



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

**Eimantas Pavedaika**

**LR ŽEMĖS ŪKIO MINISTERIJOS PASTATO KAUNO RAJONE**  
**STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Lekt. Goaras Andriušis

**KAUNAS, 2017**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**  
**STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

**LR ŽEMĖS ŪKIO MINISTERIJOS PASTATO KAUNO RAJONE**  
**STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas  
**Statyba (621J80001)**

**Vadovas**

Lekt. Goaras Andriušis

**Recenzentas**

Arnas Rimkus

**Projektą atliko**

Eimantas Pavedaika

**KAUNAS, 2017**

Projektą atliko SSM- 4 gr.  
studentas:

Eimantas Pavedaika

---

*vardas, pavardė*

---

*parašas, data*

**Konsultantai:**

Architektūrinė dalis

Gitana Šukaiytė

---

*vardas, pavardė*

---

*parašas, data*

Grafinė dalis

Valdas Paukštys

---

*vardas, pavardė*

---

*parašas, data*

Konstrukcijų skaičiavimo dalis

Mindaugas Augonis

---

*vardas, pavardė*

---

*parašas, data*

**PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO  
PATVIRTINIMAS**

**Patvirtinu**, kad parengtas magistro baigiamasis darbas  
Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos pastato statybinių konstrukcijų dalies

projektas

(įrašyti pavadinimą)

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

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Data: \_\_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_\_ d.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS  
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

Magistro baigiamasis darbas

LR ŽEMĖS ŪKIO MINISTERIJOS PASTATO KAUNO RAJONE STATYBINIŲ  
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS

Eimantas Pavedaika

Magistro baigiamajame darbe suprojektuotas Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos pastatas. Magistro baigiamasis darbas parengtas laikantis Lietuvos Respublikoje galiojančių teisės aktų. Baigiamajame darbe projektuojamas šešių pastatų kompleksas, kuriame numatoma perkelti įvairias valstybines institucijas, kurios pavaldžios Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijai. Tiriamoje magistrinio darbo dalyje skaičiuojamos šios laikančiosios pastato konstrukcijos: plieninė santvara, plieninė kintamo skerspjuvio kolona, kompozitinė kolona, plieninės sijos ir gelžbetoninė kiaurymėtoji perdanga. Technologinėje kortelėje parenkamas kranas, apskaičiuojami techniniai – ekonominiai rodikliai. Ekonominėje darbo dalyje palyginama metalinė ir kompozitinė kolonos.

Darbą sudaro įvadas, 6 skyriai, 25 punktų literatūros sąrašas ir 4 priedai. Darbo apimtis su priedais – 185 psl. Darbe pateikti 30 paveikslėliai ir 25 lentelės.

Reikšminiai žodžiai: santvara, kolona, kompozitas, perdanga, laikančiosios konstrukcijos, sija, visuomeninis pastatas.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE  
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

Master's final thesis

STRUCTURAL PART OF PROJECT OF BUILDING OF THE LITHUANIAN MINISTRY OF  
AGRICULTURE IN KAUNAS DISTRICT

Eimantas Pavedaika

A Project of building of the Ministry of Agriculture of the Republic of Lithuania has been made in this thesis. The Project was prepared in accordance with legislative acts of the Republic of Lithuania and the relevant requirements. In the project was designed the complex of six buildings where are planning to move various institutions which are subordinate to the Ministry of Agriculture of the Republic of Lithuania. In the exploratory part of the project was designed these constructions: steel truss, steel column with variable section, composite column, steel beam and overlap plates with openings. In the technological card crane was chosen, technical – economic data was calculated. In the economic part of the project a comparison between steel and composite columns was made.

The thesis consists of an introduction, 6 chapters, conclusions and a list of 25 references. There are 185 pages, 30 figures and 25 tables in the thesis.

Keywords: truss, column, composite, overlap plates, load-bearing structures, beam, community building.

# Turinys

Įvadas.....	9
1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos.....	11
1.1. Statybą leidžiantys dokumentai.....	12
1.2. Statinio projekto ekspertizė, statinio ekspertizė. statybos techninė priežiūra ir projekto vykdymo priežiūra.....	13
1.3. Statinio garantinis terminas .....	14
1.4. Statybos užbaigimas .....	15
2. Architektūrinė dalis.....	16
2.1. Statybvieta ir sklypo rodikliai .....	16
2.2. Sklypo ir statinio bendrieji rodikliai.....	16
2.3. Architektūriniai sprendimai.....	18
2.4. Konstrukciniai sprendimai.....	19
2.5. Stogo šilumos perdavimo koeficiento nustatymas .....	20
3. Konstrukcinė dalis.....	23
3.1. Apkrovų nustatymas.....	23
3.1.1. Sniego apkrovos.....	23
3.1.2. Vėjo apkrovos .....	24
3.1.3. Naudojimo apkrovos.....	25
3.1.4. Konstrukcijų apkrovos.....	25
3.1.5. Derinių apskaičiavimas.....	27
3.2. Metalinės santvaros projektavimas.....	30
3.2.1. Santvaros įrašos .....	30
3.2.2. Santvaros apatinės juostos projektavimas.....	31

3.2.3.	Santvaros viršutinės juostos projektavimas .....	32
3.2.4.	Spyrių projektavimas .....	33
3.2.5.	Mazgų projektavimas.....	40
3.3.	Gelžbetoninės nepertraukiamo formavimo kiaurymėtosios perdangos projektavimas .....	57
3.3.1.	Pradiniai duomenys.....	57
3.3.2.	Plokštės naudojimo situacijos ribinių būvių nustatymas .....	58
3.3.3.	Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas	71
3.3.4.	Plokštės naudojimo situacijos tinkamumo ribinių būvių skaičiavimas .....	73
3.4.	Metalinės sijos projektavimas .....	79
3.4.1.	Pradiniai duomenys.....	79
3.4.2.	Įrašos.....	79
3.4.3.	Stiprumo tikrinimas saugos ribiniam būviui.....	80
3.4.4.	Bendrasis sijos pastovumas .....	82
3.4.5.	Sijos sienelės pastovumas .....	82
3.4.6.	Sijos įlinkio tikrinimas.....	83
3.4.7.	Gniuždomosios sijos juostos pastovumo tikrinimas .....	83
3.4.8.	Sijos jungties su kolona tikrinimas .....	83
3.5.	Metalinės kolonos skaičiavimas .....	87
3.5.1.	Kolonos parametrai.....	87
3.5.2.	Kolonos pastovumas rėmo plokštumoje .....	88
3.5.3.	Kolonos pastovumas iš rėmo plokštumos.....	90
3.5.4.	Kolonos skerspjūvio sienelės pastovumas.....	91
3.5.5.	Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas .....	92
3.5.6.	Kolonos bazės skaičiavimas .....	92
3.6.	Kompozitinės kolonos skaičiavimas .....	101



3.6.1.	Pradiniai duomenys.....	101
3.6.2.	Skerspjūvio konstravimas .....	102
3.6.3.	Vietinio pastovumo tikrinimas.....	104
3.6.4.	Skerspjūvio stiprumo tikrinimas .....	104
4.	Technologinė ir ekonominė dalys .....	112
4.1.	Metalinių kolonų montavimo technologinė kortelė .....	112
4.1.1.	Metalinių kolonų montavimo technologija.....	112
4.1.2.	Proceso darbų apimčių skaičiavimas .....	113
4.1.3.	Kabinimo priemonės ir krano parinkimas .....	114
4.1.4.	Darbo ir medžiagų sąnaudos.....	118
4.1.5.	Techniniai ištekliai.....	119
4.1.6.	Kokybės kontrolė ir leistini nuokrypiai .....	119
4.1.7.	Darbo sauga .....	120
4.2.	Kolonų montavimo ekonominis palyginimas.....	121
5.	Mokslinio tiriamojo darbo rezultatai ir jų panaudojimas .....	123
5.1.	Metalinės nekarpytos sijos skaičiavimas.....	123
5.1.1.	Pradiniai duomenys.....	123
5.1.2.	Įrašos.....	123
5.1.3.	Stiprumo tikrinimas saugos ribiniam būviui.....	125
5.2.	Rezultatų analizė ir ekonominis palyginimas .....	128
6.	Darbo sauga ir aplinkosauga .....	130
6.1.	Bendrieji darbų saugos reikalavimai statybvietėje .....	130
6.2.	Aplinkosauga.....	131
	Išvados .....	132
	Literatūros sąrašas .....	133



## Įvadas

Magistro baigiamasis darbas parengtas laikantis Lietuvos Respublikoje galiojančių teisės aktų.

