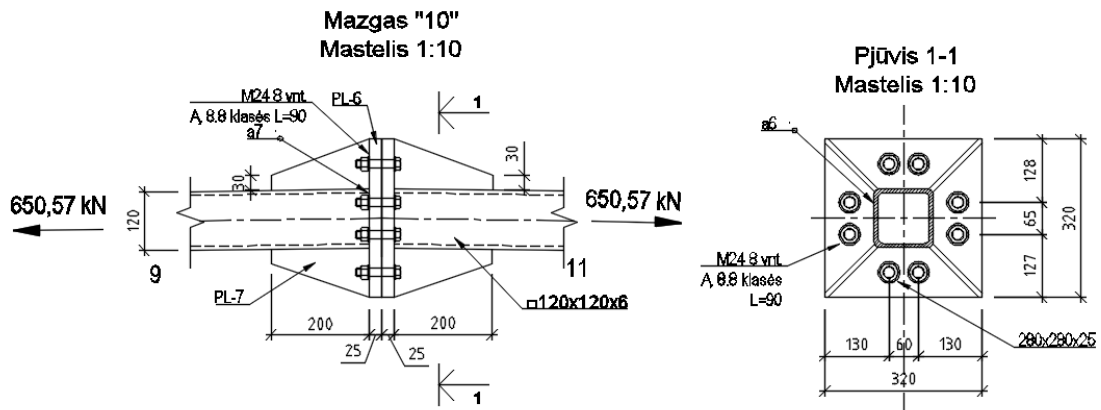
$$M_{Ed} = \frac{e \cdot (N_{2-3} - N_{1-2})}{2} = \frac{0,030 \cdot (572,87 - 369,76)}{2} = 3,05 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^{1,5} + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \left(\frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \gamma_c} \right)^{1,5} + \frac{M_{Ed}}{c_{pl,y} \cdot W_{y,net} \cdot f_{y,d} \gamma_c} \leq 1 \quad (4.1.19)$$

$$\left(\frac{572,87 \cdot 10^3}{2640 \cdot 320 \cdot 1} \right)^{1,5} + \frac{3,05 \cdot 10^3}{1,12 \cdot 112 \cdot 320 \cdot 1} = 0,63 \leq 1$$

Stiprumas pakankamas.

4.1.4.3 Kraigo mazgo projektavimas



5 pav. Apatinės juostos flanšinė jungtis

Apatinės juostos sujungimui naudojama flanšinė jungtis su įtempiamaisiais varžtais.

Centriškai tempiamų flanšinių jungčių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas yra pakankamas, kai tenkinama sąlyga:

$$N_{Ed} \leq n \times k_2 \times F_{bt,Rd}, 20 \leq t_f \leq 40 \text{ mm}. \quad (4.1.20)$$

Pasirenkami 4 įtempiamieji A gaminio klasės 8.8 kokybės klasės varžtai ($n = 8$);

k_2 – koeficientas iš [22] 2.5 lentelės ($k_2 = 0,85$, kai varžtai M24 ir flanšo storis $t_f = 25$ mm.);

$F_{bt,Rd}$ – skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis:

$$F_{b,t,Rd} = f_{b,t,d} \times A_{b,net} \quad (4.1.21)$$

$$F_{b,t,Rd} = 400 \times 353 = 141200 \text{ N} = 141,2 \text{ kN};$$

$$f_{b,t,d} = 0,5 \times f_{bu} = 0,5 \times 800 = 400 \text{ N/mm}^2$$

Tikrinama flanšinės jungties stiprumas pagal 4.1.20 sąlygą:

$$650,62 \text{ kN} < 8 \times 0,85 \times 141,2 = 960,16 \text{ kN} \quad 20 < 25 < 40 \text{ mm}.$$

Sąlygos tenkinamos, varžtai parinkti teisingai.

Įtempiamųjų varžtų išankstinio įtempimo jėga (10% didesnė, nei veikianti įrąža):

$$F_{p,cd} = \frac{N_{Ed}}{6} + \left(\frac{N_{Ed}}{10} \right) = \frac{650,62}{6} + \left(\frac{650,62}{8} \right) = 122,0 \text{ kN}$$

Varžtų išdėstymo apribojimai pagal reikalavimus [22 7.31 lentelė]:

M24 varžtui skylės skersmuo turi būti $\varnothing 26$.

Mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{min} = 2,5 \times d_0 = 2,5 \times 26 = 65 \text{ mm}$;

Didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{max} = 8 \times d_0 = 8 \times 26 = 208 \text{ mm}$;

Mažiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{min} = 1,5 \times d_0 = 1,3 \times 26 = 39 \text{ mm}$;

Didžiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{max} = 4 \times d_0 = 4 \times 26 = 104 \text{ mm}$;

d_0 - varžto skylės skersmuo [22 7 priedas, 3.1 lentelė].

Tikrinama atstumo nuo skylės centro iki prijungimo profiliuotio krašto flanšo ruožo:

$$k_f + \frac{d_2}{2} + g = 6 + \frac{44}{2} + 2 = 30 \text{ mm} \leq m_j = 50 \text{ mm} \leq 3,5 \cdot d_b = 3,5 \cdot 24 = 84 \text{ mm}$$

Čia: d_2 – poveržlės skersmuo; d_b – nominalusis varžto sriegio skersmuo

l_w – virintinės siūlės ilgis.

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$l_w = l = 4 \cdot b = 4 \cdot 120 = 480 \text{ mm}$$

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris $f_{vw,u} = 500 \text{ MPa}$.

Plieno S355 stipris pagal stiprumo ribą $f_u = 500 \text{ MPa}$.

Suvirintinės jungties skaičiuotinis stipris per siūlės metalą:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{500}{1,25} = 220 \text{ MPa}$$

Suvirintinės jungties skaičiuotinis stipris per sulydymo srities metalą:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,5 \text{ MPa}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,00$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} = 211,5 \text{ MPa} < f_{vw,f,d} = 220 \text{ MPa} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} = 220 \frac{1,0}{0,7} = 314,3 \text{ MPa}$$

Parinkamas kertinės siūlės statinis $k = 6 \text{ mm}$. $k_{f,max} = 1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ mm}$.

Tikrinamas sąlyginis kirpimas (STR 2.05.08:205, 153 p.):

$$\frac{N_{Ed}}{1,15 \cdot l_w \cdot t \cdot f_{th,d} \cdot \gamma_c} = \frac{650,62 \cdot 10^3}{1,15 \cdot 480 \cdot 6 \cdot 213,6 \cdot 1} = 0,92 \leq 1,0$$

$$f_{th,d} = 0,5 \times \frac{f_u}{\gamma_M} = 0,5 \times \frac{470}{1,1} = 213,6 \text{ N/mm}^2 \text{ – sąlyga tenkinama}$$

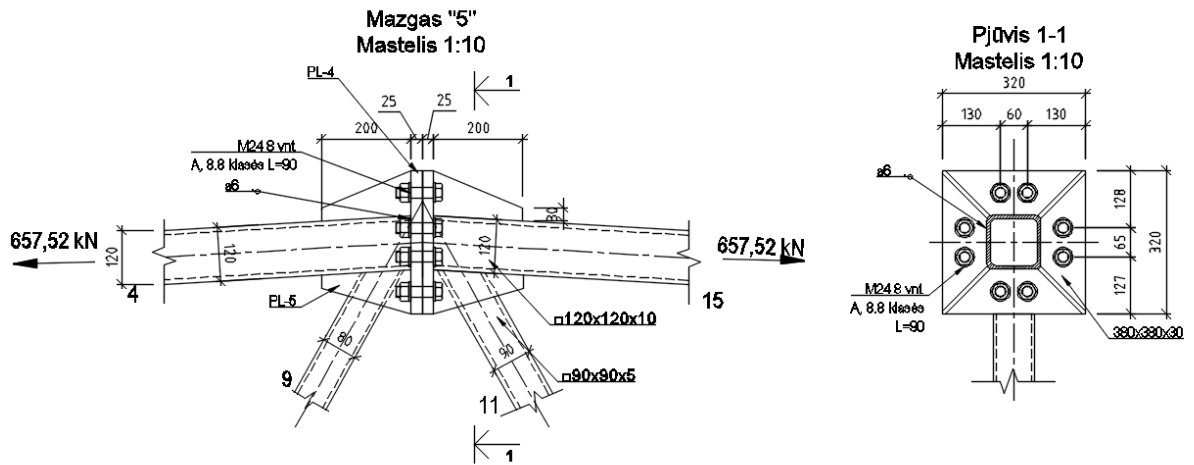
Sąstandų parinkimas.

Flanšinėse jungtyse su centriškai tempiamais kvadratiniais arba stačiakampiais vamzdžiais turi būti naudojami vientisi flanšai ir sąstandos, kurios įprastai išdėstomos išilgai profilio kampų. Sąstandų plotis imamas toks, kad jos kraštas sutaptų su flanšo kampu. Sąstandos ilgis turi būti ne trumpesnis kaip 1,5 karto už stačiakampio vamzdžio mažosios kraštinės plotį. Sąstandų storis turi būti ne didesnis kaip 1,2 karto už jungiamojo profiliuotio storį, o ilgis turi būti ne trumpesnis kaip 200 mm.

Sąstandos storis priimamas 6 mm. $10 \text{ mm} < 1,2 \times 6 = 7,2 \text{ mm}$.

Sąstandos ilgis $1,5 \times 120 = 180 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$, todėl priimama 200mm,

Sąstandos matmenys 200x160x10.



6 pav. Viršutinės juostos flanšinė jungtis

Viršutinei juostai jungti naudojami flanšai.

Viršutinį sujungimą veikia gniuždymo $N_{Ed} = 657,52 \text{ kN}$ įrašas.

Prenkami 8 įtempiamieji A gaminio klasės 8.8 kokybės klasės varžtai ($n = 8$);

k_2 – koeficientas iš 2.5 lentelės ($k_2 = 0,85$, kai varžtai M24 ir flanšo storis $t_f = 25 \text{ mm}$.);

$F_{bt,Rd}$ – skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis:

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \times A_{b,net} = 400 \times 353 = 141200 \text{ N} = 141,2 \text{ kN}$$

$$f_{bt,d} = 0,5 \times f_{bu} = 0,5 \times 800 = 400 \text{ N/mm}^2;$$

Tikrinama flanšinės jungties stiprumas pagal 4.20 sąlygas:

$$657,52 \text{ kN} < 8 \times 0,85 \times 141,2 = 960,16 \text{ kN} \quad 20 < 25 < 40 \text{ mm.}$$

Sąlygos tenkinamos, varžtai parinkti teisingai.

Įtempiamųjų varžtų išankstinio įtempimo jėga (10% didesnė, nei veikianti įrašas):

$$F_{p,Cd} = \frac{N_{Ed}}{6} + \left(\frac{N_{Ed}}{10} \right) = \frac{657,52}{6} + \left(\frac{657,52}{8} \right) = 123,3 \text{ kN}$$

Siūlių, jungiančių flanšą su jungiamuoju elementu, stiprumo tikrinimas.

Santvaros apatinės juostos strypai virinami prie flanšo plokštelių vienpuse sudurtine siūle ir pusine prijungiamojo elemento nuosklemba.

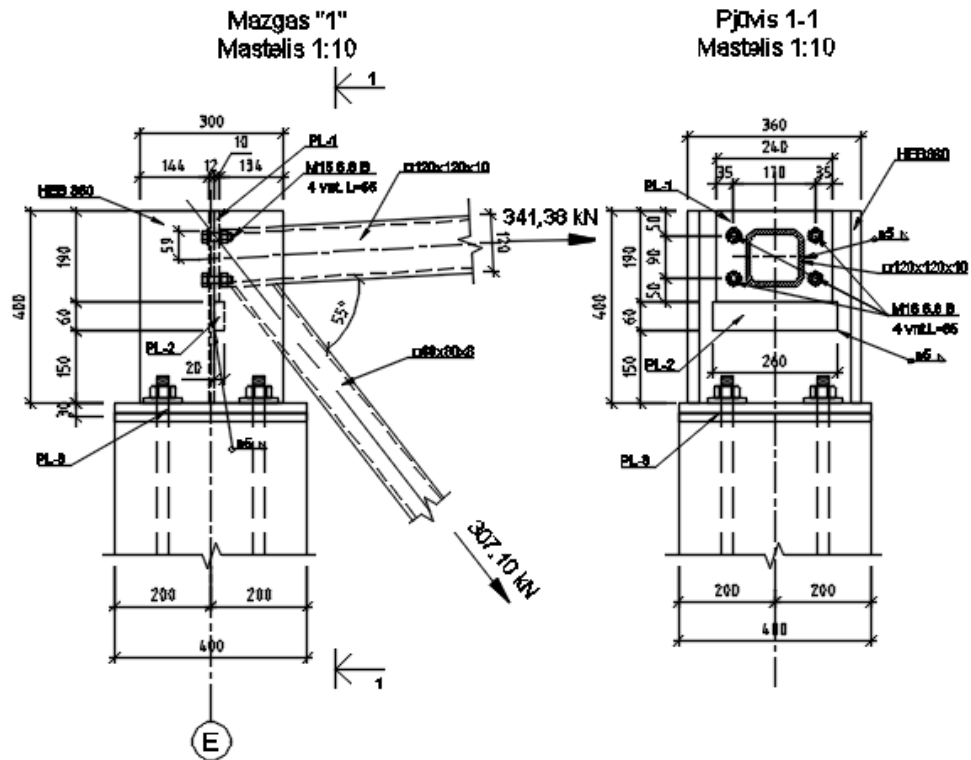
Tikrinamas sąlyginis kirpimas (STR 2.05.08:205, 153 p.):

$$\frac{N_{Ed}}{1,15 \cdot l_w \cdot t \cdot f_{th,d} \cdot \gamma_c} = \frac{657,52 \cdot 10^3}{1,15 \cdot 480 \cdot 10 \cdot 213,6 \cdot 1} = 0,58 \leq 1,0$$

$$f_{th,d} = 0,5 \times \frac{f_u}{\gamma_M} = 0,5 \times \frac{470}{1,1} = 213,6 \text{ N/mm}^2 \leq 1 \cdot 220 = 220 \text{ MPa}$$

Sąlyga tenkinama. Kertinės siūlės atsparis yra pakankamas.

4.1.4.4 Atraminio mazgo projektavimas



7 pav. Mazgas „A“

Tempiamojo santvaros atraminio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.

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

Įrašos ženklų koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas yra tempiamas.

Kadangi pagal 4.1.15 formulę: $\frac{341,38}{56,91 \times 10^{-4} \times 322727} = 0,186 < 0,5$,

tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1,0$.

Santvaros juostos iškyša pagal 4.1.16 formulę: $a = \frac{0,12 - 0,08}{2} = 0,015 \text{ m}$.

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis pagal 3.1.4.3 formulę:

$$c_1 = \frac{0,08}{\sin 59^\circ} = 0,093 \text{ m}$$

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,08}{0,12} = 0,67 < 0,9$ tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal nelygybę (lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$):

$$191,79 + \frac{1,7 \times 0}{0,08} = 191,79 \text{ kN} < \frac{0,95 \times 1,2 \times 1 \times 322000 \times 0,01^2 \left(0,093 + 2\sqrt{2 \times 0,12 \times 0,015} \right)}{0,025 \times \sin 59^\circ} = 364,87 \text{ kN}$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis yra pakankamas.

2) Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje.

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

$$\frac{120}{10} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322^2 - 0,2 \times 322 + 81,8$$

$$20 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \left(\frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \right) \quad (4.1.22)$$

$$M_1 = 0.$$

$$191,79 + \frac{0,5 \times 0}{0,08} < \left(\frac{0,95 \times 1,2 \times 1 \times 322000 \times 40,6 \times 10^{-4}}{1 + 0,013 \times 0,12 / 0,01} \right)$$

$$191,79 \text{ kN} < 1289,23 \text{ kN}.$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

3) Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas.

Virinimui naudojama ta pati, prieš tai naudota elektrodinė viela G42:

$$\left(0,19179 + \frac{0,5 \times 0}{0,08} \right) \frac{0,75 + 0,01 \times 0,12 / 0,01}{0,8 \times 0,006 \left(\frac{2 \times 0,08}{\sin 59^\circ} + 0,08 \right)} \leq 1 \times 220$$

$$130,4 \text{ N/mm}^2 < 220 \text{ N/mm}^2.$$

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

Atraminės briaunos skaičiavimas.

Bendra skersinė jėga tenkanti atraminiam mazgui $V_{Ed} = 26,84 \text{ kN}$.

Atraminio mazgo stiprumo skaičiavimas:

Pagal pasirinktą konstrukciją atraminės briaunos glemžimo plotas:

$$A = \frac{V_{Ed}}{f_{p,d} \times \gamma_c} \quad (4.1.23)$$

$$A = \frac{26,84 \times 10^6}{427,273 \times 10^3 \times 1,0} = 62,82 \text{ mm}^2$$

Čia $f_{p,d}$ – skaičiuotinis glemžiamasis plieno stipris:

$$f_{p,d} = \frac{f_u}{\gamma_M} \quad (4.1.24)$$

$$f_{p,d} = \frac{470}{1,1} = 427,273 \text{ N/mm}^2$$

γ_c – plokštelės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Atraminės briaunos plotį priimu 300 mm, tada plokštelės storis:

$$t_h = \frac{A}{b_h} \quad (4.1.25)$$

$$t_h = \frac{62,82}{300} = 0,20 \text{ mm}$$

Atraminės briaunos storį priimu 10 mm.

Siūlių skaičiavimas.

Virinti naudojama elektrodinė viela G42, kurios charakteristinis stipris: $f_{vw,u} = 500 \text{ N/mm}^2$.

Plieno stipris pagal stiprumo ribą: $f_u = 490 \text{ N/mm}^2$.

Skaičiuotiniai siūlių stipriai: Per siūlės metalą: $f_{vw,f,d} = 0,55 \times \frac{500}{1,25} = 220 \text{ N/mm}^2$

Per suvirinimo srities metalą: $f_{vw,z,d} = 0,45 \times 490 = 220,5 \text{ N/mm}^2$.

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta viela: $220,5 < 233,2 < 220,5 \times \frac{1,05}{0,9} = 257,25$ – parinkta tinkama elektrodinė viela.

Randamas silpnesnis pjūvis: $\beta_{wz} \times f_{vw,z,d} = 1,05 \times 220,5 = 231,525 \text{ N/mm}^2$

$$\beta_{wf} \times f_{vw,f,d} = 0,9 \times 220 = 198 \text{ N/mm}^2$$

Silpnesnis pjūvis per siūlės metalą.

Minimalus siūlės statinis pagal normas $k_f = 7 \text{ mm}$, $\beta_{wf} = 0,9$.

Reikalingas atraminės briaunos privirinimo prie juostos siūlės aukštis:

$$k_f = \frac{V_{Ed}}{\sum l_{weff} \times \beta_{wf} \times f_{vw,f,d} \times \gamma_c} \quad (4.1.26)$$

$$k_f = \frac{26,84 \times 10^3}{600 \times 0,9 \times 233,2 \times 1,0} = 1,469 \text{ mm}$$

Čia l_{weff} – vieno virintinės siūlės ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis, $\sum l_{well} = 120 \times 4 = 480 \text{ mm}$.

γ_c – siūlės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Kertinės siūlės aukštį priimu 7mm.

Atraminės briaunos pastovumo tikrinimas.

Sąlyginio gniuždomojo elemento skerspjūvio plotas:

$$A = b_r \times t_h + 0,65 \times t_w^2 \times \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} \quad (4.1.27)$$

$$A = 30 \times 1 + 0,65 \times 1 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{322,0}} = 46,6 \text{ cm}^2$$

Apskaičiuojamas inercijos momentas:

$$I_y = \frac{b_h^3 \times t_h}{12} \quad (4.1.28)$$

$$I_y = \frac{30^3 \times 1}{12} = 2250 \text{ cm}^2$$

Randamas inercijos spindulys:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (4.1.29)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{2250}{46,6}} = 6,95 \text{ cm}$$

Apskaičiuojamas liaunis:

$$\lambda = \frac{h_w}{i_y} \quad (4.1.30)$$

$$\lambda = \frac{21,5}{6,95} = 3,094$$

Pagal apskaičiuotą λ ir $f_{y,d}$ interpoliavimo metodu randame $\varphi = 1,0$.

Atraminės briaunos pastovumo tikrinimo sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{\varphi \times A \times f_{y,d} \times \gamma_c} \leq 1 \quad (4.1.31)$$

$$\frac{26,84}{1,0 \times 0,004658 \times 322,0 \times 1,0} = 0,123 < 1$$

Sąlyga tenkinama, atraminės briaunos pastovumas pakankamas.

Išsikišusi sąstandos dalis a turi tenkinti šias sąlygas:

$$a_h \leq 1,5 \times t_h \quad (4.1.32)$$

$$a = 1,5 \times 10 = 15 \text{ mm}$$

a priimamas 15mm. Galutiniai plokštelės matmenys 300x215x10.

Atraminio staliuko privirinimo siūlės skaičiavimas.

Atraminis staliukas privirinamas prie HEB360 profilio sienelės. Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$\text{Per siūlės metalą: } f_{vw,f,d} = 0,55 \times \frac{500}{1,25} = 220 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Per suvirinimo srities metalą: } f_{vw,z,d} = 0,45 \times 490 = 220,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$.

Reikalingas atraminio staliuko privirinimo siūlės aukštis:

$$k_f = \frac{26,84 \times 10^3}{440 \times 0,9 \times 220 \times 1,0} = 0,31 \text{ mm}$$

Čia l_{weff} – vieno virintinės siūlės ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis, $\sum l_{well} = (120 - 10) \times 4 = 440 \text{ mm}$

γ_c – siūlės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Pagal mažiausių kertinių siūlių statinių reikalavimą $k_f = 6 \text{ mm}$, taigi kertinės siūlės aukštį priimu 6 mm.

Atraminės briaunos privirinimo prie atraminio staliuko siūlės skaičiavimas ir mazgo konstravimas.

Atraminės briaunos, prie atraminio staliuko privirinimas.

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$\text{Per siūlės metalą: } f_{vw,f,d} = 0,55 \times \frac{500}{1,25} = 220 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Per suvirinimo srities metalą: } f_{vw,z,d} = 0,45 \times 490 = 220,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Reikalingas atraminio staliuko privirinimo siūlės aukštis: } k_f = \frac{26,84 \times 10^3}{220 \times 0,9 \times 220 \times 1,0} = 0,62 \text{ mm}$$

Čia l_{weff} – vieno virintinės siūlės ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis, $\sum l_{well} = (120 - 10) \times 2 = 220 \text{ mm}$

γ_c – siūlės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Pagal mažiausių kertinių siūlių statinių reikalavimą $k_f = 7 \text{ mm}$, taigi kertinės siūlės aukštį priimu 7 mm.

Varžtinės jungties skaičiavimas.

Atraminė santvaros briauna prie atraminio mazgo prijungiama konstrukciniais 6.8 kokybės klasės, B gaminio klasės, M16 varžtais. Varžtai išdėstomi atsižvelgiant į mažiausius ir didžiausius varžtų išdėstymo reikalavimus.

Mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{min} = 2,5 \times d_0 = 2,5 \times 18 = 45 \text{ mm}$;

Didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{max} = 8 \times d_0 = 8 \times 18 = 144$ mm;

Mažiausias atstumas iki elemento krašto įrąžos kryptimi: $a_{min} = 2 \times d_0 = 2 \times 18 = 36$ mm;

Mažiausias atstumas iki elemento krašto statmena įrąžai kryptimi: $a_{min} = 1,2 \times d_0 = 1,2 \times 18 = 21,6$ mm;

Didžiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{max} = 4 \times d_0 = 4 \times 18 = 72$ mm;

Reikiamas varžtų kiekis jungtyje skaičiuojamas pagal formulę:

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \times F_{min}} \quad (4.1.33)$$

Čia F_{min} – vieno varžto mažiausia skaičiuotinio atspario reikšmė.

Skaičiuotinis vieno varžto kerpamasis atsparis:

$$F_{b,v,Rd} = f_{bs,d} \times \gamma_b \times A_b \times n_s \quad (4.1.34)$$

$$f_{bs,d} = 0,38 \times f_{bu} \quad (4.1.35)$$

$$f_{bs,d} = 0,38 \times 600 = 228 \text{ N/mm}^2;$$

γ_b – varžtinės jungties darbo sąlygų koeficientas – 0,9;

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (4.1.36)$$

$$A_b = \frac{3,14 \times 16^2}{4} = 200,96;$$

n_s – varžto kirpimo plokštumų skaičius – 1.

$$F_{b,v,Rd} = 228 \times 0,9 \times 200,96 \times 1 = 41237 \text{ N} = 41,24 \text{ kN}$$

Skaičiuotinis vieno varžto glemžiamasis atsparis:

$$F_{b,p,Rd} = f_{bp,d} \times \gamma_b \times d \times \sum t \quad (4.1.37)$$

$$f_{bp,d} = \left(0,6 + 340 \times \frac{f_u}{E} \right) \times f_u \quad (4.1.38)$$

$$f_{bp,d} = \left(0,6 + 340 \times \frac{490}{210000} \right) \times 490 = 682,733 \text{ N/mm}^2;$$

γ_b – varžtinės jungties darbo sąlygų koeficientas – 0,9;

d – varžto skersmuo;

$\sum t$ – mažiausias suminių elementų, glemžiamų viena kryptimi, storis.

Skaičiuotinis vieno varžto glemžiamasis atsparis:

$$F_{b,p,Rd} = 682,733 \times 0,9 \times 16 \times 10 = 98313,6 \text{ N} = 98,31 \text{ kN}$$

Reikiamas varžtų kiekis jungtyje skaičiuojamas pagal 1.P.2.12 formulę:

$$n \geq \frac{26,84}{1,0 \times 41,24} = 0,65$$

Priimami 4 varžtai.

Virintinių siūlių, jungiančių HEB360 prie kolonos, atspario skaičiavimas.

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios charakteristinis stipris: $f_{vw,u} = 530 \text{ N/mm}^2$.

Plieno stipris pagal stiprumo ribą: $f_u = 490 \text{ N/mm}^2$.

Skaičiuotiniai siūlių stipriai: $f_{vw,f,d} = 0,55 \times \frac{530}{1,25} = 233,2 \text{ N/mm}^2$

Per suvirinimo srities metalą: $f_{vw,z,d} = 0,45 \times 490 = 220,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,7$; $\beta_{wz} = 1,0$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta viela: $220,5 < 233,2 < 220,5 \times \frac{1,0}{0,7} = 315$.

Parinkta tinkama elektrodinė viela, randamas silpnesnis pjūvis:

$$\beta_{wz} \times f_{vw,z,d} = 1,0 \times 220,5 = 220,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta_{wf} \times f_{vw,f,d} = 0,7 \times 233,2 = 163,24 \text{ N/mm}^2$$

Silpnesnis pjūvis per siūlės metalą.

Minimalus siūlės statinis pagal normas $k_f = 7 \text{ mm}$, $\beta_{wf} = 0,7$.

Reikalingas atraminės briaunos privirinimo prie juostos siūlės aukštis:

$$k_f = \frac{26,84 \times 10^3}{1778 \times 0,7 \times 233,2 \times 1,0} = 0,9 \text{ mm}$$

Čia l_{weff} – vieno virintinės siūlės ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis:

$$\sum l_{well} = (300 - 10) \times 2 + (22,5 - 10) \times 4 + (144,5 - 10) \times 4 + (315 - 10) \times 2 = 1778 \text{ mm}$$

γ_c – siūlės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Pagal mažiausių kertinių siūlių statinių reikalavimą $k_f = 8 \text{ mm}$, taigi kertinės siūlės aukštį priimu 8 mm.

3 lentelė. Galutinė santvaros strypų suvestinė.

Strypo numeris	Strypo ilgis, mm	Strypo skerspjūvis	Skerspjūvio plotas, cm ²	Skerspjūvio masė, kg/m	Strypo masė, kg
APATINĖ JUOSTA					
6-7	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
7-8	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
8-9	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
9-10	3000	□ 120x120x6	26,4	20,7	62,1
VIRŠUTINĖ JUOSTA					
1-2	2810	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
2-3	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
3-4	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
4-5	3005	□ 120x120x10	40,6	31,8	95,6
SPYRIAI					
1-6	2290	□ 80x80x8	20,8	16,4	37,6
2-6	2330	□ 90x90x8	24,0	18,9	44,04
2-7	2340	□ 80x80x8	20,8	16,4	68,56
3-7	2480	□ 90x90x5	16,4	12,8	31,74
3-8	2500	□ 80x80x8	20,8	16,4	73,25
4-8	2700	□ 90x90x5	16,4	12,8	34,56
4-9	2640	□ 90x90x5	16,4	12,8	33,79
5-9	2770	□ 80x80x8	20,8	16,4	81,16

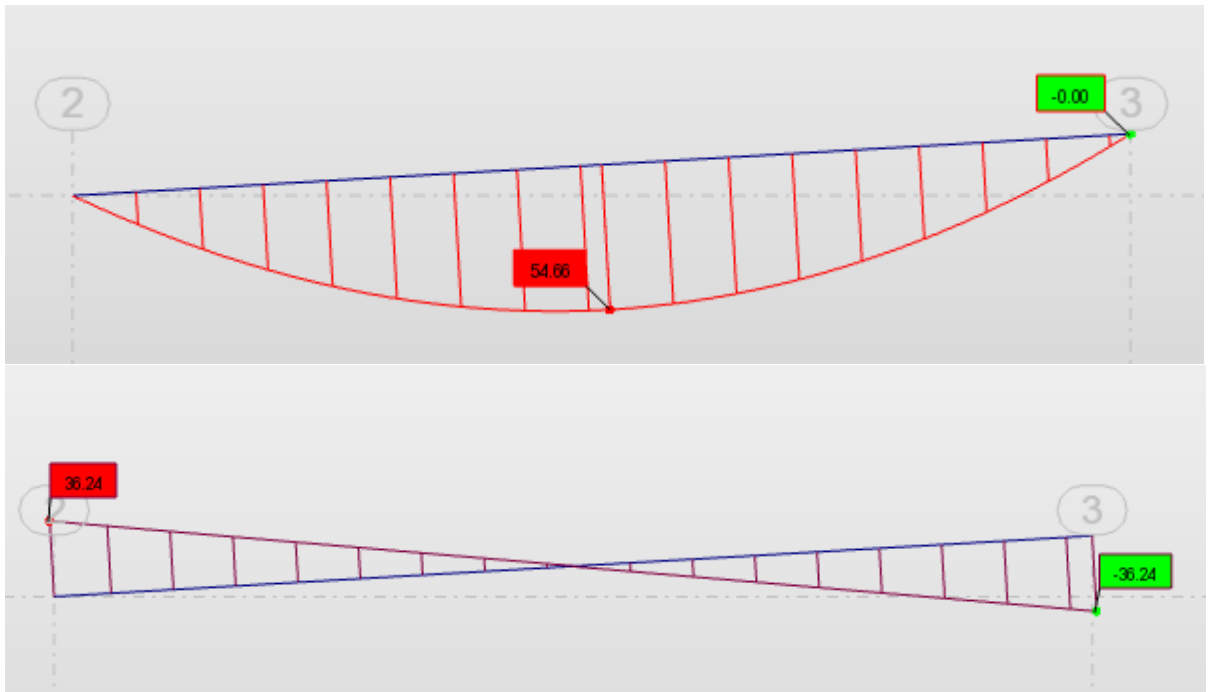
4.2 Metalinės sijos skaičiavimas

Pastato galuose vietoje santvarų projektuojamos metalinės sijos, jos projektuojamos iš S355 klasės plieno. Parenkamas sijos HEB 220 skerspjūvis.

Parenkamas HEB 220, skerspjūvio pagrindinės charakteristikos yra šios :

$t_w=9,5$ mm;	$W_x=735,5$ cm ³ ;	$I_y=2843$ cm ⁴ ;	$A_{net}=91,0$ cm ² ;
$t_f=16$ mm;	$W_y=258,5$ cm ³ ;	$h=220$ mm;	$m=71,5$ kg/m
$r=18$ mm	$I_x=8091$ cm ⁴ ;	$b_f=220$ mm;	

Sijos ilgis 6m. Pavojingiausias apkrovų derinys yra 3 kai veikia nuolatinė apkrova, sniegas ir vėjas. Momentų diagrama pateikta 8 pav.



8 pav. HEB 220 sijos momentų diagrama (viršuje) ir skersinių jėgų diagrama (apačioje).

Maksimalus momentas – $M_{Ed}=54,66$ kNm

Maksimali skersinė jėga – $V_{Ed}=36,24$ kN

Iškirstyta apkrova – $q_{Ed}=12,15$ kN

Skaičiuojamas reikiamas atsparumo momentas pagal veikiančią momentą:

$$W_y = \frac{M_{y,Ed}}{C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{54,66}{1,19 \cdot 322 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,0001426 \text{ m}^2 = 142,6 \text{ cm}^2$$

Tikrinama stiprumas:

$$\frac{M_{y,Ed}}{W_y \cdot C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{54,66 \cdot 10^3}{258,5 \cdot 1,19 \cdot 322 \cdot 1} 0,55 < 1 - \text{stiprumas pakankamas}$$

HEB 220 sijos stiprumas pakankamas, atsarga 45 %.

Tikrinamas įlinkis:

$$d = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 12,15 \cdot 10^3 \cdot 6,0^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2843} = 0,000032m = 0,032mm < d_{lim} = 30mm$$

d_{lim} reikšmė nustatoma pagal šią formulę:

$$d_{lim} = \frac{1}{200} \cdot L = \frac{1}{200} \cdot 6,0 = 0,03m = 30mm$$

Įlinkis tenkina sąlygą, sija parinkta teisingai.

4.3 Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtos plokštės skaičiavimas

Kiaurymėta plokštė projektuojama iš C35/45 klasės betono, kietinamo šildant atmosferinio slėgio kameroje. Ji armuojama Y1770C klasės lynais, įtempiant ją į atsparas mechaniniu būdu.

C35/45 klasės stiprumo betonui $f_{ck} = 35$ MPa, $f_{cm} = 43$ MPa, $f_{ctm} = 3,2$ MPa, $f_{ctk,0,05} = 2,2$ MPa, $E_{cm} = 34$ GPa.

Y1770C klasės lynams $f_{pk} = 1770$ MPa, $f_{p0,1k} = 1520$ MPa, $f_{p0,1d} = 1250$ MPa, $E_s = 195$ GPa.

4.3.1 Apkrovos

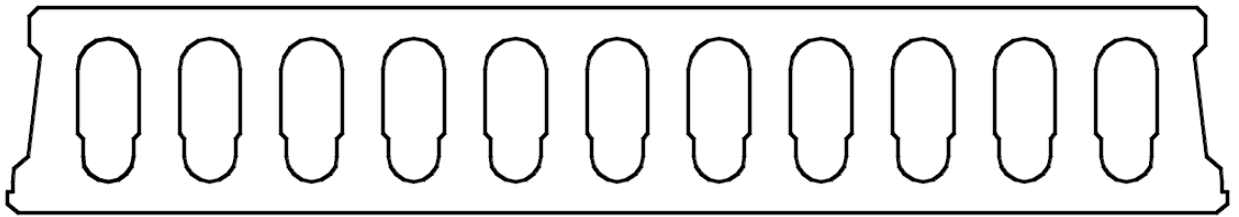
Plokštę veikiančios apkrovos pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Plokštei tenkančio apkrovos, charakteristinės.

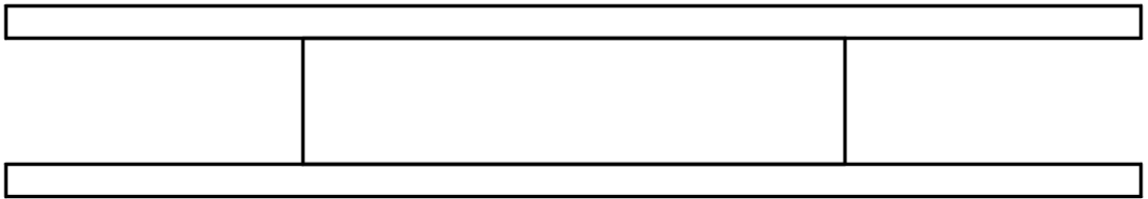
	kN/m ²
Nuolatinės apkrovos (savasis svoris)	
Grindų danga	0,1
Klijų sluoksnis	0,03
Armuotas išlyginamasis sluoksnis	1,38
Skiriamasis sluoksnis	0,001
PAROC SSB 1 - sm garso plokštės	0,03
Biraus užpildo sluoksnis	0,53
G/b perdangos plokštė	3,33
Vidaus apdaila - tinkas	0,04
Σ=	5,44
Laikinos apkrovos	
Naudojimo apkrova C5 kategorija	5,00

$$M_{Ed} = 86,66 \text{ kNm}$$

4.3.2 Skerspjūvis. redukuoto skerspjūvio parinkimas



9 pav. Plokštės skerspjūvis



10 pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis

$$h_f = h - a_1 - a_2 = 0,2 - 0,03 - 0,03 = 140 \text{ mm}$$

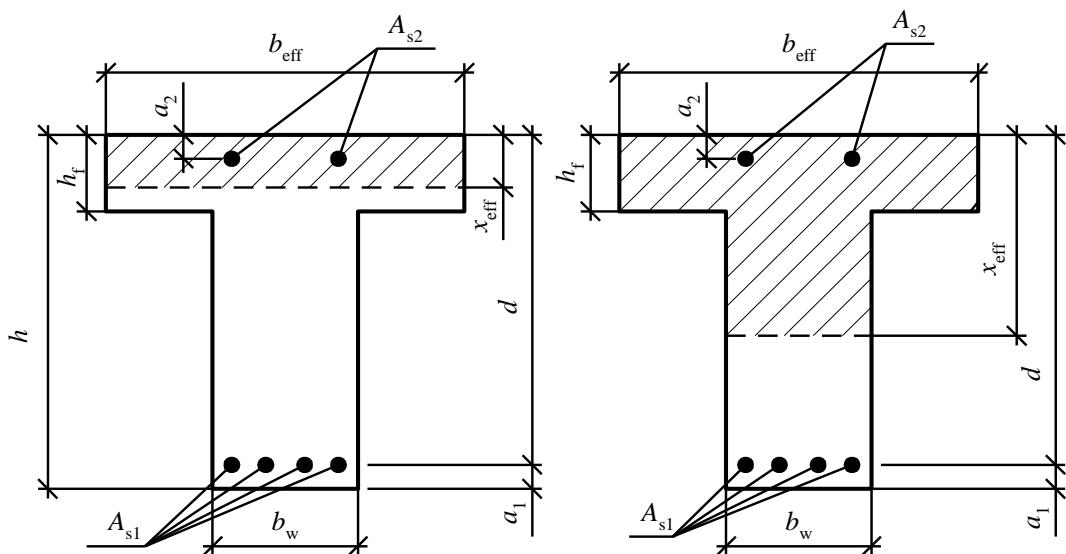
$$h_1 = h_k \cdot 0,95 = 0,95 \cdot 140 = 132 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_k \cdot 0,95 = 0,95 \cdot 60 = 57 \text{ mm}$$

$$b_w = b_{pl} - n \cdot b_w = 1200 - 11 \cdot 57 = 573 \text{ mm}$$

4.3.3 Reikalingo armatūros ploto apskaičiavimas

Plokštės stiprumo ir tinkamumo skaičiavimai atliekami remiantis STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas [23].



11 pav. Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema.

Armatūros skerspjūvio reikiamas plotas:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{86,66}{21 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 0,016^2} = 13,43$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \alpha = \frac{35}{1,5} \cdot 0,9 = 21 \text{ MPa};$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,1343} = 0,1448;$$

$$\xi_{lim} = 0,45;$$

Tikriname sąlygą: $\xi = 0,1448 < \xi_{lim} = 0,45$ - sąlyga tenkinama.

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas plokštės apačioje:

$$A_{s, reik} = \frac{f_{cd} b \xi d}{f_{yd}} = \frac{21 \cdot 1,2 \cdot 0,1448 \cdot 0,16}{1250} = 0,000467 \text{ m}^2 = 467 \text{ mm}^2$$

Tempiamoje plokštės zonoje pasirenkama 6Ø15,2 lynai, kurių $A_{s1} = 834 \text{ mm}^2$.

Patikrinime ar gerai apskaičiavome:

$$x = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{1250 \cdot 834}{21 \cdot 1200} = 41,37 \text{ mm} = 0,04137 \text{ m}$$

$$M_{RD} = f_{cd} b x (d - x) = 21 \cdot 1200 \cdot 0,04137 \cdot (0,16 - 0,04137) = 123,67 \text{ kNm} > M_{ED} = 86,66 \text{ kNm}$$

Viršuje plokštė suarmuojama tinklais.

4.3.4 Redukuoto skerspjūvio parametrai

Apskaičiuojamas plokštės redukuoto skerspjūvio inercijos momentas.

$$I_{red} = I_{1ss} + I_{3ss} + I_{2ss} \quad (4.3.1)$$

$$I_{1ss} = \frac{bh_f^3}{12} + bh_f \left(h - y - \frac{h_f}{2} \right)^2 = \frac{1,2 \cdot 0,0335^3}{12} + 1,2 \cdot 0,0335 \left(0,2 - 0,0973 - \frac{0,0335}{2} \right)^2 = 0,00030733 \text{ m}^4$$

$$I_{3ss} = \frac{b_w h_1^3}{12} + b_w h_1 \left(\frac{h}{2} - y \right)^2 = \frac{0,573 \cdot 0,133^3}{12} + 0,573 \cdot 0,133 \left(\frac{0,2}{2} - 0,0973 \right)^2 = 0,000112894 \text{ m}^4$$

$$I_{2ss} = \frac{bh_f^3}{12} + bh_f \left(y - \frac{h_f}{2} \right)^2 = \frac{1,2 \cdot 0,0335^3}{12} + 1,2 \cdot 0,0335 \left(0,0973 - \frac{0,0335}{2} \right)^2 = 0,000264589 \text{ m}^4$$

$$I_{red} = 0,00030733 + 0,000112894 + 0,000264589 = 0,000678216 \text{ m}^4 = 67821,6 \text{ cm}^4$$

$$A_{red} = A_{bet} + \alpha A_{arm} = 1611 \text{ cm}^2$$

$$S_{red}^{0-0} = \sum_{i=1}^n Ay_i = 15688 \text{ cm}^3$$

$$y_c = \frac{S_{red}^{0-0}}{A_{red}} = 9,73 \text{ cm} - \text{svorio centro atstumas iki skerspjūvio apačios.}$$

$$W_{red,b} = \frac{I_{red}}{y_c} = 6970 \text{ cm}^3$$

$$W_{red,t} = \frac{I_{red}}{h - y_c} = 6604 \text{ cm}^3$$

$$r_b = \frac{W_{red,b}}{A_{red}} = 4,33 \text{ cm}$$

$$r_t = \frac{W_{red,t}}{A_{red}} = 4,10 \text{ cm}$$

4.3.5 Pleišėjimo momento skaičiavimas

Pleišėjimo momentas skaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{crc} = f_{ct} W_{pl} \quad (4.3.2)$$

Plastinis atsparumo momentas:

$$W_{pl} = \frac{2 \cdot (I_{co} + \alpha_{scc} \cdot I_{sc} + \alpha \cdot I_s)}{h - x} + S_{ct} \quad (4.3.3)$$

Gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas iš projekcijų lygties:

$$b \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{E_s}{E_c} \cdot A_{sp} \cdot (h - x - d_1) + \frac{E_s}{E_c} \cdot A_{sp} \cdot (h - y - d_2) = \frac{(h - x) \cdot [b_w \cdot (h - x) + (b - b_w) \cdot h_f]}{2} \quad (4.3.4)$$

$$x = 0,088 > h_f = 0,0335$$

$$b \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{E_s}{E_c} \cdot A_{sp} \cdot (h - x - d_1) + \frac{E_s}{E_c} \cdot A_{sp} \cdot (h - y - d_2) = \frac{(h - x) \cdot [b_w \cdot (h - x) + (b - b_w) \cdot h_f]}{2}$$

$$x = 0,095 > h_f = 0,0335$$

Skaičiuojami skerspjūvio geometriniai rodikliai:

$$I_{co} = b \cdot h_f \cdot (x - h_f)^2 + b_w \cdot (x - h_f) \cdot \left(\frac{x - h_f}{2}\right)^2 = 0,0001873 \text{ m}^4$$

$$I_{sc} = \alpha \cdot A_{s2} \cdot (h - x + d_2)^2 = 0,0000941 \text{ m}^4$$

$$I_s = \alpha \cdot A_{sp} \cdot (h - x - d)^2 = 0,00001880 \text{ m}^4$$

$$S_{ct} = (b - b_w) \cdot h_f \cdot \left(h - x - \frac{h_f}{2} \right) + b_w \cdot \frac{(h - x)^2}{2} = 0,00499 \text{ m}^3$$

$$W_{pl} = 0,010722 \text{ m}^3$$

Tikrinama ar atsivers plyšiai:

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot f_{ct} \cdot x}{h - x} = 5,8 \text{ MPa} < 0,6 \cdot f_{cd} = 12,6 \text{ MPa} - \text{sąlyga tenkinama, plyšiai neatsivers.}$$

4.3.6 Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminių armtūros įtempimų nuostoliai skaičiuojami pagal STR.2.05.05:2005 Betoninių ir gelžbetoninių kosntrukcijų projektavimas [23]. Priimama, kad strypinė armatūra bus tempiama mechaniniu būdu į atsparas. Išankstinių įtempimų dydis, numatytas $\sigma_{sp} = 600 \text{ MPa}$

Tikrinama ar tenkinamos sąlygos:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{pk} \quad (4.3.5)$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot f_{pk} \quad (4.3.6)$$

$$600 + 0,05 \cdot 600 = 630 \text{ MPa} \leq 1520 \text{ MPa}$$

$$600 - 0,05 \cdot 600 = 570 \text{ MPa} \geq 0,3 \cdot 1520 = 456 \text{ MPa} - \text{sąlygos tenkinamos.}$$

Pirminiai armatūros nuostoliai

1. Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įtempimų strypinėje armatūroje:

$$\sigma_{los,1} = 0,1 \sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 600 - 20 = 40 \text{ MPa}$$

3. Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įrenginių deformacijos:

$$\sigma_{los,3} = \frac{\Delta l}{l} E_s = \frac{3,53}{6640} 195000 = 10,4 \text{ MPa}$$

$$\Delta l = 1,25 + 0,15 \phi = 1,25 + 0,15 \cdot 15,2 = 3,53 \text{ mm}$$

5. Plieninio klojinio gaminant iš anksto įtemptas gelžbetonines konstrukcijas deformacijos.

Pagal nutylėjimą priimama $\sigma_{los,5} = 30 \text{ MPa}$

$$\text{Apspaudimo jėga } P_0 = \sigma_{sp,1-5} A_{sp} = (600 - 40 - 10,4 - 30) \cdot 834 \cdot 10^{-3} = 433 \text{ kN}$$

6. Greitai pasireiškiantis betono valkšnumas.

Lenkimo momentas nuo plokštės savojo svorio:

$$M_d = \frac{q \cdot b \cdot l^2}{8} = \frac{3,33 \cdot 1,21 \cdot 6,640^2}{8} = 22,21 \text{ kNm}$$

$$f_{cp} = 0,7 \cdot f_{ck.cube} = 0,7 \cdot 45 = 31,5 \text{ MPa}$$

Įtempiai betone ties iš anksto įtempta armatūra

$$\sigma_{cp} = \frac{P_0}{A_{red}} + \frac{P_0 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \frac{433 \cdot 10^{-3}}{0,1611} + \frac{433 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06^2 - 22,21 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06}{0,0006782}$$

$$\approx 3,02 \text{ MPa}$$

$$\text{Esant } \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{3,02}{31,5} = 0,10 < \alpha = 1,04,$$

Čia $\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 31,5 = 1,04$, įtempimų nuostoliai dėl betono valkšnumo apgniuždant:

$$\sigma_{los,6} = \chi \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{3,02}{31,5} = 3,26 \text{ MPa}$$

Kai betonas kietinamas šildant koeficientas $\chi = 0,85$.

Pirminiai įtempimų nuostoliai:

$$\sigma_{los,1-6} = \sum_6^{i=1} \sigma_{los,i} = 40 + 10,4 + 30 + 3,26 = 83,66 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojami antriniai įtempimo nuostoliai.

