



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Vika Porutytė

**Gamybinės – administracinės paskirties pastato statybinių
konstrukcijų dalies projektas**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Mindaugas Augonis

(data)

**GAMYBINĖS – ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

T000M167

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Mindaugas Augonis

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Vardenis Pavardenis

(data)

Projektą atliko

(parašas) Vika Porutytė

(data)

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Vika Porutytė

(Studento vardas, pavardė)

Statyba 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Gamybinės - administracinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. sausio 16 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vikos Porutytės**, baigiamasis projektas tema „Gamybinės – administracinės paskirties 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)

Porutytė, Vika. Gamybinės – administracinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Mindaugas Augonis; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *gamykla, santvara, pokraninė sija, kolona, ekonominis palyginimas.*
Kaunas, 2017. 136 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe suprojektuotas gamybinės – administracinės paskirties pastatas, numatytas statyti Taikos pr. 116B, Kaune. Tai yra gamybos paskirties ypatingas statinys, priskiriamas negyvenamųjų pastatų grupei. Konstrukcijos suprojektuotos taip, jog tenkintų šiuolaikinius funkcinius, architektūrinius - estetinius, techninius, ekonominius ir gamtosaugos reikalavimus.

Suprojektuoti du variantai, kai kranas ant plieninių kolonų gemių ir kai kranas ant plieninės santvaros apatinės juostos. Pasirinktas gamybos ir montavimo požiūriu ekonomiškescnis variantas. Kitos darbe suprojektuotos konstrukcijos tai gelžbetoninė perdangos plokštė, pokraninė sija ir pamatas..

Porutytė, Vika. *Master's thesis in Structural Part Project of manufacturing – administrative building* / supervisor assoc. prof. Mindaugas Augonis. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Construction

Key words: *factory, truss, undercrane beam, column, economic comparison.*

Kaunas, 2017. 136 p.

SUMMARY

In the Master's degree final work load bearing structures are designed for manufacturing – administrative building. Building supposed to be built on Taikos pr. 116B, Kaunas. It is an industrial purpose building assigned to a group of non-residential buildings. Structures are designed to meet the modern functional, architecture-aesthetic, technical, economic and environmental requirements.

Two different frame versions (with crane on column corbel and crane on truss lower profile). The best version is selected in terms of economic effectiveness in production and assembly. Another designed structures are reinforced concrete slab, undercrane beam and pile foundation.

Turinys

ĮVADAS	10
1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS.....	11
2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS.....	13
2.1 Statybos vieta ir sklypo principiniai sprendimai	13
2.2 Architektūriniai sprendimai	14
2.3 Konstrukciniai sprendimai.....	15
2.4. Apdaila	18
3. KONSTRUKCINĖ DALIS	19
3.1. Apkrovų skaičiavimas	19
3.1.1. Nuolatinių apkrovų skaičiavimas.....	19
3.1.2. Kintamos apkrovos	20
3.1.3. Krano apkrovos skaičiavimas	23
3.2. Plieninės santvaros skaičiavimas.....	23
3.2.1. Santvaros skerspjūvių parinkimas.....	23
3.2.2. Mazgų skaičiavimas.....	30
3.3. Plieninės kolonos projektavimas	50
3.3.1 Kolonos sperspjūvio parinkimas.....	50
3.3.2. Kolonos pastovumas	52
3.3.3. Kolonos bazės projektavimas	56
3.3.4. Kolonos galvenos projektavimas	62
3.3.5. Kolonos gembės skaičiavimas	64
3.4. Pokraninės sijos skaičiavimas	67
3.4.1. Pokraninės sijos skaičiuojamosios įrašos	67
3.4.2. Pokraninės sijos skerspjūvio skaičiavimas	69
3.4.3. Pokraninės sijos pastovumo tikrinimas.....	71
3.4.4. Pokraninės sijos įlinkio tikrinimas.....	71
3.5. Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtos denginio plokštės skaičiavimas	71
3.5.1. Bendrieji duomenys	71
3.5.2. Kiaurymėtos denginio apkrovų skaičiavimas	72
3.5.3. Redukuoto skerspjūvio parinkimas.....	72
3.5.4. Paruošiamieji duomenys išilginių briaunų skaičiavimui	73

3.5.5. Išilginių briaunų skaičiavimas stadijoje iki eksploatavimo	79
3.5.6. Plokštės skaičiavimas eksploatacijos stadijoje	81
3.5.6. Plokštės išilginių briaunų skaičiavimas II grupės ribiniams būviams	83
3.6. S1 plieninės sijos projektavimas.....	88
3.7. Polinio pamato projektavimas	89
3.7.1. Pamato projektavimas saugos ribiniam būviui	90
3.7.2. Polio armavimas ir laikomosios galios tikrinimas	96
3.7.3. Polio suminių nuosėdžių skaičiavimas	99
4. MOKSLINĖ TIRIAMOJI DALIS	100
5. TECHNOLOGINĖ DALIS	105
5.1. Santvarų ir sijų montavimo technologinė kortelė.....	105
5.1.1. Krano ir kabinimo priemonės parinkimas.....	105
5.1.2. Krano kablio pakėlimo aukščio skaičiavimas.....	106
5.1.3. Santvarų montavimo technologinio proceso aprašymas.....	108
6. DARBO SAUGA IR APLINKOSAUGA	111
IŠVADOS.....	114
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	115
PRIEDAI	117
1 PRIEDAS. Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas	117
2 PRIEDAS. 2 varianto skaičiavimas.....	120
3 PRIEDAS. Mokslinė tiriamoji dalis	129
4 PRIEDAS. Lyginamųjų variantų lokalinės sąmatos, resursų žiniaraščiai.....	132

Paveikslėlių sąrašas

2.3.2 pav. Išorinės sienos konstrukcija.....	17
3.1.3.1. pav. Influentė kranų vertikaliajai jėgai apskaičiuoti.	23
3.2.1.1 pav. Ašinių jėgų diagrama.	24
3.2.1.2 pav. Momentų diagrama.....	24
3.2.2.1. pav. Mazgas „C“.....	31
3.2.2.2. pav. Mazgas „B“.....	36
3.2.2.3. pav. Mazgas „E“.....	40
3.2.2.4. pav. Mazgas „D“.....	43
3.2.2.5. pav. Mazgas „A“.....	44
3.4.1.1. pav. Sijos vidurinio pjūvio lenkimo momento influentė ir jos apkrovimas.....	67
3.4.1.2 pav. Q_{max} skaičiuojamoji schema.....	68
3.5.3.1. pav. Plokštės skerspjūvis.....	72
3.5.3.2. pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis.....	72
3.5.3.2. pav. Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema.....	74
3.5.6.1. pav. Plokštės išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema..	81
3.7.1. pav. Inžinerinis geologinis pjūvis tarp grežinių 4 ir 2.....	89
3.7.1 pav. Polio ir galvenos skaičiuojamoji schema.	90
3.7.2.1 pav. Momentų diagrama.....	96
3.7.2.1 pav. Skersinių jėgų diagrama.	98
4.1 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, kur viršutinė juosta 300x200x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.....	100
4.2 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, kur viršutinė juosta 200x8, apatinė 200x6,3 ir spyriai 120x60x5.....	100
4.3 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be pirmojo spyrio, kur viršutinė juosta 400x12, apatinė 200x10 ir spyriai 90x8.	101
4.4 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be pirmojo spyrio, kur viršutinė juosta 350x250x12, apatinė 200x8 ir spyriai 100x8.	101
4.5 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be antrojo spyrio, kur viršutinė juosta 300x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.	101
4.6 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be antrojo spyrio, kur viršutinė juosta 300x150x6, apatinė 180x6,3 ir spyriai 100x6.	101

4.7 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio.	102
4.8 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio.	102
4.9 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be pirmo spyrio.	102
4.10 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be pirmo spyrio.	102
4.11 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be antro spyrio.	102
4.12 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be antro spyrio.	103
4.13 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio.	103
4.14 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio.	103
4.15 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be pirmo spyrio.	103
4.16 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be pirmo spyrio.	103
4.17 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be antro spyrio.	104
4.18 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be antro spyrio.	104
5.1.2.1 pav. Krano parinkimo skaičiuojamoji schema.	106
5.1.2.2 pav. Parinkto krano keliamosios galios priklausomybė nuo strėlės siekio.	107
5.1.2.3 pav. Parinkto krano gabaritai.	107
2.5.1 pav. Stogo konstrukcija.	117
4P.1 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be trečio spyrio, kur viršutinė juosta 300x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.	129
4P.2 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be trečio spyrio, kur viršutinė juosta 300x150x6, apatinė 180x6,3 ir spyriai 90x5.	129
4P.3 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be ketvirto spyrio, kur viršutinė juosta 300x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.	129
4P.4 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be ketvirto spyrio, kur viršutinė juosta 250x150x6, apatinė 250x150x5 ir spyriai 90x5.	130
4P.5 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be trečio spyrio.	130
4P.6 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be trečio spyrio.	130
4P.7 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be ketvirto spyrio.	130
4P.8 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be ketvirto spyrio.	131
4P.9 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be trečio spyrio.	131
4P.10 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be trečio spyrio.	131
4P.11 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be ketvirto spyrio.	131
4P.11 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be ketvirto spyrio.	131

Lentelių sąrašas

Lentelė Nr. 3.1.1.1. Stogo apkrovos.....	19
Lentelė Nr.3.1.1.2. Grindų ant perdangos apkrovos.	20
Lentelė Nr. 3.2.1.1. φ interpoliavimas.	28
Lentelė Nr. 3.3.1.1. Profilio HEA260, rodikliai:.....	51
Lentelė Nr. 3.4.2.1. Sijos HEA 240 rodikliai.	69
Lentelė Nr. 3.7.1.1. Nagrinėjamų geologinių sluoksnių (Nr. 5 ir 6) rodikliai.....	90
Lentelė Nr. 3.7.1.2. DA-1 pirmojo derinio daliniai koeficientai.....	91
Lentelė Nr. 3.7.1.3. Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų.	92
Lentelė Nr. 3.7.1.4. DA-1 antrojo derinio daliniai koeficientai.	93
Lentelė Nr. 3.7.1.5. Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų.	94
Lentelė Nr. 5.1.1.1. Santvarų montavimo darbų kiekių žiniaraštis	105
Lentelė Nr. 5.1.1.2. Santvarų montavimo priemonių parinkimas.	105
Lentelė Nr. 5.1.2.1. Darbo sąnaudos.	108
Lentelė Nr. 5.1.3.1. Metalinių santvarų, sijų ir ilginių montavimo leistini nuokrypiai.....	110

IVADAS

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 apskaičiuojamos, nustatomos pastato konstrukcijos. Šioms konstrukcijoms sudaromos skaičiuojamosios schemos, 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“ palyginami du plieninių rėmų ekonominiai variantai. Prieduose pateikiamos lokali šių konstrukcijų gaminimo ir montavimo sąmatos .

Technologinėje dalyje aprašomas statinio konstrukcijos (santvaros) montavimas, parenkamas kranas jos montavimui, 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, i nuotekoms šalinti. Aprašomi kietųjų atliekų šalinimo, išorės aplinkos tvarkymo ir gamtos apsaugos reikalavimai.

1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

Dirbtuvių su administracinės paskirties patalpomis, esančiomis Taikos pr. 116B, Kaune, pastato statybos projektas ir jo architektūros, konstrukcijų, technologijų projekto dalys atliktos remiantis:

- statybos techniniais reglamentais;
- kitais galiojančiais normatyviniais dokumentais.

STATYBOS RŪŠIS. Vadovaujantis STR 01.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“, statybos rūšis yra: naujo statinio statyba.

STATINIO PASKIRTIS. Gamybos, pramonės pastatas, remiantis „Gaisrinės saugos pagrindiniais reikalavimais“, 2011 m - P.2.8 funkcinė grupė (gamybos, pramonės pastatai)(,) bei STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ – VI sk.p. 8.8 (gamybos ir pramonės 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, įsigaliojęs 2004 05 01.;

Organizaciniai tvarkomieji statybos techniniai reglamentai yra šie:

- 1) STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“;
- 2) STR 1.01.06:2013. „Ypatingi statiniai“;
- 3) STR 1.01.08:2002. „Statinio statybos rūšys“;
- 4) STR 1.01.09:2003. „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“;
- 5) STR 1.14.01:1999. „Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka“;

Statybos techninių reikalavimų ir kiti reglamentai yra šie:

- 1) STR 2.01.01(1):2005. ESR. Mechaninis patvarumas ir pastovumas;
- 2) STR 2.01.04(2):2004. ESR. Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai;
- 3) STR 2.01.01(3):1999. ESR. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga;
- 4) STR 2.01.01(4):2008. ESR. Naudojimo sauga;
- 5) STR 2.01.01(5):2008. ESR. Apsauga nuo triukšmo;
- 6) STR 2.01.01(6):2008. ESR. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas;

- 7) STR 2.02.07:2004. Gamybos įmonių ir sandėlių statiniai. Pagrindiniai reikalavimai;
- 8) STR 2.03.02:2005. Gamybos, pramonės ir sandėliavimo statinių sklypų tvarkymas;
- 9) STR 2.03.01:2001. Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms;
- 10) STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai;
- 11) STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos;
- 12) STR 2.05.05:2005. Betoninių ir g/b konstrukcijų projektavimas;
- 13) STR 2.05.09:2005. Medinių konstrukcijų projektavimas;
- 14) STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai;
- 15) STR 2.05.13:2004. Statinių konstrukcijos. Grindys;
- 16) STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys;
- 17) STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas;
- 18) STR 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.

Higieninės normos, standartai, rekomendacijos, taisyklės:

- 1) HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšviestos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai;
- 2) 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.

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1 Statybos vieta ir sklypo principiniai sprendimai

Dirbutvės su administracinėmis patalpomis projektuojamos teritorijoje adresu Taikos pr. 116B, Kaune. Projektuojamas objektas yra suformuotoje gamybinių, sandėliavimo ir kitokių negyvenamosios paskirties statinių teritorijoje. Priešgaisriniai atstumai tarp pastatų išlaikomi. Projektuojamas pastatas B energinio naudingumo klasės.

Teritorija, kurioje atliekami projektavimo darbai, yra Lietuvos vidurio žemumoje. Sklypo reljefas lygus, tolygiai žemėjantis rytų, šiaurės rytų kryptimi. Aukščiausia sklypo altitudė 68,35 m sklypo pietvakarinėje dalyje, žemiausia – 66,95 m sklypo šiaurės rytuose. Didžiausias aukščių skirtumas sklype 1,4 m. Projektuojamo pastato sklypo plotas 2000 m². Sklypo užstatymo plotas yra 850,82 m². Neužstatytoje sklypo teritorijoje įrengiami pravažiavimai ir sustojimo vietos kroviniam transportui, taip pat įrengiami takai pėstiesiems. Bendrame sklype numatyta lengvųjų automobilių stovėjimo aikštelė su 12 stovėjimo vietomis, iš kurių 2 skirtos neįgaliesiems. Likęs plotas apželdinamas. Įvažiavimai į teritoriją įrengiami iš Taikos prospekto.

Sklypo teritorijoje kultūros paveldo vertybių ar kitų valstybės saugomų gamtinių teritorijų nėra. Arčiausiai esantis kultūros paveldo registre įrašytas objektas - Pirmojo pasaulinio karo Palemono – Narėpų gynybinių įtvirtinimų linijos prie Kauno tvirtovės trečia spėptuvė. (unikalus objekto kodas 36263) Kauno m. sav., Kauno m., Taikos pr. 116L. (apie 330 m iki fizinės apsaugos zonos).

Arčiausiai esantis valstybės saugomas kultūros paveldo objektas – Forto liekanos (unikalus objekto kodas 26357) Kauno m. sav., Kauno m., Marių g. (apie 1830m iki fizinės apsaugos zonos).

Statinio kategorija: ypatingas statinys, kadangi numatomas tiltinis kranas ir pastatas yra didelių angų, planuojamos angos didesnės nei 12m.

2.2 Architektūriniai sprendimai

Projektuojamas gamybinis pastatas ilgąja ašimi sklype orientuotas šiaurės ir pietų kryptimi. Pagrindinis privažiavimas iš pietų pusės.

Pastatas formuojamas iš dviejų korpusų: vieno aukšto šiaurinis – dirbtuvių salės, 36,4 m ilgio, 18,20 m pločio ir 9,5 m aukščio, dviejų aukštų pietinis - techninės patalpos pirmame aukšte, dirbtuvių su buitinėmis patalpomis antrame aukšte, 29,37 m ilgio 6,4 m pločio, 6,73 m aukščio. Stogas bendras dvišlaitis. Nuolydis 8°. Pastato sąlyginė grindų alt. 0.000 atitinka absoliutinę. alt. 68.250 m.

Projektuojamo pastato karkasas – metalinių kolonų, metalinių santvarų, sijų ir profiliuoto laikančio stogo pakloto. Pastato sienos projektuojamos iš daugiasluoksnių sieninių plokščių su akmens vatos termoizoliacija viduje priešgaisrinėse sienose ir putų polistireno izoliacija kitose išorinėse sienose. Vidinės sienos – laiptinių – mūrinės 250 mm storio silikatinių plytų mūro. Vidinės pertvaros pirmame aukšte tarp sandėlių – iš daugiasluoksniu plokščių 100mm storio su akmens vatos izoliacija viduje. Administracinio bloko sienos taip pat iš daugiasluoksnių plokščių. Iš patalpų vidaus dengtos akmens vata (50 mm storio) metaliniame karkase, garo izoliacija ir dengtos dviem sluoksniais gipso kartono plokščių. Vidinės gipso kartono pertvaros glaistomos gruntuojamos ir dažomos.

Surinkimo cecho grindys betoninės armuotos, paviršius padengtas sustiprinta danga, neslidžiu paviršiumi. Betoninis paviršius padengiamas specialiomis dangų sistemomis, (–) išlaikančiomis dideles apkrovas, antrame aukšte – surenkama gelžbetoninė perdanga, atremiama ant plieninių sijų. Gamykloje pietinėje ir rytinėje sienose projektuojami vartai automatiniai pakeliami, valdomi ir rankiniu būdu.

Patalpų insoliacijos ir natūralaus apšvietimo, mikroklimato (drėgnumo, temperatūros) lygiai ir rodikliai, jų norminių lygių užtikrinimo sprendiniai: pastato išorinėse sienose projektuojami langai sudaro 142,29 m². Projektuojamų langų kiekis užtikrina reikalingą natūralios šviesos srautą ir atitinka natūralaus apšviestumo poreikio, reikalavimus.

Numatomas natūralus ir mechaninis patalpų vėdinimas.

Pagrindinis šilumos šaltinis - dujinio kuro katilas, kuris prijungiamas prie toje pačioje patalpoje esančio paskirstymo kolektoriaus, iš kurio tiekiami šiluma atsišakoja į: atskirų aukštų šildymo sistemą, vietinių orinių šildytuvų sistemą, vėdinimo sistemą.

Pastatas – III atsparumo ugniai laipsnio. Dirbtuvės pagal gaisro ir sprogimo pavojingumą priskiriamos „D_g“ kategorijai, sandėliavimo ir remonto patalpos - „E_g“ kategorijai. Taip pat

planuojama įrengti laikinai sandėliuojamų tepalų vietą atskirtą ugniai atspariomis konstrukcijomis.

Patalpų apdaila suprojektuota pagal higieninius ir priešgaisrinius reikalavimus.

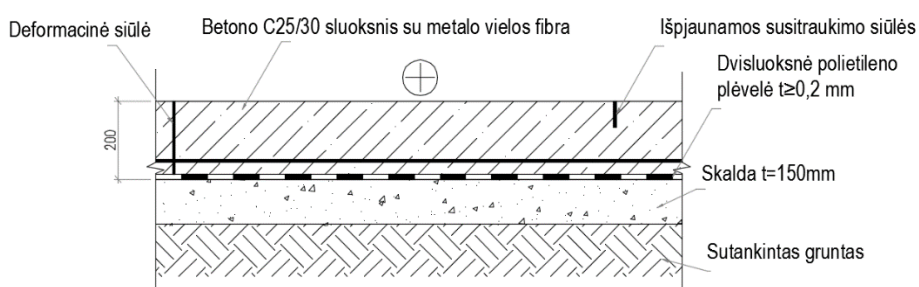
2.3 Konstrukciniai sprendimai

Pamatai. Suprojektuoti poliniai pamatai. Poliniai pamatai sujungiami g/b galvenomis. Išorinėms bei laikančiosioms sienoms atremti įrengiamos pamatinės sijos.

Grindys. Pastate projektuojamos monolitinės betoninės grindys [12].

Ant paruošto pagrindo (išskyrus atvejus, kai užpilas yra smėlis) pilamas 3-5 cm storio išlyginamasis smulkaus smėlio sluoksnis. Betoninės grindys nuo sienų, kolonų ir kitokių konstrukcijų atskiriamos tarpinėmis iš medžio plaušo plokščių (minimalus storis 16 mm), polistireno (minimalus storis 20 mm). Sukietėjus betonui tarpinės nupjaunamos iki grindų paviršiaus, o kai grindų kraštai sandarinami mastikomis, tarpinės iki sandarinimo gylio pašalinamos.

Grindis leidžiama įrengti esant patalpos vidaus temperatūrai, matuojamai prie durų ar langų angų 0,5 m nuo paviršiaus: +5 0C - įrengiant grindis iš bituminių medžiagų ir mišinių, kuriuose yra cemento. Ši temperatūra yra palaikoma, kai konstrukcija įgauna 50 % projekcinio stiprio.



2.3.1 pav. Gamyklos grindų konstrukcija.

WC patalpų grindys – keraminių plytelių su hidroizoliacija. Koridorių grindų danga – akmens masės plytelių neslidžiu paviršiumi. Šiluminio punkto – akmens masės plytelių, su hidroizoliacija.

Administracinio buitinio bloko grindys ant perdangos įrengiamos su garso – šilumos izoliacija 40 mm akmens vatos sluoksniu. Kabinėtų, koridorių, drabužinių grindys vinilinės

dangos. WC, dušų prausyklų grindys padengtos (–) keraminių plytelių danga su hidroizoliacija. Administracinio butinio bloko antro aukšto patalpose - surenkama gelžbetoninė perdanga, atremiama ant plieninių sijų.

Kolonos. Kolonos plieninės, vientiso skerspjūvio, išilgai pastato išdėstytos kas 6 m. Kolona prie pamato tvirtinama standžiai.

Santvaros. Vienaukščiam tarpსnui perdengti suprojektuota 18,0 m ilgio plieninė santvara su pažeminta apatine juosta iš stačiakampių bei kvadratinių profilių, S355J2H stiprumo klasės plieno, vamzdžių. Santvaros segmentai sujungiami flanšinėmis plokštelėmis. Santvaros viršutinės juostos nuolydžio kampas $\alpha = 8^\circ$.

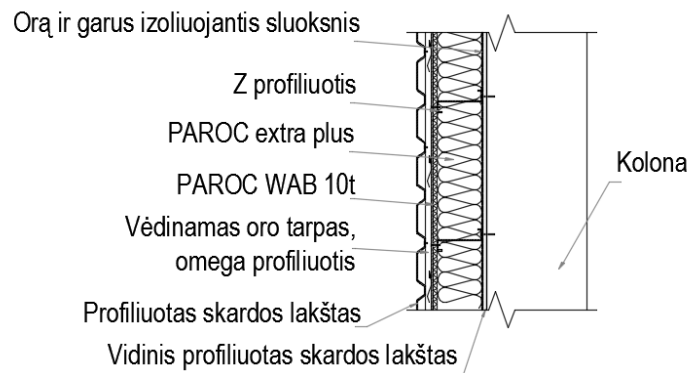
Ryšiai. Santvaros viršutinės juostos pastovumas yra užtikrinamas trapecinio profilio skardos paklotu ir ryšiais. Išilgine pastato kryptimi santvaros sujungiamos vertikaliais ryšiais. Gamyklinio pastato perimetru sudėti horizontalūs ryšiai, kurie tvirtinami prie santvaros viršutinės juostos, tam, kad suteikti pastatui stabilumą nuo (galimų) apkrovų.

Išilgine pastato kryptimi, konstrukcijų pastovumui užtikrinti, tarp kolonų (ašys 2-4; 9-10) numatyti vertikalūs kryžminiai ryšiai, kurie įrengiami iki kolonų gembių. Vertikalūs ryšiai prie kolonų prijungiami varžtais.

Sijos. Daugiaaukščiam tarpსnui numatomos plieninės dvitėjinio skerspjūvio sijos. Sijos standžiai tvirtinamos prie kolonų.

Stogas. Stogas dvišlaitis, iš profiliuoto pakloto ant metalinių dvišlaičių santvarų (ir metalinių sijų administracinio – butinio bloko dalyje) [22]. Apšiltintas akmens vata ir putų polistirenu (40 mm + 150 mm + 20 mm), su garo izoliacija. Dengtas dviem sluoksniais hidroizoliacinės dangos – modifikuoto bitumo, armuotos poliesteriu. Viršutinis sluoksnis su skalūno pabarstu. Stogo nuolydis $<8^\circ$. Lietaus vandens nuvedimas išorinis, organizuotas elektra šildomais lietvamzdžiais ir latakais. Užlipimui ant stogo įrengiamos metalinės gaisrinės kopėčios. Ant stogo įrengiami vaikščiojimo takai priėjimui prie ventiliatorių ir stoglangių – pagal stogo dangos gamintojo rekomendacijas.

Sienos. Pastato išorinės sienos – dviejų tipų: daugiasluoksnių metalinių plokščių 150 mm storio su akmens vatos termoizoliacija viduje ir su polistireninio putplasčio termoizoliacija.



2.3.2 pav. Išorinės sienos konstrukcija.

Vidinės sienos – laiptinių – mūrinės 250 mm storio silikatinių plytų mūro.

Vidinės pertvaros pirmame aukšte tarp sandėlių – iš daugiasluoksniu plokščių 100mm storio su akmens vatos izoliacija viduje.

Administracinio bloko sienos taip pat iš daugiasluoksnių plokščių. Patalpų viduje jos dengtos akmens vata (50 mm storio) metaliniame karkase, garo izoliacija ir dengtos dviem sluoksniais gipso kartono plokščių. Vidinėms pertvaroms įrengti naudojami metaliniai cinkuoti karkaso profiliai, prie grindų ir prie lubų statomi specialūs loviniai karkaso profiliai. Visi objektuose naudojami gipskartonio lakštai turi būti drėgmei atsparūs.

Langai. Langai aliumininiais rėmais, įstiklinti stiklo paketu [13]. Atskiri segmentai varstomi su el. pavaromis. Rėmai baltos spalvos, dažyti miltelinio būdu. Išorinės palangės plieninės, vidinės administracinėje dalyje – laminuotos.

Durys. Išorinės durys aliuminio konstrukcijų rėmo, apšiltintos, įstiklintos stiklo paketu, saugiu stiklu [13]. Taip pat išorinės durys yra su evakuacinio išėjimo funkcija. Durys, skirtos patekti į technines patalpas, plieninės, apšiltintos, metalinės konstrukcijos dažytos miltelinio būdu. Į kabinetus patekti skirtos durys pagamintos iš aukšto slėgio laminato (,) ar faneruotos, į buitines patalpas vedančios durys pagamintos iš aukšto slėgio laminato ir yra atsparios drėgmei.

Vartai. Vartai – pramoniniai automatiniai pakeliami (su automatine pavara), varstomi ir rankiniu būdu, apšiltinti.

2.4. Apdaila

Pastato vidaus apdaila. Metalinės santvaros gruntuojamos ir dažomos antikoroziniais metalo dažais . Mūrinės sienos tinkuojamos, glaistomos, gruntuojamos ir dažomos – akrilo latekso dažais. WC, dušų patalpų sienos – dengiamos hidroizoliaciniu mišiniu ir apklijuojamos keraminėmis plytelėmis. Laiptų metalinės konstrukcijos esti gruntuotos ir dažytos. Laiptų pakopų ir aikštelių paviršiaus apdaila – gamyklinė iš (–) mozaikinio betono.

Kabinetuose, drabužinėse ir koridoriuose įrengiamos pakabinamos lubos, pagamintos iš mineralinių plokščių. Tualetuose, dušuose, prausyklose įrengiamos drėgmei atsparios plaunamos lubos iš mineralinių plokščių ant korozijai atsparaus karkaso.

Išorės apdaila. Cokolio betoninės plokštės tinkuojamos mineraliniu tinku ir dažomos pilkos spalvos fasadiniais dažais. Langų aliumininiai rėmai baltos spalvos dažyti miltelinu būdu. Stogeliai virš įėjimų – iš grūdinto saugaus stiklo dangos, pritvirtintos nerūdijančio plieno laikikliais ant aliuminio profilių karkaso, nudažyto baltos spalvos dažais miltelinu būdu.

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1. Apkrovų skaičiavimas

3.1.1. Nuolatinių apkrovų skaičiavimas

Lentelė Nr. 3.1.1.1. Stogo apkrovos.

Pavadinimas	Storis, m	Tankis, kg/m ³	Ploto masė, kg/m ²	Apkrova, kN/m ²	Apkrova ant santvaros viršutinės juostos, kN/m
Ritininė stogo danga	0,006	-	-	0,05	0,05*6 = 0,3
Šilumos izoliacijos sluoksnis (30+20mm)	0,05	200	-	0,05*200*10/1000 = 0,1	0,1*6 = 0,6
Šilumos izoliacijos sluoksnis (150mm)	0,15	130	-	0,15*130*10/1000 = 0,195	0,195*6 = 1,17
Garų izoliacijos sluoksnis	0,001	-	1	1*10/1000 = 0,01	0,01*6 = 0,06
Trapecinio profilio skardos pakloto h=130mm	0,13	-	4,5	4,5*10/1000 = 0,045	0,045*6 = 0,27
					$\sum G_k = 2,34$

Skaičiuotinė stogo apkrova [23]:

$$g_d = 2,34 \times 1,35 = 3,159 \text{ kN/m}$$

Santvaros savasis svoris įvertinamas programa „Autodesk Robot Structural Analysis“, užsiduodant elementų skerspjūvius.

Sandwich tipo plokščių sienos (15 cm) apkrova:

Sienos svoris – 11,0 kg/m²

Sienos aukštis – 7,84 m., o apkrovos plotis rėmo kolonai – 6 m. Priimame, kad kolona ir pamatas perima po pusę sienos svorio, tuomet jėga, tenkanti kolonai:

$$F_k = \frac{1}{2} \times 11 \times 7,84 \times 6 \times \frac{10}{1000} = 2,587 \text{ kN}$$

Kai sienos aukštis – 6,053 m.

$$F_k = \frac{1}{2} \times 11 \times 6,053 \times 6 \times \frac{10}{1000} = 1,997 \text{ kN}$$

Kadangi tarp sienos ir kolonos ašių yra ekscentricitetas $e = \frac{0,15}{2} + \frac{0,130}{2} = 0,14 \text{ m}$, = $\frac{0,15}{2} + \frac{0,09}{2} = 0,12 \text{ m}$, kolona apkraunama lenkimo momentu:

$$M_k = F_k \times e$$

$$M_k = 2,587 \times 0,14 = 0,362 \text{ kNm}$$

$$M_k = 1,997 \times 0,12 = 0,239 \text{ kNm}$$

Lentelė Nr.3.1.1.2. Grindų ant perdangos apkrovos.

Pavadinimas	Storis, m	Tankis, kg/m ³	Ploto masė, kg/m ²	Apkrova, kN/m ²	Apkrova ant rygelio, kN/m
Grindų danga (vinilinė)	-	-	3,35	$3,35 \times 10 / 1000 = 0,0335$	$0,0335 \times 6 = 0,201$
Armuto betono sluoksnis	0,06	2500	-	$0,06 \times 2500 \times 10 / 1000 = 1,5$	$1,5 \times 6 = 9,0$
Šilumos izoliacijos sluoksnis PAROC GRS 20	0,06	-	9,6	$9,6 \times 10 / 1000 = 0,096$	$0,096 \times 6 = 0,576$
Gelžbetoninė kiaurymėtoji perdanga VPL 220	0,22	-	327,5	$327,5 \times 10 / 1000 = 3,275$	$3,275 \times 6 = 19,65$
					$\sum g_k = 29,427$

3.1.2. Kintamos apkrovos

Sniego apkrovos:

s_k - sniego ant žemės apkrovos charakteringoji reikšmė pirmajam rajonui, $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$;

C_e – aukštesnių pastatų arti nėra, tai $C_e = 1,0$;

$C_t = 1,0$, terminis koeficientas;

$\mu=1,0$, sniego apkrovos koeficientas.

Sniego ant stogo apkrovų reikšmės:

$$s_1 = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}$$

$$s_{k1} = 1,2 \times 6 = 7,2 \text{ kN/m.}$$

$$s_{d1} = 7,2 \times 1,3 = 9,36 \text{ kN/m.}$$

Vėjo apkrovos

Vėjo apkrovoms taikoma 1 vėjo apkrovos schema.

Vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė I vėjo greičio rajonui $v_{\text{ref},0} = 24 \text{ m/s}$.

$C_{\text{DIR}} = 1,0$, – krypties koeficientas vakarų vėjo kryptčiai;

$C_{\text{ALT}} = 1,0$ – aukščio virš jūros lygio koeficientas;

$C_{\text{TEM}} = 1,0$ – laikotarpio koeficientas.

Atskaitinė vėjo greičio reikšmė:

$$v_{\text{ref}} = C_{\text{DIR}} \cdot C_{\text{ALT}} \cdot C_{\text{TEM}} \cdot v_{\text{ref},0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 = 24 \text{ m/s.}$$

Atskaitinis vėjo slėgis q_{ref} :

$$q_{\text{ref}} = v_{\text{ref}}^2 \cdot \rho / 2 = 24,0^2 \cdot 1,25 / 2 = 360 \text{ N/m}^2 = 0,36 \text{ kN/m}^2.$$

Koeficientas, įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį, B tipo vietai:

kai $z \leq 5 \text{ m}$, $c(z) = 0,5$;

$z = 10 \text{ m}$, $c(z) = 0,65$;

$z = 7,618 \text{ m}$, $c(z) = 0,579$;

$z = 9,026 \text{ m}$, $c(z) = 0,621$;

$z = 5,821 \text{ m}$, $c(z) = 0,525$;

$z = 5,963 \text{ m}$, $c(z) = 0,529$;

Išorinio slėgio aerodinaminiai koeficientai:

$c_e = 0,8$;

$c_{e1} = -0,5$ (kai $\alpha=8^0$, $h_1/l=0,423$).

$c_{e2} = -0,4$;

$c_{e3} = -0,5$ (kai $\alpha=8^0$, $h_1/l \leq 0,5$, $b/l \geq 2$).

$c_{e3} = -0,5$ (kai $\alpha=1,4^0$, $h_1/l=1$, $b/l < 1$).

Vėjas iš kairės pusės:

Slėgio į išorinį paviršių vidutinė dedamoji w_{me} :

$$w_{me} = q_{ref} \times c(z) \times c_e$$

iki 5 m aukščio:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,5 \times 0,8 = 0,144 \text{ kPa} \times 6 = 0,864 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,3} = 0,36 \times 0,5 \times (-0,5) = -0,09 \text{ kPa} \times 6 = -0,54 \text{ kN/m}$$

7,618 m aukštyje:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,579 \times 0,8 = 0,167 \text{ kPa} \times 6 = 1,001 \text{ kN/m}$$

$$w_{me1,3} = 0,36 \times 0,579 \times (-0,5) = -0,104 \text{ kPa} \times 6 = -0,625 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,579 \times (-0,4) = -0,083 \text{ kPa} \times 6 = -0,500 \text{ kN/m}$$

9,026 m aukštyje:

$$w_{me1} = 0,36 \times 0,621 \times (-0,5) = -0,112 \text{ kPa} \times 6 = -0,671 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,621 \times (-0,4) = -0,089 \text{ kPa} \times 6 = -0,537 \text{ kN/m}$$

5,821 m aukštyje:

$$w_{me,3} = 0,36 \times 0,525 \times (-0,5) = -0,095 \text{ kPa} \times 6 = -0,567 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,525 \times (-0,4) = -0,076 \text{ kPa} \times 6 = -0,454 \text{ kN/m}$$

5,963 m aukštyje:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,529 \times 0,8 = 0,152 \text{ kPa} \times 2 = 0,305 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,529 \times (-0,4) = -0,076 \text{ kPa} \times 6 = -0,457 \text{ kN/m}$$

Vėjas iš dešinės pusės:

iki 5 m aukščio:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,5 \times 0,8 = 0,144 \text{ kPa} \times 6 = 0,864 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,3} = 0,36 \times 0,5 \times (-0,5) = -0,09 \text{ kPa} \times 6 = -0,54 \text{ kN/m}$$

7,618 m aukštyje pagal:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,579 \times 0,8 = 0,167 \text{ kPa} \times 6 = 1,001 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,3,1} = 0,36 \times 0,579 \times (-0,5) = -0,104 \text{ kPa} \times 6 = -0,625 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,579 \times (-0,4) = -0,083 \text{ kPa} \times 6 = -0,500 \text{ kN/m}$$

9,026 m aukštyje pagal:

$$w_{me,1} = 0,36 \times 0,621 \times (-0,5) = -0,112 \text{ kPa} \times 6 = -0,671 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,2} = 0,36 \times 0,621 \times (-0,4) = -0,089 \text{ kPa} \times 6 = -0,537 \text{ kN/m}$$

5,821 m aukštyje pagal:

$$w_{me} = 0,36 \times 0,525 \times 0,8 = 0,151 \text{ kPa} \times 6 = 0,907 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,1} = 0,36 \times 0,525 \times (-0,4) = -0,076 \text{ kPa} \times 6 = -0,454 \text{ kN/m}$$

5,963 m aukštyje:

$$w_{me,1} = 0,36 \times 0,529 \times (-0,4) = -0,0762 \text{ kPa} \times 6 = -0,457 \text{ kN/m}$$

$$w_{me,3} = 0,36 \times 0,529 \times (-0,5) = -0,095 \text{ kPa} \times 6 = -0,571 \text{ kN/m}$$

3.1.3. Krano apkrovos skaičiavimas

Kranų vertikalią jėgą patogiau apskaičiuoti naudojantis influente (3.1.3.1 pav.):



3.1.3.1. pav. Influentė kranų vertikalajai jėgai apskaičiuoti.

$$F = (Q_t + G) \cdot 0,91 = (8 + 5,92) \cdot 0,91 = 12,667 \text{ t}$$

Q_t – kranų keliamoji galia;

G – vežimėlio masė.

3.2. Plieninės santvaros skaičiavimas

3.2.1. Santvaros skerspjūvių parinkimas

Santvara projektuojama iš plieninių šaltai formuotų stačiakampių ir kvadratinių vamzdžių. Santvaros elementams gaminti naudojamas S355J2H klasės plienas. Santvara projektuojama pagal STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas nurodymus [24].

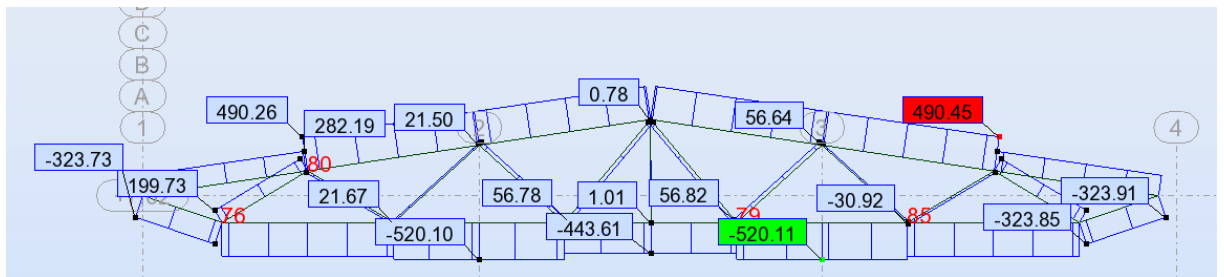
Šio plieno skaičiuotinis stipris pagal takumo ribą:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} \quad (3.2.1.1)$$

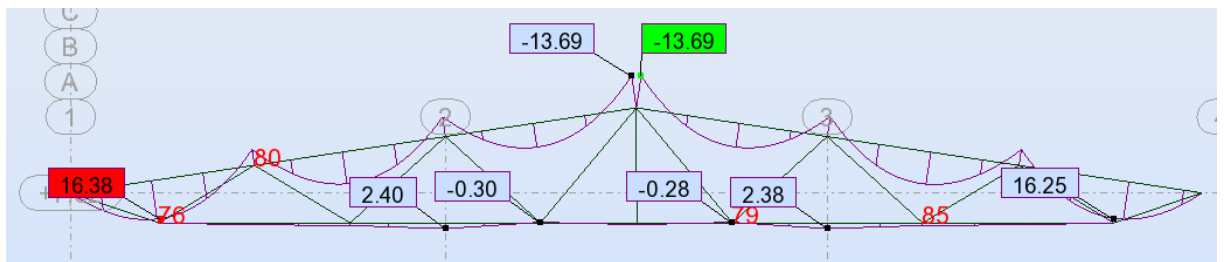
$$f_{y,d} = \frac{355}{1,1} = 322,73 \text{ N/mm}^2$$

Viršutinės juostos skaičiavimas

Viršutinė juosta skaičiuojama kaip ekscentriškai gniuždomas elementas. Skaičiuojama pagal 39 derinį (DL*1.35+WIND2*1.30+LL*0.90), kur:



3.2.1.1 pav. Ašinių jėgų diagrama.



3.2.1.2. Momentų diagrama.

Didžiausia ašinė jėga viršutinėje juostoje $N_{Ed} = 490,45$ kN, o didžiausias lenkimo momentas $M_{Ed} = 16,38$ kNm.

Viršutinei juostai parenkamas 160x160x6 stačiakampio skerspjūvio vamzdis, kurio: $A_s = 36$ cm²; $i = 6,25$ cm; ; $W = 187$ cm³.

Viršutinei juostai stiprumo tikrinti nereikia, kadangi didžiausias momentas gaunamas tarp mazgų.

Ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.1.2)$$

Tikrinamas elemento pastovumas santvaros plokštumoje.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e \times A \times f_{y,d} \times \gamma_c \quad (3.2.1.3)$$

$$N_{NM,c,Rd} = 0,539 \times 36 \times 10^{-4} \times 322,73 \times 10^6 \times 1 = 626,414 \text{ kN};$$

Čia ekscentriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas φ_e nustatomas pagal 1 priedo 2 lentelę, atsižvelgiant į sąlyginį strypo liaunį ir santykinį lyginamąjį ekscentricitetą.

Santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \times e_{rel} \quad (3.2.1.4)$$

$$e_{rel,eff} = 1,585 \times 0,885 = 1,403;$$

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, nustatomas pagal 7.6 lentelę:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1 \times e_{rel}) - 0,02 \times (6 - e_{rel}) \times \bar{\lambda} \quad (3.2.1.5)$$

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1 \times 0,643) - 0,02 \times (6 - 0,643) \times 1,901 = 1,632;$$

$$e_{rel} = \frac{e \times A}{W_c} \quad (3.2.1.6)$$

$$e_{rel} = \frac{0,033 \times 36 \times 10^{-4}}{187000 \times 10^{-6}} = 0,643;$$

Ekscentricitetas:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \quad (3.2.1.7)$$

$$e = \frac{16,38}{490,45} = 0,033 \text{ m}$$

čia lenkimo momentas imamas juostos tarpmazgio viduriniame trečdalyje.

Sąlyginis liaunis:

$$\bar{\lambda} = \lambda \times \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} \quad (3.2.1.8)$$

$$\bar{\lambda} = 48,48 \times \sqrt{\frac{322,73}{210000}} = 1,901;$$

Čia liaunis:

$$\lambda = \frac{l_{eff,y}}{i_y} \quad (3.2.1.9)$$

$$\lambda = \frac{303}{6,25} = 48,48;$$

Patikriname, ar liaunis santvaros plokštumoje neviršija ribinio:

$$\lambda = 48,48 < \lambda_u = 220, \text{ sąlyga tenkinama.}$$

Tikrinamas viršutinės juostos pastovumas santvaros plokštumoje pagal 3.2.1.2 formulę:

$$\frac{490,45}{626,414} = 0,78 \leq 1,0$$

Pastovumo sąlyga tenkinama su 22% atsarga.

Vamzdinio profilio sienelės pastovumo tikrinimas:

Ekscentriškai gniuždomų elementų sienelės pastovumo sąlyga:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{wu} \times \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} \quad (3.2.1.10)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis $\bar{\lambda}_{wu}$ nustatomas iš 7.26 lentelės, atsižvelgiant į santykinę ekscentricitetą ir sąlyginį liaunį.

Interpoliavimo būdu nustatyta, kad esant santykiniam ekscentricitetui $e_{rel} = 0,643$, o sąlyginiam liauniui $\bar{\lambda} = 1,901$, $\bar{\lambda}_{wu} = 1,9123$.

Tikrinama sienelės pastovumo sąlyga pagal 3.2.1.10 formulę:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{160 - 1 \times 6}{6} = 24,667 < \bar{\lambda}_{wu} \times \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,613 \times \sqrt{\frac{210000}{322,73}} = 41,137$$

Visos sąlygos tenkinamos, todėl viršutinei juostai parenku 160x160x6 kvadratinio skerspjūvio vamzdį.

Apatinės juostos skaičiavimas

Apatinė juosta skaičiuojama kaip ekscentriškai tempiamas elementas.

Didžiausia ašinė jėga apatinėje juostoje $N_{Ed} = 520,11$ kN, o didžiausias lenkimo momentas $M_{Ed} = 2,4$ kNm. Apatinei juostai parenkamas 100x100x5 kvadratinio skerspjūvio vamzdis, kurio: $A_s = 18,7$ cm²; $i = 3,86$ cm; $W = 55,9$ cm³.

Ekscentriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}\right)^n + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.1.11)$$

$$\left(\frac{520,11}{603,505}\right)^{1,5} + \frac{2,4}{173,731} = 0,814 < 1,0$$

Skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmė:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \times f_{y,d} \times \gamma_c = 18,7 \times 10^{-4} \times 322,73 \times 10^6 \times 0,95 = 603,505 \text{ kN};$$

Stiprumo sąlyga tenkinama su 13% atsarga.

Skaičiuotinio skerspjūvio lenkiamojo elemento atspario pagal takumo ribą apie y ašį reikšmė:

$$M_{pl,y,Rd} = c_{pl,y} \times W_{y,net,min} \times f_{y,d} \times \gamma_c = 1,07 \times 55,9 \times 10^{-6} \times 322,73 \times 10^6 \times 0,95 = 173,731 \text{ kNm};$$

n – koeficientas, imamas iš 7.5 lentelės ($n = 1,5$);

Tikrinamas apatinės juostos liaunumas vertikaloje plokštumoje pagal 3.2.1.9 formulę:

$$\lambda_y = \frac{300}{3,86} = 77,72 < \lambda_u = 400;$$

Visos sąlygos tenkinamos, todėl apatinei juostai parenku 100x100x5 kvadratinio skerspjūvio vamzdį.

Tinklelio skaičiavimas

Santvaros tinkleliui parinksime dviejų skirtingų skerspjūvių vamzdinius profilius – atraminiam tempiamam spyriui, kurį veikia didesnė ašinė jėga parenkamas kvadratinis vamzdinis profilis, o likusiems tinklelio elementams pagal labiausiai gniuždomą ir labiausiai tempiamą strypus parenkamas tokio paties pločio stačiakampis vamzdinis profilis.

Atraminio tempiamo spyrio skaičiavimas:

Tikrinamas atraminis tempiamas spyris, kurį veikia ašinė jėga $N_{Ed} = 323,73$ kN. Atraminiam tinklelio elementams parenkamas 90x90x4 kvadratinio skerspjūvio vamzdinis profilis, kurio $A_s = 12$ cm²; $i = 3,09$ cm; $W = 28,6$ cm³.

Skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmė:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \times f_{y,d} \times \gamma_c = 12 \times 10^{-4} \times 322,73 \times 10^6 \times 0,95 = 387,276 \text{ kN};$$

Tikrinamas elemento stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.1.12)$$
$$\frac{323,73}{387,276} = 0,836 < 1,0$$

Stiprumo sąlyga tenkinama.

Centriškai tempiamam spyriui tikrinamas liaunumas santvaros plokštumoje pagal 3.2.1.9 formulę:

$$\lambda = \frac{146}{3,09} = 47,25 < \lambda_u = 400$$

Visos sąlygos tenkinamos, todėl atraminiam tinklelio elementams parenkamas kvadratinio skerspjūvio 90x90x4 plieninis vamzdis.

Tinklelio spyrių matmenys turi tenkinti konstrukcinius reikalavimus [24]:

Priklausomai nuo viršutinės juostos :

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 160 - 2 \cdot (6 + 4) = 140,0 \text{ mm}; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 160 = 86,0 \text{ mm} \end{cases};$$

Priklausomai nuo apatinės juostos :

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 120 - 2 \cdot (4 + 4) = 104,0 \text{ mm}; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 150 = 68,0 \text{ mm} \end{cases};$$

čia:

B – juostos plotis;

t_b – juostos vamzdžio sienelės storis;

t_w – spyrio vamzdžio sienelės storis.

Skerspjūvis 90x90x4,0 parinktas teisingai.

Kitų tinklelio elementų skaičiavimas:

Kitiems tinklelio elementams parenkamas 70x90x4 stačiakampio skerspjūvio vamzdinis profilis, kurio $A_s = 12,16 \text{ cm}^2$; $i_y = 2,78 \text{ cm}$; $i_z = 3,39 \text{ cm}$; $W = 31,1 \text{ cm}^3$.

Sekantis spyris skaičiuojamas kaip centriškai gniuždomas elementas.

Ašinė jėga, veikianti spyrį $N_{Ed} = 163,13 \text{ kN}$

Centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.1.13)$$

Skaičiuotinio centriškai gniuždomo elemento pastovumo atspario reikšmė:

$$N_{c,Rd} = \varphi \times A \times f_{y,d} \times \gamma_c \quad (3.2.1.14)$$

$$N_{c,Rd} = 0,7788 \times 12,16 \times 10^{-4} \times 322,73 \times 10^6 \times 1 = 305617 \text{ N} = 305,617 \text{ kN};$$

Čia klupumo koeficientas φ nustatomas pagal 1 priedo 1 lentelę, atsižvelgiant į liaunumą ir skaičiuotinį plieno stiprį pagal takumo ribą:

Lentelė Nr. 3.2.1.1. φ interpoliavimas.

φ		λ	λ	λ
		50	58,112	60
$f_{y,d}$	320	0,822	-	0,766
$f_{y,d}$	322,7	0,8211	0,7788	0,7689
$f_{y,d}$	360	0,809	-	0,809

Kadangi ne atraminiam spyriui $l_{eff,y} = 0,9 \times l_{eff,z}$, pastovumą tikriname apie ašį, kurios inercijos spindulys mažesnis, t.y. santvaros plokštumoje.

Spyrio liaunis santvaros plokštumoje skaičiuojamas pagal 3.2.1.9 formulę:

$$\lambda_y = \frac{0,9 \times 197}{2,78} = 63,777 < \lambda_u = 185,059;$$

Ribinis liaunumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\lambda_u = 210 - 60 \times \alpha \quad (3.2.1.15)$$

$$\lambda_u = 210 - 60 \times 0,416 = 186,399;$$

Tikrinamas spyrio pastovumas santvaros plokštumoje pagal 3.2.1.13 formulę:

$$\frac{163,13}{392,439} = 0,416 < 1,0$$

Pastovumo sąlyga tenkinama su 58 % atsarga.

Patikrinamas gniuždomo spyrio sienelės pastovumas:

$$\frac{70 - 2 \times 4}{4} = 15,5 < 1,456 \times \sqrt{\frac{210000}{322,73}} = 37,131$$

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1 + 0,2 \times \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1 + 0,2 \times 2,278 = 1,456 < 1,6, \text{ todėl priimu } \bar{\lambda}_{wu} = 1,456$$

Sąlyginis liaunis skaičiuojamas pagal 3.1.3.11 formulę:

$$\bar{\lambda} = 58,112 \times \sqrt{\frac{322,73}{210000}} = 2,278.$$

Gniuždomiems tinklelio elementams visos sąlygos tenkinamos, todėl kitiems tinklelio elementams parenkamas stačiakampio skerspjūvio 70x90x4 plieninis vamzdis.

Tikrinamas labiausiai tempiamas spyris, kurį veikia ašinė jėga $N_{Ed} = 44,84$ kN;

Skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmė skaičiuojama pagal 3.1.3.3 formulę:

$$N_{pl,Rd} = 12,16 \times 10^{-4} \times 322,73 \times 10^6 \times 0,95 = 392439 \text{ N} = 392,439 \text{ kN};$$

Tikrinamas elemento stiprumas skaičiuojamas pagal 3.2.1.12 formulę:

$$\frac{44,84}{392,439} = 0,114 < 1,0$$

Stiprumo sąlyga tenkinama.