Magistro baigiamojo darbo tema – Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos pastato Kauno rajone statybinių konstrukcijų dalies projektas. Baigiamajame darbe suprojektuotas šešių pastatų kompleksas, kuriame numatoma perkelti šias valstybines institucijas: LR žemės ūkio ministeriją, Nacionalinę mokėjimo agentūrą prie ŽŪM, Nacionalinę žemės tarnybą prie ŽŪM, Valstybinę augalininkystės tarnybą prie ŽŪM, Žuvininkystės tarnybą prie ŽŪM ir Valstybinę gyvulių veislininkystės priežiūros tarnybą prie ŽŪM.

Magistro baigiamojo darbo architektūrinė dalis parengta visiems minėtiems pastatams, o konstrukcinė, ekonominė ir technologinė dalys dėl pasikartojančių konstrukcijų parengtos pirmajam pastatui – Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijai.

Pastatų kompleksą planuojama statyti Kauno rajone, Akademijos miestelyje, valstybinės žemės sklype tarp Studentų gatvės ir Universiteto gatvės, šalia Aleksandro Stulginskio universiteto.

Projektuojamas pastatų kompleksas susideda iš šešių skirtingo aukštingumo pastatų, kurie žemėjančia tvarka sužymėti raidėmis: „A“, „B“, „C“, „D“, „E“ ir „F“. Pastatas „A“ ties aukščiausia vieta yra 32,8 m aukščio, o pastatas „F“ ties žemiausia vieta yra 6,3 m aukščio. Bendras visų pastatų ilgis 142 m, o plotis 114 m.

Pastatai yra iš metalinio karkaso. Skersinius rėmus sudaro keturios kintamo skerspjūvio plieninės kolonos, metalinės sijos ir santvara iš kvadratinių metalinių profilių. Skersiniai rėmai yra dviejų rūšių: su santvara viršuje ir su metaline sija viršuje. Skersiniai rėmai su santvara viršuje yra ties ašimis 2, 3, 4, 5 ir 6. Visi kiti skersiniai rėmai yra su sijomis. Kolonos apačioje standžiai įtvirtinamos į pamatus. Skersiniai rėmai išilgai sujungiami metalinėmis sijomis. Aukštams perdengti numatomos surenkamos kiaurymėtosios nepertraukiamo formavimo gelžbetoninės perdangos.

Pastato pastovumą užtikrina ryšiai: horizontalūs išilginiai santvarų apatinės juostos plokštumoje, horizontalūs skersiniai santvarų viršutinės juostos plokštumoje, horizontalūs ryšiai viršutinių sijų plokštumoje, vertikalūs ryšiai tarp santvarų ir vertikalūs ryšiai tarp kolonų. Ryšiai

tarp santvarų projektuojami iš kvadratinių vamzdžių 50x50x4, o visi kiti iš kvadratinių vamzdžių 100x100x4.

Pagal kategoriją pastatai „A“, „B“ ir „C“ priskiriami prie ypatingų statinių kategorijos, nes visų pastatų bendras plotas viršija 2000 kvadratinių metrų, pastatai „A“ ir „B“ yra aukštesni kaip 20 m ir pastate „A“ yra laikančioji konstrukcija, ilgesnė kaip 12 m tarp atramų. Pagal naudojimo paskirtį pastatai skirstomi į negyvenamuosius – administracinės paskirties pastatus.

Pastatai pagal gaisro grėsmę priskiriami P.4.3. grupei – valdžios įstaigos, projektavimo ir konstravimo biurai, informacijos agentūros, leidyklos, redakcijos, bankai, kontoros, biurai, ambasados, teismai ir kiti įstaigų bei organizacijų administraciniai pastatai. Pagal gaisro apkrovos kategoriją pastatai priskiriami 3 kategorijai, kurios gaisro apkrovos tankis iki 600 MJ/m<sup>2</sup>.

Magistro baigiamajam darbui parengti buvo naudojami šie dokumentai: LR Statybos įstatymas, STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“, STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“, STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“, STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“, STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“, STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“, STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ bei kiti. Brėžiniai buvo atlikti vadovaujantis brėžinių rengimo taisyklėmis, kurios aprašytos STR 1.05.08:2003 „Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai“.

Magistro baigiamajame darbe suskaičiuota metalinė 14 m ilgio santvara su lygiagrečiomis viršutine ir apatine juostomis bei trikampi tinkleliu. Metalinė santvara buvo suprojektuota iš kvadratinių plieninių vamzdžių. Taip pat suskaičiuota dviejų tipų kolonos: metalinė kintamo skerspjūvio ir kompozitinė. Galiausiai suprojektuota metalinė sija, ilginiai ir gelžbetoninė nepertraukiamo formavimo kiaurymėta perdanga.

Mokslinėje darbo dalyje buvo suskaičiuota karpyta ir nekarpyta sija, įvertinant momentų persiskirstymą. Palygintos šios dvi sijos ekonominiu aspektu.

Magistro baigiamajame darbe konstrukcinė dalis buvo atlikta tik pastatui „A“, kadangi visi kiti pastatai yra žemesni ir analogiškų konstrukcijų. Projektuojami pastatai yra Kauno rajone, todėl vėjo apkrovos regionas yra I, o sniego antžeminės apkrovos charakteristinė reikšmė yra 1,2 kN/m<sup>2</sup>. Pastate veikia dviejų tipų naudojimo apkrovos: B (įstaigų tipai) ir C2 (plotai su fiksuotomis vietomis atsisėsti, pvz., bažnyčių, teatrų ir kinų, konferencijų salių, auditorijų,

susirinkimo salių, laukimo salių, geležinkelio laukimo salių plotai). Pastato konstrukcijose veikiančias įrašas suskaičiavau su programa „Autodesk Robot Structural Analysis“.

Atlikau metalinės kintamo skerspjuvio kolonos ir kompozitinės kolonos ekonominį palyginimą. Lokalinę sąmatą suskaičiavau su programa „Sistela“.

## **1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos**

Visi statybos ir projektavimo darbai atliekami remiantis Lietuvos Respublikos Statybos įstatymu 2017-01-01 Nr. XII-2573. Šis įstatymas numato visų Lietuvos Respublikos teritorijoje, jos išskirtinėje ekonominėje zonoje ir kontinentiniame šelfe statomų, rekonstruojamų ir remontuojamų statinių esminius architektūros reikalavimus, trečiųjų asmenų interesų apsaugos reikalavimus, statybos techninio normavimo, statybinių tyrimų, statinių projektavimo, statinių projektų ir statinių ekspertizės, statybos užbaigimo, statinių naudojimo ir priežiūros, griovimo tvarką, statybos dalyvių, viešojo administravimo subjektų, statinių savininkų (ar naudotojų) ir kitų juridinių asmenų veiklos šioje srityje principus ir atsakomybę.