8. Išankstinio įtempimo nuostoliai, dėl sunkiojo 35/45 stiprumo klasės betono susitraukimo (kai betonas kietinamas šūtinant):

$$\sigma_{los,8} = 50 \text{ MPa}$$

9. Nuostoliai dėl betono valkšnumo, nepriklausant nuo įtempimo būdo.

Apgniuždymo jėga, įvertinus pirminius nuostolius:

$$P_1 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los,1-6}) \cdot A_{sp} = (600 - 83,66) \cdot 834 \cdot 10^{-3} = 430,6 \text{ kN}$$

Įtempiai betone nuo P_1 ir lenkimo momento ties įtemptosios armatūros svorio centru

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \frac{430,6 \cdot 10^{-3}}{0,1611} + \frac{430,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06^2 - 22,21 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06}{0,0006782}$$

$$\approx 2,99 \text{ MPa}$$

Nuostoliai dėl betono valkšnumo, kai $\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{2,99}{31,5} = 0,095 < \alpha = 1,04$,

$$\sigma_{los,9} = \chi \cdot 150 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot \frac{2,99}{31,5} = 12,10 \text{ MPa}$$

Antriniai įtempimų nuostoliai:

$$\sigma_{los,7-9} = \sum_9^{i=7} \sigma_{los,i} = 50 + 12,10 = 62,10 \text{ MPa}$$

Suminiai nuostoliai:

$$\sigma_{los} = \sigma_{los,1-6} + \sigma_{los,7-9} = 83,66 + 62,10 = 145,76 \text{ MPa} < 100 \text{ MPa}$$

Apgniuždymo jėga įvertinus suminius įtempimų nuostolius:

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \cdot A_{sp} = (600 - 145,76) \cdot 834 \cdot 10^{-3} = 378,84 \text{ kN}$$

4.3.7 Plokštės viršutinio krašto pleišėtumas sandėliavimo metu

$$q_{s.s.k} = 3,33 \cdot 1,2 = 4,0 \text{ kN/m}$$

Lenkimo momentas gembėje; gembės ilgis $l_1 = 0,5 \text{ m}$. $M_{Egd} = q_{s.s.k} \frac{l_1^2}{2} = 4,0 \frac{0,5^2}{2} = 0,5 \text{ kNm}$

Plokštės apspaudimo jėga $P_{d,sup} = \gamma_{sup} \cdot P_{m1} = 1,1 \cdot 378,84 = 416,72 \text{ kN}$

Didžiausi betono gniuždymo įtempiai

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{d,sup}(r_t - r_b) + 2 \cdot f_{ctk} \cdot W_{red,b}}{W_{red,t}} = \frac{416,72 \cdot (4,10 - 4,33) + 2 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 6970}{6604} =$$

$$= 8865 \text{ kPa} = 8,87 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{8,87}{31,5} = 1,32 > 1, \text{ primame } \varphi = 1,0$$

$$r_{inf} = \varphi \frac{W_{red,t}}{A_{red}} = 1,0 \cdot \frac{6604 \cdot 10^{-6}}{0,1611} = 0,0410 \text{ m}$$

$$W_{pl,t} = \gamma \cdot W_{red,t} = 1,5 \cdot 6604 = 9906 \text{ cm}^3$$

Tikrinama sąlyga: $P_{d,sup} \cdot (e_{p1} - r_{inf}) + M_{Egd} < f_{ctk} \cdot W_{pl,t}$

$$416,72 \cdot (0,06 - 0,041) + 0,5 = 8,42 \text{ kNm} < 2,2 \cdot 10^3 \cdot 9906 \cdot 10^{-6} = 21,79 \text{ kNm} -$$

sąlyga tenkinama, plyšiai neatsivers.

Stiprumas transportuojant

$$q_{s.s.k} = 3,33 \cdot 1,2 = 4,0 \text{ kN/m}$$

Apkrova padauginama iš atsargos koeficiento transportuojant $q_d = q_{s.s.k} \cdot \gamma_{trans} = 4,0 \cdot 1,6 = 6,4 \text{ kN/m}$

Lenkimo momentas gembėje; gembės ilgis $l_1 = 0,5 \text{ m}$.

$$M_{Egd} = q_d \frac{l_1^2}{2} = 6,4 \frac{0,5^2}{2} = 0,85 \text{ kNm}$$

Iš projekcijų lygties randamas x :

$$P_{con} + f_{yd} \cdot A_{s2} = f_{cp} \cdot b \cdot x \quad (4.3.7)$$

$$P_{con} = (\sigma_{sp} - 330) \cdot A_{sp} = (600 - 330) \cdot 834 \cdot 10^{-6} = 0,225 \text{ MN} = 225 \text{ kN}$$

$$x = \frac{P_{con} + f_{yd} \cdot A_{s2}}{f_{cp} \cdot b} = \frac{225 + 1250 \cdot 10^3 \cdot 834 \cdot 10^{-6}}{31,5 \cdot 10^3 \cdot 1,2} = 0,034 \text{ m} = 3,4 \text{ cm} < h_{pl} = 3,35 \text{ cm}$$

$$\xi = \frac{x}{e} = \frac{x}{h - 2 \cdot d_1} = \frac{0,028}{0,2 - 2 \cdot 0,04} = 0,236 < \xi_{lim} = 0,45$$

Turi būti tenkinama sąlyga:

$$P_{con} \cdot e \leq f_{pk} \cdot b \cdot x \cdot \left(h - d_2 - \frac{x}{2} \right) \quad (4.3.7)$$

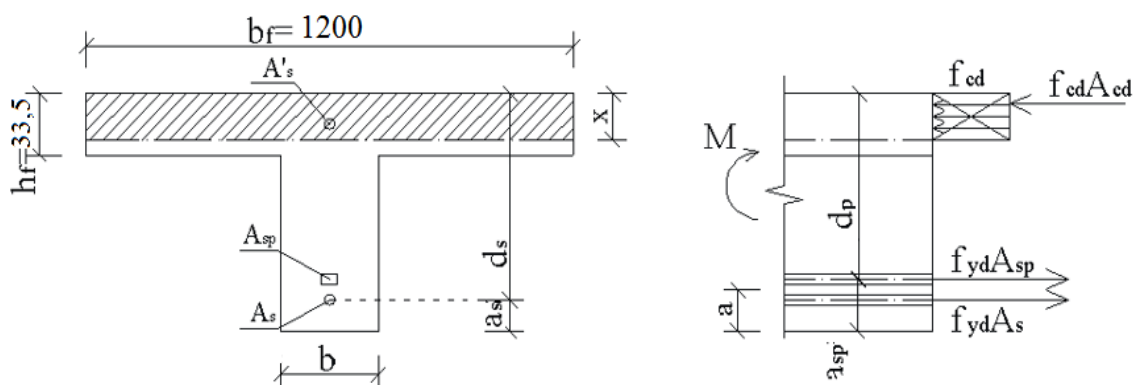
$$e = h - 2 \cdot d_1 = 0,2 - 2 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ m}$$

$$225 \cdot 0,12 = 27 \text{ kNm} \leq 31,5 \cdot 1200 \cdot 0,034 \cdot \left(0,2 - 0,04 - \frac{0,034}{2} \right) = 183,8 \text{ kNm} -$$

plokštės stiprumas transportuojant pakankamas.

4.3.8 Kiaurymėtos plokštės skaičiavimas eksploatacijos stadijoje

Stiprumas normaliniame pjūvyje.



12 pav. Plokštės normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema.

Apskaičiuojamas gniuždomosios zonos ribinis santykinis aukštis:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 21 = 0,682$$

$$P_{con} = \sigma_{cp} \cdot A_{sp} = 454,24 \cdot 834 \cdot 10^{-3} = 379 \text{ kN}$$

$$M_{Ek} = (5,44 + 5) \cdot 1,2 \cdot \frac{6,46^2}{8} = 65,35 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{con}}{A_{red}} - \frac{P_{con} \cdot e_p \cdot (h - y_{sc})}{I_{red}} + \frac{M_{Ed} \cdot (h - y_{sc})}{I_{red}}$$

$$\sigma_{c,max} = \frac{379}{0,1611} - \frac{379 \cdot 0,0573 \cdot (0,2 - 0,0973)}{0,0006782} + \frac{79,34 \cdot (0,2 - 0,0973)}{0,0006782} = 12950 \text{ kPa}$$

$$= 12,95 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{12,95}{31,5} = 1,19 > 1, \text{ priimame } \varphi = 1,0$$

$$r_{sup} = \varphi \frac{W_{red,t}}{A_{red}} = 1,0 \cdot \frac{6604 \cdot 10^{-6}}{0,1611} = 4,10 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = f_{ctk} \cdot W'_{pl} + P_{con} \cdot (e_p + r_{sup}) = 2,2 \cdot 10^3 \cdot 16082 \cdot 10^{-6} + 379 \cdot (0,0973 - 0,04 + 0,041) = 72,64 \text{ kNm} < M_{Ek} = 65,35 \text{ kNm} - \text{plyšiai neatsivers.}$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo skaičiavimas

Jei tenkinama sąlyga:

$$V_{Ek} \leq V_{crc}$$

Įstrižojo pjūvio stiprumas pakankamas, plyšių atsivėrimo galima netikrinti.

$$V_{crc} = \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctk} \cdot b \cdot d$$

$$\varphi_n = -0,2 \frac{N}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = -0,2 \frac{379}{1,32 \cdot 1200 \cdot 0,16} = 0,30$$

$V_{crc} = 0,6 \cdot (1 + 0,30) \cdot 2,2 \cdot 1200 \cdot 0,16 = 329,5 \text{ kN} > V_{Ed} = 55,15 \text{ kN}$ – sąlyga tenkinama.

Įlinkio skaičiavimas

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4, \quad (4.3.8)$$

Trumpalaikės apkrovos sukeltas lenkimo momentas

$$M_{se1,1} = \frac{(1 - \Psi_2) \cdot q_s \cdot l^2}{8} = \frac{(1 - 0,6) \cdot 1,2 \cdot 6,64^2}{8} = 2,65 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{2,65}{0,85 \cdot 34000000 \cdot 0,0006782} = 0,000135$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{2,65 \cdot 3}{0,85 \cdot 34000000 \cdot 0,0006782} = 0,000406$$

φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, imamas lygus 0,85 sunkiojo.

φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, =3

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_{m,0} \cdot e_p}{\varphi_{c1} E_{\text{eff}} I_{\text{eff}}} = \frac{379 \cdot 0,04}{0,85 \cdot 34000000 \cdot 0,0006782} = 0,000774$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{0,000205 + 0,000261}{0,16} = 0,0029$$

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s} = \frac{40}{195000} = 0,000205$$

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_2}{A_{red}} - \frac{P_2 \cdot e_{op}}{W_{red,t}} + \frac{M_{Egd}}{W_{red,t}} = \frac{378,84}{0,1611} - \frac{378,84 \cdot 0,06}{6604 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,85}{6604 \cdot 10^{-6}} = -961,62 \text{ kPa} =$$

$$= 0,96 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = \frac{\sigma_{cp2} + \sigma_{los}^8}{E_s} = \frac{0,96 + 50}{195} = 0,000261$$

$$\frac{1}{r} = 0,000135 + 0,000406 - 0,000774 - 0,0029 = -0,00313$$

$$f = k \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{max} \cdot l^2 \leq \sigma_{lim} \quad (4.3.9)$$

$$f = \frac{5}{48} \cdot (-0,00313) \cdot 6,46^2 = -0,01361 \text{ m} \leq \sigma_{lim} = 1/250 = 0,026 \text{ m} \quad - \quad \text{įlinkis}$$

neviršijamas, tinkamumo sąlyga tenkinama.

4.4 L formos rėmsijos ir kolonos projektavimas

4.4.1 Skaičiuojamoji schema eksploataavimo sąlygos ir skerspjūvis.

Trijų aukštų pastato dalis bus skaičiuojama pagal 2 skirtingas skaičiuojamąsias schemas. 1 schema, kai rėmsijos daugiaatramės ir kolonos atskiros kiekviename aukšte. Rėmsijų skerspjūvis sumažintas, tai leidžia padidinti aukšto aukštį. Rėmsijos ir kolonos sujungtos standžiai. 2 schema, kai rėmsijos dviatramės ir kolonos vientisos per visus tris aukštus. Rėmsijų skerspjūvis didesnis 1 atveju. Rėmsijos prie kolonų prijungtos šarnyriškai.

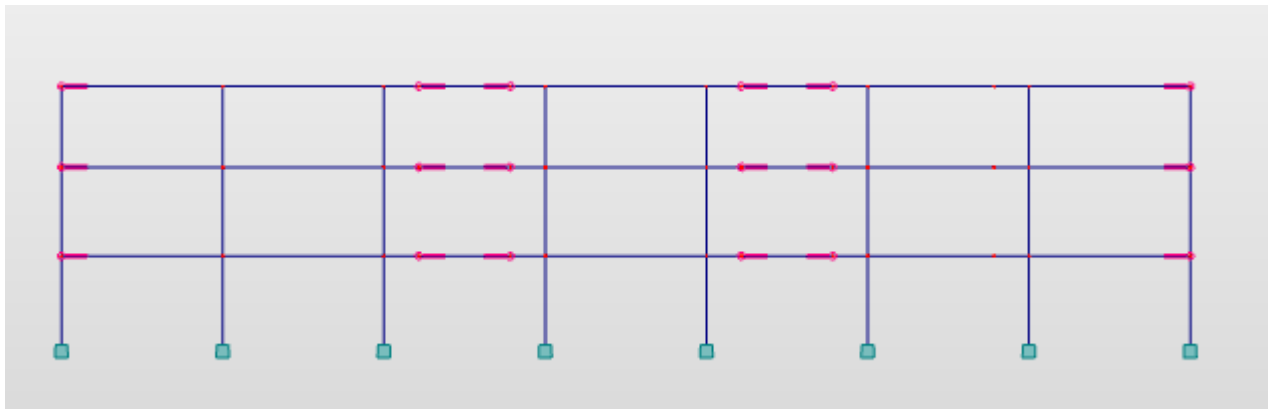
Abiem variantas rėmsijos projektuojamos iš C40/50 XC1 betono ir armuojamos Y1770C klasės lynais, įtempiant juos į atsparas mechaniniu būdu.

C40/50 klasės stiprumo betonas $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$, $f_{cm} = 48 \text{ MPa}$, $f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$, $f_{ctk,0,05} = 2,5 \text{ MPa}$, $E_{cm} = 35 \text{ GPa}$ $f_{ck} = 24 \text{ MPa}$, $f_{ctd,0,05} = 1,5 \text{ MPa}$.

Y1770C klasės lynams $f_{pk} = 1770 \text{ MPa}$, $f_{p0,1k} = 1520 \text{ MPa}$, $f_{p0,1d} = 1250 \text{ MPa}$, $E_s = 195 \text{ GPa}$.

4.4.2 1 skaičiuojamosios schemas skaičiavimai

1 skaičiuojamoji schema, kai rėmsijos yra daugiaatramės ir kolonos sudalintos per aukštus. Skaičiuojamoji schema pateikta 13 pav.

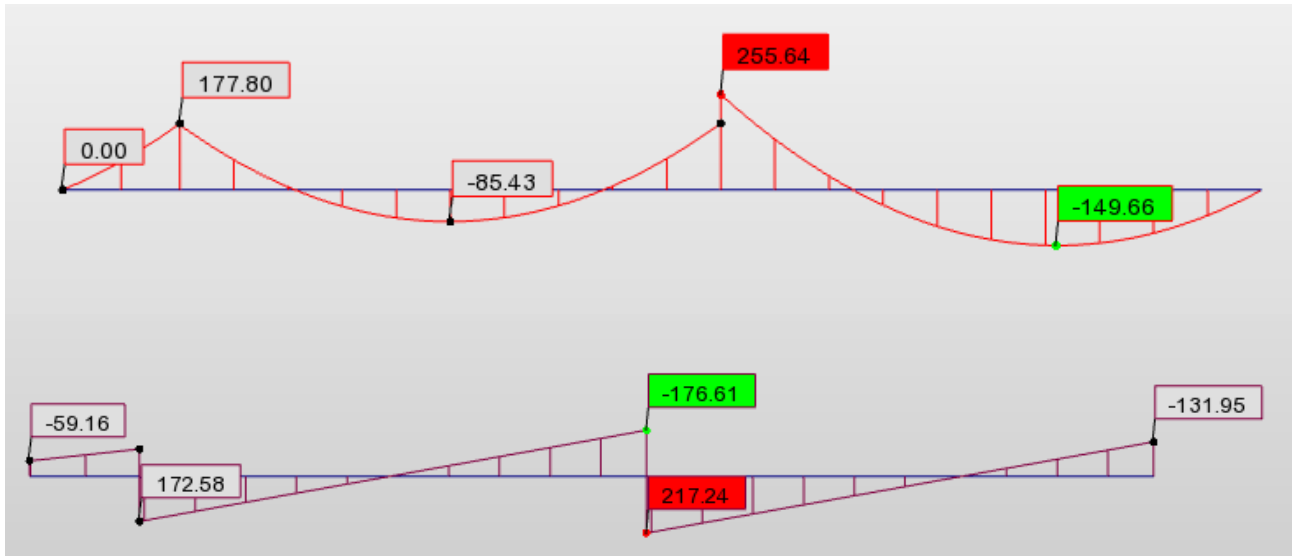


13 pav. 1 skaičiuojamoji schema.

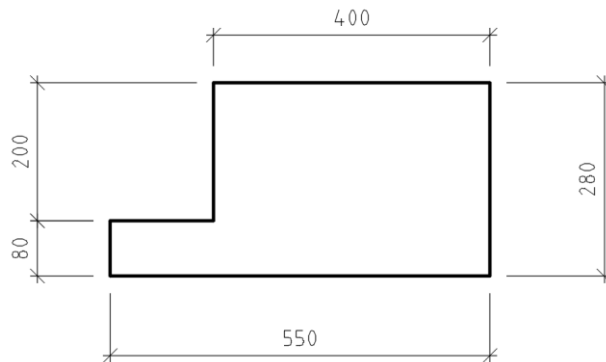
4.4.2.1 Rėmsijos su pažeminta lentyna skaičiavimas

Sija skaičiuojama, kai ją veikia nuolatinės apkrovos – savasis svoris ir grindų sluoksniai, ir laikina apkrova – naudojimo apkrova. Naudojimo apkrovos išskiriami 2 atvejai, kai visuose ruožuose paskirstyta tolygiai ir kai veikia kas antrame ruože.

Pavojingiausias apkrovų derinys pagal kurį bus skaičiuojamas reikalingas armatūros kiekis yra, kai veikia nuolatinė apkrova ir laikina tolygiai paskirstyta visame plote $M_{Eda} = 149,66 \text{ kNm}$ ir $M_{Edv} = 255,88 \text{ kNm}$.



14 pav. Rėmsijos įrąų diagramos: maksimalus momentas apačioje, toliau maksimalus momentas viršuje. Apačioje skersinių jėgų diagrama.

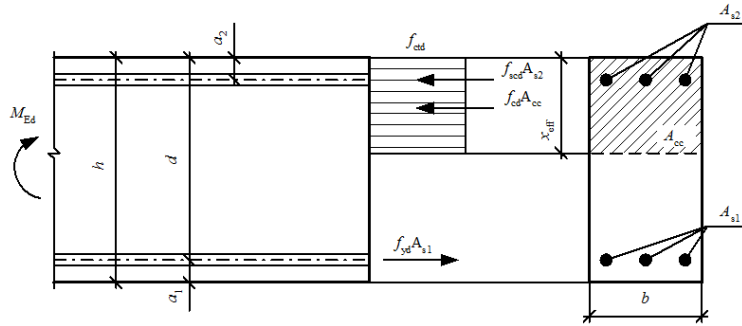


15 pav. Sijos su pažeminta lentyna skerspjūvis.

4.4.2.1.1 Rėmsijos stiprumo skaičiavimas

Rėmsijos stiprumas skaičiuojamas užsidavus armatūros plotą.

Stiprumas pakankamas, kai $M_{Ed} \leq M_{Rd}$



16 pav. Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema.

Pirmiausia apskaičiuojama ξ_{lim} reikšmė [23]:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,658}{1 + \frac{876,01}{330} \cdot \left(1 - \frac{0,658}{1,1}\right)} = 0,657$$

Čia koeficientas $\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 24 = 0,658$;

$$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 773,99 = 876,01 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojamas gniuždomos zonos aukštis:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{149,66}{24 \cdot 400 \cdot 0,23^2} = 0,295$$

Tuomet:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,295} = 0,3603 < \xi_{lim} = 0,657 \quad - \text{ gniuždomos}$$

zonos stiprumas pakankamas t.y. gniuždomoje zonoje armatūros nereikia..

Kai $\xi_{eff} < \xi_{lim}$ skaičiuotinis armatūros stipris dauginamas iš koeficiento $\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1\right) = 1,1 - (1,1 - 1) \left(2 \frac{0,3603}{0,657} - 1\right) = 1,09 \leq \eta = 1,10$, η - koeficientas prikaluso nuo armatūros tipo ir stiprumo, lynams ir vieloms – 1,1.

Tuomet reikiamas armatūros plotas apskaičiuojamas iš 4.4.1 lygties. Gniuždomoje zonoje armatūros nėra todėl $A_{s2} = 0$.

$$M_{Ed} \leq f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot (d - a_2) \quad (4.4.1)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot \gamma_{sy} \cdot (d - a_2)} = \frac{149,55}{1250 \cdot 1,09 \cdot 10^3 \cdot (0,23 - 0,05)} = 0,000611 \text{ m}^2 = 6,11 \text{ cm}^2$$

Parenkama 6Ø15,2 Y1770C lynai, kurių $A_{s1} = 8,34 \text{ cm}^2$.

Skaičiuojamas rėmsijos stiprumas ten kur maksimalus lenkimo momentas viršutinėje dalyje.

$$\xi_{lim} = 0,657$$

Apskaičiuojamas gniuždomos zonos aukštis:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{255,64}{24 \cdot 400 \cdot 0,23^2} = 0,504$$

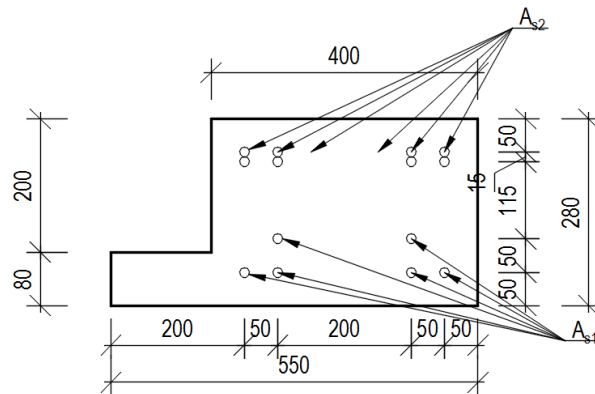
Tuomet

$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,504} = 0,617 < \xi_{lim} = 0,657$ gniuždomos zonos stiprumas pakankamas.

Tuomet reikiamas armatūros plotas apskaičiuojamas iš 4.4.1 lygties. Gniuždomoje zonoje armatūros nėra todėl $A_{S1} = 0$.

$$A_{S2} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd} \cdot \gamma_{SY} \cdot (d - a_1)} = \frac{255,64}{1250 \cdot 1,09 \cdot 10^3 \cdot (0,25 - 0,05)} = 0,000854 \text{m}^2 = 8,54 \text{cm}^2$$

Parenkama 8Ø15,2 Y1770C lynai, kurių $A_{S1} = 11,12 \text{cm}^2$.



17 pav. Rėmsijos armavimas

4.4.2.1.2 Lynų išankstinių įtempimų nuostoliai.

Priimama, kad strypinė armatūra bus tempiama mechaniniu būdu į atsparas. Išankstinių įtempimų dydis, numatytas $\sigma_{sp} = 1000 \text{MPa}$

Turi būti tenkinamos sąlygos:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{pk} \quad (4.4.2)$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot f_{pk} \quad (4.4.3)$$

$$1000 + 0,05 \cdot 1000 = 1050 \text{MPa} \leq 1520 \text{MPa}$$

$$1000 - 0,05 \cdot 1000 = 950 \text{MPa} \geq 0,3 \cdot 1520 = 456 \text{MPa} - \text{sąlygos tenkinamos.}$$

Pirminiai armatūros nuostoliai

1. Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įtempimų strypinėje armatūroje:

$$\sigma_{los,1} = 0,1 \cdot \sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 1000 - 20 = 80 \text{MPa}$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įrenginių deformacijos:

$$\sigma_{los,3} = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{3,53}{130000} \cdot 195000 = 52,95 \text{ MPa}$$

$$\Delta l = 1,25 + 0,15\phi = 1,25 + 0,15 \cdot 15,2 = 3,53 \text{ mm}$$

5. Plieninio klojinio gaminant iš anksto įtemptas gelžbetonines konstrukcijas deformacijos.

Pagal nutylėjimą priimama $\sigma_{los,5} = 30 \text{ MPa}$

$$\text{Apspaudimo jėga } P_0 = \sigma_{sp,1-5} \cdot A_{sp} = (1000 - 80 - 52,95 - 30)10^3 \cdot 8,34 \cdot 10^{-4} = 930,80 \text{ kN}$$

6. Greitai pasireiškiantis betono valkšnumas.

Lenkimo momentas nuo plokštės savojo svorio:

$$M_d = \frac{q \cdot b \cdot l^2}{8} = \frac{3,10 \cdot 13,0^2}{8} = 65,49 \text{ kNm}$$

$$f_{cp} = 0,7 \cdot f_{ck.cube} = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ MPa}$$

Įtempiai betone ties iš anksto įtempta armatūra

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{P_0}{A_{red}} + \frac{P_0 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \\ &= \frac{930,80 \cdot 10^{-3}}{0,124} + \frac{930,80 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0625^2 - 65,49 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0625}{0,002953} \approx 7,35 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Esant } \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{7,35}{35} = 0,21 < \alpha = 1,125,$$

Čia $\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 35 = 1,125$, įtempių nuostoliai dėl betono valkšnumo apgnūždant:

$$\sigma_{los,6} = \chi \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{7,35}{35} = 7,35 \text{ MPa}$$

Kai betonas kietinamas šildant koeficientas $\chi = 0,85$.

Pirminiai įtempimų nuostoliai:

$$\sigma_{los,1-6} = \sum_6^{i=1} \sigma_{los,i} = 40 + 10,4 + 30 + 3,26 = 83,66 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojami antriniai įtempimo nuostoliai.

8. Išankstinio įtempimo nuostoliai, dėl sunkiojo C40/50 stiprumo klasės betono susitraukimo (kai betonas kietinamas šūtinant):

$$\sigma_{los,8} = 50 \text{ MPa}$$

9. Nuostoliai dėl betono valkšnumo, nepriklausant nuo įtempimo būdo.

Apgnūždymo jėga, įvertinus pirminius nuostolius:

$$P_1 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los,1-6}) \cdot A_{sp} = (1000 - 220,1)10^3 \cdot 8,34 \cdot 10^{-4} = 867,25 \text{ kN}$$

Įtempiai betone nuo P_1 ir lenkimo momento ties įtemptosios armatūros svorio centru

$$\begin{aligned}\sigma_{cp} &= \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \\ &= \frac{430,6 \cdot 10^{-3}}{0,124} + \frac{430,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0625^2 - 62,49 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0625}{0,002953} \approx 6,76 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Nuostoliai dėl betono valkšnumo, kai $\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{6,76}{35} = 0,185 < \alpha = 1,125$,

$$\sigma_{los,9} = \chi \cdot 150 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot \frac{6,76}{35} = 24,63 \text{ MPa}$$

Antriniai įtempių nuostoliai: $\sigma_{los,7-9} = \sum_{i=7}^9 \sigma_{los,i} = 50 + 24,63 = 75,63 \text{ MPa}$

Suminiai nuostoliai: $\sigma_{los} = \sigma_{los,1-6} + \sigma_{los,7-9} = 244,70 \text{ MPa}$

Apgniuždymo jėga įvertinus suminius įtempimų nuostolius:

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \cdot A_{sp} = (1000 - 244,70) \cdot 8,34 \cdot 10^{-1} = 839,90 \text{ kN}$$

4.4.2.1.3 Įstrižojo pjūvio skaičiavimas

Atramoje rėmsija turi atlaikyti skersinę jėga, turi būti tenkinama sąlyga [23]:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Maksimali skersinė jėga gaunama kai veikia nuolatinė apkrova ir naudojimo apkrova kas antrame tarpatramyje $V_{Ed} = 217,24 \text{ kN}$.

Skersinė armatūra $\emptyset 6$, $A_{sw} = 0,565 \text{ cm}^2$.

Sankabų žingsnį s_w užsiduodame pagal konstrukcinius reikalavimus [23].

$$s_w \leq 0,5 \text{ m}, s_w \leq 2 \cdot b = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ m}.$$

Nuo atramos per $1/4 \cdot L$ ($L = 6,0 \text{ m}$), s_w negali būti daugiau negu:

Kai $h < 0,45 \text{ m}$ ($h = 0,28 \text{ m}$) $s_w \leq h/2 = 0,14 \text{ m}$ ir $s_w \leq 0,15 \text{ m}$, priimama $s_w \leq 0,14 \text{ m}$

Likusioje dalyje, kai $h > 0,3 \text{ m}$ $s_w \leq 3/4 \cdot h = 0,21 \text{ m}$ ir $s_w \leq 0,5 \text{ m}$, priimama $s_w \leq 0,20 \text{ m}$.

Skersinė jėga skaičiuojama prie atramos todėl $s_w = 0,14 \text{ m}$.

$$\text{Armavimo koeficientas: } \rho_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_w} = \frac{0,565 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,14} = 0,001009$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \cdot \alpha \cdot \rho_w = 1 + 5 \cdot 5,58 \cdot 0,001009 = 1,028$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_c} = \frac{195}{35} = 5,58$$

$$\varphi_{c1} = 1 - \beta \cdot f_{cd} = 1 - 0,01 \cdot 24 = 0,76$$

$$V_{Rd,max} = 0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{c1} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot 1,028 \cdot 0,76 \cdot 24 \cdot 400 \cdot 0,2175 = 489,40$$

$V_{Ed} = 217,24 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 489,40 \text{ kN}$ – sąlyga tenkinama.

Kai veikia išankstinio įtempimo jėga φ_n skaičiuojama pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{839,90}{1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,2175} = 0,643$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 = 2,0 \cdot (1 + 0,643) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,2175^2 = 93,49 \text{ kNm}$$

$$u_{sw} = \frac{434 \cdot 10^3 \cdot 0,0000565}{0,14} = 175,15 \text{ kN/m}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{93,49}{175,15}} = 0,731 \text{ m}$$

Gautoji c_0 reikšmė imama ne didesnė kaip $2d$ ir ne didesnė kaip c , taip pat ne mažesnė kaip d , jeigu $c > d$.

$$c_0 = 1,567 \text{ m} > 2 \cdot 0,2175 = 0,435 \text{ m}, \text{ todėl } c_0 = 0,435 \text{ m}.$$

Skersinė jėga kurią atlaiko betonas:

$$V_{Rd,c} = \frac{\varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} \geq \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d$$

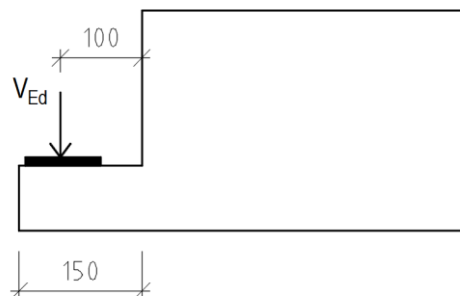
$$V_{Rd,c} = \frac{2,0 \cdot (1 + 0,643) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,2175^2}{0,435} = 214,4 \text{ kN}$$

$$> 0,6 \cdot (1 + 0,643) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,2175 = 128,65 \text{ kN}$$

Jėgos kurią atlaiko betonas užtenka, kad skaičiuojamas elementas atlaikytų veikiančią, nuo išorinių jėgų poveikio, jėgą. Todėl skaičiuoti kokią skersinę jėgą atlaiko skersinė armatūra nebereikia. Skersinė armatūra parenkama pagal konstrukcinius reikalavimus.

4.4.2.1.4 Rėmsijos lentynos skaičiavimas

Kiaurymėtos perdangos plokštės remiamos ant rėmsijos lentynos, todėl lentyna turi būti patikrinta skersinės jėgos ir momento atžvilgiu.



18 pav. Rėmsijos lentynos jėgos pridėjimo vieta.

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot a$$

$$\text{Maksimali skersinė jėga} - V_{Ed} = \frac{7,2}{2} \cdot (5,44 \cdot 1,35 + 5 \cdot 1,3) = 49,84 \text{ kN/m}$$

V_{Ed} – jėga nuo perdangos konstrukcijos, tenkanti rėmsijos lentynai, kN/m'.

a – petys, m.

Rėmsijos lentyna skaičiuojama kaip lenkiamas elementas, nes $l=150 > 0,9 \cdot d=0,9 \cdot 50=45$.

$$M_{Ed} = 49,84 \cdot 0,1 = 4,98 \text{ kNm/m}$$

Skaičiuojama rėmsijos lentynos viršuje esanti armatūra.

Kai išilginė armatūra įdėta tik tempiamoje zonoje, $A_{S2}=0$, tuomet turi būti tenkinama sąlyga:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,98}{24 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,05^2} = 0,083$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,083} = 0,0868 < \xi_{lim} = 0,261 \text{ sąlyga tenkinama.}$$

$$a_1=a_2=0,035 \text{ m;}$$

$$h = 0,08 \text{ m;}$$

$$d=h-a_1=0,08-0,035=0,045 \text{ m}$$

$\xi_{lim} = 0,261$, (ξ_{lim} apskaičiuotas pagal 15 formulę) reikiamas armatūros plotas apskaičiuojamas iš jėgų projekcijos į horizontalią ašį ir lygus:

$$A_{S1} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d \cdot \xi_{eff}}{f_{yd}} = \frac{24 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot 0,0868}{454} = 0,000229 \text{ m}^2 = 2,29 \text{ cm}^2$$

Parenkama $\varnothing 6$ armatūra, kas 100 mm, kurios $A_{sw}=2,83 \text{ cm}^2$.

Patikrinama lentynos atsparumas skersinei jėgai, turi būti tenkinama sąlyga:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Maksimali skersinė jėga kurią gali atlaikyti betonas:

$$V_{Rd,max} = 0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{c1} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 0,76 \cdot 24 \cdot 1000 \cdot 0,045 = 273,6 \text{ kN}$$

Gelžbetoninio elemento skersinės armatūros stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu tikrinamas pagal formulę:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5(1 + 0) \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 0,045^2}{0,1} = 56,25 \text{ kN}$$

Koeficientas imamas iš lentelės φ_{c4} [23 15 lentelės]. O φ_n lygus nuliui, nes nėra išankstinio įtempimo jėgos.

Turi būti tenkinama ši sąlyga:

$$2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3}(1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d$$

$$2,5 \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 0,045 = 187,5 \text{ kN} \geq V_{Rd,ct} = 56,25 \text{ kN} \geq 0,6(1 + 0) \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 0,045 = 45 \text{ kN}$$

- sąlyga tenkinama.

$V_{Ed} = 49,84 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 56,25 \text{ kN}$ – stiprumas skersinių jėgų atžvilgiu pakankamas.

Skaičiuojamoji armatūra turi būti inkaruojama už normalinio pjūvio dydžiu:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 l_b \geq l_{b,\min}, \quad (4.4.4)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – koeficientai, kurių reikšmės imamos iš STR2.05.05:2005 31 lentelės;

l_b – bazinis inkaravimo ilgis, apskaičiuojamas pagal 4.4.4 formulę;

$l_{b,\min}$ – mažiausias inkaravimo ilgis.

$\alpha_1 = 0,7$ (kai $c_d = 100 > 3\phi = 3 \cdot 6 = 18$) – įvertina strypo formą; strypas tempiamas.

$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{(c_d - 3 \cdot d)}{d} = 1 - 0,15 \cdot \frac{(30 - 3 \cdot 6)}{6} = 0,86$ – priklausau nuo apsauginio sluoksnio.

$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0,1 \cdot 1,54 = 0,846$;

$\lambda = \frac{(\sum A_{sw} - \sum A_{sw,\min})}{A_s} = (0,50 - 0,25 \cdot 0,28) / 0,28 = 1,54$;

K koeficientas priklauso skersinės ir išilginės padėties skerspjūvyje.

$\alpha_4 = 0,7$;

$\alpha_5 = 1$.

$\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 = 0,86 \cdot 0,846 \cdot 1,0 = 0,73 \geq 0,7$.

Mažiausias inkaravimo ilgis tempiamiems strypams $l_{b,\min}$ imamas pagal 4.4.5 sąlygą:

$$l_{b,\min} > \max\{0,6l_b; 15d, 100\text{mm}\} \quad (4.4.5)$$

Bazinis inkaravimo ilgis l_b apskaičiuojamas taip:

$$l_b = \frac{d \sigma_{sd}}{4 f_{bd}} \quad (4.4.6)$$

σ_{sd} – skaičiuotiniai armatūros įtempiai $\sigma_{sd} = 454$ MPa;

f_{bd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, nustatomi pagal 4.4.7 formulę:

$$f_{bd} = 2,25\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}, \quad (4.4.7)$$

čia f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris (kai $\gamma_c = 1,5$).

$$f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} / \gamma_c \quad (4.4.8)$$

η_1 – koeficientas, įvertinantis armatūros padėtį betonavimo metu ir sukibimo sąlygas; $\eta_1 = 0,70$.

η_2 – koeficientas, įvertinantis strypo skersmens įtaką, imamas, kai $\phi \leq 32$ mm, $\eta_2 = 1,0$;

$f_{ctd} = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 40^{2/3} / 1 = 2,5 \text{ MPa}$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 2,5 = 3,87 \text{ MPa}$$

Bazinis inkaravimo ilgis pagal 4.4.6 formulę:

$$l_b = \frac{6 \cdot 454}{4 \cdot 3,87} = 175,97 \text{ mm}$$

$$l_{b,min} > \max\{0,6 \cdot 175,97 = 105,6; 15 \cdot 6 = 90; 100\}$$

Reikiamas mažiausias inkaravimo ilgis pagal 4.4.4 formulę:

$$l_{bd} = 0,7 \cdot 0,86 \cdot 0,846 \cdot 0,7 \cdot 175,97 = 62,73 \text{ mm} < l_{b,min} = 105,6 \text{ mm}, \text{ todėl priimama } l_{bd} = 110 \text{ mm}.$$

4.4.2.1.5 Konstrukciniai sprendimai

Rėmsija prie kolonos tvirtinama varžtais. Rėmsijoje gamybos metu paliekamos angos formuojamos iš metalinių vamzduku, kurių dydis yra toks, kad tilptų sriegtas strypas ir galima būti likusią dalį angos dalį užpildyti nesitraukiančiu betonu. Sriegtas strypas kolonos gamybos metu, reikiamose vietose įbetonuojami. Rėmsijos pakėlimui naudojamos pakėlimo kilpos. Ant rėmsijos lentynos tiesiama neopreno 2 cm pločio juosta, skirta tolygiai paskirstyti apkrovą nuo kiaurymėtos perdangos plokštės.

4.4.2.2 1 varianto kolonos projektavimas

Koloną veikia apkrovos nuo denginio ir tarpaukštinių konstrukcijų bei sniego ir naudojimo apkrovos. Kolona tikrinama dviem atvejais kai veikia didžiausia ašinė jėga ir momentas ir kai veikia didžiausias momentas ir ašinė jėga.

Didžiausia ašinė įrąža gaunama kai veikia 7 derinys $N_{Ed,max} = 1338,39 \text{ kN}$, $N_{EdI,max} = 1043,01 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 28,99 \text{ kNm}$; $M_{EdI} = 23,63 \text{ kNm}$. 7 derinyje įvertinama stogo ir perdangų konstrukcijų apkrova, naudojimo ir sniego tolygiai paskirstytos apkrovos.

Didžiausias lenkimo momentas gaunamas kai veikia ašinė jėga lygi $N_{Ed} = 955,63 \text{ kN}$, $M_{Ed,max} = 68,51 \text{ kNm}$.

Pavojingiausias derinys susidaro.

4.4.2.2.1 Kolonos skerspjūvio matmenys, naudojamas betonas ir armatūra

Projektuojama gelžbetoninė kolona 400x400x3970. Kolonai naudojamas C30/37 stiprumo klasės betonas.

Charakteristinis betono gniuždomasis stipris: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$;

Skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris [23]: $f_{cd} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 30}{1,5} = 18 \text{MPa}$;

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{MPa}$;

Skaičiuotinis betono tempiamasis stipris: $f_{ctd,0,05} = \frac{\alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 1 \cdot 2}{1,5} = 1,2 \text{MPa}$;

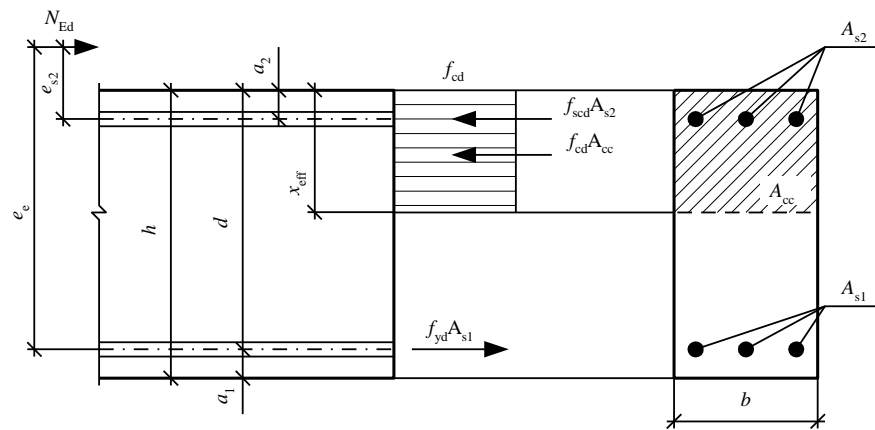
Betono tamprumo modulis: $E_{cm} = 32 \text{GPa}$.

Kolona armuojama S500 stiprumo klasės armatūra.

Charakteristinis armatūros stipris: $f_{yk} = 500 \text{MPa}$;

Skaičiuotinis armatūros (ne įtemptosios) stipris: $f_{yd} = 450 \text{MPa}$;

Skaičiuotinis armatūros (ne įtemptosios) gniuždomasis stipris: $f_{scd} = 450 \text{MPa}$.



19 pav. Ekscentriškai gniuždomo elemento skaičiuojamoji schema.

$$a_1 = a_2 = 50 \text{mm};$$

$$h = 400 \text{mm}, b = 400 \text{mm}$$

$$d = h - a_1 = 400 - 50 = 350 \text{mm}$$

$$h = 400 \text{mm}$$

$$A_{cc} = \eta \cdot x_{eff} \cdot b$$

4.4.2.2 Liaunis

Pirmiausia patikrinama ar tinkami kolonos skerspjūvio matmenys, ar tenkinama liaunumo sąlyga, kolonomis $\lambda_{lim} = 120$.

Skaičiuojamas pastatas be tiltinių kranų, vieno tarpatramio, kolona – pastovaus skerspjūvio.

$$\text{Skaičiuojamasis kolonos ilgis: } l_o = 1,5 \cdot l = 1,5 \cdot 3,97 = 5,955 \text{ m}$$

$$\text{Liaunis: } \lambda = \frac{l_o}{i} = \frac{5,955}{0,1154} = 51,60 \leq \lambda_{lim} = 120$$

$$\text{Inercijos spindulys: } i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{0,00213}{0,16}} = 0,1154 \text{ m}$$

$$\text{Inercijos momentas: } I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,4 \cdot 0,4^3}{12} = 0,00213 \text{ m}^4$$

Liaunumo sąlyga tenkinama, kolono nesuklups.

4.4.2.2.3 Pagrindinės armatūros skaičiavimas

Kolona skaičiuojama kaip ekscentriškai gniuždomas elementas.

Pirmiausia apskaičiuojami momentai, kuriuos sukelia necentriškai gniuždanti jėga $M_{Ed,s}$ ir $M_{Ed,sl}$.

$M_{Ed,s}$ – nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukeliamas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai gniuždomo sluoksnio atžvilgiu [23];

$M_{Ed,sl}$ – nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių sukeliamas momentas, apskaičiuotas skerspjūvio labiausiai gniuždomo sluoksnio atžvilgiu [23];

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 28,99 + 1338,99 \cdot \frac{0,35 - 0,05}{2} = 229,83 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,sl} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 23,63 + 1043,01 \cdot \frac{0,35 - 0,05}{2} = 180,08 \text{ kNm}$$

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{Ed,sl}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1 \cdot \frac{180,08}{229,83} = 1,78 \leq 1 + \beta = 2$$

φ_l – koeficientas, įvertinantis ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje.

β – koeficientas, įvertinantis betono rūšį, $\beta = 1$ – sunkiajam betonui.

$$e_o = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{28,99}{1338,39} = 0,022 \text{ m} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{0,4}{30} = 0,013 \text{ m}$$

e_o – pradinis išilginės jėgos ekscentricitetas;

e_a – atsitiktinis ekscentricitetas.

Priimu, kad $e_o = e_a = 22 \text{ mm}$

Įvertinamas elementų skersinis armavimas

$$\delta_e = \frac{e_o}{h} = \frac{22}{400} = 0,055 < \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{3970}{400} - 0,01 \cdot$$

$$18 = 0,22$$

Skaičiuojamasis kolonos ilgis: $l_o = 1,5 \cdot l = 1,5 \cdot 3,97 = 5,955 \text{ m}$

Priimu, kad $\delta_e = 0,22$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{32 \cdot 10^3} = 6,25$$

E_s – armatūros tamprumo modulis.

Betono skerspjūvio inercijos momentas viso skerspjūvio atžvilgiu:

$$I_C = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (4.4.9)$$

$$I_C = \frac{400 \cdot 400^3}{12} = 2,13 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Armatūros skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio atžvilgiu.

$$I_S = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d-a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 350 \left(\frac{350-50}{2} \right)^2 = 3,15 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

ρ_1 – išilginio armavimo koeficientas, $\rho_1 = 0,01$

Sąlyginė kritinė jėga apskaičiuojama:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_C}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_S \right] = \frac{6,4 \cdot 32 \cdot 10^3}{3970^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^9}{1,78} \left(\frac{0,11}{0,1+0,22} + 0,1 \right) + 6,25 \cdot 3,15 \cdot 10^7 \right] = 9458194 \text{ N} = 9458 \text{ kN}$$

Kai elemento liaunis > 14 , įlinkio įtaka stiprumui yra vertinama, išilginės jėgos pridėjimo, ekscentricitetą dauginant iš koeficiento η .

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1338,39}{9458}} = 1,165$$

Įvertinus įlinkį skaičiuotinis ekscentricitetas lygus:

$$e_e = e_o \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 22 \cdot 1,165 + \frac{350 - 50}{2} = 175,63 \text{ mm}$$

Armavimas:

Reikalingas simetrinės armatūros kiekis apskaičiuojamas priklausomai nuo santykinio išilginės jėgos dydžio:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{1338,89 \cdot 10^3}{18 \cdot 400 \cdot 350} = 0,531$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1338,89 \cdot 10^3 \cdot 175,63}{18 \cdot 400 \cdot 350^2} = 0,267$$

Ribinis santykinis gniuždomos zonos aukštis

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \left(1 - \frac{0,706}{1,1} \right)} = 0,534$$

$\alpha_n = 0,531 < \xi_{lim} = 0,534$, kolona simetriškai armuota, t.y. $A_{s1} = A_{s2}$. Armatūros plotas apskaičiuojamas:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} = \frac{18 \cdot 400 \cdot 350}{450} \cdot \frac{0,267 - 0,531 (1 - 0,5 \cdot 0,531)}{1 - \frac{50}{350}} = 803,73 \text{ mm}^2$$

Priimame armatūrą pagal konstrukcinius reikalavimus: $2\emptyset 16, A = 2,01 \text{ cm}^2$

Parinkus išilginės (darbinės) armatūros skersmenį reikia patikrinti ar tenkinama stiprumo sąlyga. Turi būti tenkinama 4.4.10 sąlyga:

$$N_{Ed} + f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{scd} \cdot A_{s2} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \quad (4.4.10)$$

$A_{s1} = A_{s2}$, lygtyje nelieka $f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{scd} \cdot A_{s2}$, tuomet gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{1338,89 \cdot 10^3}{18 \cdot 400} = 186,0 \text{ mm} < \xi_{lim} \cdot d = 0,534 \cdot 350 = 186,9 \text{ mm}$$

Sąlyga tenkinama. Tuomet skerspjūvio stiprumas veikiant išilginei jėgai:

$$f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}(d - 0,5 \cdot x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2}(d - a_2) \geq N_{Ed} \cdot e_e$$

$$M_{Rd} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,186 \cdot (0,35 - 0,5 \cdot 0,186) + 450 \cdot 10^3 \cdot 2,01 \cdot 10^{-4}(0,35 - 0,05) = 371 \text{ kNm} \geq N_{Ed} \cdot e_e = 1338,89 \cdot 0,022 = 235 \text{ kNm}$$

Skerspjūvio laikomoji galia pakankama, Atsarga 36 %.