Centriškai tempiamam spyriui tikrinamas liaunumas santvaros plokštumoje:

$$\lambda_y = \frac{0,9 \times 197}{2,78} = 63,777 < \lambda_u = 400$$

Visos sąlygos tenkinamos, todėl kitiems tinklelio elementams parenkamas stačiakampio skerspjūvio 70x90x4 plieninis vamzdis.

Tinklelio spyrių matmenys turi tenkinti konstrukcinius reikalavimus [24]:

Priklausomai nuo viršutinės juostos :

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 140 - 2 \cdot (10 + 4) = 112,0 \text{ mm}; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 140 = 84,0 \text{ mm} \end{cases};$$

Priklausomai nuo apatinės juostos :

$$b_d \begin{cases} \leq B - 2 \cdot (t_b + t_w) = 120 - 2 \cdot (4 + 4) = 104,0 \text{ mm}; \\ \geq 0,6 \cdot B = 0,6 \cdot 150 = 68,0 \text{ mm} \end{cases};$$

čia:

B – juostos plotis;

t_b – juostos vamzdžio sienelės storis;

t_w – spyrio vamzdžio sienelės storis.

Skerspjūvis 70x90x4 parinktas teisingai.

3.2.2. Mazgų skaičiavimas

Santvaros viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.

Santvarų iš stačiakampių tuščiavidurių profiliuotųjų mazgų be mazginių lakštų, jungiančių juostą ir prie jos tvirtinamus tinklelio elementus, turi būti tikrinama [24]:

1) juostos sienutės, besiliečiančios su tinklelio elementu, atsparis praspaudimui (išplėšimui);

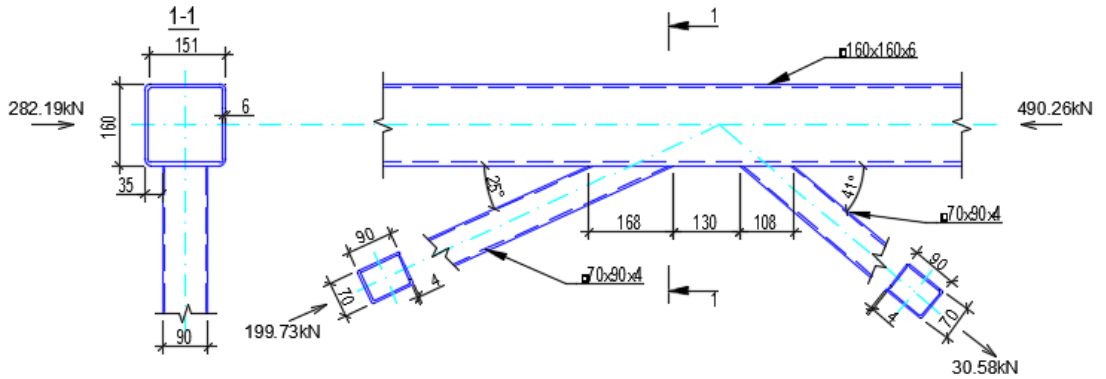
2) juostos šoninės sienutės (lygiagrečios mazgo plokštumai) atsparis gniuždomojo elemento prijungimo vietoje, kai $\frac{b_1}{b_0} > 0,85$; Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,09}{0,16} = 0,563 < 0,85$, todėl juostos sienutės atsparis prijungimo vietoje netikrinamas; (čia b₀ – platesnės iš juostų skerspjūvio plotis, b₁ – spyrio skerspjūvio plotis)

3) tinklelio elemento atsparis jungimo prie juostos srityje;

4) virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementą prie juostos, atsparis;

Kuomet tempiamų ir gniuždomų spyrių įrašų modulių vertės artimos, o skerspjūviai vienodi juostos praspaudimo atsparis yra mažesnis (γ_1 – įrašos ženklą prijungiamajame elemente įtakos koeficientas imamas lygus 1,2 tempiamajam elementui ir 1,0 - kitais atvejais).

Mazgo „C“ skaičiavimas



3.2.2.1. pav. Mazgas „C“.

Santvaros elementai pagaminti iš plieno S355J2H (LST EN 10025-2). Kertinės siūlės, jungiančios tinklelio ir juostos elementus, suvirintos pusiau automatinio būdu apsauginėse dujose. Žemutinės padėties virinimui naudota elektrodinė viela G46 pagal LST EN 440 [7.6].

Plieno skaičiuotinis stipris skaičiuojamas pagal 3.2.1.1 formulę:

$$f_{y,d} = \frac{355}{1,1} = 322,727 \text{ N/mm}^2$$

Elementų darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 1,0$.

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

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

Įrašos ženklą koeficientas: $\gamma_1 = 1,0$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas [24].

Kadangi

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 \times f_{y,d}} < 0,5 \quad (3.2.2.1)$$

$$\frac{490,26}{36 \times 10^{-4} \times 322727} = 0,422 < 0,5,$$

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

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} \quad (3.2.2.2)$$

$$a = \frac{0,16 - 0,09}{2} = 0,035 \text{ m.}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c = \frac{h_1}{\sin \theta} \quad (3.2.2.3)$$

$$c_1 = \frac{0,07}{\sin 25^\circ} = 0,166 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = \frac{0,11}{2} = 0,055 \text{ m.}$$

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,09}{0,16} = 0,563 < 0,9$, o $\frac{g}{c_1} = \frac{0,055}{0,166} = 0,331 > 0,25$, tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,7|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + 2\sqrt{2b_0a})}{a \sin \theta_1} \quad (3.2.2.4)$$

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$.

$$199,73 + \frac{1,7 \times 0}{0,07} < \frac{1 \times 1 \times 1 \times 322727 \times 0,06^2 (0,166 + 2\sqrt{2 \times 0,16 \times 0,035})}{0,035 \times \sin 25^\circ}$$

$$199,73 \text{ kN} < 296,67 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\frac{b_1}{t_1} < 2,45 \times 10^{-4} \times f_{y,d}^2 - 0,2 \times f_{y,d} + 81,8 \quad (3.2.2.5)$$

$$\frac{90}{4} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322,727^2 - 0,2 \times 322,727 + 81,8$$

$$18 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiui skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \quad (3.2.2.6)$$

$$\leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d} A_1}{(1 + 0,01(3 + \frac{5b_1}{b_0} - 0,1 \times \frac{h_1}{t_1}) b_0 / t_0) \sin \theta_1} \times \left(\frac{2}{1 + b_1/h_1} \right)$$

$$M_1 = 0.$$

$$199,73 + \frac{0,5 \times 0}{0,07} < \frac{1 \times 1 \times 1 \times 322727 \times 12,16 \times 10^{-4}}{(1 + 0,01(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,16} - 0,1 \times \frac{0,07}{0,004}) \frac{0,16}{0,006}) \sin 25^\circ} \times \left(\frac{2}{1 + 0,09/0,07} \right)$$

$$199,73 < 390,16.$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

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

Virinti naudojamas elektrodinė viela G46, kurios charakteristinis stipris:

$$f_{vw,u} = 530 \text{ N/mm}^2.$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą:

$$f_u = 470 \text{ N/mm}^2.$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} \quad (3.2.2.7)$$

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

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \times f_u \quad (3.2.2.8)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \times 470 = 211,5 \text{ N/mm}^2.$$

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

Tikrinama, ar tinkamai parinkta viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} \quad (3.2.2.9)$$

$$211,5 < 233,2 < 211,5 \times \frac{1,05}{0,9} = 246,75.$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{(1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0)}{4\beta_{wf}k_f h_1} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}$$

$$\left(0,19973 + \frac{0,5 \times 0}{0,07} \right) \frac{(1 + 0,01 \left(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,16} - 0,1 \times \frac{0,07}{0,004} \right) \times \frac{0,16}{0,006}}{4 \times 0,9 \times 0,005 \times 0,07} \leq 1 \times 233,2$$

$$194,52 < 233,2.$$

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

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

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

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

Kadangi:

$$\frac{490,26}{36 \times 10^{-4} \times 322727} = 0,42 < 0,5,$$

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

Santvaros juostos iškyša pagal 3.2.2.2 formulę:

$$a = \frac{0,16 - 0,09}{2} = 0,035 \text{ m.}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis pagal 3.2.2.3 formulę:

$$c_2 = \frac{0,07}{\sin 41^\circ} = 0,107 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = \frac{0,11}{2} = 0,055 \text{ m.}$$

Kadangi $\frac{b_2}{b_0} = \frac{0,09}{0,16} = 0,563 < 0,9$, o $\frac{g}{c_2} = \frac{0,055}{0,107} = 0,514 > 0,25$, tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis (lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_2 = 0$) [24]:

$$|N_1| + \frac{1,7|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + 2\sqrt{2b_0 a})}{a \sin \theta_1} = 30,58 + \frac{1,7 \times 0}{0,09}$$

$$< \frac{0,95 \times 1,2 \times 1 \times 322727 \times 0,006^2 (0,107 + 2\sqrt{2 \times 0,16 \times 0,035})}{0,035 \times \sin 41^\circ}$$

$$30,58 \text{ kN} < 183,81 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės 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 $k = 1$ pagal 3.2.2.5 formulę [24]:

$$\frac{90}{4} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322,727^2 - 0,2 \times 322,727 + 81,8$$

$$18 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui ($M_2 = 0$):

$$\begin{aligned} |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} &\leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d} A_1}{(1 + 0,01(3 + \frac{5b_1}{b_0} - 0,1 \times \frac{h_1}{t_1})b_0/t_0) \sin \theta_1} \times \left(\frac{2}{1 + \frac{b_1}{h_1}} \right) \\ &= 199,73 + \frac{0,5 \times 0}{0,07} \\ &< \frac{0,95 \times 1 \times 1 \times 322727 \times 12,16 \times 10^{-4}}{(1 + 0,01(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,16} - 0,1 \times \frac{0,07}{0,004}) \frac{0,16}{0,006}) \times \sin 41^\circ} \times \left(\frac{2}{1 + 0,09/0,07} \right) \\ &199,73 < 317,72. \end{aligned}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

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

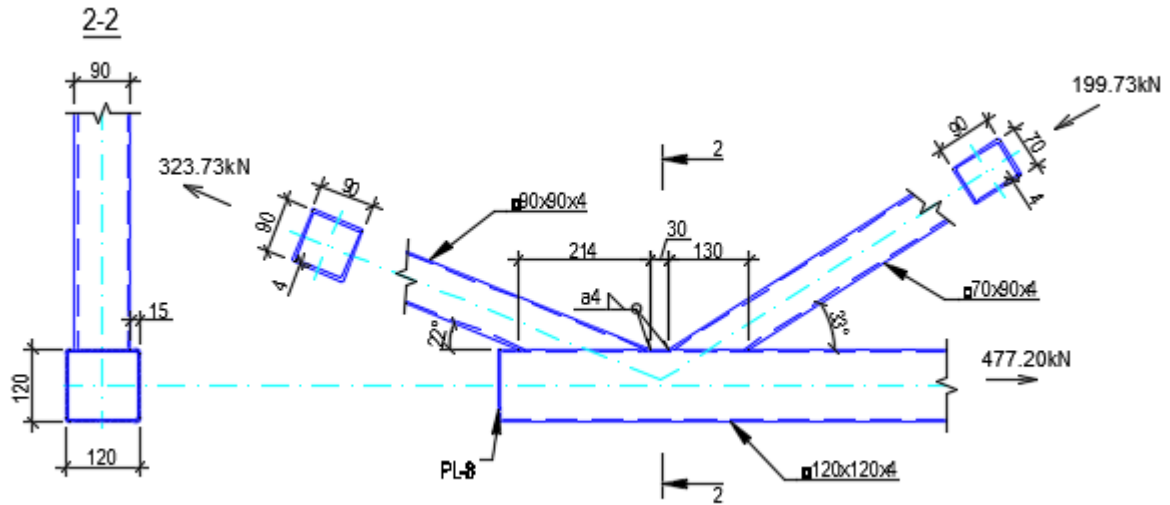
Virinimui naudojama ta pati, prieš tai naudota elektrodinė viela G46:

$$\begin{aligned} \left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{(1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0)}{4\beta_{wf}k_f h_1} &\leq \gamma_c f_{vw,f,d} \\ &= \left(0,03058 + \frac{0,5 \times 0}{0,09} \right) \frac{(1 + 0,01(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,16} - 0,1 \times \frac{0,09}{0,004}) \times \frac{0,16}{0,006})}{4 \times 0,9 \times 0,005 \times 0,07} \\ &\leq 0,95 \times 233,2 \end{aligned}$$

$$47,33 < 221,54.$$

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

Mazgo „B“ skaičiavimas



3.2.2.2. pav. Mazgas „B“.

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

1) Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas.

Iražos ženklo koeficientas: $\gamma_1 = 1,0$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas [24].

Kadangi santvaros apatinė juosta tempiama, veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas

$$\gamma_0 = 1,5 - \frac{|N_0|}{(A_0 f_{y,d})} \quad (3.2.2.10)$$

$$\gamma_0 = 1,5 - \frac{477,2}{18,4 \times 322,73 \times 10^3} = 1,499,$$

nes pagal 3.2.2.1 formulę:

$$\frac{|N_0|}{(A_0 f_{y,d})} = 0,803 \geq 0,5$$

Santvaros juostos iškyša pagal 3.2.2.2 formulę:

$$a = \frac{0,1 - 0,09}{2} = 0,005 \text{ m.}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis pagal 3.2.2.3 formulę:

$$c_1 = \frac{0,09}{\sin 33^\circ} = 0,165 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = \frac{0,021}{2} = 0,0105 \text{ m.}$$

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,09}{0,10} = 0,9 = 0,9$, o $\frac{g}{c_1} = \frac{0,0105}{0,165} = 0,064 < 0,25$, tai santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8 \frac{g}{c_1}) \alpha \sin \theta_1} \quad (3.2.2.11)$$

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$.

$$199,73 + \frac{1,5 \times 0}{0,07} > \frac{1 \times 1 \times 1,5 \times 322727 \times 0,006^2 (0,165 + 0,0105 + \sqrt{2 \times 0,1 \times 0,005})}{(0,4 + 1,8 \times 0,0105/0,165) \times 0,005 \times \sin 33^\circ}$$

$$199,73 \text{ kN} < 257,86 \text{ kN}$$

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

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

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

3.2.2.5:

$$\frac{90}{4} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322,727^2 - 0,2 \times 322,727 + 81,8$$

$$22,5 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant stačiakampiam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d} A_1}{1 + \frac{0,013b_0}{t_0}} \times \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{b_1}{h_1}}\right) \quad (3.2.2.12)$$

$$M_1 = 0.$$

$$199,73 + \frac{0,5 \times 0}{0,07} < \frac{1 \times 1 \times 1 \times 322727 \times 12,16 \times 10^{-4}}{1 + 0,013 \times 0,10/0,005} \times \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{0,09}{0,07}}\right)$$

$$199,73 \text{ kN} < 298,47 \text{ kN.}$$

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 G46.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf}k_f \left(\frac{2h_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_{cf}f_{vw,f,d} \quad (3.2.2.13)$$

$$\left(0,19973 + \frac{0,5 \times 0}{0,07} \right) \frac{0,75 + 0,01 \times 0,10/0,005}{0,9 \times 0,003 \left(\frac{2 \times 0,07}{\sin 33^\circ} + 0,09 \right)} \leq 1 \times 233,2$$

$$201,85 < 233,2.$$

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

Tempiamojo santvaros tinklelio spyrio ir apatinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.

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

Įrašos ženklo koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas yra tempiamas [24].

Kadangi santvaros apatinė juosta tempiama, veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas:

$$\gamma_0 = 1,5 - \frac{477,2}{12,16 \times 322,73 \times 10^3} = 1,499,$$

nes pagal 3.2.2.1 formulę:

$$\frac{|N_0|}{(A_0f_{y,d})} = 0,803 \geq 0,5$$

Santvaros juostos iškyša skaičiuojama pagal 3.2.2.2 formulę:

$$a = \frac{0,10 - 0,09}{2} = 0,005 \text{ m.}$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis skaičiuojamas pagal 3.2.2.3 formulę:

$$c_2 = \frac{0,09}{\sin 22^\circ} = 0,24 \text{ m.}$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = \frac{0,021}{2} = 0,0105 \text{ m.}$$

Kadangi $\frac{b_2}{b_0} = \frac{0,09}{0,10} = 0,9 = 0,9$, o $\frac{g}{c_2} = \frac{0,0105}{0,24} = 0,044 < 0,25$, tai santvaros apatinės juostos, veikiamos veikiamos spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas (lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_2 = 0$) [24].

$$323,73 + \frac{1,5 \times 0}{0,09} > \frac{0,95 \times 1,2 \times 1,5 \times 322727 \times 0,005^2 \left(0,24 + 0,0105 + \sqrt{2 \times 0,1 \times 0,005} \right)}{(0,4 + 1,8 \times 0,0105/0,24) \times 0,005 \times \sin 22^\circ}$$

$$323,73 \text{ kN} < 433,93 \text{ kN}$$

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 $k = 1$ pagal 3.2.2.5 formulę:

$$\frac{90}{4} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322,727^2 - 0,2 \times 322,727 + 81,8$$

$$22,5 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d} A_2}{(1 + 0,01(3 + \frac{5b_2}{b_0} - 0,1 \times \frac{h_2}{t_2})b_0/t_0) \sin \theta_2}$$

$$M_2 = 0.$$

$$323,73 + \frac{0,5 \times 0}{0,09} < \frac{0,95 \times 1,499 \times 1 \times 322727 \times 13,6 \times 10^{-4}}{(1 + 0,01(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,1} - 0,1 \times \frac{0,09}{0,004}) \frac{0,1}{0,005}) \times \sin 22^\circ}$$

$$323,73 < 713,84.$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

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

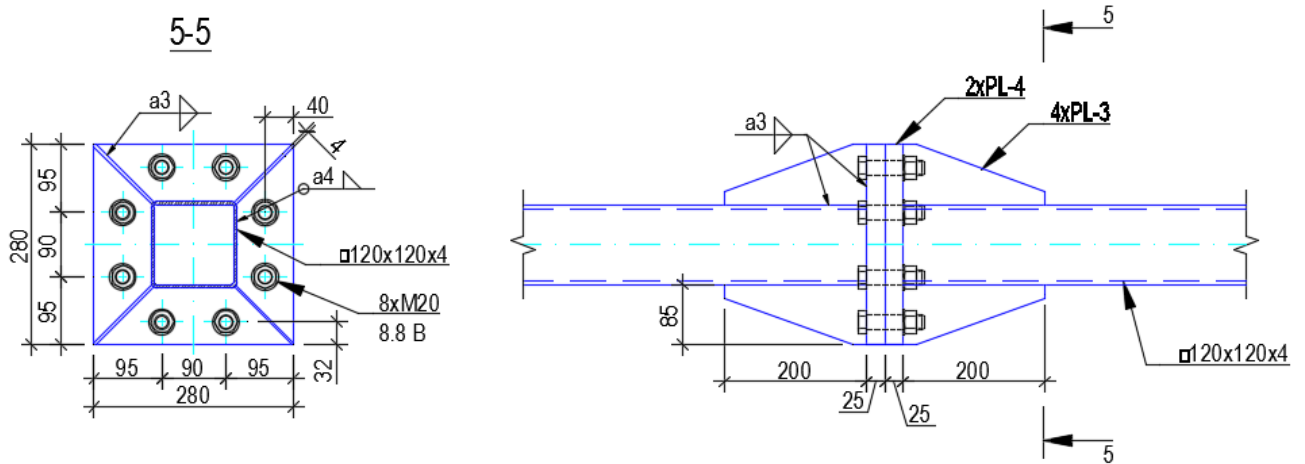
Virinimui naudojama ta pati, prieš tai naudota elektrodinė viela G46:

$$\left(0,32373 + \frac{0,5 \times 0}{0,09}\right) \frac{(1 + 0,01 \left(3 + 5 \times \frac{0,09}{0,1} - 0,1 \times \frac{0,09}{0,004}\right) \times \frac{0,1}{0,005}}{4 \times 0,9 \times 0,005 \times 0,09} \leq 0,95 \times 233,2$$

$$182,76 < 221,54.$$

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

Mazgo „E“ skaičiavimas



3.2.2.3. pav. Mazgas „E“.

Flanšinės jungties varžtų parinkimas.

Flanšinėms jungtims naudojami įtempiamieji varžtai. Rekomenduojama flanšinėms jungtims naudoti M20 varžtus. Tada flanšo storis 25 mm.

Centriškai tempiamų flanšinių jungčių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas yra pakankamas, kai [24]:

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

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

k_2 – koeficientas iš 2.5 lentelės ($k_2 = 0,85$, kai varžtai M20 ir flanšo storis $t_f = 25$ mm.)

[24];

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

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \times A_{b,net} \quad (3.2.2.14)$$

$$F_{b,t,Rd} = 300 \times 245 = 73500 \text{ N} = 73,5 \text{ kN};$$

$$f_{bt,d} = 0,5 \times f_{bu} \quad (3.2.2.15)$$

$$f_{bt,d} = 0,5 \times 600 = 300 \text{ N/mm}^2;$$

Tikrinama flanšinės jungties stiprumas pagal 3.1.4.33 sąlygas:

$$443,61 \text{ kN} < 8 \times 0,85 \times 73,5 = 499,8 \text{ kN} \quad 20 < 25 < 40 \text{ mm.}$$

Sąlygos tenkinamos, varžtai parinkti teisingai.

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

$$F_{p,cd} = \frac{N_{Ed}}{8} + \left(\frac{N_{Ed}}{10} \right) \quad (3.2.2.16)$$

$$F_{p,cd} = \frac{443,61}{8} + \left(\frac{443,61}{10} \right) = 60,996 \text{ kN};$$

Varžtai išdėstomi, atsižvelgiant į mažiausius ir didžiausius varžtų išdėstymo atstumus:

Mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{min} = 2,5 \times d_0 = 2,5 \times 24 = 60 \text{ mm};$

Didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{max} = 8 \times d_0 = 8 \times 24 = 192 \text{ mm};$

Mažiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{min} = 1,3 \times d_0 = 1,3 \times 24 = 31,2 \text{ mm};$

Didžiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{max} = 4 \times d_0 = 4 \times 24 = 96 \text{ mm};$

Jungties atspario vietinei skersinei jėgai tikrinimas.

Tempiamų flanšinių jungčių atsparis vietinei skersinei jėgai tikrinamas pagal formulę:

$$V_{loc} \leq \mu_h \times \sum_{j=1}^n F_{bhf,Rd,j} \quad (3.2.2.17)$$

Vietinės skersinės jėgos nėra, jungtis tikrinama sąlyginei vietinei skersinei jėgai, kuri imama lygi:

$$V_{loc} = 0,1 \times \mu_h \times N_{Ed} \quad (3.2.2.17)$$

$$V_{loc} = 0,1 \times 0,58 \times 443,61 = 25,729 \text{ kN};$$

Kontaktinė įrąža:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \times F_{bt,Rd} \quad (3.2.2.18)$$

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \times 73,5 = 7,35 \text{ kN};$$

Tikrinamas flanšinės jungties atsparis vietinei skersinei jėgai pagal 3.1.4.15 sąlygą:

$$V_{loc} = 0,58 \times 8 \times 7,35 = 34,104 \text{ kN}$$

Jungties atsparis vietinei skersinei jėgai pakankamas.

Parenku 280x280x25 plokštelę.

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 kampų. 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 profiliuoties storį, o ilgis turi būti ne trumpesnis kaip 200 mm.

Sąstandos storis priimamas 4 mm. $4 \text{ mm} < 1,2 \times 5 = 6 \text{ mm}$.

Sąstandos ilgis $1,5 \times 120 = 180 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$, todėl priimu sąstandos ilgį 200 mm.

Sąstandos matmenys 200x90x4.

Siūlių, jungiančių flanšą su jungiamuoju elementu, stiprumo tikrinimas.

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

Sudurtinės siūlės stiprumas tikrinamas pagal sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{1,15 \times t \times l_w \times f_{th,d} \times \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.2.2.19)$$

$$f_{th,d} = 0,5 \times \frac{f_u}{\gamma_M} \quad (3.2.2.20)$$

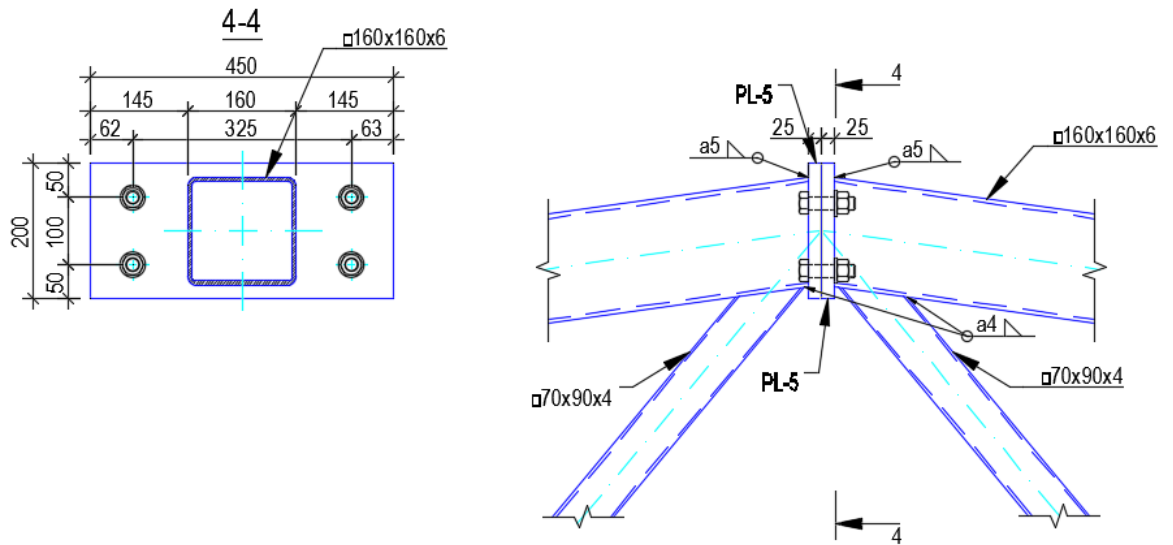
$$f_{th,d} = 0,5 \times \frac{490}{1,1} = 222,727 \text{ N/mm}^2;$$

Sudurtinės siūlės stiprumas tikrinamas pagal 3.1.4.18 sąlygą:

$$\frac{443,61 \times 10^3}{1,15 \times 4 \times 480 \times 222,727 \times 1} = 0,902 < 1,0$$

Sąlyga tenkinama, siūlės stiprumas pakankamas.

Mazgo „D“ projektavimas



3.2.2.4. pav. Mazgas „D“.

Viršutinės juostos flanšinė jungtis.

Flanšinėse jungtyse, veikiamose gniuždymo įrašos (viršutinės juostos mazgas), gniuždymo jėgos ekscentricitetai neleidžiami, reikalaujama griežtai laikytis gamybos bei montavimo tikslumo reikalavimų. Tokiose jungtyse varžtai turi būti įtempiami sumine jėga, lygia jungiamuosiuose elementuose veikiančiai skaičiuotinei ašinei jėgai, t.y. $443,61/4 = 110,90$ kN. Taigi viršutinės juostos flanšinei jungčiai parenkami keturi M20 8.8 klasės įtempiamieji varžtai ir atsižvelgiant į galimą varžtų išdėstymą jungtyje parenkamos 450x200x25 plokštelės.

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,09}{0,16} = 0,563 < 0,9$, o $\frac{g}{c_1} = \frac{0,03}{0,18} = 0,167 < 0,25$, tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos veikiamos spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal 3.2.2.4 nelygybę (lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$):

$$348,98 + \frac{1,5 \times 0}{0,09} > \frac{0,95 \times 1,2 \times 1,5 \times 322727 \times 0,006^2 \left(0,18 + 0,03 + \sqrt{2 \times 0,16 \times 0,035}\right)}{(0,4 + 1,8 \times 0,03/0,18) \times 0,035 \times \sin 30^\circ}$$

$$348,98 \text{ kN} < 512,214 \text{ kN}$$

Santvaros viršutinės 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 $k = 1$ pagal 3.2.2.5 formulę:

$$\frac{90}{4} < 2,45 \times 10^{-4} \times 322,727^2 - 0,2 \times 322,727 + 81,8$$

$$22,5 < 42,772.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

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

$$M_1 = 0.$$

$$348,98 + \frac{0,5 \times 0}{0,09} < \left(\frac{0,95 \times 1,2 \times 1 \times 322727 \times 13,3 \times 10^{-4}}{1 + 0,013 \times 0,16/0,006} \right)$$

$$348,98 \text{ kN} < 363,266 \text{ kN}.$$

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 G46:

$$\left(0,34898 + \frac{0,5 \times 0}{0,09} \right) \frac{0,75 + 0,01 \times 0,16/0,006}{0,9 \times 0,004 \left(\frac{2 \times 0,09}{\sin 30^\circ} + 0,09 \right)} \leq 1 \times 233,2$$

$$\frac{203,164 \text{ N}}{\text{mm}^2} < 233,2 \text{ N/mm}^2.$$

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

Atraminės briaunos skaičiavimas.

Bendra skersinė jėga tenkanti atraminiam mazgui $V_{Ed} = 24,6$ kN.

Atraminio mazgo stiprumo skaičiavimas:

Pagal pasirinktą konstrukciją atraminės briaunos glemžimo plotas:

$$A = \frac{V_{Ed}}{f_{p,d} \times \gamma_c} \quad (3.2.2.21)$$
$$A = \frac{24,6 \times 10^3}{427,273 \times 1,0} = 57,574 \text{ mm}^2$$

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

$$f_{p,d} = \frac{f_u}{\gamma_M} \quad (3.2.2.22)$$
$$f_{p,d} = \frac{470}{1,1} = 427,273 \text{ N/mm}^2$$

γ_c – plokštelės darbo sąlygų koeficientas – 1,0.

Atraminės briaunos plotį primum 260mm, tada plokštelės storis:

$$t_h = \frac{A}{b_h} \quad (3.2.2.23)$$
$$t_h = \frac{433,119}{260} = 1,665 \text{ mm}$$

Atraminės briaunos storį primum 20mm.

Siūlių 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:

Per siūlės metalą:

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

Per suvirinimo srities metalą:

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

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 silpnėsnis pjūvis:

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

$$\beta_{wf} \times f_{vw,f,d} = 0,9 \times 233,2 = 209,88 \text{ N/mm}^2$$

Silpnėsnis pjūvis per siūlės metalą.

Minimalus siūlės statinis pagal normas $k_f = 6 \text{ mm}$, $\beta_{wf} = 0,9$.

Reikalingas atraminės briaunos privirinimo prie juostos siūlės aukštis:

$$k_f = \frac{V_{Ed}}{\sum l_{weff} \times \beta_{wf} \times f_{vw,f,d} \times \gamma_c} \quad (3.2.2.24)$$
$$k_f = \frac{24,6 \times 10^3}{600 \times 0,9 \times 233,2 \times 1,0} = 0,195 \text{ mm}$$

Čia l_{weff} – vieno virintinės siūlės ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis, $\sum l_{well} = (160 - 10) \times 2 + (160 - 10) \times 2 = 600 \text{ mm}$.

γ_c – siūlės darbo sąlygų koeficientas – 1,0 [24].

Kertinės siūlės aukštį priimu 6mm.

Atraminės briaunos pastovumo tikrinimas.

Sąlyginio gniuždomojo elemento skerspjūvio plotas:

$$A = b_r \times t_h + 0,65 \times t_w^2 \times \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} \quad (3.2.2.25)$$
$$A = 26 \times 2 + 0,65 \times 1 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{322,727}} = 68,58 \text{ cm}^2$$

Apskaičiuojamas inercijos momentas:

$$I_y = \frac{b_h^3 \times t_h}{12} \quad (3.2.2.26)$$
$$I_y = \frac{26^3 \times 2}{12} = 2929 \text{ cm}^2$$

Randamas inercijos spindulys:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.2.2.27)$$
$$i_y = \sqrt{\frac{2929}{68,58}} = 6,54 \text{ cm}$$

Apskaičiuojamas liaunis:

$$\lambda = \frac{h_w}{i_y} \quad (3.2.2.28)$$
$$\lambda = \frac{35}{6,54} = 5,35$$

Pagal apskaičiuotą λ ir f_{yd} interpoliavimo metodu randame $\varphi = 1,0$ [24].

Atraminės briaunos pastovumo tikrinimo sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{\varphi \times A \times f_{yd} \times \gamma_c} \leq 1 \quad (3.2.2.29)$$
$$\frac{24,6}{1,0 \times 0,006858 \times 322727 \times 1,0} = 0,011 < 1$$

Sąlyga tenkinama, atraminės briaunos pastovumas pakankamas.

Išsikišusi sąstandos dalis a turi tenkinti šias sąlygas:

$$a_h \leq 1,5 \times t_h \quad (3.2.2.30)$$
$$a = 1,5 \times 20 = 30 \text{ mm}$$

a priimamas 30mm. Galutiniai plokštelės matmenys 350x280x20.

Varžtinės jungties skaičiavimas.

Atraminė santvaros briauna prie atraminio mazgo prijungiama konstrukciniais 6.8 kokybės klasės, B gaminio klasės, M18 varžtais. Varžtai išdėstomi atsižvelgiant į mažiausius ir didžiausius varžtų išdėstymo atstumus.

Mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{min} = 2,5 \times d_0 = 2,5 \times 20 = 50 \text{ mm}$;

Didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $a_{max} = 8 \times d_0 = 8 \times 20 = 160 \text{ mm}$;

Mažiausias atstumas iki elemento krašto įrašos kryptimi: $a_{min} = 2 \times d_0 = 2 \times 20 = 40 \text{ mm}$;

Mažiausias atstumas iki elemento krašto statmena įrašai kryptimi: $a_{min} = 1,5 \times d_0 = 1,5 \times 20 = 30 \text{ mm}$;

Didžiausias atstumas iki elemento krašto: $a_{max} = 4 \times d_0 = 4 \times 20 = 80 \text{ mm}$;

Reikiamas varžtų kiekis jungtyje skaičiuojamas pagal formulę:

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \times F_{min}} \quad (3.2.2.31)$$

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

Skaičiuotinis vieno varžto kerpamasis atsparis:

$$F_{b,v,Rd} = f_{bs,d} \times \gamma_b \times A_b \times n_s \quad (3.2.2.32)$$

$$f_{bs,d} = 0,38 \times f_{bu} \quad (3.2.2.33)$$

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

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

$$A_b = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (3.2.2.34)$$

$$A_b = \frac{3,14 \times 18^2}{4} = 254,34;$$

n_s – varžto kirpimo plokštumų skaičius – 1.

Skaičiuojama pagal 1.P.2.13 formulę:

$$F_{b,v,Rd} = 228 \times 0,9 \times 254,34 \times 1 = 52190 \text{ N} = 52,190 \text{ kN}$$

Skaičiuotinis vieno varžto glemžiamasis atsparis:

$$F_{b,p,Rd} = f_{bp,d} \times \gamma_b \times d \times \sum t \quad (3.2.2.35)$$

$$f_{bp,d} = \left(0,6 + 340 \times \frac{f_u}{E}\right) \times f_u \quad (3.2.2.36)$$

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

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:

$$F_{b,p,Rd} = f_{bp,d} \times \gamma_b \times d \times \sum t = 682,733 \times 0,9 \times 18 \times 10 = 110602 \text{ N} = 110,602 \text{ kN}$$

Reikiamas varžtų kiekis jungtyje:

$$n \geq \frac{24,6}{1,0 \times 52,190} = 0,47$$

Priimami 4 varžtai.

3.3. Plieninės kolonos projektavimas

3.3.1 Kolonos sperspjūvio parinkimas

Kolona skaičiuojama kaip ekscentriškai gniuždomas strypas, standžiai įtvirtintame pamate. Remiant konstrukcijas, šiuo atveju santvarą ant kolonų viršaus laikome, kad tokia jungtis yra lankstinė. Kolona gaminama iš plieno kurio markė S355J2 ir projektuojama pagal STR 2.05.08:2005 [24].

Dvitėjų plieno elementų charakteristinis stipris pagal takumo ribą:

$$fyd = \frac{355}{1.1} = 322Mpa$$

Iš kolonos derinių išrenkamas pavojingiausias kolonai. Kolona ašyje 6/D.

Ašinė jėga : $N_{k,Ed} = 556,66kN$

Momentas: $M_{k,Ed} = 57,05kNm$

Skačiuojamas kolonos ilgis rėmo plokštumoje:

$$l_{eff,y} = \mu_y \cdot l_c; \quad (3.3.1.2)$$

Čia: l_c - kolonos arba jos atskiros dalies ilgis arba aukšto aukštis;

μ_y - skaičiuojamasis ilgio koeficientas, parenkamas pagal kolonos įtvirtinimo būdą.

Projektuojama ekscentriškai gniuždoma dvitėjų skerspjūvio kolona. Priimama elemento liaunio $l_{y,0}$ reikšmė lygi 60 ir apskaičiuojamas reikalingas skerspjūvio inercijos spindulys.

$$i_{y,d} = \frac{l_{eff,y}}{\lambda_y} \quad (3.3.1.3)$$

$$i_{y,d} = \frac{5,334}{60} = 0,089m$$

Nustatomas reikalingas skerspjūvio aukštis pagal išraišką:

$$h_d = \frac{i_{y,d}}{\alpha_y} i_{y,d} \quad (3.3.1.4)$$

$$h_d = \frac{0,089}{1,71} = 0,052m$$

α_y - skerspjūvio formos koeficientas [24].

Apskaičiuojamas reikalingas skerspjūvio plotas:

$$A_d = \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_M} \left(\frac{1}{\phi_y} + \frac{e}{2\alpha_y^2 h d} \right) \quad (3.3.1.5)$$

$$A_d = \frac{556,66}{322,73 \cdot 1} \left(\frac{1}{0,8} + \frac{0,102}{2 \cdot 1,71^2 \cdot 0,052} \right) = 2,73 \cdot 10^{-3} m^2$$

čia ϕ_y – klupumo koeficientas, apytiksliai nustatomas pagal pasirinktą liaunį.

Apskaičiuojamas ekscentricitetas:

$$e = \frac{M_{y,Ed}}{N_{c,Ed}} \quad (3.3.1.6)$$

$$e = \frac{57,05}{556,66} = 0,102m$$

Iš sortimento parenkamas profilis, nurodytas lentelėje 3.3.1.1.

Lentelė Nr. 3.3.1.1. Profilio HEA260, rodikliai:

Skerspjūvio aukštis h	mm	250
Juostos plotis b	mm	260
Sienutės storis tw	mm	7,5
Juostos storis tf	mm	12,5
Skerspjūvio plotas A	cm ²	86,8
Skerspjūvio atsparumo momentas Wy	cm ³	919,8
Skerspjūvio atsparumo momentas Wz	cm ³	836,4
Skerspjūvio inercijos momentas Iy	cm ⁴	10450
Skerspjūvio inercijos momentas Iz	cm ⁴	3668
Inercijos spindulys iy	cm	10,97
Inercijos spindulys iz	cm	6,5

3.3.2. Kolonos pastovumas

Kolonos pastovumas rēmo plokštumoje

Kolonos liaunis rēmo plokštumoje:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i_y} \quad (3.3.2.1)$$
$$\lambda_y = \frac{533,4}{10,97} = 48,62$$

Kolonos sąlyginis liaunis:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} \quad (3.3.2.2)$$
$$\bar{\lambda}_y = 48,62 \sqrt{\frac{323}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,91$$

Juostos skerspjūvio plotas:

$$A_f = b \cdot t_f = 0,26 \cdot 0,0125 = 0,0033m^2$$

Sienelės skerspjūvio plotas:

$$A_w = (h - 2t_f)t_w = (0,25 - 2 \cdot 0,0125) \cdot 0,0075 = 0,00169m^2$$

Juostos skerspjūvio ir sienelės skerspjūvio ploto santykis:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{0,0033}{0,00169} = 1,95 > 1$$

Santykinis ekscentricitetas

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,102 \cdot 86,8 \cdot 10^{-4}}{919,8 \cdot 10^{-6}} = 0,963$$

Kadangi

$$0 < \bar{\lambda}_y < 5 \text{ ir } 0,1 < e_{rel} < 5$$

tai:

$$k_{shape} = (1,9 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02(6 - e_{rel})\lambda$$
$$= (1,9 - 0,1 \cdot 0,963) - 0,02(6 - 0,963)0,8 = 1,72$$

Kolonos santykinis lyginamasis ekscentricitetas

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \cdot e_{rel} = 1,72 \cdot 0,963 = 1,66$$

Ekscentriškai gniuždomų elementų stiprumas kada $e_{rel,eff} \leq 20$ tikrinamas pagal formulę:

(3.3.2.3)

$$\left(\frac{N_{max}}{N_{pl,Rd}}\right)^n + \frac{M_{max}}{M_{pl,Rd}} \leq 1$$

Čia: $N_{pl,Rd}$ skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmė skaičiuojamas pagal formulę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 86,8 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,9 = 2523,276kN$$

$M_{pl,Rd}$ Skaičiuotinio lenkimo momento veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmė skaičiuojama pagal formulę:

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &= c_{pl} \cdot W_{net,min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 1,04 \cdot 919,8 \cdot 10^{-6} \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \\ &= 278,081kNm \end{aligned}$$

Čia $c_{pl} = 1,04$ koeficientas, nustatomas interpoliuojant priklausomai nuo skerspjūvio tipo ir santykio:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{0,0033}{0,00169} = 1,95$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$\left(\frac{N_{max}}{N_{pl,Rd}}\right)^n + \frac{M_{max}}{M_{pl,Rd}} = \left(\frac{556,66}{2523,276}\right)^{1,5} + \frac{57,05}{278,081} = 0,31 < 1$$

Sąlyga tenkinama.

Tikrinamas: ekscentriškai gniuždomų elementų pastovumas momento veikimo plokštumoje formule:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1 \quad (3.3.2.4)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje apskaičiuojamas formule:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1 N_{NM,c,Rd} = \phi_e \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c$$

Ekscentriškai gniuždomo elemento vientisojo skerspjūvio klupumo koeficientas nustatomas interpoliuojant. Kai $\lambda=0,84$ ir $e_{rel,eff}=1,66$ $\phi_e = 0,549$. Kolonos elemento darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 0,9$ [24].

Ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = 0,549 \cdot 86,8 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,9 = 1385,278kN$$

Tikriname pastovumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{556,66}{1385,278} = 0,402 < 1$$

Kolonos pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje yra pakankamas.

Kolonos pastovumas iš momento veikimo plokštumos tikrinamas formule:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} \leq 1; \quad (3.3.2.5)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis.

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \phi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c \quad (3.3.2.6)$$

Ekscentricitetas naudojamas skaičiuojant pastovumą iš rėmo plokštumos skaičiuojamas formule:

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{28,53}{556,66} = 0,051m$$

santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,y} = \frac{e_y \cdot A}{W_c} = \frac{0,051 \cdot 86,8 \cdot 10^{-4}}{919,8 \cdot 10^{-6}} = 0,48$$

Lenkiamasis momentas $M_{y,ed}$ imamas lygus didžiausiam momentui strypo ilgio viduriniame trečdalyje bet ne mažiau kaip pusė didžiausio visame strypo ilgyje veikiančio momento.

$$M_{y,Ed} = \frac{57,05}{2} = 28,53kNm$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,y}} = \frac{1,335}{1 + 0,7 \cdot 0,48} = 0,999$$

α ir β koeficientai, imami iš STR 2.05.08:2005, 7,8 lentelės.

Kolonos liaunis iš momento veikimo plokštumos skaičiuojamas pagal formulę:

$$\lambda_z = \frac{l_{eff,z}}{i_z} = \frac{7,62}{0,065} = 117$$

Kolonos skaičiuojamasis ilgis iš momento veikimo plokštumos $l_{eff,z}$ yra lygus atstumui tarp kolonos įtvirtinimo taškų statmenai momento veikimo plokštumai
Liaunis:

$$\lambda_c = \sqrt{3,14 \frac{E}{f_{yd}}} = 3,14 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{f_{yd}}} = 80$$

$$\lambda_z = 117 > \lambda_c = 80$$

Todėl koeficientas β :

$$\beta = \sqrt{\frac{\phi_c}{\phi_z}} = \sqrt{\frac{0,599}{0,336}} = 1,335$$

Klupumo koeficientas $\phi_z = 0,336$ kai $\lambda_z = 117$ ir $f_{yd} = 323 \text{ MPa}$ gaunamas interpoliuojant.

Klupumo koeficientas $\phi_c = 0,599$ kai $\lambda_z = 80$ ir $f_{yd} = 323 \text{ MPa}$ gaunamas interpoliuojant.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis.

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \phi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,999 \cdot 0,336 \cdot 86,8 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 1$$

$$= 941,08 \text{ kN}$$

Kolonos pastovumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{556,66}{941,08} = 0,592 \leq 1;$$

Kolonos pastovumo atsparis iš momento veikimo plokštumos yra pakankamas.

Tikrinamas kolonos ribinis liaunis momento veikimo plokštumoje:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,8 = 132$$

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{556,66}{692,64} = 0,804$$

Pastaba. α imamas ne mažesnis nei 0.5

$$\lambda_y = 132 < \lambda_u = 150$$

Kolonos liauniai neviršija ribinių reikšmių.

Kolonos skerspjūvio sienelės pastovumas

Sienelės aukščio santykis su storiu:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{260}{7,5} = 34,7$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis, esant elemento sąlyginiam liauniui momento veikimo plokštumoje:

$$\lambda_1 = \lambda = 1,91 < 2$$

Sienelės liaunumo sąlyga:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 34,7 < \lambda_{wu} 2 \sqrt{\frac{E}{f_{yd}}} = 1,91 \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{323}} = 48,701$$
$$34,7 < 48,701$$

Kolonos sienelės liaunis neviršija ribinio.

Išvada - Kolonos skerspjūvis parinktas gerai, nes visos sąlygos yra tenkinamos.

3.3.3. Kolonos bazės projektavimas

Statlakščių storis imamas $t_{st} = 10\text{mm}$.

Kolonos įžražos:

Ašinė jėga $N_{k,Ed} = 556,66\text{kN}$; lenkiamasis momentas $M_{k,Ed} = 57,05\text{ kNm}$

Pamatui naudojamas C20/25 klasės betonas. Kolona iš S355JR plieno. Konstrukcijoms suvirinti numatytas pusiau automatinis būdas apsauginių dujų aplinkoje vientisojo skerspjūvio viela, $d_w < 1,4\text{mm}$. Elektrodinė viela G38 pagal LST EN 440. Inkariniai varžtai HPM.

Skaičiuotinis betono C20/25 glemžiamasis stipris: $f_{ck} = 20\text{MPa}$; $f_{ctk} = 1,5\text{MPa}$. apskaičiuojami formulėmis:

$$f_{cd} = \frac{a a_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{20}{1,8} = 10\text{MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{a a_{cc} f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1 \cdot \frac{1,5}{1,8} = 0,75\text{MPa}$$

Šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas, skaičiuojamas formule:

$$k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \frac{10}{0,75} = 10,7 < 14$$

Pastaba: Toliau priimu $k_u = 14$

Koeficientas, įvertinantis betono šoninio apspaudimo nevienodumą: $k_f = 1$ [24].

Ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė $\gamma_{u,\max}=2.5$ [24].

Pagal konstrukcinius reikalavimus imame, kad pado plokštės plotis:

$$B = 2 \cdot (t_{st} + c) + b_k = 2 \cdot (10 + 80) + 260 = 0,44m$$

čia b_k - kolonos liemens plotis; t_{st} - statlakščio storis; c - pado plokštės iškyšos plotis (imamas ne didesnis kaip 80-100mm). Tada pado plokštės ilgis skaičiuojamas:

$$L = h_k + 2c_1 = 260 + 2 \cdot 140 = 0,54m$$

Pado plokštės matmenys priimami 0,53m x 0,53m.

Glemžimo plotas skaičiuojamas pagal formulę:

$$A_{c0} = 0,53 \cdot 0,53 = 0,281m$$

Pamato viršaus matmenys:

$$B_p=620mm ; L_p=620$$

Tada įtempių pasiskirstymo plotas skaičiuojamas pagal formulę:

$$A_{c1} = L_p \cdot B_p = 0,65 \cdot 0,65 = 0,384m$$

$$W_u = 1 + k_u \cdot k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \frac{0,75}{10} \left(\sqrt{\frac{0,384}{0,281}} - 1 \right) =$$

$$1,35 < \gamma_{u,\max}=2,5$$

Išvada: priimu $\gamma_u=1,35$

Kolonos pamato betono glemžiamasis stipris skaičiuojamas formule:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot 10 = 11,48MPa$$

Pado plokštės ilgio tikslinimas:

$$\begin{aligned} L &= \frac{|N_k|}{2Bf_{cud}} + \sqrt{\left(\frac{|N_k|}{2Bf_{cud}} \right)^2 + \frac{6M_k}{Bf_{cud}}} \\ &= \frac{|556,66|}{2 \cdot 0,44 \cdot 11,48} + \sqrt{\left(\frac{|556,66|}{2 \cdot 0,44 \cdot 11,48} \right)^2 + \frac{6 \cdot 57,05}{0,44 \cdot 11,48}} \\ &= 0,111 \end{aligned}$$

Ankščiau priimtas pado plokštės ilgis yra tinkamas. Todėl skaičiuojame pado plokštės plotą.

$$A = A_{c0} = 0,53 \cdot 0,53 = 0,281m$$

Atsparumo momentas:

$$W = \frac{BL^2}{6} = \frac{0,53 \cdot 0,53^2}{6} = 21384 \cdot 10^{-6}$$

Įtempiai pamato betone po pado plokšte:

$$\sigma_{c,\max} = \frac{|N_k|}{A} + \frac{M_k}{W} = \frac{556,66 \cdot 10^{-3}}{0,281} + \frac{57,05 \cdot 10^{-3}}{21384 \cdot 10^{-6}} = 5,007 < f_{cud}$$
$$= 11,48 \text{MPa}$$

$$\sigma_{c,\min} = \frac{|N_k|}{A} - \frac{M_k}{W} = \frac{556,66 \cdot 10^{-3}}{0,281} - \frac{57,05 \cdot 10^{-3}}{21384 \cdot 10^{-6}} = 0,329 \text{MPa}$$

Gniuždomosios zonos ilgis:

$$s = \frac{\sigma_{c,\max}}{\sigma_{c,\max} + \sigma_{c,\min}} L = \frac{5,007}{5,007 + 0,329} 0,58 = 0,938 \text{m}$$

Lenkiamieji momentai pado plokštės ploteliuose:

1 plotelis - plokštelė įtvirtinta vienu kraštu, apskaičiuojama kaip standžiai įtvirtinta gembinė sija:

$$M_1 = \frac{\sigma_{c,\max} \cdot c^2}{2} = \frac{5,007 \cdot 10^3 \cdot 0,08}{2} = 20,03 \text{kNm/m}$$

2 plotelis - plokštelė paremta trimis kraštais:

$$M_2 = \alpha \sigma_{c,\max} \cdot b_k^2 = 0,074 \cdot 5,007 \cdot 10^3 \cdot 0,26^2 = 25,05 \text{kNm/m}$$

$\alpha=0,074$ kai santykis $c_1/b_k=0,5$ (STR 2.05.08:2005, 8 pried, 3.3 lentelė).

3 plotelis - plokštelė paremta keturiais kraštais:

$$M_3 = \alpha_1 \sigma_{3,c} a_1^2 = 0,125 \cdot 4,326 \cdot 10^3 \cdot 0,0925 = 5,00 \text{kNm/m}$$

Čia:

$$\sigma_{3,c} = \frac{s - c_1 + t_f}{s} \sigma_{c,\max} = \frac{0,938 - 0,14 + 0,0125}{0,938} 5,007 = 4,326 \text{MPa}$$

santykis $b_1/a_1=2,432$ tai $\alpha_1=0,125$ (gaunama interpoliuojant), tada:

$$a_1 = \frac{b_k - t_w}{2} = \frac{0,26 - 0,0075}{2} = 0,0925 \text{m}$$

$$b_1 = h_k - 2t_f = 0,25 - 2 \cdot 0,0125 = 0,225 \text{m}$$

Pado plokštės storis parenkamas pagal didžiausią lenkiamąjį momentą:

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6M_2}{f_{y,d}\gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 5,00}{323 \cdot 1.2}} = 0,0277m$$

Pastaba: Priimu $t_{pl}=28mm$.

Įrašą virintinėje siūlėje, prijungiančioje statlakštį prie kolonos lentynos:

$$N_{st,Ed} = \frac{|N_{k,Ed}|}{2} + \frac{M_{k,Ed}}{h_k} = \frac{556,66}{2} + \frac{57,05}{0,26} = 497,75kN$$

Mažiausias virintinės siūlės statinio aukštis statlakščiui prijungti prie kolonos lentynos, kai taikomas pusiau automatinis suvirinimas apsauginių dujų aplinkoje $k_{fmin}=8mm$.

Pastaba: Priimama, kad siūlės statinio aukštis $k_f = 8mm$.

Siūlės skaičiuojamasis ilgis turi būti ne mažesnis nei $4 k_f$ ir ne mažesnis nei $40mm$.