Teisę būti statytoju Lietuvos Respublikoje turi Lietuvos Respublikos bei užsienio valstybių fiziniai ir juridiniai asmenys ir kitos užsienio organizacijos. Statytojo teisė įgyvendinama, kai statytojas žemės sklypą, kuriame statomas statinys, valdo nuosavybės teise arba valdo ir naudoja kitais Lietuvos respublikos įstatymų numatytais atvejais, kai nėra suformuoti žemės sklypai. Taip pat statytoju turi teisę būti asmenys, turintys statybą leidžiantį dokumentą ir jeigu statinį ar jo dalį valdo nuosavybės teise arba valdo ir naudoja kitais Lietuvos Respublikos įstatymų numatytais pagrindais – statinio rekonstravimo, remonto ir griovimo atvejais.

Statinys (jo dalis) turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo trukmę pagal jo naudojimo paskirtį atitiktų Reglamente (ES) Nr. 305/2011 nustatytus esminius statinių reikalavimus. Reglamente (ES) Nr. 305/2011 nustatyti esminiai statinių reikalavimai (vienas, keli ar visi) išsamiai apibrėžiami ir statinio techniniai parametrai pagal statinių ar statybos produktų charakteristikų lygius ir klases nustatomi pagal Vyriausybės nustatytą kompetenciją Vyriausybės įgaliotų institucijų teisės aktuose.

Statinio architektūra turi būti tokia, kad ji neprieštarautų esminiams statinių reikalavimams, statinys derėtų prie kraštovaizdžio, ji atitiktų statinio paskirtį, architektūriniai, inžineriniai ir technologiniai sprendiniai derėtų tarpusavyje, architektūriniai sprendiniai sudarytų

darnią, bendrą visumą, statiniai atitiktų universalus dizaino reikalavimus, nustatomus normatyviniuose statybos techniniuose dokumentuose, normatyviniuose statinio saugos ir paskirties dokumentuose.

### **1.1. Statybą leidžiantys dokumentai**

Statybą leidžiančius dokumentus išduoda savivaldybės administracijos direktorius ar jo įgaliotas savivaldybės administracijos valstybės tarnautojas. Statytojas, norintis gauti leidimą statyti naują statinį, tam tikrais atvejais turi gauti šiuos dokumentus:

- prašymą;
- statinio projektą ir jo elektroninę versiją arba tik statinio projekto elektroninę versiją, pasirašytą elektroniniu parašu;
- statinio projekto ekspertizės aktą;
- žemės sklypo bendraturčių rašytinį sutikimą (jeigu yra bendraturčių);
- statytojo įgaliojimą raštu pateikti prašymą;
- žemės sklype, kurio nuosavybės teise ar kita valdymo forma ir naudojimo teise nevaldo statytojas, numatoma vykdyti statybos darbus arba statinius statyti ar rekonstruoti mažesniais negu norminiai atstumai iki gretimo sklypo ribos, taip pat, jeigu kitą žemės sklypą numatoma laikinai naudoti statybos metu, – sutartį, sutikimą ar susitarimą su šio žemės sklypo savininku, valdytoju ar servituto nustatymą patvirtinantį dokumentą;
- statinio bendraturčių rašytinį sutikimą ar butų ir kitų patalpų savininkų protokolinio sprendimo kopiją;
- atrankos išvadą dėl planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo arba sprendimą dėl planuojamos ūkinės veiklos galimybių ir atrankos išvadų ar sprendimo viešinimo dokumentus;
- statinio kadastro duomenų bylą;
- atsakingos institucijos sprendimą dėl planuojamos ūkinės veiklos galimybių poveikio visuomenės sveikatai vertinimo požiūriu ir sanitarinės apsaugos zonos ribų nustatymo;
- statinio projektuotojo civilinės atsakomybės privalomojo draudimo dokumento kopiją;

- sanitarinės apsaugos zonos ribų planą arba kitus brėžinius, kuriuose pažymėtos sanitarinių apsaugos zonų ribos;
- gretimo žemės sklypo savininko, valstybinės ar savivaldybės žemės patikėtinio sutikimą dėl specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įrašymo į Nekilnojamojo turto registrą;
- statinio projekto priėmimo – perdavimo aktą;
- dokumentus, patvirtinančius nurodytos įmokos už savavališkos statybos įteisinimą.

Jeigu statytojas nepateikia visų reikiamų dokumentų, reikalingų gauti statybos leidimą, tai jis negali įgyvendinti statytojo teisių.

Sprendinių atitikti nustatytiems reikalavimams tikrina: savivaldybės administracija, saugomų teritorijų direkcijos, Kultūros paveldo departamentas prie Kultūros ministerijos, Nacionalinis visuomenės sveikatos centras prie Sveikatos apsaugos ministerijos, Nacionalinis visuomenės sveikatos centras prie Sveikatos apsaugos ministerijos, Radiacinės saugos centras, Valstybinė geležinkelio inspekcija prie Susisiekimo ministerijos, Neįgaliųjų reikalų departamentas prie Socialinės apsaugos ir darbo ministerijos ar jo įgaliota institucija, Aplinkos apsaugos agentūra, Valstybinė energetikos inspekcija prie Energetikos ministerijos, inžinerinių tinklų ir susisiekimo komunikacijų, prie kurių prijungiami sklypo inžineriniai tinklai ar susisiekimo komunikacijos, savininkai, valdytojai ar naudotojai.

Pasibaigus projekto tikrinimo terminui, įgaliotas išduoti statybą leidžiantį dokumentą savivaldybės tarnautojas per 3 darbo dienas turi informuoti statytoją apie jam išduodamą statybą leidžiantį dokumentą arba apie neišduodamą statybą leidžiantį dokumentą ir priežastis dėl ko tas dokumentas nebuvo išduotas.

## **1.2. Statinio projekto ekspertizė, statinio ekspertizė. statybos techninė priežiūra ir projekto vykdymo priežiūra**

Ypatingojo statinio ir statinio, kurio projektavimas ir statyba finansuojama Lietuvos Respublikos ir Europos Sąjungos biudžeto lėšomis, statinių projektų ekspertizė privaloma. Statinio ekspertizė nėra privaloma, nebent įvyko statinio avarija ar yra nustatyta jos grėsmė arba jeigu gautas statytojo ar statinio naudotojo skundas. Statinio projekto ekspertizės, statinio ekspertizės rūšis ir atlikimo tvarką nustato aplinkos ministras, o kultūros paveldo statinio

tvarkomųjų statybos darbų projekto ekspertizės tvarką kultūros ministras kartu su aplinkos ministru. Statinio projekto ar statinio ekspertizės išlaidas apmoka statytojas arba statinio naudotojas.

Statinio statybos techninė priežiūra privaloma, kai statybos darbai turi būti vykdomi vadovaujantis šiais dokumentais: statybos projektu, rekonstravimo projektu, pastato atnaujinimo projektu, kapitalinio remonto projektu, griovimo projektu, griovimo aprašu. Statinio statybos techninės priežiūros atlikimo tvarką nustato Vyriausybės įgaliota institucija.

Statant, rekonstruojant ypatingąjį statinį ar statinį saugomoje teritorijoje ar atliekant jo kapitalinį remontą, statinio projekto vykdymo priežiūra yra privaloma, išskyrus atvejus, kai pastatai atnaujinami pagal Aplinkos ministerijos ar jos įgaliotos institucijos patvirtintus tipinius statinių projektus, pritaikytus konkrečioms atnaujinamiems pastatams. Statytojas turi teisę pavesti statinio projektuotojui statinio projekto vykdymo priežiūrą ir statinio statybos techninę priežiūrą. Statinio projekto vykdymo priežiūros tvarką nustato Vyriausybės įgaliota institucija, o kai atliekami kultūros paveldo statinio tvarkomieji statybos darbai ar statinio statyba vykdoma kultūros paveldo objekto teritorijoje, – Vyriausybės įgaliota institucija kartu su Kultūros ministerija.