Skaičiuojant kai veikia maksimalus lenkimo momentas gaunama:

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 68,51 + 955,63 \cdot \frac{0,35 - 0,05}{2} = 229,83 \text{ kNm}$$

$$e_o = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{68,51}{955,63} = 0,0717 \text{ m} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{0,4}{30} = 0,013 \text{ m}$$

Priimu, kad $e_o = e_a = 71 \text{ mm}$

Įvertinamas elementų skersinis armavimas

$$\delta_e = \frac{e_o}{h} = \frac{71}{400} = 0,1775 < \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{3970}{400} - 0,01 \cdot$$

$$18 = 0,22$$

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{955,63 \cdot 10^3}{18 \cdot 400 \cdot 350} = 0,379$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{955,63 \cdot 10^3 \cdot 175,63}{18 \cdot 400 \cdot 350^2} = 0,1903$$

$\alpha_n = 0,379 < \xi_{lim} = 0,534$, kolona simetriškai armuota, t.y. $A_{s1} = A_{s2}$. Armatūros plotas apskaičiuojamas:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n(1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - a_2/d} = \frac{18 \cdot 400 \cdot 350}{450} \cdot \frac{0,1903 - 0,379(1 - 0,5 \cdot 0,379)}{1 - 50/350} = 803,73 \text{ mm}^2$$

Priimame armatūrą pagal konstrukcinius reikalavimus: $2\emptyset 16, A = 2,01 \text{ cm}^2$

Patikrinamas stiprumas, turi būti tenkinama 4.4.10 sąlyga:

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{955,63 \cdot 10^3}{18 \cdot 400} = 132,7 \text{ mm} < \xi_{lim} \cdot d = 0,534 \cdot 350 = 186,9 \text{ mm}$$

Sąlyga tenkinama. Tuomet skerspjūvio stiprumas veikiant išilginei jėgai:

$$M_{Rd} = 18 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,1327 \cdot (350 - 0,5 \cdot 132,7) + 450 \cdot 10^3 \cdot 2,01 \cdot 10^{-4} \cdot (0,35 - 0,05) = 407,0 \text{ kNm} \geq N_{Ed} \cdot e_e = 955,63 \cdot 0,071 = 67,85 \text{ kNm}$$

Skerspjūvio laikomoji galia pakankama.

4.4.2.2.4 Skersinė armatūra

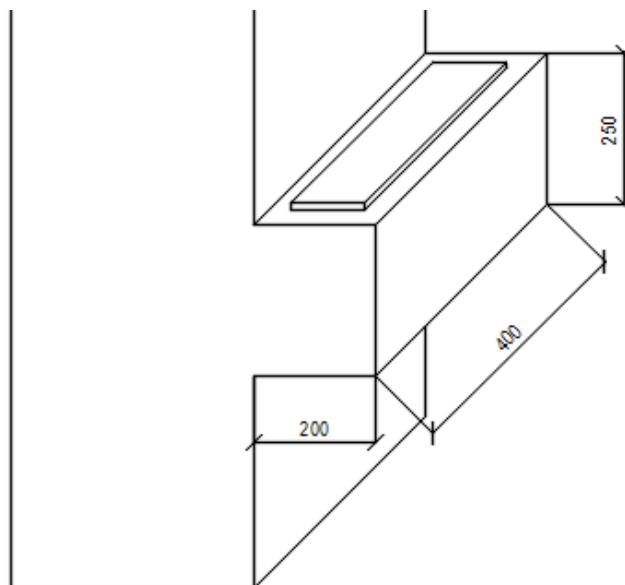
Skaičiuotinė skersinė jėga veikianti koloną yra 30,95 kN, betonas šią įrąžą atlaiko, todėl skersinė armatūra papildomai neskaičiuojama ir priimama konstrukciškai.

Armatūros skersmuo $\varnothing 6$, atkarpoje $L/4$, nuo galų išdėstomas kas 150 mm, likusioje dalyje kas 300 mm.

4.4.2.2.5 Gembės skaičiavimas

Kolonos gembę veikia apkrova nuo rėmsijų. Rėmsijos ir kolonos sujungtos šarnyriškai. Apkrova tenkanti vienai kolonos gembei: $V_{Ed} = 133,17 \text{ kN}$

Kolonos gembė, kurios matmenys pateikti 20 pav. skaičiuojama kaip trumpoji, nes $l = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot d = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot (250 - 35) = 215 \text{ mm}$ [23].



20 pav. Kolonos gembė matmenys.

Skaičiuojamos gniuždomos juostos kampas: $\text{tg} \theta = \frac{250-35}{130+105} = 0,91, \theta = 42^\circ, \sin \theta = 0,675$

Šios juostos plotis: $l_c = l_{sup} \cdot \sin \theta = 145 \cdot 0,675 = 97,9 \text{ mm}$.

Gembės atlaikymo galia skaičiuojama pagal 4.4.11 formulę:

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin \theta \quad (4.4.11)$$

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_1 \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,25 \cdot 0,001875 = 1,06$$

Skersinė $\emptyset 6$ armatūra išdėstoma kas 60 mm, nes $s_w \leq \min\left(\frac{h}{4}; 12\emptyset; 150\right) = \left(\frac{250}{4} = 62,5; 72; 150\right)$.

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{0,75}{400} = 0,001875$$

$$\alpha_1 = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^5}{32 \cdot 10^3} = 6,25$$

Pagal 4.2.11 formulę konsolės atlaikymo galia:

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot 1,06 \cdot 18 \cdot 400 \cdot 97,9 \cdot 0,675 \cdot 10^{-3} = 403,5 \text{ kN}$$

Patikrinama ar V_{Rd} atitinka sąlyga:

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_2) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \leq V_{Ed} \leq 3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (4.4.12)$$

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,74 \cdot 400 \cdot 0,215 = 89,78 \text{ kN}$$

$\varphi_n = 0$, nes nėra išankstinio įtempimo jėgos.

$$3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 3,5 \cdot 1,74 \cdot 400 \cdot 0,215 = 523,74 \text{ kN}$$

$89,78 \text{ kN} \leq 403,5 \text{ kN} \leq 523,74 \text{ kN}$ – 4.4.12 sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojamas išilginės armatūros plotas:

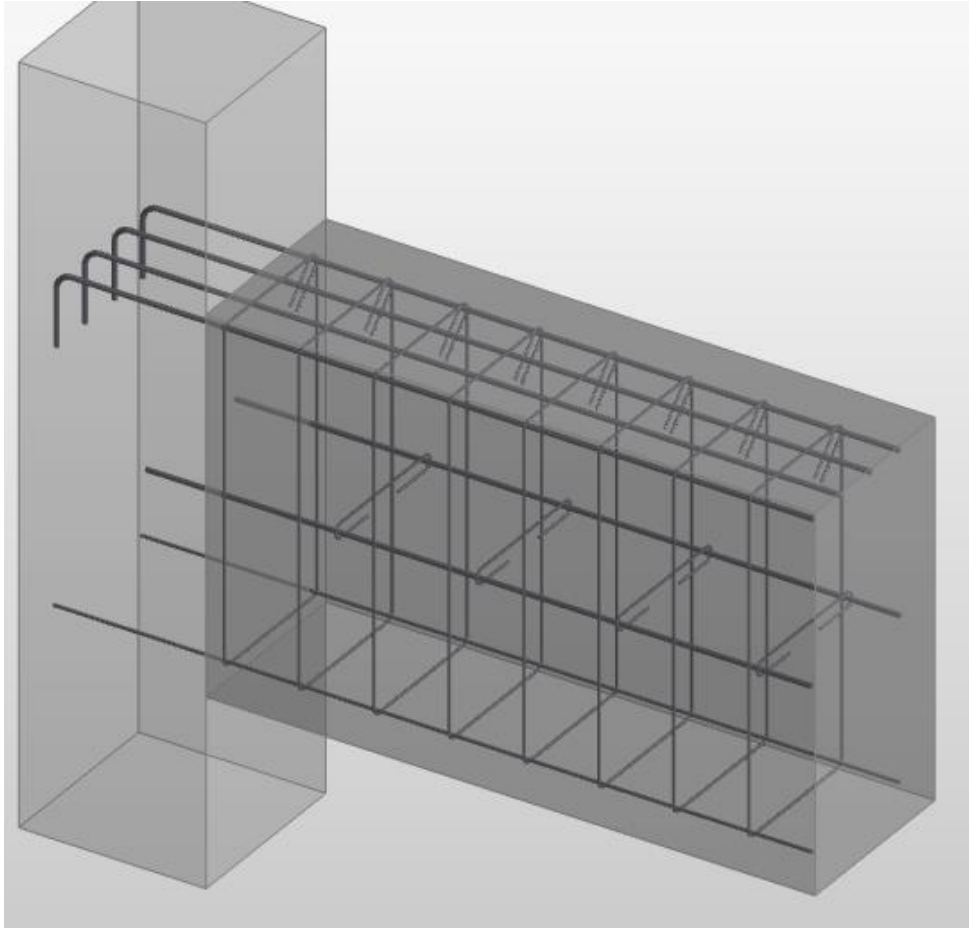
$$A_{s1} = \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{403,5 \cdot 0,105}{0,215 \cdot 454 \cdot 10^3} = 0,000434 \text{ m}^2 = 4,34 \text{ cm}^2$$

Parenkama $4\emptyset 12$, kurių $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$.

4.4.2.2.6 Ilgos gembės skaičiavimas

Tribūnos projektuojamos ant kolonos ilgos gembės, gembės ilgis 1500 mm, plotis 400 mm aukštis 800. Gembė skaičiuojama kaip lenkiamas elementas standžiai sujungtas su kolona.

Gembė skaičiuojama saugos ir tinkamumo ribiniams būviams. Gembė buvo suprojektuota su skaičiavimų programa „Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016“. Programoje taip pat buvo atliktas plokštės armavimas (21 pav.).



21 pav. Ilgos gembės armavimas.

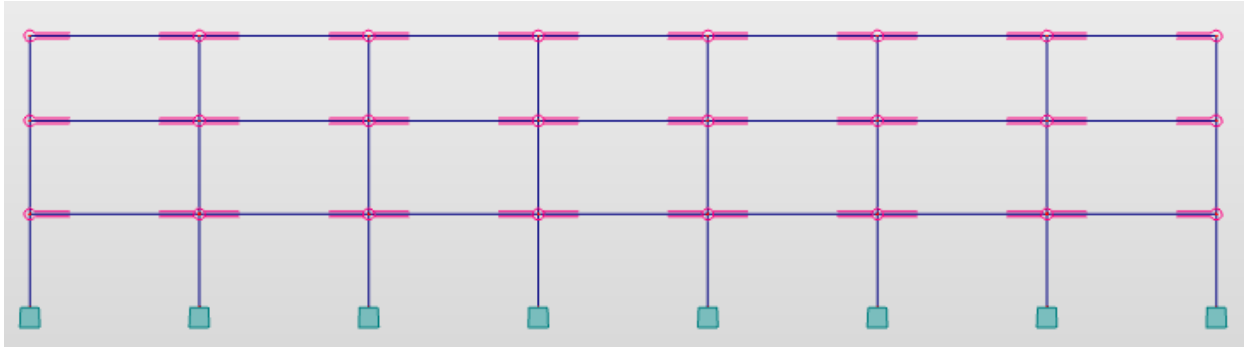
Gembės skaičiavimų ataskaita pateikta 3 priede.

4.4.2.2.7 Konstrukciniai sprendimai

Kolonas ir pamato tvirtinimui kolonoje įbetonuojamos įdėtinės detalės HPKM 16. Kolonos pakėlimui naudojamos pakėlimo kilpos. Kolonos viršūnėje įbetonuojami varžtai skirti tvirtinti aukštesniame aukšte esančias kolonas. Ant kolonos viršaus remiama rėmsija.

4.4.3 2 skaičiuojamosios schemos skaičiavimai

2 skaičiuojamoji schema, kai rėmsijos yra dviatramės, atremtos ant kolonų gėmių, kolonos vientisos per visus aukštus. Skaičiuojamoji schema pateikta 22 pav.

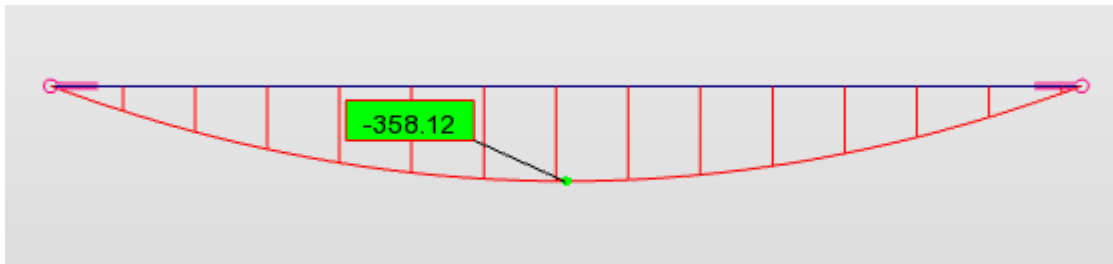


22 pav. 2 skaičiuojamoji schema.

4.4.3.1 Rėmsijos skaičiavimas

Sija skaičiuojama, kai ją veikia nuolatinės apkrovos – savasis svoris ir grindų sluoksniai, ir laikina apkrova – naudojimo apkrova.

Pavojingiausias apkrovų derinys pagal kurį bus skaičiuojamas reikalingas armatūros kiekis yra, kai veikia nuolatinė apkrova ir naudojimo tolygiai paskirstyta apkrova visame plote $M_{Ed} = 358,12 \text{ kNm}$.

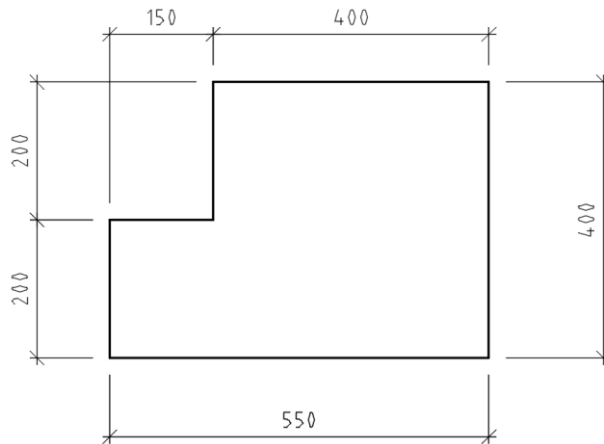


23 pav. Rėmsijos momentų diagrama.

4.4.3.1.1 Rėmsijos stiprumo skaičiavimas

Rėmsijos stiprumas skaičiuojamas užsidavus armatūros plotą.

Stiprumas pakankamas, kai $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ [23].



24 pav. Rėmsijos skerspjūvis.

$$A_{s1} = 6\emptyset 15,2 = 8,34 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 2\emptyset 15,2 = 2,78 \text{ cm}^2$$

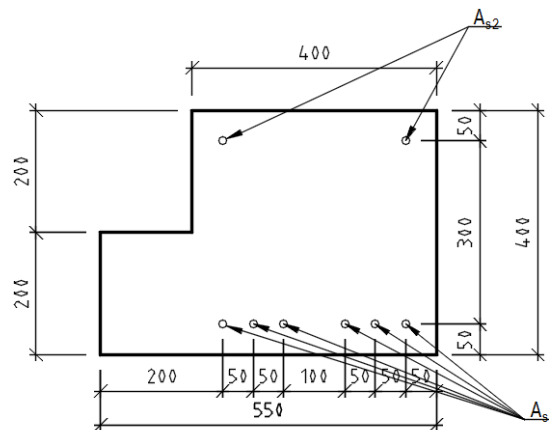
$$x_{\text{eff}} = d \cdot \xi_{\text{eff}} = \frac{1250 \cdot 10^3 \cdot 8,34 \cdot 10^{-4} - 1250 \cdot 10^3 \cdot 2,78 \cdot 10^{-4}}{24 \cdot 400} = 0,088 \text{ m}$$

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{x_{\text{eff}}}{d} = \frac{0,088}{0,35} = 0,252 < \xi_{\text{lim}} = 0,261 - \text{elementas neperarmuotas. Tikriname stiprumo}$$

sąlygą:

$$M_{\text{Ed}} = 358,12 \leq 24 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,088 \cdot (0,35 - 0,5 \cdot 0,088) + 1250 \cdot 10^3 \cdot 2,78 \cdot 10^{-4} \cdot (0,35 - 0,05) = 385,36 \text{ kNm} - \text{stiprumo sąlyga tenkinama.}$$

Parinktas lynų išdėstymas parodytas 25 pav.



25 pav. 2 varianto rėmsijos armavimas

4.4.3.1.2 Lynų išankstinių įtempimų nuostoliai.

Priimama, kad strypinė armatūra bus tempiama mechaniniu būdu į atsparas. Išankstinių įtempimų dydis, numatytas $\sigma_{sp} = 1000 \text{ MPa}$

Turi būti tenkinamos sąlygos:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{pk} \quad (4.4.13)$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot f_{pk} \quad (4.4.14)$$

Pagal 4.4.13 ir 4.4.14 formules: $1000 + 0,05 \cdot 1000 = 1050 \text{ MPa} \leq 1520 \text{ MPa}$

$1000 - 0,05 \cdot 1000 = 950 \text{ MPa} \geq 0,3 \cdot 1520 = 456 \text{ MPa}$ – abi sąlygos tenkinamos, pradiniai įtempimai parinkti tinkamai.

Iš ankstinio įtempimo nuostoliai skaičiuojami pagal 4.4.2.1.2 skyriaus nurodymus.

Pirminiai armatūros nuostoliai

$$1. \sigma_{los,1} = 0,1 \cdot \sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 1000 - 20 = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{los,3} = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{3,53}{5580} \cdot 195000 = 123,4 \text{ MPa}$$

$$\Delta l = 1,25 + 0,15\phi = 1,25 + 0,15 \cdot 15,2 = 3,53 \text{ mm}$$

$$5. \sigma_{los,5} = 30 \text{ MPa}$$

$$P_0 = \sigma_{sp,1-5} \cdot A_{sp} = (1000 - 80 - 123,4 - 30)10^3 \cdot 8,34 \cdot 10^{-4} = 639,34 \text{ kN}$$

$$6. M_d = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{5,0 \cdot 5,58^2}{8} = 19,46 \text{ kNm}$$

$$f_{cp} = 0,7 \cdot f_{ck.cube} = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P_0}{A_{red}} + \frac{P_0 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \frac{639,34 \cdot 10^{-3}}{0,2} + \frac{639,34 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05^2 - 19,46 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{0,00445}$$

$$\approx 3,33 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{3,33}{35} = 0,095 < \alpha = 1,125,$$

$$\text{Čia } \alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 35 = 1,125,$$

$$\sigma_{los,6} = \chi \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{3,33}{35} = 3,23 \text{ MPa}$$

$$\chi = 0,85.$$

$$\sigma_{los,1-6} = \sum_6^{i=1} \sigma_{los,i} = 80 + 123,4 + 30 + 3,23 = 236,60 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojami antriniai įtempimo nuostoliai.

$$8. \sigma_{los,8} = 50 \text{ MPa}$$

$$9. P_1 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los,1-6}) \cdot A_{sp} = (1000 - 236,6)10^3 \cdot 8,34 \cdot 10^{-4} = 594,97 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op}^2 - M_d \cdot e_{op}}{I_{red}} = \frac{594,97 \cdot 10^{-3}}{0,2} + \frac{594,97 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05^2 - 19,46 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{0,00445}$$

$$\approx 4,19 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{4,19}{35} = 0,120 < \alpha = 1,125,$$

$$\sigma_{los,9} = \chi \cdot 150 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot \frac{4,19}{35} = 15,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{los,7-9} = \sum_9^{i=7} \sigma_{los,i} = 50 + 15,27 = 65,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{los} = \sigma_{los,1-6} + \sigma_{los,7-9} = 236,6 + 65,27 = 301,87 \text{ MPa}$$

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \cdot A_{sp} = (1000 - 301,87) \cdot 8,34 \cdot 10^{-1} = 582,2 \text{ kN}$$

4.4.3.1.3 Įstrižojo pjūvio skaičiavimas.

Maksimali skersinė jėga gaunama kai veikia nuolatinė apkrova ir naudojimo apkrova kas antrame tarpatramyje $V_{Ed} = 238,75 \text{ kN}$.

Skersinė armatūra $\emptyset 6$, $A_{sw} = 0,565 \text{ cm}^2$.

Sankabų žingsnį s_w užsiduodame pagal konstrukcinius reikalavimus.

$$s_w \leq 0,5 \text{ m}, s_w \leq 2 \cdot b = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ m}.$$

Nuo atramos per $1/4 \cdot L$ ($L = 6,0 \text{ m}$), s_w negali būti daugiau negu:

Kai $h < 0,45 \text{ m}$ ($h = 0,4 \text{ m}$) $s_w \leq h/2 = 0,2 \text{ m}$ ir $s_w \leq 0,15 \text{ m}$. Priimama $s_w = 0,15 \text{ m}$

Likusioje dalyje, kai $h > 0,3 \text{ m}$ $s_w \leq 3/4 \cdot h = 0,3 \text{ m}$ ir $s_w \leq 0,5 \text{ m}$. Priimama $s_w = 0,3 \text{ m}$

Skersinė jėga skaičiuojama prie atramos todėl $s_w = 0,15 \text{ m}$.

Pagal 23 formulę, armavimo koeficientas:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_w} = \frac{0,565 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,15} = 0,00942$$

$$V_{Rd,max} = 0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{c1} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot 1,028 \cdot 0,76 \cdot 24 \cdot 400 \cdot 0,35 = 878,53 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 238,75 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 878,53 \text{ kN} - \text{sąlyga tenkinama.}$$

Kai veikia išankstinio įtempimo jėga φ_n skaičiuojama pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{582,2}{1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,35} = 0,277$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 = 2,0 \cdot (1 + 0,277) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,35^2 =$$

187,75 kNm

$$v_{sw} = \frac{434 \cdot 10^3 \cdot 0,0000565}{0,08} = 306,51 \text{ kN/m}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{187,75}{306,51}} = 0,783 \text{ m}$$

Gautoji c_0 reikšmė imama ne didesnė kaip $2d$ ir ne didesnė kaip c , taip pat ne mažesnė kaip d , jeigu $c > d$.

$c_0 = 0,783 \text{ m} > 2 \cdot 0,35 = 0,70 \text{ m}$, todėl $c = 0,783 \text{ m}$.

Skersinė jėga kurią atlaiko betonas:

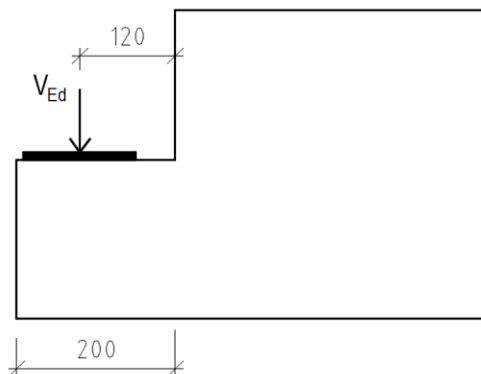
$$V_{Rd,c} = \frac{2,0 \cdot (1 + 0,277) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,35^2}{0,783} = 239,75 \text{ kN}$$

$$> 0,6 \cdot (1 + 0,277) \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,35 = 160,9 \text{ kN}$$

Skersinės jėgos stiprumas pakankamas skersinė armatūra atramoje išdėliojama kas 8 cm.

4.4.3.1.4 Rėmsijos lentynos skaičiavimas

2 varianto rėmsijos lentyna skaičiuojama kaip lenkiamas elementas, nes $l=200 > 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 150 = 135$.



26 pav. Rėmsijos lentynos jėgos pridėjimo vieta.

$$M_{Ed} = 4,98 \text{ kNm/m}$$

Skaičiuojama rėmsijos lentynos viršuje esanti armatūra.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,98}{24 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,15^2} = 0,0092$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0092} = 0,00927 < \xi_{lim} = 0,261 \text{ sąlyga tenkinama.}$$

$$a_1 = a_2 = 0,035 \text{ m};$$

$$h = 0,200 \text{ m};$$

$$d = h - a_1 = 0,200 - 0,05 = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{S1} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d \cdot \xi_{eff}}{f_{yd}} = \frac{24 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 0,00927}{454} = 0,0000735 \text{ m}^2 = 0,735 \text{ cm}^2$$

Dedama $\varnothing 6$ armatūra, kas 200 mm, kurios $A_{sw} = 1,42 \text{ cm}^2$.

Rėmsijos lentynos įstrižojo pjūvio stiprumas neskaičiuojamas nes skersinė veikianti jėga yra tokia pati, o šios sijos skerspjūvis yra didesnis, todėl ir skersinės jėga bus atlaikoma didesnė. Pagal 4.4.2.1.4. skyriaus skaičiavimus, darbinė armatūra inkaruojama už normalinio pjūvio ne mažiau nei 110 mm.

4.4.3.1.5 2 variantu rėmsijos montavimo konstrukciniai sprendimai

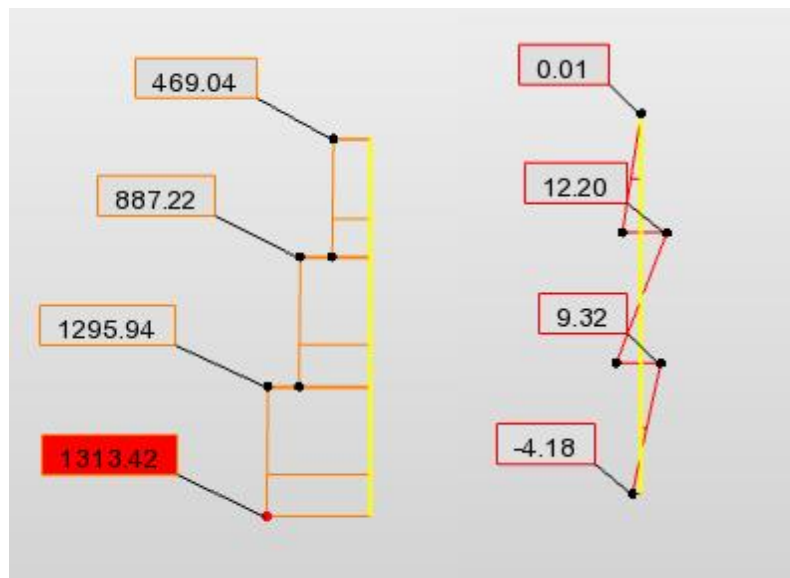
Rėmsijos prie kolonos tvirtinama varžtais. Rėmsijoje gamybos metu paliekamos angos formuojamos iš metalinių vamzdukų, kurių dydis yra toks, kad tilptų sriegtas strypas ir galima būti likusią dalį angos dalį užpildyti savaime susitankinančiu betonu. Rėmsijos pakėlimui naudojamos pakėlimo kilpos.

4.4.3.2 2 variantu kolonos projektavimas

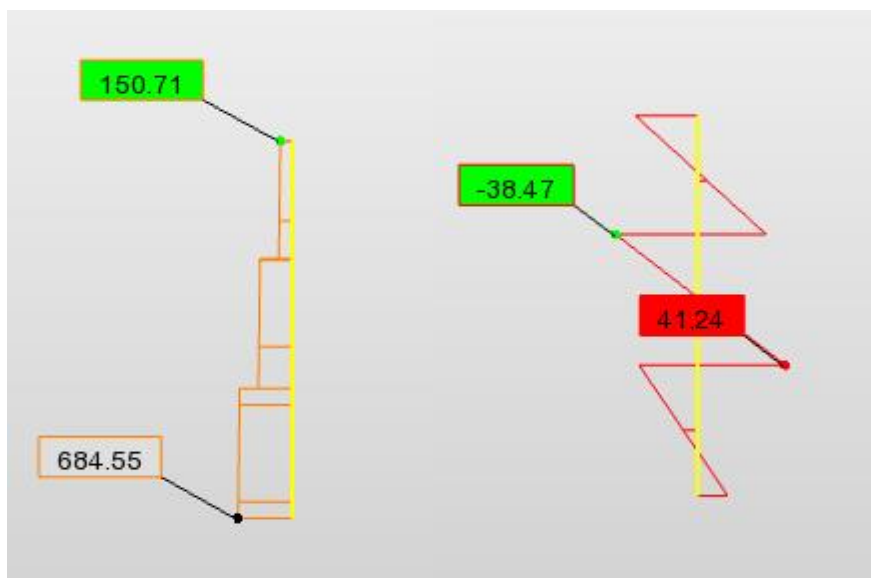
Koloną veikia apkrovos nuo denginio ir tarpaukštinių konstrukcijų bei sniego ir naudojimo apkrovos. Kolona tikrinama dviem atvejais kai veikia didžiausia ašinė jėga ir momentas ir kai veikia didžiausias momentas ir ašinė jėga.

Didžiausia ašinė įraža gaunama kai veikia 7 derinys $N_{Ed,max} = 1473,32 \text{ kN}$, $N_{Ed,l,max} = 1197,18 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 1,09 \text{ kNm}$; $M_{Ed,l} = 0,55 \text{ kNm}$. Šiame derinyje įvertinama stogo ir perdangų konstrukcijų apkrova, naudojimo ir sniego tolygiai paskirstytos apkrovos(27 pav.).

Didžiausias lenkimo momentas gaunamas kai veikia $N_{Ed} = 684,55 \text{ kN}$, $M_{Ed,max} = 41,24 \text{ kNm}$ (28 pav.).



27 pav. Ašinių jėgų momentų diagrama, kai veikia maksimali ašinė jėga.



28 pav. Ašinių jėgų momentų diagrama, kai veikia maksimalus momentas.

4.4.3.2.1 Kolonos skerspjūvio matmenys, naudojamas betonas ir armatūra

Projektuojama gelžbetoninė kolona 400x400x9600. Kolonai naudojamas toks pat betonas kaip ir pirmuoju atveju, kolona armuojama S500 klasės armatūra.

$$a_1 = a_2 = 50\text{mm}, h = 400\text{mm}, b = 400\text{mm}, d = h - a_1 = 400 - 50 = 350\text{mm}$$

4.4.3.2.2 Liaunis

Kolonos skaičiuojamasis ilgis yra vieno vienas aukšto aukštis, padaugintas iš koeficiento $l_o = 1,5 \cdot l = 1,5 \cdot 9600/3 = 3202\text{ m}$

$$\text{Liaunis: } \lambda = \frac{l_o}{i} = \frac{3,202}{0,1154} = 27,74 \leq \lambda_{lim} = 120$$

$$\text{Inercijos spindulys: } i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{0,00213}{0,16}} = 0,1154\text{ m}$$

$$\text{Inercijos momentas: } I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,4 \cdot 0,4^3}{12} = 0,00213\text{ m}^4$$

Liaunumo sąlyga tenkinama, kolona nesuklups.

4.4.3.2.3 Pagrindinės armatūros skaičiavimas

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 1,09 + 1473,32 \cdot \frac{0,35 - 0,05}{2} = 222,04\text{ kNm}$$

$$M_{Ed,sl} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 0,55 + 1197,18 \cdot \frac{0,35 - 0,05}{2} = 180,01\text{ kNm}$$

$$\varphi_l = 1 + \beta \frac{M_{Ed,sl}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1 \cdot \frac{180,01}{222,04} = 1,81 \leq 1 + \beta = 2$$

$$e_o = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{1,09}{1473,32} = 0,000740 \text{ m} < e_a = \frac{h}{30} = \frac{0,4}{30} = 0,013 \text{ m}$$

Priimu, kad $e_o = e_a = 13 \text{ mm}$

Įvertinamas elementų skersinis armavimas

$$\delta_e = \frac{e_o}{h} = \frac{13}{400} = 0,0325 < \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_o}{h} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{3202}{400} - 0,01 \cdot$$

18 = 0,22

Priimu, kad $\delta_e = 0,22$

Armatūros skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio atžvilgiu.

$$I_S = \rho_1 \cdot b \cdot d \left(\frac{d-a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 350 \left(\frac{350-50}{2} \right)^2 = 3,15 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

ρ_1 – išilginio armavimo koeficientas, $\rho_1 = 0,01$

Sąlyginė kritinė jėga apskaičiuojama:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_o^2} \left[\frac{I_C}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_S \right] = \frac{6,4 \cdot 32 \cdot 10^3}{3970^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^9}{1,81} \left(\frac{0,11}{0,1+0,22} + 0,1 \right) + 6,25 \cdot 3,15 \cdot 10^7 \right] = 94581924 \text{ N} = 9458 \text{ kN}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1473,32}{9458}} = 1,185$$

$$e_e = e_o \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 13 \cdot 1,185 + \frac{350 - 50}{2} = 165 \text{ mm}$$

Armavimas:

Reikalingas simetrinės armatūros kiekis apskaičiuojamas priklausomai nuo santykinio išilginės jėgos dydžio:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{1473,32 \cdot 10^3}{18 \cdot 400 \cdot 350} = 0,585$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1473,32 \cdot 10^3 \cdot 165}{18 \cdot 400 \cdot 350^2} = 0,276$$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n(1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} = \frac{18 \cdot 400 \cdot 350}{450} \cdot \frac{0,276 - 0,585(1 - 0,5 \cdot 0,585)}{1 - \frac{50}{350}} = 1907 \text{ mm}^2$$

Priimame armatūrą pagal konstrukcinius reikalavimus: $2\emptyset 16, A = 2,01 \text{ cm}^2$

Parinkus išilginės (darbinės) armatūros skersmenį reikia patikrinti ar tenkinama stiprumo sąlyga. Turi būti tenkinama ši sąlyga.

$$x_{eff} = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{1473,32 \cdot 10^3}{18 \cdot 400} = 205 \text{ mm} > \xi_{lim} \cdot d = 0,534 \cdot 350 = 186,9 \text{ mm}$$

Sąlyga netenkinama. Tuomet skerspjūvio stiprumas veikiant išilginei jėgai:

$$f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}(d - 0,5 \cdot x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2}(d - a_2) \geq N_{Ed} \cdot e_e$$

$$M_{Rd} = 18 \cdot 400 \cdot 186,9 \cdot (350 - 0,5 \cdot 186,9) + 450 \cdot 201(350 - 50) = 359 \text{ kNm} \geq N_{Ed} \cdot e_e = 1473,32 \cdot 0,165 = 243 \text{ kNm}$$

Skerspjuvio laikomoji galia pakankama, atsarga 32 %.

4.4.3.2.4 Skersinė armatūra

Skaičiuotinė skersinė jėga veikianti koloną yra 23,69 kN, betonas šią įrąžą atlaiko, todėl skersinė armatūra papildomai neskaičiuojama ir priimama konstrukciškai.

Armatūros skersmuo Ø6, atkarpoje L/4, nuo galų išdėstomas kas 150 mm, likusioje dalyje kas 300 mm.

4.4.3.2.5 Kolonos gembės skaičiavimas

Kolonos gembę veikia apkrova nuo rėmsijos. Gembė skaičiuojama pagal 4.4.2.2.5 skyrių.

Gembę veikianti jėga nuo $V_{Ed} = 236,24 \text{ kN}$

Kolonos gembės matmenys tokie patys kaip ir 20 pav.

Konsolės atlaikymo galia:

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot 1,06 \cdot 18 \cdot 400 \cdot 97,9 \cdot 0,675 \cdot 10^{-3} = 403,5 \text{ kN}$$

$89,78 \text{ kN} \leq 236,24 \text{ kN} \leq 523,74 \text{ kN}$ – sąlyga tenkinama.

Apskaičiuojamas išilginės armatūros plotas:

$$A_{s1} = \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{236,24 \cdot 0,105}{0,215 \cdot 454 \cdot 10^3} = 0,000254 \text{ m}^2 = 2,54 \text{ cm}^2$$

Parenkama 4Ø10, kurių $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$.

4.4.3.2.6 Konstrukciniai sprendimai

Kolonos ir pamato tvirtinimui kolonoje įbetonuojamos kolonų padai HPKM 16. Kolonos ir rėmsijų tvirtinimui naudojami M24 varžtai, kurie įbetonuojami gembėse, kolonų gamybos metu. Kolonos viršuje įbetonuojama įdėtinė detalė su nusriegtais strypais, prie kurių tvirtinamas antkolonis. Kolonos pakėlimui naudojamos pakėlimo kilpos.

4.5 Polinio pamato projektavimas

Projektuojamas gręžtinis polinis pamatas 7/B ašių susikirtimo vietoje. Pamato konstrukciją sudaro du 10,5 m ilgio Ø 400 mm poliai ir 1,8x0,7x0,6 matmenų galvena, kuri apjungia polius bendram darbui. Polių viršaus altitudė 1,15 m žemiau grindų lygio. Galvena projektuojama 0,55m žemiau grindų lygio.

Galvenai ir poliams naudojamas C30/37 stiprumo klasės betonas, XC2 aplinkos sąlygų klasė. Konstrukcijų montavimui naudojama S500 stiprumo klasės armatūra.

Grunto fizikinės savybės, ir pamato matmenys nustatomi pagal Eurokodo 7 nurodymus. Reikiama armatūra parenkama pagal STR 2.05.05:2005 reikalavimus.

Remiantis šiais dokumentais polinis pamatas projektuojamas kaip simetriškai armuotas apvalaus skerspjūvio ekscentriškai gniuždomas elementas. Pamato galvena projektuojama kaip vienpusiai armuotas lenkiamasis elementas, o viršutinis tinklas parenkamas pagal pagrindinius konstrukcinius reikalavimus bei inkaravimo varžtų gamintojo rekomendacijas.

4.5.1 Pamato projektavimas saugos ribiniam būviui

Polinis pamatas projektuojamas pagal du derinius DA1 ir DA2. Deriniai taikomi tik nedrenuojamomis sąlygomis. Polio laikomoji galia skaičiuojama įvertinus laikomąją galią padu ir polio šonais.

Pamatas projektuojamas pagal geologinį pjūvį I-I pateiktą 5 priede.

5 lentelė. Nagrinėjamo geologinio sluoksnio (Nr. 5) rodikliai

Skaičiuojamasis rodiklis	Grunto Nr. 5 rodikliai
Tūrinis svoris γ , kN/m ³	21,4
Natūralaus byrėjimo kampas φ ,	24
Efektyvioji sankiba c , kPa	0,0
Tamprumo modulis E , MPa	18,9
Kūginė sprauda q_c , MPa	8

4.5.1.1 Projektavimo būdo DA-1 pirmasis derinys A1+M1+R1

6 lentelė. DA-1 pirmojo derinio daliniai koeficientai

Dalinis koeficientas	A1	M1	R1
Nuolatinis poveikis, γ_G	1,35		
Kintamasis poveikis, γ_Q	1,3		
Atsparumas kirpimui, γ_{φ}		1,0	
Efektyvus sankabumas, γ_{cr}		1,0	
Polio pado laikomoji galia,			1,25
Polio kamieno laikomoji			1,0

Pamato galvenos matmenys $L \times B \times h = 1,8 \times 0,7 \times 0,6$ m ir polio ilgis $L = 10,5$ m, skersmuo $\varnothing 400$. Charakteristinė apkrova gruntui nuo galvenos ir polio bus:

$$G_{k,kons} = G_{k,galvenos} + G_{k,poliaus} = (L \cdot B \cdot h_{galvenos} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{poliaus}) \cdot \gamma_{gb}$$

$$= (1,8 \cdot 0,7 \cdot 0,6 + \pi \cdot 0,2^2 \cdot 2,5) \cdot 25 = 20,45 \text{ kN}$$

čia:

$G_{k,galvenos}$ – apkrova gruntui nuo pamato galvenos savojo svorio;

$G_{k,Polio}$ – apkrova gruntui nuo polio savojo svorio;

γ_{gb} – gelžbetonio tūrinis svoris, lygus $25,0 \text{ kN/m}^3$.

Papildoma apkrova nuo grunto, slegiančio pamatą iš viršaus:

$$G_{k,grunto} = (L \cdot B - 0,4^2) \cdot h_{grunto} \cdot \gamma_{grunto} = (1,8 \cdot 0,7 - 0,16) \cdot 0,2 \cdot 18,8 = 3,083 \text{ kN}$$

čia:

h_{grunto} – grunto, esančio virš galvenos sluoksnio storis, imamas iki grindų išlyginamojo sluoksnio apačios;

γ_{grunto} – grunto, esančio virš galvenos tūrinis svoris, imamas smėlio rodiklis.

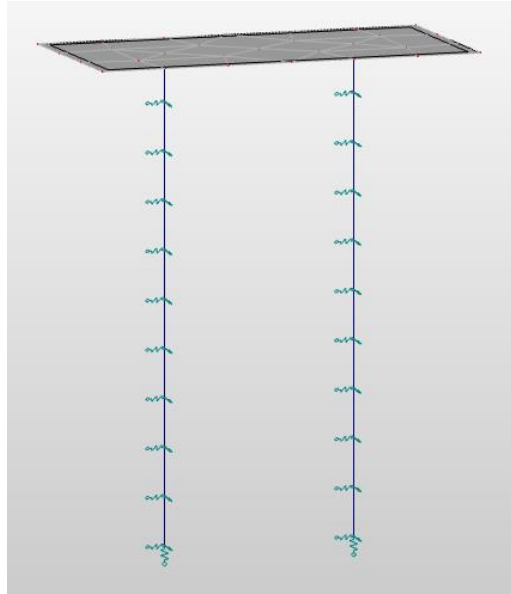
Suminė skaičiuojamoji apkrova gruntui:

$$G_{d,sum} = (G_{k,kons} + G_{k,grunto}) \cdot \gamma_G + G_{Ed} = (33,55 + 3,083) \cdot 1,35 + 1043,01 = 1092,46 \text{ kN}$$

G_{Ed} – skaičiuojamoji apkrova nuo pavojingiausio apkrovų derinio nr. 16, gauto iš 3D pastato modelio.

Suminis skaičiuojamasis lenkimo momentas pamato pado apačioje įvertinus skersines jėgas:

$$M_{d,sum} = 26,53 \text{ kNm}$$



29 pav. Polių ir galvenos skaičiuojamoji schema.

7 lentelė. Poliuse susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų

	Polis Nr. 1	Polis Nr. 2
Ašinė įraša N_{Ed} , kN	$N_{Ed} = -528,66$	$N_{Ed,max} = -526,77$
Lenkimo momentas M_{Ed} , kNm	$M_{Ed,max} = 22,80$	$M_{Ed} = 24,53$

Poliuose gaunamos įrašos yra panašios todėl skaičiuojamas tas polis, kurio didesnis lenkimo momentas.

Pagrindo atsparumas ploto vienetui po polio padu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{b,cal} = \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8,0 = 6,40 \text{ MPa}$$

čia:

α_b – empirinis koreliacijos koeficientas, smėliui lygus 0,8 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė);

β – rodiklis, kuriuo įvertinama polio pado forma, lygus 1,0;

s – rodiklis, kuriuo atsižvelgiama į polio pado formą, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$s = \left(1 + \frac{\sin \varphi'}{L/B}\right) / (1 + \sin \varphi') = \left(1 + \frac{\sin 24^\circ}{0,3/0,3}\right) / (1 + \sin 24^\circ) = 1,0$$

Pagrindo stipris įvertinant polio kamieno paviršiaus trintį apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot q_c = 0,005 \cdot 8,0 = 0,04 \text{ MPa}$$

čia:

α_s – empirinis koreliacijos koeficientas, lygus 0,005 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris po pamato padu:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal}}{\xi_3} = \frac{6,40}{1,29} = 4,96 \text{ MPa}$$

čia:

ξ_3 – koreliacijos koeficientas, priklausantis nuo statinio zondavimo gręžinių skaičiaus ([14] 8 priedas 2 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris, atsižvelgiant į polio kamieno paviršiaus trintį:

$$q_{s,k} = \frac{q_{s,cal}}{\xi_3} = \frac{0,04}{1,29} = 0,031 \text{ MPa}$$

Gręžtinio polio pado charakteristinė laikomosios galios vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \pi \cdot r^2 \cdot q_{b,k} = \pi \cdot 0,2^2 \cdot 4,96 = 623,45 \text{ kN}$$

čia:

A_b – polio pado paviršiaus plotas (\varnothing 400 mm)

Gręžtinio polio šoninio paviršiaus charakteristinė laikomosios galios vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$\begin{aligned} R_{s,k} &= \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = \sum (2 \cdot \pi \cdot r \cdot (h_i - 1) \cdot q_{s,k,i}) \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 0,2 \cdot (10,5 - 1) \cdot 0,031 \cdot 10^3 = 370,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

čia:

$A_{s,i}$ – Polio šoninio paviršiaus plotas i-tajame grunto sluoksnyje.

Viršutinio grunto metro į skaičiavimus neįtraukiame, nes šiame ruože gruntas nėra pakankamai tankus ir neapspaudžia polio.

Randame skaičiuotines pamato laikomąsias galias padu bei šonine trintimi:

$$\begin{aligned} R_{b,d} &= \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{623,45}{1,25} = 498,76 \text{ kN} \\ R_{s,d} &= \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{370,17}{1,0} = 370,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tuomet suminė polio laikomoji galia apskaičiuojama taip:

$$R_{c,d} = (R_{b,d} + R_{s,d}) \cdot 2 = (498,76 + 370,17) \cdot 2 = 1738 \text{ kN} \geq V_d = 1092 \text{ kN}$$

Polių laikomoji galia yra pakankama.

4.5.2 Projektavimo būdo DA-1 antrasis derinys A2+M2+R1

8 lentelė. DA-1 antrojo derinio daliniai koeficientai

Dalinis koeficientas	A2	M2	R1
Nuolatinis poveikis, γ_G	1,0		
Kintamasis poveikis, γ_Q	1,3		
Atsparumas kirpimui, $\gamma_{\varphi'}$		1,25	
Efektyvus sankabumas, γ_{Ct}		1,25	
Polio pado laikomoji galia, γ_b			1,25
Polio kamieno laikomoji galia, γ_s			1,0

Skaičiavimuose naudosime tų pačių matmenų galvena ir polių. Pamato galvenos matmenis $L \times B \times h = 1,8 \times 0,7 \times 0,6 \text{ m}$ ir polio ilgį $L = 10,5 \text{ m}$, skersmuo $\varnothing 400$. Tuomet konstrukcijų charakteristinė apkrova gruntui bus:

$$G_{k,kons} = G_{k,galvenos} + G_{k,poliaus} = (L \cdot B \cdot h_{galvenos} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{poliaus}) \cdot \gamma_{gb} = \\ = (1,8 \cdot 0,7 \cdot 0,6 + \pi \cdot 0,4^2 \cdot 10,5) \cdot 25 = 47,69 \text{ kN}$$

čia:

G_k – ašinė jėga nuo antžeminių konstrukcijų;

$G_{k,galvenos}$ – apkrova gruntui nuo pamato galvenos savojo svorio;

$G_{k,Polio}$ – apkrova gruntui nuo polio savojo svorio;

γ_{gb} – gelžbetonio tūrinis svoris, lygus $25,0 \text{ kN/m}^3$.

Papildoma apkrova nuo grunto, slegiančio pamatą iš viršaus:

$$G_{k,grunto} = (L \cdot B - 0,4^2) \cdot h_{grunto} \cdot \gamma_{grunto} = (1,8 \cdot 0,7 - 0,16) \cdot 0,2 \cdot 18,8 = 3,08 \text{ kN}$$

čia:

h_{grunto} – grunto, esančio virš galvenos sluoksnio storis, imamas iki grindų išlyginamojo sluoksnio apačios;

γ_{grunto} – grunto, esančio virš galvenos tūrinis svoris, imamas smėlio rodiklis, 3.7.2.1. lentelė.

Suminė skaičiuojamoji apkrova gruntui:

$$G_{d,sum} = (G_{k,kons} + G_{k,grunto}) \cdot \gamma_G + 1338,81 = \\ = (47,69 + 3,08) \cdot 1,0 + 766,63 = 817,4 \text{ kN}$$

Suminis skaičiuojamasis lenkimo momentas pamato pado apačioje įvertinus skersines jėgas:

$$M_{d,sum} = 24,54 \text{ kNm}$$

9 lentelė. Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų

	Polis Nr. 1	Polis Nr. 2
Ašinė įraša N_{Ed} , kN	$N_{Ed} = -424,80$	$N_{Ed,max} = -423,04$
Lenkimo momentas M_{Ed} , kNm	$M_{Ed,max} = 22,79$	$M_{Ed} = 22,54$

Esant tokioms įrašoms, skaičiuojame vieno gręžtinio polio laikomąją galia.

Pagrindo atsparumas ploto vienetui po polio padu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{b,cal} = \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8,0 = 6,4 \text{ MPa}$$

čia:

α_b – empirinis koreliacijos koeficientas, smėliui lygus 0,8 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė);

β – rodiklis, kuriuo įvertinama polio pado forma, lygus 1,0;

s – rodiklis, kuriuo atsižvelgiama į polio pado formą, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$s = \left(1 + \frac{\sin \varphi'}{L/B}\right) / (1 + \sin \varphi') = \left(1 + \frac{\sin 24^\circ}{0,3/0,3}\right) / (1 + \sin 24^\circ) = 1,0$$

Pagrindo stipris įvertinant polio kamieno paviršiaus trintį apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot q_c = 0,005 \cdot 8,0 = 0,04 \text{ MPa}$$

čia: α_s – empirinis koreliacijos koeficientas, lygus 0,005 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris po pamato padu:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal}}{\xi_3} = \frac{6,40}{1,29} = 4,96 \text{ MPa}$$

čia: ξ_3 – koreliacijos koeficientas, priklausantis nuo statinio zondavimo gręžinių skaičiaus ([14] 8 priedas 2 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris, atsižvelgiant į polio kamieno paviršiaus trintį:

$$q_{s,k} = \frac{q_{s,cal}}{\xi_3} = \frac{0,04}{1,29} = 0,031 \text{ MPa}$$

Gręžtinio polio pado charakteristinė laikomosios galios vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \pi \cdot r^2 \cdot q_{b,k} = \pi \cdot 0,20^2 \cdot 4,96 = 623,45 \text{ kN}$$

čia: A_b – polio pado paviršiaus plotas (\varnothing 400 mm)

Gręžtinio polio šoninio paviršiaus charakteristinė laikomosios galios vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = \sum (2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot 0,2 \cdot (10,5 - 1) \cdot 31 = 370,17 \text{ kN}$$

čia: $A_{s,i}$ – Polio šoninio paviršiaus plotas i-tajame grunto sluoksnyje.