Virinimui naudojama elektrodinė viela G38. Charakteristinis stirpis:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vwu}}{\gamma_c} = 0,55 \cdot \frac{470}{1,25} = 206,8MPa$$

Tada virintinės siūlės ilgis skaičiuojamas pagal formulę:

$$l_{st,w,eff} = \frac{N_{st}}{2\beta_{wf}k_f f_{vw,f,d}\gamma_c} = \frac{497,75}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,008 \cdot 206,8 \cdot 1} = 0,215m$$

Siūlės ilgis neviršija leistino:

$$85\beta_f k_f = 85 \cdot 0,7 \cdot 0,008 = 0,476m$$

Skaičiuojamas statlakščio reikalingas aukštis:

$$h_{st} = l_{st,w,eff} + 10mm = 215 + 10 = 225 mm$$

Išvada priimamas statlakščio aukštis: $h_{st} = 230mm$

Kad tolygiai išsiskirstytų apkrova veikianti statlakštį, apskaičiuojama nuo pusės pado plokštės pločio:

$$q_{st,max} = \frac{\sigma_{c,max}B}{2} = 5,007 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,44}{2} = 1101,54kN/m$$

$$\sigma_{2,c} = \frac{s - c_1}{s} \sigma_{c,max} = \frac{0,938 - 0,14}{0,938} 5,007 = 4,26MPa$$

$$q_{2,st} = \sigma_{2,c} \frac{B}{2} = 4,26 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,44}{2} = 937,2kN/m$$

Statlakščio lenkiamasis momentas ir skersinė jėga nuo pamato spaudimo 1pjūvis:

$$M_{st} = \frac{q_{2,st}c_1^2}{2} + \frac{c_1^2}{3}(q_{st,max} - q_{2,st})$$

$$= \frac{937,2 \cdot 0,14^2}{2} + \frac{0,14^2}{3}(1101,54 - 937,2) = 1,511kNm$$

$$V_{st,1} = \frac{(q_{st,max} + q_{2,st})}{2}c_1 = \frac{(1101,54 + 937,2)}{2}0,14 = 142,71kN$$

$$V_{st,2} = \frac{N_{st}}{2} - V_{st,1} = \frac{497,75}{2} - 142,71 = 106,17kN$$

$$V_{st,1} > V_{st,2}$$

Pastaba: Skaičiavimuose naudojame $V_{st,1}$, nes ši skersinė jėga didesnė.

Skaičiuojami statlakščio skerspjūvio plotas ir atsparumo momentas:

$$A_{st} = t_{st}h_{st} = 0,01 \cdot 0,23 = 2,3 \cdot 10^{-3}m^2$$

$$W_{st} = \frac{t_{st}h_{st}^2}{6} = \frac{0,01 \cdot 0,23^2}{6} = 0,882 \cdot 10^{-4}m^3$$

Skaičiuojami normaliniai ir tangentiniai įtempiai:

$$\sigma_{st} = \frac{M_{st}}{W_{st}} = \frac{1,511 \cdot 10^{-3}}{0,882 \cdot 10^{-4}} = 17,13MPa$$

$$\tau_{st} = \frac{V_{st}}{A_{st}} = \frac{142,71 \cdot 10^{-3}}{2,3 \cdot 10^{-3}} = 62,05MPa < f_{s,d}\gamma_c = 187 \cdot 1 = 187MPa$$

Čia $f_{s,d}$ - skaičiuotinis kerpamasis plieno stipris:

$$f_{s,d} = 0,58 \frac{f_y}{\gamma_M} = 0,58 \frac{355}{1,1} = 187MPa$$

Statlakščio skersinė jėga ir lenkiamasis momentas nuo įrašos inkariniuose varžtuose - 2pjūvis.

$$V_{v,st} = \frac{N_{v,max}}{2} = \frac{7,62}{2} = 3,814kN$$

Čia $N_{v,max}$ yra didžiausia inkarinių varžtų jėga nuo nepalankiausio apkrovų derinio.

$$M_{v,st} = V_{v,st}(c_1 + \delta) = 3,814(0,14 + 0,04) = 0,687kNm$$

Normaliniai ir tangentiniai įtempiai nuo įrašos inkariniuose varžtuose:

$$\sigma_{st} = \frac{M_{v,st}}{W_{st}} = \frac{0.687 \cdot 10^{-3}}{1.402 \cdot 10^{-4}} = 4.89 MPa$$

$$\tau_{st} = \frac{V_{v,st}}{A_{st}} = \frac{3.81 \cdot 10^{-3}}{2.9 \cdot 10^{-3}} = 1.315 MPa < f_{s,d} \gamma_c = 145 \cdot 1 = 145 MPa$$

Statlakščio atspario sąlyga:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{st}^2 + 3\tau_{Ed}^2}}{1,15f_{y,d}\gamma_c} = \frac{\sqrt{30.36^2 + 3 \cdot 66.202^2}}{1,15 \cdot 250 \cdot 1} = 0.41 < 1$$

Išvada: Statlakščio atsparis abiejuose pjūviuose pakankamas.

Įrašų derinys kolonos atraminiam pjūvyje kuriam bus skaičiuojami inkariniai varžtai:

$$N_{k,ed} = 627.671 kNm \quad M_{k,ed} = 48.22 kNm$$

Varžtai parenkami su programa „Peikko Designer“. Paskaičiuoti varžtai HPM24L.

Virintinių siūlių prijungiančių bazės elementus prie pado plokštės virintinės siūlės statinio aukštis priimamas: $k_f = 10 mm$.

Virintinių siūlių, prijungiančių bazės elementus prie pado plokštės, metalo kerpamasis plotas, inercijos ir atsparumo momentai:

$$\begin{aligned} A_{wf} &= 2(\beta_{wf} k_f (L - 10) + 2\beta_{wf} k_f (c_1 - 10)) & (3.3.2.53) \\ &= 2(0.7 \cdot 0.01(0.58 - 10) + 2 \cdot 0.7 \cdot 0.01 \cdot (0.14 - 0.01)) \\ &= 0.784 \cdot 10^{-2} m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{wf} &= 2 \left(\frac{\beta_{wf} k_f (L - 10)^3}{12} + 2 \left(\frac{\beta_{wf} k_f (c_1 - 10)^3}{12} + \beta_{wf} k_f (c_1 - 10) \left(\frac{L}{2} - \frac{c_1}{2} \right)^2 \right) \right) \\ &= 2 \left(\frac{0.7 \cdot 0.01(0.58 - 10)^3}{12} \right. \\ &\quad \left. + 2 \left(\frac{0.7 \cdot 0.01(0.14 - 0.1)^3}{12} + 0.7 \cdot 0.01 \cdot (0.14 - 0.01) \left(\frac{0.58}{2} - \frac{0.14}{2} \right)^2 \right) \right) \\ &= 9.31 \cdot 10^{-4} m^4 \end{aligned}$$

$$W_{pl} = \frac{l_{wf}}{0,5L} = \frac{9,31 \cdot 10^{-4}}{0,5 \cdot 0,58} = 0,32 \cdot 10^{-3} m^3$$

Virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės atspario sąlyga:

$$\frac{1}{f_{vw,f,d}\gamma_c} \left(\frac{N_k}{A_{wf}} + \frac{M_k}{W_{wf}} \right) \leq 1$$

$$\frac{1}{206,8 \cdot 1} \left(\frac{627,671 \cdot 10^{-3}}{0,784 \cdot 10^{-2}} + \frac{48,22 \cdot 10^{-3}}{3,2 \cdot 10^{-3}} \right) = 0,986 \leq 1$$

Išvada: Kolonos bazės stiprumas yra pakankamas.

3.3.4. Kolonos galvenos projektavimas

Kolonos galveną sudaro: atraminė galvenos plokštė, galvenos atraminės briaunos ir skersinės sąstandos. Kolonos liemuo - valcuotas dvitėjis HEA260 profilis, kurio skerspjūvio aukštis 250mm, juostos plotis: 260mm, sienutės storis 7,5mm, o juostos 12,5mm. Konstrukcijos pagamintos iš S355 plieno pagal LST EN 10025-2. Konstrukcijai suvirinti numatytas pusiau automatinis būdas apsauginių dujų aplinkoje vientisojo skerspjūvio viela <1,4mm. Elektrodinė viela G38 pagal LST EN 440. Santvaros atraminė reakcija $F_d=179,89kN$ Kolonos galvenos atraminės plokštės storis parenkamas pagal konstrukcinius reikalavimus ir turi būti 16-30mm storio, o matmenys parenkami atsižvelgiant į kolonos matmenis, plokštę padidinant 15mm iš kiekvienos pusės. Todėl, pagal konstrukcinius reikalavimus kolonos galvenos atraminės plokštės ir briaunos $t_{pl}=20mm$.

$$t_{br} = 8mm > 0,5b_{br} \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 0,5 \cdot 0,09 \sqrt{\frac{323}{210000}} = 1,7mm$$

O atraminės briaunos plotis:

$$b_{br} \geq \frac{F_d}{2t_{br}f_{p,d}\gamma_c} = \frac{179,89}{2 \cdot 0,01 \cdot 409,09 \cdot 1} = 0,0022m$$

$$f_{p,d} = \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{450}{1,1} = 409,09MPa$$

Čia: f_u - plieno stipris pagal stiprumo ribą; γ_M - medžiagos patikimumo koeficientas; γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Išvada priimu $b_{br}=280mm$.

Paprastai galvenos atraminių plokščių ir kolonos atraminio galo paviršiai yra nudrožiami arba nufrezuojami, tuomet laikoma, kad spaudimas perduodamas glaudžiai besiliečiančiais paviršiais, o virintinių siūlių statinio aukštis imamas konstruktyviai atsižvelgiant į mažiausius

galimus siūlių statinius jungiant atitinkamo storio elementus. (STR 2.05.08.2005). Siūlių, jungiančių galvenos atraminę plokštę ir atraminę briauną, statinio aukštis:

$$k_f = \frac{F_d}{\beta_{wf} l_{w,eff} f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{179,89}{0,7 \cdot 0,46 \cdot 206,8 \cdot 1} = 0,0027 = 2,7mm$$

Pastaba priimama $k_f=6mm$.

Bendras virintinių siūlių, jungiančių galvenos atraminę plokštę ir briauną ilgis:

$$l_{w,eff} = 4(b_{br} - 10) = 2(280 - 10) = 540mm = 0,54m$$

Virintinių siūlių jungiančių galvenos briauną ir kolonos sienutę ilgis:

$$l_{br,w,eff} = \frac{1,2F_d}{4\beta_{wf} k_f f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 179,89}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,006 \cdot 206,8 \cdot 1} = 0,062 = 62mm$$

Atraminę briauną prie kolonos sienutės jungiančių virintinių siūlių ilgis neturi viršyti:

$$85\beta_{wf} k_f = 85 \cdot 0,7 \cdot 0,01 = 0,595$$

Atraminės briaunos ilgis:

$$h_{br} \geq l_{br,w,eff} + 10mm = 62 + 10 = 72mm$$

Priimame: $h_{br}=350mm$

Galvenos atraminių briaunų kerpamojo atspario sąlyga:

$$\frac{1,2F_d}{2h_{br} t_{br} f_{s,d} \gamma_c} \leq 1 = \frac{1,2 \cdot 179,89 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,35 \cdot 0,008 \cdot 187 \cdot 1} = 0,48 < 1$$

Čia $f_{s,d}$ -skaičiuotinis kerpamasis plieno stipris. Skaičiuojamas pagal (3.3.2.38) formulę:

$$f_{s,d} = 0,58 \frac{355}{1,1} = 187MPa$$

Kolonos sienutės kerpamojo atspario galvenos atraminių briaunų prijungimo vietoje sąlyga tikrinama pagal (3.3.3.3) formulę:

$$\frac{1,2F_d}{2h_{br} t_w f_{s,d} \gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 179,89 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,0075 \cdot 187 \cdot 1} = 0,51 < 1$$

Išvada: galvenos atraminių briaunų kerpamojo atspario sąlyga tenkinama. Kolonos sienutės kerpamojo atspario galvenos atraminių briaunų prijungimo vietoje sąlyga tenkinama. Galvenos atraminės briaunos apačioje įrengiamos skersinės sąstandos, kurių storis yra lygus kolonos sienutės storiui.

3.3.5. Kolonos gembės skaičiavimas

Prie kolonos iš valcuotojo dvitėjo profiliuotio HEA260 pritvirtinta kranų gembė, kurios ilgis – 400 mm, sukonstruota iš valcuotojo dvitėjo profiliuotio HEA200. Kolona ir gembė yra iš plieno S355JR.

Tiltinių kranų apkrova (ir pokraninės sijos svoris), veikianti gembę 450 mm atstumu nuo kolonos, $F_d = 126,67$ kN.

Lenkiamasis momentas ir horizontalioji jėga gembėje ties kolona

$$M_{g,Ed} = F_d l_g = 126,67 \cdot 0,45 = 57,002 \text{ kNm},$$

$$V_{g,Ed} = M_{g,Ed} / h_k = 57,002 / 0,25 = 228,006 \text{ kN}.$$

Kolonoje, kranų gembės lygyje veikia nepalankiausias įrašų derinys ašinė jėga $N_{k,Ed} = -126,67$ kN, lenkiamasis momentas $M_{k,y,Ed} = -96,03$ kNm, skersinė jėga $V_{k,Ed} = -192,3$ kN.

Tikriname gembės atsparį atraminiame pjūvyje ties sienutės šaknies apvalėjimu.

Normaliniai ir tangentiniai įtempiai:

$$\sigma_{g,y,Ed} = \frac{M_{g,Ed} h_{g,w,eff}}{2I_{g,y}} = \frac{57,002 \times 10^{-3} \cdot 134 \times 10^{-3}}{2 \cdot 3692 \times 10^{-8}} = 174,269 \text{ MPa},$$

$$\tau_{g,xz,Ed} = \frac{V_{g,Ed} S_{g,f,y}}{I_{g,y} t_{g,w}} = \frac{228,006 \times 10^{-3} \cdot 93,341 \times 10^{-6}}{3692 \times 10^{-8} \cdot 6,5 \times 10^{-3}} = 88,749 \text{ MPa},$$

$$\tau_{g,xz,Ed} = 88,749 < f_{s,d} \gamma_c = 0,58 \cdot f_{y,d} \gamma_c = 0,58 \cdot 323 \cdot 1,0 = 187,34 \text{ MPa},$$

čia

$$S_{g,f,y} = S_{g,y} - (h_{g,w,eff} / 2) \cdot t_{g,w} \cdot (h_{g,w,eff} / 4) =$$

$$108 \times 10^{-6} - 67 \times 10^{-3} \cdot 6,5 \times 10^{-3} \cdot 33,5 \times 10^{-3} = 93,341 \times 10^{-6} \text{ m}^3.$$

Gembės atspario sąlyga

$$\frac{\sqrt{\sigma_{g,y,Ed}^2 + 3\tau_{g,xz,Ed}^2}}{1,15 f_{y,d} \gamma_c} = \frac{\sqrt{174,269^2 + 3 \cdot 88,749^2}}{1,15 \cdot 322 \cdot 1,0} = 0,63 \leq 1,0.$$

Gembės atsparis yra pakankamas.

Remiantis Reglamento 143 p. Nuostatomis, nustatomas virintinių siūlių statinio aukštis. Suvirinimo medžiaga parenkama atsižvelgiant į Reglamento 155 p. nuostatas.

Šiuo atveju tinkama suvirinimo medžiaga – glaistytasis elektrodas E42 pagal LST EN 499 [7.7], kurios skaičiuotinis kertinės (kampinės) siūlės kerpamasis metalo stipris $f_{vw,f,d} = 220$ MPa.

Kertinės (kampinės) siūlės metalo įlydymo gylio koeficientas $\beta_{wf} = 0,7$, o kertinės (kampinės) siūlės sulydymo srities metalo koeficientas $\beta_{wz} = 1,0$.

Tolesni virintinių siūlių skaičiavimai bus atliekami pjūvyje per siūlės metalą, nes jo stipris atsižvelgus į koeficientus β_{wf} ir β_{wz} yra mažesnis.

Virintinių siūlių, prijungiančių gembės lentynas prie kolonos ir kolonos sienutės sąstandas prijungiančių siūlių, statinio aukštis apskaičiuojamas taip:

$$k_{g,f} \geq \frac{V_{g,Ed}}{2\beta_{wf} l_{g,w,eff} f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{228,006 \times 10^{-3}}{2 \cdot 0,7 \cdot (200 - 10) \times 10^{-3} \cdot 220 \cdot 1,0} = 0,0039 \text{ m} = 3,9 \text{ mm}.$$

Imama, kad virintinės siūlės statinis bus 5 mm.

Gembės sienutę prie kolonos lentynos prijungiančių virintinių siūlių statinio aukštis:

$$k_{gw,f} \geq \frac{F_d}{2\beta_{wf} l_{w,eff} f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{126,67 \times 10^{-3}}{2 \cdot 0,7 \cdot 134 \times 10^{-3} \cdot 220 \cdot 1,0} = 0,0031 \text{ m} = 3,1 \text{ mm}.$$

Atsižvelgiant į Reglamento 143 b p. nuostatas, konstrukcinius ir technologinius suvirinimo reikalavimus, imama, kad virintinės siūlės statinis bus 5 mm.

Patikriname sąlygą $l_{w,eff} < 85 \beta_{wf} k_{gw,f} = 85 \cdot 0,7 \cdot 5 = 297,5 > l_{w,eff} = 134 \text{ mm}$.

Virintinių siūlių, prijungiančių gembę prie kolonos, atsparis

$$\sigma_{w,f} = \frac{M_{g,Ed} h_{g,w,eff}}{2\beta_{wf} I_w} = \frac{57,002 \times 10^{-3} \cdot 134 \times 10^{-3}}{2 \cdot 0,7 \cdot 3692 \times 10^{-8}} = 147,775 \text{ MPa},$$

$$\tau_{wf} = \frac{F_d}{2\beta_{wf} k_{g,w,f} h_{g,w,eff}} = \frac{126,67 \times 10^{-3}}{2 \cdot 0,7 \cdot 5 \times 10^{-3} \cdot 134 \times 10^{-3}} = 135,043 \text{ MPa},$$

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,f}^2 + \tau_{w,f}^2}}{f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{\sqrt{147,775^2 + 135,043^2}}{220 \cdot 1,0} = 0,91 \leq 1,0.$$

Virintinių siūlių, prijungiančių gembę prie kolonos, atsparis yra pakankamas.

Tėjinės pokraninės gembės ir kolonos lentynų jungties stipris

$$\frac{V_{g,Ed}}{(t_{g,f} + 2k_{g,f})b_{g,f}f_{th,d}\gamma_c} = \frac{228,006 \times 10^{-3}}{(10 \times 10^{-3} + 2 \cdot 5 \times 10^{-3}) \cdot 200 \times 10^{-3} \cdot 205 \cdot 1,0} = 0,28 \leq 1,0.$$

Tėjinės pokraninės gembės ir kolonos lentynų jungties atsparis yra pakankamas.

Sienutės sąstandų virintinės siūlės. Sąstandų storis imamas tokio paties storio, kaip ir gembės lentynų – 10 mm. Virintinių siūlių, prijungiančių sąstandas prie kolonos sienutės, aukštis – 5 mm.

Sienutės sąstandų virintinių siūlių atspario sąlyga

$$\frac{V_{k,Ed}}{4\beta_{wf}k_f l_{k,w,eff} f_{vw,f,d}\gamma_c} = \frac{228,006 \times 10^{-3}}{4 \cdot 0,7 \cdot 5 \times 10^{-3} \cdot 134 \times 10^{-3} \cdot 220 \cdot 1,0} = 0,55 \leq 1,0.$$

Sienutės sąstandų virintinių siūlių atsparis yra pakankamas.

Normaliniai ir tangentiniai įtempiai kolonos sienutėje:

$$\sigma_{w,x,Ed} = \frac{N_{k,Ed}}{A_k} + \frac{M_{k,y,Ed} h_{k,w,eff}}{2I_{k,y,net}} = -\frac{126,67 \times 10^{-3}}{53,85 \times 10^{-4}} - \frac{96,03 \times 10^{-3} \cdot 134 \times 10^{-3}}{2 \cdot 3692 \times 10^{-8}} = -197,791 \text{ MPa},$$

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{k,Ed} + V_{g,Ed}}{h_{k,w} t_w} = \frac{(-192,3 + 228,006) \times 10^{-3}}{170 \times 10^{-3} \cdot 6,5 \times 10^{-3}} = 32,313 \text{ MPa} < f_{s,d}\gamma_c = 145 \text{ MPa}.$$

Kolonos sienutės atspario sąlyga

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,x,Ed}^2 + 3\tau_{w,xz,Ed}^2}}{1,15 f_{y,d}\gamma_c} = \frac{\sqrt{197,791^2 + 3 \cdot 32,313^2}}{1,15 \cdot 322 \cdot 1,0} = 0,55 \leq 1,0.$$

Kolonos sienutės atsparis yra pakankamas.

Pokraninės gembės atsparis yra pakankamas.

3.4. Pokraninės sijos skaičiavimas

3.4.1. Pokraninės sijos skaičiuojamosios įrašos

Projektuojamam pastatui numatomas tiltinis atraminis dvisijinis kranas (be kranų tiltų) ABUS 8t / 25m. Kranas keliamoji galia: $Q = 8t$, kranas ir vežimėlio masė $G = 5,92 t$, vieno rato didžiausi norminiai slėgiai į bėgį $F_{max,n} = 129 kN$ (čia dydžiai G , F_{max} randami pagal kranų standartus arba gamintojo nurodymus). Kranas remiamas ant bėgio KP70, kurio tiesinio metro svoris $g_b = 46,1 kg/m = 0,452 kN/m$. Pokraninė sija projektuojama pagal Paulauskas J., Kvedaras A. Metalinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1977, 460p [27].

Skaičiuojamasis didžiausias vertikalus kranas rato slėgis:

$$F_{max} = F_{max,n} \cdot \gamma_G \cdot k_1 \cdot \Psi = 129 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 122,33 kN$$

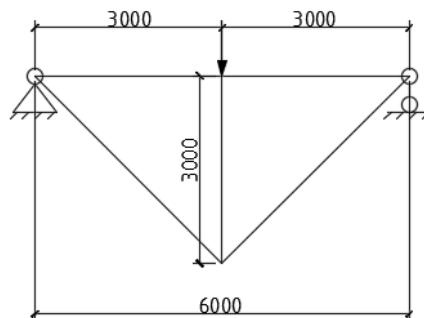
Čia: γ_G – kranų poveikių daliniai patikimumo koeficientai; k_1 – dinaminis koeficientas; Ψ – derinio koeficientas.

Skaičiuojamoji horizontali jėga, kuria siją veikia vienas kranas ratas, stabdant kranas vežimėlį:

$$T_1 = \frac{Q + G_v}{40} \cdot \gamma_G \cdot k_2 \cdot \Psi = \frac{50 + 5,92}{40} \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 1,438 kN$$

Čia: k_2 – dinaminis koeficientas

Sijos vidurinio pjūvio lenkimo momento influentė gaunama (3.4.1.1 pav.), kai pirmojo tiltinio kranas vienas ratas yra per vidurį, o antras tiltinis kranas yra per mažiausią atstumą nuo antrojo prie sijos centro.



3.4.1.1. pav. Sijos vidurinio pjūvio lenkimo momento influentė ir jos apkrovimas

Maksimalus momentas sijos viduryje:

$$M_{max} = F_{max} \cdot \sum \eta = 122,33 \cdot (3) = 366,99 kN \cdot m$$

Savojo sijos svorio įtaka lenkimo momentui:

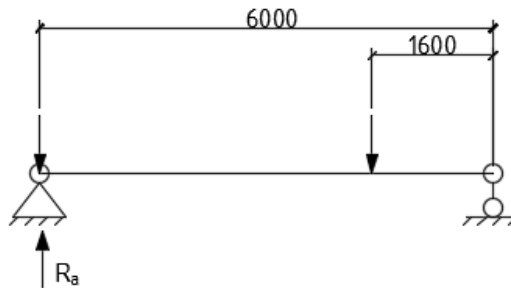
$$M_y = M_{max} \cdot k \cdot \alpha = 198,99 \cdot 1 \cdot 1,08 = 214,909 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Čia: k – koeficientas, įvertintas supaprastinto skaičiavimo įtaką; α – koeficientas, įvertinantis savojo sijos svorio įtaką lenkimo momentui.

Apskaičiuojant maksimalų lenkimo momentą M_z , sukeltą kranų vežimėlių stabdymo jėgų, kranai išdėstomi taip pat kaip ir skaičiuojant momentą M_y . Todėl momentą M_z paprasčiausia apskaičiuoti pagal formulę:

$$M_z = M_{max} \cdot \frac{T_1}{F_{max}} \cdot k = 198,99 \cdot \frac{1,438}{66,33} \cdot 1 = 4,314 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimali skersinė jėga Q_{max} (sijos atraminė reakcija) apskaičiuojama pagal schemą (3.4.1.2 pav.).



3.4.1.2 pav. Q_{max} skaičiuojamoji schema

Maksimali skersinė jėga veikianti atramoje gaunant rašant momentų lygtį apie dešiniąją atramą (3.4.1.2 pav.):

$$Q_{max,a} = \frac{F_{max}(0,5 + 4,9 + 6)}{l} = \frac{66,33(1,6 + 6)}{6} = 84,018 \text{ kN}$$

Sijos maksimali skersinė jėga, įvertinus sijos savąjį svorį:

$$Q_y = Q_{max,a} \cdot \alpha = 84,018 \cdot 1,08 = 90,739 \text{ kN}$$

Sijos standumą tikriname apkrovę siją vieno kranu norminėmis jėgomis $F_{max,n}$. Standumui apskaičiuoti reikia žinoti norminį lenkimo momentą M_n , kuris apskaičiuojamas:

$$M_n = F_n \cdot \sum \eta \cdot k \cdot \alpha = 66,33 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1,08 = 204,91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.4.2. Pokraninės sijos skerspjūvio skaičiavimas

Pokraninei sijai naudojamas S355 konstrukcinis plienas. Plieno skaičiuotinas stipris:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,73 \text{ MPa}$$

Reikalingas sijos skerspjūvio atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{M_y}{\beta \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{214,909 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 322,73 \cdot 1,0} = 700,958 \text{ cm}^3$$

Čia: β – koeficientas įvertinantis įtempių padidėjimą nuo M_z lenkimo momento; γ_c – darbo sąlygų koeficientas

Iš valcuotų sijų asortimento parenkame dvitėją siją HEA 240, kurios atsparumo momentas

$W_y = 744,6 \text{ cm}^3 > W_{y.reik} = 700,958 \text{ cm}^3$. Sijos skerspjūvio matmenys pateikti 3.4.2.1. lentelėje.

Lentelė Nr. 3.4.2.1. Sijos HEA 240 rodikliai.

Skerspjūvio aukštis h	mm	230
Juostos plotis b	mm	240
Sienutės storis t_w	mm	7,5
Juostos storis t_f	mm	12
Skerspjūvio plotas A	cm ²	76,8
Skerspjūvio atsparumo momentas W_y	cm ³	351,7
Skerspjūvio atsparumo momentas W_z	cm ³	744,6
Skerspjūvio inercijos momentas I_y	cm ⁴	7763
Skerspjūvio inercijos momentas I_z	cm ⁴	2769
Inercijos spindulys i_y	cm	10,05
Inercijos spindulys i_z	cm	6,0

Dviejose pagrindinėse plokštumose tikrinamas lenkiamųjų elementų stiprumas:

$$\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} = \frac{214,909 \cdot 10^3}{744,6} + \frac{4,314 \cdot 10^3}{351,7} = 300,89 \text{ MPa} \leq f_{y,d} \cdot \gamma_c = 322,73 \cdot 1$$

$$= 322,73 \text{ MPa}$$

Įtempių atsarga:

$$\frac{322,73 - 300,89}{322,73} \cdot 100\% = 4,7\% \leq 5\%$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuotinio skerspjūvio kerpamojo atspario reikšmė:

$$V_{c,Rd} = \frac{I_y \cdot t_w}{S} \cdot f_{s,d} \cdot \gamma_c = \frac{7763 \cdot 0,0075}{372} \cdot 187 \cdot 1 \cdot 10 = 292,678 \text{ kN}$$

Plieno skaičiuojamasis stipris kerpant:

$$f_{s,d} = 0,58 \cdot f_{y,d} = 0,58 \cdot 322,73 = 187 \text{ MPa}$$

Tikrinant lenkiamųjų elementų kerpamąjį stiprį, turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{90,739}{292,678} = 0,31 \leq 1,0$$

Skaičiuojame neišnaudojimo sąlygą:

$$\frac{292,678 - 90,739}{292,678} \cdot 100\% = 66\%$$

Skaičiuojamasis ilgis pagal mokomosios literatūros [29] formulę:

$$l_{eff} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_j}{t_w}} = 3,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{1043,636 \cdot 10^{-8}}{0,0075}} = 0,363 \text{ cm}$$

Čia: c-koeficientas suvirintoms ir valcuotoms sijoms, c=3,25;

$$I_j - \text{sijos juostos ir krano bėgio (iš lentelių) inercijos momentų suma, } I_j = 1040,18 + \frac{b_f \cdot t_f^3}{12} = 1040,18 + (24 \cdot 1,2^3)/12 = 1043,636$$

Skaičiuojant sijos sienelės stiprumą sutelktųjų apkrovų viršutinės juostos pridėjimo vietose ir atraminiuose pjūviuose, kai sienelė nesutvirtinta sąstandomis, vietinis įtempis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma_{w,loc,Ed} = \frac{F_d}{t_w \cdot l_{eff}} = \frac{126,67}{0,0075 \cdot 0,363} \cdot 10^{-3} = 46,527 \text{ MPa} \leq f_{y,d} \cdot \gamma_c = 322,73 \cdot 1,0$$

$$= 322,73 \text{ MPa}$$

Sijų skaičiuojamų pagal Reglamento [40] formulę, sienelės turi tenkinti šias sąlygas:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,x,Ed}^2 - \sigma_{w,x,Ed} \cdot \sigma_{w,z,Ed} + \sigma_{w,z,Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{w,xz,Ed}^2}}{1,15 \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{\sqrt{225,28^2 - 225,28 \cdot 46,527 + 46,527^2 + 3 \cdot 6,742^2}}{1,15 \cdot 322,73 \cdot 1,0} = 0,56 \leq 1,0,$$

$$\frac{\tau_{w,xz,Ed}}{f_{s,d} \cdot \gamma_c} = \frac{6,742}{187 \cdot 1,0} = 0,036 \leq 1,0,$$

Čia: $\sigma_{w,x,Ed}$ – normaliniai įtempiai sienelės vidurinėjw plokštumoje, lygiagretūs su išilgine sijos ašimi, $\sigma_{w,x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_{y,net}} \cdot z = \left(\frac{233,18}{7763}\right) \cdot 0,075 \cdot 10^5 = 225,28MPa$

$\sigma_{w,z,Ed}$ – tas pats, kaip statmenai sijos išilginei ašiai, $\sigma_{w,z,Ed} = \sigma_{w,loc,Ed} = 46,527MPa$;

$\tau_{w,xz,Ed}$ – tangentiniai įtempiai kai sienelė nesusilpninta skylėmis, $\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S_f}{I_{y,net} \cdot t_w} = \frac{97,23 \cdot 14,4}{2769 \cdot 0,0075} \cdot 10^{-1} = 6,742MPa$

S_f – statinis statinis momentas, $S_f = 0,5 \cdot b_f \cdot t_f^2 = 0,5 \cdot 24 \cdot 1,2 = 14,4cm^3$

3.4.3. Pokraninės sijos pastovumo tikrinimas

Bendrasis sijos pastovumas netikrinamas, nes pokraninė sija atitinka Reglamento [24] 71 punkto reikalavimus, t.y. apkrovos perduodamos per standų diską (bėgio siją) ištiesai parentą ir patikimai sujungtą su gniuždomąja sijos juosta.

3.4.4. Pokraninės sijos įlinkio tikrinimas

Sijos įlinkis tikrinamas pagal formulę:

$$d = \frac{5 \cdot M_n \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 204,91 \cdot 6^2}{48 \cdot 2,1 \cdot 7763} = 0,0047 m \leq d_{lim} = \frac{l}{400} = \frac{6}{400} = 0,015 m$$

Sąlyga tenkinama.

3.5. Įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtos denginio plokštės skaičiavimas

3.5.1. Bendrieji duomenys

Plokštė projektuojama iš C40/50 klasės betono, kietinamo šildant atmosferinio slėgio kameroje. Plokštės stiprumo ir tinkamumo skaičiavimai atliekami remiantis STR 2.05.05:2005. Betoninių

ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas [25]. Ji armuojama Y1770 klasės vieline armatūra, įtempiant ją į atsparas elektroterminiu būdu.

C40/50 betonui $f_{ck} = 40$ MPa, $f_{cm} = 48$ MPa, $f_{ctm} = 3,5$ MPa, $f_{ctk,0,05} = 2,5$ MPa, $E_{cm} = 35$ GPa. Y1770 klasės vielinei armatūrai $f_{pk} = 1770$ MPa, $f_{p0,1k} = 1520$ MPa, $f_{p0,1d} = 1320$ MPa, $E_s = 205$ GPa.

3.5.2. Kiaurymėtos denginio apkrovų skaičiavimas

Plokštės nuolatinės apkrovos reikšmės

$$g_d = g_k = (3,93 + 4,0) \cdot 1,2 \cdot 1,35 = 12,847 \text{ kN/m'}$$

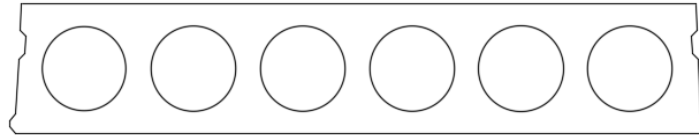
Naudojimo apkrovos reikšmės

$$q_d = q_k = 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 2,496 \text{ kN/m'}$$

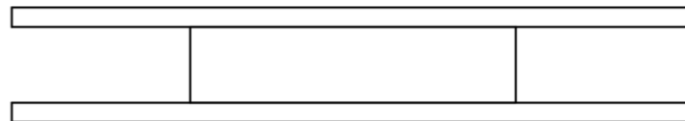
Visos apkrovos reikšmės

$$p_d = p_k = g_k + q_k = 12,847 + 2,496 = 15,343 \text{ kN/m'}$$

3.5.3. Redukuoto skerspjūvio parinkimas



3.5.3.1. pav. Plokštės skerspjūvis.



3.5.3.2. pav. Redukuotas plokštės skerspjūvis.

$$h_f = h - a_1 - a_2 = 0,22 - 0,04 - 0,04 = 140 \text{ mm}$$

$$h_1 = h_f \cdot 0,95 = 0,95 \cdot 140 = 133 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_k \cdot 0,95 = 0,95 \cdot 140 = 133 \text{ mm}$$

$$b_w = b_{pl} - n \cdot b_1 = 1200 - 6 \cdot 133 = 402 \text{ mm}$$

$$h_{pl}^f = (h_{pl} - h_1) / 2 = (220 - 133) / 2 = 43,5 \text{ mm}$$

3.5.4. Paruošiamieji duomenys išilginių briaunų skaičiavimui

Plokštės tarpatramio skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = l - \frac{h_{pl} - 0,015}{2} = 6 - (0,22 - 0,015) / 2 = 5,898m$$

Saugos ribiniam būviui:

$$p = 12,786 \cdot 1,2 = 15,343kN / m$$

$$M_{Ed} = \frac{pl_{eff}^2}{8} = \frac{15,343 \cdot 5,898^2}{8} = 66,703kNm$$

$$V_{Ed} = \frac{pl_{eff}}{2} = \frac{15,343 \cdot 5,898}{2} = 45,241kN$$

Tinkamumo ribiniam būviui:

$$p_1 = (G_k + \psi_2 V_k) b = (7,93 + 0,2 \cdot 1,2) 1,2 = 9,804kN / m$$

$$M_{ser1} = \frac{p_1 l_{eff}^2}{8} = \frac{9,804 \cdot 5,898^2}{8} = 42,624kNm$$

$$Q_{ser1} = \frac{p_1 l_{eff}}{2} = \frac{9,804 \cdot 5,898}{2} = 28,909kN$$

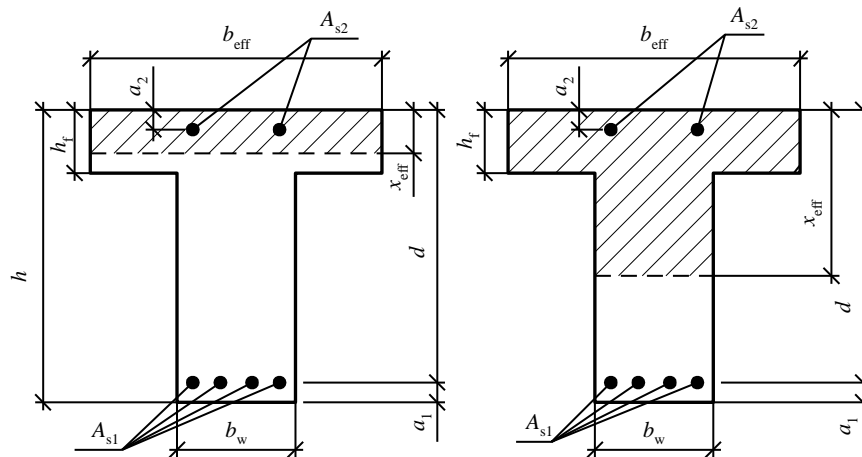
$$p_2 = (G_k + V_k) b = (7,93 + 1,2) 1,2 = 10,956kN / m$$

$$M_{ser2} = \frac{p_2 l_{eff}^2}{8} = \frac{10,956 \cdot 5,898^2}{8} = 47,632kNm$$

$$Q_{ser2} = \frac{p_2 l_{eff}}{2} = \frac{10,956 \cdot 5,898}{2} = 32,307kN$$

Reikalingo armatūros ploto apskaičiavimas. Esamas plokštės skerspjūvis redukuojamas į tėjinį, kur:

$$d = 0,22 - 0,04 = 0,18m ;$$



3.5.3.2. pav. Normalinio pjūvio skaičiuojamoji schema [25].

Imamas išankstinio armatūros įtempimo dydis 0,7 [25]. Vielinė armatūra Y1770, jos

$$\sigma_{sp} = 0,7 f_{p0,1k} = 1520 \cdot 0,7 = 1064 \text{ MPa}.$$

Elektrotechninio įtempimo atveju tikrinama sąlyga:

$$p = 30 + \frac{360}{l} = 30 + \frac{360}{6} = 90 \text{ MPa}$$

$$1064 + 90 = 1154 \text{ MPa} < 1520 \text{ MPa}$$

Išankstinio armatūros įtempimo nuokrypa:

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,5 \frac{p}{\sigma_{sp}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n_p}} \right) = 0,5 \frac{90}{1064} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,072$$

Esant palankiai išankstinio įtempio įtakai:

$$\gamma_{sp1} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,072 = 0,928$$

Esant nepalankiai išankstinio įtempio įtakai (transportuojant):

$$\gamma_{sp2} = 1 + \Delta\gamma_{sp} = 1 + 0,072 = 1,072$$

Įvertinant išankstinio įtempimo tikslumą:

$$\sigma_{sp1} = \gamma_{sp1} \cdot \sigma_{sp} = 0,928 \cdot 1064 = 987,180 \text{ MPa}$$

Apytiksliai nusistovėję įtempiai:

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp1} - 100 = 987,180 - 100 = 887,180 \text{ MPa}$$

Santykiniis gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_{\text{lim}} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,\text{lim}}}{\sigma_{sc,\text{lim}}} \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,658}{1 + \frac{832,819}{500} \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,394$$

$$w = 0,85 - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 24 = 0,658$$

Armatūros įtempiai, MPa, strypams skaičiuojama pagal formulę:

$$\sigma_{s,\text{lim}} = f_{p0,1d} + 400 - \sigma_{sp2} - \Delta\sigma_p = 1320 + 400 - 887,180 - 0 = 832,819 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p = 1500 \frac{\sigma_{sp2}}{f_{p0,1d}} - 1200 = 1500 \frac{887,180}{1320} - 1200 = -191,841 < 0 \text{ MPa}$$

Laikant, kad $x < h_f$ bus:

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} b_f d^2} = \frac{66,703 \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 1,2 \cdot 0,18^2} = 0,071$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,071} = 0,074$$

$$x = \xi d = 0,074 \cdot 0,18 = 0,013 \text{ m} < h_f = 0,041 \text{ m}$$

Darbo sąlygų koeficientas įvertinantis įtemptosios armatūros stiprumą aukščiau takumo ribos:

$$\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1)(2\xi / \xi_{\text{lim}} - 1) = 1,10 - (1,10 - 1)(2 \cdot 0,074 / 0,394 - 1) = 1,16 > 1,1$$

imama $\gamma_{sy} = 1,10$.

čia, koeficientas $\eta = 1,10$ - strypams [25];

Išilginės įtemptos armatūros reikiamas skerspjūvio plotas:

$$A_{sp,\text{reik}} = \frac{f_{cd} b_f x}{f_{p0,1d} \gamma_{sy}} = \frac{24 \cdot 1,2 \cdot 0,013}{1320 \cdot 1,10} = 0,000265 \text{ m}^2 = 2,65 \text{ cm}^2$$

Parenku 7Ø6, vieno strypo skerspjūvio plotas 0,283 cm². Bendras Y1770 stiprumo klasės strypų skerspjūvio plotas $A_{sp} = 2,66 \text{ cm}^2$. Viršuje plokštė suarmuojama tinklais.

Redukuoto skerspjūvio geometriniai rodikliai. Skerspjūvio plotas:

$$A_{red} = b_w \times h + (b_{\text{eff}} - b_w) \times h_{\text{eff}} \times 2 + \alpha_e A_{s1} = 0,374 \times 0,22 + (1,2 - 0,374) \times 0,041 \times 2 + 5,857 \times 0,000266 = 0,152 \text{ m}^2$$

$$\text{čia, } \alpha_e = \frac{E_{sp}}{E_c} = \frac{205000}{35000} = 5,857.$$

Skerspjūvio statinis momentas I-I krašto atžvilgiu:

$$\begin{aligned} S_{red}^{I-I} &= 0,5 \times b_w \times h^2 + (b_{eff} - b_w) \times h_{eff} \times (h - 0,5 \times h_{eff}) + 0,5(b_{eff} - b_w) \times h_{eff}^2 + a_e \times A_{p1} \times a_1 = \\ &= 0,5 \times 0,374 \times 0,22^2 + (1,2 - 0,374) \times 0,041 \times (0,22 - 0,5 \times 0,041) + 0,5(1,2 - 0,374) \times 0,041^2 + \\ &+ 5,857 \times 0,000266 \times 0,04 = 0,016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Redukuoto skerspjūvio svorio centro atstumas nuo I-I krašto:

$$y_{red} = S_{red} / A_{red} = 0,016 / 0,152 = 0,105 \text{ m}$$

Redukuoto skerspjūvio inercijos momentas:

$$\begin{aligned} I_{red} &= \frac{(b_f - b_w)h_f^3}{12} + (b_f - b_w)h_f \left(h - y_{red} - \frac{h_f}{2} \right)^2 + \frac{b_w h^3}{12} + b_w h \left(\frac{h}{2} - y_{red} \right)^2 + \alpha_e A_{sp} (y_{red} - a_{sp})^2 = \\ &= \frac{(1,2 - 0,374) \cdot 0,041^3}{12} + (1,2 - 0,374) \cdot 0,041 \cdot \left(0,22 - 0,105 - \frac{0,041}{2} \right)^2 + \frac{0,374 \cdot 0,22^3}{12} + 0,374 \cdot \\ &\cdot 0,22 \cdot \left(\frac{0,22}{2} - 0,105 \right)^2 + 5,857 \cdot 0,000266 (0,105 - 0,04)^2 = 0,00065 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Atsparumo momentai apatinio ir viršutinio krašto atžvilgiais:

$$W_{red,b} = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{0,00065}{0,105} = 0,0062 \text{ m}^3 \quad W_{red,t} = \frac{I_{red}}{h - y_{red}} = \frac{0,00065}{0,22 - 0,105} = 0,0056 \text{ m}^3$$

Atstumai nuo redukuoto skerspjūvio svorio centro iki jo branduolio taškų:

$$\text{viršutinio } r = \frac{W_{red,b}}{A_{red}} = \frac{0,0062}{0,152} = 0,041 \text{ m} \quad \text{apatinio } r' = \frac{W_{red,t}}{A_{red}} = \frac{0,0056}{0,152} = 0,037 \text{ m}$$

Atsparumo momentai įvertinant tempiamos betono zonos plastines deformacijas. Jeigu tempiama zona yra skerspjūvio apačioje (eksploatacijos stadijoje), 0-0 ašies padėtis nustatoma iš formulės:

$$\begin{aligned} S'_{bo} + \alpha'_s S'_{so} - \alpha_s S_{so} &= (h - x) A_{bt} / 2; \\ (b_f - b_w) h_f \left(x - \frac{h_f}{2} \right) + \frac{b x^2}{2} - \alpha_{sp} A_{sp} (h - a_{sp} - x) - \alpha_s A_s (h - a_s - x) &= \frac{(h - x)}{2} b_w \cdot (h - x) = \\ &= (1,2 - 0,374) \cdot 0,041 \cdot (x - 0,5 \cdot 0,041) + 0,5 \cdot 0,374 \cdot x^2 - 0,0016 \cdot (0,18 - x) - 0,0016 \cdot (0,18 - x) \\ &= 0,5 \cdot (0,22 - x) \cdot 0,374 \cdot (0,22 - x) \end{aligned}$$

$$x = 0,062 \text{ m} \quad h - x = 0,22 - 0,062 = 0,158 \text{ m}$$

$$I_{bo} = \frac{b_f \cdot x^3}{12} + b_f \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 = \frac{b_f \cdot x^3}{3} = \frac{1,2 \cdot 0,158^3}{3} = 0,000095 \text{ m}^4$$

$$\alpha'_s I'_{so} = 5,857 \times 0,000266 \times (0,062 - 0,025)^2 = 0,00000213m^4$$

$$\alpha_s I_{so} = 5,857 \cdot 0,000266 \cdot (0,062 - 0,04)^2 + 5,857 \cdot 0,000266 \cdot (0,062 - 0,025)^2 = 0,000049m^4$$

$$S_{bt} = \frac{b_w \cdot (h-x)^2}{2} + \frac{(b_f - b_w) \cdot (h_f - x)^2}{2} = \frac{0,374 \cdot (0,22 - 0,062)^2}{2} + \frac{(1,2 - 0,374) \cdot (0,041 - 0,062)^2}{2} = 0,0048m^3$$

$$W_{pl} = 2(0,000095 + 0,0000021 + 0,000049) / 0,158 + 0,0048 = 0,0067m^3$$

Jeigu tempiama zona yra skerspjūvio viršuje:

$$W'_{pl} = W_{red,t} \gamma_{pl} = 0,0056 \cdot 1,5 = 0,0085m^3$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai. Priimama, kad strypinė armatūra bus tempiama elektroterminiu būdu į atsparas. Išankstinių įtempimų dydis, numatytas anksčiau $\sigma_{sp} = 1064MPa$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įtempimų relaksacijos armatūroje:

$$\sigma_{los,1} = 0,05\sigma_{sp} = 0,05 \cdot 1064 = 53,2MPa$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl temperatūrų skirtumų:

$$\sigma_{los,2} = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 81,25MPa$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl įrenginių deformacijos:

$$\sigma_{los,3} = 0MPa$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl trinties į sieneles, kai tempiama į atsparas:

$$\sigma_{los,4} = 0MPa$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai dėl plieninio klojinio deformacijos (įtempiant elektroterminiu būdu nuostoliai dėl klojinių deformacijos neįvertinami):

$$\sigma_{los,5} = 0MPa$$

Įtempiai armatūroje prieš apgniuždant betoną:

$$\sigma_{sp,1-5} = \sigma_{sp} - \sum_5^{i=1} \sigma_{los,i} = 1064 - 53,29 - 81,25 = 929,55MPa,$$

Šių įtempimų apgniuždymo jėga, įvertinus 1-5 nuostolius:

$$P_0 = \sigma_{sp,1-5} A_{sp} = 929,55 \cdot 0,000266 = 0,247MPa$$

Apgniuždymo jėgos ekscentricitetas redukuoto skerspjūvio svorio centro atžvilgiu:

$$e_{op} = y_{red} - a_{sp} = 0,105 - 0,04 = 0,065m$$

Lenkimo momentas nuo plokštės savojo svorio:

$$M_d = \frac{q \cdot b \cdot l^2}{8} = \frac{1,388 \cdot 1,2 \cdot 6^2}{8} = 7,495 \text{ kNm}$$

$$q = h_f \cdot \rho_{gb} \cdot \gamma_G = 0,041 \cdot 25 \cdot 1,35 = 1,388 \text{ kN/m}^2$$

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

Įtempiai betone, įtemptosios armatūros svorio centro lygyje, nuo P_0 ir lenkimo momento nuo plokštės svorio, įvertinant pirmuosius penkis nuostolius:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_0}{A_{red}} + \frac{P_0 e_{op}^2 - M_d e_{op}}{I_{red}} = \frac{0,247}{0,152} + \frac{0,247 \cdot 0,065^2 - 7,495 \cdot 10^{-3} \cdot 0,065}{0,00065} \approx 2,475 \text{ MPa}$$

$$\text{Esant } \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{2,475}{35} = 0,071 < \alpha = 0,8,$$

čia $\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 35 = 1,125 > 0,8$ priimama $\alpha = 0,8$, įtempių nuostoliai dėl betono valkšnumo apgniuždant:

$$\sigma_{los,6} = \chi \cdot 40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot 0,071 = 2,404 \text{ MPa}$$

Kai betonas kietinamas šildant koeficientas $\chi = 0,85$ [25].

Pirminiai įtempimų nuostoliai:

$$\sigma_{los,1-6} = \sum_6^{i=1} \sigma_{los,i} = 53,2 + 81,25 + 2,404 = 136,854 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojami antriniai įtempimo nuostoliai.

Išankstinio įtempimo nuostoliai nuo armatūros įtempių relaksacijos, kai armatūra įtempama į atsparas:

$$\sigma_{los,7} = 0 \text{ MPa}$$

Išankstinio įtempimo nuostoliai, dėl sunkiojo 40/50 stiprumo klasės betono susitraukimo (kai betonas kietinamas šūtinant):

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

Nuostoliai dėl betono valkšnumo, nepriklausant nuo įtempimo būdo.

Apgniuždymo jėga, įvertinus pirminius nuostolius:

$$P_1 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los,1-6}) \cdot A_{sp} = (1064 - 136,854) \cdot 0,000266 = 0,247 \text{ MPa}$$

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

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 e_{op}^2 - M_d e_{op}}{I_{red}} = \frac{0,247}{0,152} + \frac{0,247 \cdot 0,065^2 - 7,495 \cdot 10^{-3} \cdot 0,065}{0,00065} \approx 2,466 MPa$$

Nuostoliai dėl betono valkšnumo, kai $\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = \frac{2,466}{35} = 0,0705 < 0,75$

$$\sigma_{los,9} = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp}} = 150 \cdot 0,85 \cdot 0,0705 = 314,476 MPa$$

Antriniai įtempių nuostoliai:

$$\sigma_{los,7-9} = \sum_9^{i=7} \sigma_{los,i} = 50 + 314,476 = 364,476 MPa$$

Suminiai nuostoliai:

$$\sigma_{los} = \sigma_{los,1-6} + \sigma_{los,7-9} = 136,854 + 364,476 = 501,33 MPa > 100 MPa$$

Apgniuždymo jėga įvertinus suminius įtempimų nuostolius:

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \cdot A_{sp} = (1064 - 501,33) \cdot 0,000266 = 149,67 kN$$

3.5.5. Išilginių briaunų skaičiavimas stadijoje iki eksploataavimo

Viršutinio krašto pleišėtumas

Savojo plokštės svorio apkrova transportuojant:

$$q_{ser} = q \cdot b = 1,387 \cdot 1,2 = 1,666 kN/m$$

Lenkimo momentas gembėje, imant jos ilgį $a_1 = 1$ m:

$$M_{g,ser} = q_{ser} a_1^2 / 2 = 1,666 \cdot 1^2 / 2 = 0,833 kNm$$

Apgniuždymo jėga, kai $\gamma_{sp} = 1,072 > 1$

$$P_1 = \gamma_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{los1-6}) A_{sp} = 1,072 \cdot (1064 - 136,854) \cdot 0,000266 = 264,427 kN$$

$$f_{cp} = 0,7 \cdot f_{cd} = 0,7 \cdot 24 = 16,8 MPa \quad f_{ctk} = 0,7 \cdot 2,5 = 1,75 MPa$$

$$W'_{pl,p} = W'_{pl} = 0,0085 m^3 \quad r_p = r_t = 0,041 m$$

Įtempimai labiau gniuždomame betono krašte:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1 (r' + r) + 2 f_{ctk} W_{red,b}}{W_{red,t}} = \frac{264,427 \cdot (0,041 + 0,037) + 2 \cdot 1,75 \cdot 0,0062}{0,0056} = 7,519 MPa$$

$$\varphi = 1,6 - \sigma_{cp} / f_{cp} = 1,6 - 7,519 / 16,8 = 1,152 > 1, \text{ imame } \varphi = 1$$

Plyšiai neatsivers, kadangi:

$$\begin{aligned} P_1(e_{op} - \varphi \cdot r') + M_{g,ser} &= 0,264 \cdot (0,065 - 1 \cdot 0,041) + 0,000833 = \\ &= 0,0081 MNm < f_{ctk} W_{pl}' = 2,5 \cdot 0,0085 = 0,021 MNm \end{aligned}$$

Stiprumas transportuojant

Skaičiuojamoji plokštės savo svorio apkrova, įvertinus dinamiškumo koeficientą lygų $\gamma_d = 1,6$;

$$q_d = q \cdot b \cdot \gamma_d = 1,666 \cdot 1,6 = 2,665 kN/m. \text{ Lenkimo momentas gembėje:}$$

$$M_d = q_d a_1^2 / 2 = 2,665 \cdot 1^2 / 2 = 1,332 kNm$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\gamma_{sp} \sigma_{sp1} - 330) A_{sp} = (1,072 \cdot 987,180 - 330) \cdot 0,000266 \cdot 10^3 = 193,769 kN$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro:

$$e_p = d' - a_{sp} + M_d / N_{con} = 0,195 - 0,04 + 1,332 / 193,769 = 0,162 m$$

$$d' = d - a_s' = 0,22 - 0,025 = 0,195 m$$

Skaičiuojamasis betono stiprumas gniuždant įvertinus $\gamma_{c3} = 1,2$ [25].

$$f_{cd} = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 24 = 20,16 MPa$$

Labiau gniuždomoje zonoje yra tokia armatūra: 7Ø6 Y1770C klasės ($A'_{sp} = 2,66 \cdot 10^{-4} m^2$).