### **1.3. Statinio garantinis terminas**

Statinio garantinis terminas negali būti trumpesnis už Lietuvos Respublikos civilinio kodekso 6.698 straipsnyje nustatytą terminą, kuris numato, kad rangovas, projektuotojas ar statybos techninis prižiūrėtojas atsako už projekto sugriuvimą ar defektus, jeigu objektas sugriuvo ar defektai buvo nustatyti per:

- penkerius metus;
- dešimt metų – esant paslėptų statinio elementų;
- dvidešimt metų – esant tyčia paslėptų defektų.

Rangovas kartu su rangovo atliktų statybos darbų perdavimo statytojui (užsakovui) aktu turi pateikti dokumentą, kuriuo užtikrinamas garantinio laikotarpio prievolių įvykdymas pagal pasirašytą rangos sutartį.



## **1.4. Statybos užbaigimas**

Ypatingųjų ir neypatingųjų statinių užbaigiamas įvykdomas surašant statybos užbaigimo aktą. Deklaracijas apie statybos užbaigimą tvirtina statybos valstybinę priežiūrą vykdančios pareigūnai. Atlikus statybos užbaigimo procedūras, statinį ir daiktines teises į jį privaloma įregistruoti Nekilnojamojo turto registre ne vėliau kaip per 3 mėnesius nuo statybos užbaigimo akto gavimo dienos. Statybos užbaigimo akto galiojimą gali nutraukti Valstybinė teritorijų planavimo ir statybos inspekcija prie Aplinkos ministerijos arba teismas.

## 2. Architektūrinė dalis

### 2.1. Statybvietė ir sklypo rodikliai

Pastatų Statybvietė numatoma Kauno rajone, Akademijos miestelyje, tarp Studentų ir Universiteto gatvių esančiame žemės sklype. Sklypo plotas 375,87 arai. Sklypo aukštingumas yra vienodas. Užstatymo plotas 3651 m<sup>2</sup>. Sklypo užstatymo intensyvumas 50,7%. Sklypo užstatymo tankumas 9,7%.

Pastato orientacija pavaizduota sklypo plane ir situacijos plane. Pastatų vieta numatoma centrinėje sklypo dalyje. Pastatai išdėstyti elipsės forma. Ilgesniojo elipsės ašis orientuota pietvakarių – šiaurės rytų kryptimi. Pastato „A“ (LR žemės ūkio ministerijos) vakarinėje dalyje numatoma teritorija lauko ekspozicijoms. Aplik pastatą numatomas 2m pločio trinkelėmis išklotas apėjimas. Tarp pastatų numatoma įrengti daug pėstiesiems skirtų šaligatvių, išklotų trinkelių danga. Pietrytinėje sklypo dalyje numatoma įrengti 135 vietų automobilių stovėjimo aikštelę lankytojams. Aikštelėje 10 vietų skirta žmonėms su negalia. Įvažiavimas į automobilių aikštelę numatomas rytinėje aikštelės pusėje iš Studentų gatvės. Kadangi sklypas ribojasi su Studentų ir Universiteto gatvėmis, tai sklype numatoma įrengti šaligatvius šalia šių gatvių. Gretimame sklype kito projekto metu planuojama įrengti daugiaaukštę automobilių stovėjimo aikštelę darbuotojams, todėl įrengiama pėsčiųjų perėja per Universiteto gatvę.

### 2.2. Sklypo ir statinio bendrieji rodikliai

Pastatų statybvietė numatoma Kauno rajone, Akademijos miestelyje, tarp Studentų ir Universiteto gatvių esančiame žemės sklype. Sklypo plotas 375,87 arai. Sklypo aukštingumas yra vienodas. Užstatymo plotas 3651 m<sup>2</sup>. Projektuojami pastatai nėra vieno aukšto, o kinta nuo 2 iki 7 aukštų, todėl sklypo užstatymo intensyvumas 50,7%. Sklypo užstatymo tankumas 9,7%.

Lentelėje žemiau pateikiami bendrieji sklypo rodikliai:

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis
Sklypo plotas	arai	375,87
Sklypo užstatymo tankumas	%	9,7
Sklypo užstatymo intensyvumas	%	50,7
Statiniais užimtas sklypo plotas	m <sup>2</sup>	3651

Apželdintas plotas	m <sup>2</sup>	20797
Trinkelėmis klojamas plotas	m <sup>2</sup>	8094
Asfalto plotas	m <sup>2</sup>	5045
Bordiūrų ilgis	m	366

2.1. lentelė. Sklypo bendrieji rodikliai

Sklype numatomi šeši pastatai:

- Pastatas „A“ – Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija;
- Pastatas „B“ – Nacionalinė mokėjimo agentūra prie ŽŪM;
- Pastatas „C“ – Nacionalinė žemės tarnyba prie ŽŪM;
- Pastatas „D“ – Valstybinė augalininkystės tarnyba prie ŽŪM;
- Pastatas „E“ – Žuvininkystės tarnyba prie ŽŪM;
- Pastatas „F“ – Valstybinė gyvulių veislininkystės priežiūros tarnyba prie ŽŪM;

Visi pastatai yra nevienodo aukštingumo. Aukščiausias pastatas yra „A“, kurio aukščiausioje vietoje aukštis yra 32,8 m., o žemiausias pastatas yra „F“, kurio žemiausioje vietoje pastato aukštis yra 6,3 m. Visi pastatai žemėja tolygiai. Stogo nuolydis kinta nuo 9,4% iki 12,2%. Žemiau lentelėje pateikiami kiekvieno pastato aukštingumas:

Pastatas	Institucija	Aukštis žemiausioje vietoje, m	Aukštis aukščiausioje vietoje, m
A	Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerija	25,3	32,8
B	Nacionalinė mokėjimo agentūra prie ŽŪM	19,8	24,8
C	Nacionalinė žemės tarnyba prie ŽŪM	16,3	19,3
D	Valstybinė augalininkystės tarnyba prie ŽŪM	12,8	15,8
E	Žuvininkystės tarnyba prie ŽŪM	9,3	12,3
F	Valstybinė gyvulių veislininkystės priežiūros tarnyba prie ŽŪM	6,3	8,8

2.2. lentelė. Pastatų aukštingumas

Sklypo aukštingumas yra vienodas. Visą likusį sklypo plotą, kurio neužima automobilių stovėjimo aikštelė, pėsčiųjų takai ir parodoms skirta teritorija, planuojama apželdinti žole. Tarp pastatų planuojama pasodinti žemaūgių medžių.

### 2.3. Architektūriniai sprendimai

Projektuojami pastatai yra administracinės paskirties. Didžiąją dalį patalpų planuojama skirti biurams. Be biuro patalpų numatomi valgomieji kambariai, kambariai skirti poilsiui, pasitarimų kambariai. Pastate „A“ septintame aukšte planuojama įrengti 280 vietų auditoriją. Pirmajame šio pastato aukšte šalia pagrindinio įėjimo numatoma patalpa vidaus ekspozicijoms. Pastatuose taip pat bus įrengiami tualetai moterims, vyrams ir neįgaliesiems, pagalbinės patalpos, dokumentų saugyklos. Dalį ploto užims koridoriai, holai, tambūrai, palėpės ir laiptinės.

Kiekviename pastate planuojama du įėjimai: pagrindinis ir atsarginis. Įėjimai numatomi pastatų galuose. Kai kurie pastatai turės papildomus avarinius išėjimus šalia laiptinių.