Randame skaičiuotines pamato laikomąsias galias padu bei šonine trintimi:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{623,45}{1,25} = 498,76 \text{ kN}$$

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{370,17}{1,0} = 370,17 \text{ kN}$$

Tuomet suminė polio laikomoji galia apskaičiuojama taip:

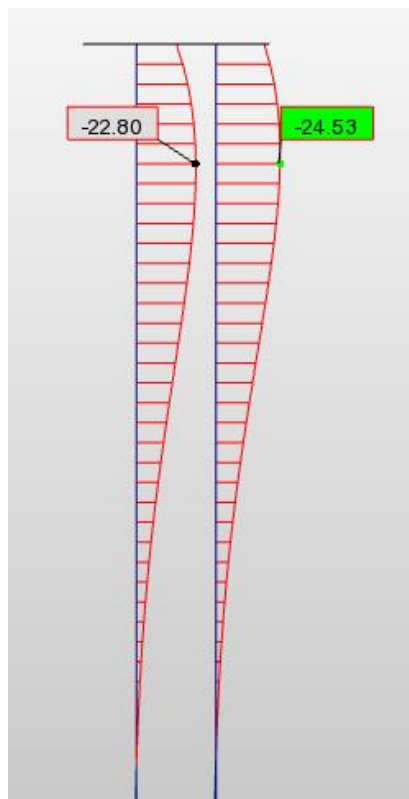
$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = (498,76 + 370,17) \cdot 2 = 1738 \text{ kN} \geq V_d = 817,4 \text{ kN}$$

Skaičiavimuose gauta, kad dviejų polių laikomoji galia yra pakankama. Gręžtinių polių pagrindinis darbas atliekamas padu.

4.5.3 Polio armavimas ir laikomosios galios tikrinimas

Polis armuojamas išilgine ir skersine armatūra. Naudojama S500 armatūra, skaičiavimai bus atliekami parinkus armatūros plotą ir apskaičiavus polio stiprumą. Parenkami 6 vnt. Ø12 ($A_{s,tot} = 6,69 \text{ cm}^2$) išilginės armatūros strypai, išdėlioti tolygiai ratu per visą skerspjūvį, tam kad perimtų susidarantių momentų sukeltas įrašas įvairiomis kryptimis.

Skaičiuojant poliaus laikomąją galią darome prielaidą, kad poliaus viršus pasislinkęs per 10 cm nuo projektinės padėties. Tokiu atveju polyje susidaręs lenkimo momentas yra didesnis nei gautas vertinant apkrovų poveikius.



30 pav. Momentų diagrama.

Pradinis išilginės jėgos ekscentricitetas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{24,53}{528,66} = 0,046 \text{ m}$$

Tuomet koeficientas δ_e bus lygus:

$$\delta_e = \frac{e_0}{\phi} = \frac{1,1}{40} = 0,116 \geq \delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{\phi} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,283$$

Plieno ir betono tamprumo modulių santykis:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205}{29,962} = 6,41$$

Polio betono skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_c &= \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,40^2}{4} = 0,126 \text{ m}^2 = 1260 \text{ cm}^2 \\ N_{\text{crit}} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\phi_1} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e \cdot I_s \right) = \\ &= \frac{6,4 \cdot 32}{10,5^2} \cdot \left(\frac{12,56 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,283} + 0,1 \right) + 6,41 \cdot 5,143 \cdot 10^{-6} \right) = \\ &= 993,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Koeficientas, įvertinantis ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{\text{crit}}}} = \frac{1}{1 - \frac{528,66}{993,0}} = 2,138$$

Skaičiuojamasis ekscentricitetas įvertinus išlinkį:

$$e_e = e_0 \cdot \eta = 0,046 \cdot 2,138 = 0,099 \text{ m}$$

Skaičiuojame bedimensinius koeficientus:

$$\beta_c = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{e_e/r_s} = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{0,099/0,124} = 0,714$$

$$\beta_s = 1 - 0,33 \cdot e_e/r_s = 1 - 0,33 \cdot 0,099/0,124 = 0,736$$

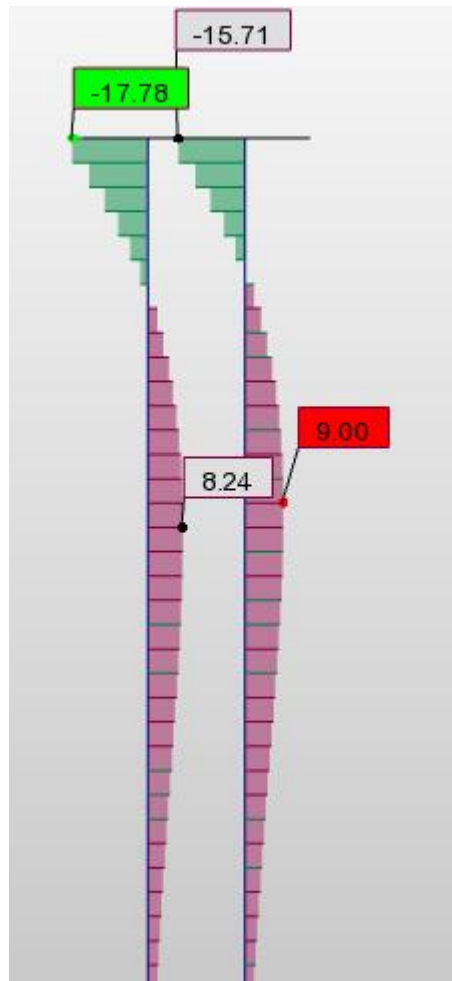
Tuomet poliaus laikomoji galia bus apskaičiuojama pagal formulę:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= (f_{cd} \cdot A_c \cdot \beta_c + f_{yd} \cdot A_{s,\text{tot}} \cdot \beta_s) \cdot r_s = \\ &= (18 \cdot 0,126 \cdot 0,714 + 450 \cdot 6,69 \cdot 10^{-4} \cdot 0,736) \cdot 0,124 = 227,70 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tikriname polio laikomosios galios sąlygą:

$$M_{Rd} = 227,70 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = N_{Ed} \cdot (e_e + r_s) = 528,66 \cdot (0,046 + 0,124) = 118,01 \text{ kNm}$$

Sąlyga tenkinama. Atsarga 48 %.



31 pav. Skersinių jėgų diagrama.

Polį veikianti skersinė jėga $V_{Ed,max} = 17,78$ kN yra nedidelė, todėl polio atlaikymo galios neskaičiuojame ir skersinę armatūrą parenkame konstrukciškai $\varnothing 6$ ir dedame ją kas 200mm išilgai skerspjūvio.

4.5.4 Polio suminių nuosėdžių skaičiavimas

Suminį pamato nuosėdį biriuose gruntuose galima nustatyti pagal tamprumo teoriją ir lygtį:

$$s = \frac{p \cdot \phi \cdot f}{E_m} = \frac{1890 \cdot 0,4 \cdot 0,75}{18,9} = 30 \text{ mm}$$

čia:

p – tiesiškai pasiskirstęs slėgis nuo charakteristinių poveikių reikšmių po polio padu, lygus 1890 MPa;

ϕ – polio skersmuo ($\varnothing 400$ mm);

E_m – skaičiuotinė grunto tamprumo modulio vertė lygi 27,9 MPa

f – nuosėdžio koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \lg \frac{L}{B}\right) = 0,75 \cdot (1 + \lg 1) = 0,75$$

Suminis vieno polio nuosėdis neviršija leistinos ribos $s = 30,0 \text{ mm} \leq s_{\text{lim}} = 50 \text{ mm}$.

4.5.5 Galvenos armavimas ir laikomosios galios tikrinimas

Galveną projektuojame kaip vienpusiai armuotą elementą. Galvenai armuoti pagrindinė lenkimo kryptimi (išilgai) naudosime S500 plieno klasės armatūros strypus 5 vnt. $\varnothing 12 \text{ mm}$ $A_s = 5,66 \text{ cm}^2$. Galvenos atsparuma lenkimo momentui tikrinsime esant tokiam armavimui. Naudojamas C30/37 XC3 klasės betonas.

Vienpusiai armuoto lenkiamojo gelžbetoninio elemento stiprumas turi tenkinti sąlygą:

$$M_{\text{Ed}} \leq M_{\text{Rd}} = f_{\text{cd}} \cdot b \cdot x_{\text{eff}} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{\text{eff}}) \quad (4.5.1)$$

Elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštis bus:

$$x_{\text{eff}} = \frac{f_{\text{yd}} \cdot A_{s1}}{f_{\text{cd}} \cdot b} = \frac{450 \cdot 5,66 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 0,7} = 0,0202 \text{ m} = 2,02 \text{ cm}$$

Skaičiuojame santykinį gniuždomos zonos aukštį:

$$\xi = \frac{x_{\text{eff}}}{d} = \frac{0,0202}{0,55} = 0,036 < \xi_{\text{lim}} = 0,505$$

Skaičiuojame elemento stiprumą pagal 4.5.1 formulę:

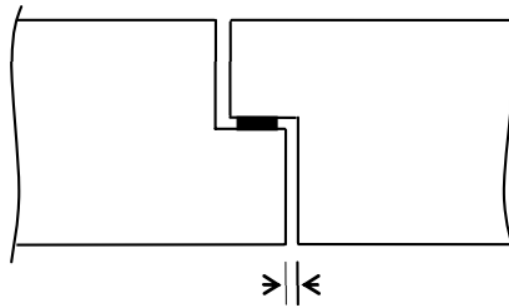
$$\begin{aligned} M_{\text{Rd}} &= 18 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,0202 \cdot (0,75 - 0,5 \cdot 0,0202) = 161,42 \text{ kNm} > M_{\text{Ed}} = \\ &= 36,84 + 33,49 \cdot 0,6 = 56,93 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Galvenos stiprumas pakankamas. Atsarga 61 %.

5. Mokslinė tiriamoji dalis

Šiame projekte rėmsijų konstrukcinė schema yra daugiaatramė-gembinė sistema. Ją tikslinga naudoti daugiaatramėse konstrukcijose. Tarpusavyje sistemos elementai jungiami šarnyriškai, o sistema yra statiškai išsprendžiama. Mokslinėje tiriamojoje dalyje nagrinėjamas rėmsijų jungimo mazgas.

Galima projektuoti mazgą kai viena rėmsija ant kitos atremiama ant lentynos per neopreno tarpinę. Šios jungties (32 pav.) neigiama savybė, ta kad ne visada užtenka rėmsijos aukščio suformuoti lentynoms, nes jų įstrižojo pjūvio stiprumas nėra pakankamas. Taip pat gali būti sunku sutalpinti visą reikiamą armatūrą gaminyje.

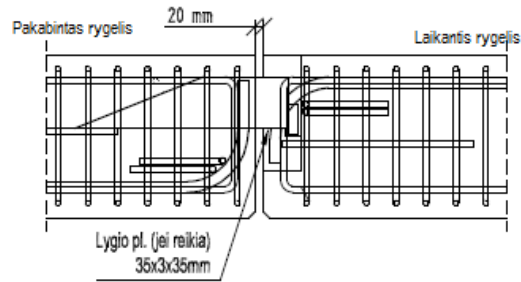


32 pav. Jungtis, kai viena rėmsija atremiama ant kitos rėmsijos lentynos

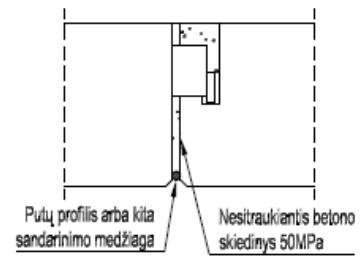
Tam kad būtų galima sumažinti rėmsijos aukštį, armatūros kiekį ir nereikėtų tokios sudėtingos geometrinės formos, galima naudoti paslėptas metalines detales, kuriomis šijos jungiamos uždedant vieną ant kitos ir per paliktą angą užpildant nesitraukiančiu skiediniu (33 pav.). Detalė projektuojama su inkariniais strypais kurie įbetonuojami į gaminį.

Ši jungtis projektuojama pagal skersinę jėgą susidarančią nuo atremtos rėmsijos. Detalės inkariniams strypams tenka tempimo įrašos, pagal kurias jie ir projektuojami.

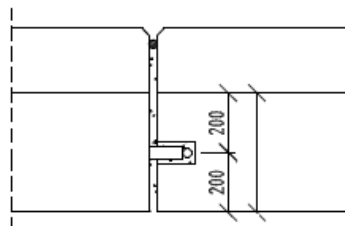
Rygelių tarpusavio sujungimo mazgas



Sandūros užtaisyimas



Vaizdas plane



33 pav. Rėmsių jungimas per įdėtinę detalę.

Projektuojant daugiaaukštę statybą pvz. 5-8 aukštų, ten kur ribojamas pastatų aukštingumas ir ne tik, galima sutaupyti pastato aukščio, nes rėmsija su pažeminta juosta ir šarnyrine jungtimi gali būti žemesnė už įprastą ~12 cm, tai leistų per visus aukštus sutaupyti beveik iki 1 m aukščio. Taip pat mažinant pastato aukštį sumažėtų ir fasadui įrengti reikalingų medžiagų kiekis.

6. Technologinė, organizacinė ir ekonominė dalis

6.1 Gelžbetoninio karkaso montavimo darbų kiekių skaičiavimas

Technologinėje dalyje bus montuojamos gelžbetoninės kolonos, rėmsijos ir kiaurymėtos perdangos plokštės. Jų kiekiai pateikti 10, 11 ir 12 lentelėse.

10 lentelė. Montuojamų gelžbetoninių kolonų specifikacija.

Elemento Nr.	Elemento skerspjūvis, mm	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, t	
				elemento	bendra
Kolonos virš pirmo aukšto					
K-1	400x400	3970	2	1,59	3,18
K-2	400x400	3970	2	1,59	3,18
K-3	400x400	10740	6	4,30	25,78
K-4	400x400	3970	6	1,59	9,53
K-5	400x400	3970	6	1,59	9,53
K-6	400x400	11320	4	4,53	18,11
K-7	400x400	11650	2	4,66	9,32
K-8	400x400	10740	2	4,30	8,59
Kolonos virš antro aukšto					
K2-1	400x400	3020	2	1,21	2,42
K2-2	400x400	3020	2	1,21	2,42
K2-3	400x400	3020	6	1,21	7,25
K2-4	400x400	3020	6	1,21	7,25
Kolonos virš trečio aukšto					
K2-1	400x400	2775	2	1,11	2,22
K2-2	400x400	2775	2	1,11	2,22
K2-3	400x400	2775	6	1,11	6,66
K2-4	400x400	2775	6	1,11	6,66
				Iš viso:	124,30

11 lentelė. Montuojamų rėmsijų specifikacija.

Elemento Nr.	Elemento skerspjūvis, mm	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, t	
				elemento	bendra
Rėmsijos virš pirmo aukšto					
Rėmsija R-1	RL-1	13100	4	3,93	15,72
Rėmsija R-2	RL-1	8400	2	2,52	5,04
Rėmsija R-3	RL-1	3540	4	1,06	4,25
Rėmsijos virš antro aukšto					
Rėmsija R-1	RL-1	13100	4	3,93	15,72
Rėmsija R-2	RL-1	8400	2	2,52	5,04
Rėmsija R-3	RL-1	3540	4	1,06	4,25
Rėmsijos virš trečio aukšto					
Rėmsija R3-1	RL-1	13100	4	3,93	15,72
Rėmsija R3-2	RL-1	8400	2	2,52	5,04
Rėmsija R3-3	RL-1	3540	4	1,06	4,25
				Iš viso:	75,02

12 lentelė. Montuojamų perdangos plokščių specifikacija.



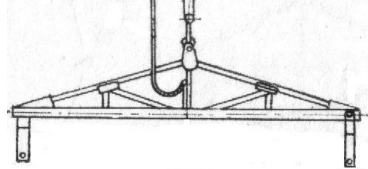
Gaminio markė	Elemento Nr.	Elemento skerspjūvis, mm	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, t	
					elemento	bendra
HCS200	P1-1	200x1200	6610	31	2,64	81,88
HCS200	P1-2	200x1200	4150	3	1,66	4,98
HCS200	P1-3	200x400	4150	1	1,38	1,38
HCS200	P2-1	200x1200	6610	31	2,64	81,88
HCS200	P2-2	200x1200	4150	3	1,66	4,98
HCS200	P2-3	200x1000	4150	1	1,38	1,38
HCS200	P3-4	200x1200	6610	34	2,64	89,81
HCS200	P3-5	200x1100	6610	1	0,84	0,84

6.2 Mašinų komplekso darbams atlikti parinkimas.

6.2.1 Montavimo priemonių parinkimas

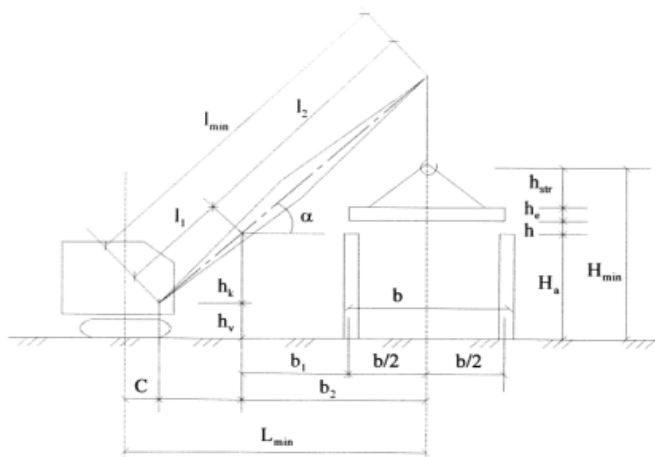
Kabinimo priemonės parenkamos kiekvienai konstrukcijų grupei atskirai pagal sunkiausią elementą.

Sunkiausia kolona K-7 sverianti 4,66 t. Sunkiausia rėmsija R-1 – 3,93 t. Kiaurymėta perdangos plokštė P1-1 sverianti 2,64 t.

Kabinėjimo priemonės pavadinimas	Eskizas	Kabinėjimo priemonių			Pritaikymo sritis
		Keliamoji galia, t	Masė, t	Skaičiuojamasis aukštis, m	
Kolonos kėlimo priemonės					
Kobinys SK – 5 Šakos ilgis 4,7		5,0	0,065	4,00	Kolona
Griebtuvas ZKK-6,3		6,3	0,140	-	Kolona
Rėmsijų kėlimo priemonės					
Kobinys USK-5,0 Šakos ilgis 6,50		5,0	0,019	5,20	Rėmsija
Kiaurymėtu perdangos plokščių kėlimo priemonės					
Traversa TR-2		10	0,250	-	Perdangai

6.2.2 Krano parinkimas

Pagal techninius rodiklius kranai parenkami remiantis montuojamųjų elementų specifikacija, kai žinoma elementų masė, jų montavimo aukštis ir atstumas nuo krano. Skaičiuojami reikiami krano parametrai.



34 pav. Krano skaičiuojamoji schema

Keliamosios galios skaičiavimas:

Reikiama kranų keliamoji galia

$$Q_r = Q_1 + Q_2 = 4,66 + 0,065 + 0,140 = 4,865 \text{ t}$$

Q_1 – keliamosios konstrukcijos masė, t;

Q_2 – kabinimo prie strėlės priemonės masė, t.

Maksimalus reikalingas kablų pakėlimo aukštis:

$$H_{reik} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 7,43 + 1 + 2,775 + 4,0 = 15,205 \text{ m}$$

h_1 – aukštis nuo kranų stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojamas elementas;

h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamo elemento;

h_3 – montuojamo elemento aukštis;

h_4 – kabinimo priemonės aukštis;

Reikalingas strėlinio kranų strėlės siekis sijai pakelti:

$$L_{reik} = \frac{(H_{reik} + h_5 - h) \cdot (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} = \frac{(15,205 + 1 - 4,5) \cdot (7,2 + 1,5)}{1 + 2,775 + 4,0 + 1} = 11,60 \text{ m}$$

h_5 – sutrauktų kranų skryščių aukštis ($h_5 = 1 \text{ m}$);

h – strėlės lanksto aukštis nuo kranų stovėjimo lygio ($h = 1,5 \text{ m}$);

a – mažiausias leidžiamas atstumas nuo kranų strėlės ašies iki sumontuotos konstrukcijos ($a = 1,5 \text{ m}$);

b – atstumas, m, nuo arčiausiai sumontuotos konstrukcijos artimiausio taško iki kranų kablų projekcijos į horizontaliąją plokštumą, montuojant labiausiai nuo kranų nutolusį elementą;

c – atstumas, m, nuo kranų sukimosi ašies iki strėlės lanksto projekcijos.

Reikiami kranų parametrai:

Keliamoji jėga $Q_{reik} = 4,865 \text{ t}$.

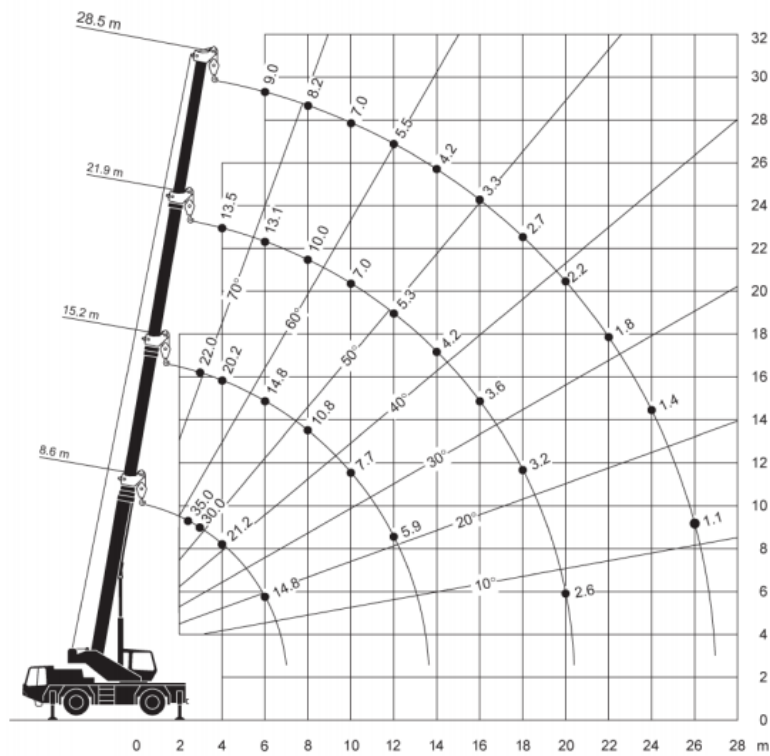
Strėlės siekis $L_{reik} = 11,60 \text{ m}$

Kablų pakėlimo aukštis $H_{reik} = 15,205 \text{ m}$;

Parenkamas automobilinis kranas **FAUN ATF 30_2L**

Keliamoji galia: 30 t;

Maksimalus strėlės ilgis: 29,50 m;



35 pav. Krano keliamosios galios grafikas.

6.3 Pirmo aukšto karkaso montavimo technologinė kortelė

Gelžbetoninio karkaso montavime naudojami šie konstrukciniai elementai:

Kolonos;

Rėmsijos;

Kiaurymėtos perdangos plokštės;

Jiems montuoti reikalingos šios papildomos medžiagos:

Cemento skiedinys

Betonas

Plieninė viela rišamoji ir suvirinimo

Statybinės vinys

Suvirinimo elektrodai

Keraminės vonelės suvirinimui

Armatūrinis tinklas

Lentos

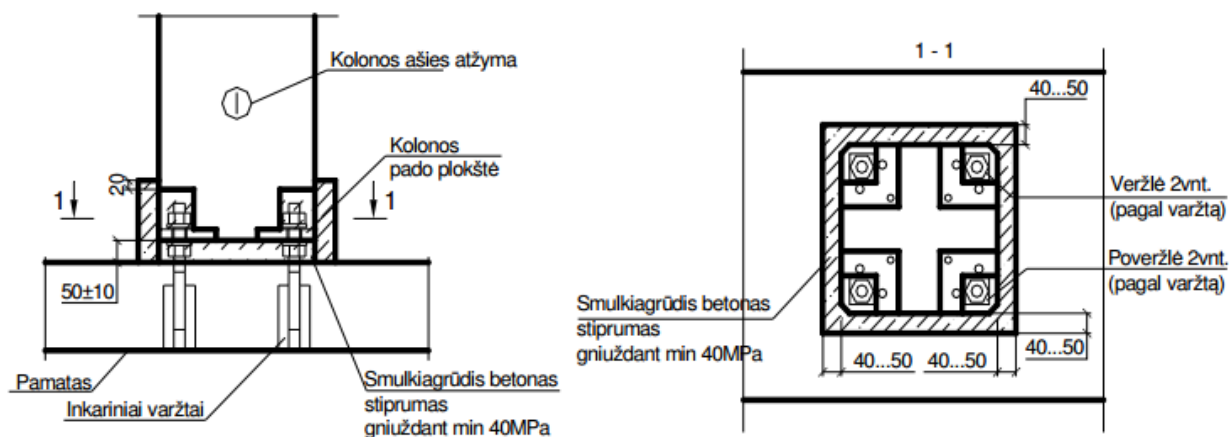
Skydai mediniams klojiniams

Armatūrinis plienas

Pagalbinės montažinės konstrukcijos.

6.3.1 Kolonų montavimas

Prieš kolonų montavimą reikia iš pamatus įrengusios įmonės gauti atliktų darbų kontrolines geodezines nuotraukas bei ašių sužymėjimą, taip pat patikrinti ar tinkamai ir tiksliai įbetonuoti varžtai. Ant inkarinių varžtų užsukamos veržlės ir užsukamos poveržlės, kolonų apačios padėtis (poveržlių viršaus altitudė) nustatoma nivelyru. Tarp kolonos apačios ir pamato viršaus turėtų būti apie 50 mm \pm 10 mm. Kolonos užmaunamos ant varžtų ir pastatomos ant apatinėmis veržlėmis išlygintų poveržlių, sureguliuojamos pastato ašių atžvilgiu, fiksuojamos uždedant viršutines poveržles ir užsukant veržles (34 pav.). Dar neužveržus veržlių 2 m gulsčiu patikrinamas kolonos vertikalumas. Prieš veržlių užsukimą, kolonos vertikalumas apytiksliai patikrinamas 2 m gulsčiu. Naudojant teodolitą patikrinamas galutinis kolonos vertikalumas, patikrinimas atliekamas dvejomis kryptimis, statant jį dvejose padėtyse 90° viena kitos ir kolonos atžvilgiu. Koloną suregulavus į projektinę padėtį, užveržiamos inkarinių varžtų veržlės 0,25 kNm jėga.



36 pav. Kolonos jungimas su pamatu.

Prieš kolonų montavimą, ant jų pažymimos ašys. Prie ilgesnių kaip 10 m kolonų tvirtinami pavalkai arba veržtuvai su atotampomis, kuriomis kolonos laikinai tvirtinamos prie gretimų pamatų arba specialių inkarų, esančių abiejose kolonų eilės plokštumose.

Montuojant kolonas ne nuo transporto priemonių, jos turi būti išdėstytos prie pamatų. Kolonos prie pamatų išdėstomos priklausomai nuo jų masės, tipo, kranų kėlimo galios ir iš vienos kranų stovėjimo vietos montuojamų kolonų skaičiaus.

Statydami koloną, montuotojai ant kranų kablio užkabina montavimui reikalingą įrangą, kur tą koloną, leidus montuotojų grandininkui, iš lėto keliama į pastatymo vietą. Kėlimo metu vienas montuotojas koloną prilaiko atotampa, o antrasis kolonai patikslinti pastato du teodolitus statmenose kolonų eilių ašyse. Esant kolonai virš pamato, du arba trys (atsižvelgiant į kolonos masę) montuotojai

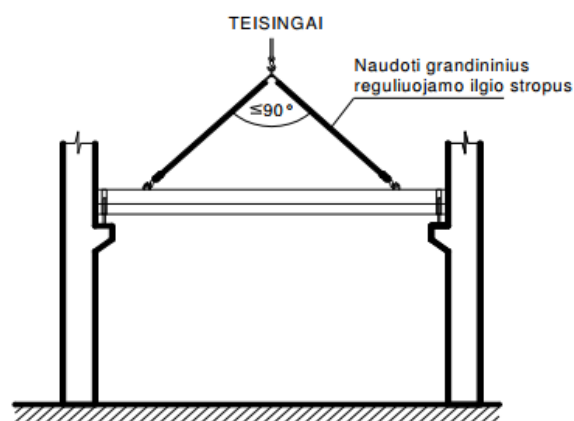
ją nukreipia ant inkarinių varžtų, orientuodami pagal pamate ir kolonoje pažymėtas ašis. Atrėmus koloną ant pamato, du montuotojai laikinai ją pritvirtina projekte numatytais priemonėmis (konduktoriais, atotampomis, pleištais). Koloną laikinai pritvirtinus, atpalaiduojamas kranų kablys ir nuimama nuo kolonos stropavimo įranga. Projektinėje padėtyje esančios kolonos ir pamato sandūra užmonolitinama.

Kiekvienos eilės pirmosios dvi pastatytos kolonos papildomai tarp savęs sutvirtinamos laikiniais standumo ryšiais: sukryžiuotomis atotampomis. Pastatytų kolonų vertikalumas tikslinamas teodolitu, vadovaujant statybos vadovui. Patikslinus kolonų padėtį, jų sandūros su pamatais užtaisomos betono mišiniu. Laikini pritvirtinimai nuimami tik po to, kai betonas sandūrose pasiekia 50% projektinio stiprumo.

6.3.2 Rėmsijų montavimo technologinė kortelė

Prieš montuojant sijas turi būti patikrintos nivelyru kolonų gėmių, ant kurių jos remiamos, altitudės. Ant jų turi būti uždėtos neopreno tarpinės. Du montuotojai prie kolonų stato montavimo aikšteles arba jas tvirtina reikalingame aukštyje. Užlipę ant jų montuotojai ruošia vietas rėmsijoms atremti: jei reikia uždėdamos reikiamo storio metalines plokšteles, ant gėbės pažymima ašis, tikrinami sujungimo varžtai ir kt.

Montavimo darbai pradedami nuo gaminio pakėlimo į projektinę padėtį. Pakėlus gaminį, svarbu, stebėti kad gaminys būtų horizontalioje pozicijoje, jei ne pataisyti kobinių padėties. Jei nepaisysime jo padėties, gali būti pažeistos kitos konstrukcijos: inkariniai varžtai, kolona.



37 pav. Sijos laikinų ryšių įrengimas.

Kokybės kontrolė pirmiausia vykdoma atvežus gaminį į statybos aikštelę: visi gaminiai paženklinami specialia, standartų reikalavimus atitinkančioje, etikete. Joje pateikiama ši informacija:

gaminio pavadinimas, geometriniai matmenys, svoris, pagaminimo data, kokybės kontrolės tarnybos žyma.

Rekomenduojama visų atvežtų gaminių kokybę patikrinti prieš iškrovimą ir/ar jo metu. Tikrinant gaminių geometrinius matmenis, reikia naudotis brėžiniais gaminių gamybos leistinių nuokrypų lentelėmis. Apžiūrint gaminius vizualiai būtina įsitikinti, kad jie neturi pažeidimų, galinčių atsirasti krovimo ar pervežimo metu. Pastebėjus neatitikimus ar pažeidimus, apie juos būtina informuoti statybos vadovą ir gamintojo atstovą.

6.3.3 Tarpaukštinės perdangos plokštės

Perdangos plokštės pradedamos montuoti nuo vieno tarpatramio krašto į kitą. Jos dedamos tik ant galutinai pritvirtintų rėmsijų, ant neopreno juostos, o ant mūrų tik gelžbetoniniam žiedui pasiekus 70% stipruma. Plokštės prie atramų tvirtinamos ne mažiau kaip trijuose taškuose. Prieš montuojant plokštes montuotojai paruošia jas kėlimui: 1200 mm pločio plokštės keliamos specialia traversa, papildomai apjuosiant jas grandinėmis, siauros plokštės keliamos su kobiniais kabinant juos už plokštėse įbetonuotų kilpų. Montuotojai specialiose montavimo aikštelėse, ruošia vietą plokštei padėti ir kranu pakeltą plokštę nukreipia į projektinę padėtį. Kitas plokštes montuotojai priima nuo anksčiau ant atramų padėtos plokštės. Iš anksto įtemptų plokščių išlinkiai suvienodinami jas išramstant.

Sumontavus eilę perdangos plokščių reikia aptverti perimetru šią zoną, kad būtų išvengta nelaimingų atsitikimų. Formuojamos angos turi būti uždengtos skydais arba taip pat aptvertos.

6.3.4 Karkaso montavimo darbų kiekiai

Šioje lentelėje pateikiami reikalingi darbų kiekiai žmonių ir mechanizmų darbo sąnaudoms. Įvertinamas konstrukcijų dydis, svoris ir kiekis. Pagal šiuos kiekius apskaičiuojamas kalendorinis darbo grafikas.

14 lentelė. Technologinių procesų darbų kiekių sąnaudos.

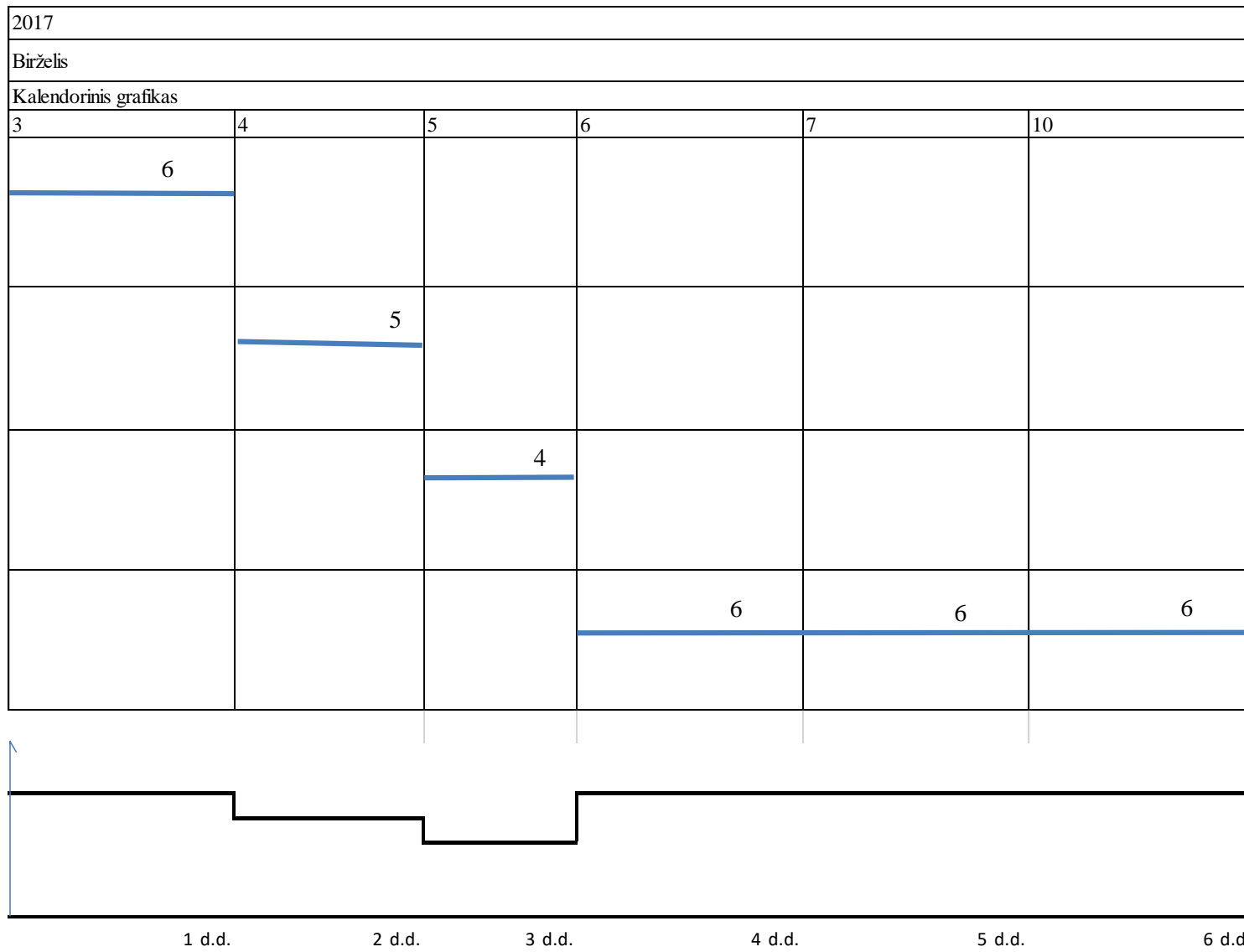
Kategorija	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbų apimtis		Darbo sąnaudos, žm. H			Mechanizmai			
		darbo mato vnt.	Kiekis	Norma darbo mato vienetui	Visam darbui		Pavadinimas	Darbo sąnaudos		
					žm. val.	žm. d.		Vienetui maš. val.	Visam darbui	
									maš. val.	maš. pam.
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N7P-0202-1	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais, kai kolonos masė daugiau 1t iki 2t	vnt.	16	3,60	57,6	7,20	Kranas	2,3	36,8	4,6
N7P-0202-2	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais, kai kolonos masė daugiau 4t iki 6t	vnt.	14	6,80	95,2	11,90	Kranas	2,3	32,2	4,025
N7P-0302	Gelžbetoninių sijų (santvarų) montavimas, tvirtinant varžtais, kai sijos (santvaros) masė daugiau 3t iki 5t	vnt.	10	3,40	34	4,25	Kranas	1,12	11,2	1,4
N7P-0406	Gelžbetoninių kiaurymėtu plokščių montavimas, kai plokštės plotas iki 10m ²	vnt.	35	5,20	182	22,75	Kranas	12	4,4	0,55

6.4 Kalendorinis darbo grafikas

15 lentelė. Kalendorinis darbo grafikas 1 dalis.

Eil. Nr.	Ciklai ir procesai	Darbo apimtis		Darbo sąnaudos			Brigados sudėtis	Darbininkų skaičius pamainoje, n	Pamainų skaičius, a	Darbo trukmė, e		Normų vykdymas, N%
		Mat. vnt.	Kiekis	Norm.tn		Planuojam. Žm. D. tp				Norminė, Tn	Planuojama, Tp	
				žm. D	maš. Pam							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais , kai kolonos masė daugiau 1t iki 2t	vnt.	16	7,20	4,6	6	2 stropuotojai, 2 montuotojai, 1 pagalbinis, kranistas	6	1	1,20	1	120
2	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais , kai kolonos masė daugiau 4t iki 6t	vnt.	14	11,90	4,025	10	2 stropuotojai, 2 montuotojai, kranistas	5	1	2,38	2	119
3	Gelžbetoninių sijų (santvarų) montavimas, tvirtinant varžtais , kai sijos (santvaros) masė daugiau 3t iki 5t	vnt.	10	4,25	1,4	4	2 stropuotojai, 2 montuotojai, kranistas	4	1	1,06	1	106
4	Gelžbetoninių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas (aukštis 200 mm , plotas daugiau 5m2 iki 10m2) k8=1.03	vnt.	35	22,75	0,55	18	2 stropuotojai, 2 montuotojai, 1 pagalbinis, kranistas	6	1	3,79	3	126

16 lentelē. Kalendorinis darbo grafikas 2 dalis.



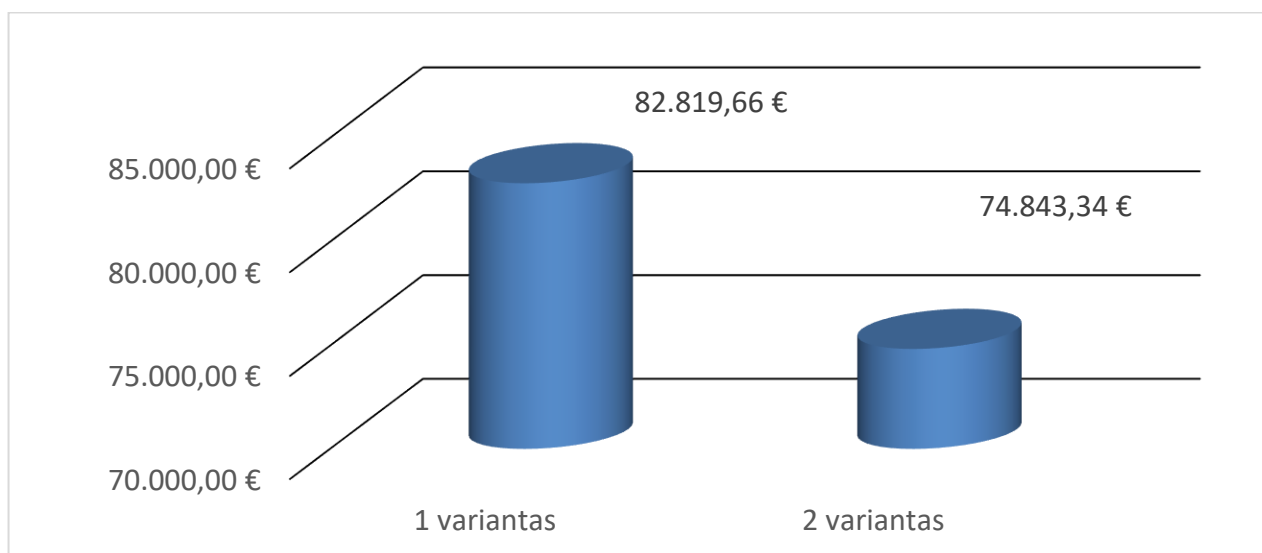
6.5 Ekonominė dalis

Ekonominėje dalyje skaičiuojamas dviejų tipų karkaso palyginimas. 1 variantas kai kolonos yra per aukštus atskiros ir rėmsijos yra daugiaatramės, o 2 variantas kai kolonos per aukštus yra vientisos ir rėmsijos remiamos ant konsolių.

Skaičiuojant statybos kainą buvo įvertinta medžiagų sąnaudos reikalingos konstrukcijoms pagaminti, transportuoti ir sumontuoti, buvo įvertintos žmonių ir mechanizmų darbo sąnaudos. Įvertinamos papildomos išlaidos ir apskaičiuojamas visa montavimo darbų kaina. Lokalinės sąmatos, Darbo užmokesčio žiniaraščiai, medžiagų ir mechanizmų poreikio žiniaraščiai pateikti 4 priede.

Sąmata buvo atlikta pagal 2016 spalio mėnesio kainas. Apskaičiavus gauta kad 1 variantui pagaminti ir sumontuoti reikia 3 % daugiau medžiagų, nei 2 variantui. Reikalingų medžiagų kiekis yra panašus, bendra kubatūra skiriasi iki 1%, bet labai išauga žmonių ir mechanizmų darbo sąnaudos: žmonių darbo sąnaudos išauga 56 %, o mechanizmų – 37 %. Taip yra todėl kad pirmu variantu yra žymiai daugiau gaminių: kolonų kiekis padidėja ~3 kartus. Taip pat pirmu atveju montavimas yra sudėtingesnis.

Įvertinus visas papildomas išlaidas (papildomas medžiagas, sezoniškumą, statybvietės išlaidas, pelną) gauta, kad rėmsijų pažeminta lentyna ir kolonų per atskirus aukštus bendra įrengimo kaina yra 10% brangesnė už įprasto varianto kainą.



38 pav. Lokaliųjų sąmatų palyginimas.

6.6 Darbų saugas ir aplinkosauga

6.6.1 Bendrieji projektuojamo pastato vandentiekio, atliekų šalinimo, oro kokybės, šildymo bei triukšmo reikalavimai

Vandens tiekimas ir šalinimas

Projektuojamos pastato vandentiekio sistema įrengiama pagal įstatymų reikalavimus. Sistema turi būti suprojektuota ir įrengta iš tokių statybos produktų, kurių savybės užtikrintų pagrindinius vandentiekio reikalavimus. Pastatas statomas Alytuje, vandentiekio tinklai bus jungiami prie miesto tinklų esančių šalia projektuojamo sklypo.

Automobilių stovėjimo aikštelėje bus įrengti smėlio nusodintuvai ir naftos gaudyklės, tik išvalytas lietaus vanduo pateks į miesto lietaus nuotakyną.

Buitinių atliekų tinklai projektuojami su nuolydžiais nurodytais normatyviniuose teisės aktuose. Vamzdžių diametrai parenkami pagal išduodamas prisijungimo sąlygas prie miesto tinklų.

Oro kokybė

Pastate įrengiami mikroklimatą reguliuojantys šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo prietaisai, kurie turi užtikrinti tinkamus oro kokybės parametrus. Tinkamas sistemos darbas turi būti užtikrintas visais metu laikais.

Šildymas

Pastato šildymo sistema įrengiama pagal pageidaujamo komforto lygio reikalavimus. Sistema turi būti įrengta pagal norminius dokumentus ir atitikti gaisrinės saugos keliamus reikalavimus. Pastatas bus prijungtas prie miesto tinklų.

Triukšmas

Naujai pastatyto statinio skleidžiamas triukšmas negali bloginti šalia esančių statinių vidaus ir išorės aplinkos garso klasių rodiklių.

6.6.2 Statybvietės darbų sauga

Darbų sauga tai žmonių sveikatos ir gyvybės, darbingumo lygio išsaugojimas organizacinių, techninių, teisinių, higienos, gydymo priemonėmis. Statybos dalyvių darbų saugos principai yra pateikti statybos įstatyme, statybos techniniuose reglamentuose, bei darbų saugos ir sveikatos įstatyme.

Darbų saugą lemia tinkamas pasiruošimas statybos dalyvių darbams, rizikos – pavojaus sumažinimui naudojamos apsauginės ir kolektyvinės apsaugos priemonės.

Pirmiausia prieš pat statybos pradžią reikia nustatyti pavojingas zonas, kuriose gali veikti rizikos veiksniai. Šias zonas reikia aptverti, taip sumažinant galimybę į šias zonas patekti pašaliniais žmonėmis. Turi būti naudojami apsauginiai ženklai, kurie aiškiai įspėtų apie galimą pavojų, pvz. signaliniai

aptvarai. Statybvietėje būtina asmeninės apsaugos priemonė apsauginis šalmas, taip pat reikalinga ryški liemenė.

Montuojant aukštyje negalima vaikščioti ant dar nesumontuotų santvarų, rėmsių, jei ant jų nėra įrengta reikiamo pločio perėjimo su aptvarais. Taip pat būtina atsižvelgti į oro sąlygas, draudžiama dirbti aukštyje kai vėjo greitis yra 15 m/s ir didesnis, lijdros, perkūnijos ar rūko metu, ar kai yra blogas matomumas.

Statybos metu draudžiama stovėti po pakeltomis ar montuojamomis konstrukcijomis ir krovniais, ar pertraukų metu juos palikti pakeltus.

Statybvietėje darbininkų poilsio zonos, sanitarinės patalpos ir administracinės patalpos negali būti įrengtos pavojingoje zonoje.

Statinio gaisrinė sauga

Statinys turi būti suprojektuotas taip, kad kilus gaisui laikančiosios konstrukcijos reikiamą laiką atlaikyti apkrovas, reikia įrengti ugnį ir dūmus ribojančias užtvaras. Pastate turi būti įrengta gaisro signalizacija, būtų įrengta automatinė gesinimo sistema. Statinys turi būti suprojektuotas taip kad gaisro metu ugniagesiai galėtų saugiai dirbti.

IŠVADOS

1. Palyginus 2 skirtingas konstrukcines schemas gauta kad 2 variantas, kai per aukštus vientisos kolonos ir ant jų gėmbių atremtos rėmsijos yra ekonomiškesnis variantas, nes kolonos atskiros per aukštus ir rėmsijos daugiaatramės.
2. Mokslinėje tiriamojoje dalyje nustatyta, kad naudojant paslėptą metalinę jungtį galima sutaupyti rėmsijos aukščio, mažinant jos aukštį sumažėja ir pastato aukštis.
3. Parinkta stogo konstrukcijos detalė, atitinka pastatų energetinio naudingumo reikalavimus $U=0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
4. 1 aukšto karkaso montavimo darbai, dirbant 6 žmonių brigadai užtruks 6 darbo dienas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Normatyviniai dokumentai:

1. STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“;
2. STR 1.01.08:2002. „Statinio statybos rūšys“;
3. STR 1.14.01:1999. „Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka“;
4. STR 2.01.01(1):2005. ESR. Mechaninis patvarumas ir pastovumas;
5. STR 2.01.04(2):2004. ESR. Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai;
6. STR 2.01.01(3):1999. ESR. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga;
7. STR 2.01.01(4):2008. ESR. Naudojimo sauga;
8. STR 2.01.01(5):2008. ESR. Apsauga nuo triukšmo;
9. STR 2.01.01(6):2008. ESR. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas;
10. STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai;
11. STR 2.05.13:2004. Statinių konstrukcijos. Grindys;
12. STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys;
13. STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas;
14. STR 2.05.01:2013. Pastatų energetinio naudingumo projektavimas.
15. STR 2.05.01:2005 1 priedas. „Šilumos perdavimo per pastatų atitvaras skaičiavimo metodai“.
16. HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšviestos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai;
17. STR 1.01.06:2010. Ypatingi statiniai.
18. STR 1.01.09:2003. Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį.
19. STR 2.03.01:2001. Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms. [žiūrėta
20. STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai.
21. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
22. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.
23. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.