Priešingoje zonoje yra 7Ø6 S400 klasės strypai ($A_s = 2,66 \cdot 10^{-4} m^2$). Todėl gniuždomosios zonos aukštis, kai $A_{sp} = 0$:

$$x = \frac{N_{con} + f_{yd} A_{sp} - f_{yd} A_s'}{f_{cd} b} = \frac{0,194 + 365 \cdot 0,000266 - 365 \cdot 0,000266}{20,16 \cdot 0,374} = 0,026 m \text{ Tada}$$

$$\xi = \frac{x}{d'} = \frac{0,026}{0,195} = 0,054 < \xi_{lim} = 0,424$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,689}{1 + \frac{832}{500} \left(1 - \frac{0,689}{1,1}\right)} = 0,424$$

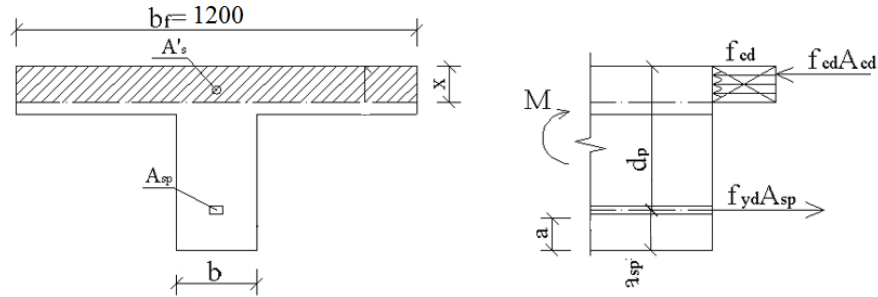
$$w = 0,85 - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 20,16 = 0,689$$

$$\begin{aligned} N_{con} e_p &= 0,194 \cdot 0,162 = 0,031 kNm < f_{cd} b x (d - 0,5x) + f_{scd} A_s' (d - a_s') = \\ &= 20,16 \cdot 0,374 \cdot 0,026 \cdot (0,195 - 0,5 \cdot 0,026) + 365 \cdot 0,000266 \cdot (0,195 - 0,025) = 0,052 kNm \end{aligned}$$

Plokštės stiprumas transportuojant pakankamas.

3.5.6. Plokštės skaičiavimas eksploatacijos stadijoje

Stiprumas normaliniame pjūvyje



3.5.6.1. pav. Plokštės išilginių briaunų normalinio pjūvio stiprumo skaičiuojamoji schema.

Apskaičiuojamas gniuždomosios zonos ribinis santykinis aukštis:

$$w = 0,85 - 0,008 f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 20,16 = 0,689$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 1320 + 400 - 1,072 \cdot (1064 - 501,33) = 1116,706 MPa$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,689}{1 + \frac{1116}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,689}{1,1}\right)} = 0,375$$

Gniuždomosios zonos aukštis, tariant, kad $x \leq h'_f$:

$$x = \frac{f_{p0,1d} A_{sp} - f_{sc,d} A'_s}{f_{cd} b'_f} = \frac{(1320 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} - 365 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4})}{20,16 \cdot 1,2} = 0,011 m < h'_f = 0,375 m$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{0,011}{0,195} = 0,054 < \xi_{lim} = 0,375$$

Prielaida $x \leq h'_f$ teisinga.

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \left(2\xi / \xi_{lim} - 1\right) = 1,10 - (1,10 - 1) \left(2 \cdot 0,054 / 0,375 - 1\right) = 1,171 > \eta = 1,10$$

todėl imame $\gamma_{s6} = 1,10$.

$$x = \frac{\gamma_{s6} f_{p0,1d} A_{sp} - f_{scd} A'_s}{f_{cd} b'_f} = \frac{(1,10 \cdot 1320 \cdot 2,66^{-4} - 365 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4})}{20,16 \cdot 1,2} = 0,0068 m < 0,041 m$$

Tuomet:

$$M_{Rd} = \gamma_{s6} f_{p0,1d} A_{sp} (h - a_{sp} - 0,5 \cdot x) + f_{yd} A_s (h - a_s - 0,5x) = (1,10 \cdot 1320 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} (0,22 - 0,04 - 0,5 \cdot 0,0068) + 365 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} (0,22 - 0,025 - 0,5 \cdot 0,0068)) \cdot 10^3 = 110,651 kNm > M_{Ed} = 66,703 kNm$$

Plokštės stiprumas išilginių briaunų normaliniame pjūvyje pakankamas.

Stiprumas skersinei jėgai įstrižuose pjūviuose

Pavojingame įstrižajame I-I pjūvyje $V_{Ed}=45,241$ kN. Apgniuždymo jėga, kai $\gamma_{sp}=1,072$:

$$P_2 = \gamma_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) \cdot A_{sp} \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 = 1,064 \cdot (1064 - 501,33) \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 = 160,476 kN$$

Iš formulės apskaičiuojamas φ_n :

$$\varphi_n = \frac{0,1 \cdot P_2}{f_{ctk} b d} = \frac{0,1 \cdot 0,160}{2,5 \cdot 0,374 \cdot 0,195} = 0,088 < 0,5$$

Apskaičiuojamas koeficientas, įvertinantis gniuždomos lentynos įtaką, kai

$$b'_f = b + 3h_f = 0,374 + 3 \cdot 0,041 = 0,497 m;$$

$$\varphi_f = \frac{0,75 \cdot (b'_f - b) h_f}{b d} = \frac{0,75 \cdot (0,497 - 0,374) \cdot 0,041}{0,374 \cdot 0,195} = 0,052 < 0,5$$

$$1 + \varphi_n + \varphi_f = 1 + 0,088 + 0,052 = 1,14 < 1,5, \text{ todėl imama } - 1,14.$$

Apskaičiuojama:

$$V_{Rd} = \varphi_{b2} (1 + \varphi_n + \varphi_f) f_{ctk} b d^2 = 2 \cdot 1,14 \cdot 1,8 \cdot 0,374 \cdot 0,195^2 \cdot 10^3 = 58,306 kNm$$

Skaičiuojamame įstrižajame pjūvyje $V_{Rd,c} = V_{Rd} / 2$,

$$c = \frac{2 \cdot V_{Rd}}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 58,306}{45,241} = 2,578 > 2d = 2 \cdot 0,195 = 0,39 m. \text{ Imama } c = 0,39 m.$$

Tuomet:

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rd}}{c} = \frac{58,306}{0,39} = 149,502 kN > V_{Ed} = 45,241 kN;$$

Taigi, skersinę armatūrą reikia numatyti konstruktyviai. Išilginių briaunų galiniuose ruožuose

1/4 imama $\emptyset 6$ S400, žingsniu $s_1 \leq \frac{h}{2} = \frac{0,22}{2} = 0,11 m$ ir $s \leq 0,15 m$; imama $s_1 = 0,110 m$; dedant

juos kas antroje arba trečioje briaunoje (išskyrus kraštines briaunas, kuriose jie būtini).

Stiprumas įstrižuose pjūviuose lenkimo momentui

I-I įstrižojo pjūvio stiprumas lenkimo momentui neskaičiuojamas, nes išilginės Ø5, Y1770C stiprumo klasės strypinės armatūros inkaravimui numatytos konstrukcinės priemonės (briaunų galuose dedami lenkti tinklai iš Ø4 S400 armatūrinės vielos, o pati išilginė armatūra inkaruojama apgniuždytais žiedais, 25 mm atstumu nuo plokštės briaunų galo).

3.5.6. Plokštės išilginių briaunų skaičiavimas II grupės ribiniams būviams

Normalinio pjūvio pleišėtumas

Nustatoma, ar reikia skaičiuoti plyšių atsivėrimo plotį, esant 3-sios pleišėtumo kategorijos reikalavimams. Imama [25] $\gamma_{sp} = 1$ ir $\gamma_f = 1$.

Apgniuždymo jėga:

$$P_2 = (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) A_{sp} = (1064 - 501,33) \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} \cdot 10^3 = 149,67 kN$$

$$\sigma_c = \frac{P_2 \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ctk,0,05} \cdot W_{red,b}}{W_{red,t}} = \frac{0,150 \cdot (0,037 + 0,041) + 2 \cdot 2,5 \cdot 0,0062}{0,0056} = 7,583 MPa$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_c}{f_{cd}} = 1,6 - \frac{7,583}{24} = 1,284 > 1, \text{ todėl imama } \varphi = 1.$$

Tikrinama sąlyga, įvertinant viršutinių plyšių įtaką (kadangi viršutinėje dalyje plyšiai neatsiveria, tai $\lambda=0$).

$$M_{crc} = [f_{ctk,0,05} \cdot W_{pl} + P_2(e_{op} + \varphi \cdot r)] \cdot (1 - \lambda) = [2,5 \cdot 0,0067 + 0,150 \cdot (0,065 + 1 \cdot 0,0416)37] \cdot (1 - 0) = 31,985 kNm < M_{ser1} = 42,624 kNm$$

normaliniai plyšiai neatsivers.

Įstrižųjų pjūvių atsparumas plyšių atsiradimui

Tikrinami plokštės išilginių briaunų įstrižieji pjūviai, esantys tempimų perdavimo zonos ilgyje l_p : I-I (atstumu l_p nuo galo) ir II-II (prie atramos krašto). Abiem atvejais tikrinami pjūviai skerspjuvio svorio centro lygiu ($y_{red} = 0,105m$), imant $V = V_{max} = 32,307kN$;

$$l_p = 1,2 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi \cdot \frac{\sigma_{sp}}{f_{bpt}} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,25 \cdot 5 \cdot \frac{1064 - 501,33}{3,15} = 0,335m$$

čia:

$\alpha_1 = 1,25$ – kadangi plokštės skerspjuvis apspaudžiamas staiga;

$\alpha_2 = 0,25$ – kadangi naudojama strypinė armatūra;

Armatūros ir betono sankibos įtempiai:

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd} = 2,7 \cdot 0,7 \cdot 1,667 = 3,15 \text{MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1 \cdot 1 \cdot 2,5 / 1,5 = 1,667 \text{MPa}$$

čia:

$\eta_{p1} = 2,7$ – kadangi naudojama strypine armatura;

$\eta_1 = 0,7$ – koeficientas įvertinantis armatūros padėtį armavimo metu;

I–I pjūviui:

$$P_2^I = P_2 \cdot \gamma_{sp} = 149,670 \cdot 0,928 = 138,864 \text{kN}$$

II–II pjūviui $l_x = 0,665 \text{m}, l_p = 0,587 \text{m},$

$$P_2^{II} = P_2 \cdot \gamma_{sp} \cdot (1 - \lambda) \cdot \frac{l_x}{l_p} = 149,670 \cdot 0,928 \cdot (1 - 0) \cdot \frac{0,665}{0,335} = 275,751 \text{kN}$$

Normaliniai įtempimai skerspjūvio svorio centro atžvilgiu ($y = 0$):

$$\sigma_x^I = \frac{P_2^I}{A_{red}} \pm \frac{P_2^I \cdot e_{op} \cdot y}{I_{red}} \pm \frac{M^I \cdot y}{I_{red}} = \frac{138,864}{0,152} = 0,915 \text{MPa}$$

Skerspjūvio ploto dalies, esančios viršum 0–0 ašies, statinis momentas tos pačios ašies atžvilgiu:

$$\begin{aligned} S_{red} &= (b_{eff} - b_w) \cdot h_f \cdot (h - y_{red} - 0,5 \cdot h_f) + b_w \cdot 0,5 \cdot (h - y_{red})^2 + \alpha \cdot A_{s2} \cdot (h - y_{red} - a_{s2}) = \\ &= (1,2 - 0,374) \cdot 0,041 \cdot (0,22 - 0,105 - 0,5 \cdot 0,041) + 0,5 \cdot 0,374 \cdot (0,22 - 0,105)^2 + 5,857 \cdot 2,66 \cdot 10^{-4} \cdot \\ &\cdot (0,22 - 0,105 - 0,025) = 0,0058 \text{m}^3 \end{aligned}$$

Skersinė jėga pjūvyje, kuriame išankstiniai įtempiai iki galo perduoti betonui (1-1) pjūvis:

$$V_{Ed1} = \frac{V_{Ed, \max} (0,5l - (l_p - 0,5a))}{0,5l} = \frac{32,307(0,5 \cdot 6 - (0,335 - 0,5 \cdot 0,665))}{0,5 \cdot 6} = 32,281 \text{kN}$$

Tangentiniai įtempimai:

$$\tau_{xy}^I = \frac{V_{Ed1} \cdot S_{red}}{b_w \cdot I_{red}} = \frac{0,032281 \cdot 0,00815}{0,374 \cdot 0,00065} = 0,777 \text{MPa}$$

Betono svarbiausieji tempimo įtempiai:

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x^I}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x^I}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^I{}^2} = \frac{0,915}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,915}{2}\right)^2 + 0,777^2} = 1,359 \text{MPa}$$

Betono svarbiausieji gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{mc} = -\frac{\sigma_x^I}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x^I}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^I{}^2} = -\frac{0,915}{2} - \sqrt{\left(\frac{0,915}{2}\right)^2 + 0,777^2} = -1,359 \text{MPa}$$

Įstrižieji plyšiai neatsiras, jeigu galios sąlyga: $\sigma_{mt} < \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk}$

$$\text{čia : } \gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{mc} / f_{ck}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck,cube}} = \frac{1 - 1,359 / 40}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,477 > 1$$

Priimu $\gamma_{c,cr} = 1$

Kadangi $\sigma_{mt} = 1,359 < \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{MPa}$, tai reiškia kad įstrižųjų plyšių 1-1 skerspjūvyje neatsiras.

II–II pjūviui:

Tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{xy}^{II} = \frac{V_{Ed} \cdot S_{red}}{b_w \cdot I_{red}} = \frac{0,032307 \cdot 0,00584}{0,374 \cdot 0,00065} = 0,778 \text{MPa}$$

Tame pačiame taške veikiančys normaliniai įtempiai:

$$\sigma_x^{II} = \frac{P_2^{II}}{A_{red}} = \frac{275,751}{0,152} = 1,818 \text{MPa}$$

kadangi čia yra gniuždymo įtempiai $\sigma_x^{II} = -1,818 \text{MPa}$

$$\sigma_y^{II} = \varphi_y \cdot \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot h} = -0,0165 \frac{0,032307}{1,2 \cdot 0,22} = -0,002 \text{MPa}$$

čia:

$$\varphi_y = \frac{2 \cdot \beta^2}{\pi} \left[\frac{3 - 2 \cdot \beta}{(1 + \alpha^2)^2} - \frac{\beta}{(\beta^2 + \alpha^2)^2} \right] = \frac{2 \cdot 0,476^2}{3,14} \left[\frac{3 - 2 \cdot 0,476}{(1 + 1,512^2)^2} - \frac{0,476}{(0,476^2 + 1,512^2)^2} \right] = -0,0165$$

$$\beta = \frac{y_{red}}{h} = \frac{0,105}{0,22} = 0,476, \alpha = \frac{0,5 \cdot l_x}{h} = \frac{0,5 \cdot 0,665}{0,22} = 1,512$$

Betono svarbiausieji įtempiai :

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x'' + \sigma_y''}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x'' + \sigma_y''}{2}\right)^2 + \tau_{xy}''^2} = -\frac{1,818 + 0,002}{2} + \sqrt{\left(\frac{1,818 + 0,002}{2}\right)^2 + 0,778^2} =$$

$$= 2,107 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma_x'' + \sigma_y''}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x'' + \sigma_y''}{2}\right)^2 + \tau_{xy}''^2} = -\frac{1,818 + 0,002}{2} - \sqrt{\left(\frac{1,818 + 0,002}{2}\right)^2 + 0,778^2} =$$

$$= -0,287 \text{ MPa}$$

Apskaičiuojame koeficientą:

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \sigma_{mc} / f_{ck}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck, cube}} = \frac{1 - 0,287 / 40}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,418 > 1$$

Priimu $\gamma_{c,cr} = 1$

Kadangi $\sigma_{mt} = 2,107 < \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ MPa}$, tai reiškia kad įstrižųjų plyšių 2-2 skerspjuvyje neatsiras.

Įlinkio skaičiavimas

$$\text{Imama } f = f_M, \text{ nes } \frac{l_{eff}}{h} = \frac{6}{0,22} = 27,273 > 10 \quad \frac{l_{eff}}{205} = \frac{6}{205} = 0,029 \text{ m} = 29 \text{ mm}$$

Suminis kreivumas, kai atsiveria normaliniai plyšiai:

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

φ_{c1} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono trumpalaikio valkšnumo įtaka, sunkiajam betonui imamas lygus 0,85;

φ_{c2} – koeficientas, kuriuo įvertinama betono ilgalaikio valkšnumo įtaka, imamas iš lentelių; kai santykinė drėgmė $\leq 75\%$, lygus 2,0;

Trumpalaikės apkrovos poveikio sukeltas plokštės išilginės ašies kreivis tarpatramio viduryje skaičiuojamas pagal formulę:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{ser1,1}}{\varphi_{c1} E_{eff} I_{eff}} = \frac{4,32 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 0,00065} = 0,000223 \text{ m}^{-1}$$

trumpalaikės apkrovos sukeltas lenkimo momentas

$$M_{ser1,1} = \frac{(1 - \psi_2) \cdot q_s \cdot l^2}{8} = \frac{(1 - 0,2) \cdot 1,2 \cdot 6^2}{8} = 4,32 \text{ kNm}$$

Kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_{ser2} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} E_{eff} I_{eff}} = \frac{47,632 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 0,00065} = 0,00492 m^{-1}$$

Kreivis nuo išankstinio apgniūždymo:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_2 \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} E_{eff} I_{eff}} = \frac{149,670 \cdot 10^3 \cdot 0,162}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 0,00065} = 0,00125 m^{-1}$$

Kreivis dėl dėl betono susitraukimo ir valkšnumo:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{0,00179 - 0,000239}{0,18} = 0,00861 m^{-1}$$

Santykinė deformacija dėl betono traukumo:

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_s} = \frac{\sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9}{E_s} = \frac{2,404 + 50 + 314,476}{20,5 \cdot 10^4} = 0,00179$$

Santykinė deformacija dėl betono valkšnumo:

$$\varepsilon_{c2} = \frac{\sigma_{cp2} + \sigma_{los}^8}{E_s} = \frac{0,916 + 50}{20,5 \cdot 10^4} = 0,000239$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_2}{A_{red}} - \frac{P_2 \cdot e_{op}}{W_{red,t}} + \frac{M_{Eggd}}{W_{red,t}} = \frac{0,150}{0,152} - \frac{0,150 \cdot 0,162}{0,0056} + \frac{0,0025 \cdot 1,2 \cdot 6^2}{0,0056 \cdot 8} = 0,916 MPa$$

Suminis briaunų kreivumas:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0,000223 + 0,00492 - 0,00125 - 0,00861 = \\ &= -0,00472 m^{-1} \end{aligned}$$

Plokštės išilginių briaunų įlinkis:

$$f = sl_{eff}^2 \cdot \left(\frac{1}{r}\right) = \frac{5}{48} \cdot 6^2 \cdot 47,17 \cdot 10^{-4} = 0,0177 m < f_{lim} = 0,029 m.$$

Plokštės įlinkis neviršina ribinio.

3.6. S1 plieninės sijos projektavimas

Sija projektuojama iš S355 klasės plieno.

Parinkama IPE330, skerspjūvio pagrindinės charakteristikos yra šios :

$$\begin{array}{llll}
 t_w=11,5 \text{ mm}; & W_x=154,0 \text{ cm}^3; & I_y=11770 \text{ cm}^4; & A_{\text{net}}=62,6 \text{ cm}^2; \\
 t_f=7,5 \text{ mm}; & W_y=713,0 \text{ cm}^3; & h=330 \text{ mm}; & m=49,1 \text{ kg/m} \\
 r=18 \text{ mm} & I_x=788,0 \text{ cm}^4; & b_f=160 \text{ mm}; &
 \end{array}$$

Įrašos priimamos iš pavojingiausio derinio ULS₁₆.

$$M_{y,Ed}=94,35 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed}=59,54 \text{ kN}$$

$$q=9,38 \text{ kN/m}$$

Skaičiuojamas atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{M_{y,Ed}}{C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{94,35 \cdot 10^3}{1,19 \cdot 322,727 \cdot 1} = 245,674 \text{ cm}^3 \quad (3.6.1)$$

Stiprumo tikrinimas:

$$\frac{M_{Ed}}{W_y \cdot C_{pl,1} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} < 1 \quad (3.6.2)$$

$$\frac{94,35 \cdot 10^3}{713 \cdot 1,19 \cdot 322,727 \cdot 1} = 0,35 < 1$$

Sijos stiprumas pakankamas su 65% atsarga.

Įlinkio tikrinimas:

$$d = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} < d_{\text{lim}} \quad (3.6.3)$$

$$d = \frac{5 \cdot q_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 9,38 \cdot 10^3 \cdot 8,97^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 11770 \cdot 10^{-8}} = 0,032 \text{ m} < d_{\text{lim}} = 0,045 \text{ m}$$

Nustatome d_{lim} reikšmę:

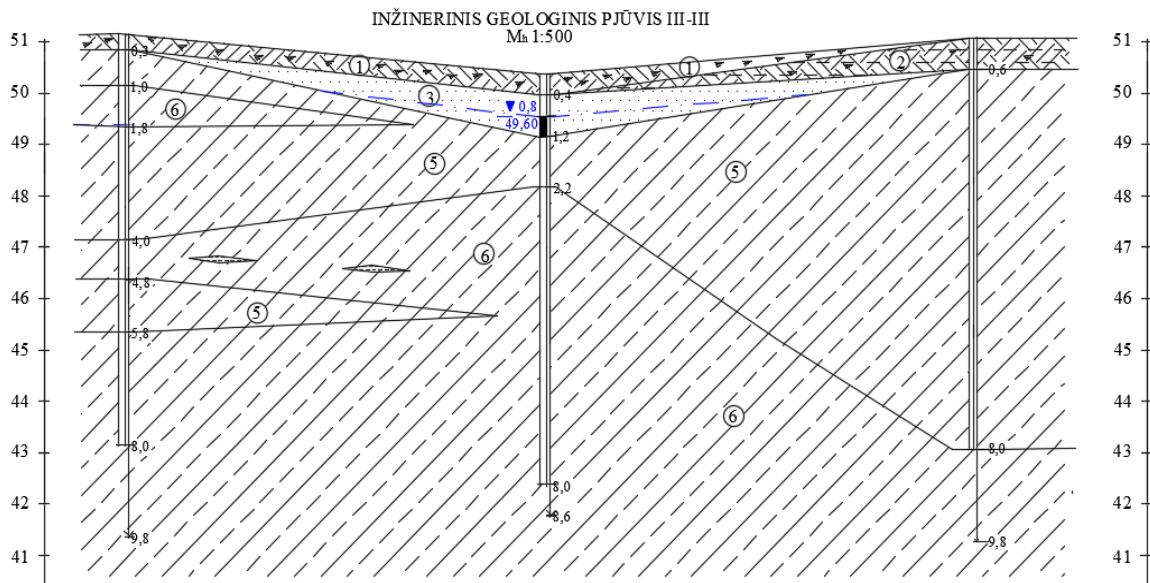
$$d_{\text{lim}} = \frac{1}{200} \cdot L = \frac{1}{200} \cdot 8,97 = 0,045 \text{ m}$$

Įlinkis tenkina sąlygą, sija parinkta teisingai.

3.7. Polinio pamato projektavimas

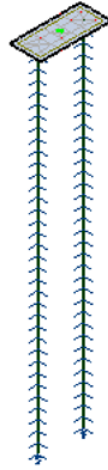
Projektuojamas gręžtinis polinis pamatas 6/C ašių susikirtimo vietoje ant smėlingo priemolio. Pamatą sudaro stačiakampė galvena ir du poliai $\varnothing 300$, ilgio 7m. Polinių pamatų dėl išalo papildomai gilinti nereikia, galvenos viršaus altitudė nuo grindų lygio nuleista per 0,7m. Pamatui naudojamas C30/37 klasės betonas. Pamatą armuojamas S500 plieno klasės darbo ir S240 plieno klasės pagalbine armatūra.

Grunto laikančiosios galios bei pamato matmenų nustatymas atliekamas pagal Eurokodo 7 nurodymus [26]. Tuomet pamato kaip gelžbetonio konstrukcijos projektavimas paremtas STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [25] bei šio reglamento 3-iu priedu „Praktinio taikymo vadovas“. 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.



3.7.1. pav. Inžinerinis geologinis pjūvis tarp gręžinių 4 ir 2.

3.7.1. Pamato projektavimas saugos ribiniam būviui



3.7.1 pav. Polio ir galvenos skaičiuojamoji schema.

Taip pat kaip ir projektuojant seklųjį pamatą DA-1 projektavimo būdą reikės taikyti tik esant drenuojamomis sąlygomis. DA-1 pirmasis derinys A1+M1+R1, antras derinys – A2+M2+R1. Čia A – įvertina poveikius, M – medžiagas ir R – atsparumą. Tačiau šiame skaičiavime turėsime įvertinti polio laikomąją galia kiekviename sluoksnyje atskirai. To priežastis yra polio laikomosios galios šoniniu paviršiumi dedamoji, kuri priklauso nuo grunto kūginės spaudos reikšmės.

Lentelė Nr. 3.7.1.1. Nagrinėjamų geologinių sluoksnių (Nr. 5 ir 6) rodikliai

Skaičiuojamasis rodiklis	Grunto Nr. 5 rodikliai	Grunto Nr. 6 rodikliai
Tūrinis svoris γ , kN/m ³	21,4	21,8
Natūralaus byrėjimo kampas φ , °	24,0	26,0
Efektyvioji sankiba c , kPa	0,0	0,0
Tamprumo modulis E , MPa	27,9	16,7
Kūginė spauda q_c , MPa	2,8	8

Projektavimo būdo DA-1 pirmasis derinys A1+M1+R1

Lentelė Nr. 3.7.1.2. 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, $\gamma_{c'}$		1,0	
Polio pado laikomoji galia, γ_b			1,25
Polio kamieno laikomoji galia, γ_s			1,0

Pasirenkame, pamato galvenos matmenis $L \times B \times h = 1,4 \times 0,62 \times 0,6 \text{ m}$ ir Polio ilgį $L =$

7 m. Tuomet konstrukcijų charakteristinė apkrova gruntui nuo poliaus ir galvenos bus:

$$\begin{aligned}
 G_{k,kons} &= G_{k,galvenos} + G_{k,poliaus} = \\
 &= (L \cdot B \cdot h_{galvenos} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{poliaus}) \cdot \gamma_{gb} = \\
 &= (1,4 \cdot 0,62 \cdot 0,6 + \pi \cdot 0,3^2 \cdot 7) \cdot 25 = 25,39 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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 kN/m³.

Papildoma apkrova nuo grunto, slegiančio pamatą iš viršaus:

$$\begin{aligned}
 G_{k,grunto} &= (L \cdot B - 0,4^2) \cdot h_{grunto} \cdot \gamma_{grunto} = (1,4 \cdot 0,62 - 0,16) \cdot 0,2 \cdot 18,8 \\
 &= 2,662 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}
 G_{d,sum} &= (G_{k,kons} + G_{k,grunto}) \cdot \gamma_G + G_d = (25,39 + 2,662) \cdot 1,35 + 645,3 \\
 &= 683,17 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Čia:

$G_d = 645,3 \text{ kN}$, iš pavojingiausio apkrovų derinio ULS 68.

Suminis skaičiuojamasis lenkimo momentas pamato pado apačioje įvertinus skersines jėgas:

$$M_d = 9,67 \text{ kNm}$$

Lentelė Nr. 3.7.1.3. Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų.

	Polis Nr. 1	Polis Nr. 2
Ašinė įraša N_{Ed} , kN	$N_{Ed} = -338,82$	$N_{Ed,max} = -341,13$
Lenkimo momentas M_{Ed} , kNm	$M_{Ed,max} = 9,67$	$M_{Ed} = 7,30$

Esant tokioms įrašoms, skaičiuojame vieno gręžtinio polio laikomąją galia.

Pagrindo atsparumas ploto vienetui po polio padu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{b,cal} = \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 28 = 16,8 \text{ MPa}$$

čia:

α_b – empirinis koreliacijos koeficientas, vientiso gręžimo lygus 0,8 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė);

β – rodiklis, kuriuo įvertinama polio pado formą, 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:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot q_c = 0,005 \cdot 8 = 0,04 \text{ MPa}$$

čia:

α_s – empirinis koreliacijos koeficientas, lygus 0,005 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris po pamato padu:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal}}{\xi_3} = \frac{6,4}{1,29} = 4,96 \text{ MPa}$$

čia:

ξ_3 – koreliacijos koeficientas, priklausantis nuo statinio zondavimo gręžinių skaičiaus ([25] 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:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \pi \cdot r^2 \cdot q_{b,k} = \pi \cdot 0,15^2 \cdot 4961 = 350,69 \text{ kN}$$

čia:

A_b – polio pado paviršiaus plotas (\varnothing 300 mm)

Gręžtinio polio šoninio paviršiaus charakteristinę laikomosios galios vertę apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = \sum (2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot 0,15 \cdot 6 \cdot 31,01 = 175,35 \text{ kN}$$

čia:

$A_{s,i}$ – Polio šoninio paviršiaus plotas i-tajame grunto sluoksnyje.

Pastaba. Pirmojo poliaus ilgio metro į laikomosios galios trintimi skaičiavimą neįtraukiame, darydami prielaidą, jog šiame ruože gruntas nėra pakankamai tankus ir apspaudžiantis polį.

Randame skaičiuotines pamato laikomasias galias padu bei šonine trintimi:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{350,69}{1,25} = 280,55 \text{ kN}$$

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{175,35}{1,0} = 175,35 \text{ kN}$$

Tuomet suminę polio laikomoji galia apskaičiuojama taip:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 280,55 + 175,35 = 455,89 \text{ kN} \geq V_d = 683,17 \text{ kN}$$

Poliaus laikomosios galios sąlyga rodo, jog skaičiuotinei apkrovai atlaikyti neužtektų vieno polio. Dėl to, esame priversti projektuoti pamatą iš dviejų polių, dėl bendrųjų bei konstrukcinių reikalavimų.

Projektavimo būdo DA-1 antrasis derinys A2+M2+R1

Lentelė Nr. 3.7.1.4. 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, γ_{φ}		1,25	
Efektyvus sankabumas, $\gamma_{c'}$		1,25	
Polio pado laikomoji galia, γ_b			1,25
Polio kamieno laikomoji galia, γ_s			1,0

Pasirenkame, pamato galvenos matmenis **L x B x h = 1,4 x 0,62 x 0,6 m** ir Polio ilgį **L = 7 m**. Tuomet konstrukcijų charakteristinę apkrova gruntui nuo poliaus ir galvenos bus:

$$\begin{aligned}
 G_{k,kons} &= G_{k,galvenos} + G_{k,poliaus} = \\
 &= (L \cdot B \cdot h_{galvenos} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{poliaus}) \cdot \gamma_{gb} = \\
 &= (1,4 \cdot 0,62 \cdot 0,6 + \pi \cdot 0,3^2 \cdot 7) \cdot 25 = 25,39 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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 kN/m³.

Papildoma apkrova nuo grunto, slegiančio pamatą iš viršaus:

$$\begin{aligned}
 G_{k,grunto} &= (L \cdot B - 0,4^2) \cdot h_{grunto} \cdot \gamma_{grunto} = (1,4 \cdot 0,62 - 0,16) \cdot 0,2 \cdot 18,8 \\
 &= 2,662 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}
 G_{d,sum} &= (G_{k,kons} + G_{k,grunto}) \cdot \gamma_G + G_d = (25,39 + 2,662) \cdot 1,0 + 566,54 \\
 &= 594,592 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Čia:

$G_d = 594,592$ kN, iš pavojingiausio apkrovų derinio ULS 68.

Suminis skaičiuojamasis lenkimo momentas pamato pado apačioje įvertinus skersines jėgas:

$$M_d = 8,78 \text{ kNm}$$

Lentelė Nr. 3.7.1.5. Poliuose susidariusios įrašos nuo skaičiuojamųjų apkrovų.

	Polis Nr. 1	Polis Nr. 2
Ašinė įraša N_{Ed} , kN	$N_{Ed} = -300,75$	$N_{Ed,max} = -302,84$
Lenkimo momentas M_{Ed} , kNm	$M_{Ed,max} = 8,78$	$M_{Ed} = 6,67$

Esant tokioms įrašoms, skaičiuojame vieno gręžtinio polio laikomąją galią.

Pagrindo atsparumas ploto vienetui po polio padu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{b,cal} = \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8 = 6,4 \text{ MPa}$$

čia:

α_b – empirinis koreliacijos koeficientas, vientiso gręžimo 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:

$$q_{s,cal} = \alpha_s \cdot q_c = 0,005 \cdot 8 = 0,04 \text{ MPa}$$

čia:

α_s – empirinis koreliacijos koeficientas, lygus 0,005 (EC7 2 dalis 5 priedas D.5 lentelė).

Charakteristinis pagrindo stipris po pamato padu:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal}}{\xi_3} = \frac{6,4}{1,29} = 4,96 \text{ MPa}$$

čia:

ξ_3 – koreliacijos koeficientas, priklausantis nuo statinio zondavimo gręžinių skaičiaus ([25] 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:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \pi \cdot r^2 \cdot q_{b,k} = \pi \cdot 0,15^2 \cdot 4961 = 350,69 \text{ kN}$$

čia:

A_b – polio pado paviršiaus plotas (\varnothing 300 mm)

Gręžtinio polio šoninio paviršiaus charakteristinė laikomosios galios vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = \sum (2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot 0,15 \cdot 6 \cdot 31,01 \\ = 175,35 \text{ kN}$$

čia:

$A_{s,i}$ – Polio šoninio paviršiaus plotas i-tajame grunto sluoksnyje.

Pastaba. Pirmojo poliaus ilgio metro į laikomosios galios trintimi skaičiavimą neįtraukiame, darydami prielaidą, jog šiame ruože gruntas nėra pakankamai tankus ir apspaudžiantis polių.

Randame skaičiuotines pamato laikomąsias galias padu bei šonine trintimi:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{350,69}{1,25} = 280,55 \text{ kN}$$

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{175,35}{1,0} = 175,35 \text{ kN}$$

Tuomet suminė polio laikomoji galia apskaičiuojama taip:

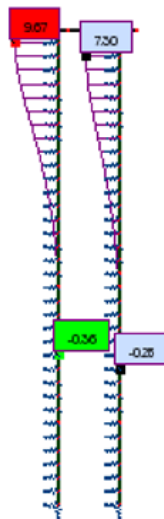
$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 280,55 + 175,35 = 455,9 \text{ kN} < V_d = 594,59 \text{ kN}$$

Poliaus laikomosios galios sąlyga rodo, jog skaičiuotinei apkrovai atlaikyti neužtektų vieno polio. Dėl to, esame priversti projektuoti pamatą iš dviejų polių, dėl bendrųjų bei konstrukcinių reikalavimų.

3.7.2. Polio armavimas ir laikomosios galios tikrinimas

Polio armavimas išilgine armatūra sudarytas iš 6 vnt. $\emptyset 12$ mm S500 plieno klasės armatūros strypų. Toks strypų skaičius parinktas remiantis konstrukciniais nurodymais. Tokiu atveju išilginės armatūros skerspjūvio plotas yra $A_{s,tot} = 6,69 \text{ cm}^2$.

Skaičiuodami poliaus laikomąją galią, darome prielaidą, kad poliaus viršus yra pasislinkęs per 10 cm nuo savo projektinės padėties. Tokiu atveju polyje susidaręs lenkimo momentas yra didesnis nei gautas vertinant apkrovų poveikius. Todėl skaičiavimus vykdysime būtent tokiu būdu.



3.7.2.1 pav. Momentų diagrama.

Pradinis išilginės jėgos ekscentricitetas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{9,67}{338,82} = 2,85 \text{ cm}$$

Tuomet koeficientas δ_e bus lygus:

$$\delta_e = \frac{e_0}{\phi} = \frac{2,85}{30} = 0,095 \geq \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{l_0}{\phi} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,087$$

Plieno ir betono tamprumo modulių santykis:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{205}{32} = 6,406$$

Polio betono skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_c = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,30^2}{4} = 0,0707 \text{ m}^2 = 706,86 \text{ cm}^2$$

Tuomet polio betono skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_c = \frac{\pi \cdot \phi^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,30^4}{64} = 39740,63 \text{ cm}^4$$

Armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_s = \frac{A_{s,tot} \cdot r_s}{2} = \frac{6,69 \cdot 10^{-4} \cdot 0,074^2}{2} = 183,2 \text{ cm}^4$$

čia:

$A_{s,tot}$ – armatūros skerspjūvio plotas 6 vnt. ϕ 12 mm;

r_s – apskritimo, einančio per darbo armatūros svorio centrus, spindulys, 7,4 cm.

Tada kritinė ašinė jėga lygi:

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\phi_l} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_{e,min}} + 0,1 \right) + \alpha_e \cdot I_s \right) = \\ &= \frac{6,4 \cdot 32}{7^2} \cdot \left(\frac{3,97 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,087} + 0,1 \right) + 6,406 \cdot 1,832 \cdot 10^{-6} \right) = \\ &= 621,79 \text{ kN} \end{aligned}$$

Koeficientas, įvertinantis ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{338,82}{621,79}} = 2,19$$

Skaičiuojamasis ekscentricitetas įvertinus išlinkį:

$$e_e = e_0 \cdot \eta = 0,0285 \cdot 2,19 = 0,063 \text{ m}$$

Skaičiuojame bedimensinius koeficientus:

$$\beta_c = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{e_e/r_s} = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{0,063/0,074} = 0,705$$

$$\beta_s = 1 - 0,33 \cdot e_e/r_s = 1 - 0,33 \cdot 0,063/0,074 = 0,720$$

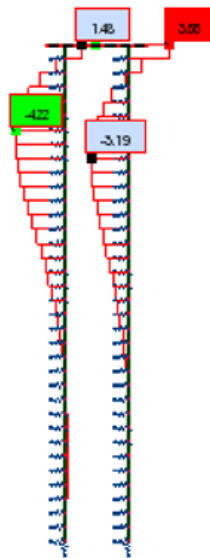
Tuomet poliaus laikomoji galia bus apskaičiuojama pagal formulę:

$$M_{Rd} = (f_{cd} \cdot A_c \cdot \beta_c + f_{yd} \cdot A_{s,tot} \cdot \beta_s) \cdot r_s = \\ = (18 \cdot 0,0707 \cdot 0,705 + 450 \cdot 6,69 \cdot 10^{-4} \cdot 0,720) \cdot 0,074 = 82,464 \text{ kNm}$$

Tikriname polio laikomosios galios sąlygą:

$$M_{Rd} = 82,464 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = N_{Ed} \cdot (e_e + r_s) = 338,82 \cdot (0,063 + 0,074) \\ = 46,321 \text{ kNm}$$

Sąlyga tenkinama. Atsarga 43,8%.



3.7.2.1 pav. Skersinių jėgų diagrama.

Polį veikiančios skersinės jėgos $V_{Ed,max} = 4,22 \text{ kN}$, remiantis ankstesnių konstrukcijų skaičiavimu patirtimi, yra pakankamai mažos, todėl skersinės armatūros kiekis parenkamas pagal konstrukcinius reikalavimus. Polio skersiniam armavimui naudosime $\varnothing 6 \text{ mm}$ S500 plieno klasės armatūros strypus, kurių žingsnius parinksime nenusižengdami [3] XVII skyriaus VI skirsnio reikalavimams.

3.7.3. Polio suminių nuosėdžių skaičiavimas

Suminį pamato nuosėdį biriuose gruntuose galima nustatyti pagal tamprumo teoriją ir lygtį:

$$s = \frac{p \cdot \phi \cdot f}{E_m} = \frac{2226,67 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{16,7} = 30 \text{ mm}$$

čia:

p – tiesiškai pasiskirstęs slėgis nuo charakteristinių poveikių reikšmių po polio padu, lygus 2,223 MPa;

ϕ – polio skersmuo (\emptyset 300 mm);

E_m – skaičiuotinė grunto tamprumo modulio vertė lygi 51,0 MPa. 3.8.1.1. lentelė;

f – nuosėdžio koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \lg \frac{L}{B}\right) = 0,75 \cdot (1 + \lg 1,0) = 0,75$$

Suminis vieno polio nuosėdis neviršija jam leistinos ribos $s = 12,96 \text{ mm} \leq s_{lim} = 50 \text{ mm}$.

3.7.4. 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. \emptyset 12 mm $A_s = 5,66 \text{ cm}^2$. Galvenos atsparumą lenkimo momentui tikrinsime esant būtent tokiam armavimui.

Vienpusiai armuoto lenkiamojo gelžbetoninio elemento stiprumas turi tenkinti sąlygą:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff})$$

Elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštis bus:

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{450 \cdot 5,66 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 0,62} = 0,0228 \text{ m} = 2,28 \text{ cm}$$

Skaičiuojame santykinę gniuždomos zonos aukštį:

$$\xi = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{0,0228}{0,53} = 0,043 < \xi_{lim} = 0,505$$

Skaičiuojame elemento stiprumą:

$$M_{Rd} = 18 \cdot 0,62 \cdot 0,0228 \cdot (0,53 - 0,5 \cdot 0,0228) = 131,956 \text{ kNm} > M_{Ed} \\ = 16,76 + 5,03 \cdot 0,6 = 19,778 \text{ kNm}$$

Lenkiamo elemento stiprumo sąlyga tenkinama. Atsarga 85%.

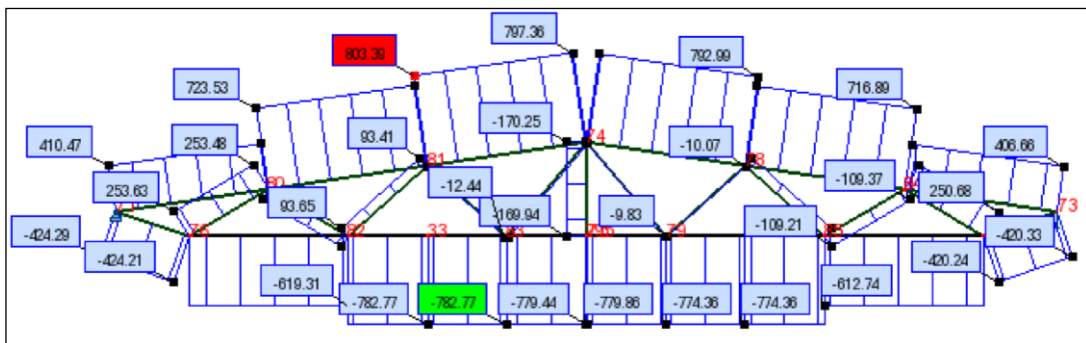
4. MOKSLINĖ TIRIAMOJI DALIS

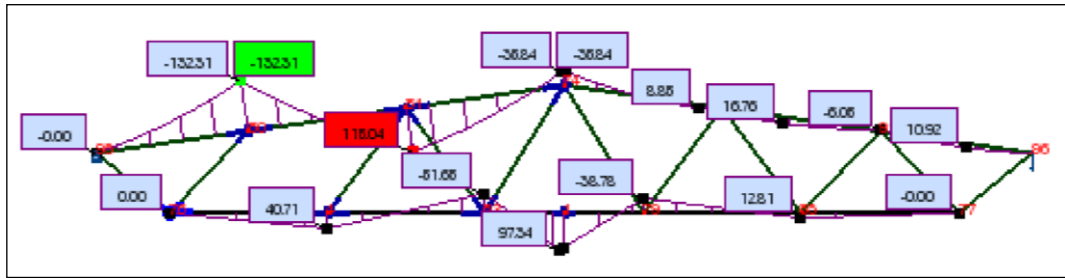
Mokslinėje tiriamojoje dalyje nagrinėjamos dvi skirtingų aukščių santvaros, su kranu įtvirtintu santvaros apatinėje juostoje. Naudojantis programa „Robot Structural Analysis“ įvertinami atvejai nutrūkus skirtingiems ir pavojingiausiems spyriams, parenkami skerspjūviai ir apskaičiuojami mazgai. Visos diagramos pateiktos pavojingiausiam skaičiuojamajam deriniui, kuris yra:

$$DL \times 1,35 + LL \times 1,5 + SN \times 0,91 = 0$$

Toliau bus pateikiamos santvarų diagramos, parodančios įrašų skirtumus tarp skirtingų aukščių santvarų.

Ašinių įrašų diagramos skirtingų santvarų aukščių ir su galimais spyrių nutrūkimais:

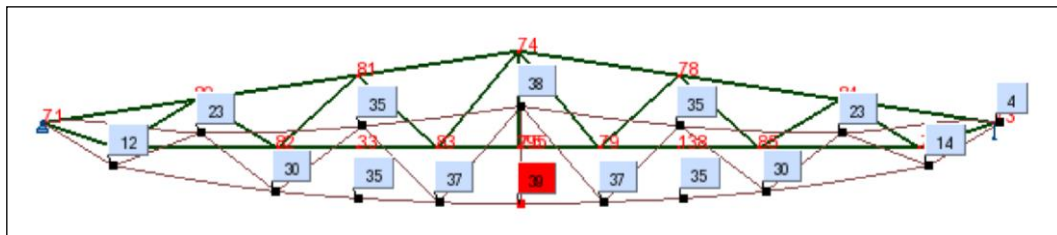




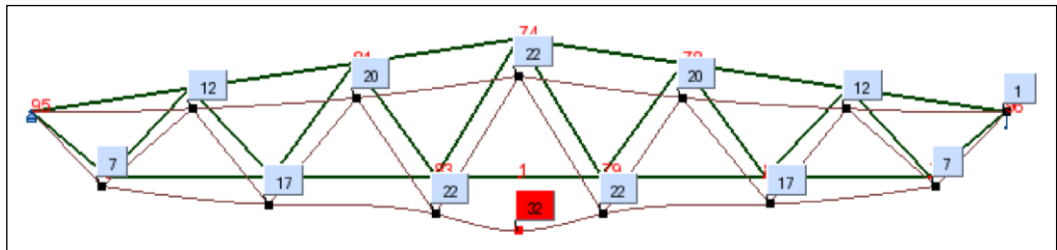
4.12 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be antro spyrio.

Sekančios digramos be tolimesnių spyrių pateiktos 3 priede.

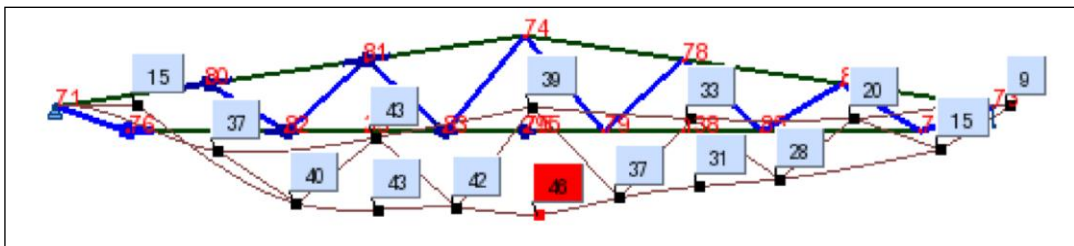
Poslinkiai skirtingų santvarų:



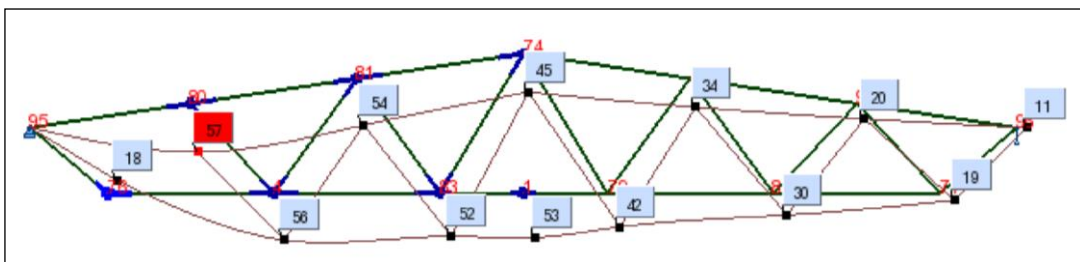
4.13 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio.



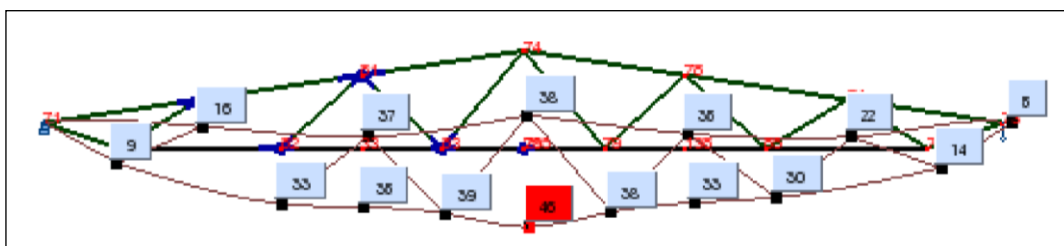
4.14 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio.



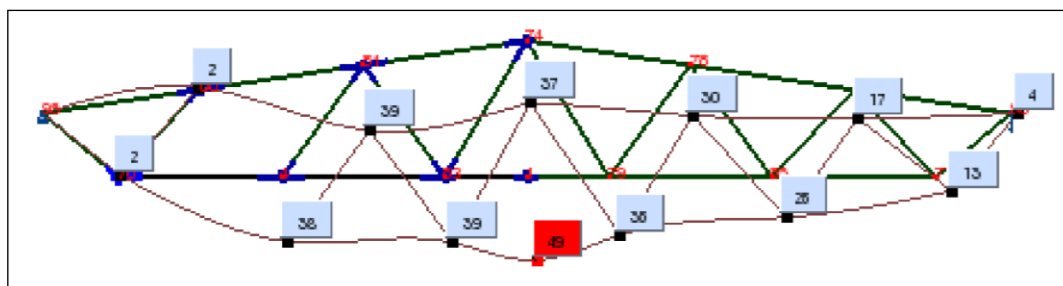
4.15 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be pirmo spyrio.



4.16 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be pirmo spyrio.



4.17 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be antro spyrio.



4.18 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be antro spyrio.

Sekančios digramos be tolimesnių spyrių pateiktos 3 priede.

Išvada: projektuojant aukštesnę santvarą profiliai reikalingi mažesnio skerspjūvio, tačiau jei vertintume galimybę nutrūkti pavojingiausiam santvaros spyriui profiliai būtų reikalingi didesni.

5. TECHNOLOGINĖ DALIS

5.1. Santvarų ir sijų montavimo technologinė kortelė



Santvarų ir sijų montavimo darbams atlikti parenkamos kabinimo priemonės ir parenkamas kranas, pagal kėlimo aukštį, nuotolį bei keliamą svorį.