Kiekviename pastate numatoma po dvi laiptines. Laiptinės yra dviejų tipų: dviejų maršų ir trijų maršų. Dėl priešgaisrinių reikalavimų visos laiptinės yra uždaros. Laiptinės laiptų maršo plotis 1,8 m. Laiptų aukštelių plotis ne siauresnis kaip maršų. Prie kiekvienos laiptinės numatoma laiptų aikštelė ne mažesnė kaip 1,5 pločio. Laiptų aikštelėje paliekama saugi vieta sustoti žmogui su negalia. Kiekviename pastate numatoma įrengti po vieną liftą. Lipto ilgis ne mažesnis kaip 2,1 m. tam, kad jo viduje tilptų žmogus su neštuvais.

Pastatai pagal gaisro grėsmę priskiriami P.4.3. grupei – valdžios įstaigos, projektavimo ir konstravimo biurai, informacijos agentūros, leidyklos, redakcijos, bankai, kontoros, biurai, ambasados, teismai ir kiti įstaigų bei organizacijų administraciniai pastatai. Pagal gaisro apkrovos kategoriją pastatai priskiriami 3 kategorijai, kurios gaisro apkrovos tankis iki 600 MJ/m<sup>2</sup>. Pastatuose bus įrengiama automatinė gaisro gesinimo sistema. Koridoriuose įrengiama automatinė dūmų šalinimo sistema.

Pastatų fasadai yra stikliniai. Fasadui naudojama sistema SFB 4150 su 50mm pločio aliuminio profiliais. Profiliai jungiami paslėptomis įdėtinėmis detalėmis. Stiklo atspalvis melšvas. Pastato karkasas yra metalinis, todėl visos viduje esančios pertvaros nelaiko apkrovos. Pertvaros iš „Knauf“ sistemos W112, kurią sudaro metalinis karkasas su apšiltinamuoju sluoksniu ir garsą izoliuojančiomis dvigubo gipskartonio plokštėmis. Pertvarų storis 100mm. Pertvaros dažomos balta RAL 9010 spalva. Pertvaros tualetuose iškljuojamos plytelėmis. Grindys biuruose įrengiamos iš kiliminių plytelių „Rock“ šviesiai ir tamsiai pilkų atspalvių. Grindys pagalbinėse patalpose ir tualetuose klojamos iš plytelių. Lubos visur numatomos iš „Knauf“ gipso kartono plokščių sistemos D11, kurią sudaro metalinės tvirtinimo detalės ir gipso kartono plokštė. Lubos dažomos RAL 9003 balta spalva. Pastatų stogų viršutinė danga klojama iš dviejų sluoksnių

prilydomos bituminės dangos „Mida“. Apšiltinimo sluoksniui naudojama akmens vata „Paroc Rob 80“ ir „Paroc Ros 30“.

Visuose pastatuose numatoma įrengti rekuperacines automatines vėdinimo sistemas „Komfovent“. Jose šalinamas oras yra grąžinamas į vėdinimo įrenginį ir naudojamas tiekiamam lauko orui pašildyti.

Lauko durys ties pagrindiniais išėjimais numatomos automatinio varstymo. Plotis 2m. Vidinės durys medinės 0,9 m pločio.

## 2.4. Konstrukciniai sprendimai

**Pamatai.** Pamatai poliniai sudaryti iš poliaus ir pakolonio. Pakolonio dydžiai 1000x1000x500 mm. Polių skersmuo 800mm. Pamatams naudojamas betonas C25/30.

**Pamatinės sijos.** Pamatinės sijos monolitinės gelžbetoninės. Jų storis 200mm, o aukštis 665mm. Pamatinės plokštės apšildomos ekstruzinio polistirolo plokštėmis „Finnfoam F-300“, kurių storis 70mm. Cokolio apdaila daroma iš tinko.

**Grindys ant grunto.** Grindys ant grunto pradedamos formuoti nuo geotekstilės paklojimo ant sutankinto grunto. Ant geotekstilės pilamas 200 mm. storio skaldos sluoksnis, kuris vėliau išlyginamas ir sutankinamas. Ant skaldos dedamas apšiltinamasis sluoksnis iš polistireninio putplasčio EPS70. Vėliau dedamas skiriamasis sluoksnis ir liejamas 100 mm. storio betonas. Betono klasė C25/30. Galiausiai klojama kiliminė danga.

**Perdanga.** Perdanga projektuojama iš kiaurymėtų nepertraukiamo formavimo surenkamų gelžbetoninių plokščių. Perdangos aukštis 220 mm. Betonas C35/45 klasės. Plokštė armuojama iš anksto įtempiamą lyninę armatūrą – Y1770S. Perdangos atsparumas ugniai REI60. Plokštė atremiama į metalines sijas.

**Sijos.** Sijos suprojektuotos metalinės S355JR plieno klasės. Sijų skerspjūvis ties tarpatriumi 5,5 m. – HEA 220, o ties tarpatriumi 3,0 m. – HEA 180.

**Kolonos.** Kolonos suprojektuotos metalinės kintamo skerspjūvio. Plieno klasė S355JR. Skerspjūvis kinta ties 8 m. aukščio riba ir ties 20 m. aukščio riba. Žemiausioje dalyje suprojektuotas skerspjūvis iš profilio HEA 280, dalyje nuo 8 m. iki 20 m. profilis HEA 240, o viršutinėje dalyje profilis HEA 180. Kolonos galvena daroma iš profilio HEA 160. Kolonos į pamatus tvirtinamos standžiai per inkarinius varžtus M39 8.8 kokybės klasės. Tarpusavyje skirtingi kolonų skerspjūviai sujungiami varžtais M20.

**Santvara.** Santvara suprojektuota iš plieninių S355JR klasės kvadratinių vamzdžių. Vamzdžių skerspjūvis kinta nuo 50x50 spyriuose iki 80x80 mm viršutinėje ir apatinėje juostose. Santvaros ilgis 14 m. Santvara ant kolonų remiama šarnyriškai. Viršutinė ir apatinė juostos lygiagrečios, o spyriai išdėstyti trikampiui.

**Stogo laikančiosios konstrukcijos.** Stogo laikančiosios konstrukcijos susideda iš ilginių IPE 160, kurie remiami ant santvaros mazgų ir laikančiojo skardinio pakloto. Skardinis paklotas gaminamas iš profilio TP 153/840.

**Ryšiai.** Pastato pastovumą užtikrina ryšiai: horizontalūs išilginiai santvarų apatinės juostos plokštumoje, horizontalūs skersiniai santvarų viršutinės juostos plokštumoje, horizontalūs ryšiai viršutinių sijų plokštumoje, vertikalūs ryšiai tarp santvarų ir vertikalūs ryšiai tarp kolonų. Ryšiai tarp santvarų projektuojami iš kvadratinių vamzdžių 50x50x4, o visi kiti iš kvadratinių vamzdžių 100x100x4. Plieno klasė S275.