Knygų:

24. Paulauskas J., Kvedaras A. Metalinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1977, 460p.
25. Valikonis J., Venckevičius V. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. Metodiniai nurodymai. Kaunas: KPI, 1987, 85p.

26. Daunoravičius M., Miniotaitė R. Statybos technologinių procesų projektavimas. Kaunas: Technologija, 2010, 58p.

Elektroninių dokumentų:

27. Apkrovas laikantys profiliuoti skardos lakštai – [žiūrėta 2016-03-22]. Prieiga per internetą: <<http://www.ruukki.lt/Gaminiai-statybai/Apkrovas-laikantys-lakstai>>

28. Bituminė stogo danga – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <www.mida.lt/>

29. Paroc detalių katalogas – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.paroc.lt/darbui-ir-informacijai/cad-breziniai>>

30. Plieninių profilių sortimentas – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <http://www.visi-metalai.lt/metalu-zinynas>

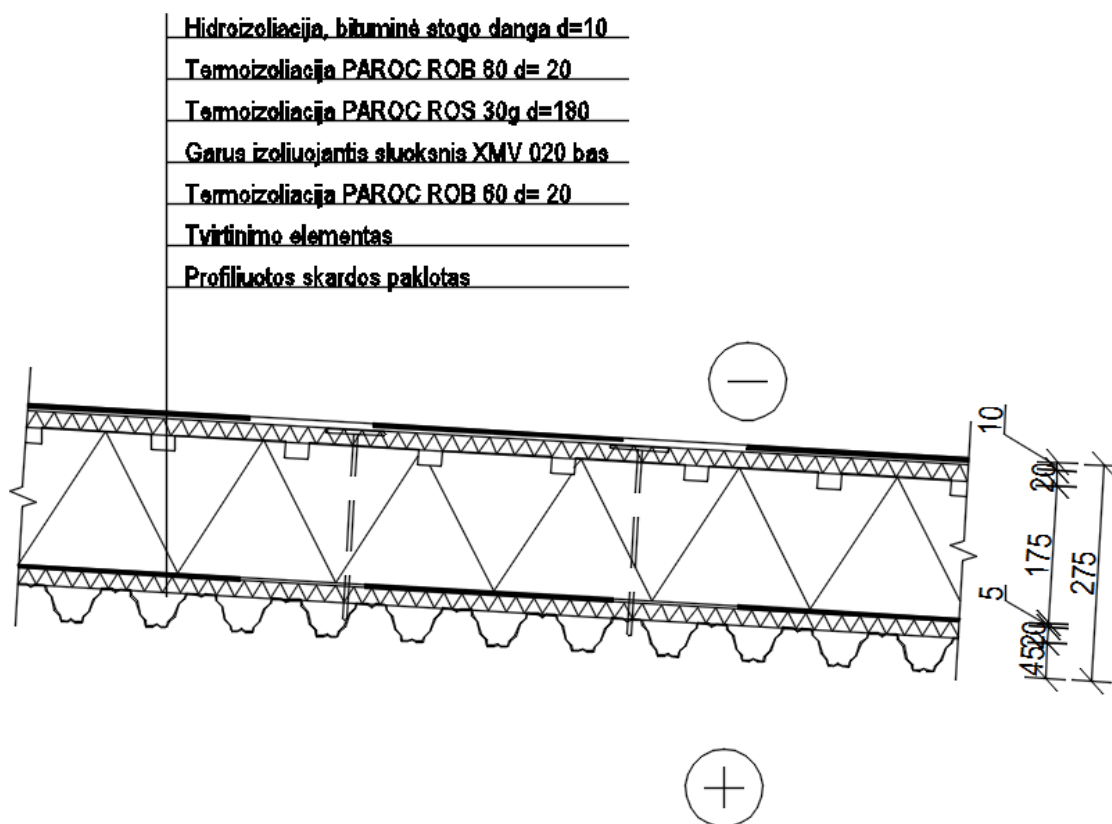
31. Techninis vadovas, UAB „Betonika“, 2016 – [žiūrėta 2016-09-20]. Prieiga per internetą: <http://betonika.lt/files/failai/techninis_vadovas_2016.pdf>

32. Tvirtinimo elementai surenkamam gelžbetoniui – [žiūrėta 2016-10-15]. Prieiga per internetą www.peikko.lt.

33. Kranų parinkimas – [žiūrėta 2016-10-20] Prieiga per internetą: <<http://www.kranas.lt/lt/automobiliniai-kranai-nuoma/faun-atf-30-2l>>

PRIEDAI

1 priedas



39 pav. Stogo konstrukcijos detalė.

Hidroizoliacijos, bituminės stogo dangos šiluminė varža:

$$\lambda_{ds} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{0,01}{0,23} = 0,043 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/\text{W};$$

PAROC ROB 80 ir PAROC ROS 60 šiluminė varža:

Mineralinei vatai $\Delta\lambda_w = 0,002 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

$$\lambda_D = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$\Delta\lambda_{cv} = 0,038 \cdot 0 = 0$$

$$\lambda_{ds} = 0,038 + 0,002 + 0 = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$d_2 = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{0,04}{0,04} = 1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/\text{W}$$

PAROC ROS 30g šiluminė varža:

$$d_3 = 0,175 \text{ m}; \lambda_d = 0,036 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$$

$$\lambda_{ds} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

$$R_3 = \frac{0,175}{0,038} = 4,61 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$$

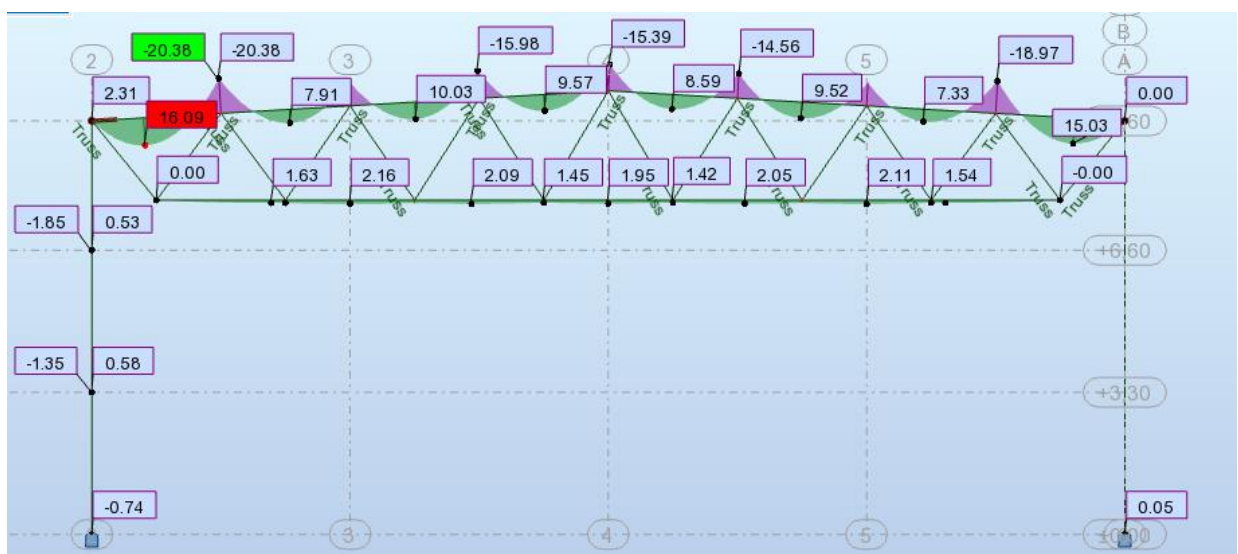
Profiliuoto skardos lakšto varža prisilyginu, plono sluoksnio varžai $R_q = 0,02 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$

$$R_s = 0,043 + 1 + 4,61 + 0,02 + 0,02 = 5,69 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$$

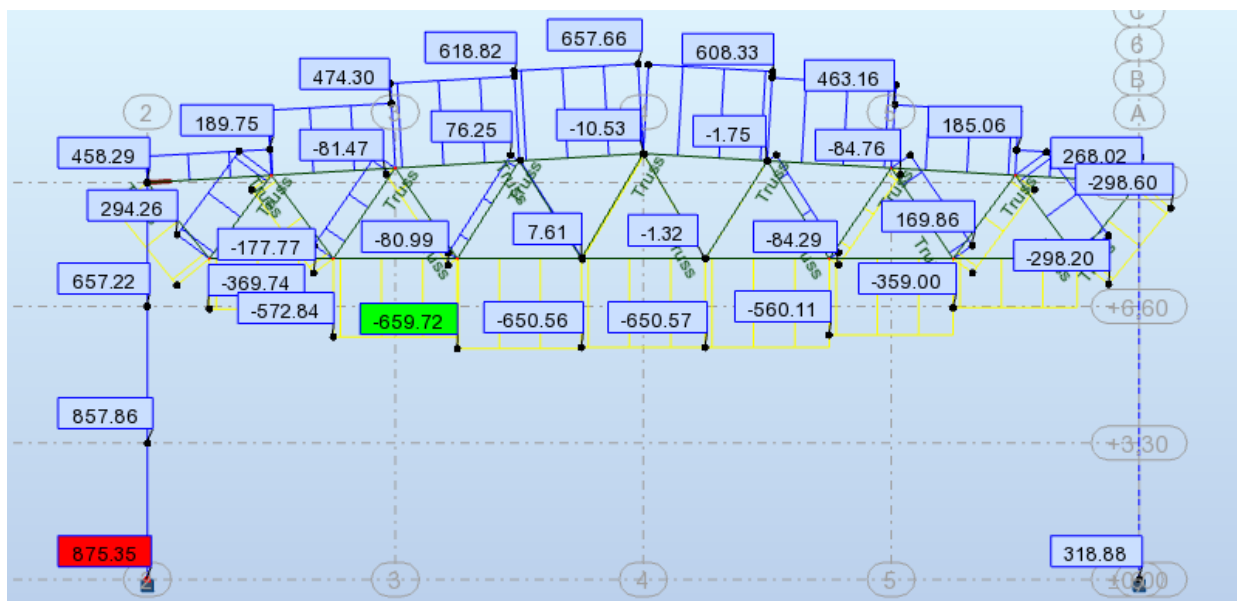
$$R_t = 0,1 + 5,693 + 0,04 = 5,833$$

$$U_d = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{5,833} = 0,17 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} < U_N;$$

2 priedas



40 pav. Santvaros momentų diagrama.



41 pav. Ašinių jėgų diagrama

3 Priedas

1 Level:

Maximum cracking : 0,20 (mm)

Exposure : XC1

Concrete creep coefficient : $\alpha_{cp} = 2,34$

2.1 Material properties:

Concrete : C30/37 $f_{ck} = 30,00$ (MPa)

Aggregate size : 20,0 (mm)

Longitudinal reinforcement: : B500A $f_{yk} = 500,00$ (MPa)

Horizontal branch of the stress-strain diagram

Ductility class : B

Transversal reinforcement: : B500A $f_{yk} = 500,00$ (MPa)

Horizontal branch of the stress-strain diagram

Ductility class : B

Additional reinforcement: : B500A $f_{yk} = 500,00$ (MPa)

Horizontal branch of the stress-strain diagram

2.2 Geometry:

2.2.1	Span	Position	L supp.	L (m)	R supp. (m)	(m)
	P1	Right cantilever		0,40	1,30	----

Span length: $L_0 = 1,50$ (m)

Section from 0,00 to 1,30 (m) 400 x 800 (mm)

2.4 Calculation results:

2.4.1 Internal forces in ULS

Span	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	Ml (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	0,00	-29,74	-33,58	0,00	45,45	0,00

2.4.2 Internal forces in SLS

Span	Mt max. (kN*m)	Mt min. (kN*m)	Ml (kN*m)	Mr (kN*m)	Ql (kN)	Qr (kN)
P1	0,00	-11,89	-24,87	0,00	33,67	0,00

2.4.3 Required reinforcement area

Span	Span (mm ²)		Left support (mm ²)		Right support (mm ²)	
	bottom	top	bottom	top	bottom	top
P1	0	0	0	105	0	0

2.4.4 Deflection and cracking

wt(QP) Total due to quasi-permanent combination

wt(QP)dop Allowable due to quasi-permanent combination

Dwt(QP) Deflection increment from the quasi-permanent load combination after erecting a structure.

Dwt(QP)dop Admissible deflection increment from the quasi-permanent load combination after erecting a structure.

wk - width of perpendicular cracks

Span	wt(QP) (mm)	wt(QP)dop (mm)	Dwt(QP) (mm)	Dwt(QP)dop (mm)	wk (mm)
P1	8	12	1	3	0,0

2.5 Theoretical results - detailed results:

2.5.1 P1 : Right cantilever from 0,40 to 1,70 (m)

ULS		SLS				
Abcissa	M max.	M min.	M max.	M min.	A bottom	A top
(m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(kN*m)	(mm ²)	(mm ²)
0,40	0,00	-33,58	0,00	-24,87	0	105
0,50	0,00	-33,58	0,00	-21,13	0	105
0,65	0,00	-33,58	0,00	-16,18	0	105
0,80	0,00	-29,74	0,00	-11,89	0	93
0,95	0,00	-22,91	0,00	-8,25	0	71
1,10	0,00	-16,97	0,00	-5,28	0	53
1,25	0,00	-11,93	0,00	-2,97	0	37
1,40	0,00	-7,77	0,00	-1,32	0	24
1,55	0,00	-4,51	0,00	-0,33	0	14
1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0
ULS		SLS				
Abcissa	V max.	V max.	afp			
(m)	(kN)	(kN)	(mm)			
0,40	45,45	33,67	0,0			
0,50	41,95	31,08	0,0			
0,65	36,71	27,19	0,0			
0,80	31,46	23,31	0,0			

0,95	26,22	19,42	0,0
1,10	20,98	15,54	0,0
1,25	15,73	11,65	0,0
1,40	10,49	7,77	0,0
1,55	5,24	3,88	0,0
1,70	0,00	0,00	0,0

2.6 Reinforcement:

2.6.1 P1 : Right cantilever from 0,40 to 1,70 (m)

Longitudinal reinforcement:

assembling (bottom) (B500A)

2	fA8	l = 1,62	from	0,04	to	1,66
---	-----	----------	------	------	----	------

support (B500A)

4	fA12	l = 1,76	from	0,04	to	1,66
---	------	----------	------	------	----	------

Surface reinforcement (B500A):

2	fA12	l = 1,42	from	0,24	to	1,66
---	------	----------	------	------	----	------

pins	4	ÆA6	l = 0,56
------	---	-----	----------

$$e = 1*0,25 + 3*0,30 \text{ (m)}$$

Transversal reinforcement:

main (B500A)

stirrups	8	fA6	l = 2,25
----------	---	-----	----------

$$e = 1*0,01 + 7*0,16 \text{ (m)}$$

	2	fA12	l = 1,42
--	---	------	----------

$$e = 1*-0,16 \text{ (m)}$$

pins	2	fA12	l = 1,42
------	---	------	----------

$$e = 1*-0,16 \text{ (m)}$$

3 Material survey:

Concrete volume = 0,54 (m³)

Formwork = 3,88 (m²)

Steel B500A

Total weight = 14,54 (kG)

Density = 26,72 (kG/m³)

Average diameter = 8,0 (mm)

Survey according to diameters:

Diameter (mm)	Length (m)	Weight (kG)	Number (No.)	Total weight (kG)
A6	0,56	0,12	4	0,50
A6	2,25	0,50	8	4,00
A8	1,62	0,64	2	1,28
A12	1,42	1,26	2	2,52
A12	1,76	1,56	4	6,24

4 Priedas

17 lentelė. 1 varianto darbo užmokestis.

Sąm. Eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymas	Mato vnt.	Kiekis	Darbo sąn. žm./val.	Kat.	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
1	N7-28-2	Kolonų, kurių masė daugiau kaip 1 t iki 2 t, montavimas, sujungiant varžtais k8=1.04	vnt.	16,0	72,0	4,0	5,62	404,64
2	N7-28-5	Kolonų, kurių masė daugiau kaip 4 t iki 6 t, montavimas, sujungiant varžtais k8=1.04	vnt.	14,0	95,2	4,0	5,62	535,02
3	N7-23	Kolonų, kurių masė iki 2.0t, montavimas ant žemiau esančių kolonų k8=1.04	vnt.	32,0	278,4	4,17	5,66	1575,74
4	N7-60	Rėmsių, kurių masė iki 5.0t, montavimas daugiaaukščiuose pastatuose k8=1.04	vnt.	30,0	129,0	4,08	5,62	724,98
Iš viso skyriuje 1					574,6			3240,0

18 lentelė. 1 varianto medžiagų poreikio žiniaraštis.

Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt.	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
METALAS					
120004	Plieninė viela (suvirinimo)	t	1245,12	0,224	278,91
120010	Plieninė viela (šviesi, rišamoji)	t	897,68	0,0032	2,87
120030	Statybinės vinys	kg	1,06	0,512	0,54
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,94	29,58	57,39
120046	Plieninis tinklas (suvirintas, armatūrinis)	t	960,42	0,0192	18,44
120084	Kaltiniai dirbiniai (metaliniai, statybiniai)	kg	1,95	11,52	22,46
Iš viso					380,61
MEDŽIO GAMINIAI					
534015	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	192,51	0,01456	2,8
534034	Mediniai klojinių skydai	m2	8,09	1,081	8,75
Iš viso					11,55
BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI					
260027-K1	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	367,05	16,0	5872,8
260027-K2	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	1020,32	14,0	14284,48
260027-K3	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	267,89	32,0	8572,48
260027-K4	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	707,13	30,0	21213,9
Iš viso					49943,66
PUSFABRIKAČIAI					
600013	Cementinis skiedinys S30	m3	62,33	0,0864	5,39
600046	Betono mišiniai C12/15	m3	71,33	0,4788	34,15
Iš viso					39,54
KITOS MEDŽIAGOS					
570673	Keraminės vonelės suvirinimui	kg		7,04	
Iš viso					
Iš viso					50375,36

19 lentelė. 1 varianto mechanizmų poreikio žiniaraštis.

Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
489040	Bokštinis kranas 10 t keliamosios galios	17,22	24,0	413,28
489046	Bokštinis kranas 5-8 t keliamosios galios	17,22	48,3	831,73
489047	Bokštinis kranas keliam. galios nuo 15 t ir daugiau	26,16	32,2	842,35
Iš viso				2087,36

20 lentelė. 1 varianto lokaline sąmata.

21 lentelė. 2 varianto darbo užmokestis

Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbu ir išlaidų aprašymai	Mato vnt.	Kiekis	Darbo sąnaudos žm./val.	Kategorija	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
1	N7-28-5	Kolonų, kurių masė daugiau kaip 4 t iki 6 t, montavimas, sujungiant varžtais k8=1.04	vnt.	16,0	108,8	4,0	5,62	611,46
2	N7-59	Rygelių, kurių masė iki 3.0t, montavimas daugiaaukščiuose pastatuose k8=1.04	vnt.	42,0	138,6	4,17	5,66	784,48
Iš viso skyriuje					247,4			1396,0

22 lentelė. 2 varianto medžiagų poreikis.

Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt.	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
METALAS					
120030	Statybinės vinys	kg	1,06	0,2688	0,28
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,94	9,66	18,74
Iš viso					19,02
MEDŽIO GAMINIAI					
534015	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	192,51	0,0168	3,23
534034	Mediniai klojinių skydai	m2	8,09	0,6174	4,99
Iš viso					8,22
BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI					
260027	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	786,07	42,0	33014,94
260027-1	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	980,04	16,0	15680,64
Iš viso					48695,58
PUSFABRIKAČIAI					
600046	Betono mišiniai C12/15	m3	71,33	0,273	19,47
Iš viso					19,47
Iš viso					48742,29

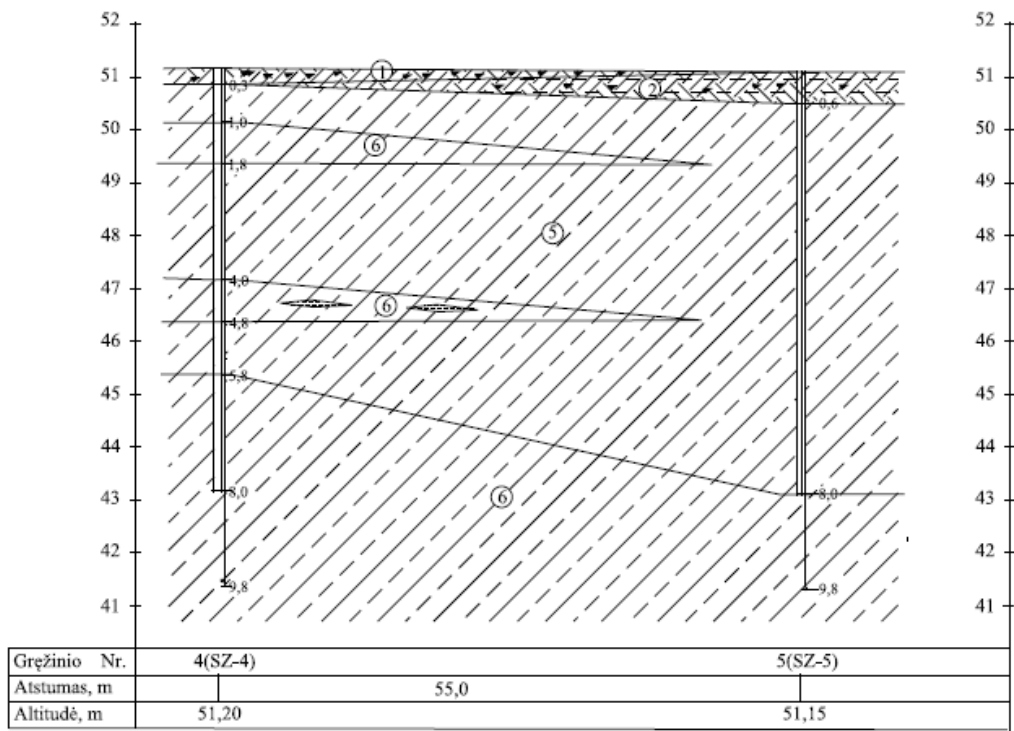
23 lentelė. 2 varianto mechanizmų poreikis.

Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
489046	Bokštinis kranas 5-8 t keliamosios galios	17,22	20,58	354,39
489047	Bokštinis kranas keliam. galios nuo 15 t ir daugiau	26,16	36,8	962,69
Iš viso				1317,08

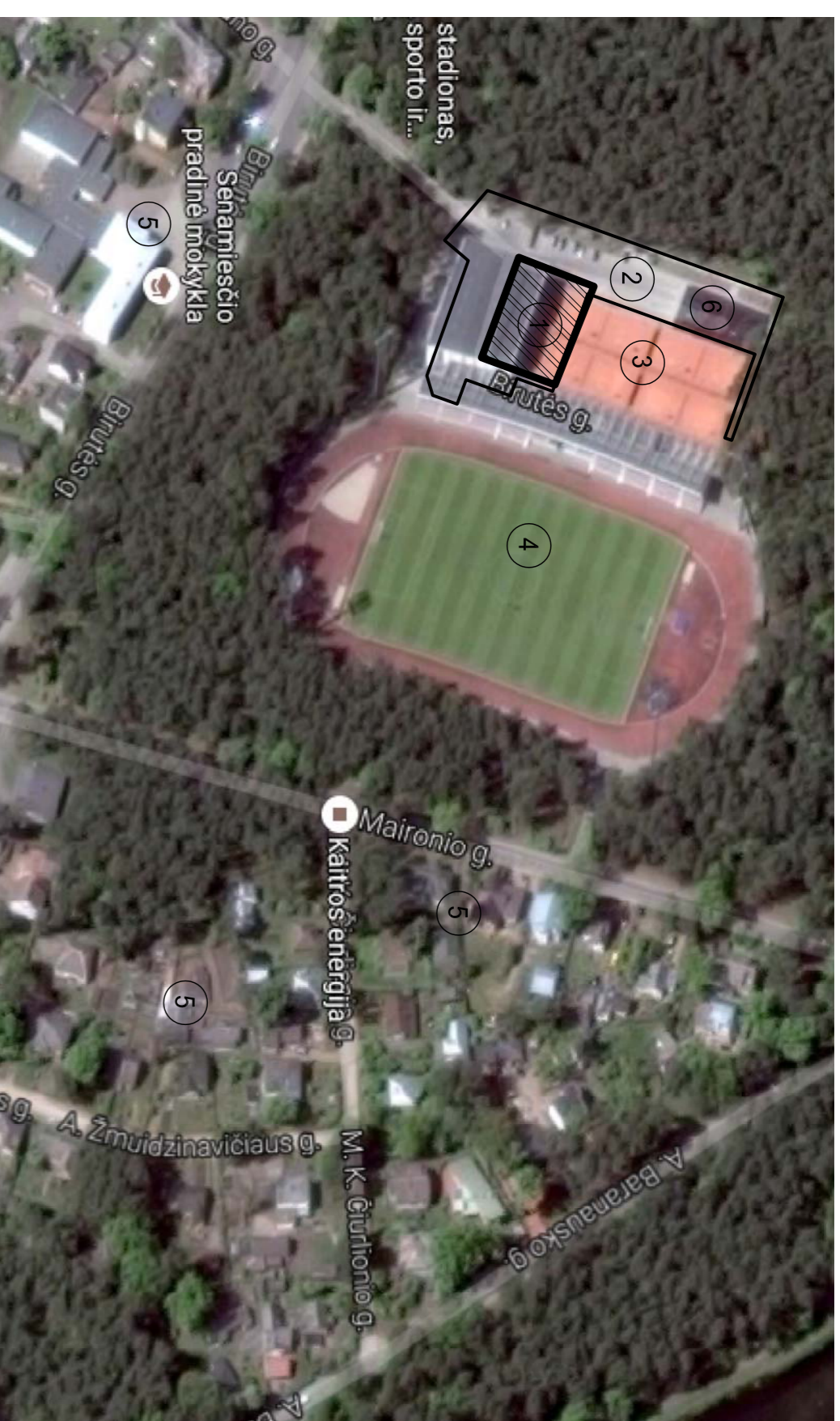
24 lentelė. 2 varianto lokalinė sąmata.

Sąm.eil.	Darbu ir išlaidų aprašymai	Mato vnt.	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
	1 N7-28-5	vnt.		16,0		
Kolonų, kurių masė daugiau kaip 4 t iki 6 t, montavimas, sujungiant varžtais k8=1.04						
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	6,8	108,8	5,62	611,46
260027-1	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	1,0	16,0	980,04	15680,64
489047	Bokštinis kranas keliam. galios nuo 15 t ir daugiau	maš.val	2,3	36,8	26,16	962,69
Darbo užm. 611.46 Medžiagos 15680.64			Mechanizmai 962.69		Iš viso 17254.79	
	2 N7-59	vnt.		42,0		
Rygelių, kurių masė iki 3.0t, montavimas daugiaaukščiuose pastatuose k8=1.04						
	Darbo sąn. kateg. 4.17	žm.val.	3,3	138,6	5,66	784,48
120030	Statybinės vinys	kg	0,0064	0,2688	1,06	0,28
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,23	9,66	1,94	18,74
260027	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	1,0	42,0	786,07	33014,94
534015	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	0,0004	0,0168	192,51	3,23
534034	Mediniai klojinių skydai	m2	0,0147	0,6174	8,09	4,99
600046	Betono mišiniai C12/15	m3	0,0065	0,273	71,33	19,47
489046	Bokštinis kranas 5-8 t keliamosios galios	maš.val	0,49	20,58	17,22	354,39
Darbo užm. 784.48 Medžiagos 33061.65			Mechanizmai 354.39		Iš viso 34200.52	
Darbo užm. 1396 Medžiagos 48742			Mechanizmai 1317		Iš viso 51455	
Papildomų medžiagų vertė 3.00%				1462		
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					40	
Sezoniniai darbai 15.00% (0)						
Specifiniai darbai 17.00%				55		
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(1396+55)				116		
Viso:			1567	50204	1357	53128
Soc. draudimo išlaidos 31.00%(1396+55+116)			486			
Statinio statybos išlaidos			Viso:	2053	50204	1357
Statybvietės išlaidos 9.00%						4825
Iš viso tiesioginės išlaidos						58439
Pridėtinės išlaidos 30.00%(1396+55+116)						470
Pelnas 5.00%(58439+470)						2945
Iš viso netiesioginės išlaidos						3415
Bendra vertė be PVM						61854
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%						12989,34
Bendra vertė su PVM						74843,34

5 Priedas



Situacijos schema



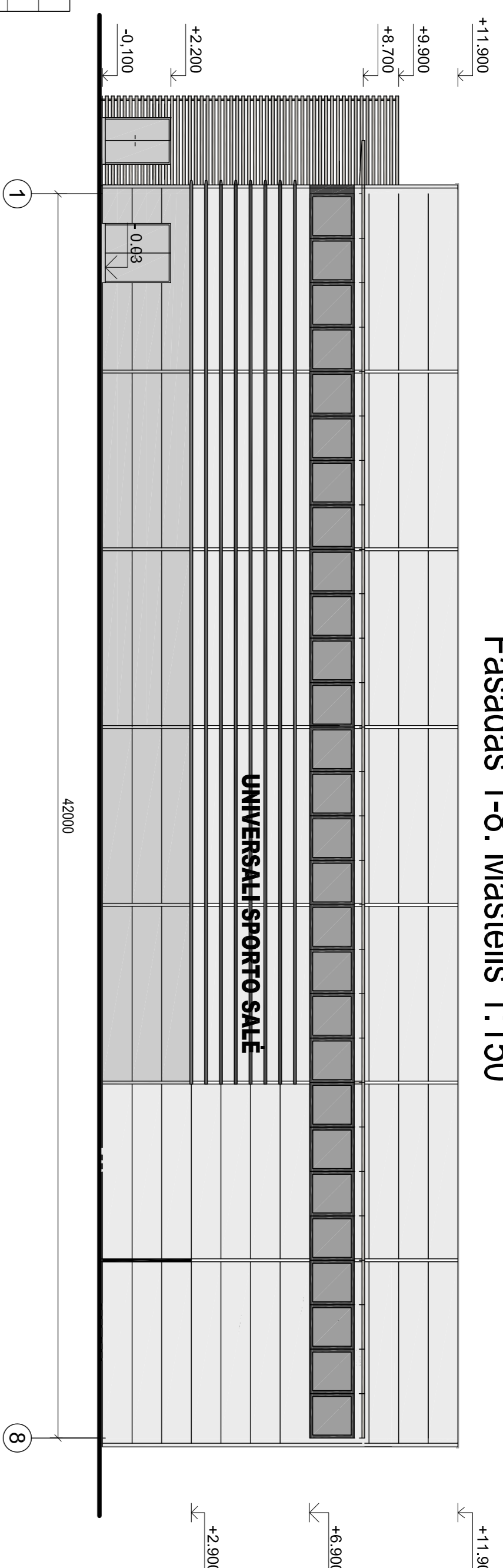
Eksplikacija

El. nr	Pažymėjimas
1.	Projektuojamas pastatas
2.	Automobilių stovėjimo aikštelė
3.	Teniso kortai
4.	Stadionas
5.	Esami pastatai
6.	Krepšinio aikštelė

Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pažymėjimas
	Projektuojamas pastatas
	Traktavimo sklypo dalis

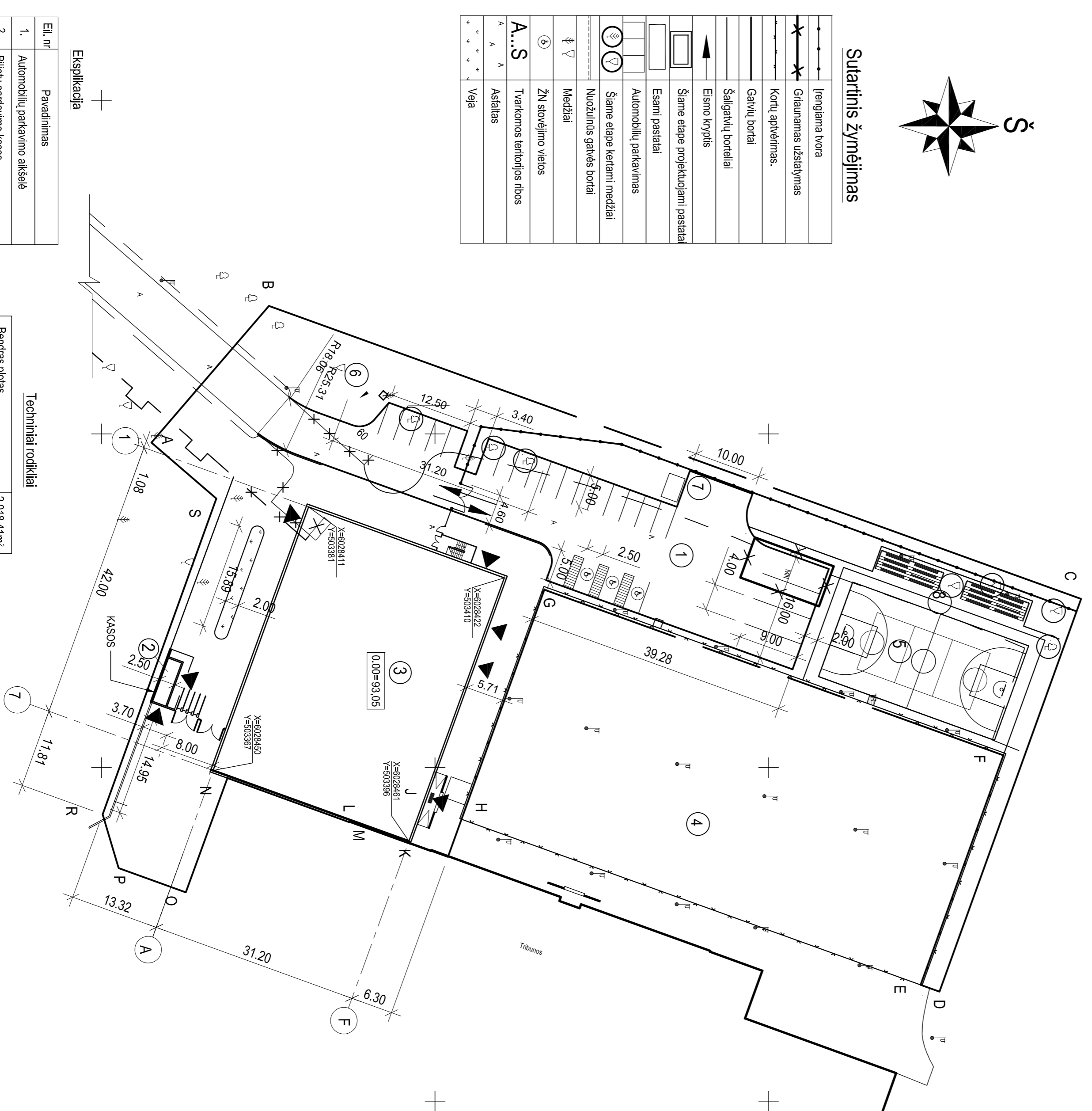
Fasadas 1-8. Mastelis 1:150



Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pažymėjimas
	Kompozicinė plokštė, spalva 30CHESTNUT
	Zaizūras, spalva RAL 9007
	Daugiasluoksnės sieninis plokštės, spalva RAL 9008
	Langai, spalva RAL 3011
	Zaizūras, spalva RAL 9008
	Apdailiniai aliuminio profiliai
	Daugiasluoksnės sieninis plokštės, spalvos RR 23
	Vartai, spalva RAL 9006
	Durys RAL 7024

Sklypo planas. Mastelis 1:500



Sutartinis žymėjimas

	Įėjimo linija
	Grauniamas užstatymas
	Kortų apšvietimas:
	Galvinti kortai
	Šaligatvių kortai
	Esimo kryptis
	Šimė etape projektuojami pastatai
	Esami pastatai
	Automobilių parkavimas
	Šimė etape kertami medžiai
	Nuostolius girėms kortai
	Medžiai
	ZN stovėjimo vietas
	A..S
	Traktavimo teritorijos ribos
	Adališias
	Veģa

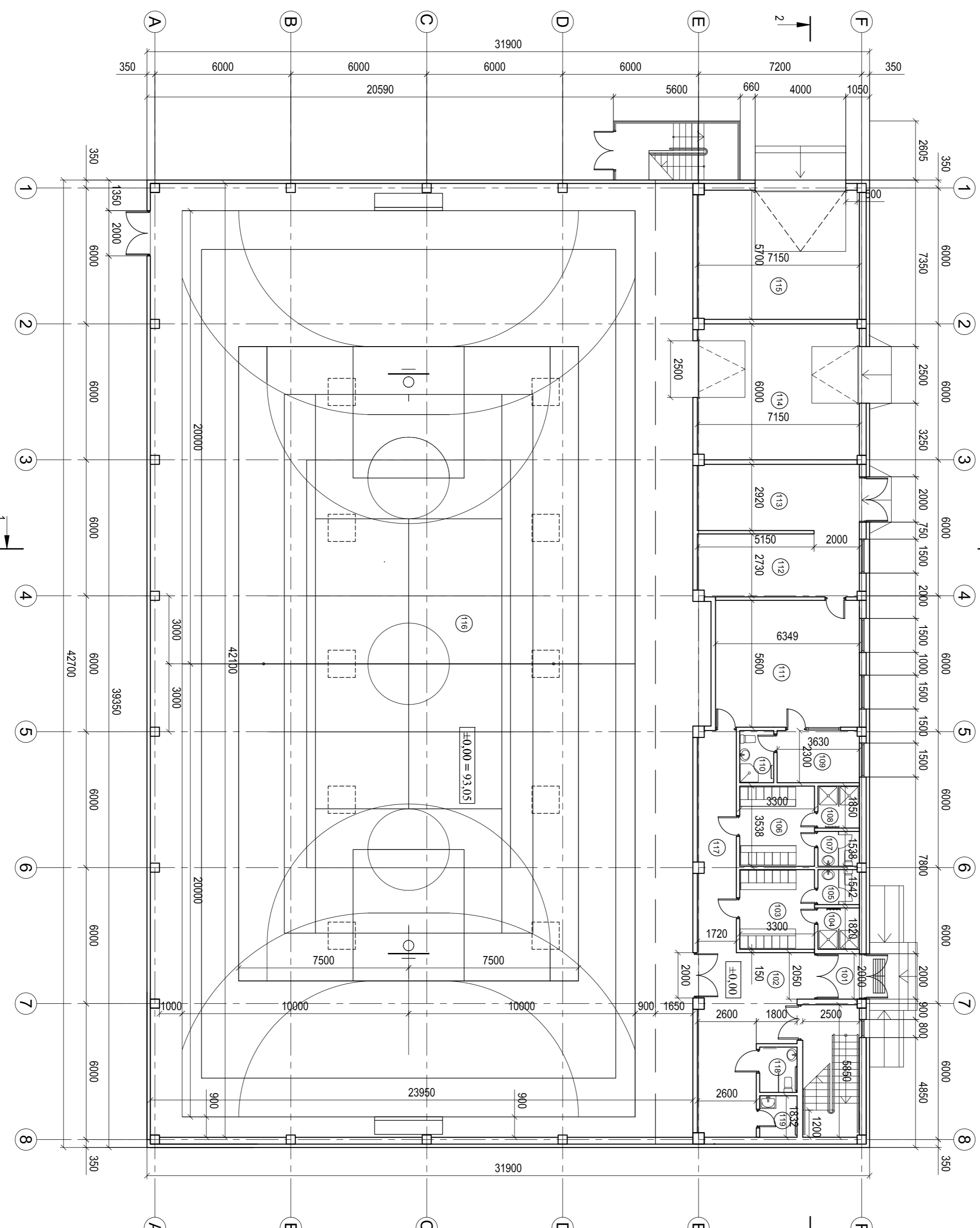
Eksplikacija

El. nr	Pažymėjimas
1.	Automobilių parkavimo aikštelė
2.	Bilietai, pardavimo kassos
3.	Universali sporto salė
4.	Teniso kortai
5.	Sienelinės dangos krepšinio aikštelė
6.	Modulinė transformatorinė
7.	Stogo plokštė
8.	Modulinės surenkamos ribonius

Techiniai rodikliai

Bendras plotas	2 018,41m ²
Pagrindinis plotas	1 586,05m ²
Pagalbinis plotas	422,36m ²
Paradės ūkis	15 990 m ²
Užstatymo plotas	1 382 m ²
Sklypo plotas	39 860 m ²
Traktavimo teritorijos plotas	7 442 m ²

Pirmo aukšto planas. Mastelis 1:150



Eksplikacija

El. nr	Pažymėjimas	Plotas, m ²
101.	Teniso salė	4,17
102.	Vestibulis	29,79
103.	Pasirengimo kambarys	11,59
104.	Dušinė	3,33
105.	WC	2,81
106.	Pasirengimo kambarys	11,08
107.	WC	2,80
108.	Dušinė	3,38
109.	Durt. Treniro kab.	8,39
110.	Treniro WC su dušu	3,38
111.	Dviratinių trenirokčių pat.	35,55
112.	Dviratinių trenirokčių pat.	19,76
113.	Dviratinių trenirokčių pat.	21,16
114.	Sporto inventoriaus pat.	42,71
115.	Stadiono priežiūros inv. pat.	40,67
116.	Sporto salė	10111,8
117.	Koridoriai	16,62
118.	Žmoniu su negalia WC	3,30
119.	Viljono inventoriaus pat.	3,02
	Iš viso:	12735,29

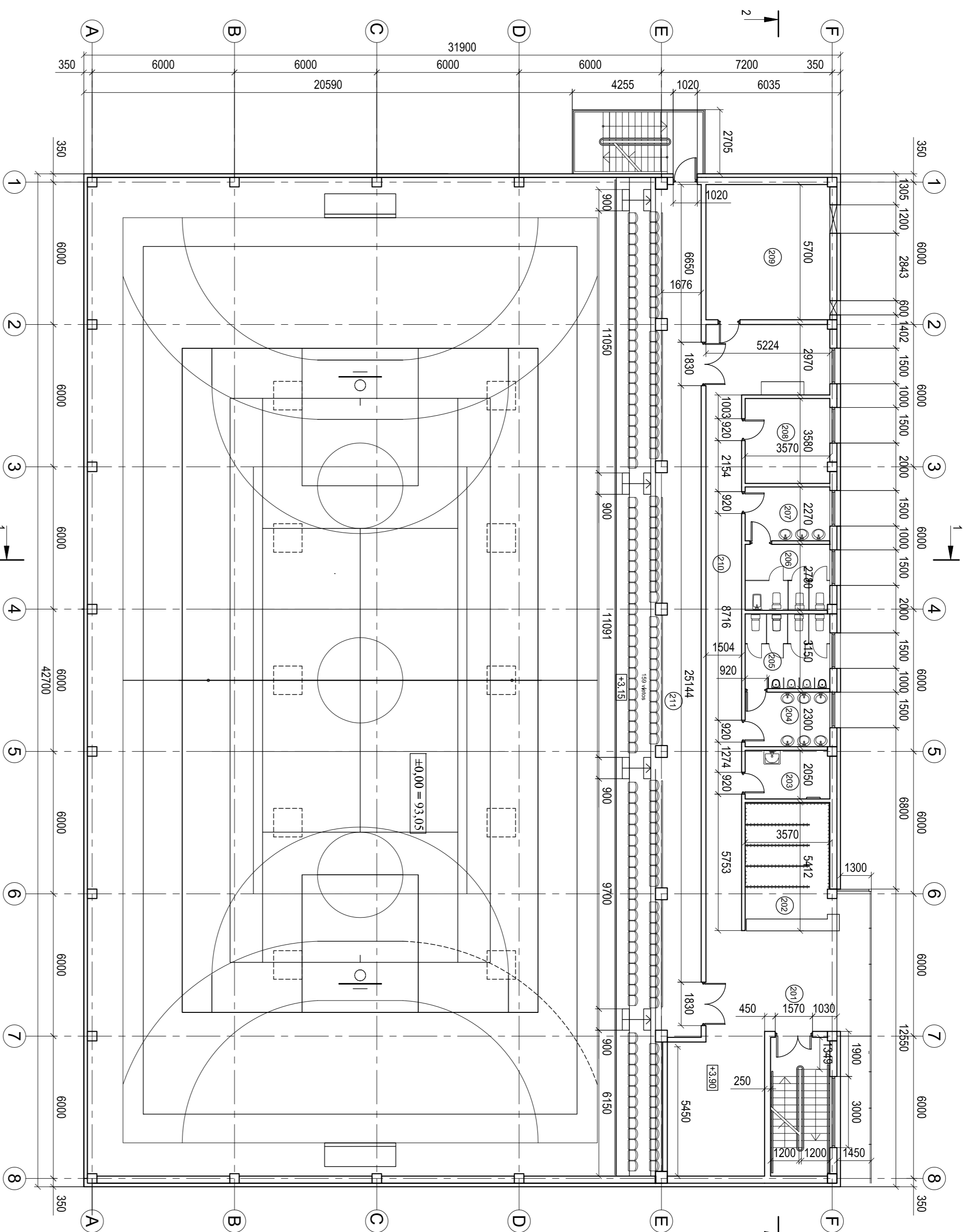
Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kaselavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štališkis	2017-01-16
	Konsult.	

Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kaselavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štališkis	2017-01-16
	Konsult.	

Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kaselavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štališkis	2017-01-16
	Konsult.	

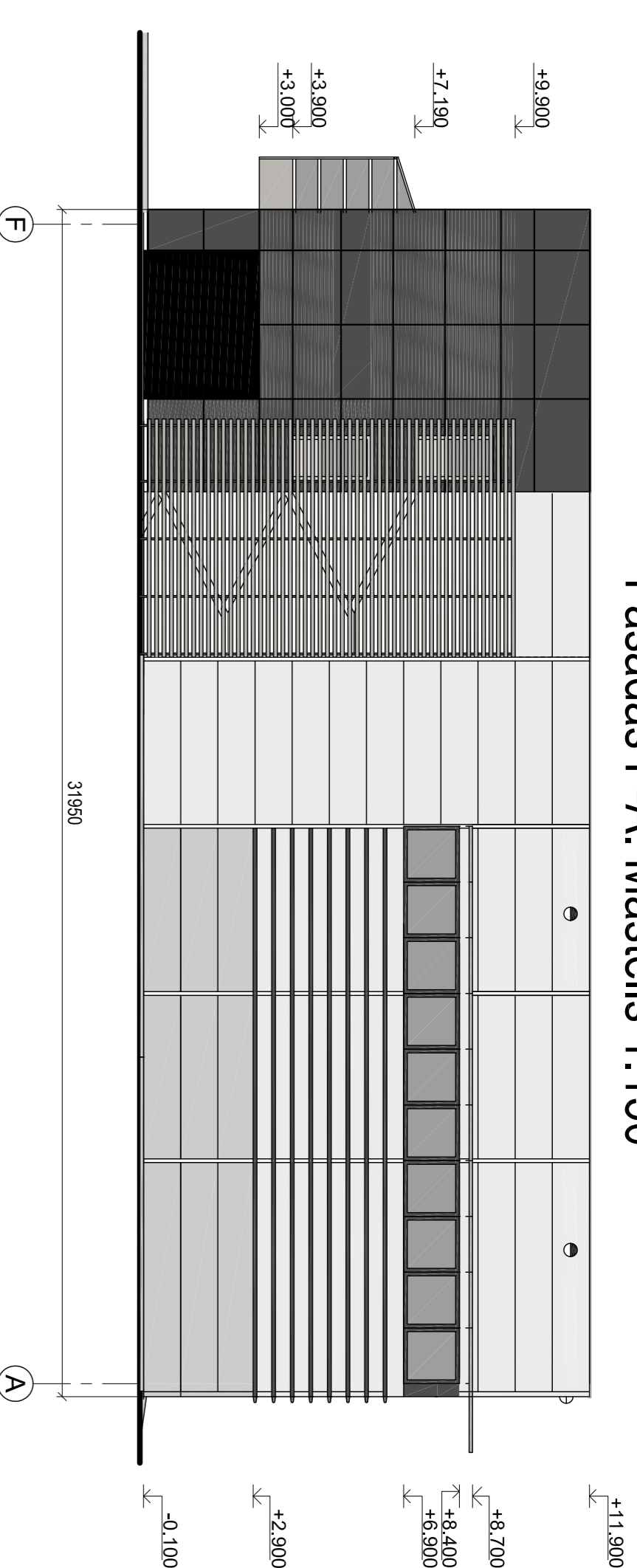
Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kaselavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štališkis	2017-01-16
	Konsult.	