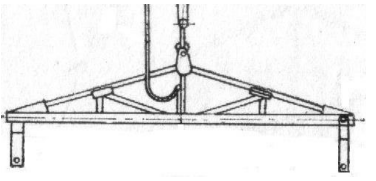
5.1.1. Krano ir kabinimo priemonės parinkimas

Lentelė Nr. 5.1.1.1. Santvarų montavimo darbų kiekių žiniaraštis

Elemento pavadinimas	Vieno elemento masė, t	Elementų skaičius vnt.	Visų elementų masė: masė, t
1	2	3	4
Santvara SN-1	0,693	5	3,464
Sija S-1	0,441	4	1,762

Lentelė Nr. 5.1.1.2. Santvarų montavimo priemonių parinkimas.

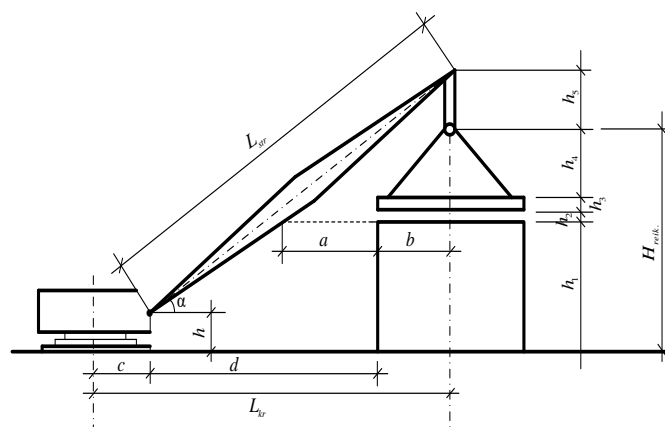
Kabinėjimo priemonės pavadinimas	Eskizas	Kabinėjimo priemonių			Pritaikymo sritis
		Keliamoji galia, t	Masė, t	Skaičiuojamasis aukštis, m	
Kobinys USK1-5,0 3m lynai		5	0,0118	2,15	Santavarai
Kobinys SK-2,0 1,4m lynai		2	0,0056	1,16	Santavarai

Traversa 6600		1	0,242	-	Santvarai
------------------	---	---	-------	---	-----------

Vienos santvaros svoris 692,71 kg, kabinimo priemonių svoris 259,4 kg.

Bendras svoris: $m = 692,71 + 259,4 = 952,11 \text{ kg} \approx 0,95 \text{ t}$

5.1.2 Krano kablo pakėlimo aukščio skaičiavimas



5.1.2.1 pav. Krano parinkimo skaičiuojamoji schema.

$$L_{kr} = \frac{(H_{reik} + h_5 - h) \times (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} \quad (5.1.2.1)$$

$$L_{kr} = \frac{(12,11 + 2,15 - 1,5) \times (6 + 1,5)}{1 + 1,93 + 1,6 + 2,15} + 1 = 14,33 \text{ m}$$

$$H_{reik} = 8,02 + 1 + 1,93 + 1,16 = 12,11 \text{ m}$$

čia:

H_{reik} – reikiamas santvaros pakėlimo aukštis;

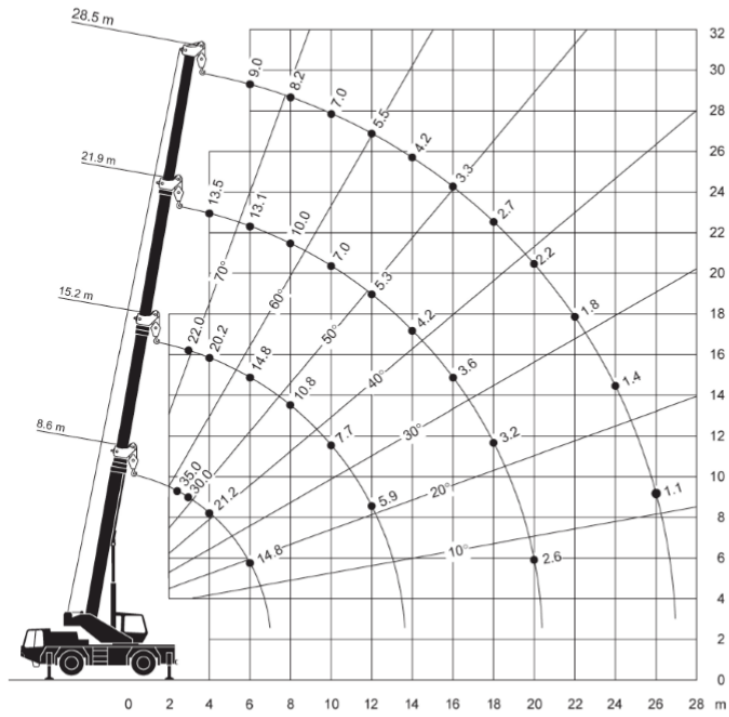
h_5 – sutrauktų krano skryščių aukštis;

h – strėlės šarnyro aukštis nuo krano stovėjimo lygio ($h = 1,5 \text{ m}$);

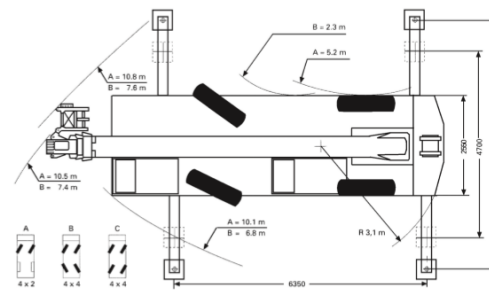
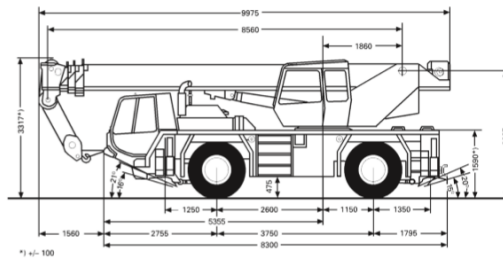
a – mažiausias leistinas atstumas nuo krano strėlės ašies iki sumontuotos konstrukcijos ($a = 1,5 \text{ m}$);

b – atstumas (m) nuo arčiausiai sumontuotos konstrukcijos artimiausio taško iki krano kablo projekcijos į horizontalią plokštumą, montuojant labiausiai nuo krano nutolusį elementą.

Parenkamas Faun ATF 30-2L kranas, kurio maksimalus siekis 26 m, jis kelia iki 30 tonų svorį.



5.1.2.2 pav. Parinkto kran keliamosios galios priklausomybė nuo strėlės siekio



5.1.2.3 pav. Parinkto kran gabaritai

Lentelė Nr. 5.1.2.1. Darbo sąnaudos.

Kategorija	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbų apimtis		Darbo sąnaudos, žm. h			Mechanizmai			
		darbo matovnt.	Kiekis	Norma darbo matovienetui	Visam darbui		Pavadinimas	darbo sąnaudos		
					žm. val.	žm. d.		Vienetui maž. val.	Visam darbui	
									maš. val.	maš. pam.
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N9P-0102	1.1Metalinių sijų ir santvarų montavimas, kai anga iki 18 m, gaminių masė iki 1,0t	t	6,2	24,0	148,8	18,6	Kranas	1,4	8,68	1,085

5.1.3 Santvarų montavimo technologinio proceso aprašymas

Bendri nurodymai

Visi montuojami elementai turi būti pagaminti gamykloje ir patikimai nudažyti pagal projekto reikalavimus. Galima paskutinio dengiamojo sluoksnio nedažyti, jei visos konstrukcijos bus dažomos po montažo.

Ten, kur yra skirtingų metalų sandūra, ir gali sukelti galvanizaciją arba koroziją, tarp metalų reikia naudoti izoliuojančias medžiagas. Montavimo darbus, elementų gamybą gali atlikti tik atestuotos firmos ir apmokyti specialistai.

Plieninių elementų sandėliavimas

Į statybos aikštelę atvežti plieniniai profiliai markiruojami.

Plieniniai profiliai sandėliuojami neapšildomuose uždaruose sandėliuose ar pastogėse. Sandėliuojant pastogėse, įrengti nuolydį vandens nutekėjimui. metalinius profilius pakelti nuo grunto ar grindų 0,2 m.

Skirtingų markių ir profilių metalas sandėliuojamas atskirai. Metaliniai profiliai sandėliuojami ant medinių ar metalinių padėklo ir intarpų iki 1,5 m aukščio ir 200÷600 kN svorio rietuvėse.

Plieninės santvaros turi būti sandėliuojamos vertikaliajame (darbinėje) padėtyje. Kas 2-3 metrai įrengiami atraminiai stulpai, į kuriuos atremiamos santvaros.

Elementų apžiūrai bei jų stropavimui tarp rietuvių turi būti palikti 1,2 metro pločio praėjimai.

Suvirinimo elektrodai surūšiuojami pagal markes ir sandėliuojami šiltoje, sausoje patalpoje.

Smulkios detalės montažiniams sujungimams turi būti pritvirtintos prie atvežtų elementų arba atvežamos atskiroje taroje nurodant detalių markes ir kiekius.

Tvirtinimo detalės laikomos uždaroje sausoje patalpoje, išrūšiuotos pagal rūšis ir markes. Varžtus ir veržles laikyti išrūšiuotas pagal stiprumo klases ir diametrus.

Metaliųjų konstrukcijų montavimas

Laikančioms konstrukcijoms, jeigu nenurodyti kitaip, turi būti naudojami gamykliniai metaliniai profiliai, lakštai ir juostos iš projekte nurodytų plienų. Visos metalinės konstrukcijos gaminamos gamykloje ir į objektą atvežamos padengtos antikorozine danga. Metalinės sijos bei santvaros su kolonomis tvirtinamos varžtais arba suvirinimu.

Plieninių konstrukcijų montažo kontrolė

Visi montavimo darbai turi būti tikrinami, kontroliuojami ir priimami statybos techninės priežiūros inžinieriaus. Gamintojas privalo pateikti aktus, prieš toliau tęsiant darbus, jei atliktos operacijos ir darbai bus neprieinami patikrinimui. Gamintojas turi informuoti užsakovą apie medžiagų gavimą, kad būtų galima gautas ataskaitas sutikrinti su projekto reikalavimais ir jei reikia su gamyklinio-laboratorinio bandymo ataskaitomis. Patikrinimas atliktas užsakovo jokių būdu neatleidžia gamintojo nuo jo atsakomybės. Visi darbai, kurie neatitinka reikalavimų, pateiktų brėžiniuose ir jo aiškinamuosiuose raštuose, turi būti taisomi arba pašalinami išimtinai gamintojo sąskaita.

Visos medžiagos turi būti tikrinamos tuoj pat po gavimo, kad įsitikinti, ar visi gaminiai, kurie buvo įtraukti į gaminių partijos sąrašą, yra pateikti, o taip pat ar visa dokumentacija buvo gauta bei patvirtinta pagal reikalavimus. Jei yra nustatomas koks pažeidimas ar trūksta dalies dokumentacijos ar detalių, šis faktas turi būti praneštas statybos vadovui.

Nukrypimai montažo metu neturi būti didesni, negu nurodyta detaliuose konstrukcijų brėžiniuose.

Priklausomai nuo konstrukcijų pobūdžio, plieno markių, asmuo, virinantis šias konstrukcijas, turi turėti atitinkamą pažymėjimą - diplomą. Prieš pradėdamas konstrukcijų

elementų sudurtinį virinimą, būtina atlikti bandomąjį suvirinimo pavyzdį. Pavyzdys, virinamas iš to paties plieno, kaip ir pati konstrukcija. Elektrodoi, oro temperatūra ir konstrukcijos padėtis turi atitikti pagrindinės konstrukcijos padėtį.

Suvirinimo elektrodai, kurie neturi galiojančio sertifikato, nenaudojami.

Santvarų ir sijų montavimo leistini nuokrypiai nurodyti lentelėje (5.1.3.1).

Lentelė Nr. 5.1.3.1. Metalinių santvarų, sijų ir ilginių montavimo leistini nuokrypiai.

Eil. Nr.	Nuokrypio pavadinimas	Leistinas nuokrypis, mm
1.	Santvarų, sijų ir ilginių viršutinių juostų ašies nuokrypis ties tvirtinimo taškais	15
2.	Tarpkolonių nuokrypiai	5
3.	Ilinkio dydis (kreivumas) tarp santvaros juostų ir rygelių, sijų tvirtinimo taškų	iki 0,0013 atstumo tarp tvirtinimo taškų, bet ne daugiau kaip 15 mm
4.	Atraminių mazgų altitudžių nuokrypiai	10
5.	Ilginių nuokrypiai nuo projektinių ašių	5
6.	Santvarų apatinių ir viršutinių juostų ašių nuokrypiai plane	iki 0,004 santvaros aukščio

Išvada: Parinktas Faun ATF 30-2L kraną, kurio maksimalus siekis 26 m, jis geba pakelti iki 30 tonų svorį. Darbuose dalyvauja viena brigada, kurios sudėtyje 7 žmonės ir kuri užtruks 3 darbo dienas.

6. DARBO SAUGA IR APLINKOSAUGA

Pagal norminių aktų reikalavimus, darbdaviai rengia saugaus darbo instrukcijas, su kuriomis supažindinti darbuotojai ir juos instruktuojantys asmenys pasirašo saugos darbe instruktavimų registracijos žurnale.

Kiekvienas darbininkas instruktuojamas apie saugius darbo būdus bei priemones, supažindinamas darbo vietoje su jam gręšiančiais pavojais. Per 3 mėnesius nuo priėmimo į darbą darbininkas privalo užbaigti ne trumpesnius kaip 13 valandų saugumo technikos kursus ir išlaikyti egzaminą. Visi aukštai dirbantys montuotojai turi tikrintis sveikatą ne rečiau kaip vieną kartą per metus. Visi montuotojai turi būti aprūpinti spec. darbužiais, spec. avalyne ir apsauginėmis priemonėmis, turi būti aprūpinti gerais ir tvarkingais darbo įrankiais ir priemonėmis. Darbo vieta turi būti gerai organizuota ir sutvarkyta. Esant nepalankiomis sąlygomis turi būti daromos pertraukos.

Statinio esminio reikalavimo “Higiena, sveikata ir aplinkos apsauga” įvykdymas užtikrinamas visuma reikalavimų ir priemonių, numatomų statinių sumanymo, projektavimo, statybos ir normalaus naudojimo metu, taip pat statybos produktų kokybiniais rodikliais. Šiuos reikalavimus ir priemones sąlygoja vidaus aplinka, vandens tiekimas, nuotėkų šalinimas, kietųjų atliekų šalinimas, išorės aplinka. Vidaus aplinkos reikalavimai yra susiję su sveikos vidaus aplinkos žmonėms sukūrimu, reglamentuojant šilumos, apšvietos, oro kokybės, oro drėgnumo, triukšmo reikalavimus.

Oro kokybės reglamentavimas yra susijęs su teršalų, įskaitant ir gama spinduliuotę, vidaus aplinkoje ribojimu ar pašalinimu, siekiant, kad statiniuose būtų sukuriama tinkama gyventojų ir pastatų naudotojų sveikatai vidaus aplinka. Siekiant išvengti teršalų ar sumažinti jų kiekį yra ribojami jų išmetimai iš šaltinių, gerinama oro kokybė, taikant vėdinimą ir valymą, vykdomos prevencinės priemonės, pvz., neleidžiama tam tikrą laikotarpį po dažymo naudotis patalpa.

Oro drėgmės reikalavimai susiję su žmonių sveikatos apsauga nuo per didelio ar per mažo drėgmės poveikio. Pastatas turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad jame nebūtų žmonių higienai, sveikatai ir aplinkai kenksmingo drėgmės poveikio.

Vanduo, vartojamas gėrimui, buities reikmėms, maisto produktams gaminti, neturi kelti grėsmės žmonių sveikatai. Rezervuarai, vamzdžiai, armatūra ir kitokie komponentai, sąveikaudami su vandeniu, bei papildomas vandens apdorojimas (pvz.: šildymas, minkštinimas,

nukenksminimas ir kt.) neturi pakeisti vandens kokybės taip, kad tai keltų grėsmę žmonių sveikatai.

Tinkamas nuotėkų šalinimas užtikrinimas šiomis priemonėmis: skysčių nutekėjimui iš sistemos išvengti būtina užtikrinti visų kanalizacijos sistemos dalių sandarumą; nuotėkų grįžtamajam srautui į pastatus išvengti būtina tinkamai projektuoti statinių kanalizacijos sistemas; dvokiančio oro išsiskyrimui išvengti būtina užtikrinanti kanalizacijos sistemos dalių sandarumą.

Kietosios nekanalizuojamos atliekos (komunalinės atliekos) reiškia visas kietąsias ir pusiau kietąsias (buitines, komercinės, pramoninės, institucijų bei kitokios prigimties atliekos) atliekas, kurios gali susidaryti statiniuose. Buitinėmis atliekomis nelaikomos pramoninės, nuodingosios ir pavojingos kietosios atliekos.

Tinkamo kietųjų atliekų tvarkymo užtikrinimo priemonės:

1) susidariusių dujų emisijos, kvapų ir skysčių, taip pat atliekų filtrato infiltracijos į dirvožemį paskleidimui išvengti būtina užtikrinti atliekų surinkimo įrenginių ir jų dangčių sandarumą surenkant ir sandėliuojant kietąsias atliekas;

2) buitinių atliekų puvimui išvengti atliekas būtina presuoti sandėliavimo konteineriuose ir kaip galima greičiau jas pašalinti;

3) atliekų tvarkymo sistemos objektai turi būti suprojektuoti taip, kad būtų išvengta atliekų likučių po pašalinimo ir būtų galima kuo greičiau jas sutvarkyti.

Statybos produktams (pagal suderintas (darniąsias) B kategorijos technines specifikacijas) ir šių produktų grupėms nustatyti reikia įvertinti:

1) kaupimo priemonių (konteineriai, konteinerių priedai, kietųjų atliekų talpyklos) atveju - formą ir dydį, sąlygojančius valymo efektyvumą, konteinerių ir dangčių sandarumą;

2) surinkimo priemonių (maišai, surinkimo vamzdinių sistemų) atveju - sandarumą.

Statybos produktai neturi būti pralaidūs teršalams ir nuotėkoms, kurios gali pasklisti aplinkoje ir turėti aplinkai neigiamą poveikį, sukelti grėsmę žmonių sveikatai, gyvūnams ir augalams bei ekosistemoms.

Statybvietėje naudojami dviejų tipų aptvarai: apsauginiai - skirti tam, kad pašaliniai žmonės nepatektų į pavojingą zoną, bei signaliniai - skirti įspėti ir nurodyti žmonėms pavojingų zonų ribas. Pavojingoms zonoms, kuriose gali veikti pavojingi veiksniai, priskiriamos teritorijos arti pastato, pastato aukštai vienas po kitu, virš kurių montuojamos konstrukcijos, vietos, virš kurių kranas perneša krovinius, vietos, kuriose juda mašinos ar jų dalys. Pavojingose

zonose virš paliekamų įėjimų į pastatą įrengiami apsauginiai stogeliai arba dengti takai, kiti įėjimai į pastatą uždaromi. Pavojingose zonose nesandėliuojamos medžiagos ir konstrukcijos. Kėlimo mechanizmai turi būti stabilūs, o stropavimo priemonės - patikimos. Ypač svarbu vykdyti visa, kas numatyta montavimo kranų eksploatavimo taisyklėse ir instrukcijose. Keliant konstrukciją kurios masė artima kranu keliamajai galiai, montuotojas iš pradžių privalo pakelti ją 200-300 mm aukštyje, įsitikinti kranu stabilumu ir toliau ją kelti. Keliamą krovinį būtina prilaikyti atotampomis, kad nesvyruotų. Montuojamoji konstrukcija turi būti keliamą bei nuleidžiama griežtai vertikaliai. Prieš pradėdant kelti elementą reikia patikrinti jo kėlimo kilpų patikimumą. Darbo pertraukų metu negalima palikti krovinio, pakabinto ant kranu kablo.

Draudžiama dirbti po montuojamomis konstrukcijomis. Draudžiama būti žmonėms ant keliamų ir transportuojamų konstrukcijų. Nutraukus darbą, neleistina palikti pakeltus ant kranu kablo elementus. Visi statybos vadovai, montuotojai ir kiti darbininkai, dirbantieji kranu veikimo zonoje, gerai turi žinoti konstrukcijų kėlimo tvarką ir montavimo darbų signalus.

Montuotojams pereiti nuo vienos konstrukcijos ant kitos turi būti įrengtos inventorinės kopėčios, aptverti perėjimo tilteliai ir lipynės. Laiptoti montuotojams ant užkeltų elementų ir konstrukcijų draudžiama. Būdami ant plokščių, montuotojai ir suvirintojai turi būti prisirišę apsauginio diržo grandine prie montavimo kilpų arba specialiai nutiesto plieninio lyno.

Suvirintojų darbo vietos turi būti ne arčiau kaip per 10 m viena nuo kitos ir nuo lengvai užsidegančių medžiagų. Neleistina suvirintojams dirbti be individualaus skydelio arba kaukės su specialiu tamsiu apsauginiu stiklu. Draudžiama statyti suvirinimo aparatus praėjimuose ir pravažiavimuose. Visi elektriniai suvirinimo įrengimai ir virinami elementai turi būti gerai įžeminti, o laidai gerai izoliuoti.

Kiekviename statybos objekte turi būti efektyvios gaisro gesinimo priemonės. Gerai matomoje ir prieinamoje vietoje turi būti įrengtas priešgaisrinis skydas su įrankiais. Laikinos elektros oro linijos turi būti tiesiamos tik iš izoliuotų laidų, o laidai suduriami lituojant arba suspaudžiant galus specialiais gnybtais. Visi įjungimo, išjungimo ir matavimo prietaisai turi būti tvirtinami ant nedegaus pagrindo ir uždaryti apsauginiais įžemintais, užrakinamais gaubtais.

Montuojamus elementus reikia užkabinti inventoriniais stropais, traversomis arba kita kėlimo įranga, pagaminta pagal patvirtintus projektus. Kroviniai turi būti užkabinami taip, kad negalėtų slysti arba kristi.

IŠVADOS

1. Stogo denginio konstrukcijos, virš gamyklos patalpų, šilumos perdavimo koeficientas $U=0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Jis neviršija norminio šilumos perdavimo koeficiento pramonės pastatams $U_N=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

2. Palyginus du plieninio rėmo variantus – I variantas su kranu ant kolonų gėmbių, II variantas su kranu įtvirtintu santvaros apatinėje juostoje, nustatyta, kad pirmasis variantas 18% ekonomiškėsnis.

3. Mokslinėje tiriamojoje dalyje išanalizavus skirtingų aukščių santvaras nustatyta, kad padidinus santvaros aukštį nuo 1,8m iki 2,5m plieno sąnaudos vienai santvarai sumažėja 15%.

4. Taip pat, tiriamojoje dalyje išnagrinėta spyrių nutrūkimo rizika, kur nutrūkus pavojingiausiam, apatinei juostai lenkimo momento atžvilgiu, spyriui, įrąžos (1,8m aukščio santvara) gali padidėti iki 77%, kai santvara 2,5m aukščio iki 68%.

5. Sijoms ir santvaroms sumontuoti bus reikalingi šeši darbininkai, kurie darbus atliks per tris 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 2.03.02:2005. Gamybos, pramonės ir sandėliavimo statinių sklypų tvarkymas;
11. STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai;
12. STR 2.05.13:2004. Statinių konstrukcijos. Grindys;
13. STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys;
14. STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas;
15. STR 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.
16. HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšviestos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai;
17. STR 2.05.01:2005 1 priedas. „Šilumos perdavimo per pastatų atitvaras skaičiavimo metodai“.
18. STR 1.01.06:2010. Ypatingi statiniai. [žiūrėta 2016-03-01]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=382032>
19. STR 1.01.09:2003. Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį.
[žiūrėta 2016-09-01]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=213265>
20. STR 2.02.07:2004. Gamybos įmonių ir sandėlių statiniai. Pagrindiniai reikalavimai.
[žiūrėta 2016-03-01]. Prieiga per internetą:
<http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=423428>
21. STR 2.03.01:2001. Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms.
[žiūrėta 2016-04-01]. Prieiga per internetą:

- <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=139277>
22. STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai. [žiūrėta 2016-09-01]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_bin?p_id=330693>
 23. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. [žiūrėta 2016-03-05]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=2262>
 24. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos. [žiūrėta 2016-10-01]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.dok_priedas?p_id=10543>
 25. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. [žiūrėta 2016-11-01]. Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.249853>>
 26. Eurocode 7 Geotechnical design – Part 1: General rules. EN 1997-1. CEN/TC 250, 2003, 167p.

Knygų:

27. Paulauskas J., Kvedaras A. Metalinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1977, 460p.
28. Valikonis J., Venckevičius V. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. Metodiniai nurodymai. Kaunas: KPI, 1987, 85p.
29. Daunoravičius M., Miniotaitė R. Statybos technologinių procesų projektavimas. Kaunas: Technologija, 2010, 58p.

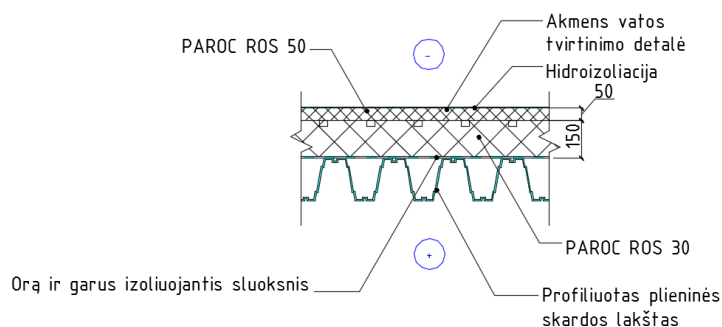
Elektroninių dokumentų:

30. Apkrovas laikantys profiliuoti skardos lakštai – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.ruukki.lt/Gaminiai-statybai/Apkrovas-laikantys-lakstai>>
31. Kranas – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.ytcrane.com/uploads/soft/lbcrane.pdf>>
32. Bituminė stogo danga – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <www.mida.lt/>
33. Paroc detalių katalogas – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.paroc.lt/darbui-ir-informacijai/cad-breziniai>>
34. Plieninių profilių sortimentas – [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.visi-metalai.lt/metalu-zinynas>>
35. <<http://www.peikko.lt/>>

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Stogas projektuojamas šiltas, apšiltintas PAROC mineraline vata. Ant profiliuotos skardos pakloto klojama 150 mm storio šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC ROS 30, kurios šilumos laidumo koef. $\lambda=0,036$ W/mK. Toliau klojama garo izoliacija – polietileno plėvelė 0,3 mm. Plėvelės kraštai sulituojami arba sulipdomi lipnia juosta. Virš garų izoliacijos klojama 50 mm storio šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC ROS 50 sluoksnis, šilumos laidumo koef. $\lambda=0,038$ W/mK. Tarp šių sluoksnių klojamas šiltinamasis sluoksnis iš polistireninio putplasčio. Ant PAROC ROS 50 įrengiami du sluoksniai prilydomosios ruloninės stogo dangos MIDA „Most“. Stogo konstrukcija parinkta remiantis statybos techniniu reglamentu „Pastatų atitvarų šiluminė technika“, ir jame nurodytomis norminėmis ir leistinomis pramonės pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficiento reikšmėmis.



2.5.1 pav. Stogo konstrukcija.

Pateikiamas stogo šiluminės varžos skaičiavimas:

Apskaičiuojamos atskirų sluoksnių šiluminės varžos ir visuminė šiluminė varža.

1) Išorinis sluoksnis – dvisluoksnė ritininė hidroizoliacija:

$$\lambda_{1,ds} = 0,17 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$$

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}} \quad (1P.1)$$

$$R_1 = \frac{0,006}{0,17} = 0,035 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

2) Antras sluoksnis – 50 mm storio šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC ROS 50, kurios $\lambda_{dec} = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje $\Delta\lambda_w, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, pagal STR 2.01.03:2003 4 lentelę nevėdinamai atitvarai $\Delta\lambda_w = 0,002 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$

Pataisa dėl šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv} = \lambda_{dec} \times K_{cv} \quad (1P.2)$$

$$\Delta\lambda_{cv} = 0,038 \times 0 = 0 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$$

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė:

$$\lambda_{ds} = \lambda_{dec} + \Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{cv} \quad (1P.3)$$

$$\lambda_{2,ds} = 0,038 + 0,002 + 0 = 0,04 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$$

Antrojo sluoksnio šiluminė varža apskaičiuojama pagal 2.5.1 formulę:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{2,ds}} = \frac{0,05}{0,04} = 1,25 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}$$

3) Trečias sluoksnis – garo izoliacija, priimama, kaip plonas sluoksnis tarp atitvaros sluoksnių:

$$R_{q,4} = 0,04 \text{ (m}^2 \times \text{K)}/\text{W}$$

4) Ketvirtas sluoksnis – 150 mm storio šilumos izoliacija iš akmens vatos PAROC ROS 30, kurios $\lambda_{dec} = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$. Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje $\Delta\lambda_w, \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, pagal STR 2.01.03:2003 4 lentelę nevėdinamai atitvarai $\Delta\lambda_w = 0,002 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas $K_{cv} = 0$.

Pataisa dėl šilumos konvekcijos apskaičiuojama pagal 1P.2 formulę:

$$\Delta\lambda_{cv} = 0,036 \times 0 = 0 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$$

Projektinė šilumos laidumo koeficiento vertė apskaičiuojama pagal 1P.3 formulę:

$$\lambda_{3,ds} = 0,036 + 0,002 + 0 = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$$

Trečiojo sluoksnio šiluminė varža apskaičiuojama pagal 1P.1 formulę:

$$R_3 = \frac{0,15}{0,038} = 3,947 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

5) Penktas sluoksnis – profiliuotas apkrovas laikantis skardos paklotas Rannila 130 0,9mm, kurio:

$$\lambda_{5,ds} = 50 \text{ W/(m} \times \text{K)}$$

Penktojo sluoksnio šiluminė varža apskaičiuojama pagal 1P.1 formulę:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{5,ds}} = \frac{0,0009}{50} = 1,8 \times 10^{-5} \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

Apskaičiuojame stogo suminę šiluminę varžą:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 \quad (1P.4)$$

$$R_s = 0,035 + 1,25 + 3,947 + 0,04 + 0,000018 = 5,272 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

Išorinė šiluminė varža yra prilyginama vidinei šiluminei varžai:

$$R_{se} = R_{si} = 0,14 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

Stogo visuminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} \quad (1P.5)$$

$$R_t = 0,14 + 5,272 + 0,14 = 5,552 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$$

Apskaičiuojamas šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (1P.6)$$

$$U = \frac{1}{5,552} = 0,18 \text{ W/(m}^2 \times \text{K)}$$

Norminis šilumos perdavimo koeficientas stogui $U_N = 0,25 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Kaip matome, apskaičiuotas šilumos perdavimo koeficientas neviršija norminio.

2 PRIEDAS. 2 variantu skaičiavimas

Santvaros viršutinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 72 Simple bar_72

POINT: 3

COORDINATE: x = 0.68 L =

6.06 m

LOADS:

Governing Load Case: 17 COMB4 /35/ 1*1.35 + 2*0.91 + 3/35*1.50

MATERIAL:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: TREC 300x200x8

h=300 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=200 mm

Ay=3018 mm²

Az=4528 mm²

Ax=7546 mm²

tw=8 mm

Iy=94390000 mm⁴

Iz=50640000 mm⁴

Ix=106000000 mm⁴

tf=8 mm

Wely=629267 mm³

Welz=506400 mm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 900.60 kN

My,Ed = 37.11 kN*m

Nc,Rd = 2678.83 kN

My,Ed,max = 43.41 kN*m

Nb,Rd = 1076.53 kN

My,c,Rd = 223.39 kN*m

Vz,Ed = -13.13 kN

Vz,c,Rd = 927.97 kN

Class of section = 3



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 8.97 m

Lam_y = 1.05

Lcr,y = 8.97 m

Xy = 0.63

Lamy = 80.24

kyy = 1.32



About z axis:

Lz = 8.97 m

Lam_z = 1.43

Lcr,z = 8.97 m

Xz = 0.40

Lamz = 109.54

kzy = 0.69

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.17 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$N_{Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.50 < 1.00$ (6.2.1(7))

$\sqrt{(\sigma_{x,Ed})^2 + 3(\tau_{z,Ed})^2}/(f_y/g_{M0}) = 0.49 < 1.00$ (6.2.1.(5))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{y} = 80.24 < \lambda_{y,max} = 220.00$ $\lambda_{z} = 109.54 < \lambda_{z,max} = 220.00$ STABLE

$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.79 < 1.00$ (6.3.3.(4))

$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.97 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

Santvaros apatinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 75 apatine juosta_75 POINT: 2
6.00 m

COORDINATE: $x = 0.80 L =$

LOADS:

Governing Load Case: 17 COMB4 /16/ 1*1.35 + 2*0.91 + 3/16*1.50

MATERIAL:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: T CAR 200x8

$h=200$ mm

$gM0=1.00$

$gM1=1.00$

$b=200$ mm

$A_y=2973$ mm²

$A_z=2973$ mm²

$A_x=5946$ mm²

$tw=8$ mm

$I_y=35890000$ mm⁴

$I_z=35890000$ mm⁴

$I_x=57940000$ mm⁴

$tf=8$ mm

$W_{ply}=442624$ mm³

$W_{plz}=442624$ mm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = -677.12$ kN

$M_{y,Ed} = 122.09$ kN*m

$N_{t,Rd} = 2110.91$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 157.13$ kN*m

$M_{y,c,Rd} = 157.13$ kN*m

$V_{z,Ed} = 109.08$ kN

$MN_{,y,Rd} = 138.77$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 609.37$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{t,Rd} = 0.32 < 1.00$ (6.2.3.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.78 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$M_{y,Ed}/MN_{,y,Rd} = 0.88 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.18 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Section OK !!!

Santvaros tempiamo spyrio skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:

MEMBER: 86 spyriai_86 POINT: 3

COORDINATE: $x = 1.00 L =$

1.46 m

LOADS:

Governing Load Case: 17 COMB4 /1/ 1*1.35 + 2*0.91 + 3/1*1.50

MATERIAL:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: T CAR 90x5

h=90 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=90 mm

Ay=844 mm²

Az=844 mm²

Ax=1688 mm²

tw=5 mm

Iy=2023000 mm⁴

Iz=2023000 mm⁴

Ix=3150000 mm⁴

tf=5 mm

Wply=54250 mm³

Wplz=54250 mm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = -588.77 kN

Nt,Rd = 599.24 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N,Ed/Nt,Rd = 0.98 < 1.00$ (6.2.3.(1))

Section OK !!!

Santvaros gniuždomo spyrio skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: 79 kiti spyrrriai_79

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L =

0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 17 COMB4 /39/ 1*1.35 + 2*0.91 + 3/39*1.50

MATERIAL:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: TCAR 90x5

h=90 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=90 mm	Ay=844 mm ²	Az=844 mm ²	Ax=1688 mm ²
tw=5 mm	Iy=2023000 mm ⁴	Iz=2023000 mm ⁴	Ix=3150000 mm ⁴
tf=5 mm	Wply=54250 mm ³	Wplz=54250 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 321.86 kN
 Nc,Rd = 599.24 kN
 Nb,Rd = 548.47 kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 1.75 m Lam_y = 0.53
 Lcr,y = 1.40 m Xy = 0.92
 Lamy = 40.36



About z axis:

Lz = 1.75 m Lam_z = 0.53
 Lcr,z = 1.40 m Xz = 0.92
 Lamz = 40.36

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

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

Global stability check of member:

$\Lambda_{b,y} = 40.36 < \Lambda_{b,max} = 150.00$ $\Lambda_{b,z} = 40.36 < \Lambda_{b,max} = 150.00$ STABLE

$N,Ed/Nb,Rd = 0.59 < 1.00$ (6.3.1.1.(1))

Section OK !!!

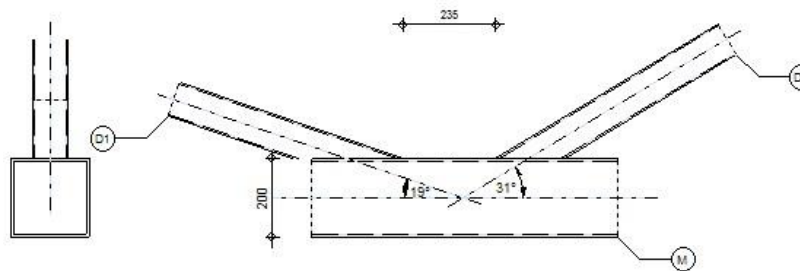
Patikrinamas K tipo mazgas:

	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016	
	Design of truss node connection EN 1993-1-8:2005/AC:2009	
		Ratio 0,63

D1 - TCAR 90x5

D2 - TCAR 90x5

M - TCAR 200x8



GENERAL

Connection no.: 2
 Connection name: Tube
 Structure node: 76
 Structure bars: 75, 79, 86

GEOMETRY

BARS

		Chord	Diagonal 1	Diagonal 2	Post	
Bar no.:		75	86	79		
Section:		TCAR 200x8	TCAR 90x5	TCAR 90x5		
	h	200	90	90		mm
	b _f	200	90	90		mm
	t _w	8	5	5		mm
	t _f	8	5	5		mm
	r	18	5	5		mm
Material:		S 355	S 355	S 355		
	f _y	355,00	355,00	355,00		MPa
	f _u	470,00	470,00	470,00		MPa
Angle	θ	0,0	18,7	31,0		Deg
Length	l	7495	1462	1747		mm

OFFSET

e₀ = 0 [mm] Offset

SPACINGS

g₂ = 235 [mm] Spacing of 2nd diagonal

WELDS

a_d = 5 [mm] Thickness of welds of diagonals and posts

LOADS

Case: 17: COMB4 /1/ 1*1.35 + 2*0.91 + 3/1*1.50

CHORD

N_{01,Ed} = 0,00 [kN] Axial force
 M_{01,Ed} = 0,00 [kN*m] Bending moment
 N_{02,Ed} = 549,19 [kN] Axial force
 M_{02,Ed} = 0,00 [kN*m] Bending moment

DIAGONAL 1

N₁ = 588,68 [kN] Axial force
 M₁ = 0,00 [kN*m] Bending moment

DIAGONAL 2

N₂ = 9,90 [kN] Axial force
 M₂ = 0,00 [kN*m] Bending moment

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

RESULTS

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

$\gamma_{M5} = 1,00$ Partial safety factor [Table 2.1]

FAILURE MODES FOR JOINTS (RHS CHORD MEMBERS) [Table 7.10] for $N_{i,Rd}$ and [Table 7.14] for $M_{i,Rd}$

GEOMETRICAL PARAMETERS

$\beta = 0,45$ Coefficient taking account of geometry of connection bars $\beta = (b_2 + b_1) / (2 \cdot b_0)$ [1.5 (6)]
 $\gamma = 12,50$ Coefficient taking account of geometry of the chord $\gamma = b_0 / (2 \cdot t_0)$ [1.5 (6)]
 $n = 0,26$ Coefficient taking account of stresses in the chord $n_0 = \sigma_{0,Ed} / f_{y0}$
 $k_n = 1,00$ Coefficient taking account of stresses in the chord $k_n = 1.0$

TUBE CHORD FACE FAILURE

DIAGONAL 2

$N_{2,Rd} = 625,04$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} / \sin(\theta_2) \cdot \beta$
 $|N_2| \leq N_{2,Rd}$ |9,90| < 625,04 **verified** (0,02)
 $M_{2,Rd} = 9,46$ [kN*m] Bending resistance $M_{2,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_2 \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta} + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$
 $|M_2| \leq M_{2,Rd}$ |0,00| < 9,46 **verified** (0,00)
 $N_2 / N_{2,Rd} + M_2 / M_{2,Rd} \leq 1$ 0,02 < 1,00 **verified** (0,02)

DIAGONAL 1

$N_{1,Rd} = 1004,96$ [kN] Tension capacity $N_{1,Rd} = 8.9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} / \sin(\theta_1) \cdot \beta$
 $|N_1| \leq N_{1,Rd}$ |588,68| < 1004,96 **verified** (0,59)
 $M_{1,Rd} = 9,46$ [kN*m] Bending resistance $M_{1,Rd} = k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot h_1 \cdot [1 / (2 \cdot \eta) + 2 / \sqrt{1 - \beta} + \eta / (1 - \beta)] / \gamma_{M5}$
 $|M_1| \leq M_{1,Rd}$ |0,00| < 9,46 **verified** (0,00)
 $N_1 / N_{1,Rd} + M_1 / M_{1,Rd} \leq 1$ 0,59 < 1,00 **verified** (0,59)

CHORD PUNCHING

DIAGONAL 2

$b_{e,p} = 36$ [mm] Effective width for punching shear $b_{e,p} = (10 \cdot b_2) / (b_0 / t_0)$
 $N_{2,Rd} = 1515,48$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)) \cdot [2 \cdot h_2 / \sin(\theta_2) + b_2 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$
 $|N_2| \leq N_{2,Rd}$ |9,90| < 1515,48 **verified** (0,01)

DIAGONAL 1

$b_{e,p} = 36$ [mm] Effective width for punching shear $b_{e,p} = (10 \cdot b_1) / (b_0 / t_0)$
 $N_{1,Rd} = 3525,38$ [kN] Tension capacity $N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_1)) \cdot [2 \cdot h_1 / \sin(\theta_1) + b_1 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$
 $|N_1| \leq N_{1,Rd}$ |588,68| < 3525,38 **verified** (0,17)

CHORD SHEAR

DIAGONAL 2

$A_v = 3247$ [mm²] Shear area of the chord $A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$

$N_{2,Rd} = 1293,09$ [kN]	Tension capacity	$N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_w / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_2)] / \gamma_{M5}$
$ N_2 \leq N_{2,Rd}$	$ 9,90 < 1293,09$	verified (0,01)

DIAGONAL 1

$A_v = 3247$ [mm ²]	Shear area of the chord	$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0$
$N_{1,Rd} = 2079,05$ [kN]	Tension capacity	$N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot A_w / [\sqrt{3} \cdot \sin(\theta_1)] / \gamma_{M5}$
$ N_1 \leq N_{1,Rd}$	$ 588,68 < 2079,05$	verified (0,28)

CHORD RESISTANCE

$V_{pl,Rd} = 665,55$ [kN]	Plastic resistance for shear	$V_{pl,Rd} = (A_v \cdot f_{y0}) / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})$
$ V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 188,45 < 665,55$	verified (0,28)
$N_{0,Rd} = 2063,73$ [kN]	Tension capacity	$N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \cdot \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2}] / \gamma_{M5}$
$ N_{02} \leq N_{0,Rd}$	$ 549,19 < 2063,73$	verified (0,27)

VERIFICATION OF WELDS

DIAGONAL 2

$\beta_w = 0,88$	Correlation coefficient	[Table 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Partial safety factor	[Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} = 1,36$ [MPa]	Normal stress in a weld	
$\tau_{\perp} = 1,36$ [MPa]	Perpendicular tangent stress	
$\tau_{\parallel} = 3,21$ [MPa]	Tangent stress	
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 1,36 < 338,40$	verified (0,00)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$6,18 < 429,71$	verified (0,01)

Transverse inner weld

$\sigma_{\perp} = 1,37$ [MPa]	Normal stress in a weld	
$\tau_{\perp} = -1,23$ [MPa]	Perpendicular tangent stress	
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Tangent stress	
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 1,37 < 338,40$	verified (0,00)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$2,54 < 429,71$	verified (0,01)

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} = -1,23$ [MPa]	Normal stress in a weld	
$\tau_{\perp} = 1,37$ [MPa]	Perpendicular tangent stress	
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Tangent stress	
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ -1,23 < 338,40$	verified (0,00)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$2,67 < 429,71$	verified (0,01)

DIAGONAL 1

$\beta_w = 0,88$	Correlation coefficient	[Table 4.1]
$\gamma_{M2} = 1,25$	Partial safety factor	[Table 2.1]

Longitudinal weld

$\sigma_{\perp} = 35,90$ [MPa]	Normal stress in a weld	
$\tau_{\perp} = 35,90$ [MPa]	Perpendicular tangent stress	
$\tau_{\parallel} = 150,27$ [MPa]	Tangent stress	
$ \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 35,90 < 338,40$	verified (0,11)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$270,00 < 429,71$	verified (0,63)

Transverse inner weld

$\sigma_{\perp} = 32,61$ [MPa]	Normal stress in a weld	
$\tau_{\perp} = -98,17$ [MPa]	Perpendicular tangent stress	
$\tau_{\parallel} = 0,00$ [MPa]	Tangent stress	

$\sigma_{\perp} =$	32,61 [MPa]	Normal stress in a weld		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ 32,61 < 338,40$	verified (0,10)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$173,14 < 429,71$	verified (0,40)

Transverse outer weld

$\sigma_{\perp} =$	-98,17 [MPa]	Normal stress in a weld		
$\tau_{\perp} =$	32,61 [MPa]	Perpendicular tangent stress		
$\tau_{\parallel} =$	0,00 [MPa]	Tangent stress		
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$			$ -98,17 < 338,40$	verified (0,29)
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$113,26 < 429,71$	verified (0,26)

REMARKS

Diagonal angle is too small. 18,7 [Deg] < 30,0 [Deg]

Connection conforms to the code	Ratio	0,63
---------------------------------	-------	------

Kolonos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Design with Optimization Options

CODE GROUP: 1 1

MEMBER: 71 kolona_71

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.00 L =

0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 326 ULS_71 /19/ 1*1.35 + 2*1.05 + 3*0.90 + 5*1.20 + 7/19*1.50

MATERIAL:

S 355 (S 355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 200

h=190 mm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=200 mm	Ay=4512 mm ²	Az=1808 mm ²	Ax=5383 mm ²
tw=7 mm	Iy=36921500 mm ⁴	Iz=13355100 mm ⁴	Ix=186000 mm ⁴
tf=10 mm	Wply=429521 mm ³	Wplz=203822 mm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 586.11 kN	My,Ed = -12.54 kN*m	Mz,Ed = -0.29 kN*m	Vy,Ed = -0.11 kN
Nc,Rd = 1911.01 kN	My,Ed,max = -12.54 kN*m		Mz,Ed,max = 0.94 kN*m
	Vy,c,Rd = 924.80 kN		
Nb,Rd = 666.54 kN	My,c,Rd = 152.48 kN*m	Mz,c,Rd = 72.36 kN*m	Vz,Ed = 3.26 kN
	MN,y,Rd = 121.30 kN*m	MN,z,Rd = 72.03 kN*m	Vz,c,Rd = 370.59 kN
			Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

Ly = 7.62 m	Lam_y = 0.84	Lz = 7.62 m	Lam_z = 1.40
Lcr,y = 5.33 m	Xy = 0.70	Lcr,z = 5.33 m	Xz = 0.35
Lamy = 64.39	kzy = 0.35	Lamz = 107.06	kzz = 0.89

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.31 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^2 + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^1.53 = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{y} = 64.39 < \lambda_{max} = 120.00 \quad \lambda_{z} = 107.06 < \lambda_{max} = 120.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00$$

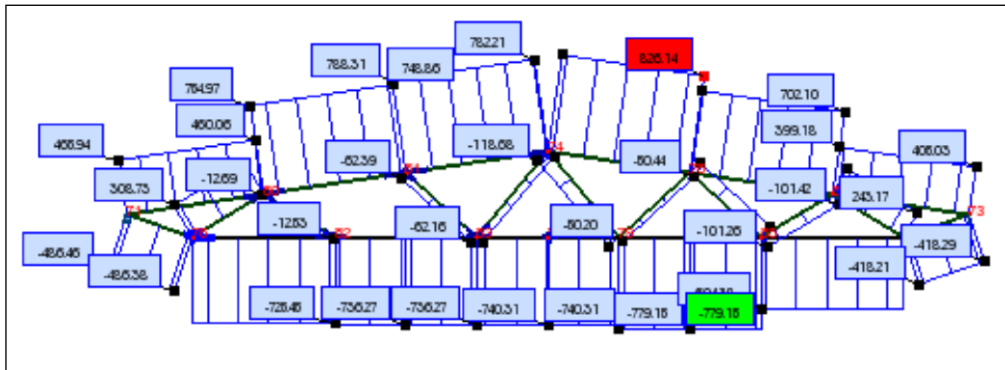
$$(6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00$$

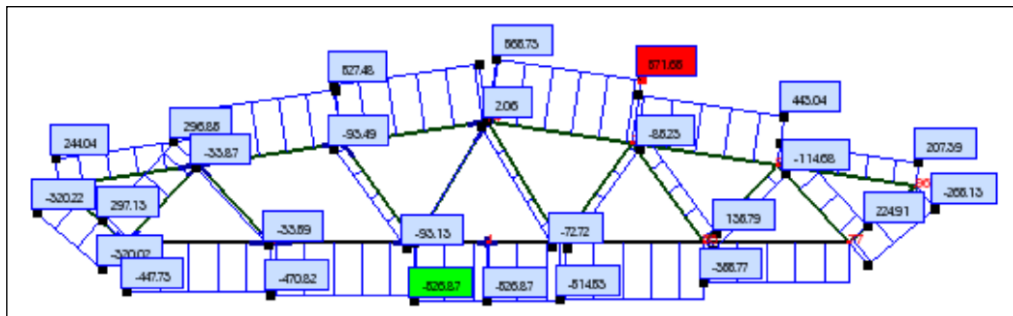
$$(6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

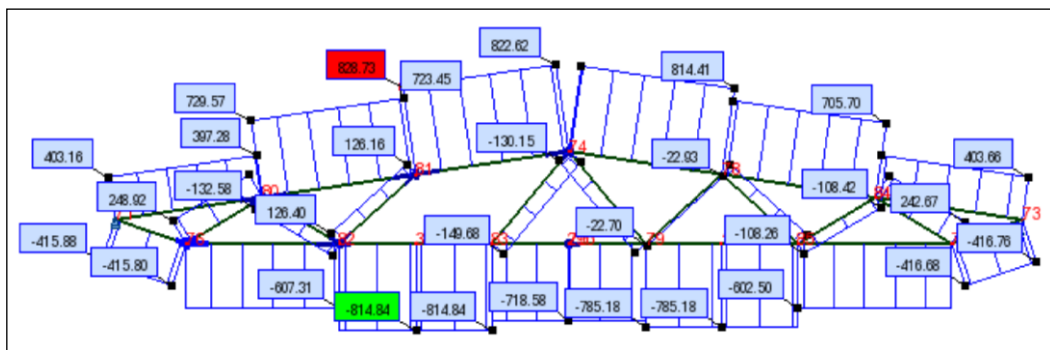
3 PRIEDAS. Mokslinė tiriamoji dalis



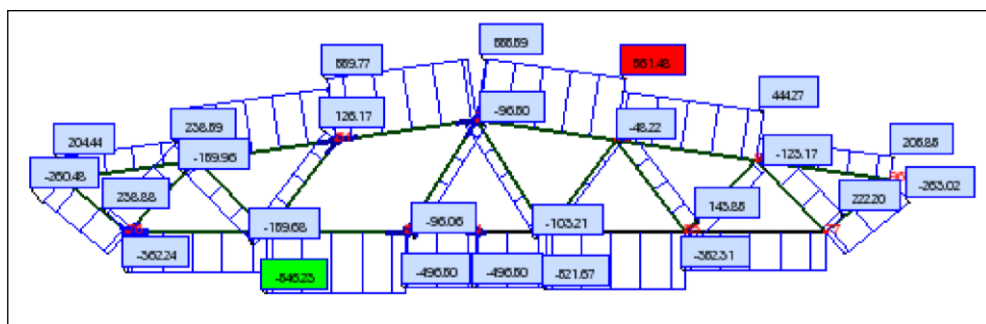
4P.1 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be trečio spyrio, kur viršutinė juosta 300x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.



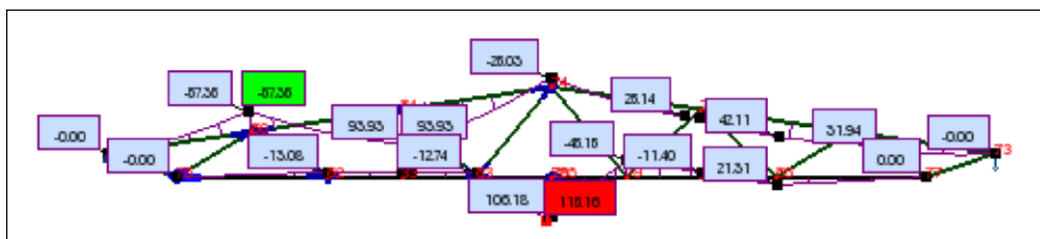
4P.2 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be trečio spyrio, kur viršutinė juosta 300x150x6, apatinė 180x6,3 ir spyriai 90x5.