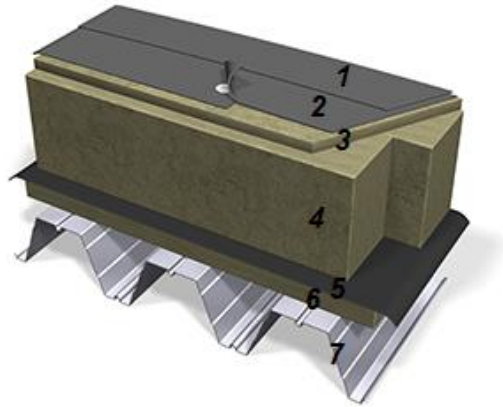
## 2.5. Stogo šilumos perdavimo koeficiento nustatymas

Pastatai suprojektuoti taip, kad atitiktų energetinio naudingumo klasę A. Šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimai buvo atlikti naudojantis STR 2.05.01:2013 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ nurodymais. [6]

Stogo denginio konstrukciją sudaro:

1. Prilydoma dangą „Mida PV S5b“ (pirmas sluoksnis),  $d_1 = 5,2mm$ ,  $\lambda_1 = 0,23W/(m \cdot K)$ ;
2. Prilydoma dangą „Mida PV S5s“ (antras sluoksnis),  $d_2 = 5mm$ ,  $\lambda_2 = 0,23W/(m \cdot K)$ ;
3. Paroc ROB 80,  $d_3 = 30mm$ ,  $\lambda_3 = 0,038W/(m \cdot K)$ ;
4. Paroc ROL 30,  $d_4 = 210mm$ ,  $\lambda_4 = 0,038W/(m \cdot K)$ ;
5. Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis  $R_5 = 0,04(m^2 \cdot K)/W$ ;
6. Paroc ROB 80,  $d_6 = 30mm$ ,  $\lambda_6 = 0,038W/(m \cdot K)$ ;
7. Profiliuotos skardos lakštai TP 153/840,  $d_7 = 0,88mm$ ,  $\lambda_7 = 50W/(m \cdot K)$ ;

Stogo konstrukcija (Pav. 2.1.):



Pav. 2.1. Stogo konstrukcija

Stogo visuminė varža:

$$R = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (2.5.1)$$

Čia:

$R_{si} = 0,1(m^2 \cdot K)/W$  - atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža,

$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$  - visų stogo sluoksnių šiluminė varža,

$R_{se} = 0,04(m^2 \cdot K)/W$  - atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža.

Atskirų sluoksnių šiluminės varžos:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,0052}{0,23} = 0,023(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.2)$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0,005}{0,23} = 0,022(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.3)$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0,03}{0,038} = 0,789(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.4)$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_4} = \frac{0,30}{0,038} = 7,895(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.5)$$

$$R_5 = 0,04(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.6)$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_6} = \frac{0,03}{0,038} = 0,789(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.7)$$

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_7} = \frac{0,00088}{50} = 0,00002 \approx 0(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.8)$$

Tuomet suminė viso stogo šiluminė varža:

$$R = 0,1 + 0,023 + 0,022 + 0,789 + 7,895 + 0,04 + 0,789 + 0,04 = 9,698(m^2 \cdot K)/W \quad (2.5.9)$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{9,698} = 0,103W/(m^2 \cdot K) < U_{norm} = 0,11W/(m^2 \cdot K)$$



### 3. Konstrukcinė dalis

Konstrukcinėje dalyje bus projektuojama metalinė 14 m. ilgio santvara, metalinės nekarpytos sijos, gelžbetoninė nepertraukiamo formavimo kiaurymėta perdanga. Taip pat bus suprojektuotos dviejų tipų kolonos: kintamo skerspjūvio metalinė ir kompozitinė. Bus atliktas šių dviejų kolonų ekonominis palyginimas.

#### 3.1. Apkrovų nustatymas

##### 3.1.1. Sniego apkrovos

Sniego apkrova, kuri tenka 1m<sup>2</sup> žemės horizontalaus paviršiaus ploto, imama atsižvelgiant nuo Lietuvos sniego apkrovos rajono. Esamu atveju priimama I sniego apkrovos rajonas, nes LR Žemės ūkio ministerija planuojama statyti ir eksploatuoti Akademijoje, Kauno r.

Sniego apkrovos charakteristinės apkrova  $s = 1,2kN/m^2$ .

Sniego apkrovos į horizontaliąją projekciją dydis nustatomas:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2kN/m^2; \quad (3.1.1)$$

čia:

$\mu_i$  – stogo sniego apkrovos formos koeficientas;

$C_e$  – atodangos koeficientas;

$C_t$  – terminis koeficientas;

Sniego poveikio dalinis patikimumo koeficientas  $\gamma_Q$  imamas lygus 1,3.

Stogo danga tvirtinama ant ilginių, o šie remiami ant santvaros mazgų ir sijų. Ilginiai išdėstomi kas 2,8 m. Sniego apkrova tenkanti vienam ilginiui:

$$S_l = S \cdot b = 1,2 \cdot 2,8 = 3,36kN/m \quad (3.1.2)$$

Dėl lenktos pastato formos kiekvienas ilginis yra skirtingo ilgio, todėl apkrovos į kiekvieną santvaros mazgą ar sijos tašką yra skirtingos. Tikslios apkrovos apskaičiuojamas naudojantis programa „Robot Structural Analysis“.

Sniego maišas nevertinamas, kadangi parapeto aukštis 0,3 m. ir jis neviršija:

$$s_k / 2 = 1,2 / 2 = 0,6m \quad (3.1.3)$$

### 3.1.2. Vėjo apkrovos

Pagal STR 2.05.04:2003 “Poveikiai ir apkrovos” Kaunas priklauso I vėjo greičio rajonui, vietovės tipas – B. Šiam rajonui vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė  $v_{ref,0} = 24 m/s$ .

Atskaitinis vėjo greitis:

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 = 24 m/s; \quad (3.1.4)$$

Čia:  $c_{DIR}, c_{TEM}, c_{ALT}$  - krypties, montavimo laiko ir aukščio virš jūros lygio koeficientai, kurie lygūs 1,0.

Atskaitinis vėjo slėgis:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24^2 = 360 N/m^2 = 0,36 kN/m^2; \quad (3.1.5)$$

Čia:  $\rho$  - oro tankis (1,25 kg/m<sup>3</sup>).

Vietovės tipas: B – miestų teritorijos, miškų masyvai ir kitos vietovės, kurios yra tolygiai užstatytos aukštesnėmis kaip 10 m kliūtimis.

Pastato aukštis – 32 m.

Vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e; \quad (3.1.6)$$

Čia:  $c(z)$  – koeficientas, priklausantis nuo vietovės reljefo ir aukščio nuo žemės paviršiaus;

Vėjo apkrovos schema ir aerodinaminiai koeficientai nustatomi pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.04:2003 4 priedo 1 lentelėje pateiktą 2-ąją schemą.

Išorinio slėgio aerodinaminiai koeficientai:

$C_e = +0,8$ ;

$C_e = -0,6$ ., nes  $b/l > 1$  ir  $h/l > 0,5$

Koeficientai  $c(z)$ :

0...5m – 0,5;

10m – 0,65;

20m – 0,85;

32m – 0,92;

40m – 1,1;

Apskaičiuojamas vidutinės slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamąsios:

$$w_{me,1} = 0,36 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,144kN/m^2; \quad (3.1.7)$$

$$w_{me,2} = 0,36 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,108kN/m^2; \quad (3.1.8)$$

$$w_{me,3} = 0,36 \cdot 0,65 \cdot 0,8 = 0,187kN/m^2; \quad (3.1.9)$$

$$w_{me,4} = 0,36 \cdot 0,65 \cdot 0,6 = 0,140kN/m^2; \quad (3.1.10)$$

$$w_{me,5} = 0,36 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 0,245kN/m^2; \quad (3.1.11)$$

$$w_{me,6} = 0,36 \cdot 0,85 \cdot 0,6 = 0,184kN/m^2; \quad (3.1.12)$$

$$w_{me,7} = 0,36 \cdot 0,92 \cdot 0,8 = 0,265kN/m^2; \quad (3.1.13)$$

$$w_{me,8} = 0,36 \cdot 0,92 \cdot 0,6 = 0,199kN/m^2; \quad (3.1.14)$$

Vėjo poveikio dalinis patikimumo koeficientas  $\gamma_Q = 1,3$ .