Antro aukšto planas. Mastelis 1:150



Sutartinis žymėjimas	
Žymėjimas	Pavaizdavimas
	Kompozicinė pokštis, spalva 303CHESTNUT
	Zaliucės spalva RAL 9007
	Daugiasluoksnis šerpinis pokštis, spalva RAL 9008
	Langai spalva RAL 9011
	Zaliucės spalva RAL 9008
	Apdailiniai aliuminio profiliai
	Daugiasluoksnis šerpinis pokštis, spalvos RR 23
	Vėdinimo spalva RAL 9006
	Durys RAL 7024

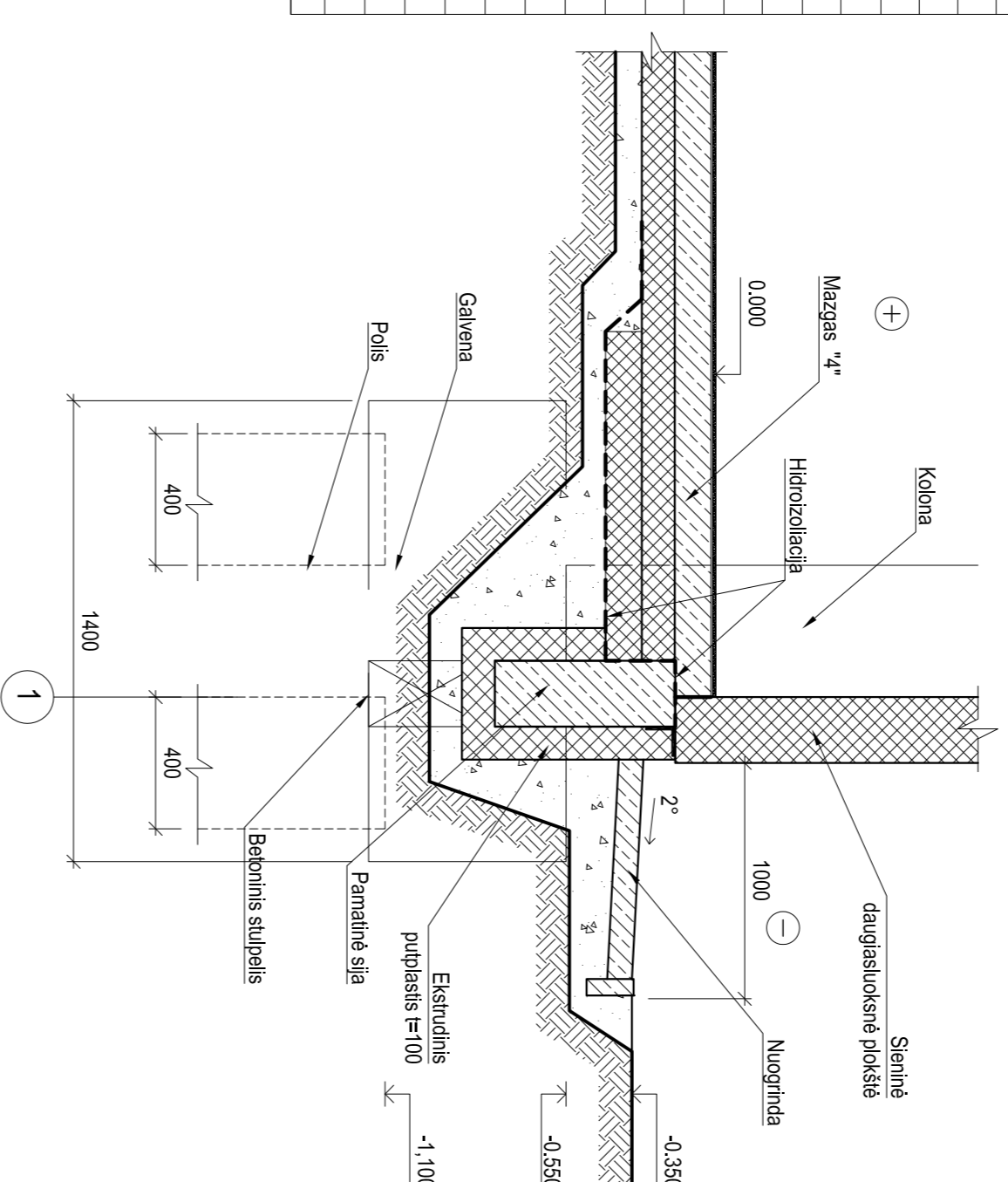
Et.	Pavadinimas	Plotas, m²
201.	Koridorus	60,65
202.	Rolėnė	22,98
203.	Vidinio inventoriaus pat.	7,29
204.	Vyrų prausykla	8,18
205.	Vyrų WC	11,24
206.	Moteryų WC	9,90
207.	Moteryų prausykla	8,11
208.	Administracinis kab.	12,74
209.	Vėdin. kamara	29,76
210.	Koridorus	50,59
211.	Balio salė 200v	139,67
212.	Kamėtinė salė	63,67
213.	Tambūras	5,56
214.	Koridorių-sėdimųjų pat.	9,18
215.	Personalo WC	1,50
216.	Personalo atšalas	1,38
217.	Personalo dulbinė pat.	2,65
218.	Vidinio gamybinė pat.	12,81
219.	Indų plovykla	7,60
220.	Bėgio zona	15,36
	18 viso:	480,40



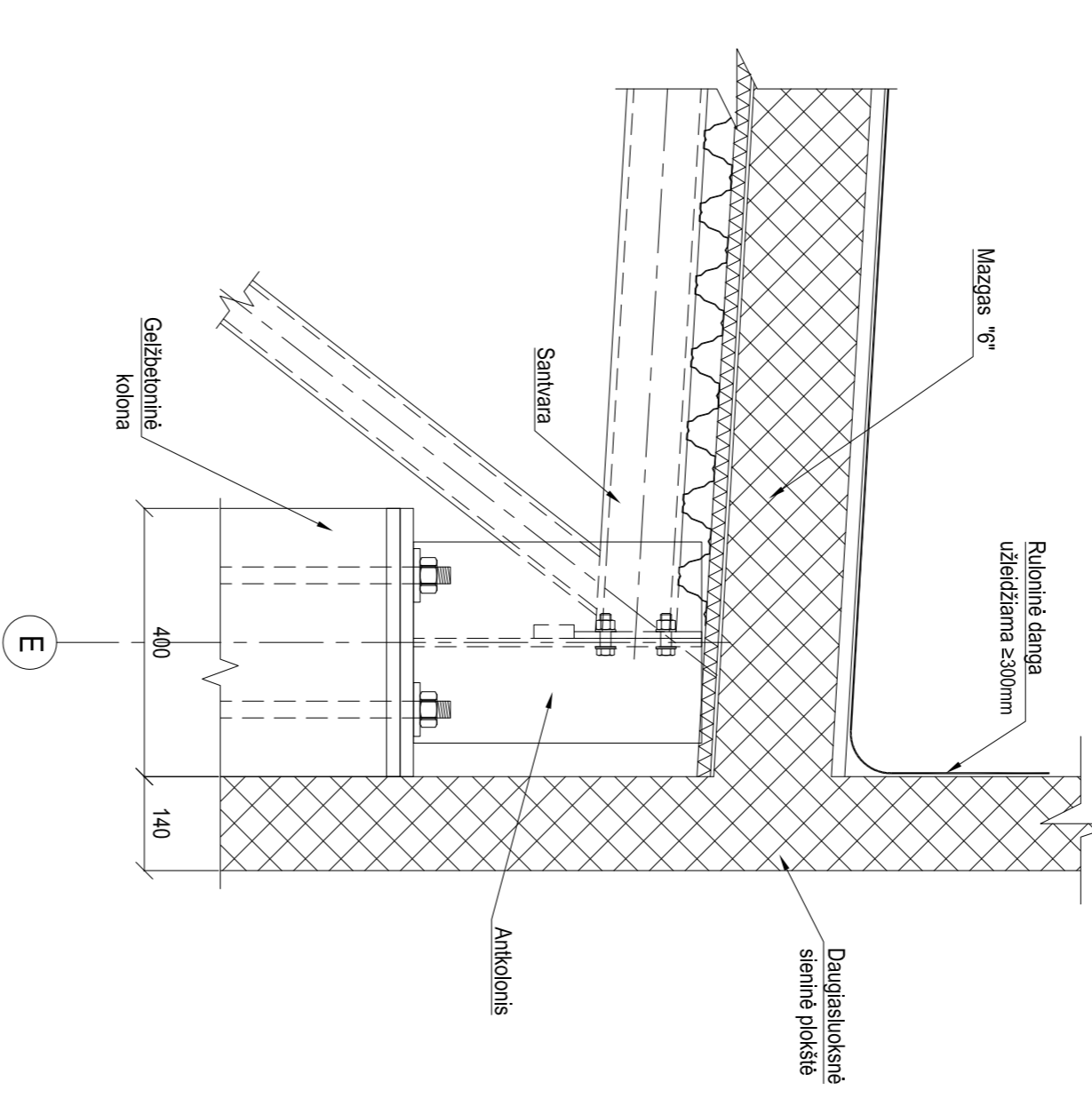
Fasadas F-A. Mastelis 1:150

Eksplicitacija

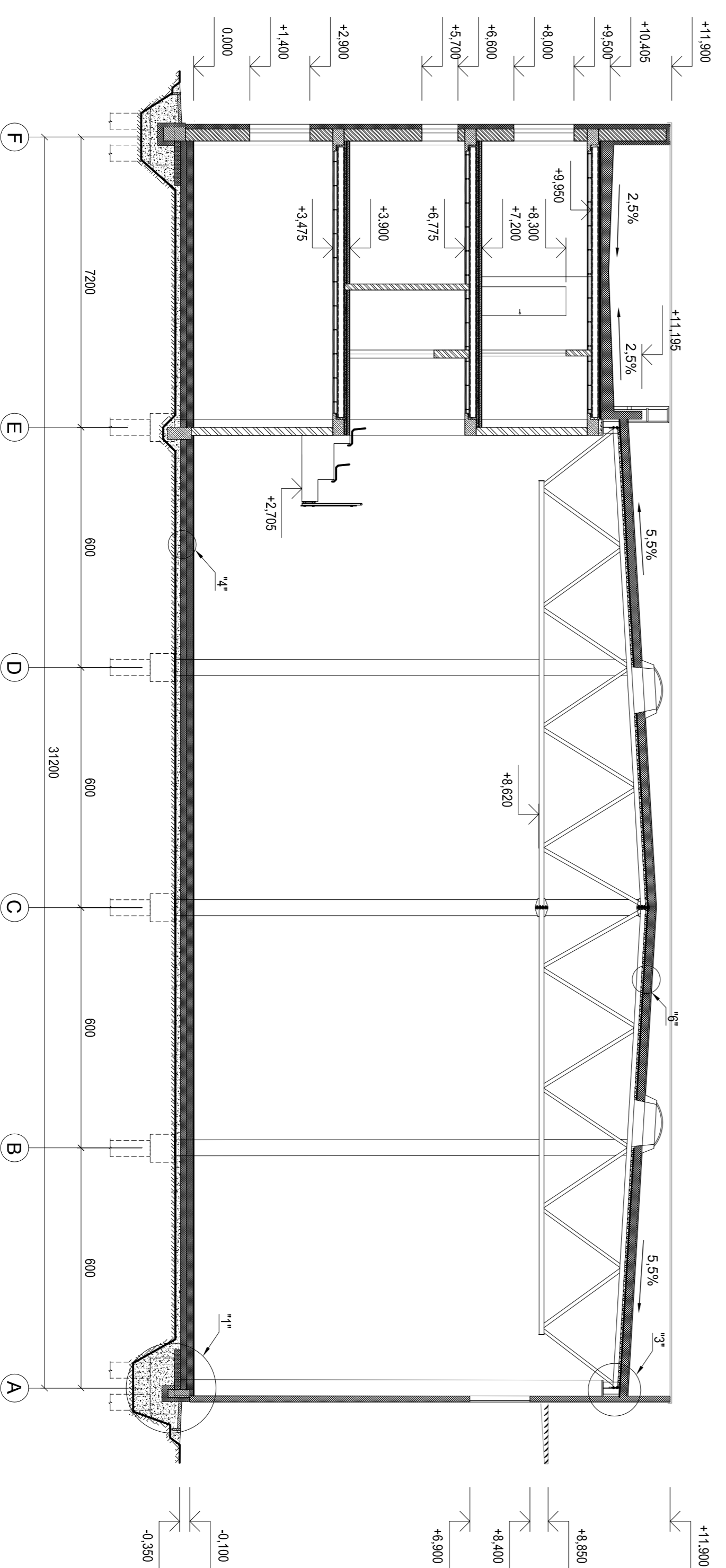
Mazgas "1". Mastelis 1:20



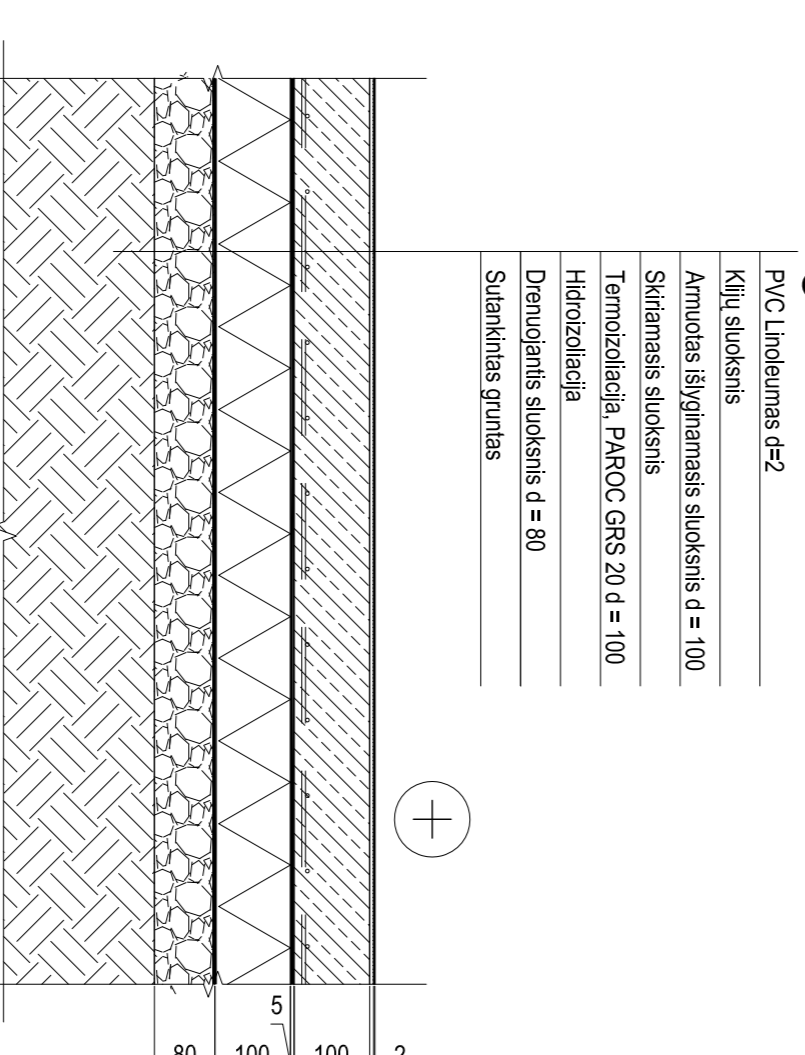
Mazgas "3". Mastelis 1:10



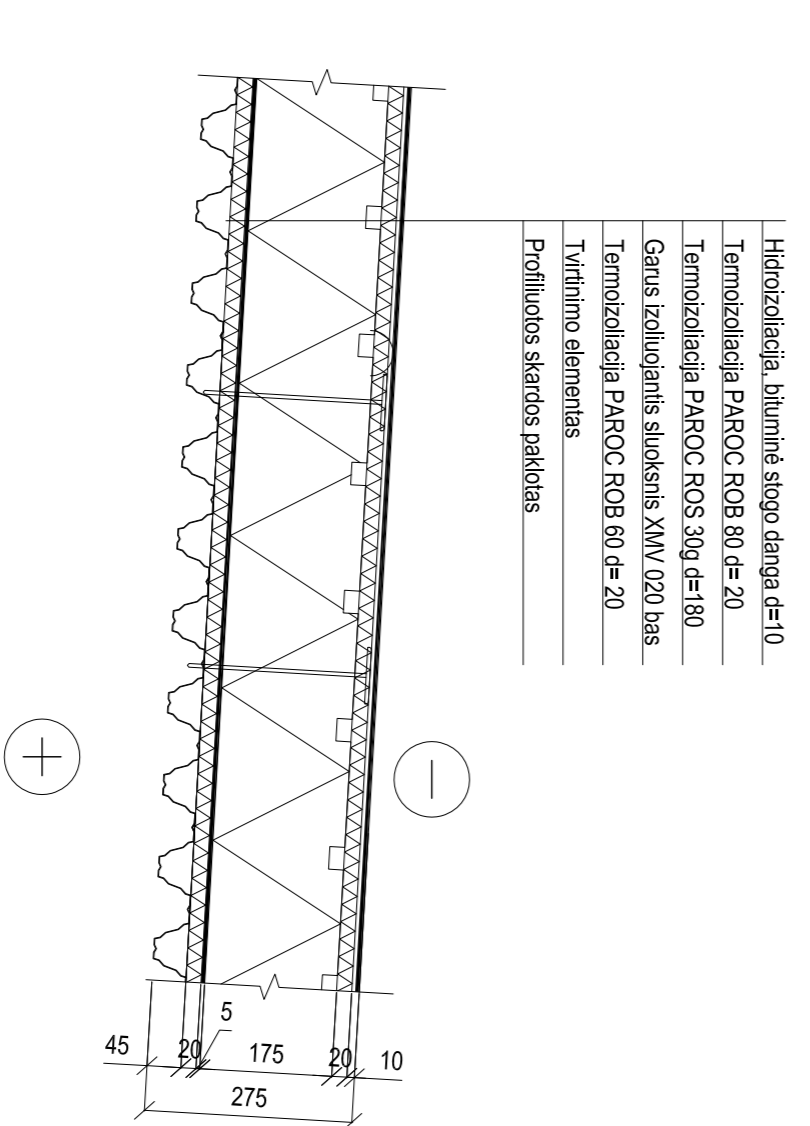
Pjūvis 1-1. Mastelis 1:100



Mazgas "4". Mastelis 1:10



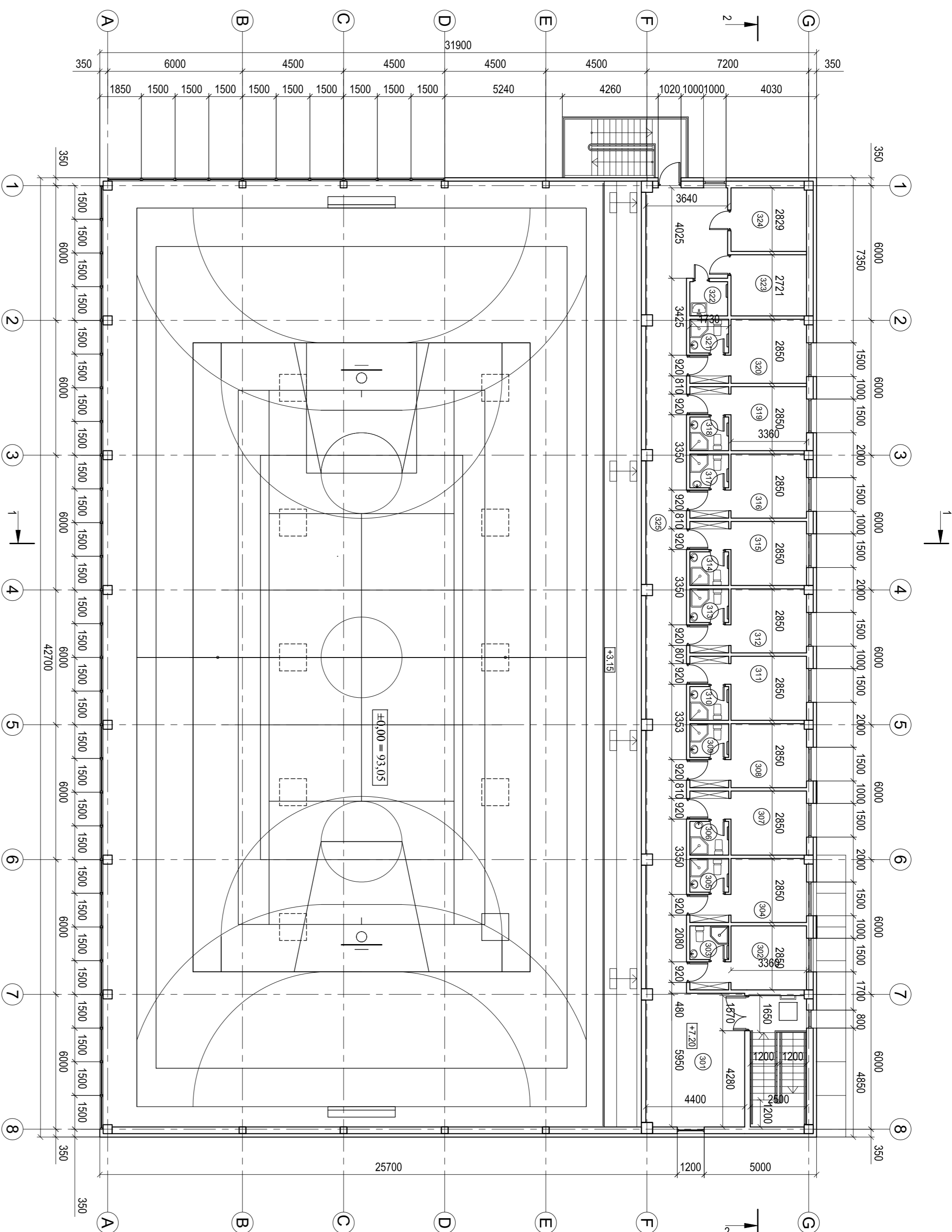
Mazgas "6". Mastelis 1:10



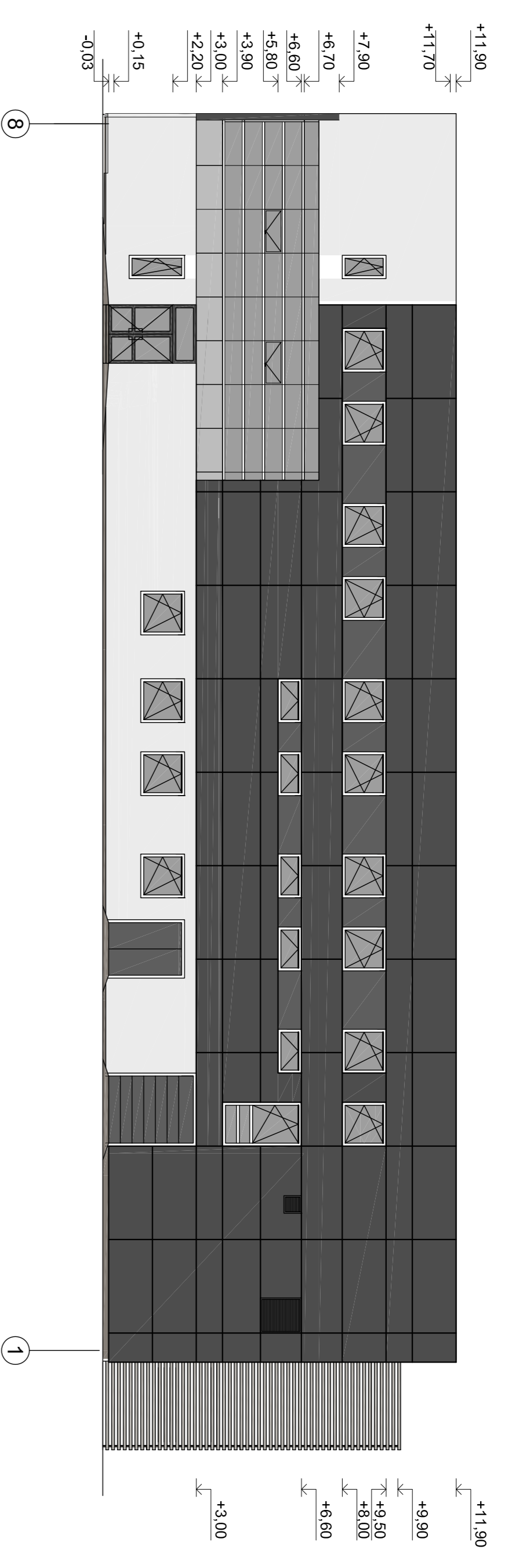
Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kasulavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štikelė	2017-01-16
	Konsult.	2017-01-16
	Konsult.	
Fr. darbas	Statybinių konstrukcijų katedra	
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-SK
		Lapais 2
		Lapų 9

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kasulavičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štikelė	2017-01-16
	Konsult.	2017-01-16
	Konsult.	
Fr. darbas	Statybinių konstrukcijų katedra	
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-SK
		Lapais 2
		Lapų 9

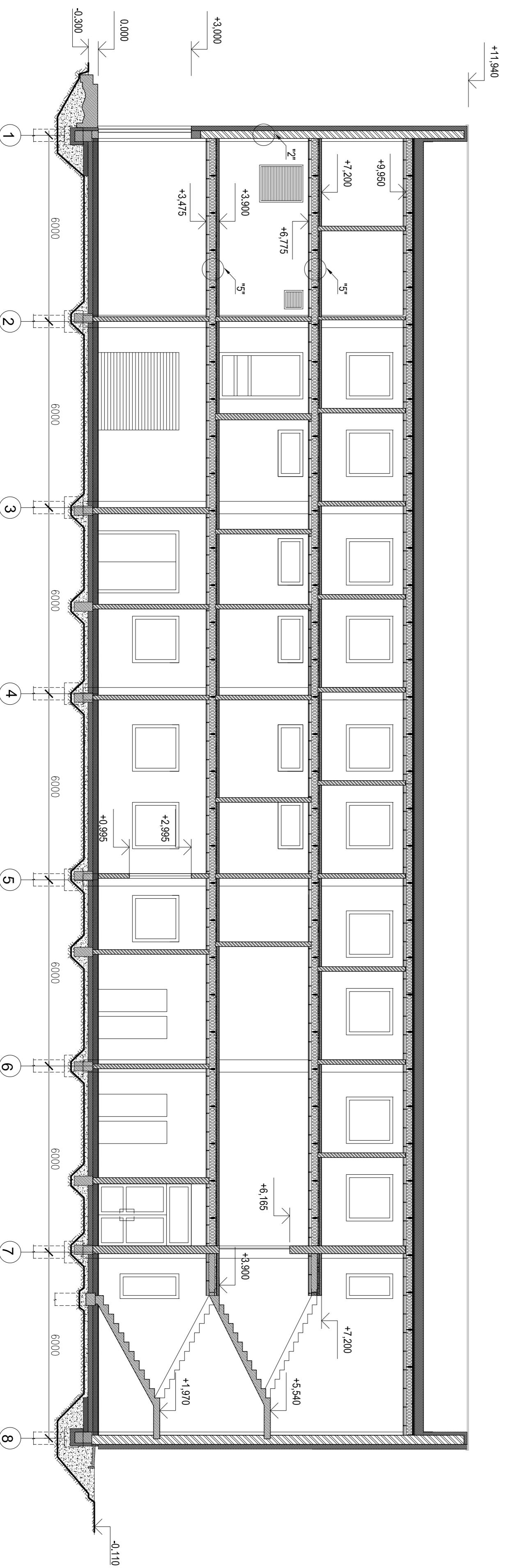
Trečio aukšto planas. Mastelis 1:150



Fasadas 8-1. Mastelis 1:150



Pjūvis 2-2. Mastelis 1:100



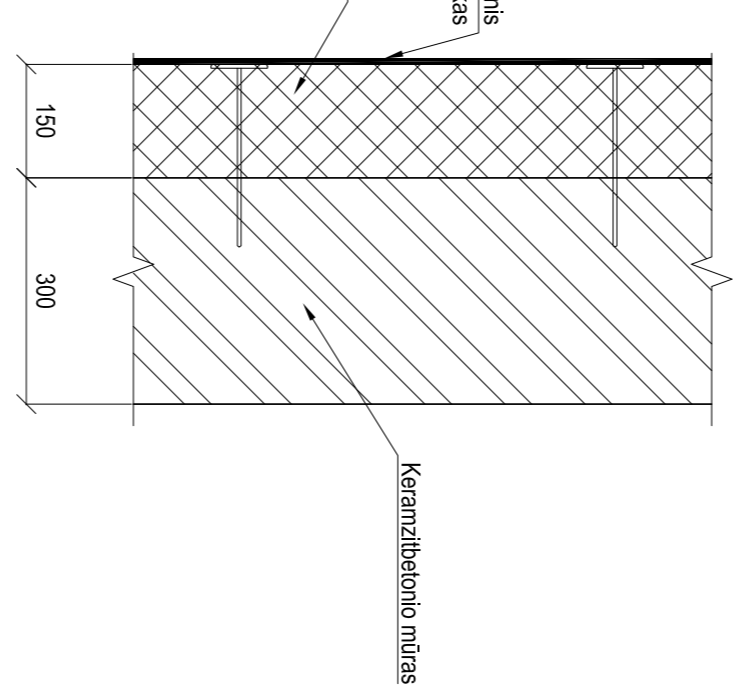
Eksplikacija

El. nr.	Pavadinimas	Plošas, m ²
301	Holais	26,03
302	Dviavėis kambarys	11,83
303	Sanmažgas	2,59
304	Dviavėis kambarys	11,81
305	Sanmažgas	2,59
306	Sanmažgas	2,59
307	Dviavėis kambarys	11,83
308	Dviavėis kambarys	11,81
309	Sanmažgas	2,59
310	Sanmažgas	2,59
311	Dviavėis kambarys	11,83
312	Dviavėis kambarys	11,81
313	Sanmažgas	2,59
314	Sanmažgas	2,59
315	Dviavėis kambarys	11,83
316	Dviavėis kambarys	11,81
317	Sanmažgas	2,59
318	Sanmažgas	2,59
319	Dviavėis kambarys	11,83
320	Dviavėis kambarys	11,81
321	Sanmažgas	2,59
322	Vėjro ramentūrais pat.	2,56
323	Nešvaros pašalinys sand.	9,14
324	Švaros pašalinys sand.	9,50
325	Koridoriai	71,39
	Iš viso:	262,72

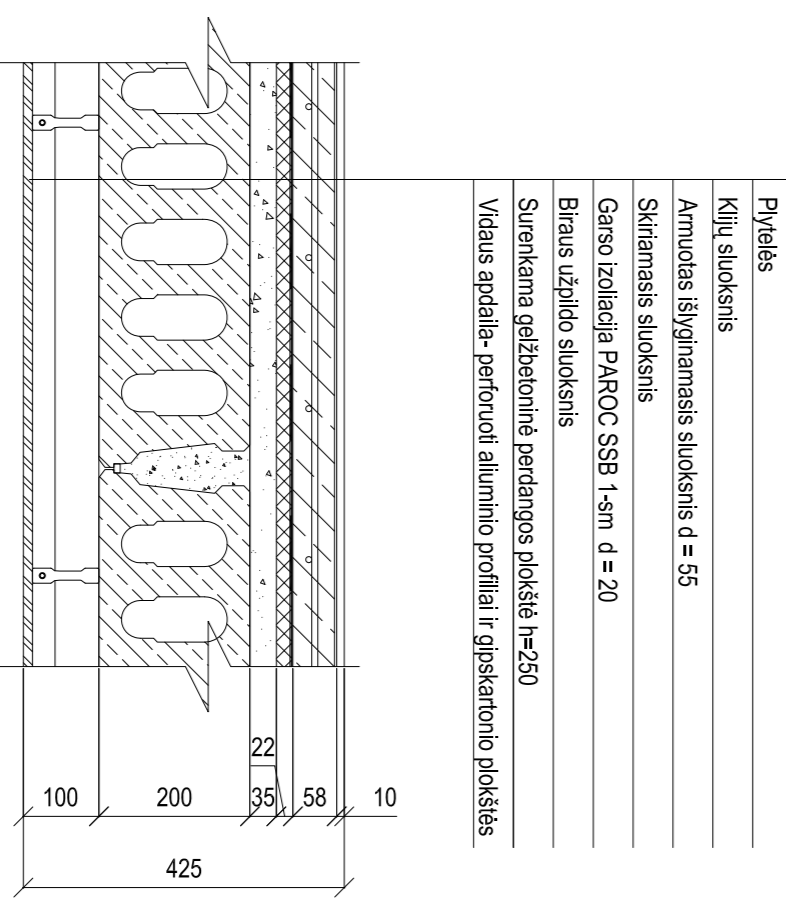
Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas
[Symbol]	Kompozitinė plokštė, spalva 303CHESTNUT
[Symbol]	Mineralinis dekoratyvinis tinkas RAL 9001
[Symbol]	Aluminiuo durys RAL3011

Mazgas "3". Mastelis 1:10

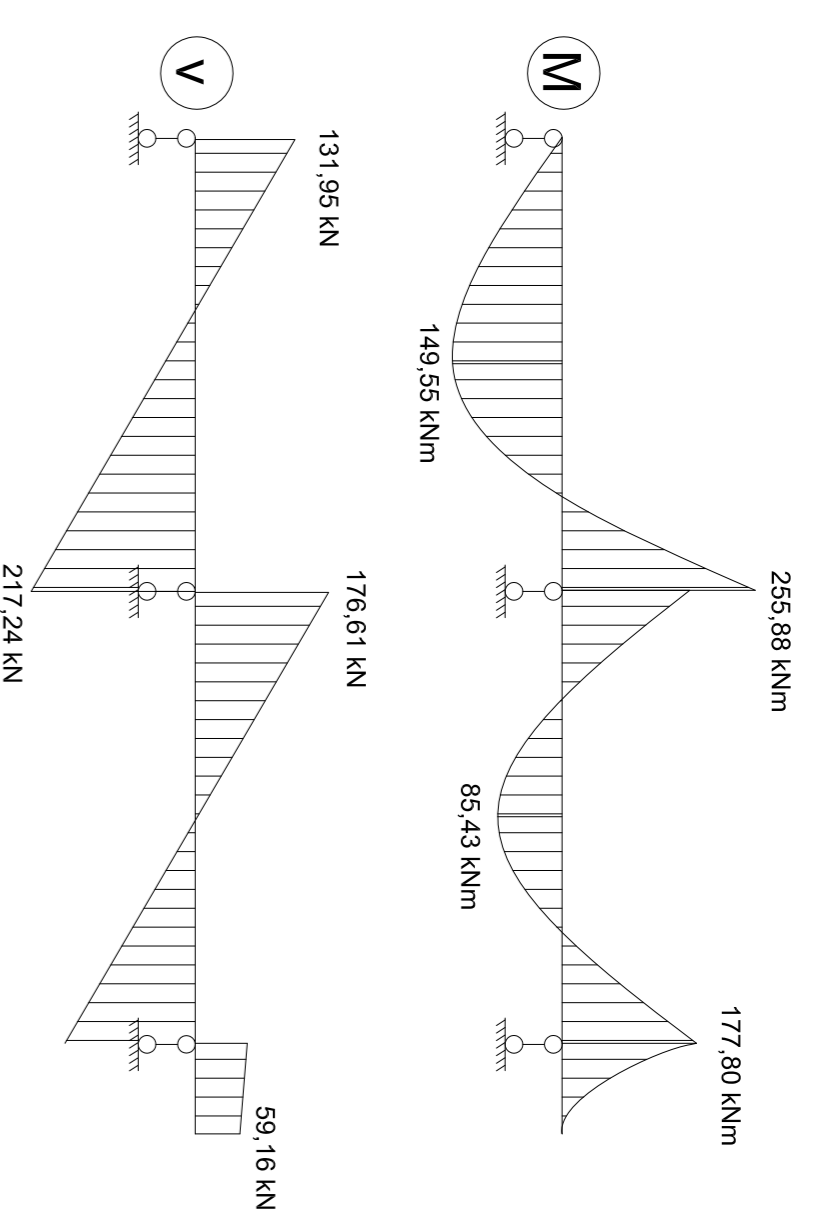


Mazgas "5". Mastelis 1:10

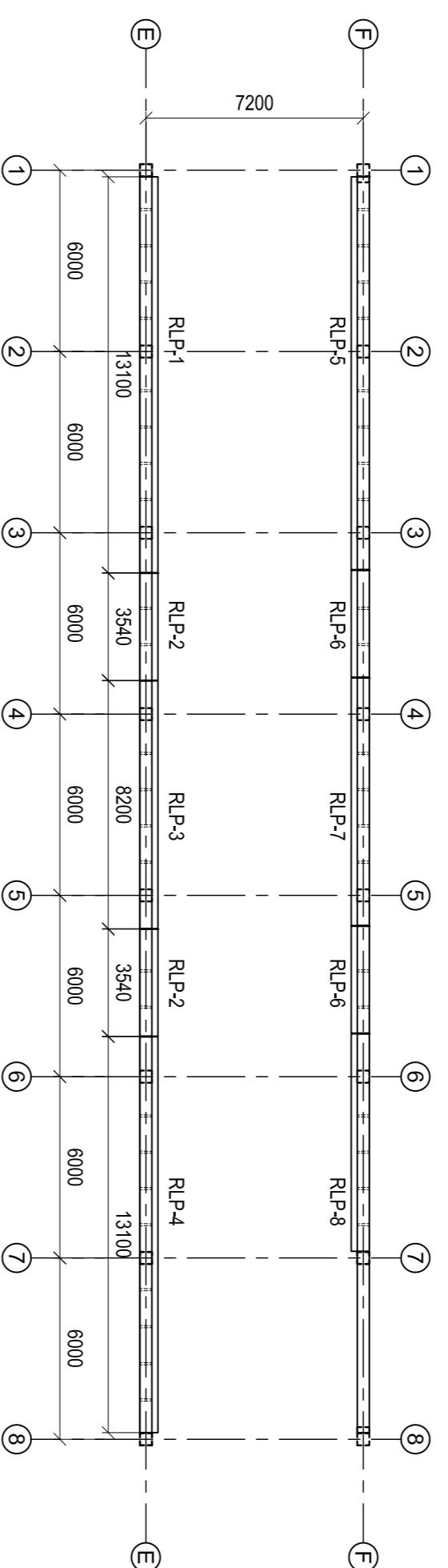


Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas L. Bernotaitė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kasilevičius	2017-01-16
	Konsult. G. Štikalytė	2017-01-16
	Konsult.	2017-01-16
	Konsult.	
Fr. darbas	Statybinių konstrukcijų katedra	2017-MBD-SK
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	3 9

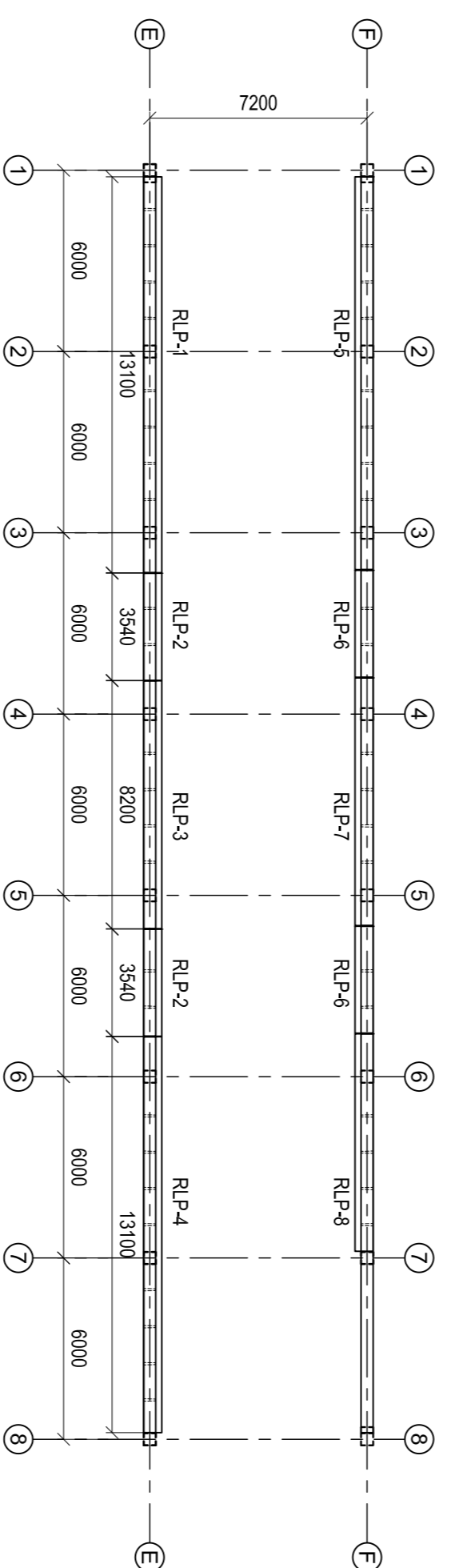
Surenkamos gelžbetoninės rėmsijos įrašų diagramos



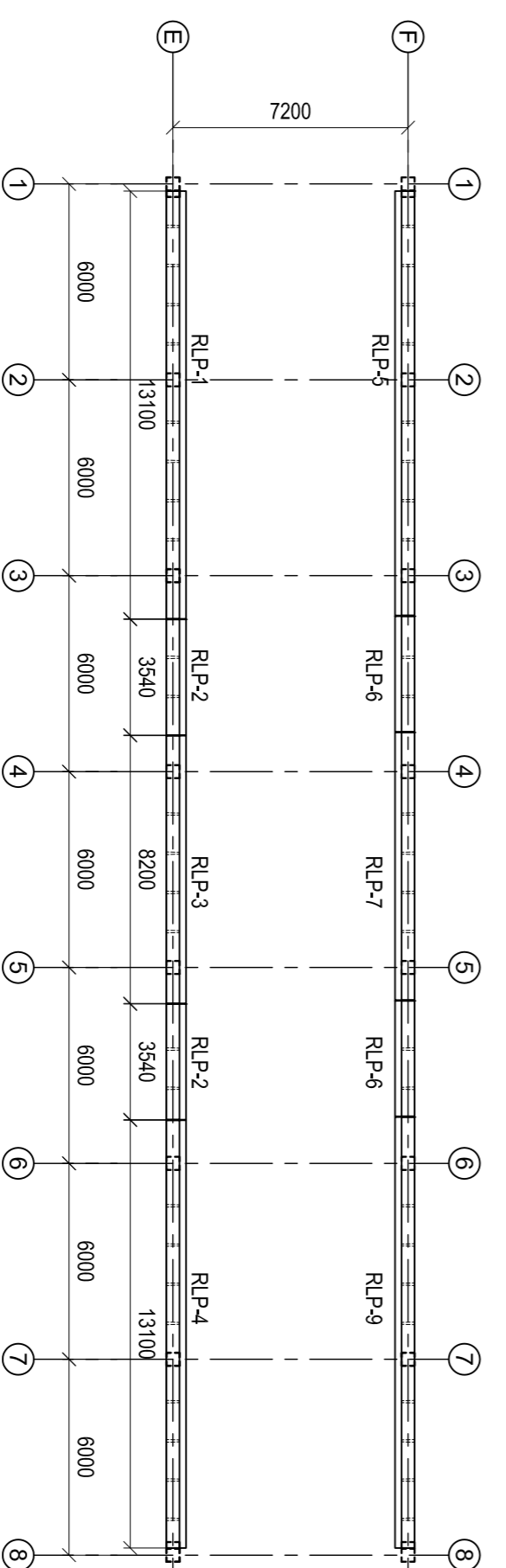
Rėmsijų virš 1 aukšto planas.
Mastelis 1:200



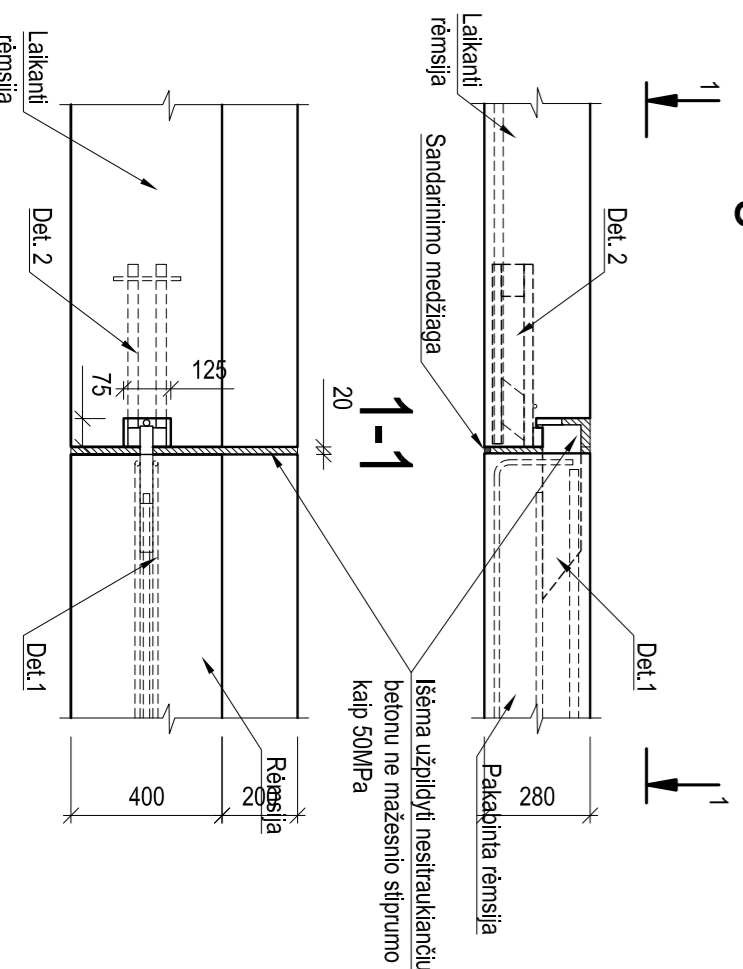
Rėmsijų virš 2 aukšto planas.
Mastelis 1:200



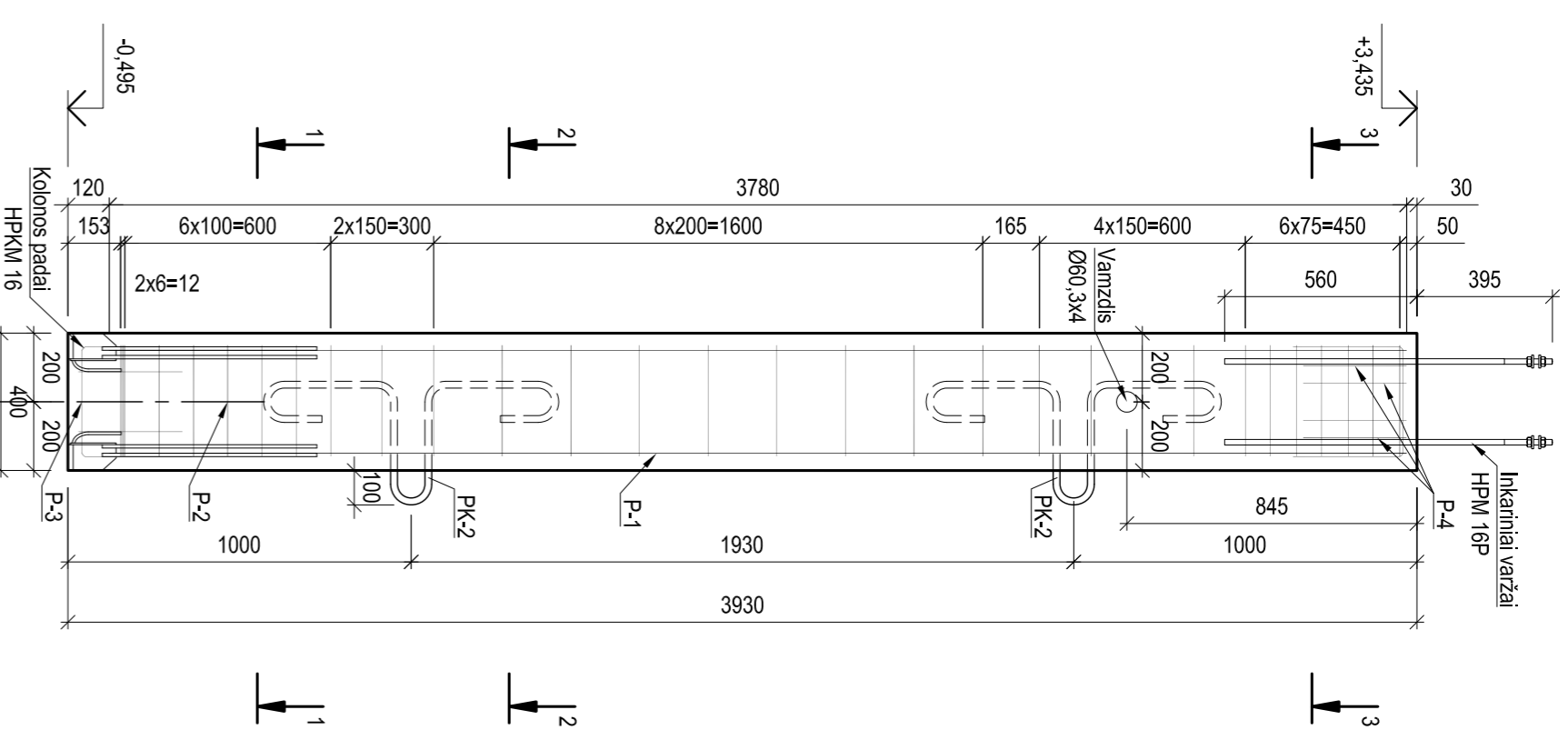
Rėmsijų virš 3 aukšto planas.
Mastelis 1:200