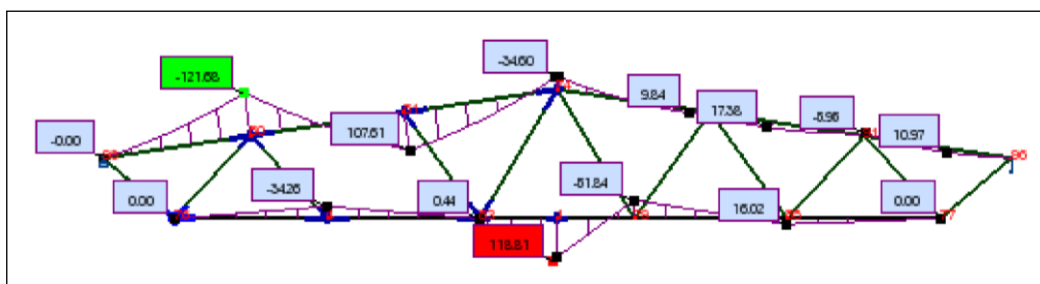
4P.3 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 1,8m aukščio be ketvirto spyrio, kur viršutinė juosta 300x8, apatinė 200x8 ir spyriai 90x5.



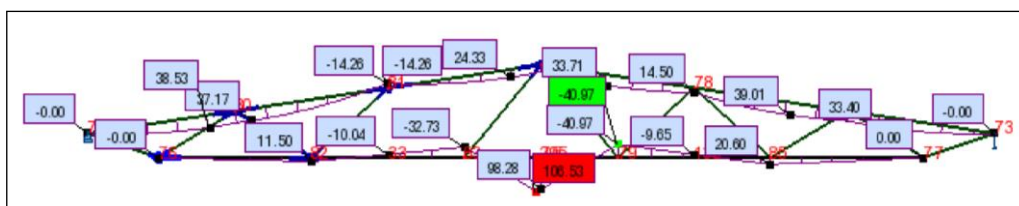
4P.4 pav. Ašinių jėgų diagrama. Santvara 2,5m aukščio be ketvirto spyrio, kur viršutinė juosta 250x150x6, apatinė 250x150x5 ir spyriai 90x5.



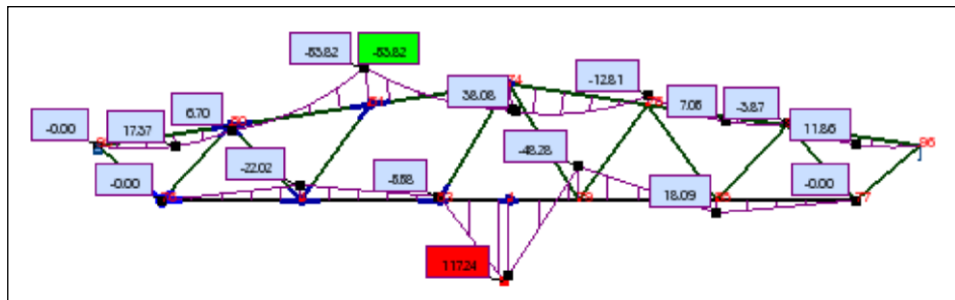
4P.5 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be trečio spyrio.



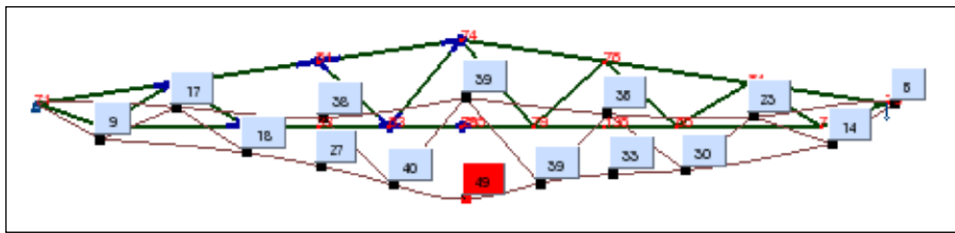
4P.6 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be trečio spyrio.



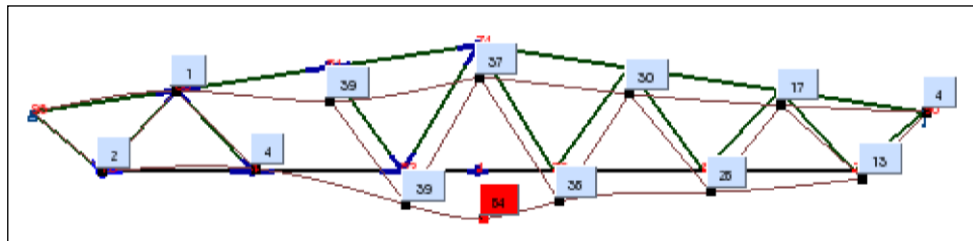
4P.7 pav. Momentų diagrama. Santvara 1,8m aukščio, be ketvirto spyrio.



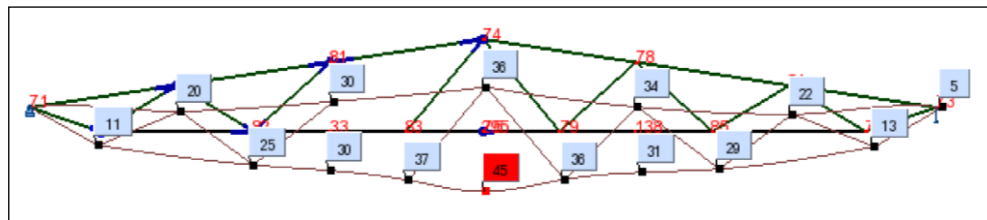
4P.8 pav. Momentų diagrama. Santvara 2,5m aukščio, be ketvirto spyrio.



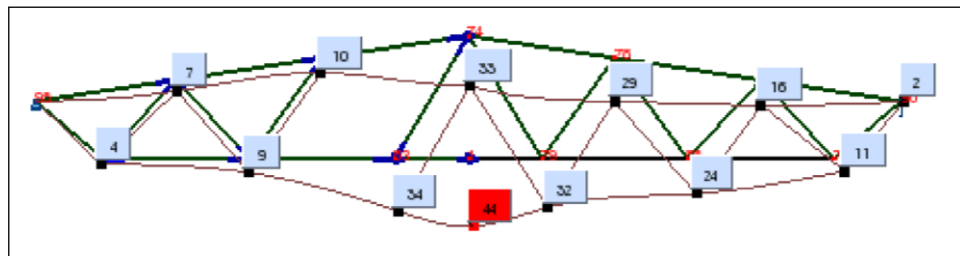
4P.9 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be trečio spyrio.



4P.10 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be trečio spyrio.



4P.11 pav. Poslinkiai. Santvara 1,8m aukščio, be ketvirto spyrio.



4P.11 pav. Poslinkiai. Santvara 2,5m aukščio, be ketvirto spyrio.

4 PRIEDAS. Lyginamųjų variantų lokalinės sąmatos, resursų žiniaraščiai

1 variantas

LOKALINĖ SĄMATA						
Sudaryta pagal 2016.10 kainas						
2016.12.08				Suma žiniaraščiui	40737.07 EUR	
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	Bendrastatybiniai darbai					
1 N9P-0101		t		7,27558		
	Metalinų kolonų montavimas , kai kolonų masė daugiau 0,5 t iki 1,0t k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.6	žm.val.	16,0	116,40928	5,84	679,83
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,75	5,45669	1,94	10,59
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	2,0	14,55116	1,93	28,08
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	7,27558	1455,82	10591,93
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0,6	4,36535	1,46	6,37
534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,004	0,029102	192,51	5,6
380004	Suvirinimo transformatorius	maš.val	1,1	8,00314	2,87	22,97
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.val	1,6	11,64093	27,73	322,8
N9P-0101 Darbo užm. 679.83		Medžiagos 10642.57		Mechanizmai 345.77		Iš viso 11668.17
2 N13-202		m2		255,44		
	Metalinų didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17					
	Darbo sąn. kateg. 4.3	žm.val.	0,18	45,9792	5,7	262,08
230436	Gruntas Pyroprotect	kg	0,2	51,088	6,23	318,28
230437	Dažai Pyroprotect	kg	3,5	894,04	8,26	7384,77
368184	Kompresorius kilnojamas su el. varikliu	maš.val	0,13	33,2072	2,87	95,3
N13-202 Darbo užm. 262.08		Medžiagos 7703.05		Mechanizmai 95.30		Iš viso 8060.43
3 N9P-0102		t		3,46353		
	Metalinų gegnių ir pogeignių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė iki 1,0t k8=1.09					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	24,0	83,12472	5,78	480,46
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	3,8	13,16141	1,94	25,53
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	13,0	45,02589	1,93	86,9
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	3,46353	1455,82	5042,28
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	5,0	17,31765	1,46	25,28
534001	Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)	m3	0,01	0,034635	82,61	2,86
380004	Suvirinimo transformatorius	maš.val	5,0	17,31765	2,87	49,7
489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	1,2	4,15624	23,34	97,01
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.val	1,4	4,84894	27,73	134,46
N9P-0102 Darbo užm. 480.46		Medžiagos 5182.85		Mechanizmai 281.17		Iš viso 5944.48

4 N9P-0103		t		1,10966		
	Metalinų sijų ir ilginių montavimas , kai sijų, ilginių masė daugiau 0,25t iki 0,50t k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	13,0	14,42558	5,78	83,38
✓	120038 Suvirinimo elektrodai	kg	1,5	1,66449	1,94	3,23
✓	120051 Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	6,8	7,54569	1,93	14,56
✓	520003 Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	1,10966	1455,82	1615,47
✓	520349 Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	7,0	7,76762	1,46	11,34
✓	380004 Suvirinimo transformatorius	maš.val	1,9	2,10835	2,87	6,05
✓	489051 Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.val	2,1	2,33029	27,73	64,62
N9P-0103 Darbo užm. 83.38 Medžiagos 1644.60				Mechanizmai 70.67	Iš viso 1798.65	
Iš viso skyriuje 1 Darbo užm. 1506 Medžiagos 25173				Mechanizmai 793	Iš viso 27472	
Viso žiniaraštyje 1 Darbo užm. 1506 Medžiagos 25173				Mechanizmai 793	Iš viso 27472	
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			755		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				24	
	Sezoniniai darbai 15.00% (0)					
	Specifiniai darbai 17.00%		111			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(1506+111)		129			
	Viso:		1746	25928	817	28491
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(1506+111+129)		541			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	2287	25928	817	29032
	Statybvietės išlaidos 9.00%					2613
	Iš viso tiesioginės išlaidos					31645
	Pridėtinės išlaidos 24.00%(1506+111+129)					419
	Pelnas 5.00%(31645+419)					1603
	Iš viso netiesioginės išlaidos					2022
					Bendra vertė be PVM	33667
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					7070,07
					Bendra vertė su PVM	40737,07

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
2017-01-03					
Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
1	METALAS				
✓	120038 Suvirinimo elektrodai	kg	1,94	20,28259	39,35
✓	120051 Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	1,93	67,12274	129,55
✓	520003 Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1455,82	11,84877	17249,68
✓	520349 Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	1,46	29,45062	43,0
	Iš viso				17461,58
4	APDAILOS MEDŽIAGOS				
✓	230436 Gruntas Pyrotect	kg	6,23	51,088	318,28
✓	230437 Dažai Pyrotect	kg	8,26	894,04	7384,77
	Iš viso				7703,05
8	MEDŽIO GAMINIAI				
✓	534001 Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)	m3	82,61	0,03464	2,86
✓	534013 Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	192,51	0,0291	5,6
	Iš viso				8,46
	Iš viso				25173,09

MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS				
Sudaryta pagal 2016.10 kainas				
2017-01-03				
Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
368184	Kompresorius kilnojamas su el. varikliu	2,87	33,2072	95,3
380004	Suvirinimo transformatorius	2,87	27,42914	78,72
489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	23,34	4,15624	97,01
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	27,73	18,82016	521,88
Iš viso				792,91

DARBO UŽMOKESČIO ŽINIARAŠTIS								
Sudaryta pagal 2016.10 kainas								
2017-01-03								
Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Darbo sąnaudos žm./val.	Kategorija	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
1 Bendrastatybiniai darbai								
1	N9P-0101	Metalinų kolonų montavimas , kai kolonų masė daugiau 0,5 t iki 1,0t k8=1.03	t	7,27558	116,41	4,6	5,84	679,83
2	N13-202	Metalinų didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17	m2	255,44	45,98	4,3	5,7	262,08
3	N9P-0102	Metalinų gegnių ir pogežnių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė iki 1,0t k8=1.09	t	3,46353	83,13	4,5	5,78	480,46
4	N9P-0103	Metalinų sijų ir ilginių montavimas , kai sijų, ilginių masė daugiau 0,25t iki 0,50t k8=1.03	t	1,10966	14,43	4,5	5,78	83,38
Iš viso skyriuje 1					259,94			1506,0
Iš viso žiniaraštyje 1					259,94			1506,0

2 variantas

LOKALINĖ ŠAMATA						
Sudaryta pagal 2016.10 kainas						
2016.12.08						
					Suma žiniaraščiu	46288.55 EUR
Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1 Bendrastatybiniai darbai						
1	N9P-0101	t		4,51256		
	Metalinų kolonų montavimas , kai kolonų masė daugiau 0,25t iki 0,50t k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.6	žm.val.	24,0	108,30144	5,84	632,48
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,9	4,0613	1,94	7,88
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	3,0	13,53768	1,93	26,13
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	4,51256	1455,82	6569,48
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0,6	2,70754	1,46	3,95
534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,005	0,022563	192,51	4,34
380004	Suvirinimo transformatorius	maš.val	1,4	6,31758	2,87	18,13
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.val	2,6	11,73266	27,73	325,35
N9P-0101	Darbo užm. 632.48 Medžiagos 6611.78			Mechanizmai 343.48		Iš viso 7587.74

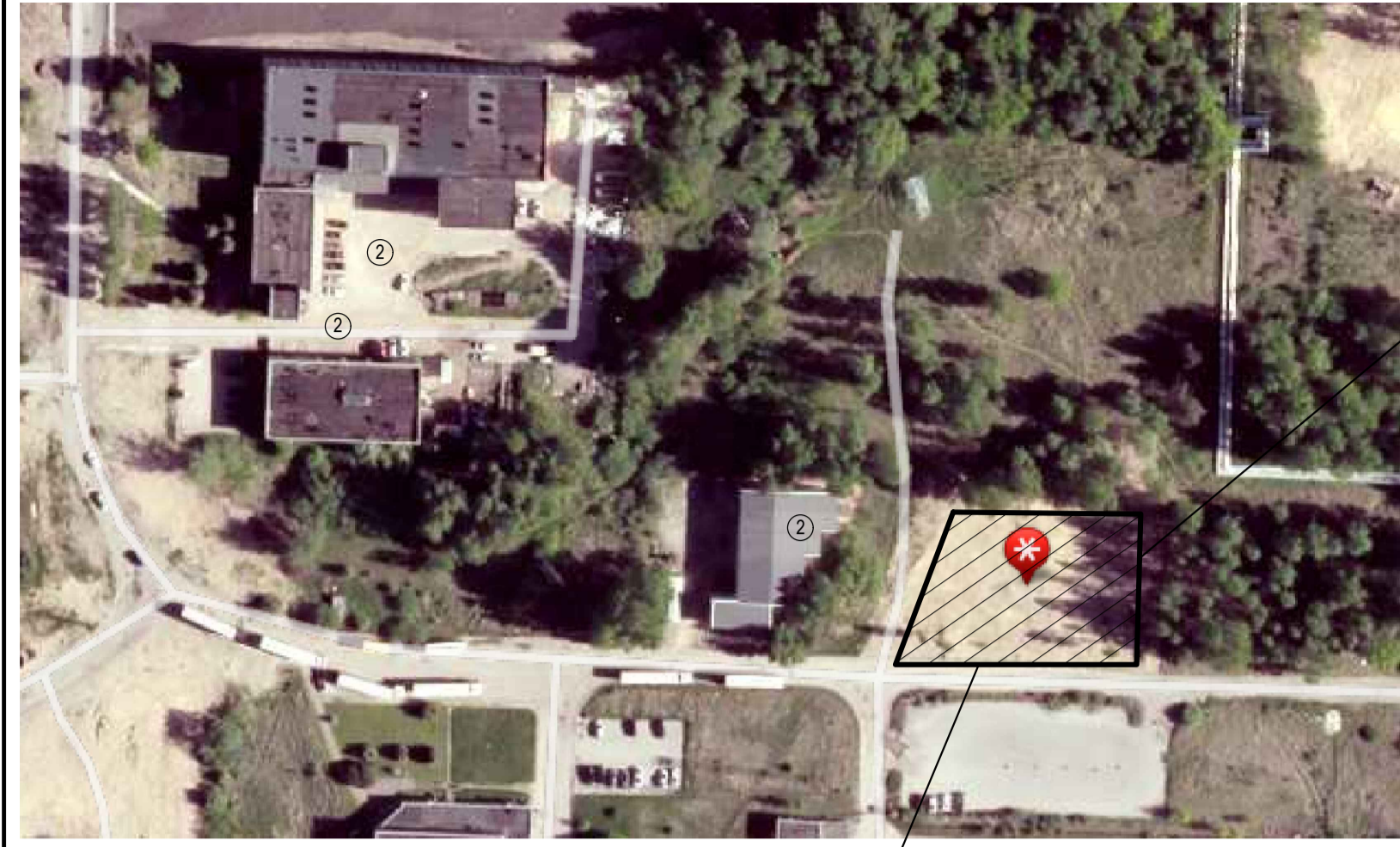
2 N9P-0102		t		9,05184		
	Metalinų gegnių ir pogeignių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė daugiau 1,0t k8=1.09					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	16,7	151,16573	5,78	873,74
✓	120038 Suvirinimo elektrodai	kg	2,8	25,34515	1,94	49,17
✓	120051 Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	9,0	81,46656	1,93	157,23
✓	520003 Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	9,05184	1455,82	13177,85
✓	520349 Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	4,0	36,20736	1,46	52,86
✓	534001 Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)	m3	0,01	0,090518	82,61	7,48
✓	380004 Suvirinimo transformatorius	maš.val	3,7	33,49181	2,87	96,12
✓	489034 Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	0,8	7,24147	23,34	169,02
✓	489051 Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam.galios	maš.val	0,9	8,14666	27,73	225,91
N9P-0102 Darbo užm. 873.74 Medžiagos 13444.59				Mechanizmai 491.05		Iš viso 14809.38
3 N13-202		m2		276,918		
	Metalinų didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17					
	Darbo sąn. kateg. 4.3	žm.val.	0,18	49,84524	5,7	284,12
✓	230436 Gruntas Pyroprotect	kg	0,2	55,3836	6,23	345,04
✓	230437 Dažai Pyroprotect	kg	3,5	969,213	8,26	8005,7
✓	368184 Kompresorius kilnojamas su el. varikliu	maš.val	0,13	35,99934	2,87	103,32
N13-202 Darbo užm. 284.12 Medžiagos 8350.74				Mechanizmai 103.32		Iš viso 8738.18
Iš viso skyriuje 1 Darbo užm. 1790 Medžiagos 28407				Mechanizmai 938		Iš viso 31135
Viso žiniaraštyje 2 Darbo užm. 1790 Medžiagos 28407				Mechanizmai 938		Iš viso 31135
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			852		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				28	
	Sezoniniai darbai 15.00% (0)					
	Specifiniai darbai 17.00%		146			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(1790+146)		155			
	Viso:		2091	29259	966	32316
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(1790+146+155)		648			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	2739	29259	966	32964
	Statybvietsės išlaidos 9.00%					2967
	Iš viso tiesioginės išlaidos					35931
	Pridėtinės išlaidos 24.00%(1790+146+155)					502
	Pelnas 5.00%(35931+502)					1822
	Iš viso netiesioginės išlaidos					2324
				Bendra vertė be PVM		38255
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					8033,55
				Bendra vertė su PVM		46288,55

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS					
Sudaryta pagal 2016.10 kainas					
2017-01-03					
Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
1 METALAS					
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,94	29,40646	57,05
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	1,93	95,00424	183,36
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1455,82	13,5644	19747,32
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	1,46	38,9149	56,82
Iš viso					20044,55
4 APDAILOS MEDŽIAGOS					
230436	Gruntas Pyrotect	kg	6,23	55,3836	345,04
230437	Dažai Pyrotect	kg	8,26	969,213	8005,7
Iš viso					8350,74
8 MEDŽIO GAMINIAI					
534001	Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)	m3	82,61	0,09052	7,48
534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	192,51	0,02256	4,34
Iš viso					11,82
Iš viso					28407,11

MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS				
Sudaryta pagal 2016.10 kainas				
2017-01-03				
Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
368184	Kompresorius kilnojamas su el. varikliu	2,87	35,99934	103,32
380004	Suvirinimo transformatorius	2,87	39,80939	114,25
489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	23,34	7,24147	169,02
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	27,73	19,87931	551,25
Iš viso				937,84

DARBO UŽMOKESČIO ŽINIARAŠTIS								
Sudaryta pagal 2016.10 kainas								
2017-01-03								
Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbo ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Darbo sąnaudos žm./val.	Kategorija	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
1 Bendrastatybiam darbai								
1	N9P-0101	Metaliųjų kolonų montavimas , kai kolonų masė daugiau 0,25t iki 0,50t k8=1.03	t	4,51256	108,3	4,6	5,84	632,48
2	N9P-0102	Metaliųjų gegnių ir pogežnių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė daugiau 1,0t k8=1.09	t	9,05184	151,17	4,5	5,78	873,74
3	N13-202	Metaliųjų didelių (išsisiūnių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17	m2	276,918	49,85	4,3	5,7	284,12
Iš viso skyriuje 1					309,31			1790,0
Iš viso žiniaraštyje 2					309,31			1790,0

SITUACIJOS SCHEMA



Situacijos plano sutartiniai žymėjimai

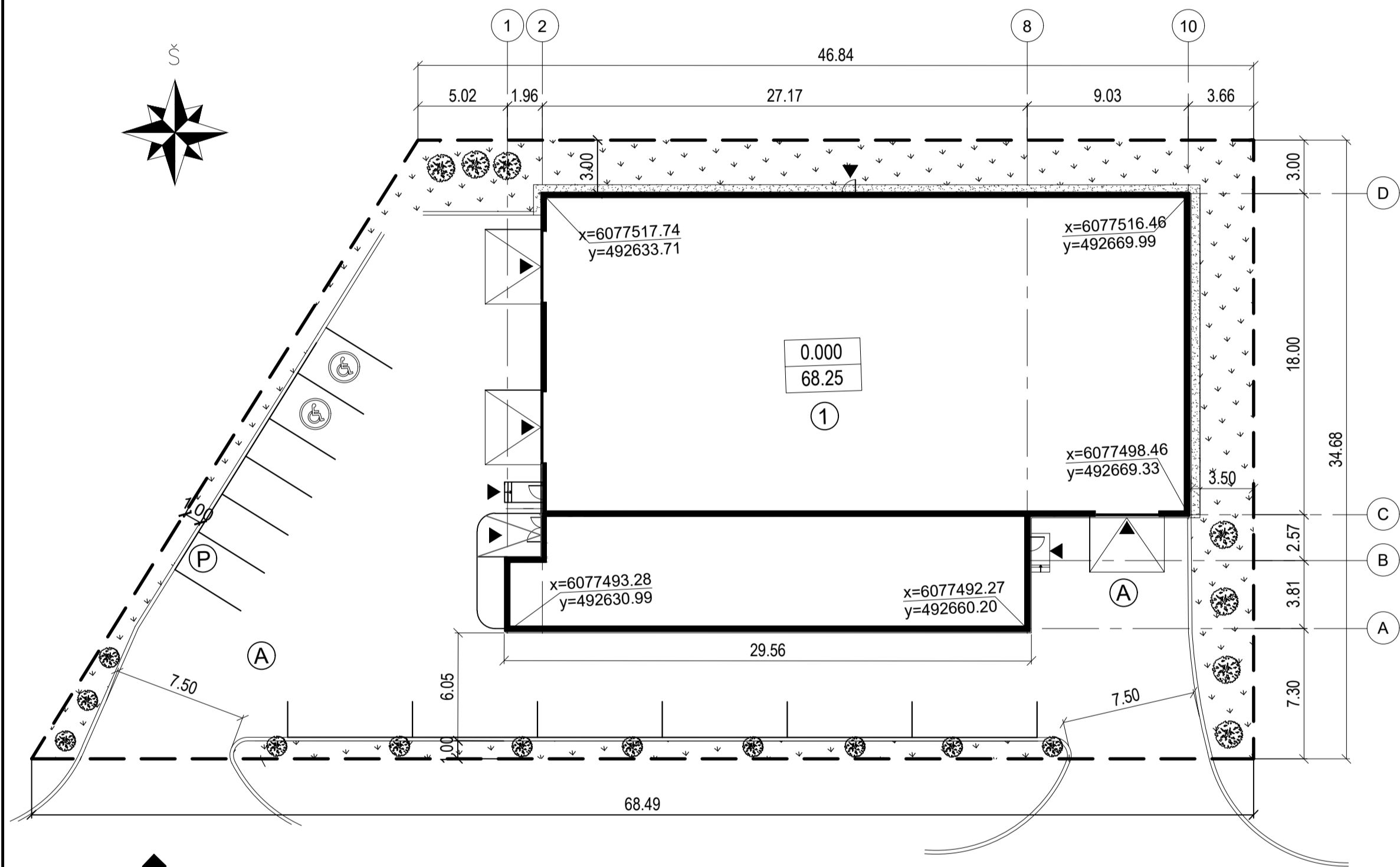
- Projektuojamas pastatas
- Esami pastatai
- Numatomos
- 12 automobilių pastatymo vietos (tame sk. 2 parkavimo vietos su negalia)

Fasadų sutartiniai žymėjimai

- daugiasluoksnės "Sandwich" tipo plokštės montuojamos horizontaliai, spalva RAL 9006 (pilka)
- daugiasluoksnės "Sandwich" tipo plokštės montuojamos horizontaliai, spalva RAL 7016 (tamsiai pilka)
- tinkuojamas ir dažomas cokolis, spalva RAL 7016 (tamsiai pilka)

Objekto vieta

SKLYPO PLANAS. MASTELIS 1:250



BENDRIEJI RODIKLIAI

PAVADINIMAS	MATO. VNT	RODIKLIS
Sklypo plotas	m ²	2000
Statiniai užimtas sklypo plotas (be dangų)	m ²	850,82
Sklypo užstatymo tankumas (be dangų)	%	43
Sklypo užstatymo intensyvumas	%	47
Automobilių stovėjimo vietos	vnt.	12
Projektuojama aikštelė	m ²	736,73
Projektuojama ratų plovimo aikštelė	m ²	30
Projektuojami įvažiavimai/išvažiavimai	m ²	123,26
Projektuojama trinkelė danga	m ²	14,15
Projektuojama veja	m ²	318,71
	%	16
Pastato rodikliai		
Pastato aukštų skaičius	vnt.	2
Pastato užimtas sklypo plotas	m ²	850,82
Pastato bendras plotas	m ²	857,71
Pastato statybinis tūris	m ³	6963
Pastato aukštis	m	9,30

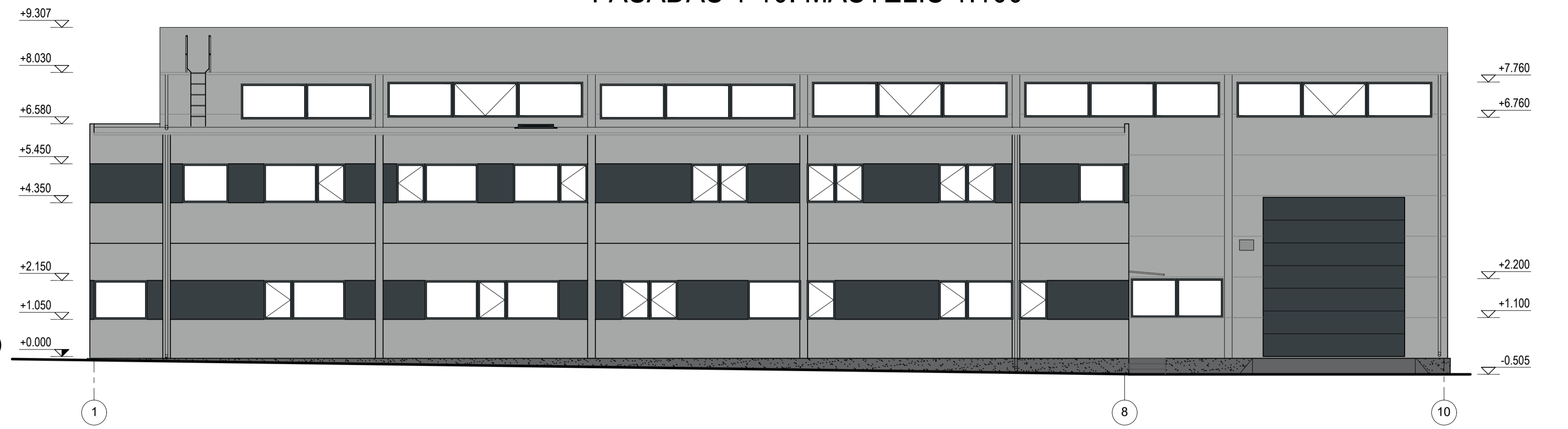
SKLYPO PLANO SUTARTINIAI ŽYMĖJIMAI

- Sklypo ribos
- Asfaltbetonio danga
- Žali plotai
- Automobilių pastatymo vieta
- Pagrindinis įvažiavimas
- Įėjimai
- Projektuojamas pastatas
- Krūmai

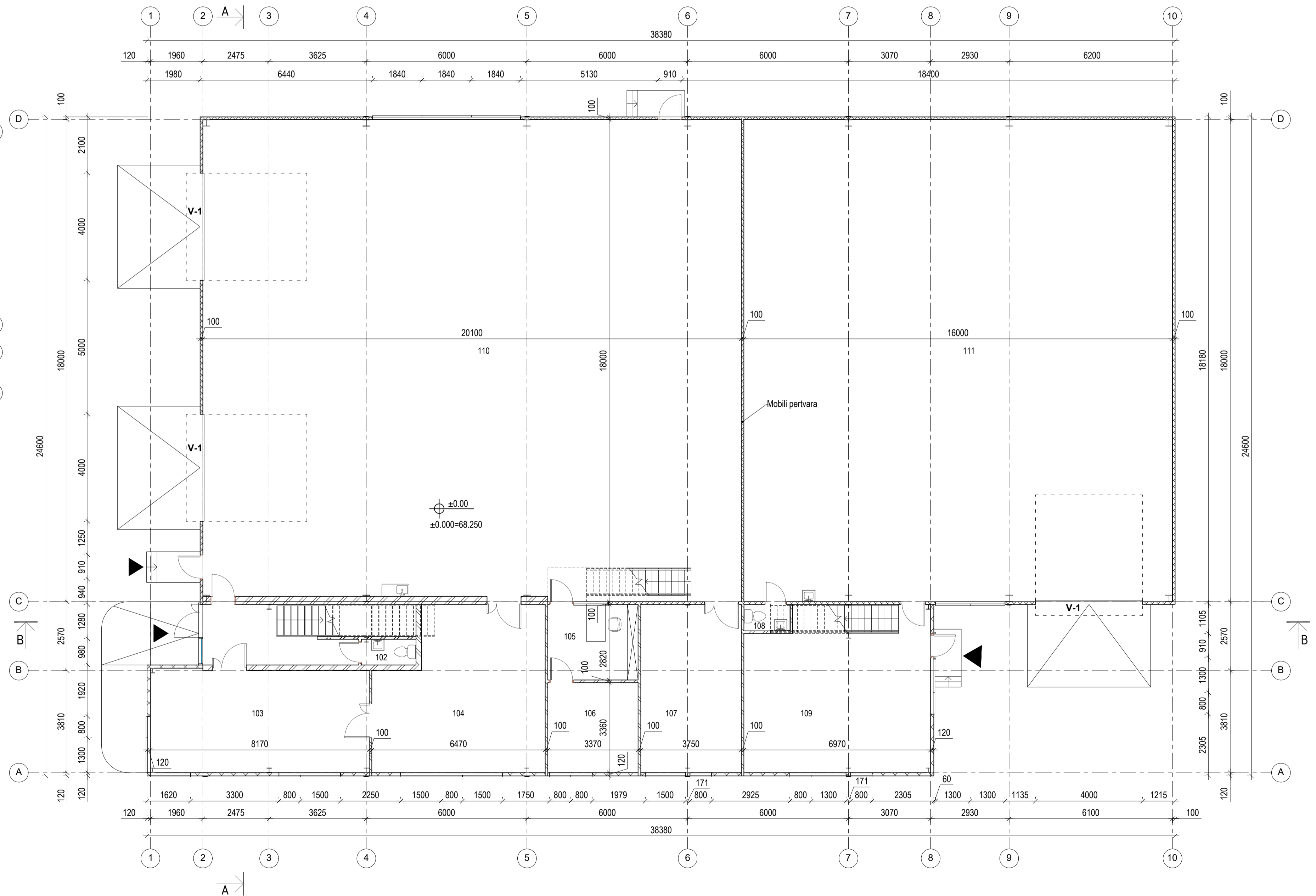
PATALPŲ EKSPLIKACIJA

Nr.	Patalpos pavadinimas	Plotas, m ²
101	Laiptinė	9.57
102	San. mazgas	2.10
103	Sandėlis	31.36
104	Sandėlis	36.08
105	Meistro kabinetas	9.50
106	Katilinė	11.32
107	Remonto patalpa	23.55
108	San. mazgas	1.69
109	Techninė patalpa	41.80
110	Dirbtuvės	359.23
111	Dirbtuvės	288.00
Viso:		814.2

FASADAS 1-10. MASTELIS 1:100



PIRMO AUKŠTO PLANAS. MASTELIS 1:100

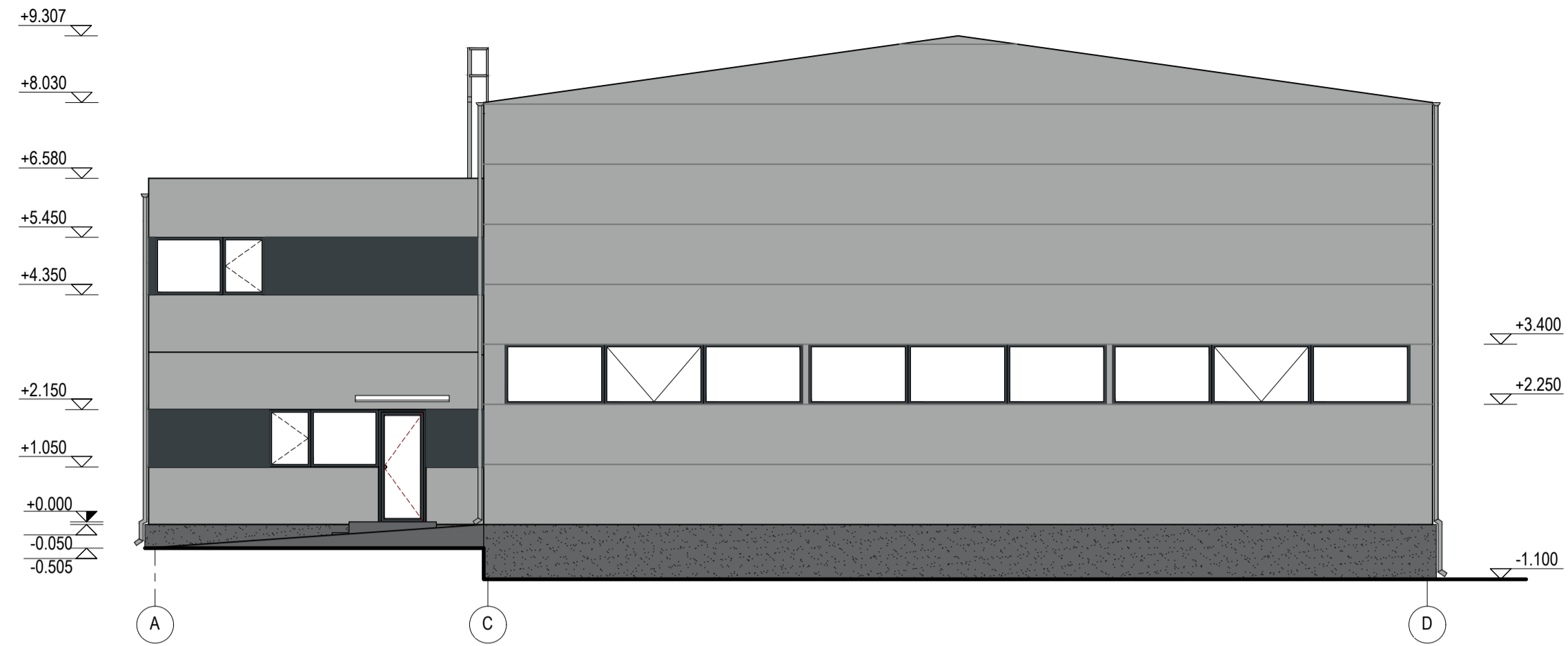


Pirmo aukšto plano sutartiniai žymėjimai

- V-1 - Vartai
- ▼ - įėjimas į administracinį bloką
- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, 100mm
- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, 120mm
- keramzito blokeliai
- gipso kartono pertvara

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas V. Porutytė 2017-01-16	Gamybinės - administracinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas
	Vadovas M. Augonis 2017-01-16	
sa.	Konsult. G. Šukailytė 2017-01-16	
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Situacijos planas; Sklypo planas; Fasadas 1-10; Pirmo aukšto planas
MBD		2017-MBD-SK
		Lapas Lapų
		1 7

FASADAS A-D. MASTELIS 1:100



FASADAS D-A. MASTELIS 1:100



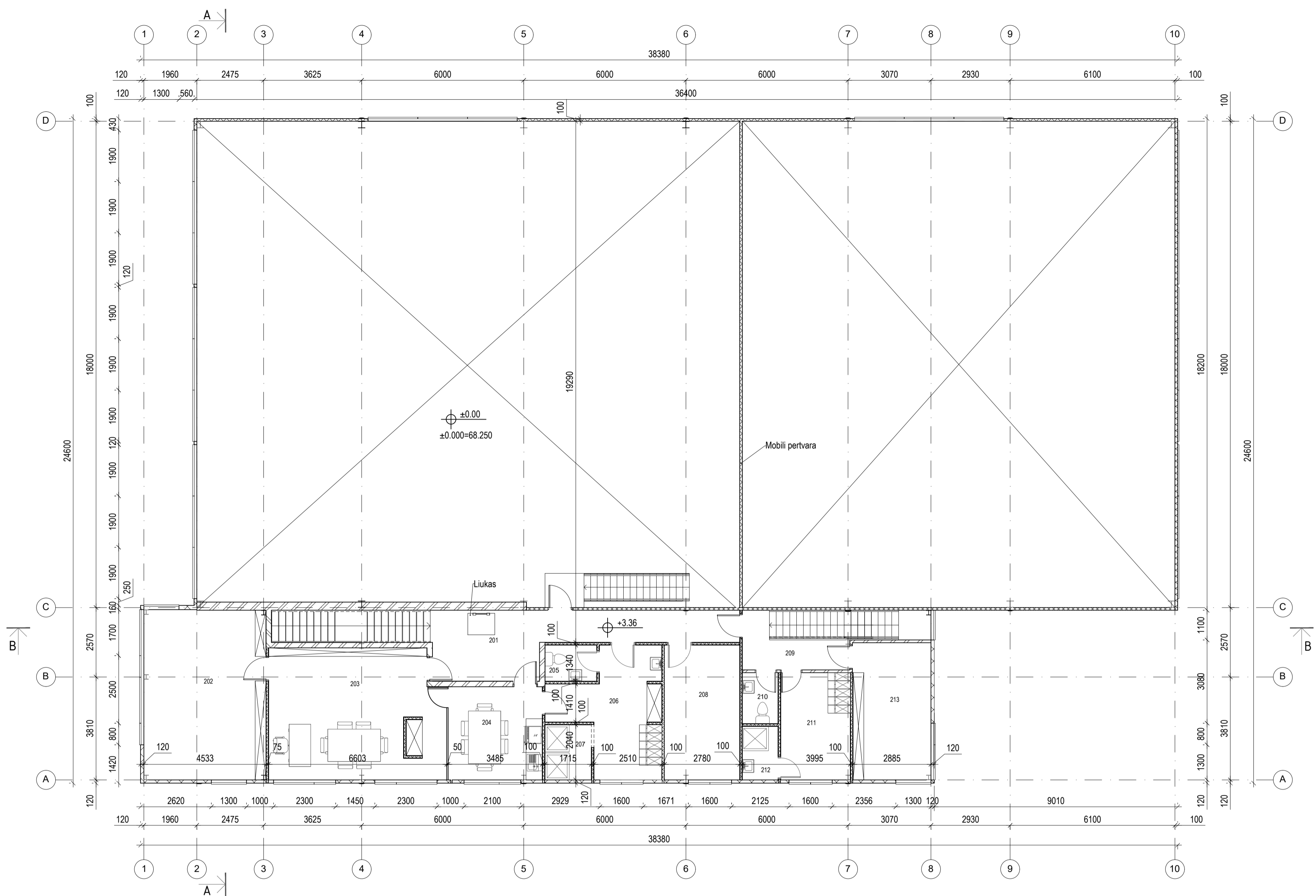
Fasadų sutartiniai žymėjimai

- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 9006
- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 7016
- tinkuojamas ir dažomas cokolis, spalva RAL 7016

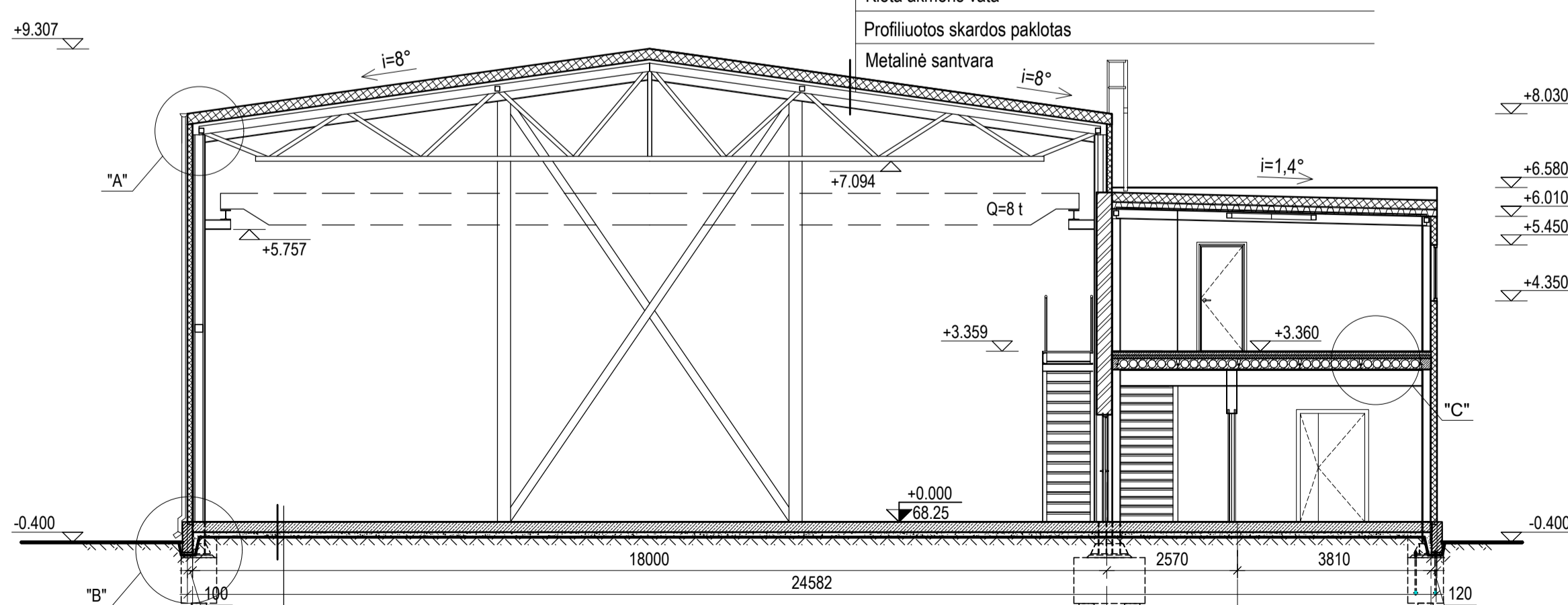
Antro aukšto plano sutartiniai žymėjimai

- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, 100mm
- daugiasluoksnė "Sandwich" tipo plokštė, 120mm
- keramzito blokeliai
- gipso kartono pertvara

ANTRO AUKŠTO PLANAS. MASTELIS 1:100



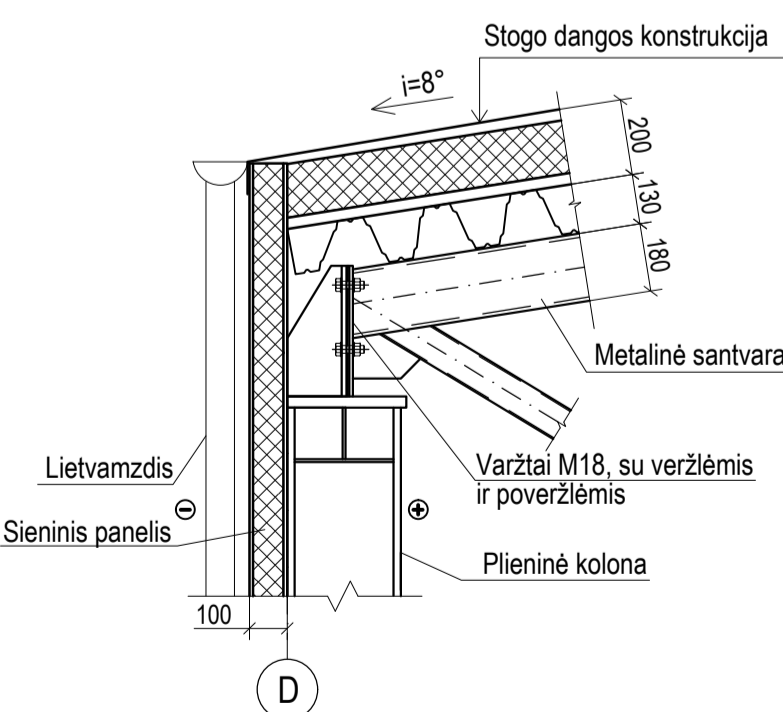
PJŪVIS A-A. MASTELIS 1:100



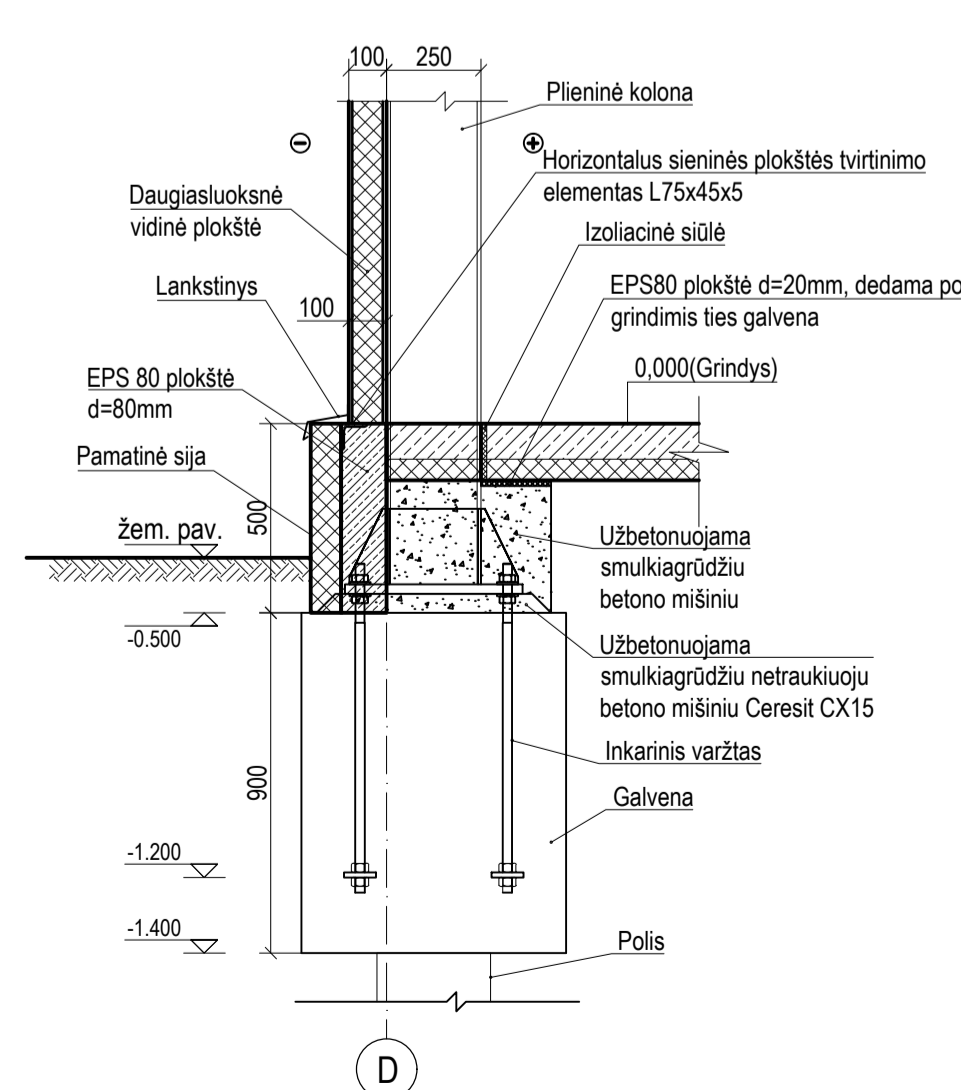
- Ritinė bituminė modifikuota danga viršutinis hidroizoliacinis sluoksnis
- Ritinė bituminė modifikuota danga apatinis ventiliacinis sluoksnis
- Akmens vata
- Termoizoliacija polistireninis putplastis
- Garų izoliacija-polietileno plevėlė
- Garų izoliacijos persidengimas sukijuojamas spec.juosta
- Kieta akmens vata
- Profiluotos skardos paklotas
- Metalinė santvara

- Viršutinis impregnuojantis sluoksnis
- Viršutinis sustiprintas dangos sluoksnis
- Armuotas betono sluoksnis, C25/30
- Dvisluoksnė polietileno plevėlė
- Termoizoliacija polistireninis putplastis
- Paruošiamasis ir išlyginamieji sluoksniai

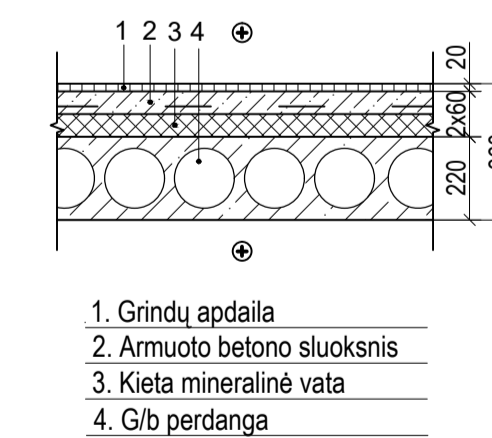
DETALĖ "A". MASTELIS 1:20



DETALĖ "B". MASTELIS 1:20



DETALĖ "C". MASTELIS 1:20

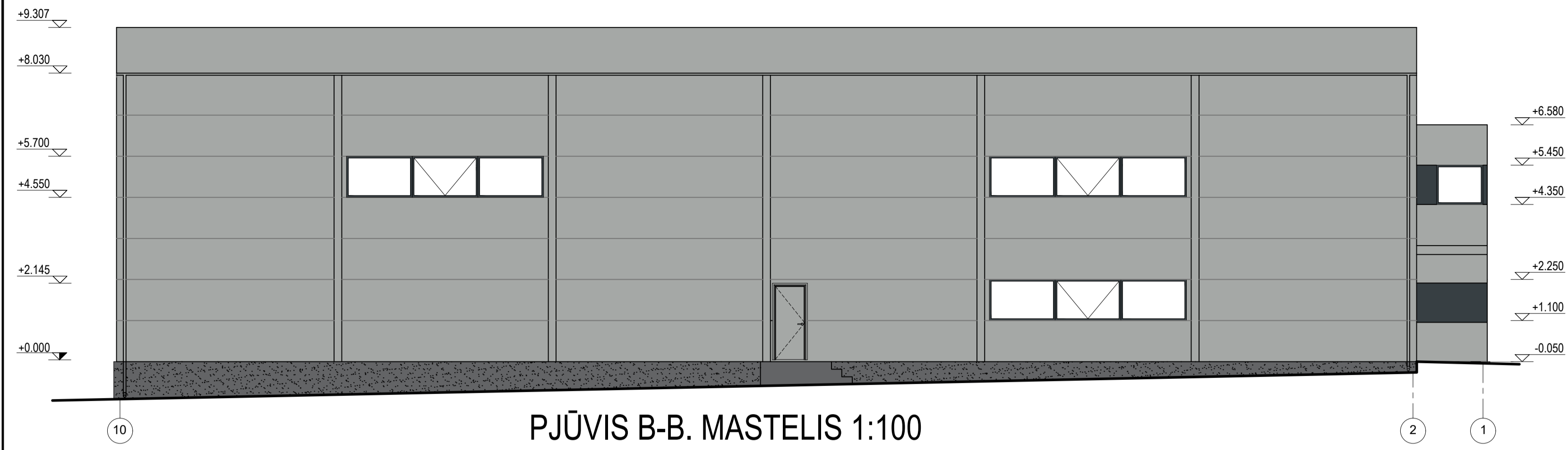


1. Grindų apdaila
2. Armuotas betono sluoksnis
3. Kietą mineralinė vata
4. G/b perdanga

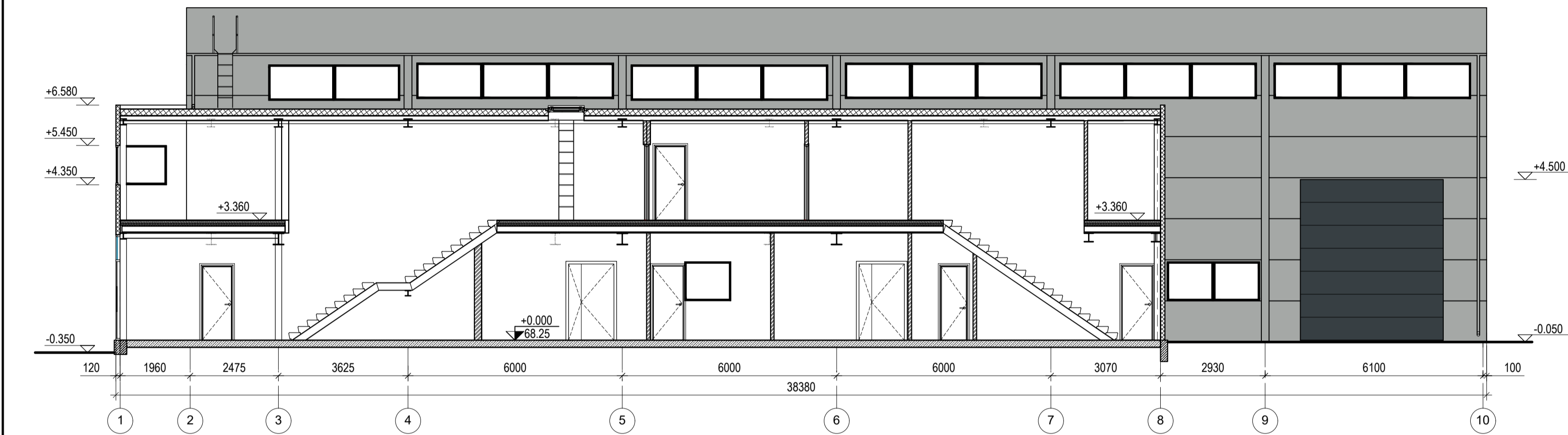
Patalpų eksplicacija		
Nr.	Patalpos pavadinimas	Plotas, m ²
201	Laiptinė	17.52
202	Koridorius	5.15
203	San. mazgas	2.57
204	Persirengimo patalpa	14.69
205	Dušas	3.50
206	Virtuvė	11.51
207	Kabinetas	31.42
208	Kabinetas	28.42
209	Kabinetas	17.52
210	Laiptinė	9.71
211	San. mazgas	2.48
212	Dušas	2.59
213	Persirengimo patalpa	10.23
214	Kabinetas	17.13
Viso:		174.44