### 3.1.3. Naudojimo apkrovos

Pastate esančios patalpos skirstomos į kelių tipų naudojimo apkrovas:

1) B – Įstaigų plotai  $q_{naud,k1} = 2kN/m^2$ ;

2) C2 – Plotai, kuriuose gali rinktis žmonės (konferencijų salės)  $q_{naud,k2} = 4kN/m^2$

### 3.1.4. Konstrukcijų apkrovos

Nuolatinės apkrovos dauginamos iš apkrovos patikimumo koeficiento  $\gamma_G = 1,35$

Pastato sienos daromos iš aliuminio ir stiklo fasado. Trigubo stiklo paketo su aliumininiais tvirtinimais masė:

$$g_{sien} = 80kg/m^2 = 0,8kN/m^2. \quad (3.1.15)$$

$$g_{sien,d} = 0,8 \cdot 1,35 = 1,08kN/m^2. \quad (3.1.16)$$

Apytikslis santvaros svoris pagal empirinę bandymais gautą formulę:

$$g_{sant} = 0,004 \cdot (4,42 \cdot \sqrt{L} \cdot + L) = 0,004 \cdot (4,42 \cdot \sqrt{14} + 14) = 0,122kN/m^2; \quad (3.1.17)$$

$$g_{sant,d} = 0,122 \cdot 1,35 = 0,165kN/m^2; \quad (3.1.18)$$

Tarpaukštinės perdangos svoris:

Eilės nr.	Perdangos elementas	Norminė apkrova qk, kN/m <sup>2</sup>
1	Grindų kiliminė danga	0,029
2	Armuotas išlyginamasis sluoksnis (50 mm)	1,25
3	Kiaurymėtosios perdangas	3,212
		∑qk=4,491

3.1. lentelė. Tarpaukštinė perdanga

Perdangos skaičiuotinė apkrova:

$$g_{perd,d} = 4,491 \cdot 1,35 = 6,063, kN/m^2; \quad (3.1.19)$$

Stogo skaičiuojamosios apkrovos:

Eilės nr.	Stogo konstrukcijos elementas	Norminė apkrova qk, kN/m <sup>2</sup>
1	Du sluoksniai ruloninės dangos „Mida PV“	0,043
2	Paroc ROB 80, $d_3 = 30mm$	0,068
3	Paroc ROL 30, $d_4 = 210mm$	0,357
4	Paroc ROB 80, $d_6 = 30mm$	0,068
5	Profiliuotos skardos lakštai TP 153/840	0,123
		∑qk=0,659

3.2. lentelė. Stogo apkrova

Stogo skaičiuotinė apkrova:

$$g_{stog,d} = 0,659 \cdot 1,35 = 0,890, kN/m^2; \quad (3.1.20)$$

Parenkamas reikiamo profilio ilginį:

Ilginiai išdėstyti atstumu kas 2,8m ir remiami ant santvarų mazgų.

Ilginiui tenkanti apkrova nuo stogo ir sniego:

$$g_{ilg} = g_{stog} \cdot l + S \cdot l = 0,89 \cdot 2,8 + 1,2 \cdot 13 \cdot 2,8 = 6,86 kN/m \quad (3.1.21)$$

Čia  $l=2,8m$  – atstumas tarp ilginių.

Dėl lenktos pastato formos kiekvienas ilginis yra skirtingo ilgio. Profilio parinkimo skaičiavimams imamas ilgiausias pastate esantis ilginis – 5,68m.

Ilginis įtvirtintas ant santvaros mazgų kaip dviatramė sija, todėl jo lenkimo momentas:

$$M = \frac{g_{ilg} l^2}{8} = \frac{6,68 \cdot 5,68^2}{8} = 26,939 kNm \quad (3.1.22)$$

Ilginis, kaip ir visos kitos konstrukcijos, gaminamas iš S355 plieno markės. Tuomet skaičiuotinis plieno stiprumas:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,727 MPa \quad (3.1.23)$$

Reikiamas skerspjūvio atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{M_{\max}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{26,939 \cdot 10^3}{322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,0000927 = 92,7 cm^3 \quad (3.1.24)$$

Iš profilių katalogo parenkamas ilginis **IPE160**, kurio atsparumo momentas  $124 cm^3$ .

### 3.1.5. Derinių apskaičiavimas

Sudarant derinius buvo vadovautasi statybos techniniu reglamentu STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“. [7]

Pastatą veikia šio apkrovų grupės: nuolatinės apkrovos (G), sniego apkrovos (S), vėjo apkrovos (V), naudojimo apkrovos (Q).

Deriniai buvo sudaryti remiantis šia, bei kitomis, išraiškomis:

$$\sum G \cdot \gamma_G + S \cdot \gamma_Q + V \cdot \gamma_Q \cdot \varphi_{0,2} + Q \cdot \gamma_Q \cdot \varphi_{0,3} \quad (3.1.25)$$

Čia:

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,3$$

$$\varphi_{0,i} = 0,7 \text{ (sniego ir naudojimo apkrovoms)}$$

$$\varphi_{0,i} = 0,6 \text{ (vėjo apkrovoms).}$$

Vėjo apkrovos skirstomos į šiuos pogrupius:

(V1) – Vėjas, kurio kryptis X+ ašies atžvilgiu;

(V2) – Vėjas, kurio kryptis X- ašies atžvilgiu;

(V3) – Vėjas, kurio kryptis Y+ ašies atžvilgiu;

(V4) - Vėjas, kurio kryptis Y- ašies atžvilgiu.

Naudojimo apkrovos skirstomos į šiuos pogrupius:

- (Q1) – Apkrova veikianti visuose aukštuose ir visoje skersinio rėmo dalyje;
- (Q2) – Apkrova veikianti visuose aukštuose, bet tik išorinėje pastato pusėje (tarp ašių D ir C);
- (Q3) – Apkrova veikianti visuose aukštuose, bet tik vidurinėje pastato dalyje (tarp ašių B ir C);
- (Q4) – Apkrova veikianti visoje skersinio rėmo dalyje, bet tik viršutiniame aukšte (7-ame ir 8-ame);
- (Q5) – Apkrova veikianti visoje skersinio rėmo dalyje, bet tik 3-iame aukšte, 5-ame aukšte ir viršutiniame aukšte (7-ame ir 8-ame).

Viso buvo sudaryta 35 deriniai:

Nr.	Derinys
1	$G*1,35$
2	$G*1,35+S*1,30$
3	$G*1,35+V1*1,3$
4	$G*1,35+V2*1,3$
5	$G*1,35+V3*1,3$
6	$G*1,35+V4*1,3$
7	$G*1,35+Q1*1,3$
8	$G*1,35+Q2*1,3$
9	$G*1,35+Q3*1,3$
10	$G*1,35+Q4*1,3$
11	$G*1,35+Q5*1,3$
12	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6$
13	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6$
14	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6$
15	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6$
16	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6+N1*0,7$
17	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6+N2*0,7$
18	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6+N3*0,7$
19	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6+N4*0,7$
20	$G*1,35+S*1,3+V1*1,3*0,6+N5*0,7$

21	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6+N1*0,7$
22	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6+N2*0,7$
23	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6+N3*0,7$
24	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6+N4*0,7$
25	$G*1,35+S*1,3+V2*1,3*0,6+N5*0,7$
26	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6+N1*0,7$
27	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6+N2*0,7$
28	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6+N3*0,7$
29	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6+N4*0,7$
30	$G*1,35+S*1,3+V3*1,3*0,6+N5*0,7$
31	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6+N1*0,7$
32	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6+N2*0,7$
33	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6+N3*0,7$
34	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6+N4*0,7$
35	$G*1,35+S*1,3+V4*1,3*0,6+N5*0,7$