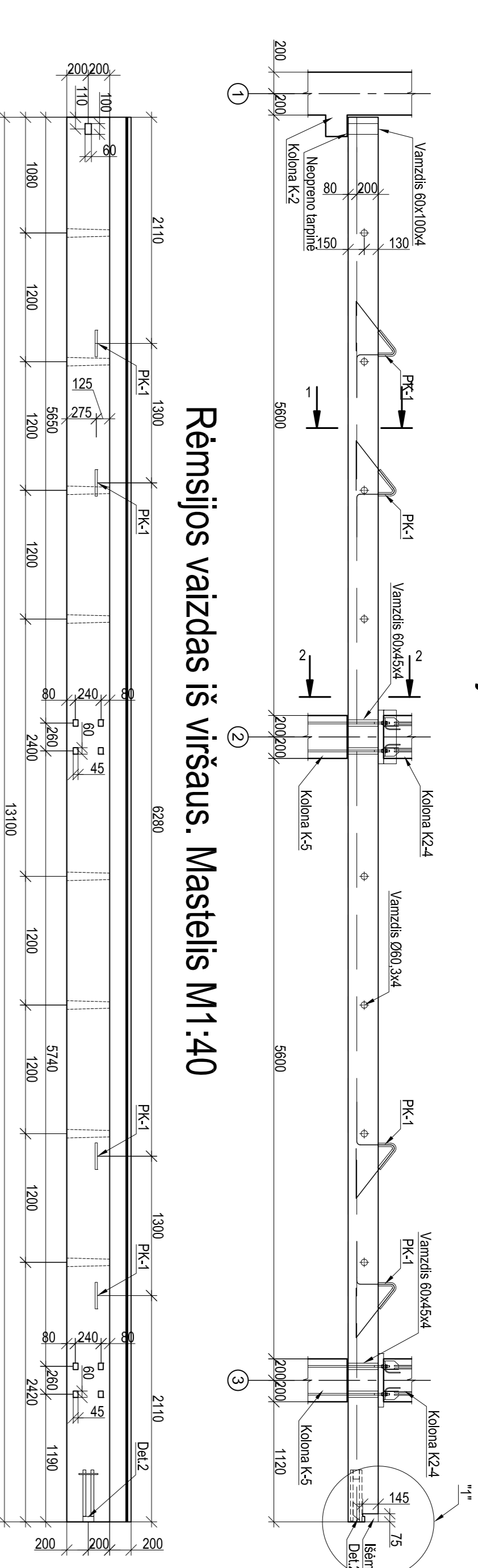
Mazgas "1". Mastelis 1:20



Gelžbetoninė kolona K-5. Mastelis M1:20

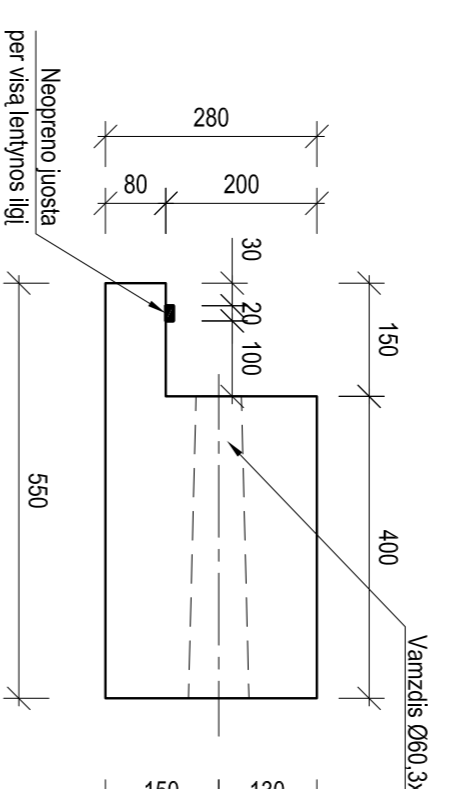


Gelžbetoninė rėmsija RLPR-1. Mastelis M1:40

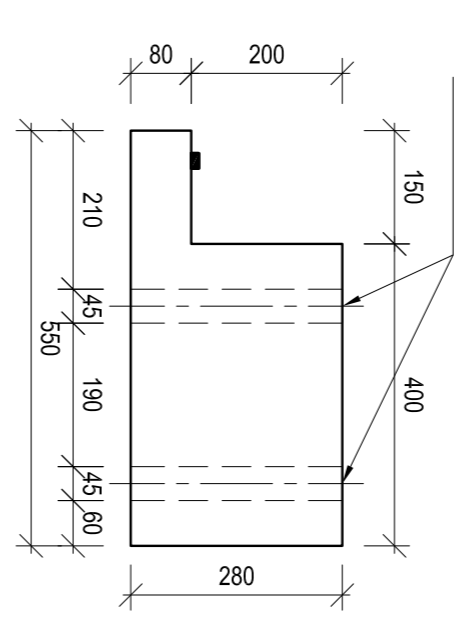


Rėmsijos vaizdas iš viršaus. Mastelis M1:40

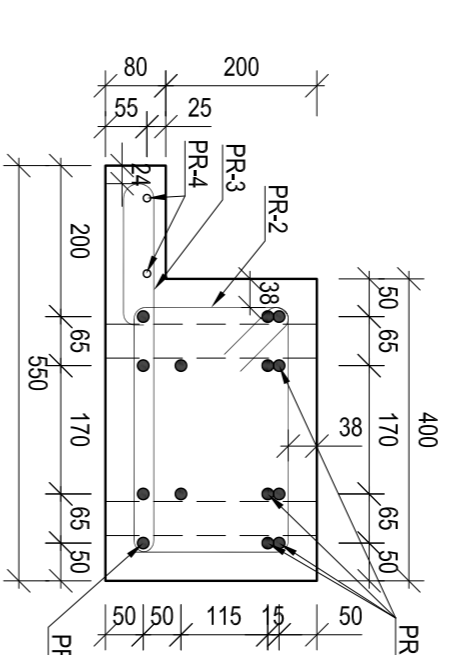
Pjūvis 1-1.
Mastelis M1:10



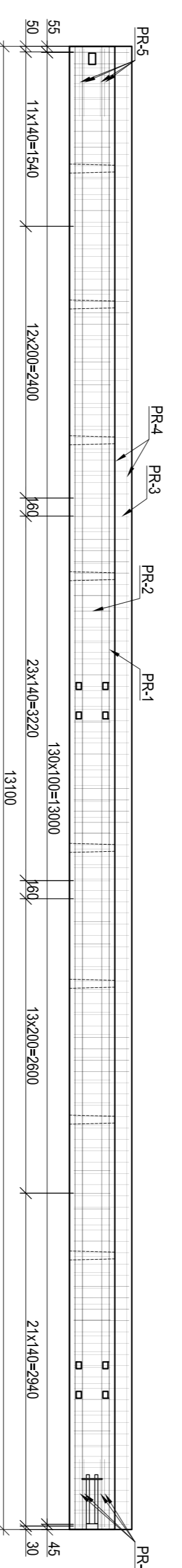
Pjūvis 2-2.
Mastelis M1:10



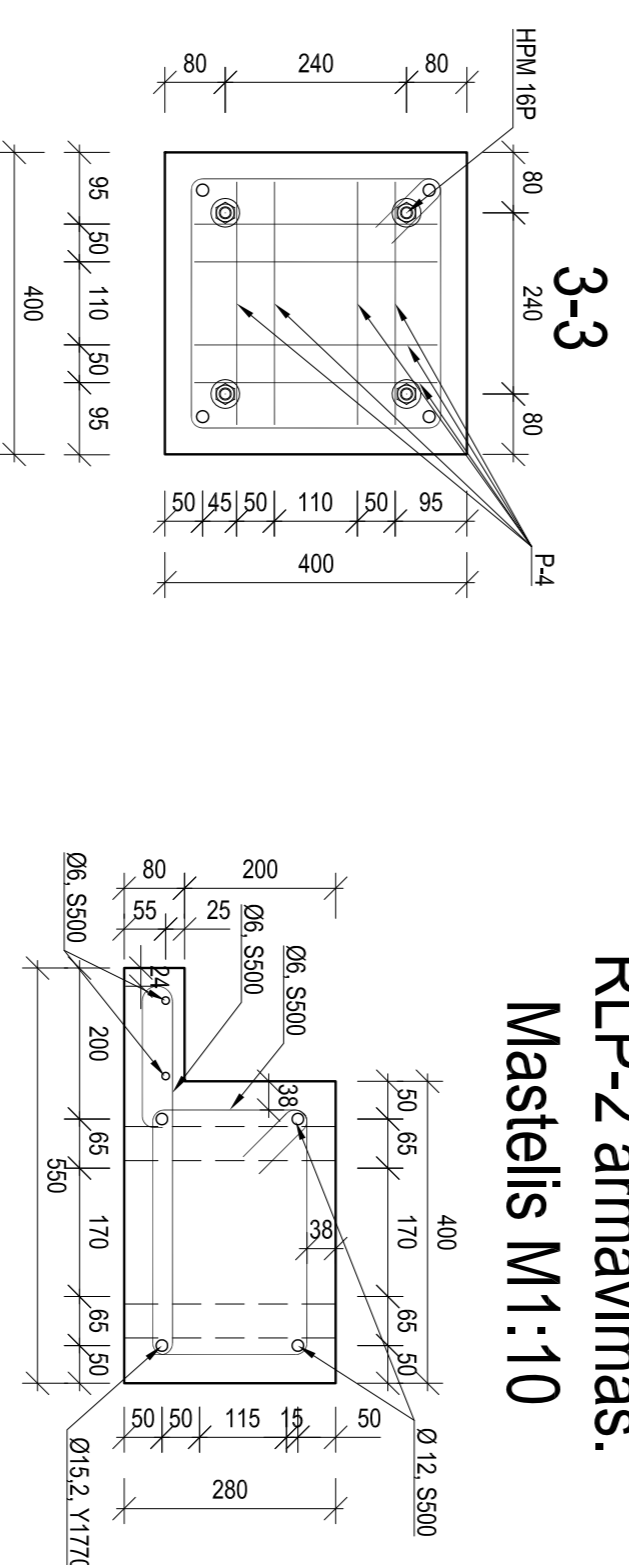
RLP-1 armavimas.
Mastelis M1:10



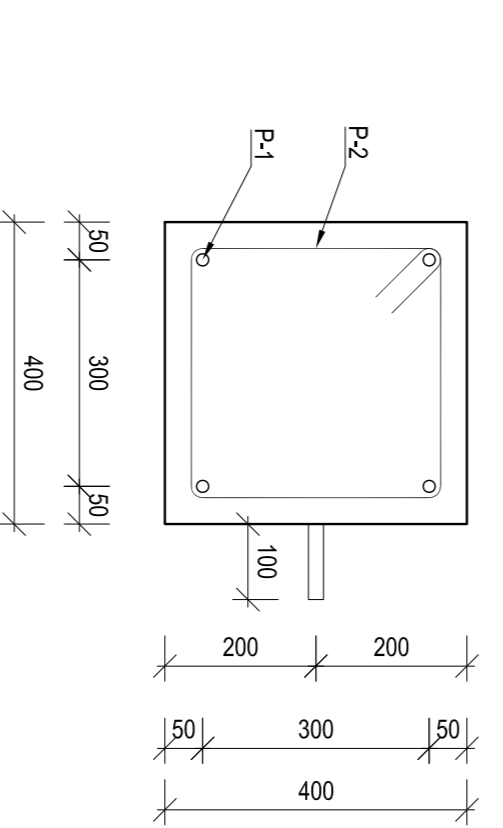
Rėmsijos RLPR-1 armavimas. Mastelis M1:40



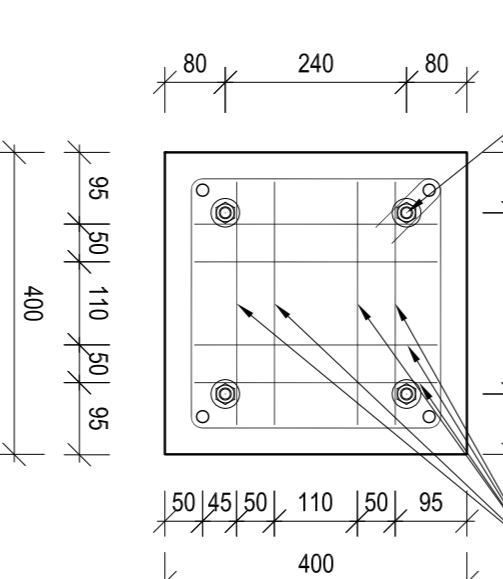
RLP-2 armavimas.
Mastelis M1:10



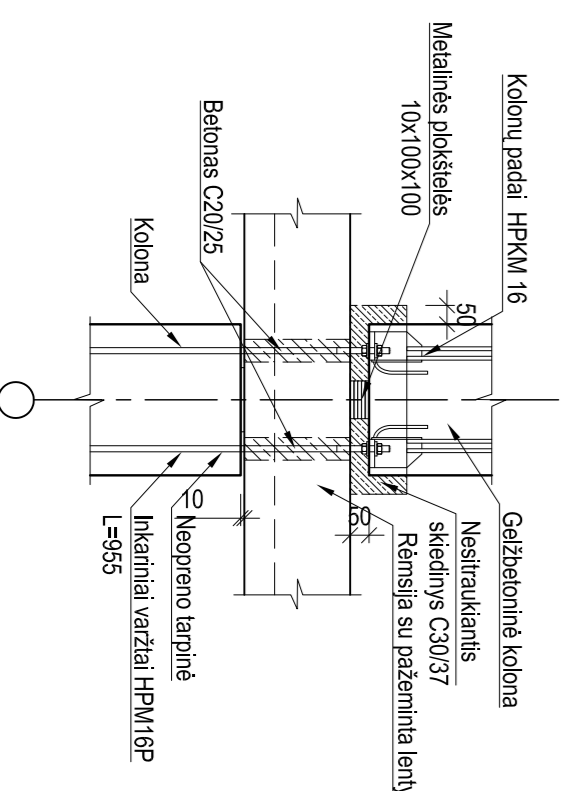
2-2



3-3



Kolonų ir rėmsijos jungimas. Mastelis M1:20



Armūros specifikacija K-5 kolonai

Posicija žymuo	Gaminio Armūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1	Ø16, S500	3,78	5,93	4	15,12	89,59
2	Ø6, S500	1,495	0,33	40	59,80	19,71
3	Ø6, S500	0,95	0,21	4	3,80	0,80
4	Ø8, S500	13,06	5,12	8	104,48	534,71
					iš viso:	644,80
PK-2	Ø20, S500	1,9	4,55	2	3,80	17,88
					iš viso:	17,88

Betono ir metalo sanaudos K-5 kolonai

Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
K-5	-	400x400	C30/37	3830	6	1572,00	9432,00
Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Pieno klasė <th>Ilgis, mm</th> <th>Kiekis</th> <th>Masa, kg</th> <th>Pastabos</th>	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
RLP-1	-	varždis Ø60,3x4	S275	400	1	17,32	17,32
RLP-1	-	HPM 16P	S355	4	1,70	6,80	6,80
					iš viso:	6,80	

Armūros specifikacija RLP-1 rėmsijai

Posicija žymuo	Gaminio Armūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
Rėmsija RLP-1	Ø15,2, Y1770	13,1	14,23	14	183,40	2609,16
PR-1	Ø6, S500	1,23	0,27	83	102,09	27,68
PR-3	Ø6, S500	0,645	0,14	131	84,50	12,01
PR-4	Ø10, S500	13,06	8,00	2	26,12	208,87
PR-5	Ø12, S500	1,42	1,25	8	11,36	14,22
					iš viso:	2877,95
PK-1	Ø15,2, Y1770	1,7	1,85	2	3,40	6,28
					iš viso:	6,28

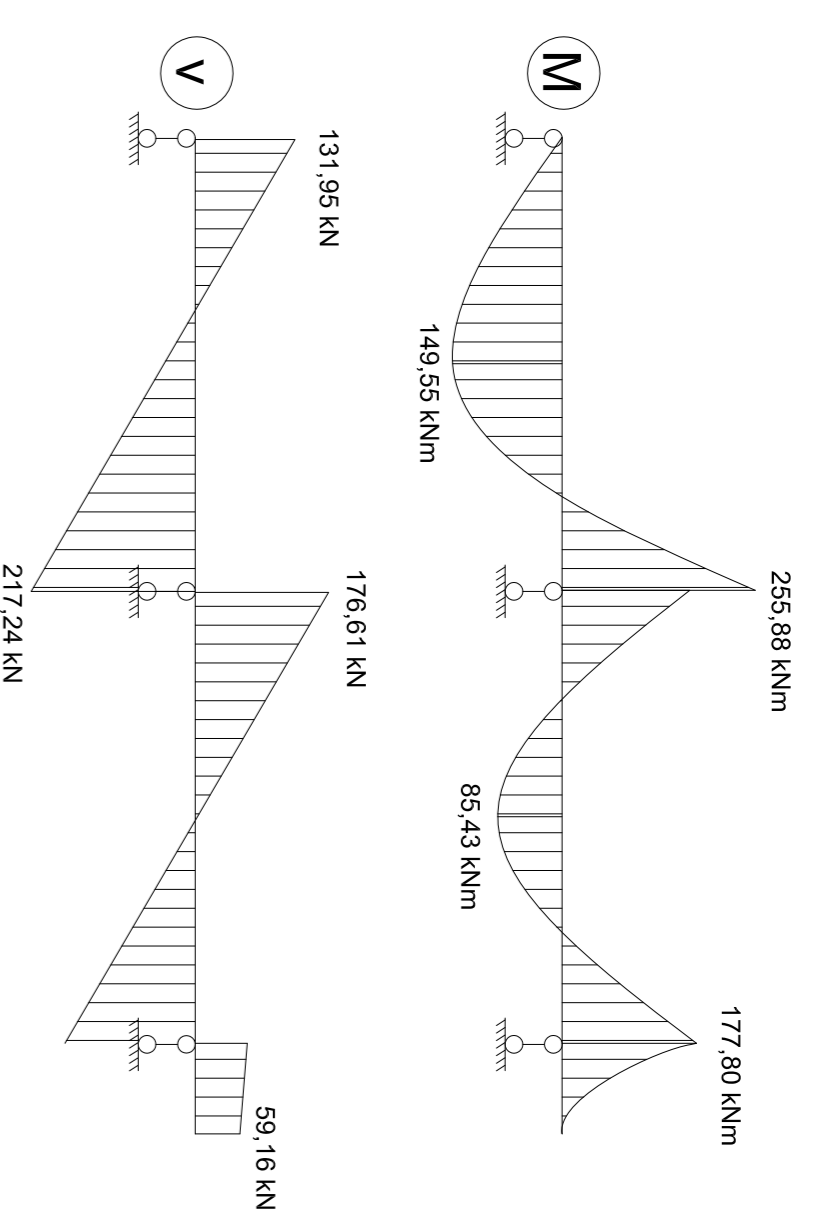
Betono ir metalo sanaudos RLP-1 rėmsijai

Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
RLP-1	-	C40/50	13100	1	4061,00	4061,00	
Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Pieno klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
RLP-1	-	varždis Ø60,3x4	S275	400	8	17,32	138,53
RLP-1	-	varždis 100x6x4	S275	280	1	20,14	20,14
RLP-1	-	varždis 60x4x4	S275	280	8	11,90	95,22
					iš viso:	253,89	

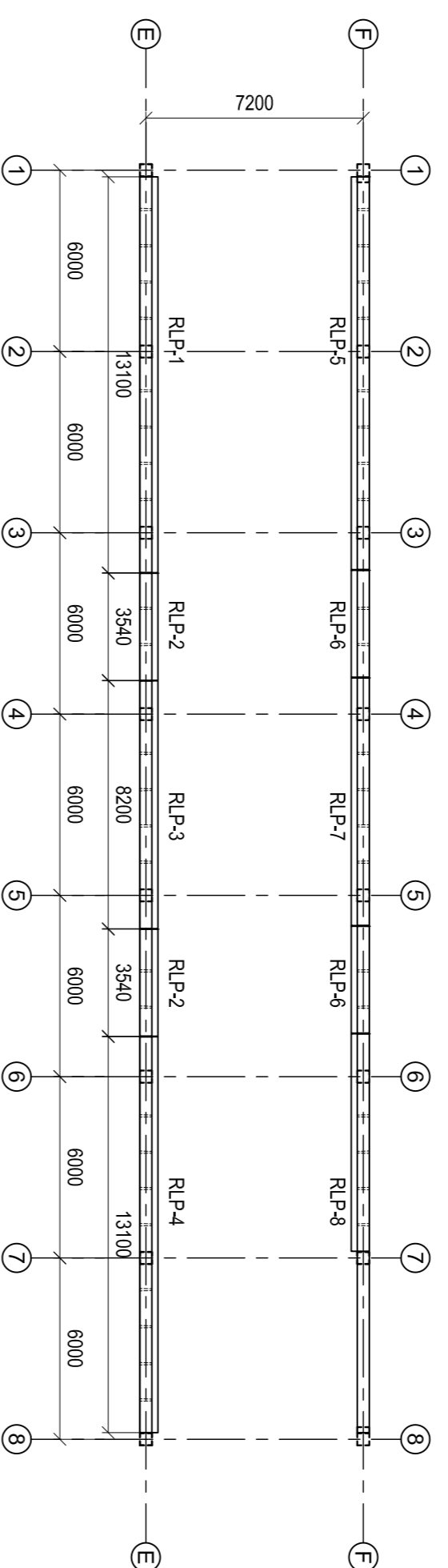
- PASTABOS:**
- Kolonomis naudojamas C30/37 XC1 betonas ir S500 armatūra.
 - Kolona ir gaminiai jungiami standžiai, viršiniai varžtai ir jungtį užbetuojant.
 - Rėmsijoms naudojamas C40/50 XC1 betonas, armuojama iš anksčiau įtemptais lynais Y1770C.
 - Rėmsijų junginiai su kolonomis naudojami varžtai, ant kolonos.
 - Rėmsijų tarpusavyje junginiai naudojami išdėtinis detalės.

Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SKM-5	L. Bernataitė	2017-01-16
SK	Vidutis M. Kaselavicius	2017-01-16
Konsult.	M. Augonis	2017-01-16
Konsult.		
Konsult.		
Projektas	Statybinių konstrukcijų katedra	2017-MBD-SK
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Lapais 6
		Lapų 9

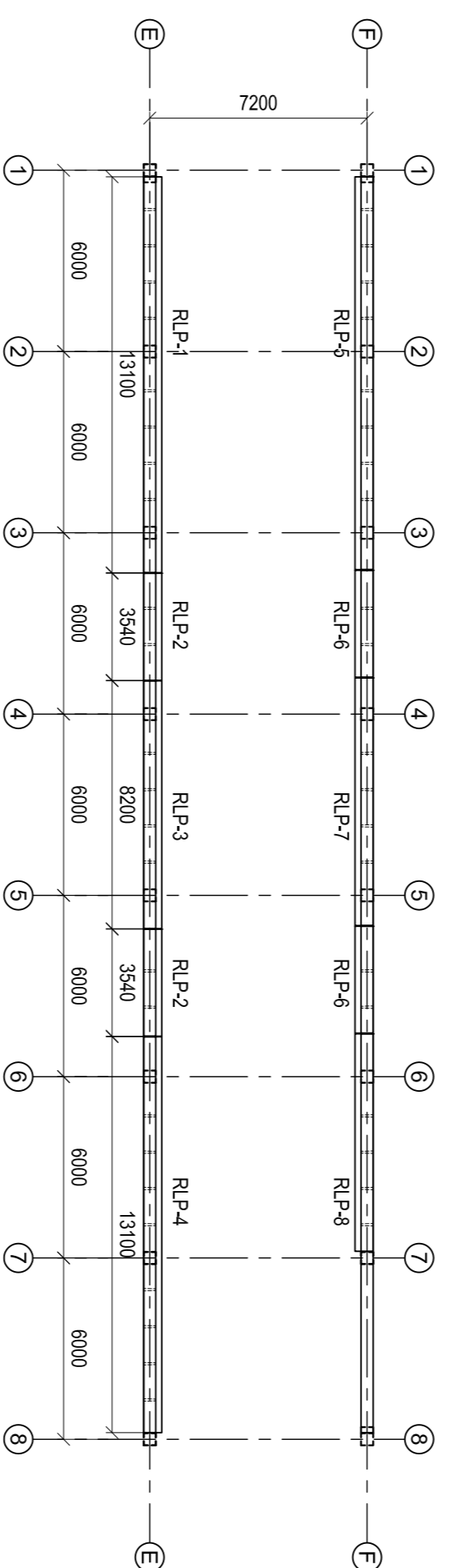
Surenkamos gelžbetoninės rėmsijos įrašų diagramos



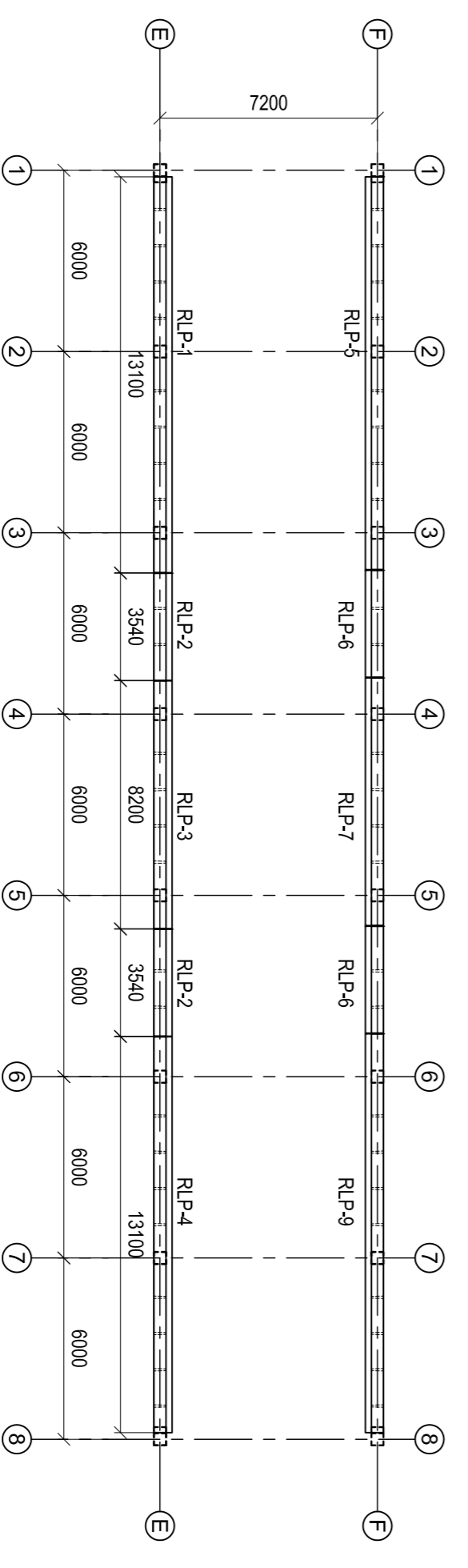
Rėmsijų virš 1 aukšto planas.
Mastelis 1:200



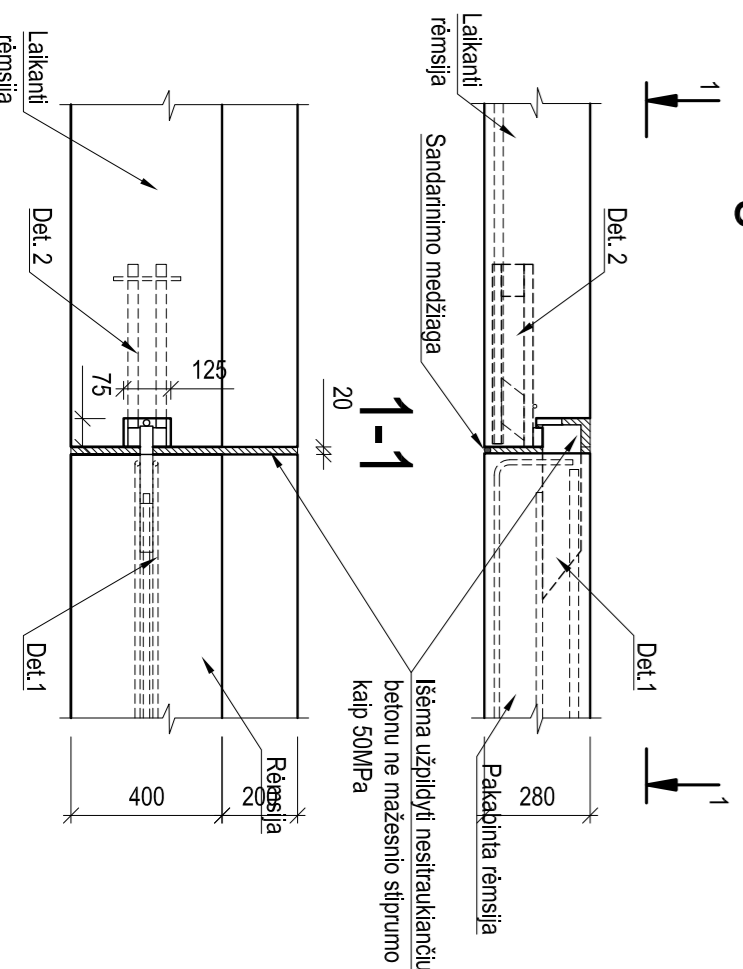
Rėmsijų virš 2 aukšto planas.
Mastelis 1:200



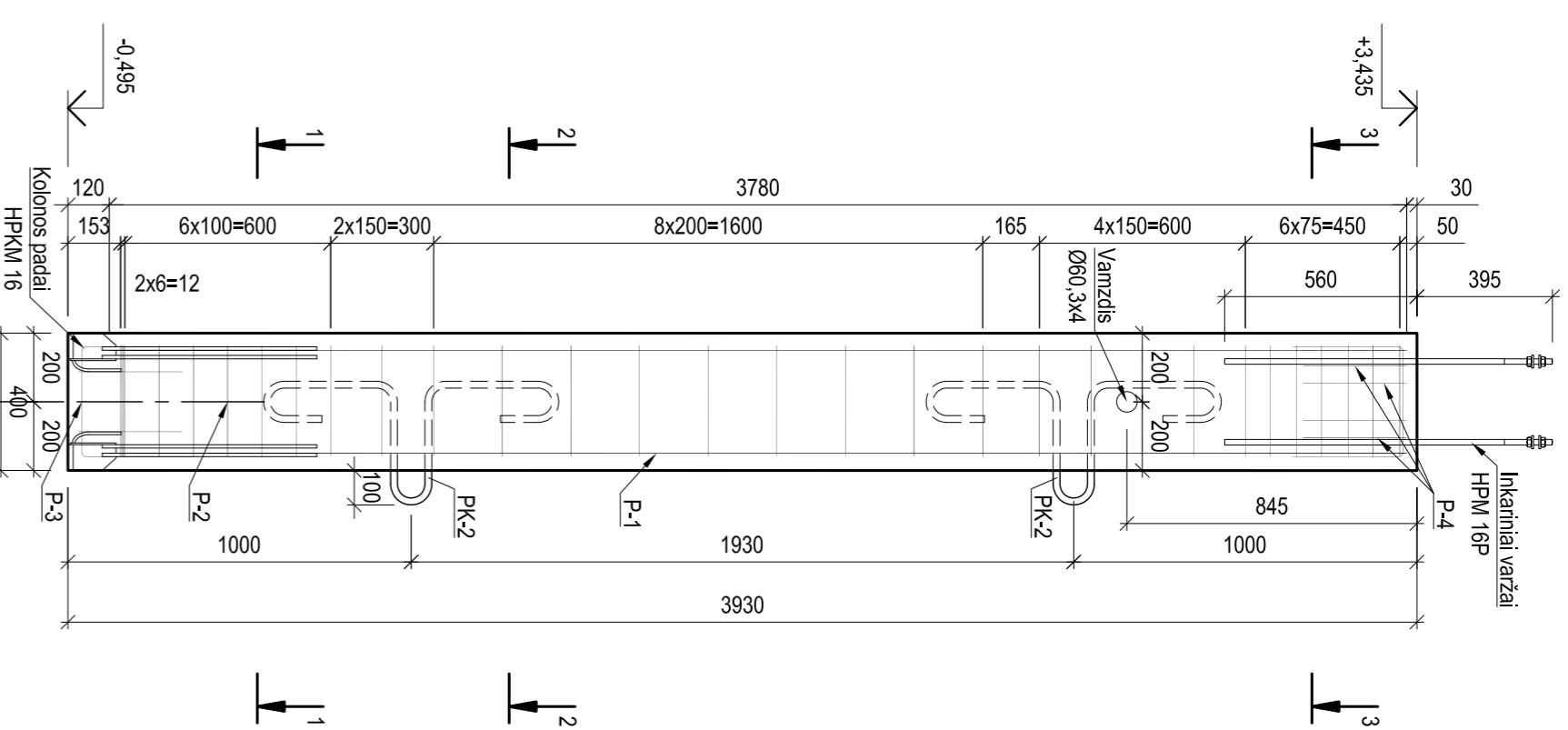
Rėmsijų virš 3 aukšto planas.
Mastelis 1:200



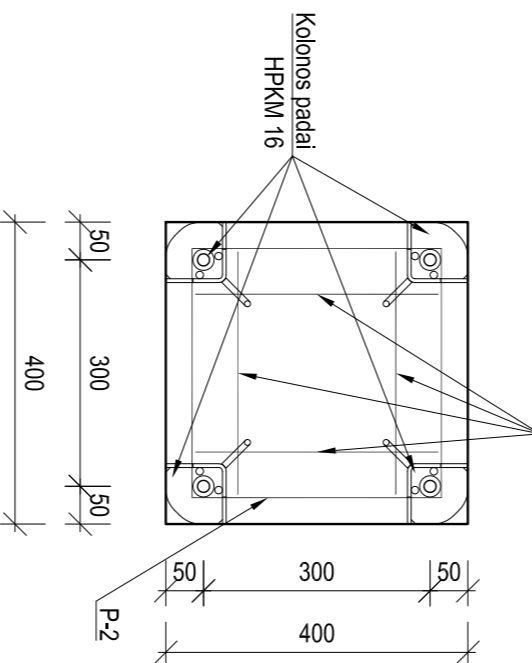
Mazgas "1". Mastelis 1:20



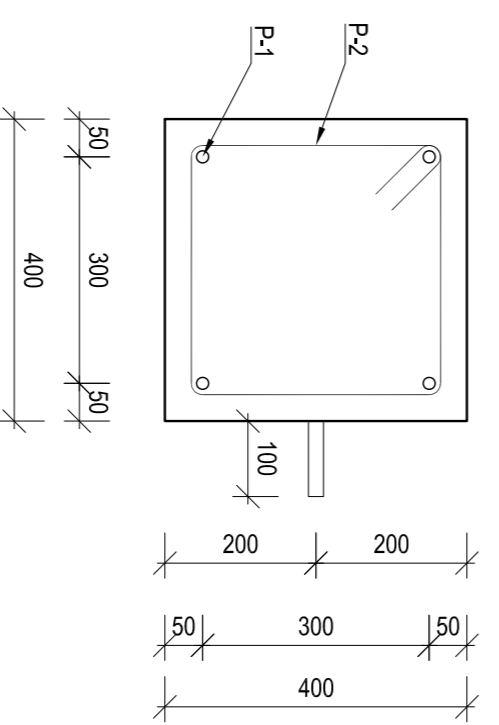
Gelžbetoninė kolona K-5. Mastelis M1:20



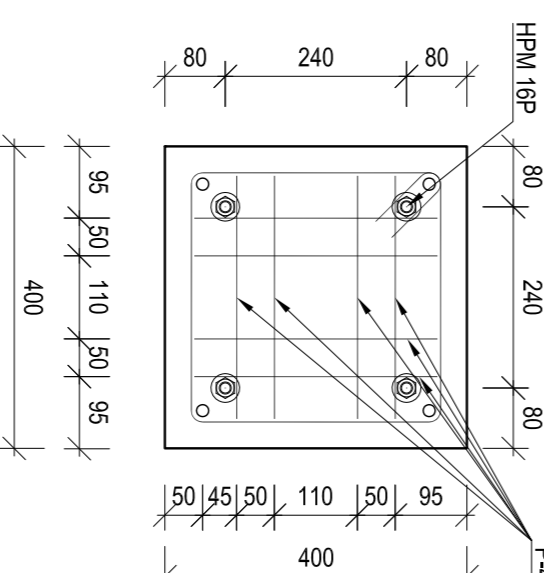
1-1



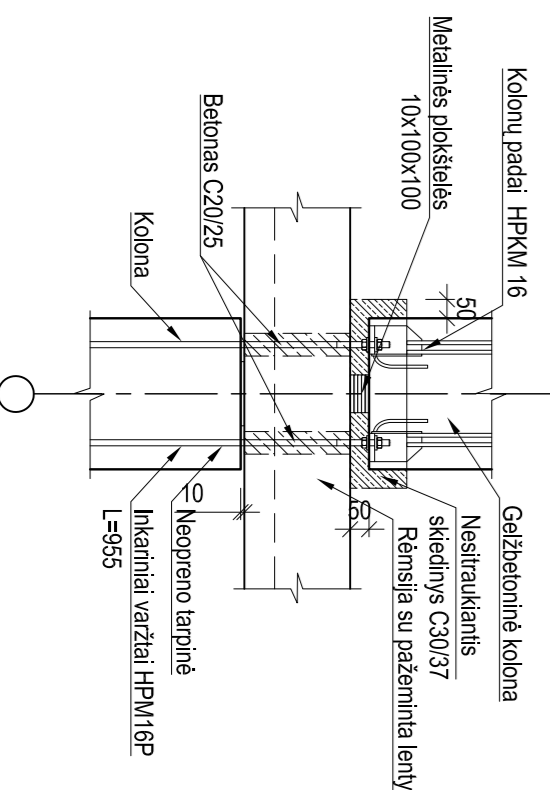
2-2



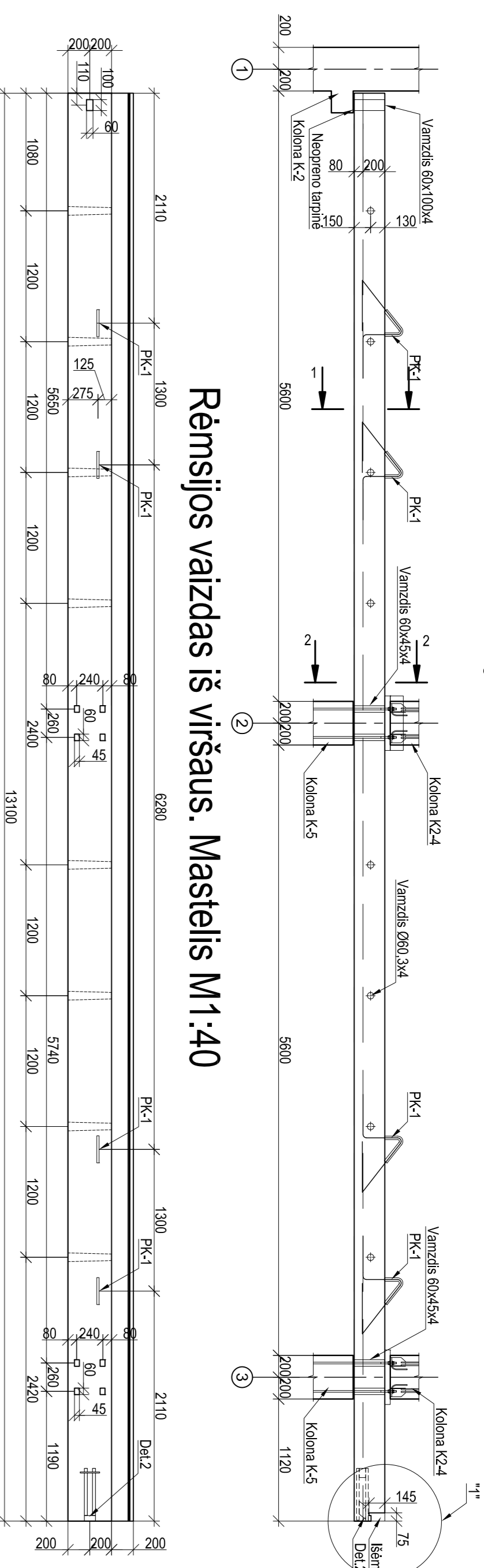
3-3



Kolonų ir rėmsijos jungimas. Mastelis M1:20

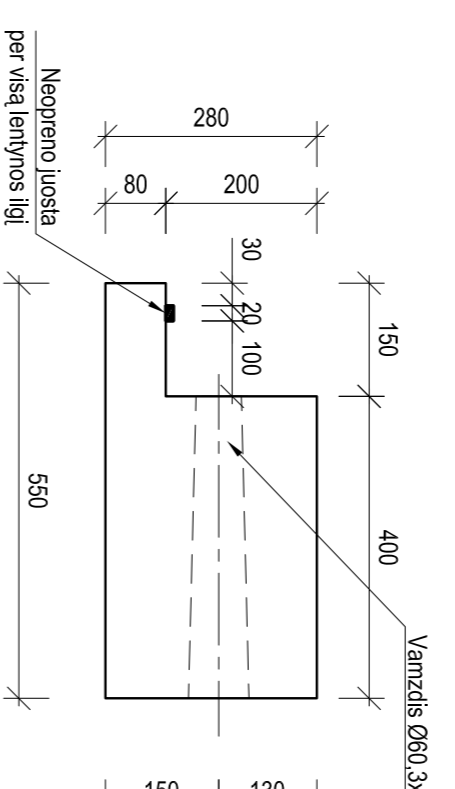


Gelžbetoninė rėmsija RLPR-1. Mastelis M1:40

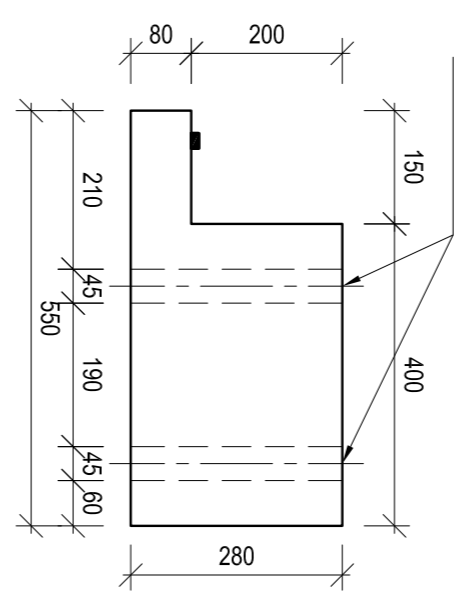


Rėmsijos vaizdas iš viršaus. Mastelis M1:40

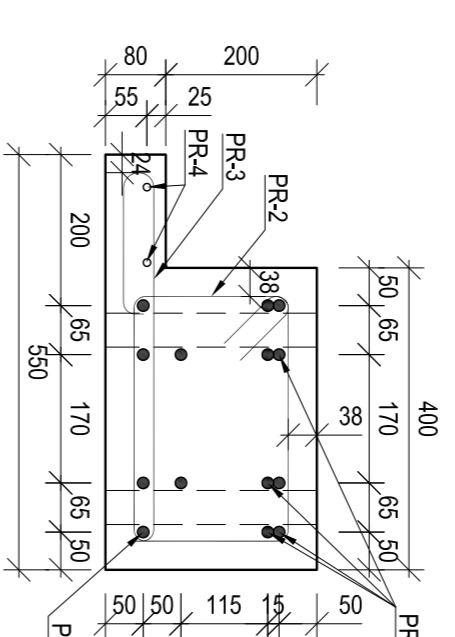
Pjūvis 1-1.
Mastelis M1:10



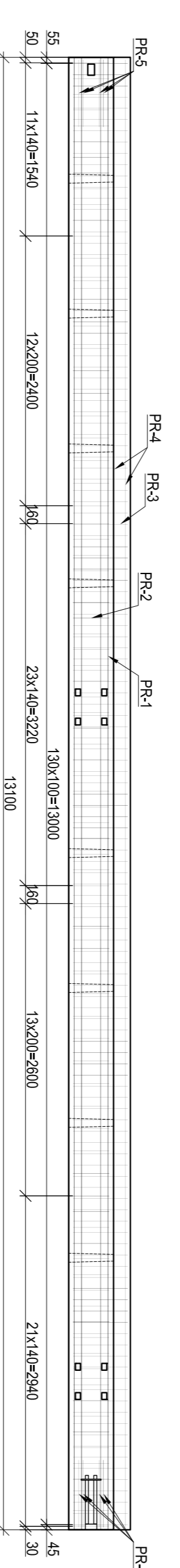
Pjūvis 2-2.
Mastelis M1:10



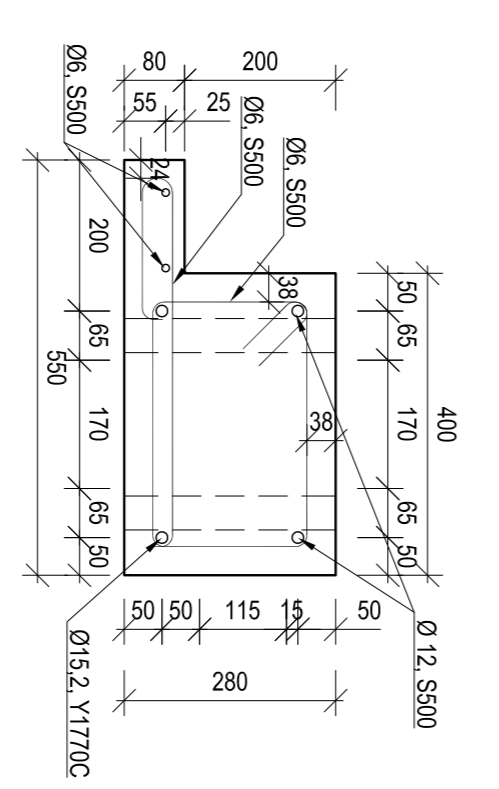
RLP-1 armavimas.
Mastelis M1:10



Rėmsijos RLPR-1 armavimas. Mastelis M1:40



RLP-2 armavimas.
Mastelis M1:10



Armūros specifikacija K-5 kolonai

Posicija žymuo	Gaminio žymuo	Armūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
Kolona K-5	1	Ø16, S500	3,78	5,93	4	15,12	89,59	
	2	Ø6, S500	1,495	0,33	40	59,80	19,71	
	3	Ø6, S500	0,95	0,21	4	3,80	0,80	
	4	Ø8, S500	13,06	5,12	8	104,48	534,71	
PK-2	-	Ø20, S500	1,9	4,55	2	3,80	17,88	18 viso: 17,88

Betono ir metalo sąnaudos K-5 kolonai

Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
K-5	-	400x400	C30/37	3830	6	1572,00	9432,00
	-	400x400	C30/37	3830	6	1572,00	9432,00
RLP-1	-	varnas 60x3x4	S275	400	1	17,32	17,32
	-	HPM 16P	S355	4	1,70	6,80	6,80
18 viso: 6,80							

Armūros specifikacija RLP-1 rėmsijai

Posicija žymuo	Gaminio žymuo	Armūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
Rėmsija RLP-1	PR-1	Ø15,2, Y1770	13,1	14,23	14	183,40	2609,16	Įtempmo jėga P= 839 kN
	PR-2	Ø6, S500	1,23	0,27	83	102,09	27,68	
	PR-3	Ø6, S500	0,645	0,14	131	84,50	12,01	
	PR-4	Ø10, S500	13,06	8,00	2	26,12	208,87	
	PR-5	Ø12, S500	1,42	1,25	8	11,36	14,22	
PK-1	-	Ø15,2, Y1770	1,7	1,85	2	3,40	2871,95	18 viso: 6,28

Betono ir metalo sąnaudos RLP-1 rėmsijai

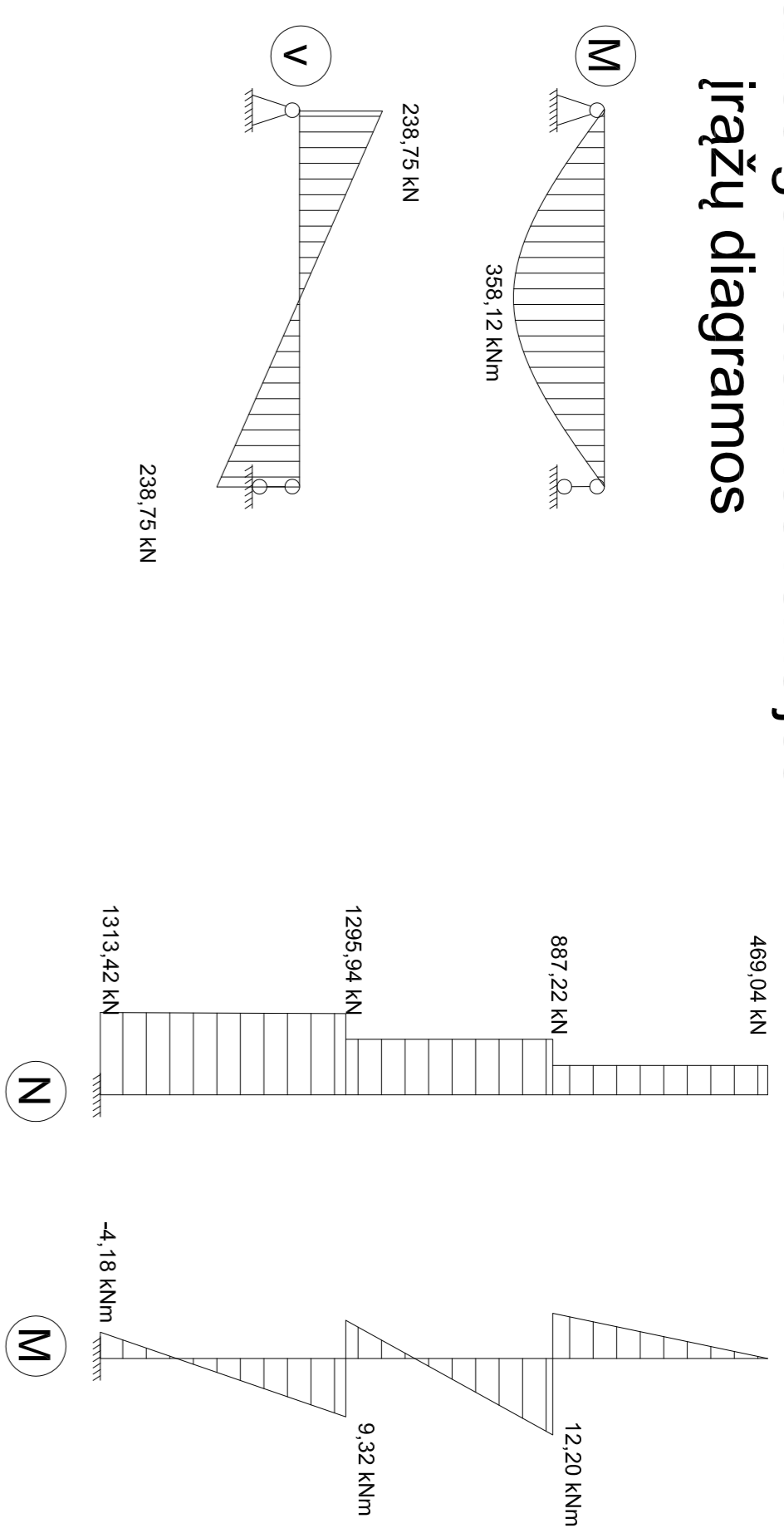
Gaminio markė	Elemento o Nr.	Paradinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masa, kg	Pastabos
RLP-1	-	varnas 60x3x4	S275	400	8	17,32	138,53
	-	varnas 100x3x4	S275	280	1	20,14	20,14
18 viso: 11,90							
18 viso: 253,89							

- PASTABOS:
- Kolonomis naudojamas C30/37 XC1 betonas ir S500 armatūra.
 - Kolona ir gamtasis junginiai standžiai tvirtinami viršuje ir jungiti uždešonuojant.
 - Rėmsijoms naudojamas C40/50 XC1 betonas, armuojama iš anksto įtempiamis lynais Y1770C.
 - Rėmsijų junginiai su kolonomis naudojami viršuje, ant kolonos.
 - Rėmsijų tarpusavyje junginiai naudojami išdėsniais detales.