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas V. Porutytė 2017-01-16	Gamybinės - administracinės paskirties pastato statybinį konstrukcijų dalies projektas
	Vadovas M. Augonis 2017-01-16	
sa.	Konsult. G. Šukaitytė 2017-01-16	
Pr.etapas	Statybinį konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Antro aukšto planas; Pjūvis A-A; Fasadas D-A; Mazgai "A", "B", "C".
MBD		2017-MBD-SK
		Lapas Lapų
		2 7

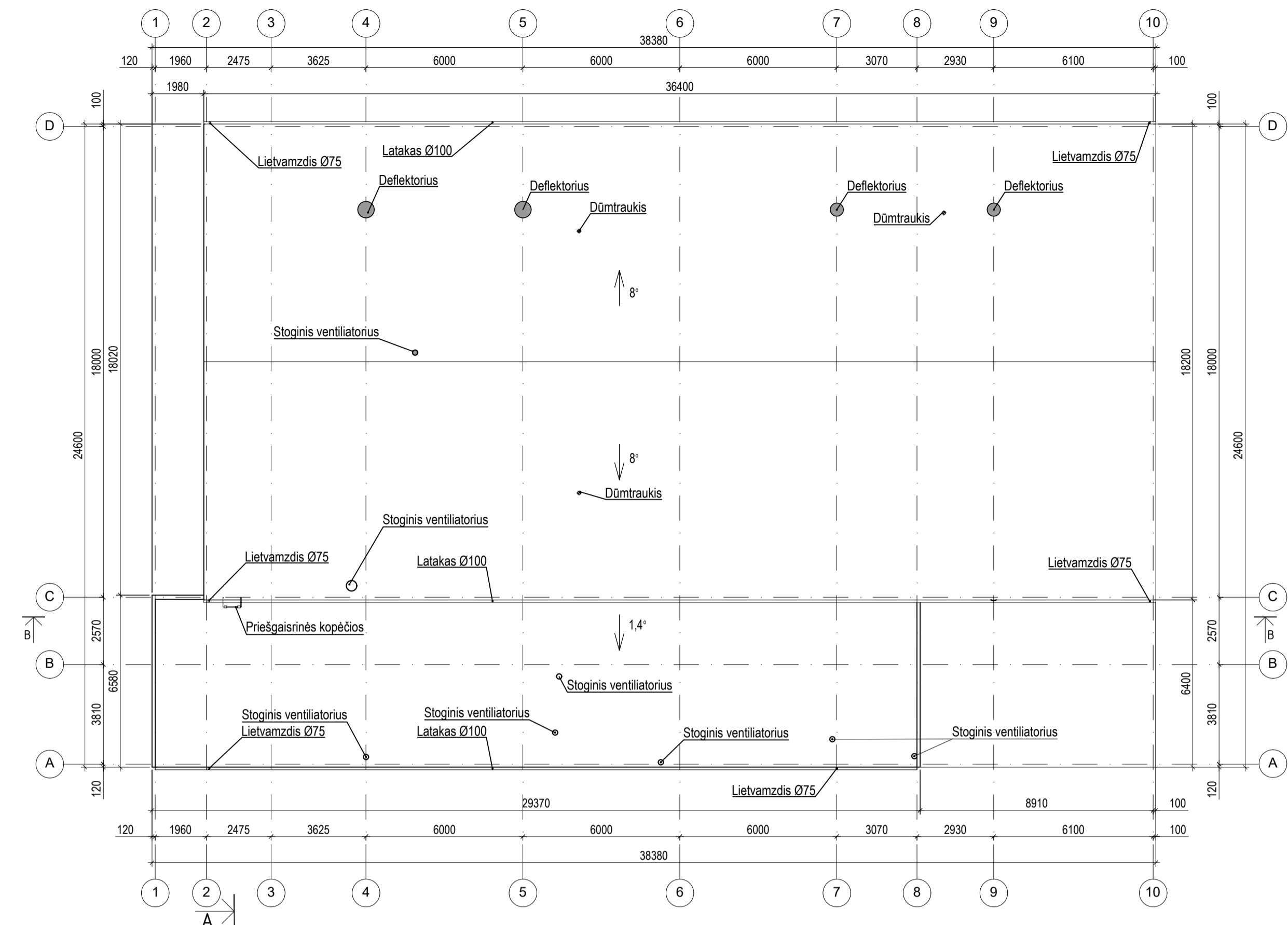
FASADAS 10-1. MASTELIS 1:100



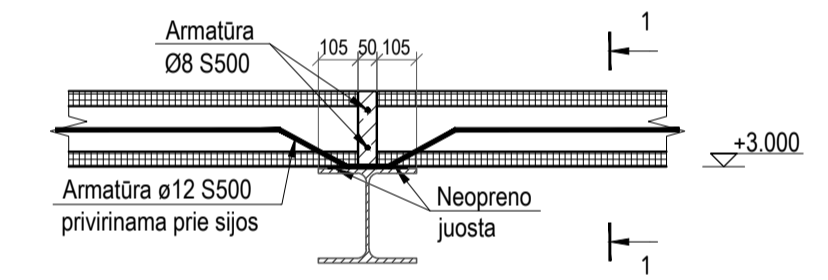
PJŪVIS B-B. MASTELIS 1:100



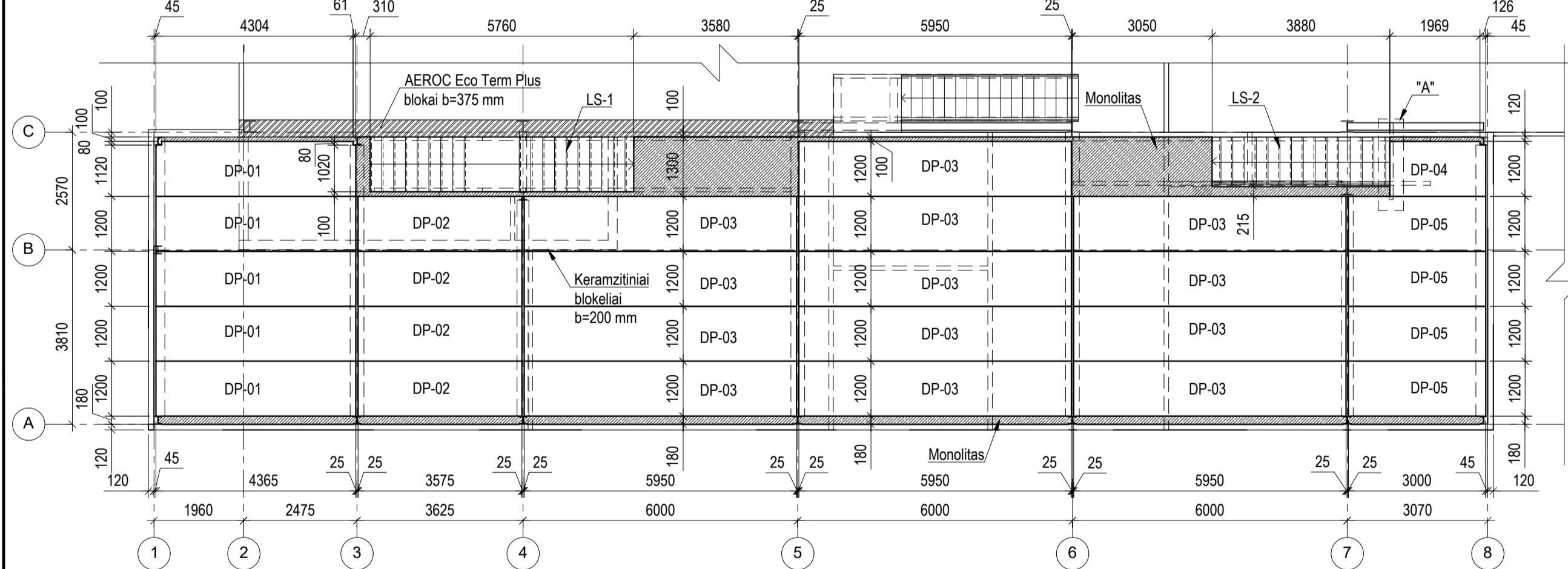
STOGO PLANAS. MASTELIS 1:150



PLOKŠČIŲ TARPINIS ATRĒMIMAS. MASTELIS 1:20



ANTRO AUKŠTO TARP AŠIŲ "A" IR "C" IR "1" IR "8" DENGINIO PLOKŠČIŲ PLANAS. MASTELIS 1:100



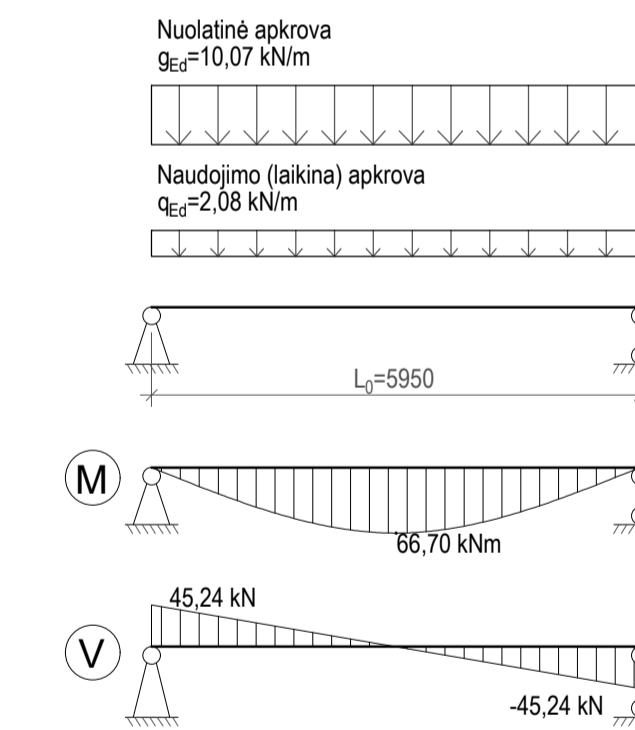
Fasadų sutartiniai žymėjimai

- daugiasluoksnės "Sandwich" tipo plokštės, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 9006
- daugiasluoksnės "Sandwich" tipo plokštės, montuojamos horizontaliai, spalva RAL 7016
- tinkuojamas ir dažomas cokolis, spalva RAL 7016

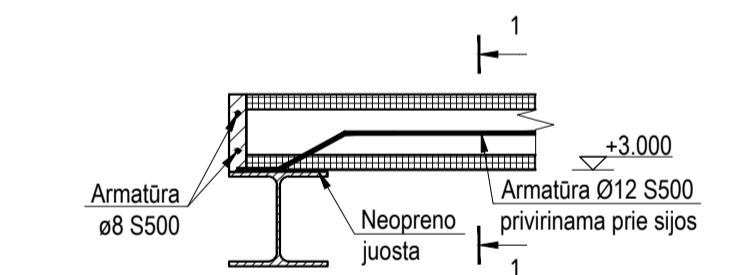
Plokščių specifikacija

Poz.	Pavadinimas	Kiekis vnt
PERDENGINIO PLOKŠTĖS		
DP-01	PLOKŠTĖS L=4365, B=1200, H=220	5
DP-02	PLOKŠTĖS L=3575, B=1200, H=220	4
DP-03	PLOKŠTĖS L=5950, B=1200, H=220	13
DP-04	PLOKŠTĖS L=2095, B=1200, H=220	1
DP-05	PLOKŠTĖS L=3000, B=1200, H=220	4
LAIPTŲ PAKOPOS		
LS-1	LAIPTŲ PAKOPOS L=1200, B=280, H=171	19
LS-2	LAIPTŲ PAKOPOS L=1050, B=280, H=171	19

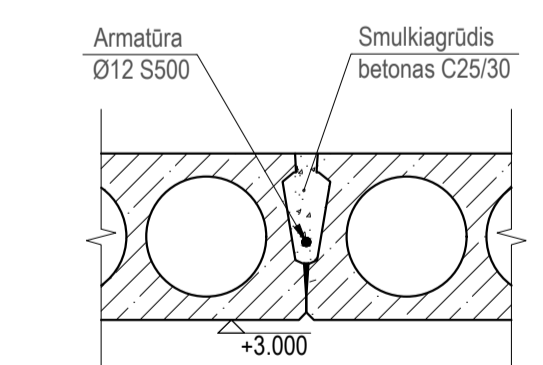
GELŽBETONINĖS PERDANGOS PLOKŠTĖS SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA



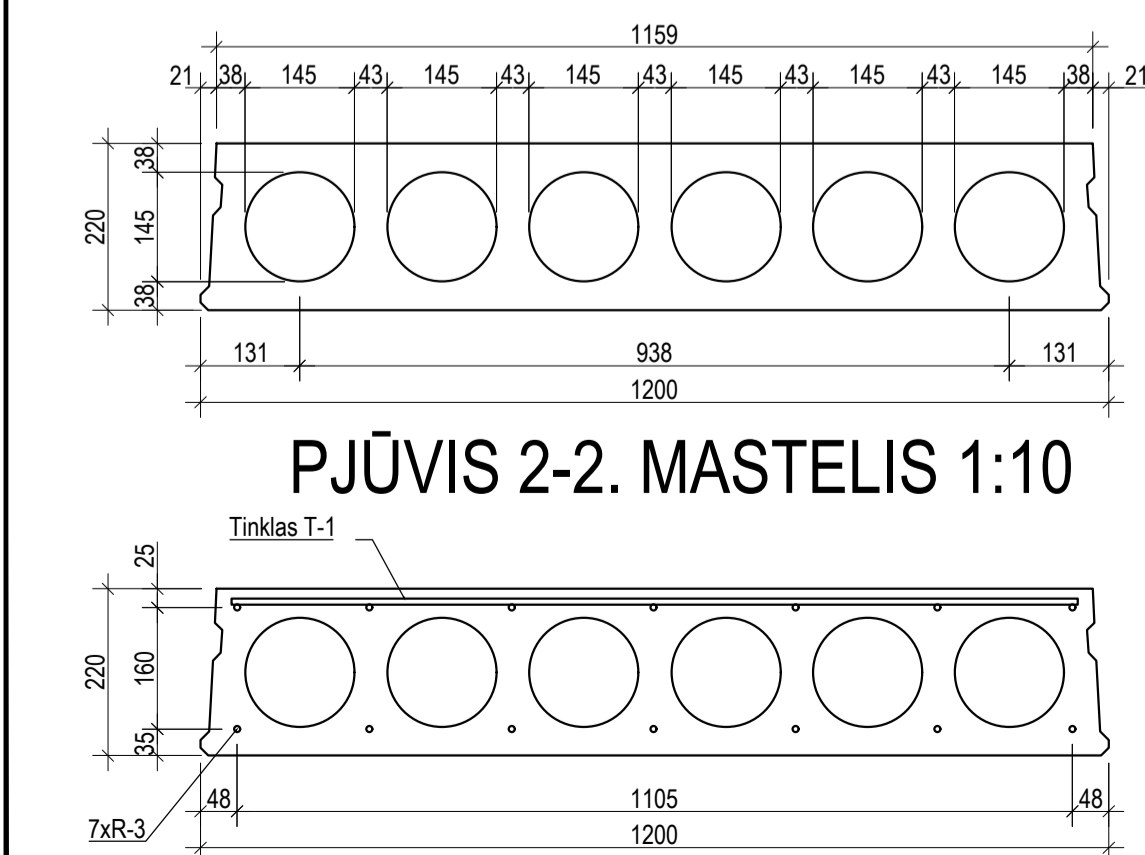
PLOKŠČIŲ ŠONINIS ATRĒMIMAS. MASTELIS 1:20



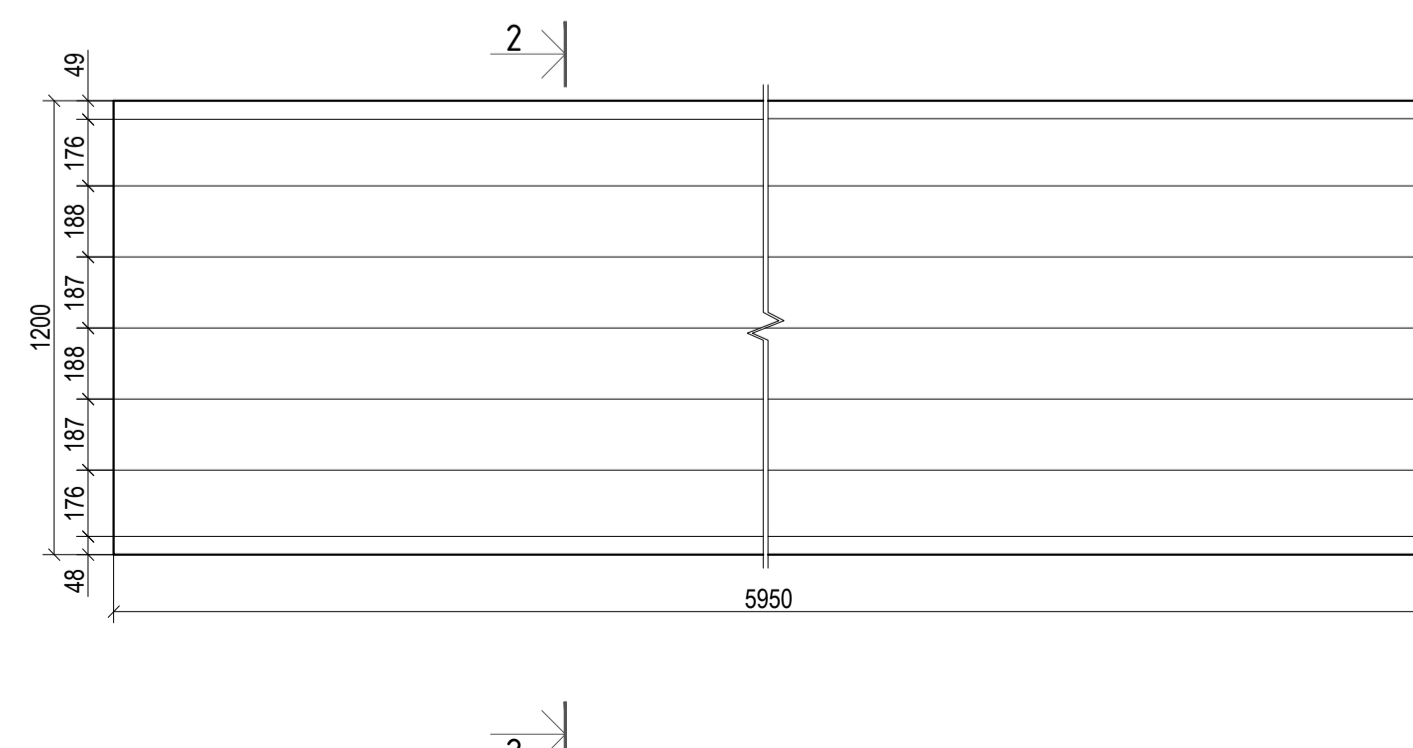
PJŪVIS 1-1. MASTELIS 1:10



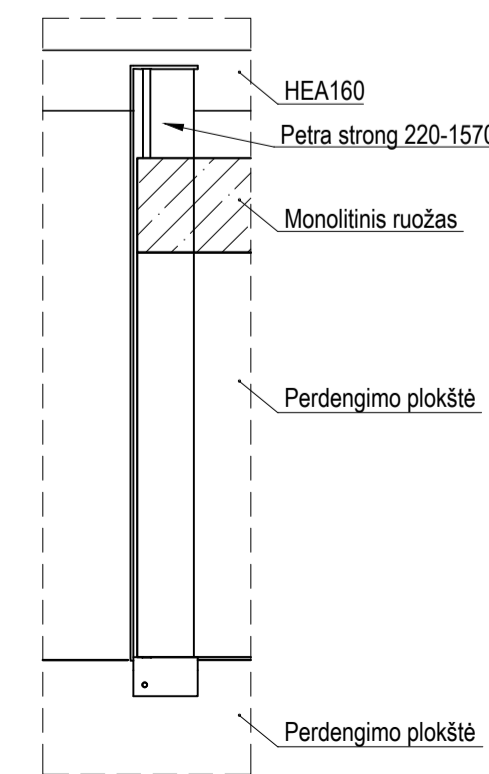
GELŽBETONINĖS PERDANGOS PLOKŠTĖS SKERSPJŪVIS. MASTELIS 1:10



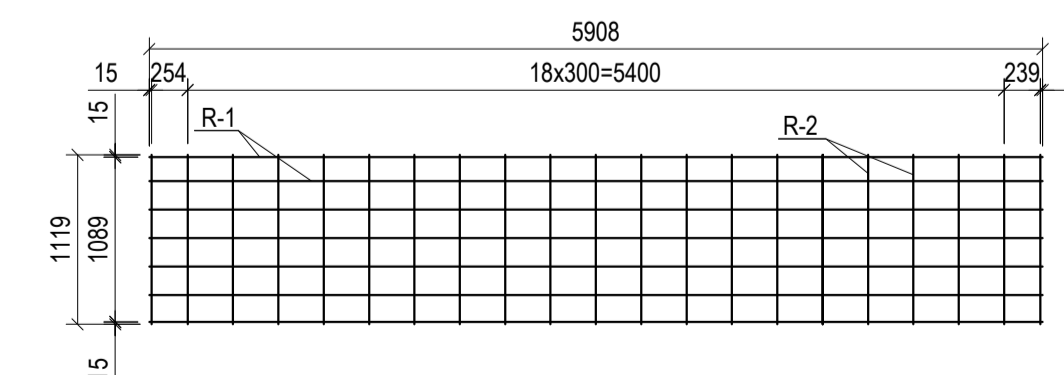
DP-03. MASTELIS 1:20



FRAGMENTAS "A". MASTELIS 1:20



TINKLAS T-1. MASTELIS 1:50



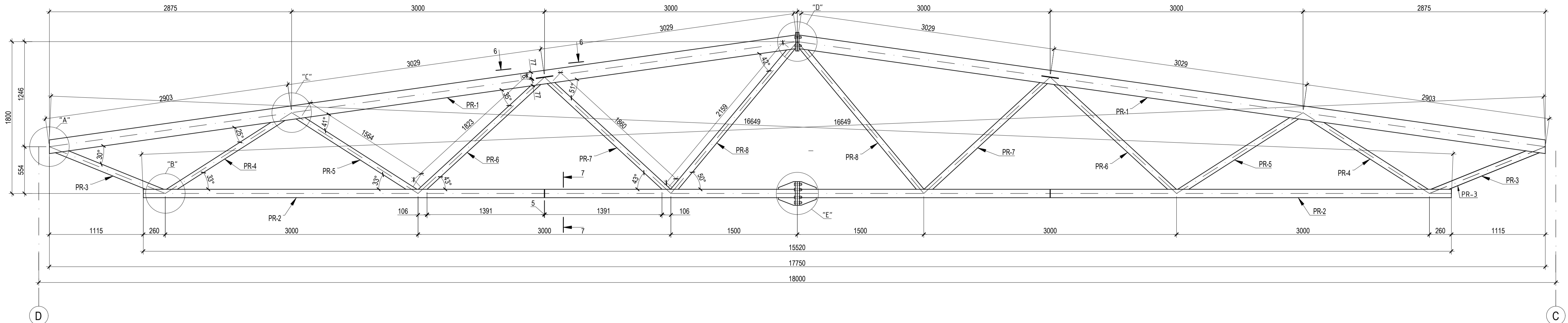
PASTABOS:

- Surenkamų perdangos plokščių virš pirmo aukšto apačios altitudė + 3,000.
- Surenkamos perdangos plokštės inkaruojamos tarpusavyje.
- Inkaravimui naudojama S500 armatūra.
- Tarpai tarp plokščių užtaisomi C25/30 klasės betonu.
- Perdangos plokštė ugniai atsparumas R60.
- Po perdangos plokštėmis kurios remiamos ant mūro sienų įrengiami monolitiniai žiedai.
- Medžiagų kiekiai, monolitinio žiedo ir plokštės inkaravimui į specifikacija neįtraukti, ir tikslinami statybos aikštelėje.

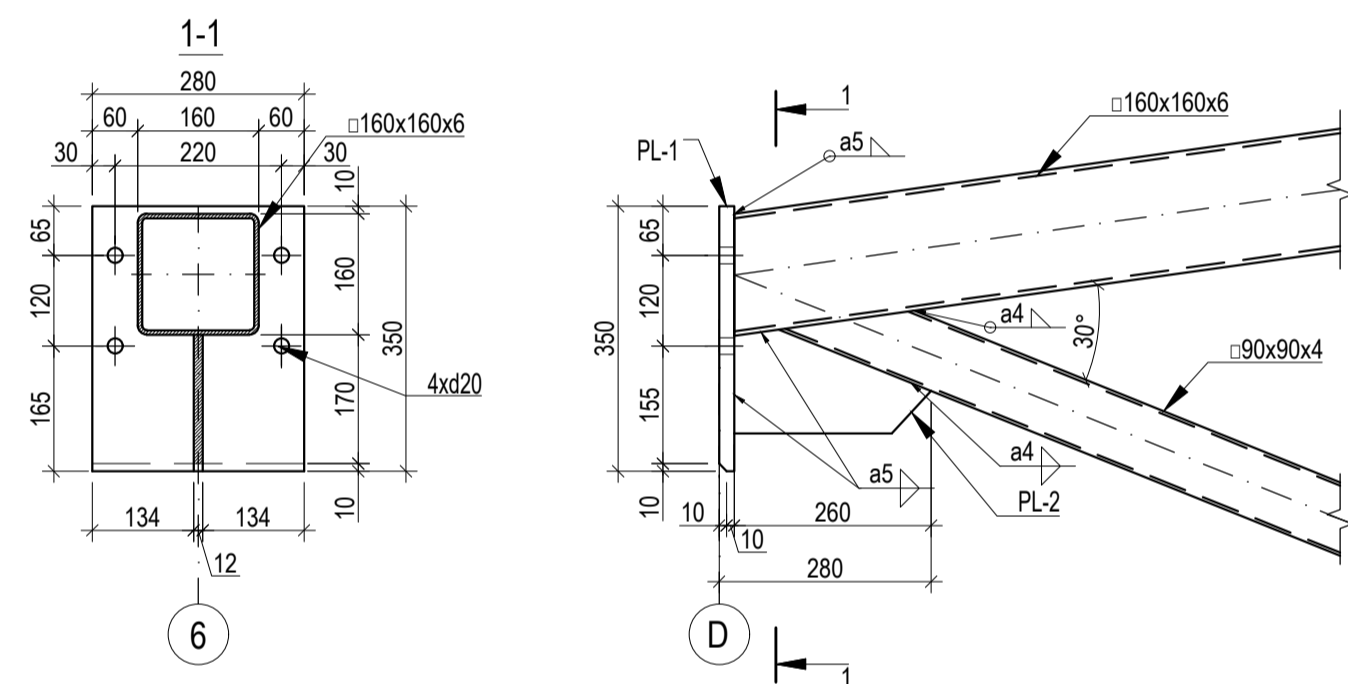
Posicija	Pavadinimas	Žymuo	Mato vnt.	Kiekis
	Armatūros tinklas	T-1		
R-1	Ø6 S400, L=5908	vnt.		7
R-2	Ø6 S400, L=1119	vnt.		21
R-3	Ø5 Y1770C, L=5908	vnt.		7
	Medžiagos			
	C 40/50			

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas V. Porutytė 2017-01-16 Vadovas M. Augonius 2017-01-16	Dirbtuvės su administracinėmis patalpomis
		Fasadas 10-1; Pjūvis B-B; Stogo planas; Gelžbetoninė surenkama perdangos plokštė
Pr. etapas	Stybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Laida O
MBD		Lapas Lapų
		2017-MBD-SK 3 7

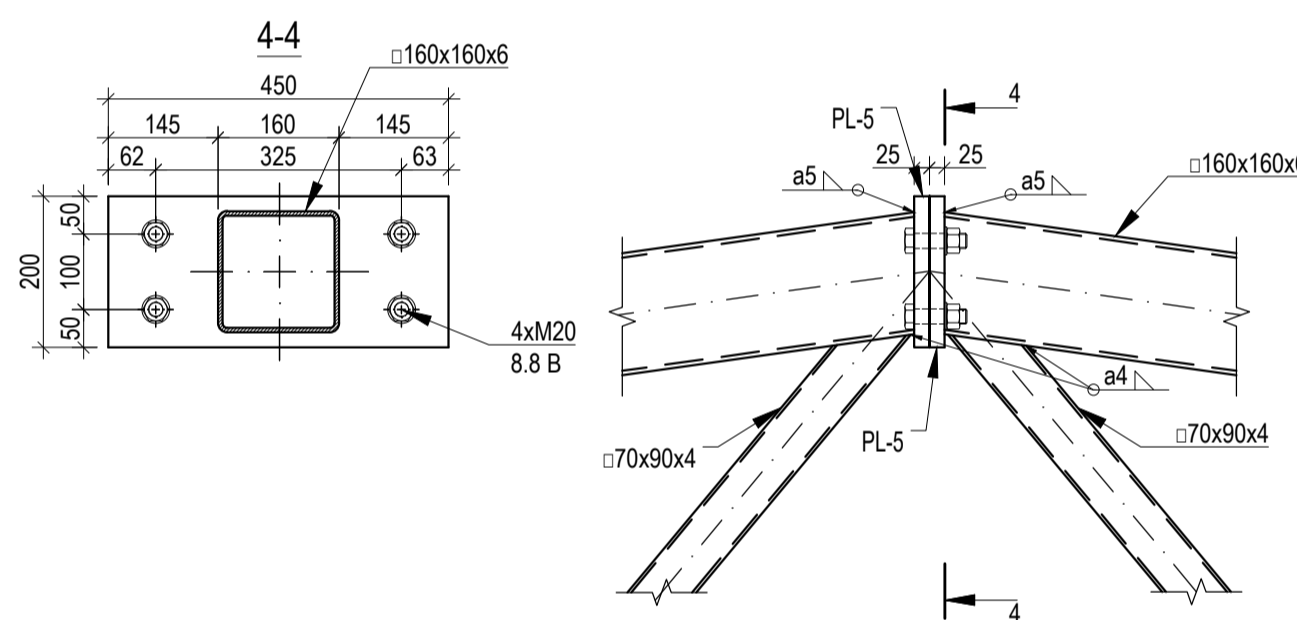
SANTVARA SN-1. MASTELIS 1:25



MAZGAS "A". MASTELIS 1:10



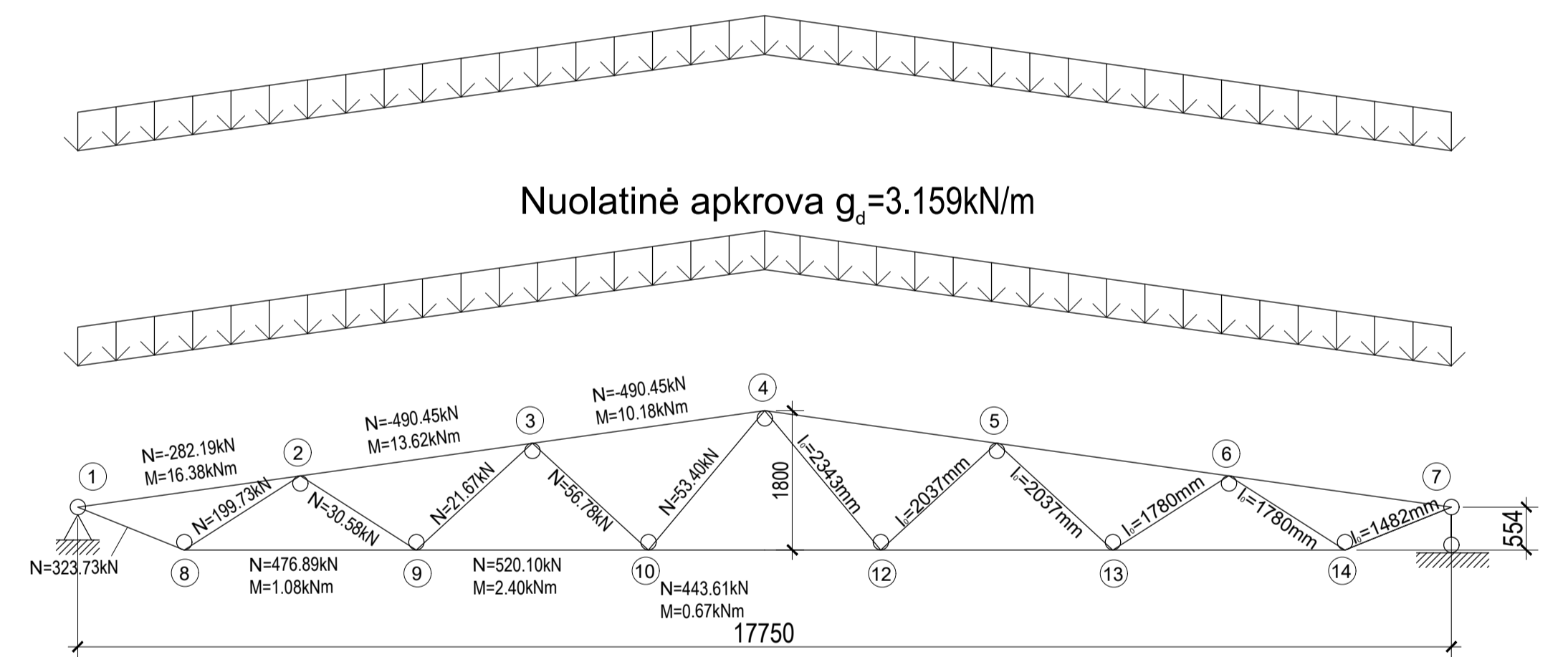
MAZGAS "D". MASTELIS 1:10



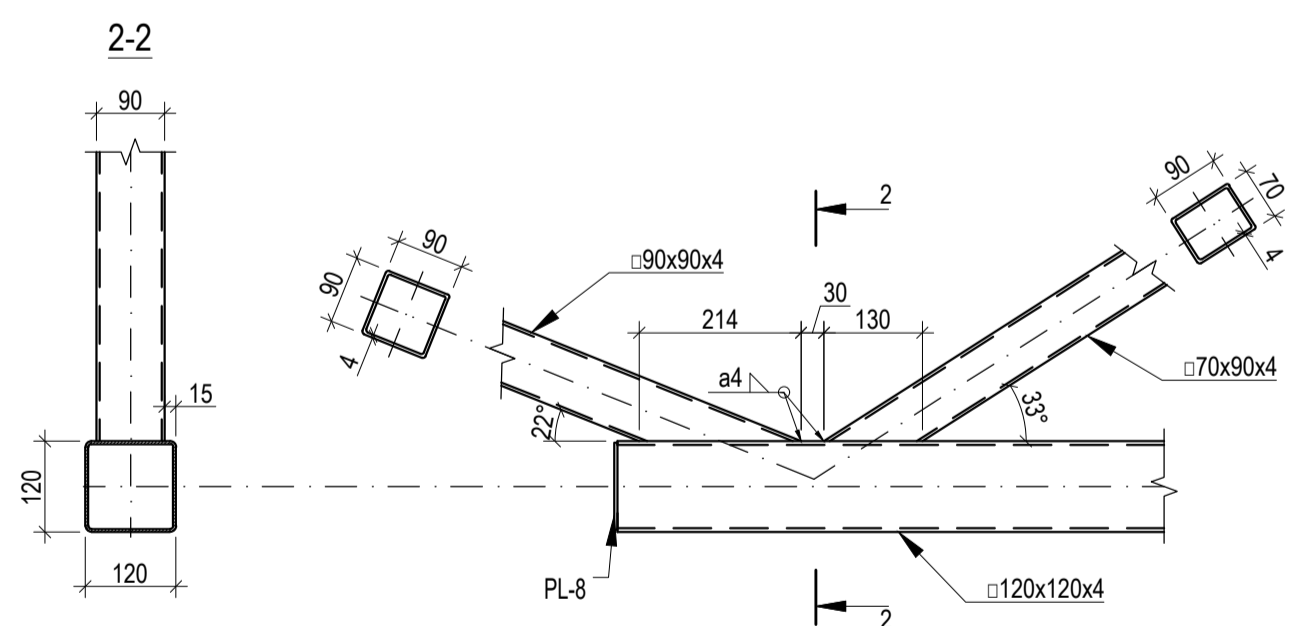
PLIENINĖS SANTVAROS SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA

Sniego apkrova $s_g = 9.36 \text{ kN/m}$

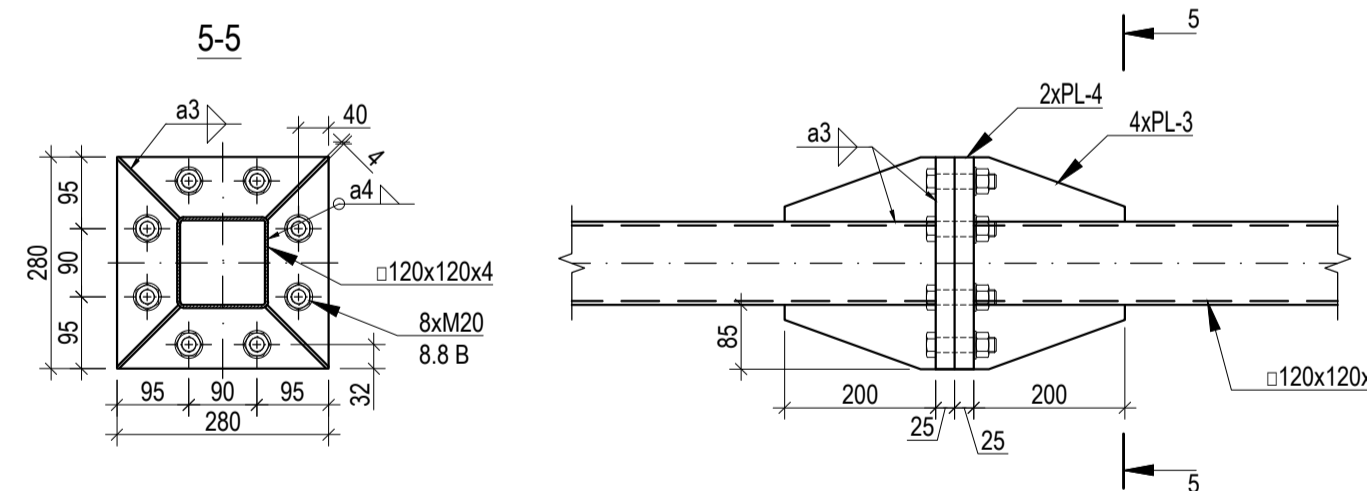
Nuolatinė apkrova $g_d = 3.159 \text{ kN/m}$



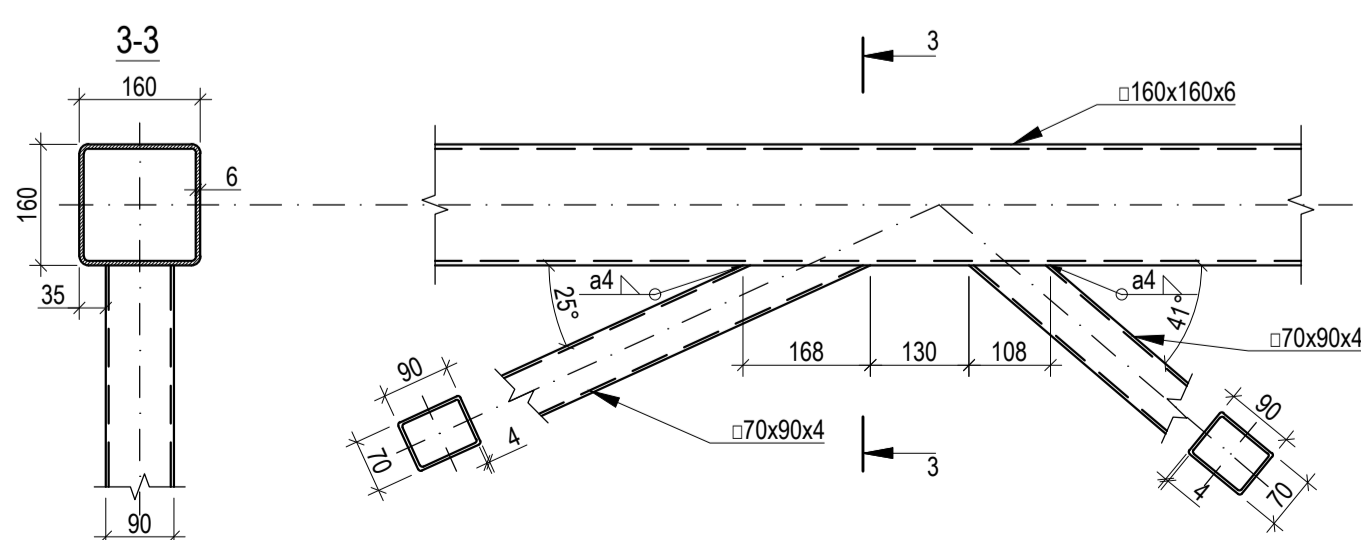
MAZGAS "B". MASTELIS 1:10



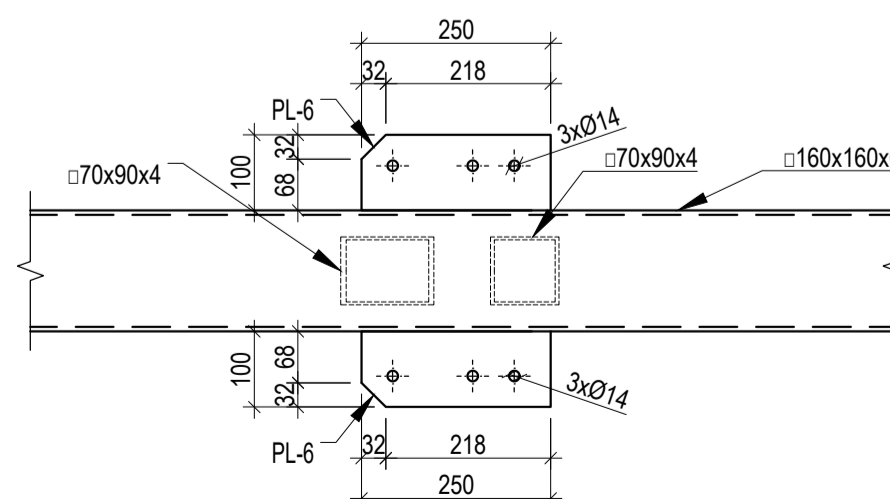
MAZGAS "E". MASTELIS 1:10



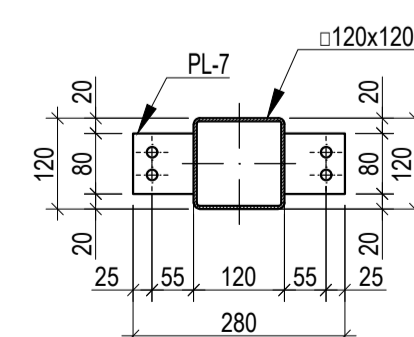
MAZGAS "C". MASTELIS 1:10



PJŪVIS 6-6. MASTELIS 1:10



PJŪVIS 7-7. MASTELIS 1:10



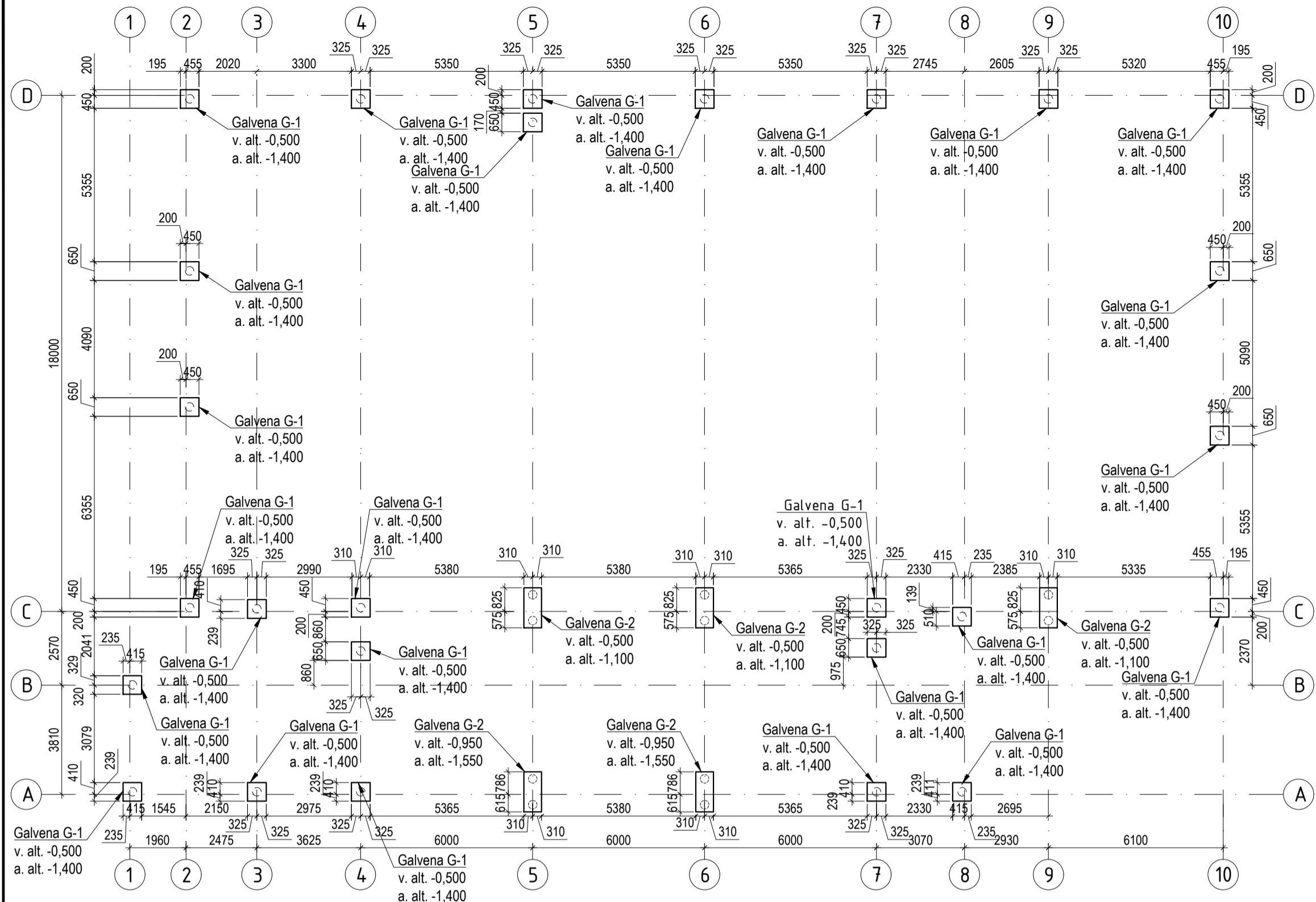
Santvara SN-1		5 vnt	1007,77 kg/vnt	5038,84 kg		
Detalės Nr.	Skerspjūvis/Matmenys	Kiekis vnt.	Masė vnt (kg)	Masė visų (kg)	Klasė	Standartas/Pastabos
PR-1	SHS 160x160x6 L=8961	2	253,60	507,19	S355J2H	EN 10219
PR-2	SHS 120x120x4 L=5650	2	80,23	160,46	S355J2H	EN 10219
PR-3	SHS 90x90x4 L=1188	2	12,47	24,95	S355J2H	EN 10219
PR-4	RHS 90x70x4 L=1494	2	14,27	28,54	S355J2H	EN 10219
PR-5	RHS 90x70x4 L=1564	2	14,94	29,87	S355J2H	EN 10219
PR-6	RHS 90x70x4 L=1823	2	17,41	34,82	S355J2H	EN 10219
PR-7	RHS 90x70x4 L=1860	2	17,76	35,53	S355J2H	EN 10219
PR-8	RHS 90x70x4 L=2159	2	20,62	41,24	S355J2H	EN 10219
PL-1	-20 x 350 x L=280	2	15,39	30,77	S235J2+N	EN 10025
PL-2	-12 x 300 x L=180	2	5,09	10,17	S235J2+N	EN 10025
PL-3	-4 x 200 x L=90	4	0,57	2,26	S235J2+N	EN 10025
PL-4	-25 x 280 x L=280	2	15,39	30,77	S235J2+N	EN 10025
PL-5	-25 x 450 x L=200	2	17,66	35,33	S235J2+N	EN 10025
PL-6	-6 x 250 x L=100	4	1,18	4,71	S235J2+N	EN 10025
PL-7	-5 x 80 x L=80	4	0,25	1,00	S235J2+N	EN 10025
PL-8	-4 x 115 x L=115	2	0,42	0,83	S235J2+N	EN 10025
Suvirinimo siūlėms: 1%				29,33		
				VISO:	1007,77	

Pastabos:

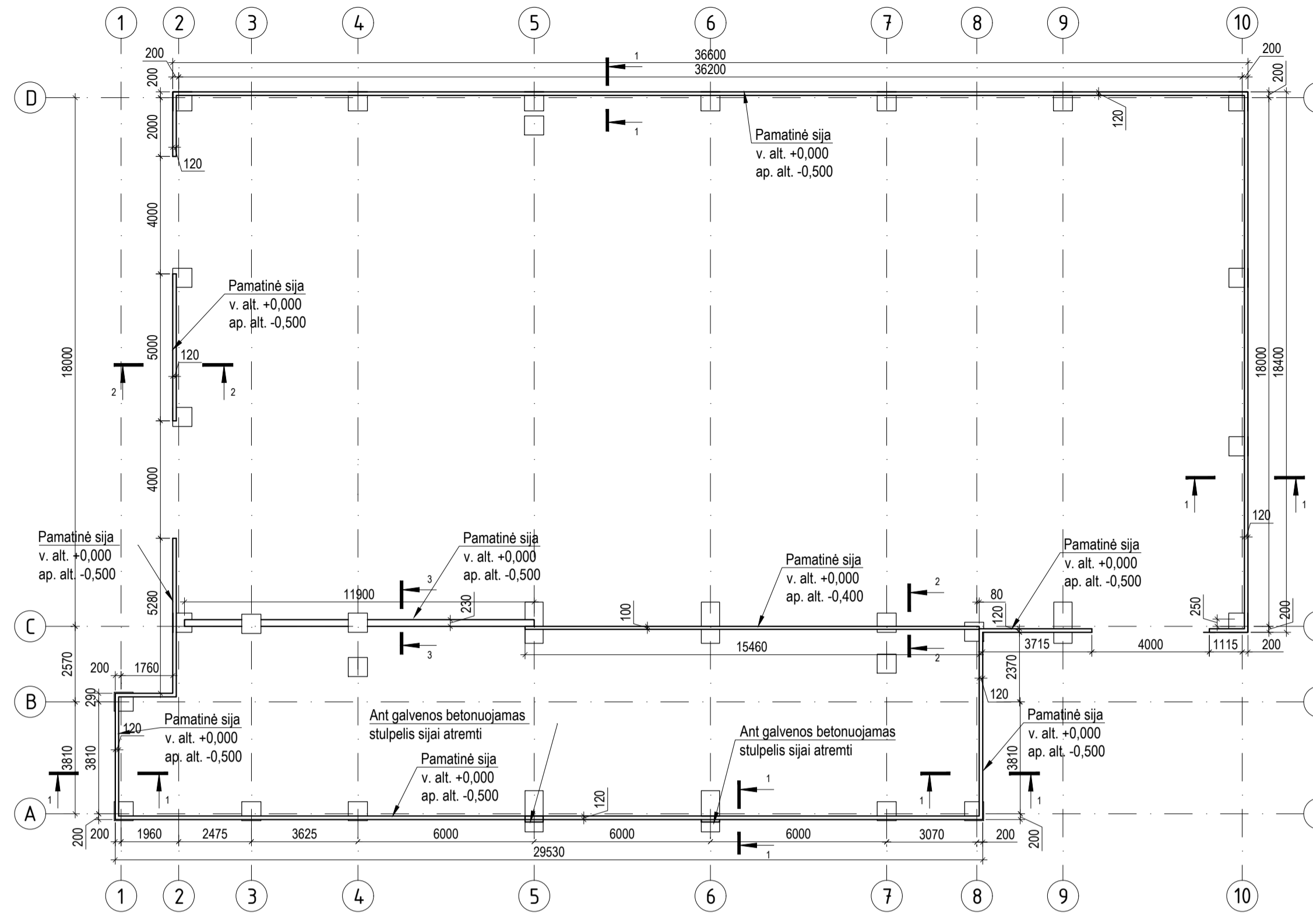
- Santvarai naudojami S355J2H klasės plienas.
- Santvarų elementai virinami pusiau automatinio būdu apsauginėse dujose, padėtis-žemutinė.
- Elektrodinė viela G46, d=2mm pagal LST EN 440.
- Varžtų jungčių poveržlės parenkamos pagal LST EN ISO 4014.
- Apatinės flanšinės jungties varžtai įtempiami 60.99 kN jėga.
- Viršutinės flanšinės jungties varžtai įtempiami 110.90 kN jėga.
- Konstrukcijos elementai gruntuojami ir dažomi dviem sluoksniais (60μ).