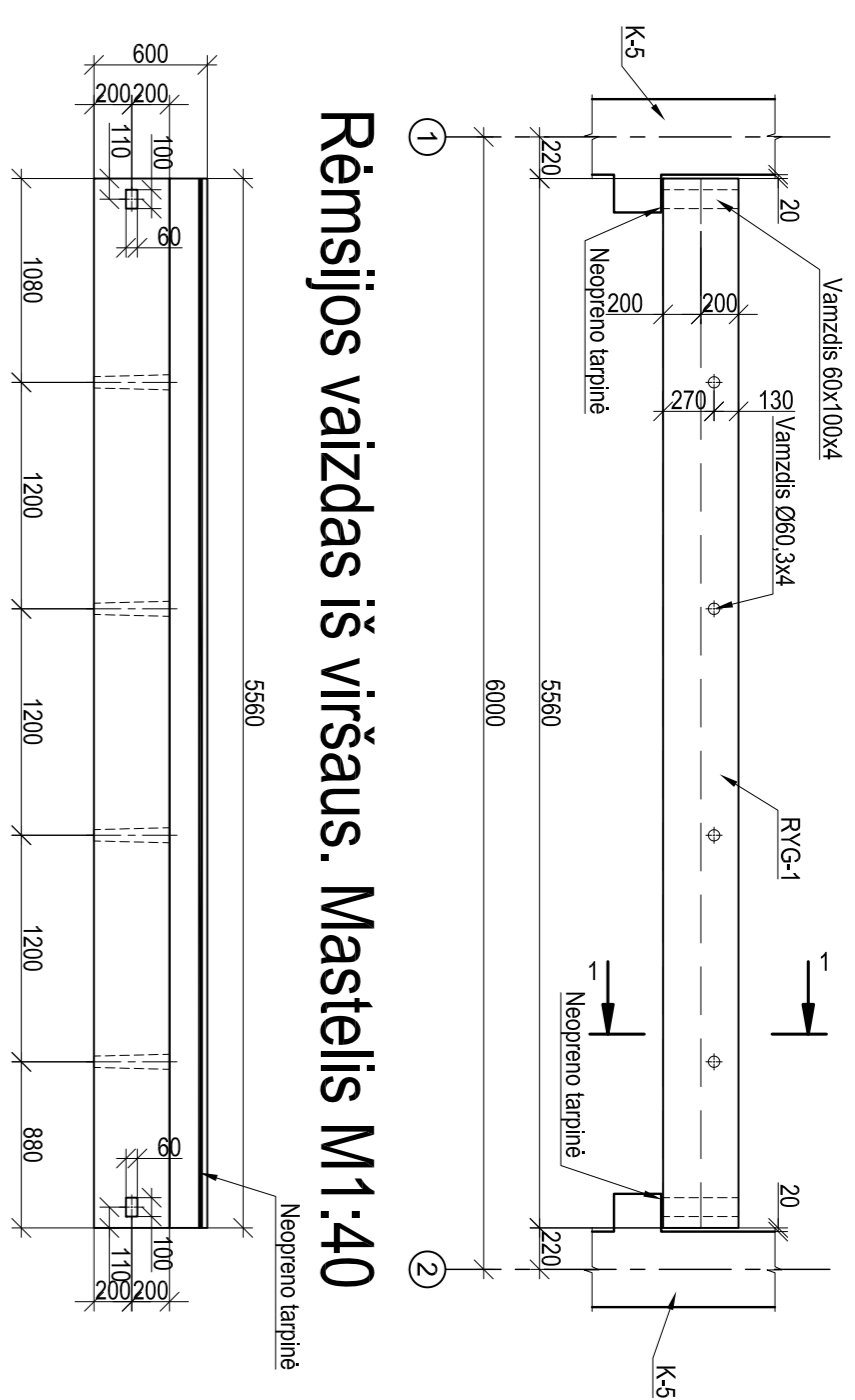
KTU Statybos ir Architektūros fakultetas

Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Statybos L. Bernatė	2017-01-16
SK	Vadovas M. Kaselavičius	2017-01-16
Konsult.	M. Augonis	2017-01-16
Konsult.		
Konsult.		
Projektas	Statybinių konstrukcijų katedra	2017-MBD-SK
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Lapais 6
		Lapų 9

Surenkamos gelžbetoninės kolonos įrašų diagramos

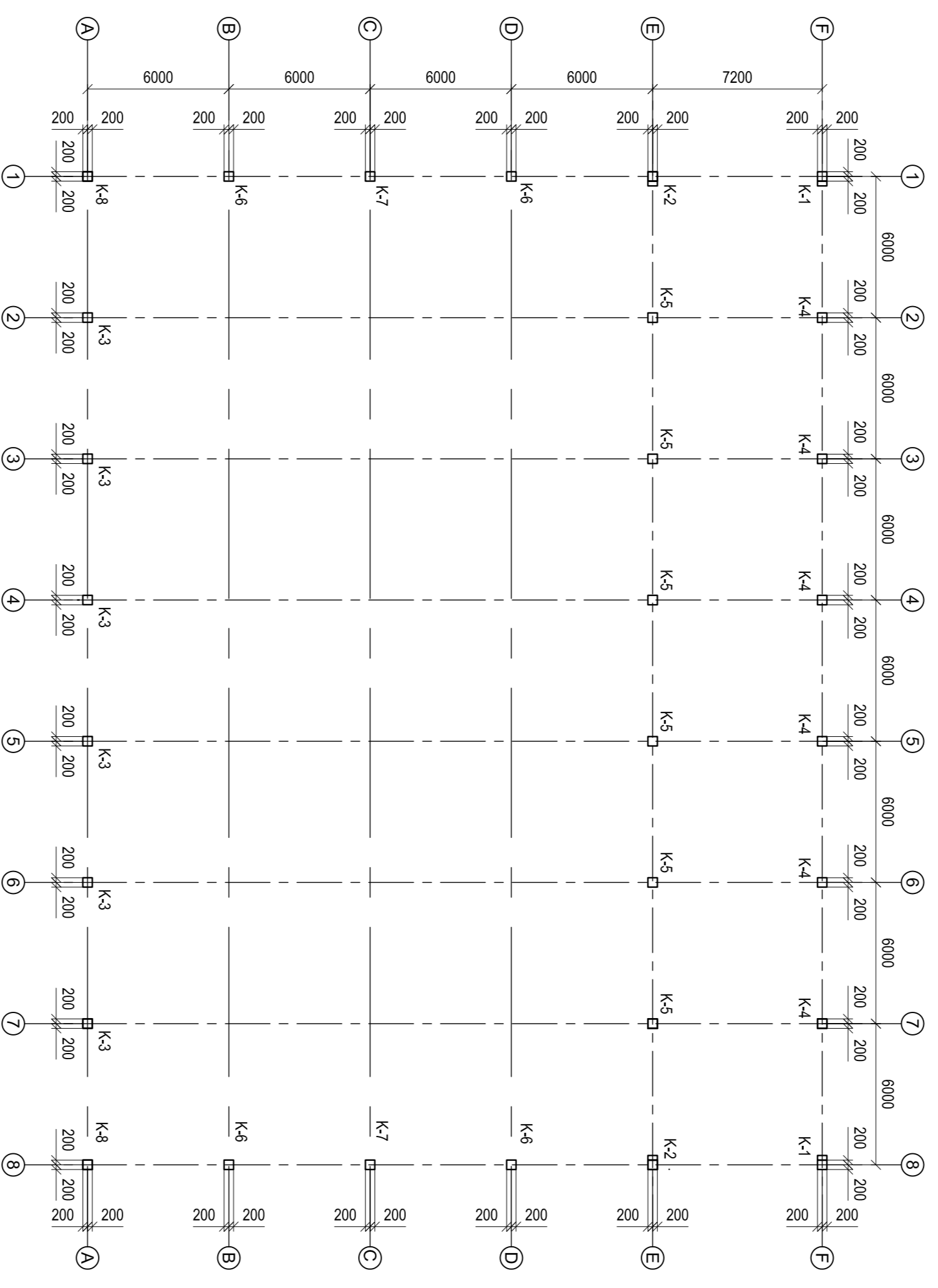


Gelžbetoninė rėmsija RLP-1. Mastelis M1:40

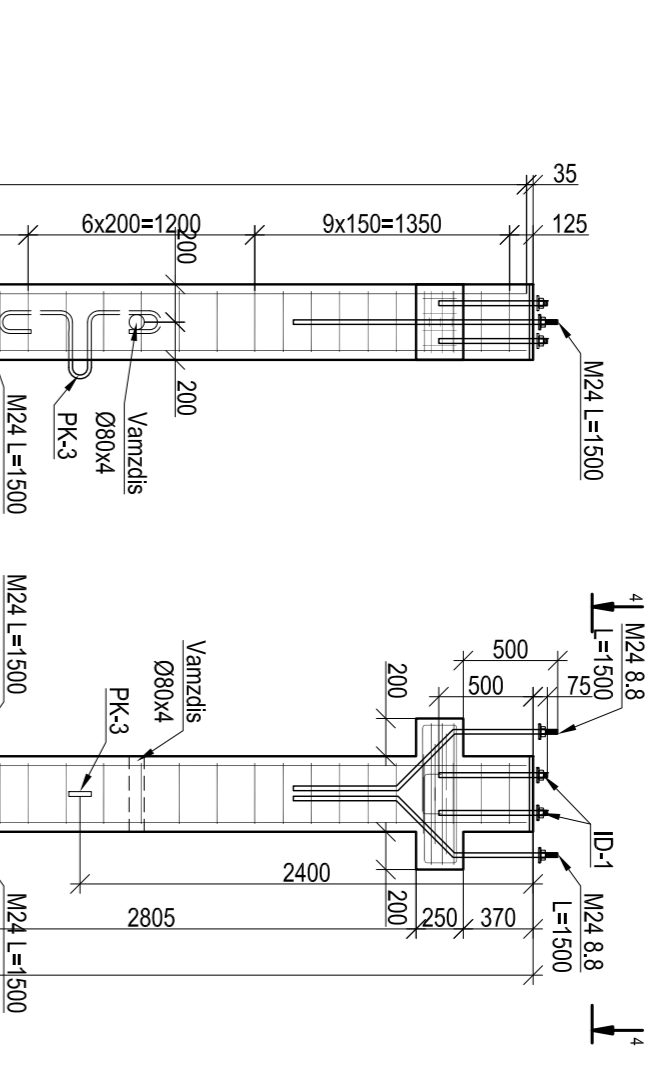


Surenkamos gelžbetoninės rėmsijos įrašų diagramos

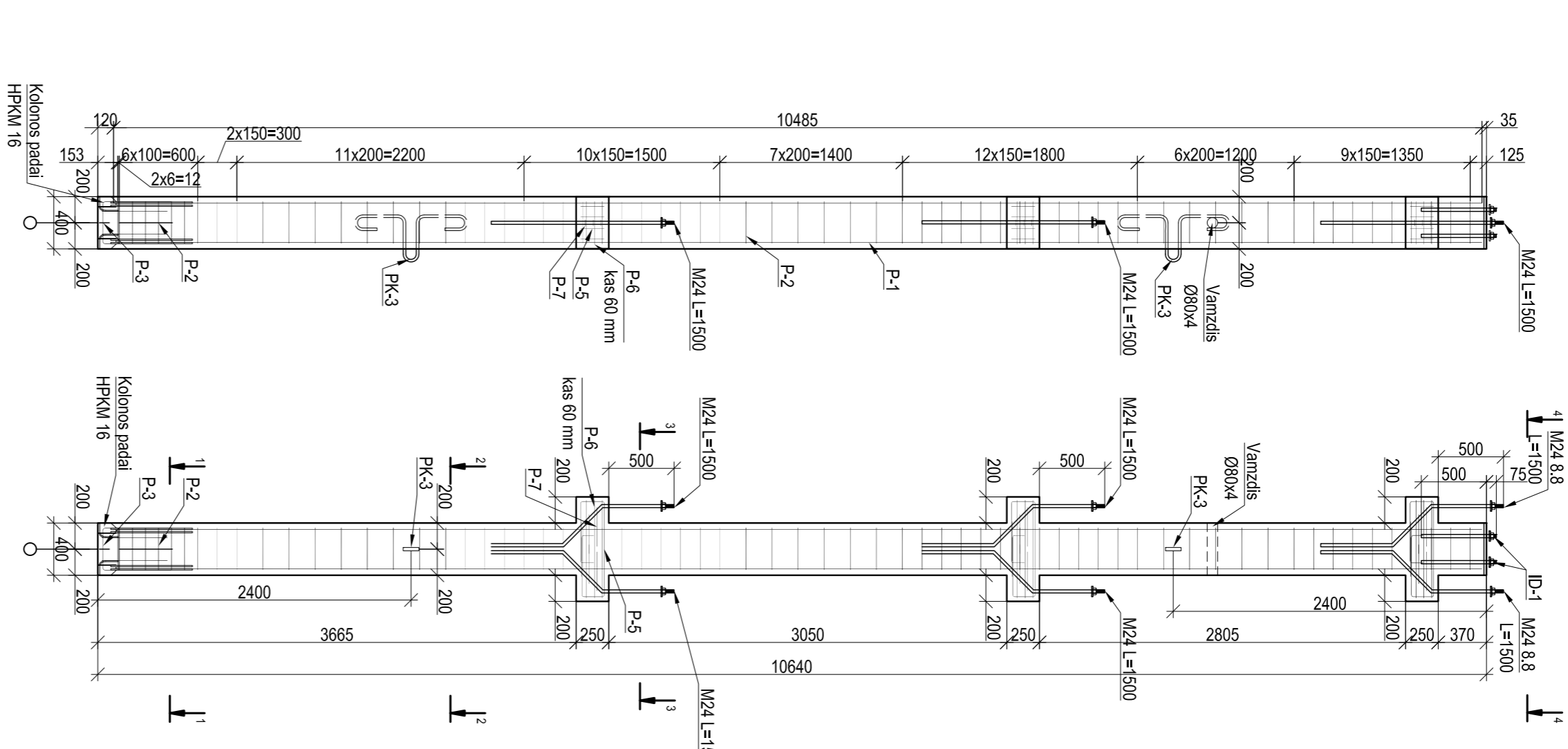
Kolonių planas. Mastelis 1:200



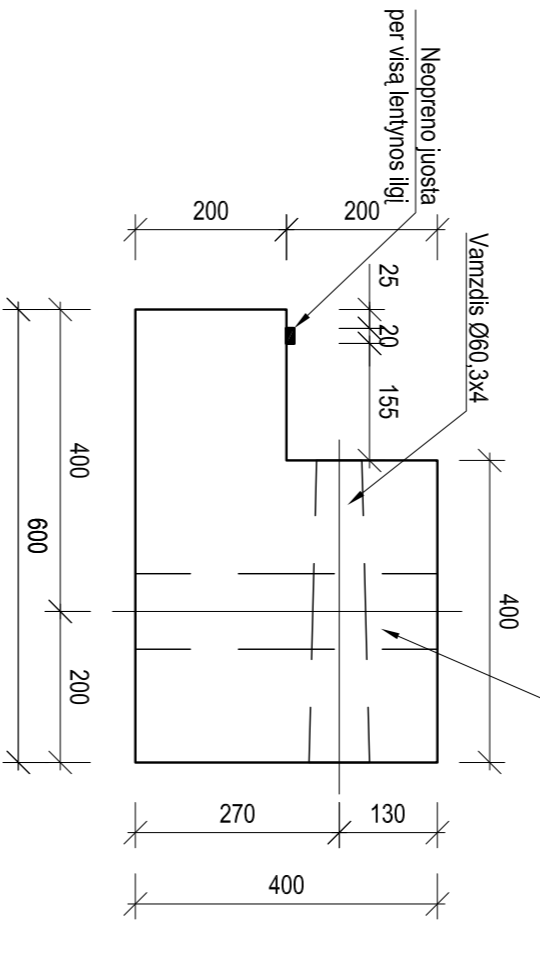
Vaidzas iš šono. Mastelis M1:40



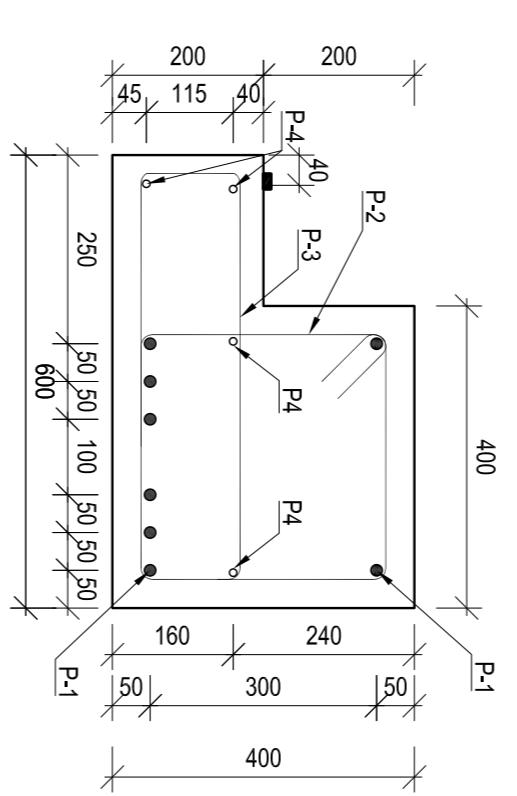
Gelžbetoninė kolona K-5. Mastelis M1:40



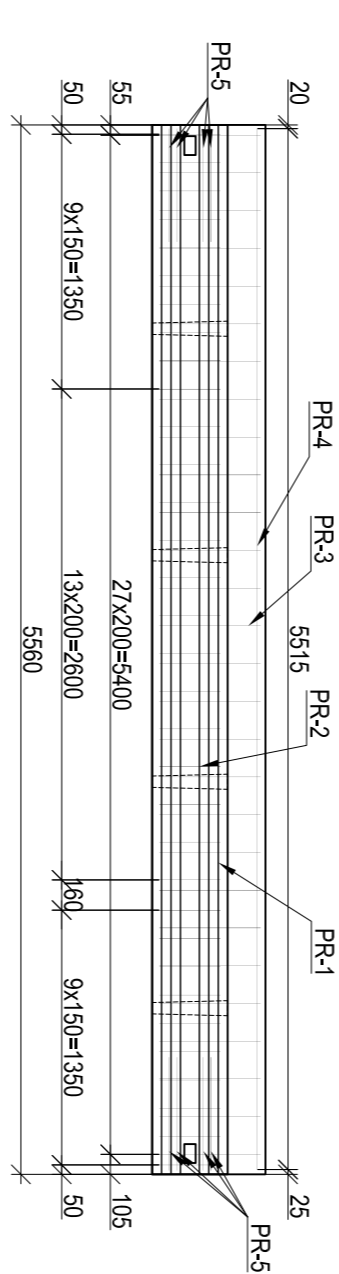
Pjūvis 1-1. Mastelis M1:10



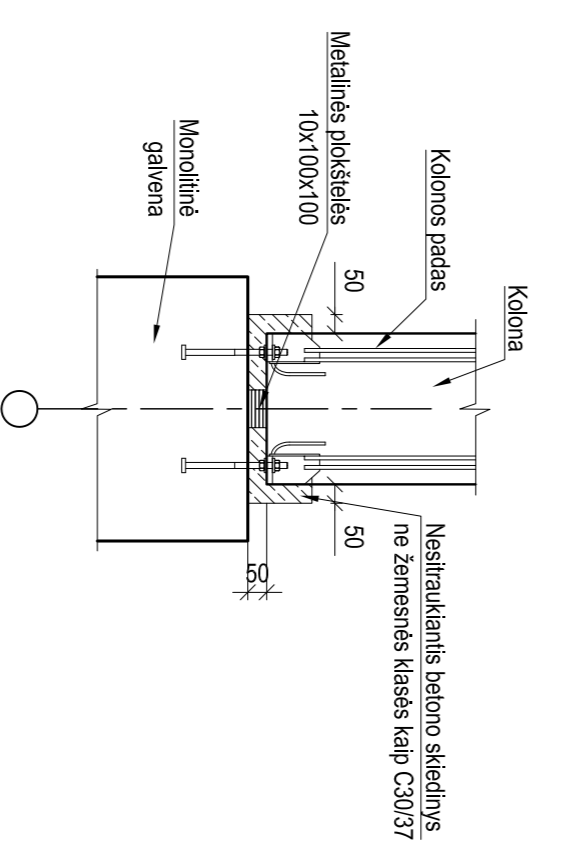
RYG-1 armavimas. Mastelis M1:10



Rėmsijos RYG-1 armavimas. Mastelis M1:40



Gelžbetoninė kolona K-5. Mastelis M1:40



Armaturų specifikacija K-5 kolonai

Posičia žymuo	Gaminio Armaturų sistemos (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1	Ø16, S5500	10.49	16.44	4	41.94	689.29	
2	Ø6, S5500	1.495	0.33	66	98.67	32.52	
3	Ø6, S5500	0.95	0.21	4	3.80	0.80	
4	Ø8, S5500	13.06	5.21	8	104.48	534.71	
5	Ø12, S5500	2.175	1.92	12	26.10	50.05	
6	Ø6, S5500	2.135	0.47	9	19.22	9.04	

IS viso: 1316.41

Betono ir metalo sanaudos K-5 kolonai

Elemento markė o Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg	Elemento bendra	Pastabos
K-5	400x400	C30/37	11	6	4.56	27.34	XC1

Elemento markė o Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Pieno ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg	Elemento bendra	Pastabos
RLP-1	varždis Ø80x4	S275	400	1	20.90	20.90
RLP-1	ID-1	S355	1	10.02	10.02	
RLP-1	HPM 24 P	S355	1500	6	2.50	15.00
RLP-1	HPM 16P	S355	-	4	1.70	6.80

IS viso: 6.80

Armaturų specifikacija RLP-1 rėmsijai

Posičia žymuo	Gaminio Armaturų sistemos (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto masė, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1	Ø15.2, Y1770	5.560	6.04	10	55.60	335.72	tempmuo įega P= 839 kN
2	Ø6, S5800	1.470	0.32	33	48.51	15.72	
3	Ø6, S5500	1.300	0.29	27	35.10	10.06	
4	Ø10, S5500	5.515	3.38	4	22.06	74.49	
5	Ø12, S5500	1.540	1.36	8	12.32	16.73	

IS viso: 452.72

Betono ir metalo sanaudos RLP-1 rėmsijai

Elemento markė o Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Betono klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg	Elemento bendra	Pastabos
RYG-1	C40/50	S560	5560	1	2790.00	2790.00	XC1

Elemento markė o Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Pieno ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg	Elemento bendra	Pastabos
RLP-1	varždis Ø60x3x4	S275	400	4	17.32	69.26
RLP-1	varždis 100x6x4	S275	280	2	20.14	40.27

IS viso: 109.54

- PASTABOS:**
- Kolonomis naudojamas C30/37 XC1 betonas ir S500 armatūra.
 - Kolonoje ir rėmsijoje naudojama HP16 ir HP24 armatūra.
 - Rėmsijoms naudojamas C40/50 XC1 betonas, armuojami su 8 skersio temperamais lynais Y1770C.
 - Rėmsijų junginiai su kolonomis naudojami varžtai, ant kolonos.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Stovykla L. Bernotaitė 2017-2018	UNIVERSALIOS SPORTO SALES PASTATO STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS
SK	Vadovas M. Kasalavicius 2017-2018	Surenkamų rėmsijų planai.
Konsult.	M. Augonis 2017-2018	RLP-1 ir K-5 išdėžiniai
Konsult.	-	-
Fr. darbas	Statybinių konstrukcijų katedra LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-SK
MBD	-	Lapais 7
-	-	Lapų 9

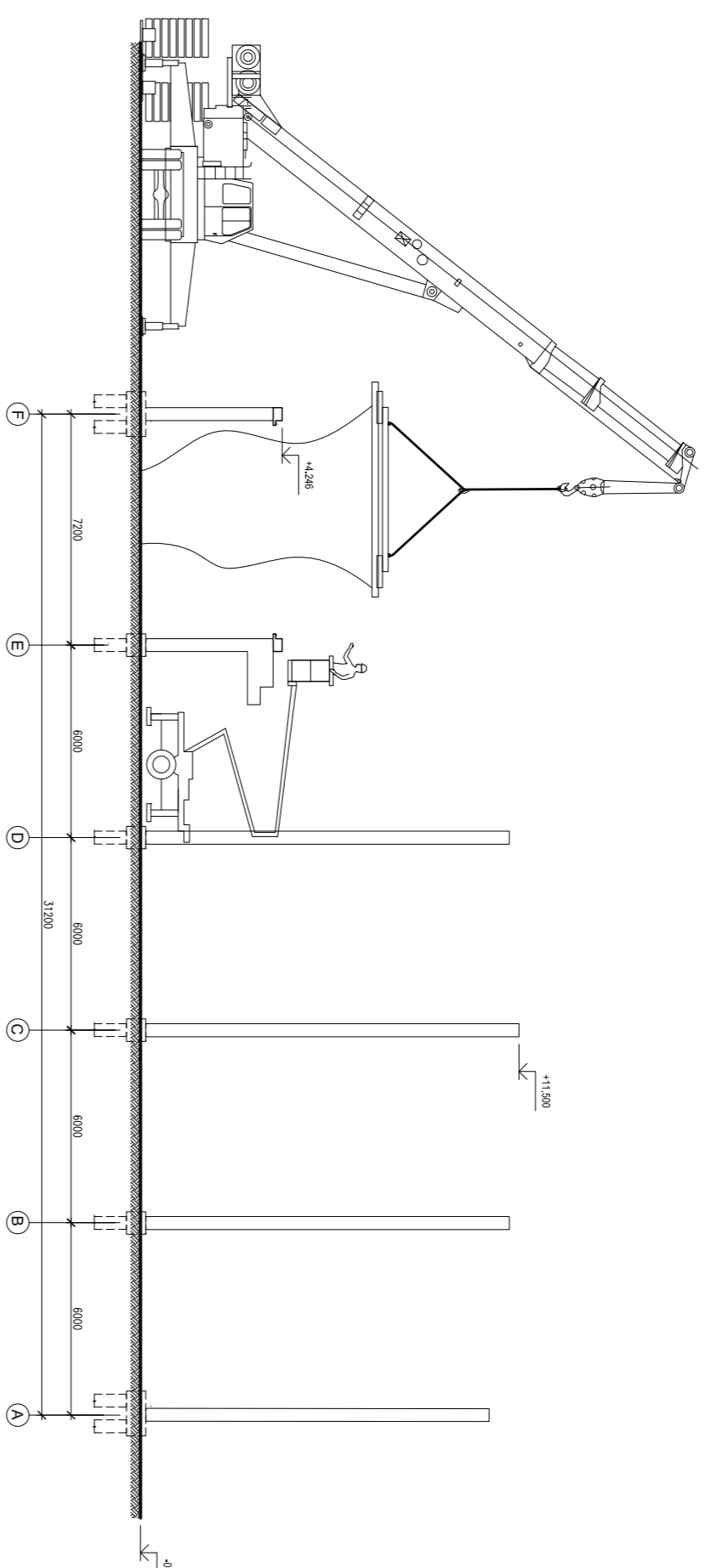
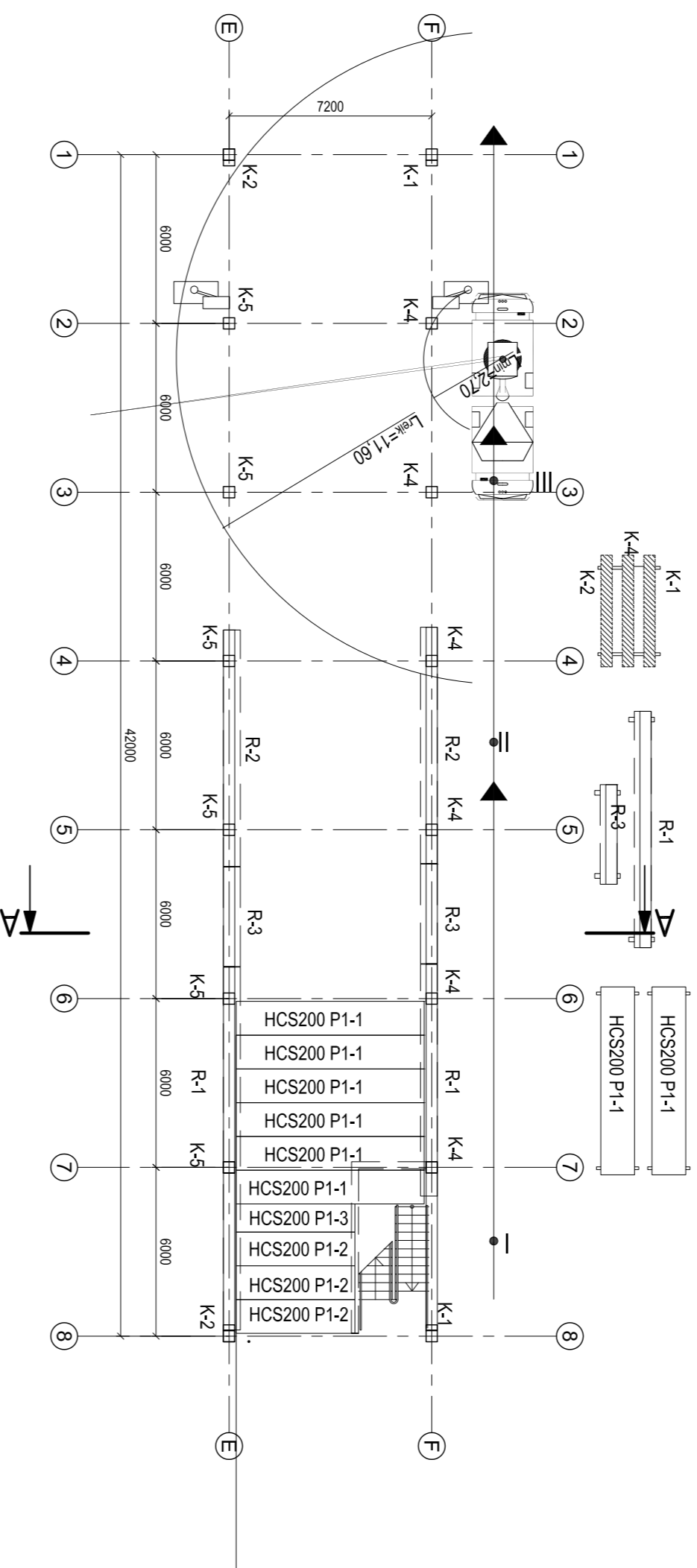
Technologinės kortelės paskirtis

Technologinė kortelė skirta gelžbetoninio karkaso montavimui. Šioje kortelėje aprašomas tik pirmo aukšto karkaso montavimas. Karkasas montuojamas kompleksiniu būdu dviem etapais. Pirmame etape montuojamos visos pastato 1 aukšto ir salės kolonos; antrame - kompleksiniu būdu rygeliai, perdangos plokštės; kranų stovėjimo vietos pažymėtos IIII tarsiškai. Kolonos užmaunamos ant inžinerinių varžtų įbetonuoti į pamatus. Pastatytų kolonų vertikalumas tikrinamas dviem teodolitais. Patikslinus kolonos padėti, jos sandūros su pamatais užbetonuojamos. Laikini įvairinimai nuimami tik tuomet, kai sandūrų betonas pasiekia 70 % projekcinio stiprumo. Rygeliai montuojami po to, kai kolonų ir pamatų sandūrų betonas pasiekia 70 % projekcinio stiprumo. Rygelis užkabrinamas ant stropo. Keliamo rygelio padėti reguliuoja du montuojami atotampomis. Padėtas rygelis įvairinamas užveržiant inžinerinius varžtus. Rygelio padėtis tikrinama niveliuru, teodolitu ir paskui jis galutinai suįngiamas su kolona.

Naudojamos 1,2x6,64 tipo perdangos plokštės, jos montuojamos tik ant galutinai įvairintų rygelių. Perdangos plokštės pradedama montuoti nuo vieno tarpakramio krašto į kitą. Pirmąją plokščių darbininkai montuoja stovėdami ant specialiai įrengtų montavimo aikštelių. Kitas plokštės montuotojai priima stovėdami ant ankščiau padėtų plokščių. Galiausiai užtaisomi tarpai tarp plokščių užmonolitant.

Karkaso įrengimo darbuose dalyvauja viena brigada, kurios sudėtyje yra 8 darbuotojai ir sandomi pagalbiniai, kad darbai vyktų greičiau. Darbai vykdomi viena pamaina, dirbant su vienu kranu, procesai užtruks 48 darbo dienas.

DENGINIO SIŪJ MONTAVIMO TECHNOLOGINIS PLANAS Mastelis 1:200



Sutartiniai žymėjimai:

S-1, -5 - Konstrukcijų montavimo eiliškumas;

I, II - Kranų stovėjimo vietos;

- Konstrukcijų sandėliavimo vietas;

- Kranų judėjimo kryptis.

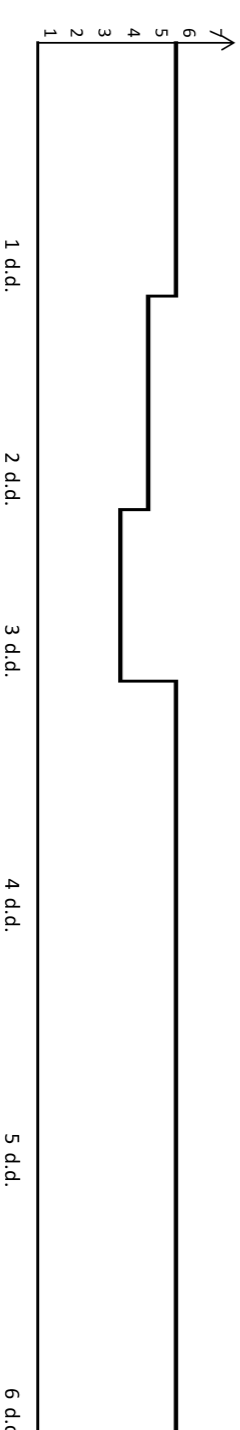
Kalendorinis gelžbetoninio karkaso montavimo darbų vykdymo grafikas

Eil. Nr.	Ciklai ir procesai	Darbo apimtis			Darbo sąmatos			Bridgolos sudėtis	Darbininkų skaičius		Darbo trukmė, e	Norminė Planuojama, vykdymui, N% Planuojama, vykdymui, N% Kvalitavimo greitis	Normų Nr.	Bėdas
		Mat. vnt.	Kiekį s	Kiekį m, D, p	Norm. in m, D, p	Zm. D, p	TP		skaičius	skaičius, a				
1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13
2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13
3		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13
4		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13

$$N_{vid} = \frac{\sum Q_{n,i}}{T} = 39 / 6 = 6,5$$

$$K_1 = N_{max} / N_{vid} = 6 / 5 = 1,2 < 1,5$$

$$K_2 = t / T = 1 / 1 = 1$$



Trumpas technologinio proceso aprašymas

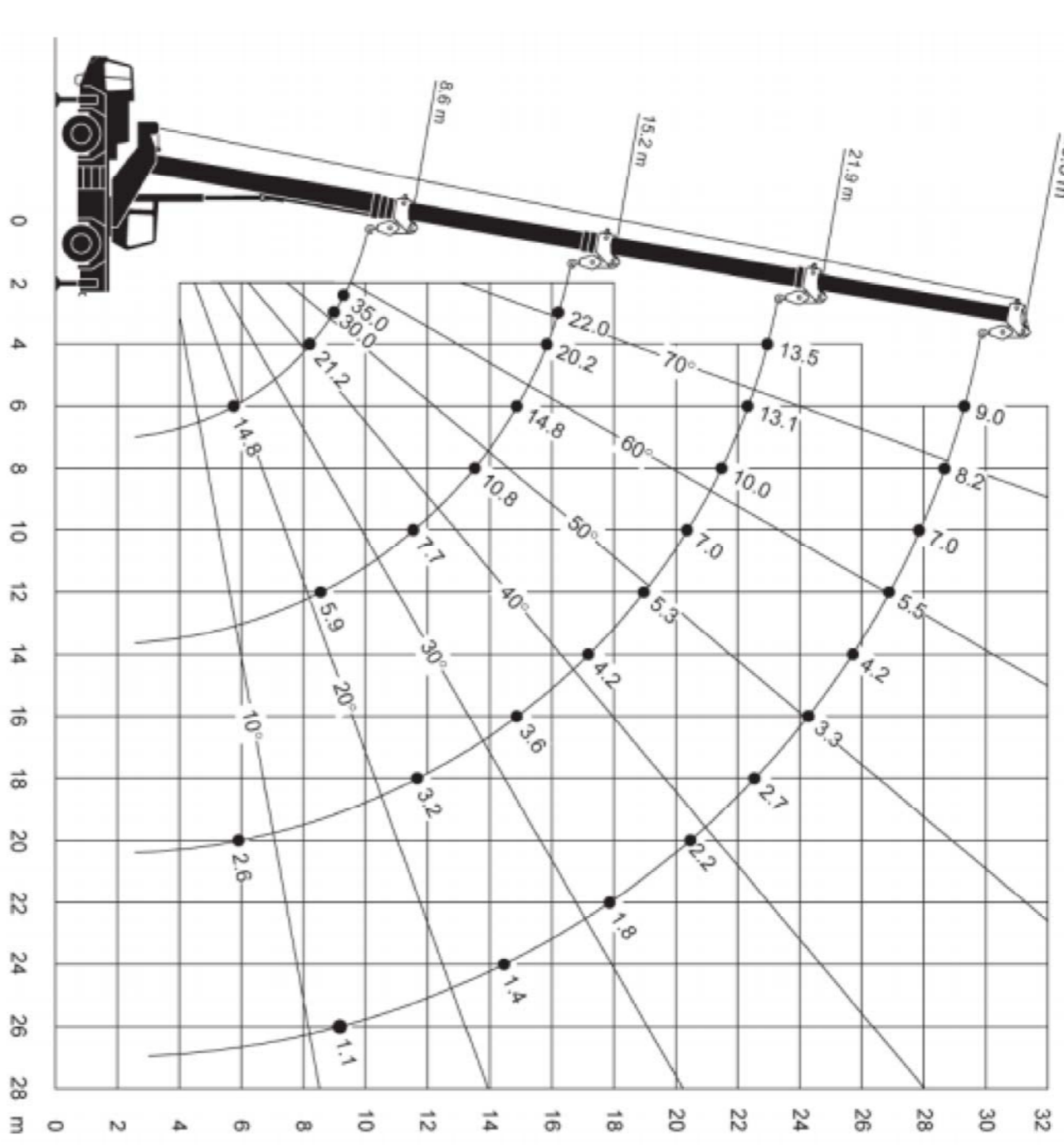
Karkasas montuojamas nuo 8 ašies link 1. Šia trajektorija kranas juda tris kartus iš eilės pirmiausias sumontuojamos kolonos, tada rėmsijos ir galiausiai plokštės.

Kolonos ir rėmsijos montuojamos varžtais. Perdangos ant neopreno tarpinių. Sijos montuojamos nuosekliai kranu judant nustatyta trajektorija.

Kolonų vertikalumas užtikrinamas teodolito pagalba statant ji iš dviejų kolonos pusių 90° kampū. Rėmsijos montuojamos ant kolonų jų reikia patikrinti kad rėmsijos ant kolonų atstierintų vienodu atstumu.

Konstrukcijų montavimo darbuose dalyvauja viena brigada, kurios sudėtyje 6 žmonės, darbai vykdomi 6 dienas 1 pamaina, dirbant su vienu kranu.

PJŪVIS A-A. Mastelis 1:200



Kranų keliamosios galios priklausomybė nuo strėtės siekio

Krano techninės charakteristikos

Eil. Nr.	Techninės charakteristikos	FAUN ATF 30
1	Charaktėriškos	2L
2	Keliamoji galia	30,1
3	Stiebas ilgis	29,50 m
3	Maksimalus siekis	26 m

Keltuvo techninės charakteristikos

Eil. nr	Techninės charakteristikos	Nirby/HR 12 DE
1	Darbinis aukštis	12,20 m
2	Keliamoji galia	200 kg
3	Horizontalus siekis	6,1 m

Leistinos nuokrypos

Elementas	Leistinos nuokrypos, mm	
	ilgis	Skerspjūvio plotis
Siūjų iki 24 m ilgio	±10	±10
Siūjų nuokrypis nuo žymėjimo ašų	±10	±25
Kolona	±10	±10
Kolonas nuokrypis nuo žymėjimo ašų	±10	±10
Kraurinėta perdangos plokštė	±10	±10
Plokštės nuokrypis nuo žymėjimo ašų	±10	±20

Darbu kokybės reikalavimai

Naudojamos statybinės medžiagos, gaminiai, įrenginiai bei jų kokybė turi atitikti standartų reikalavimus ir projekte nustatytą statinio kokybės lygmenį. Gamyklose turi būti nuolat tikrinama produkcijos kokybė ir išduodami jos sertifikatai, atitinkantys sutartį, reglamentuojančių statinio kokybę, reikalavimus. Į statybvietę pristatomi gaminiai, medžiagos, įrenginiai turi būti tinkamai įpakuojami, kraunami, gabenami, iškraunami ir laikomi. Statybos darbininkai dirbdami įvairius darbus, privalo naudoti numatytas geras medžiagas, gaminius, įrankius. Atliktų darbų kokybę vertinama lyginant darbo metu padarytus nuokrypius su leidžiamaisiais nuokrypiais.

Darbu saugos reikalavimai

Konstruktivas montuojantys darbininkai turi būti išklause montuotojų darbų saugos instrukciją, turėti montuotojų ir prikabintojų pažymėjimus. Stebėti ir užtikrinti, kad į montavimo zoną nepatektų pašaliniai asmenys ar technika, gauti užkliudyti laikinus konstrukcijų paramosymo įrenginius išrovimui ir kėlimui. Į projektinge padėti, naudoti svorį atitinkančią inventorinę įrangą. Konstrukcijas montuojantiems darbininkams stovint ant montavimo aikštelių, jei aukštis didelis, rekomenduojama naudoti automobiliškus bokštėlius, keltuvus ar pastolius.

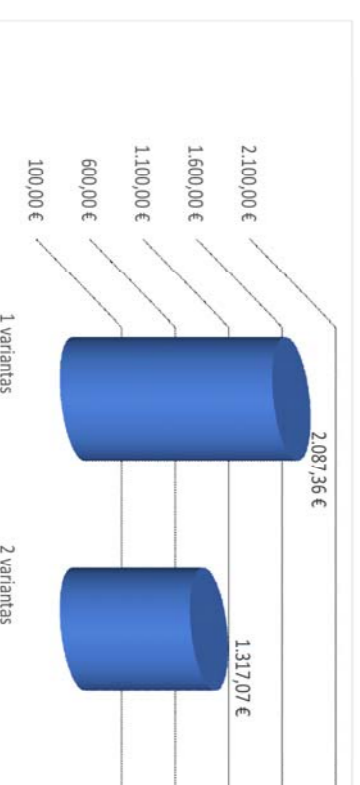
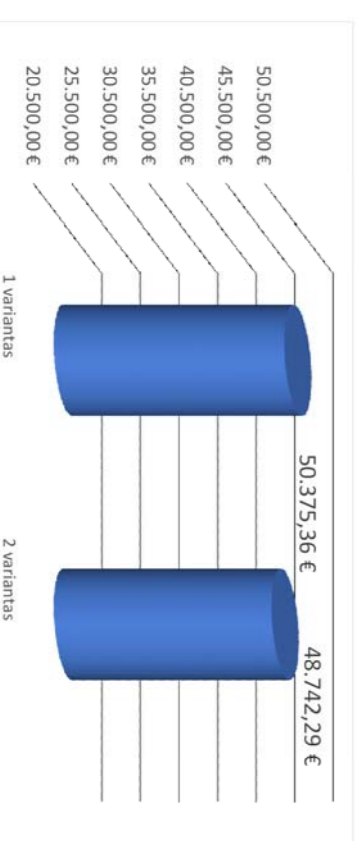
GELŽBETONINIO KARKASO 1 IR 2 VARIANTŲ EKONOMINIS PALYGINIMAS

Bendros kainos palyginimas, Eur

Darbo užmokesčio palyginimas, Eur

Medžiagų kainos palyginimas, Eur

Mechanizmų kainos palyginimas, Eur



Techniniai-ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	Matavimais	Kiekis
1	Karkaso montavimas	vnt./m ³	16/72
2	Darbu sandūros	žm. d.	11,53
3	Mechanizmų sandūros	mas. pam.	10,55
4	Darbuotojų išdirbis	vnt./m ³ /žm.d.	20,00
6	Darbu trukmė	d	8,43
7	Normų vykdymas	%	100
			128,83

KTU Statybos ir Architektūros fakultetas

Magistro baigiamasis darbas

Grupė	Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studijoms L. Bernatė	UNIVERSALIOS SPORTO SALES PASTATO STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS
SK	Valdovas M. Kasalavicius	2017-201-16
	Konsult. 2017-201-16	
	Konsult. 2017-201-16	
	Konsult.	
Pradapas	Statybinių konstrukcijų katedra	2017-MBD-SK
MBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Lapais 6
		Lygių 9