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas V. Porutytė	2017-01-16	Gamybinės - administracinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas	
	Vadovas M. Augonis	2017-01-16		
	Konsult. N. Adamukaitis	2017-01-16		
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Santvara SN-1; Santvaros skaičiuojamoji schema ir išrašas; Mazgai "A", "B", "C", "D", "E".	Laida
MBD			2017-MBD-SK	Lapas Lapų
				4 7

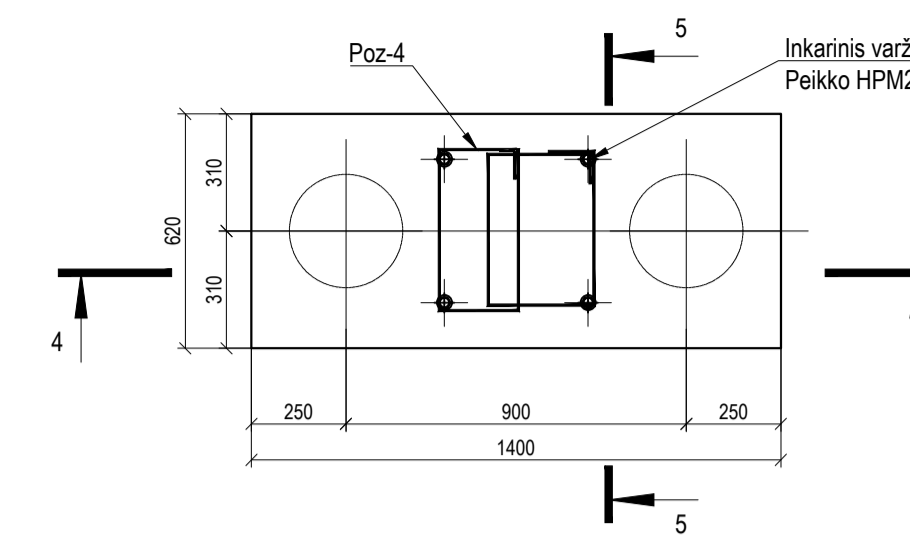
GALVENŲ PLANAS. MASTELIS 1:150



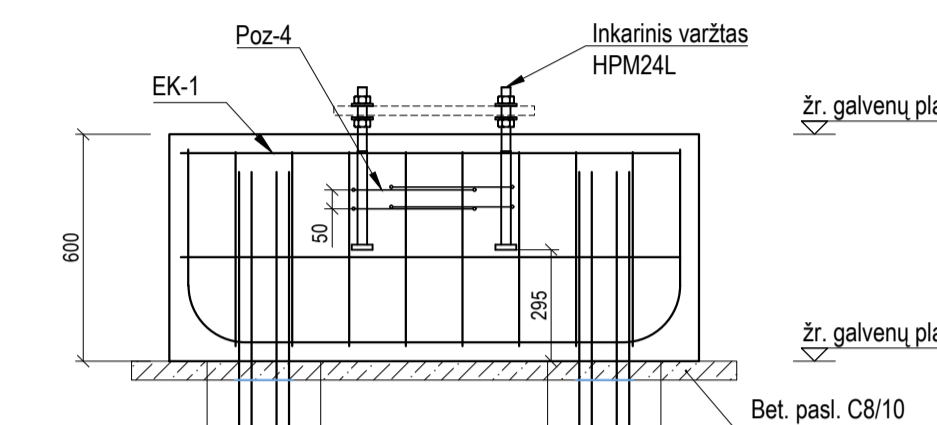
PAMATINIŲ SIJŲ PLANAS. MASTELIS 1:150



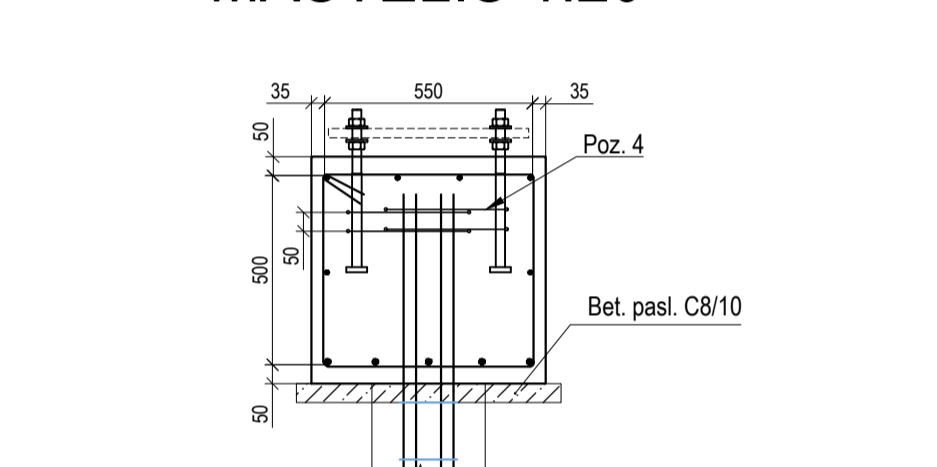
GALVENA G-2. MASTELIS 1:20



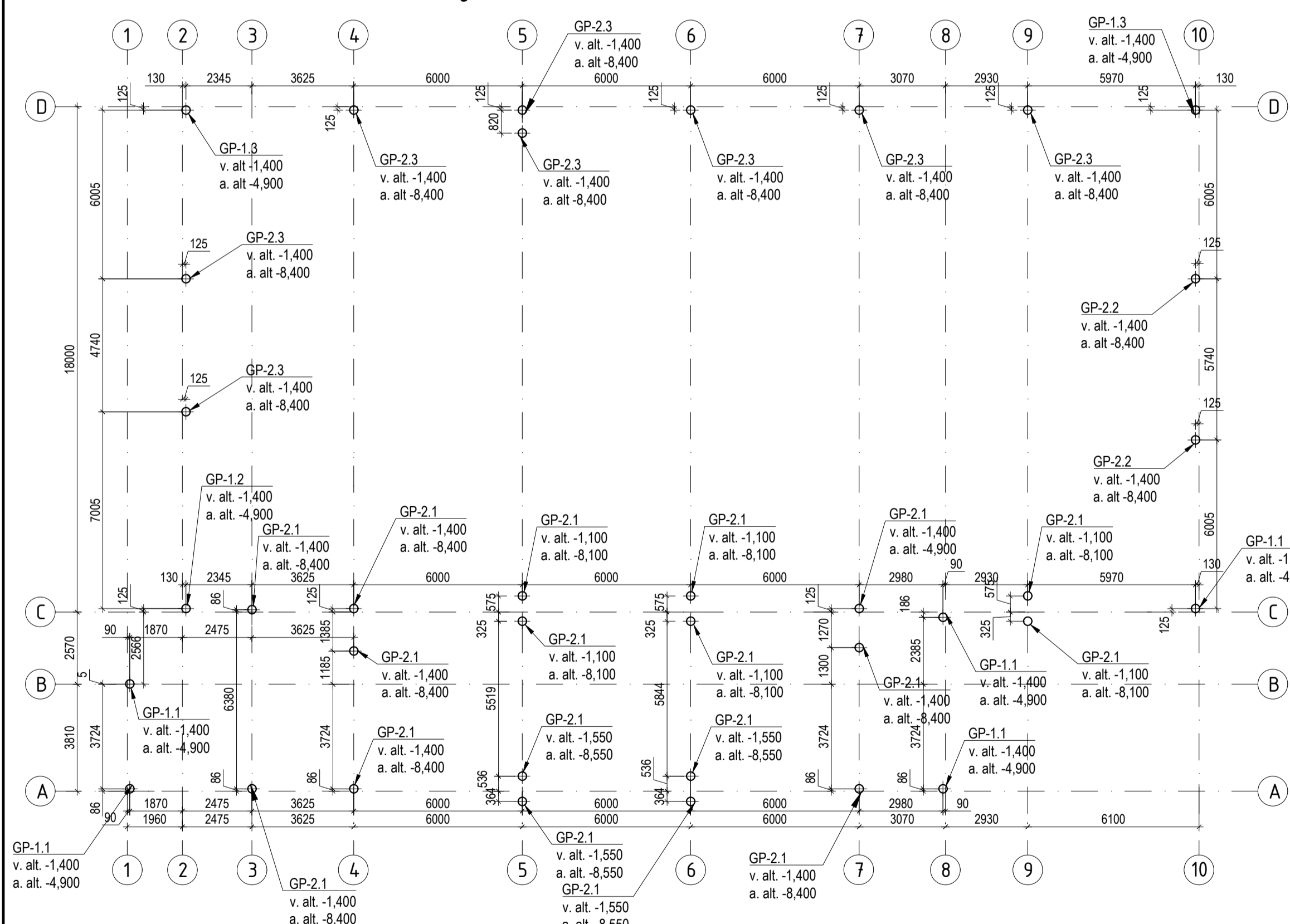
PJŪVIS 4-4. MASTELIS 1:20



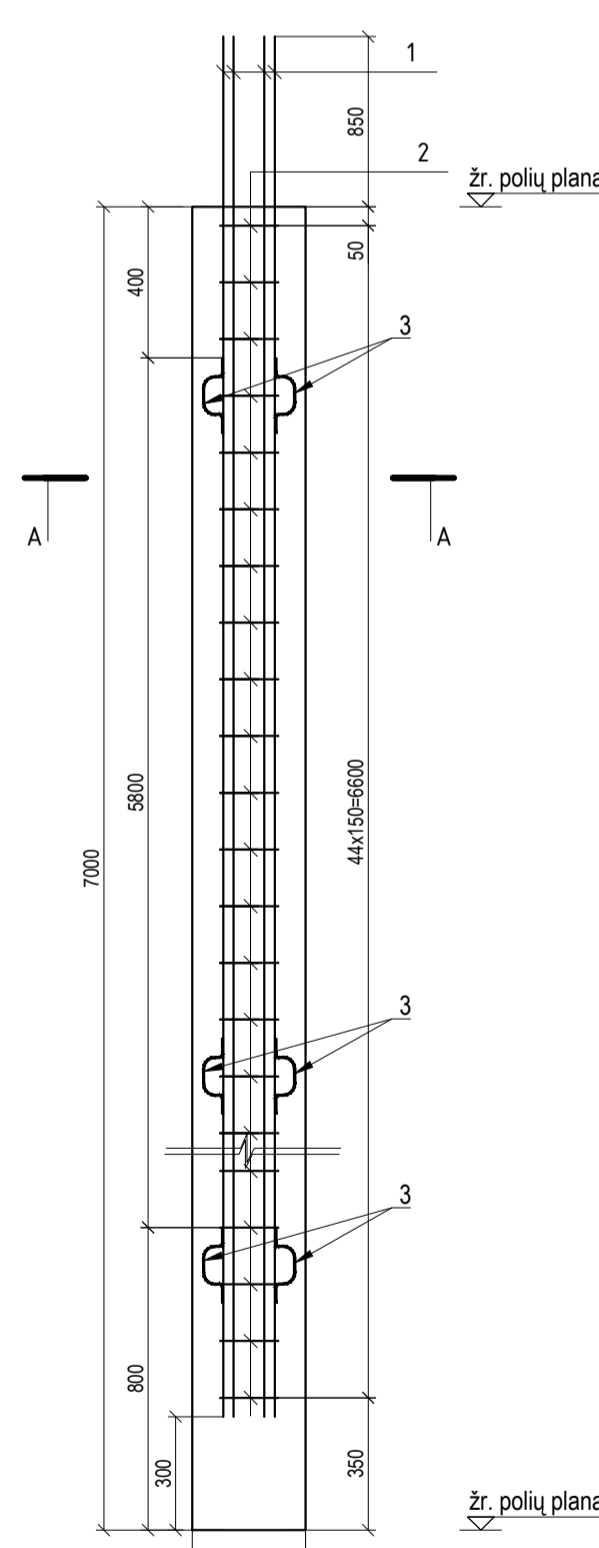
PJŪVIS 5-5. MASTELIS 1:20



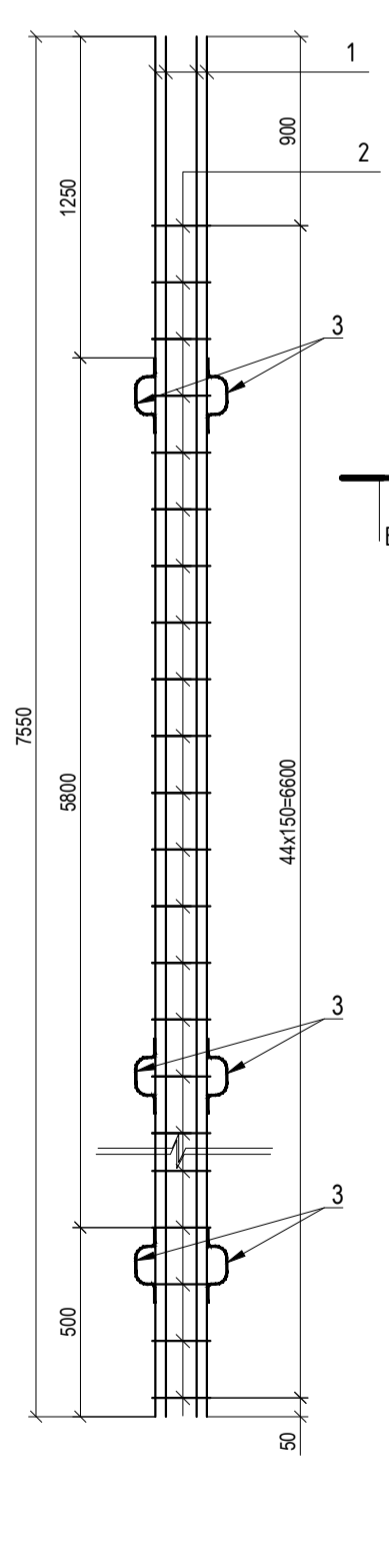
POLIŲ PLANAS. MASTELIS 1:150



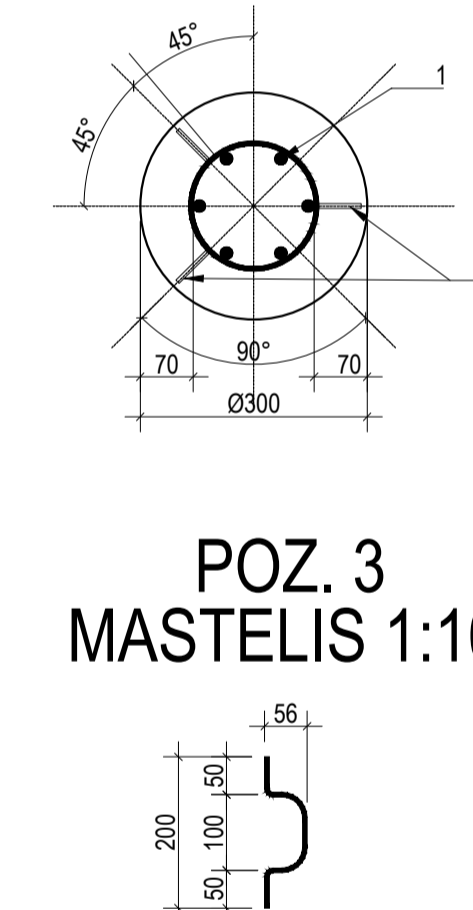
GRĘŽTINIS POLIS GP-2.1. MASTELIS 1:20



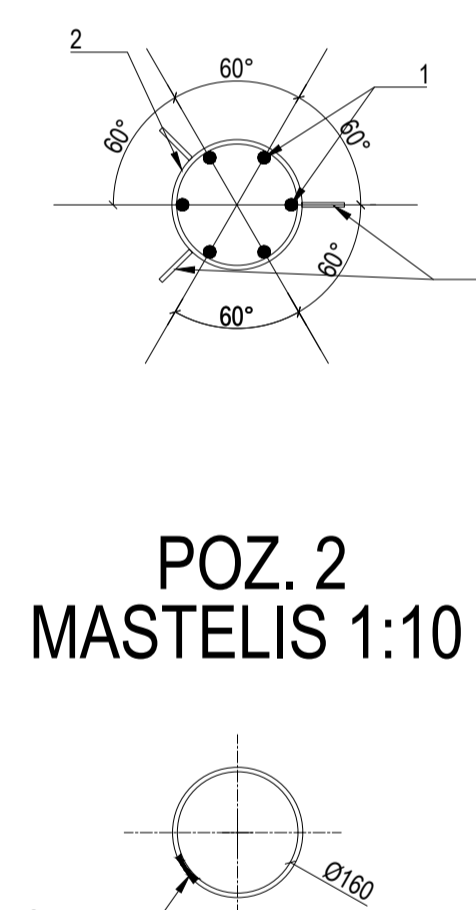
STRYPYNAS KK-2.1. MASTELIS 1:20



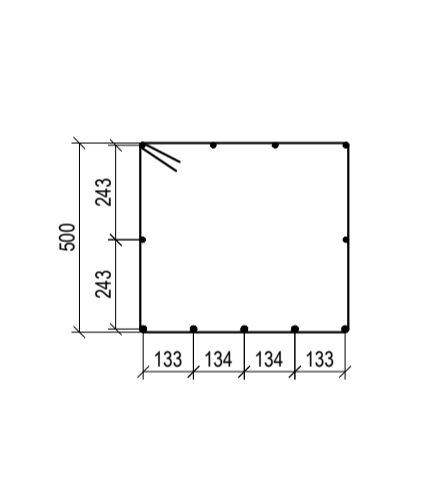
PJŪVIS A-A. MASTELIS 1:10



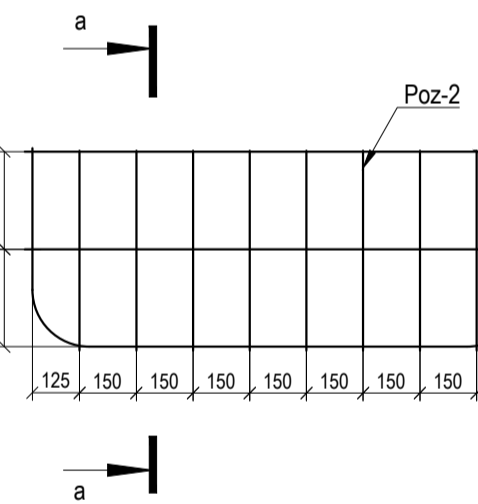
PJŪVIS B-B. MASTELIS 1:10



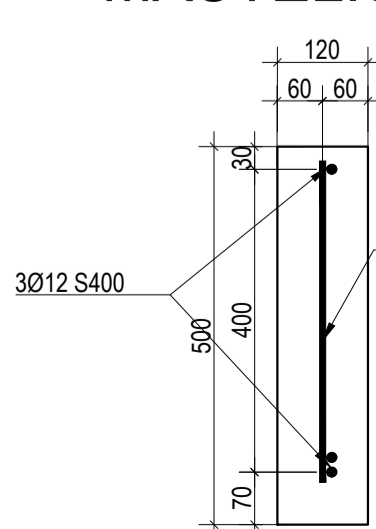
PJŪVIS a-a. MASTELIS 1:20



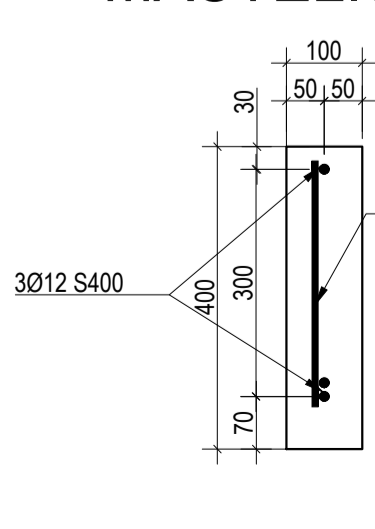
EK-1. MASTELIS 1:20



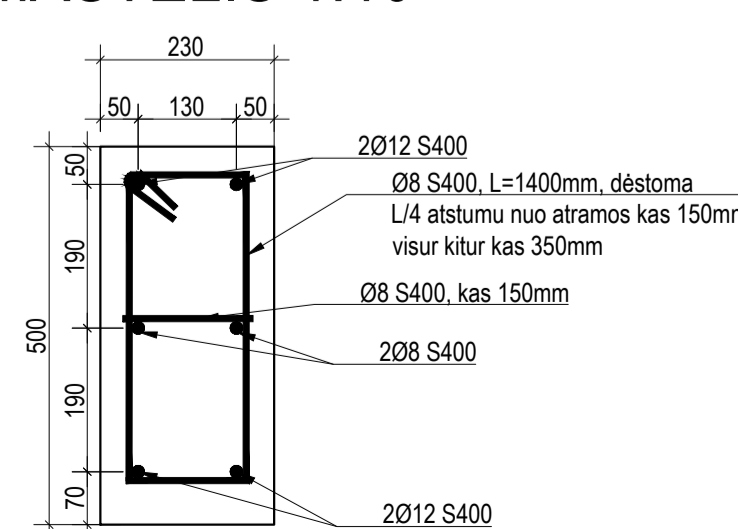
PJŪVIS 1-1. MASTELIS 1:10



PJŪVIS 2-2. MASTELIS 1:10



PJŪVIS 3-3. MASTELIS 1:10



Galvena G-2		1 vnt.	24,46 kg/vnt	24,46 kg		
Detalės Nr.	Skerspjūvis/Matmenys	Kiekis vnt.	Masė vnt (kg)	Masė visų (kg)	Klasė	Standartas/Pastabos
Poz-1	Ø 12 L=2230	5	1,98	9,90	S500	
Poz-2	Ø 6 L=2450	8	0,54	4,35	S500	
Poz-3	Ø 12 L=1320	6	1,17	7,03	S500	
Poz-4	Ø 10 L=1200	4	0,74	2,96	S500	
Suvirinimo siūlėms: 1%				0,21		
				VISO: 24,46		
Betonas				m ³ ; kg		
1,4x0,6x0,82				0,56	C30/37	XC2
pasluoksn. 1,5x0,7x0,05				0,06	C8/10	
Inkariniai varžtai HPM24L (komplekte varžtas ir poveržlės) 4vnt.				8,8		
Gręžtinis polis GP-2.1		1 vnt.	46,41 kg/vnt	46,41 kg		
Detalės Nr.	Skerspjūvis/Matmenys	Kiekis vnt.	Masė vnt (kg)	Masė visų (kg)	Klasė	Standartas/Pastabos
1	Ø 12 L=7550	6	6,70	40,23	S500	
2	Ø 6 L=520	45	0,12	5,19	S500	
3	Ø 8 L=225	6	0,09	0,53	S500	
Suvirinimo siūlėms: 1%				0,46		
				VISO: 46,41		
Betonas				m ³		
Ø 300 L=7000				0,49	C30/37	XC2

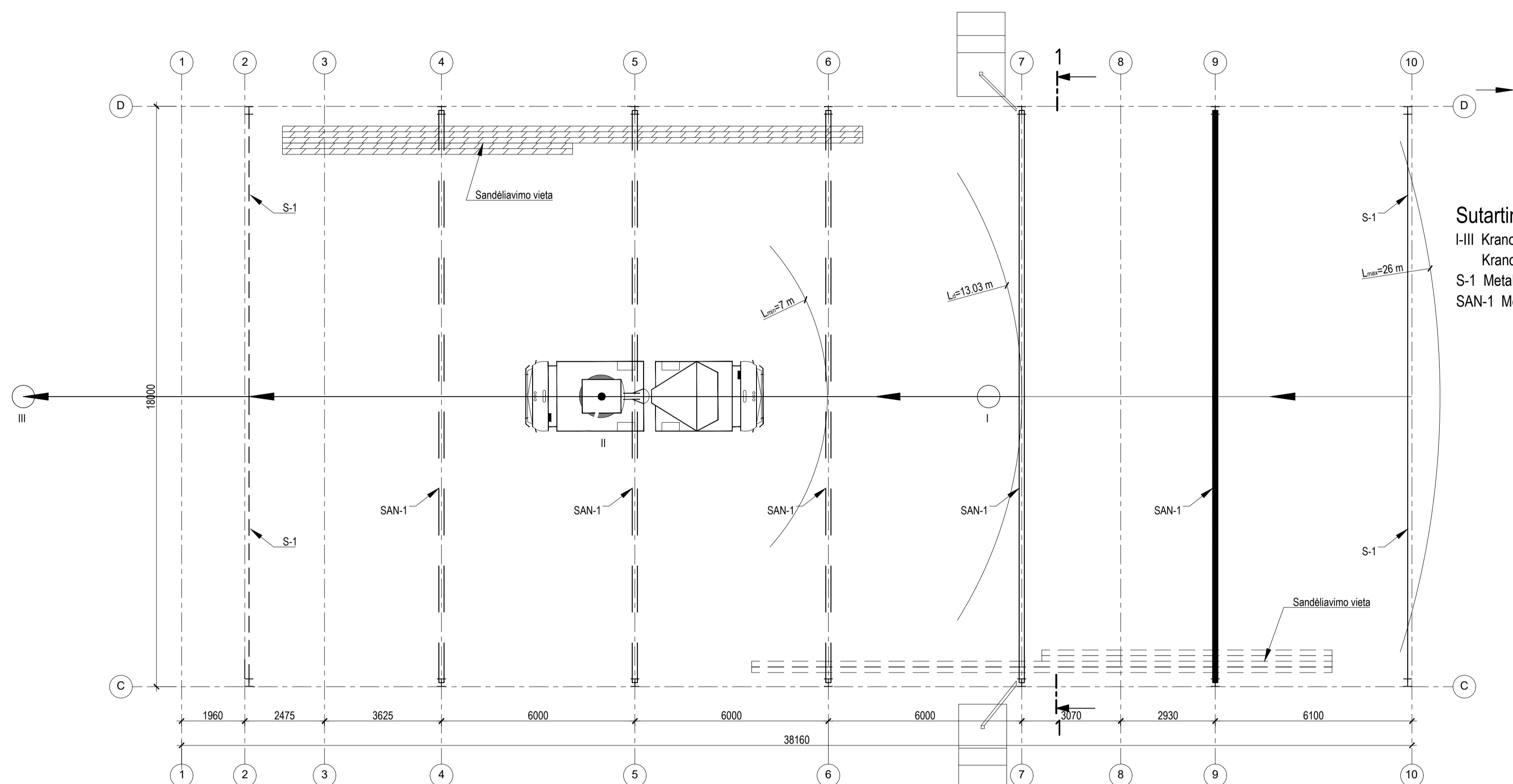
Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas V. Porutytė 2017-01-16	Dirbtuvės su administracinėmis patalpomis
	Vadovas M. Augonis 2017-01-16	
		Galvenų, pamatinių sijų ir polių planai; Gręžtinis polis GP-2.1; Galvena G-2
Pr. etapas	Statybinų konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-SK
MBD		Lapas Lapų
		6 7

Technologinės kortelės paskirtis

Technologinė kortelė skirta pirmam statybos etapui (1-10; C-D ašims).

Technologinė kortelė skirta plieninių santvarų ir sijų montavimui. Santvaros ir sijos montuojamos nuosekliai kranui judant nustatyta trajektorija pastato viduje. Šie gaminiai montuojami ant antkolonių.

PLIENINIŲ SANTVARŲ MONTAVIMO TECHNOLOGINIS PLANAS. MASTELIS 1:100



Kalendorinis santvarų ir sijų montavimo darbų vykdymo grafikas

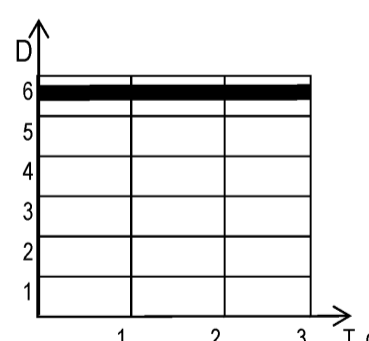
Proceso pavadinimas	Darbo apimtis		Darbo sąnaudos		Brigados sudėtis	Darbininkų skaičius pamainoje, n	Pamainų skaičius, a	Darbo trukmė, d			2016 Balandis			
	Darbo mat. vnt.	Kiekis	Norminės, tn	maš. jam.				Planuojamos žm. d., tp	Kalendorinės dienos			Kalendorinės dienos		
									Norminė, Tn	Planuojama, Tp	Nomu įvykdomas, %	1	2	3
Metaliųjų sijų ir santvarų montavimas, kai anga iki 18 m gaminių masė iki 1.0t	1	6,2	18,6	1,085	18	Kranistas Sropuotojai 2 Montuotojai 2 Suvirintojai 2	6	1	3,10	3	100%			6

Darbininkų darbo grafikas

$$N_{vid} = \frac{\sum Q_{pl}}{T} = \frac{18}{3} = 6$$

$$K_1 = \frac{N_{max}}{N_{vid}} = \frac{6}{6} = 1 \leq 1,5$$

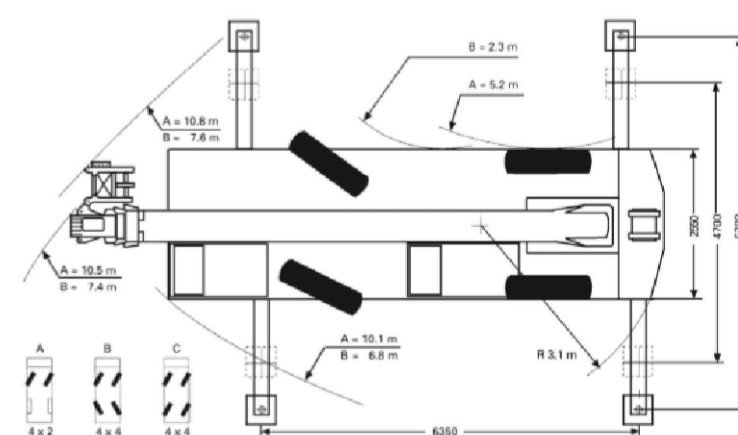
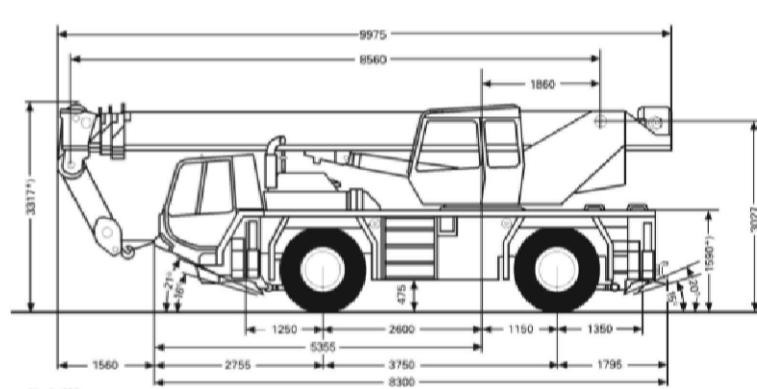
$$K_2 = \frac{t}{T} = \frac{3}{3} = 1$$



Krano charakteristikos

Eil. Nr.	Techninės charakteristikos	Faun ATF 30-2L
1	Keliamoji galia	30 t
2	Strėlės ilgis	28.5 m
3	Maksimalus siekis	26 m

Krano Faun ATF 30-2L gabaritai

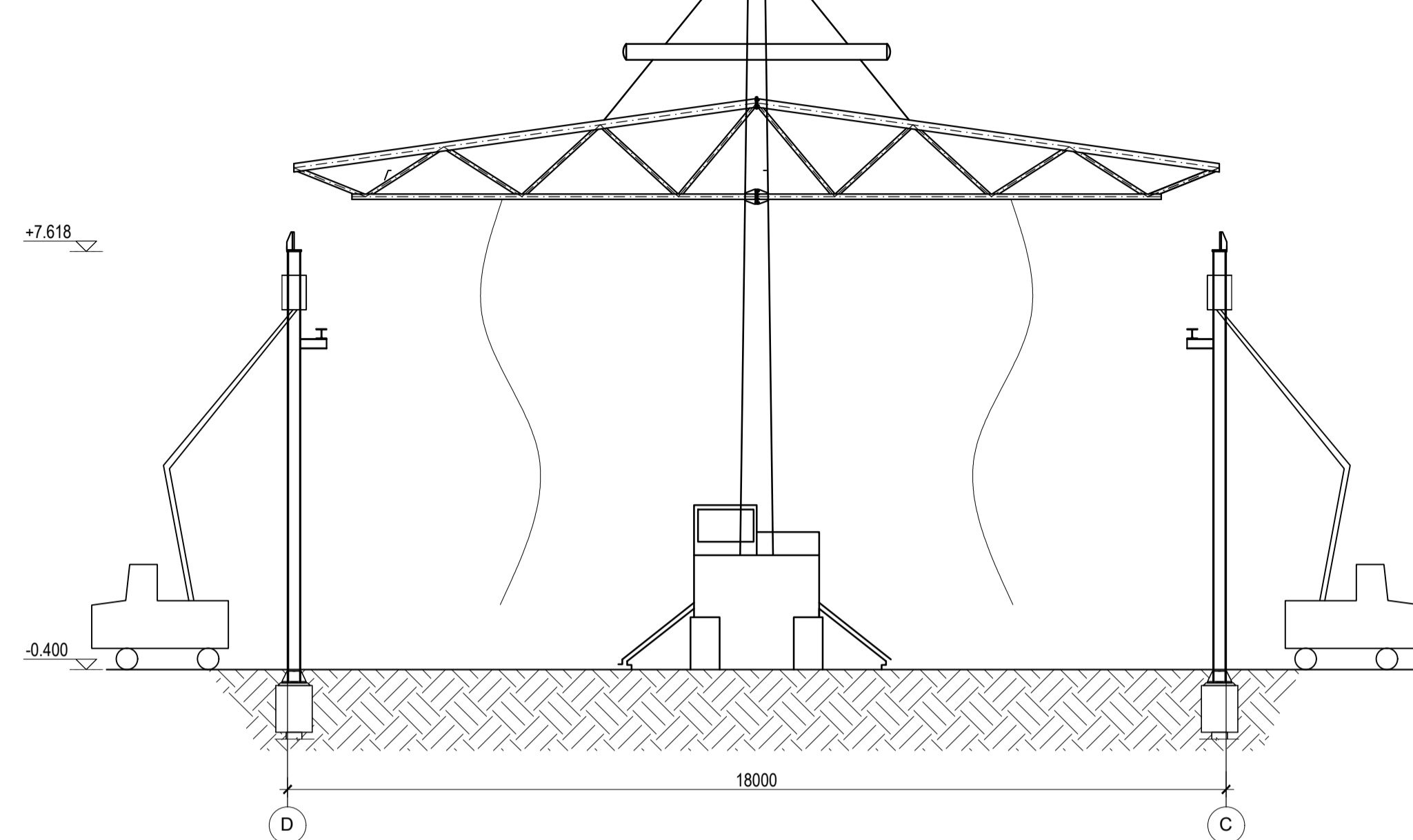


Trumpas technologinio proceso aprašymas

Santvaros ir sijos montuojamos nuosekliai kranui judant nustatyta trajektorija pastato viduje. Iš pradžių kranas įvažiuoja tarp 7 ir 8 ašies ir sumontuoja santvaras esančias 9, 10 ašyse. Iš vienos krano stovėjimo vietos montuojamos dvi santvaros (sijos). Toliau procesas kartojamas atitinkamai kitose ašyse. Santvaros ir sijos sandėliuojamos pastato viduje išilgai C ir D ašių. Gaminiai montuojami ant antkolonių. Kai santvara (sija) pakeliama į reikiamą aukštį ir sureguliuojamas jos horizontalumas, ji atsargiai leidžiama žemyn ir montuotojai, stovintys ant montavimo aikštelių sureguliuoja jas taip, kad santvaros tolygiai atsiremtų ant nustatytų taškų. Tada viskas sutvirtinama virinimu ir varžtais. Sumontavus šalia esančias santvaras, tarp jų įrengiami ryšiai.

Santvarų montavimo darbuose dalyvauja viena brigada, kurios sudėtyje 7 žmonės, darbai vykdomi viena pamaina, dirbant su vienu kranu, procesas užtruks 9 darbo dienas.

PJŪVIS 1-1. MASTELIS 1:100



Sutartiniai žymėjimai
I-III Krano stovėjimo vietos
Krano judėjimo kryptis
S-1 Metalinės sijos
SAN-1 Metalinės santvaros

Medžiagų, gaminių, detalių poreikių lentelė

Eil. Nr.	Konstruktijos, detalės, medžiagos, pusegaminio pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	Metalinės santvaros SAN-1	t	4,4
2	Metalinės sijos S-1	t	1,8
3	Suvirinimo elektrodai E46	kg	20,283
4	Tvirtinimo varžtai (vairūs)	kg	67,123
5	Dujinis deguonis	m3	5,433
6	Pagalbinės plien. montажinės konstrukcijos	t	29,451
7	Propano butano mišinys	m3	1,463

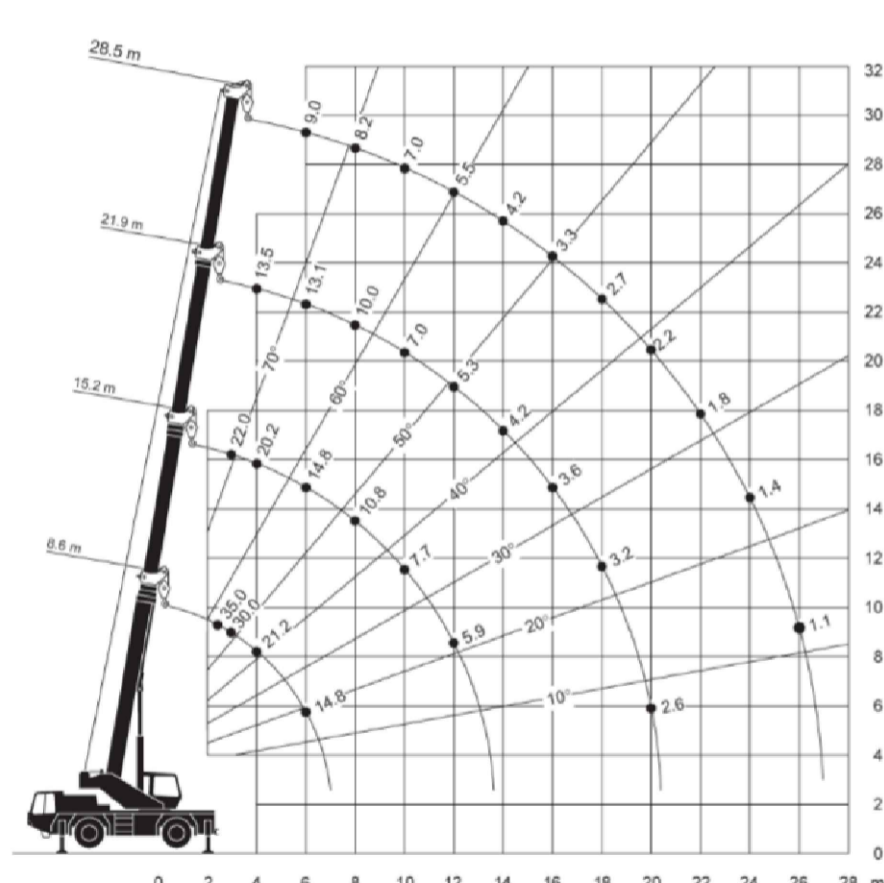
Mašinų, mechanizmų, instrumentų, įrangos poreikių lentelė

Eil. Nr.	Pavadinimas	Markė	Kiekis
1	Strėlinis kranas	Faun ATF 30-2L	1
2	Alkūninis keltuvus	Hayotte HA16PX	2
3	Traversa	6600	1
4	Kobiny	USK1-5.0	2
5	Kobiny	SK-2.0	2
6	Kampinis šlifoklis	BOSCH GWS 24-230	2
7	Nivelyras	LAZER-ROT OR RL-10	1
8	Teodolitas	FET-500	1
9	Svambalas	C-200	1
10	Ruletė	KMC-910	4
11	Šalmas	ROCKMAN	7
12	Gulsčiukas	NEO 71-101	2
13	Metalinė liniuotė	SOLO250	2
14	Plaktukas	TUVG5	4

Techniniai-ekonominiai rodikliai

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis	
			Norminis	Planuojamas
1	Santvarų ir sijų montavimas	vnt./t	9/6.2	9/6.2
2	Darbų sąnaudos	žm. d.	18,6	18
3	Mechanizmų sąnaudos	maš. pam.	1,085	1
4	Darbuotojų išdirbis	(vnt./m³)/žm.d.	0,078	0,26
5	Darbų trukmė	d	3,1	3
6	Normų vykdymas	%	100	103

Krano keliamosios galios priklausomybė nuo strėlės siekio



Keltuvo techninės charakteristikos

Eil. Nr.	Techninės charakteristikos	Niftylift HR 12 DE
1	Darbinis aukštis	12.20 m
2	Keliamoji galia	200 kg
3	Horizontalus siekis	6.1 m

Leidžiamos nuokrypos

Eil.Nr.	Nuokrypio pavadinimas	Leidžiamas nuokrypis, mm
1.	Santvarų, sijų ir ilginių viršutinių juostų ašies nuokrypis ties tvirtinimo taškais	15
2.	Tarpkolonių nuokrypiai	5
3.	Ilginio dydis (kreivumas) tarp santvaros juostų ir rygių, sijų tvirtinimo taškų	iki 0,0013 atstumo tarp tvirtinimo taškų, bet ne daugiau kaip 15 mm
4.	Atraminis mazgų alitudžių nuokrypiai	10
5.	Ilginių nuokrypiai nuo projekcinių ašių	5
6.	Santvarų apatinių ir viršutinių juostų ašių nuokrypiai plane	iki 0,004 santvaros aukščio

Darbų kokybės reikalavimai

Visi montavimo darbai turi būti tikrinami, kontroliuojami ir priimami statybos techninės priežiūros inžinieriaus. Gamintojas privalo pateikti aktus, prieš toliau tęsiant darbus, jei atliktos operacijos ir darbai bus neprieinami patikrinimui. Gamintojas turi informuoti užsakovą apie medžiagų gavimą, kad būtų galima gautas ataskaitas sutikrinti su projekto reikalavimais ir jei reikia su gamyklinio-laboratorinio bandymo ataskaitomis. Patikrinimas atliktas užsakovo jokiū būdu neatleidžia gamintojo nuo jo atsakomybės. Visi darbai, kurie neatitinka reikalavimų, pateiktų brėžiniuose ir jo aiškinamuosiuose raštuose, turi būti taisomi arba pašalinami išimtinai gamintojo sąskaita.

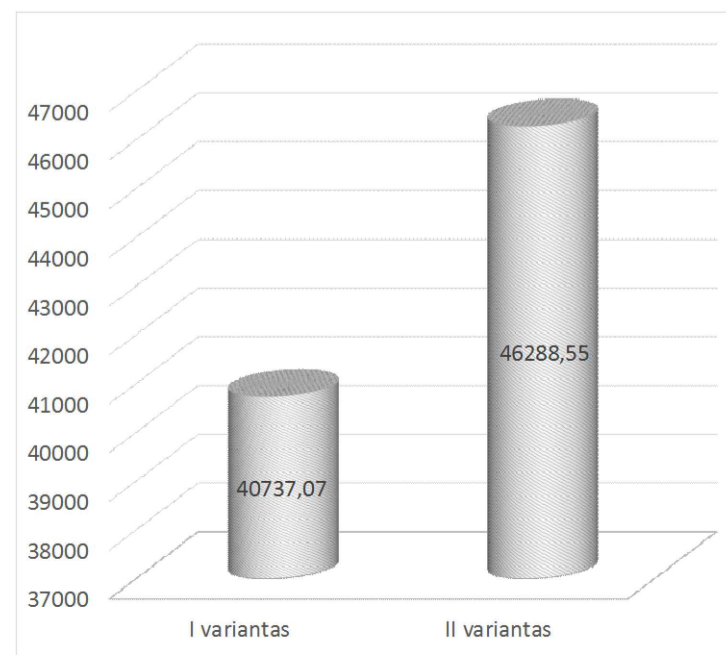
Visos medžiagos turi būti tikrinamos tuoj pat po gavimo, kad įsitikinti, ar visi gaminiai, kurie buvo įtraukti į gaminių partijos sąrašą, yra pateikti, o taip pat ar visa dokumentacija buvo gauta bei patvirtinta pagal reikalavimus. Jei yra nustatomas koks pažeidimas ar trūksta dalies dokumentacijos ar detalių, šis faktas turi būti praneštas statybos vadovui.

Darbų saugos reikalavimai

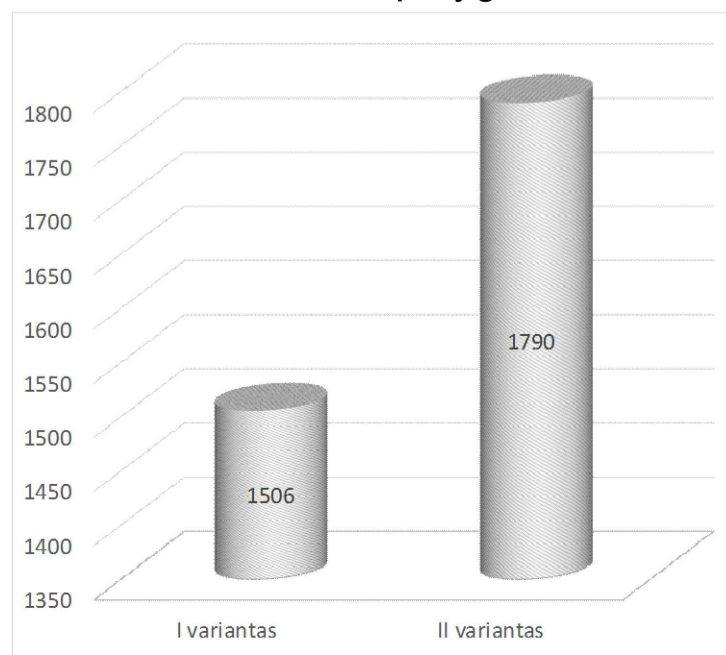
Santvaros ir sijos montuojantys darbininkai turi būti išklause montuotojų darbų saugos instrukciją, turėti montuotojų ir prikabinėtojų pažymėjimus. Stebėti ir užtikrinti, kad į montavimo zoną nepatektų pašaliniai asmenys ar technika, galinti užkliudyti laikinus santvarų paramstymo įrenginius. Iškovimui ir kėlimui į projekcinę padėtį, naudoti svorį atitinkantią inventoriinę įrangą. Santvaros ir sijos montuoti darbininkams stovint ant montavimo aikštelių. Jei aukštis didelis, rekomenduojama naudoti automobilinius bokštelių, keltuvus ar pastolius.

I-ojo ir II-ojo VARIANTŲ EKONOMINIS PALYGINIMAS

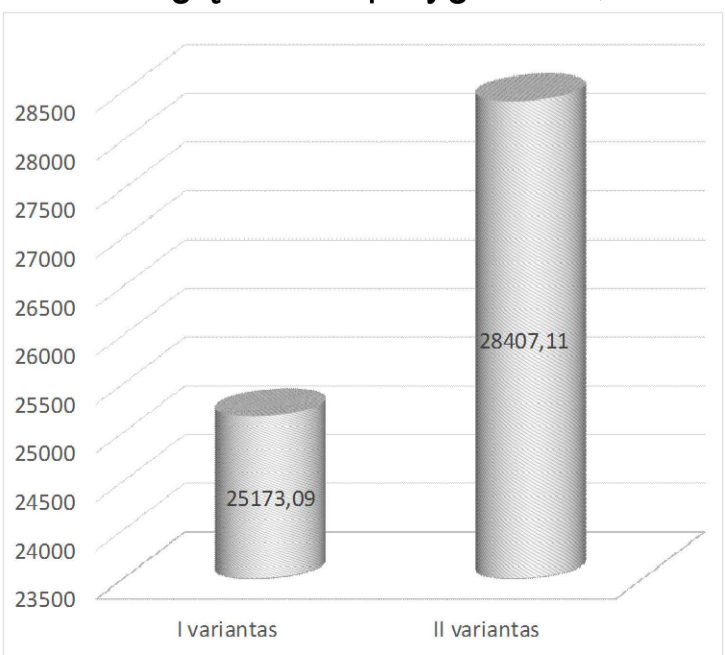
Bendros kainos palyginimas, Eur



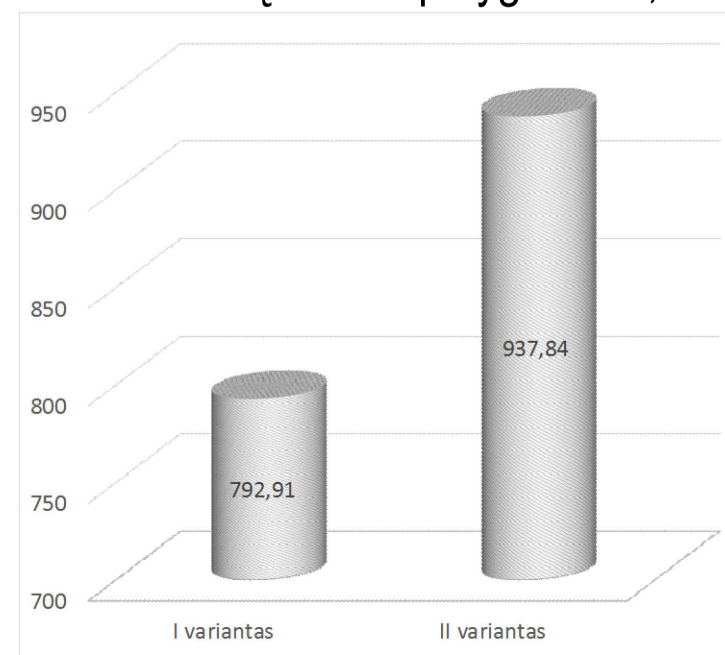
Darbo užmokesčio palyginimas, Eur



Medžiagų kainos palyginimas, Eur



Mechanizmų kainos palyginimas, Eur



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas V.Ponurytė Vadovas M. Augonis	2017-01-16 2017-01-16
Pr.etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Gamybinės - administracinės paskirties pastato statybinų konstrukcijų dalies projektas
MBD		Plieninių santvarų ir sijų montavimo technologinė kortelė; I-ojo ir II-ojo variantų ekonominis palyginimas.
		Laida O
		Lapas 7
		Lapų 7