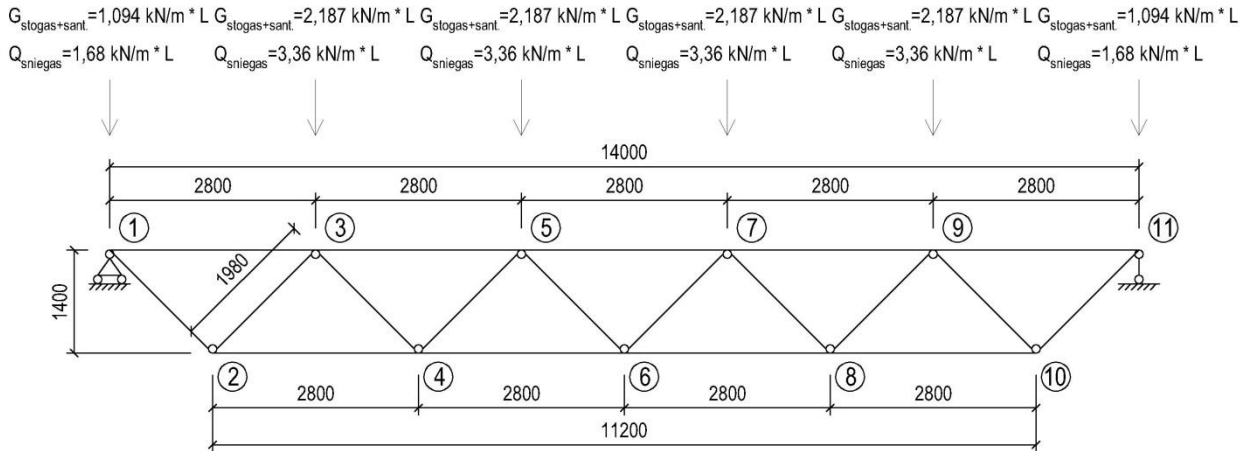
### 3.3. lentelė. Deriniai

Šie deriniai buvo sudaryti saugos ribiniam būviui. Derinių kombinacijų buvo galima sudaryti ir daugiau, tačiau skaičiavimams buvo pasirinkti būtent šie deriniai. Tinkamumo ribinio būvio deriniai pateikti prieduose.

## 3.2. Metalinės santvaros projektavimas

### 3.2.1. Santvaros įrašos

Projektuojant metalinę santvarą buvo vadovautasi Statybos techniniu reglamentu STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“. [8]



L - ilginio ilgis, m

Pav. 3.1. Santvaros schema

Žemiau pateikiama santvaros įrašų suvestinė:

Strypo numeris	Maksimali įraža, gniuždymas, kN	Maksimali įraža, tempimas, kN
<b>Apatinė juosta</b>		
2-4	-	144,494
4-6	-	214,983
6-8	-	205,263
8-10	-	131,685
<b>Viršutinė juosta</b>		
1-3	-67,166	-
3-5	-174,545	-
5-7	-204,572	-
7-9	-162,753	-
9-11	-60,295	-
<b>Spyriai</b>		
1-2	-	102,893
2-3	-101,679	-



3-4	-	50,528
4-5	-49,406	-
5-6	-6,298	-
6-7	-	7,367
7-8	-51,423	-
8-9	-	52,342
9-10	-92,620	-
10-11	-	93,841

3.4. lentelė. Santvaros įrašos

Lentelėje pateiktos įrašos nėra vienodos kairėje ir dešinėje santvaros pusėje dėl nevienodos stogo formos. Atstumai tarp santvarų yra skirtingi, todėl apkrovos vienoje pusėje yra didesnės. Skaičiuojant santvarą bus imamos didesnės įrašos ir santvara bus projektuojama simetrinė.

Santvaros viršutinė ir apatinė juostos yra vientisos, bet jose susidarantys momentai yra labai maži, todėl nevertinami.

Visi santvaros elementai projektuojami iš kvadratinių ir stačiakampių šaltai temptų vamzdžių, pagal EN 10210:2006 ir EN 10219:1997 kurių plieno klasė 355JR. Stipris pagal takumo ribą -  $f_y = 355 N / mm^2$ .

Tuomet skaičiuotinis plieno stiprumas:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,727 MPa \quad (3.2.1)$$

Čia  $\gamma_M = 1,1$  – medžiagos patikimumo koeficientas.

### 3.2.2. Santvaros apatinės juostos projektavimas

Santvaros apatinė juosta bus projektuojama vientisa iš vienodo profilio vamzdžių. Didžiausia įraža veikianti santvaroje c

Tempimo jėgos veikiamų elementų tikrinamas stiprumas, tam tikrais atvejais skerspjuvio elementų pastovumas, taip pat tikrinama, ar liaunumas neviršija ribinio liaunumo. Pasirenkame profilį pagal reikiamą skerspjuvio plotą, priimant, kad skerspjuvis yra tik centriškai tempiamas:

1. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.2)$$

Iš šios sąlygos nustatome reikalingą skerspjuvio plotą:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{214,983}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 7,01 \cdot 10^{-4} m^2 = 7,01 cm^2 \quad (3.2.2)$$

Iš sortimento parenkamas stačiakampis vamzdis: **80x80mm, t=4mm, A=11,7cm<sup>2</sup>, i=3,07cm, W=27,8cm<sup>3</sup>.**

2. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} < 1,0 \quad (3.2.3)$$

Pagal šią sąlygą tikrinamas elemento stiprumą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{214,983 \cdot 10^3}{11,7 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,60 < 1,00 \quad (3.2.4)$$

3. Strypo ribinis liaunumas:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i_y} = \frac{2,8}{0,0307} = 91 < \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.2.5)$$

Sąlyga tenkinama.

### 3.2.3. Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Santvaros viršutinė juosta projektuojama iš vienodo skerspjūvio per visą ilgį. Viršutinė juosta yra centriškai gniuždoma. Didžiausia veikianti gniuždymo įraša juostoje yra  $N_{Ed} = 204,572 kN$ .

1. Reikalingas skerspjūvio plotas A, kuriam esant bus tenkinama stiprumo sąlyga:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{204,572}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 1} = 6,34 \cdot 10^{-4} m^2 = 6,34 cm^2; \quad (3.2.6)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koeficientas.

2. Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = l_{eff} = 2,8m \quad (3.2.7)$$

3. Parenkamas preliminarus strypo liaunumas  $\lambda_0 = 90$ .

4. Nustatomas reikiamas inercijos spindulys:

$$i_y = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{2,8}{90} = 0,0311m = 3,11cm \quad (3.2.8)$$

5. Iš sortimento parenkamamas stačiakampis profilis: **80x80mm, t=5mm, A=14,4cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>=i<sub>z</sub>=3,03cm.**

6. Skaičiuojamas strypų liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{2,8}{0,0303} = 92,41 \quad (3.2.9)$$

7. Interpoliuojant surandamas klupumo koeficientas:  $\varphi = 0,502$ .

8. Surandamas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparumas:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,502 \cdot 14,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 209,963 \text{ kN} \quad (3.2.10)$$

9. Patikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{204,572}{209,963} = 0,97 \leq 1,0 \quad (3.2.11)$$

Sąlyga tenkinama.

10. Patikrinamas liaunumas:

Ribinis liaunumas pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,97 = 121,8 \quad (3.2.12)$$

Čia 
$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,97; \quad (3.2.13)$$

$\lambda = 92,41 < \lambda_{u,c} = 121,8$  Sąlyga tenkinama.

### 3.2.4. Spyrių projektavimas

Santvaros spyriai turi tenkinti sąlygas:

$$b_{1,max} \leq b_0 - 2(t_0 + t_1) = 80 - 2(5 + 4) = 62 \text{ mm}. \quad (3.2.14)$$

(priėmus sąlygą, kad spyrio profilio storis 4mm.)

$$b_{1,nim} \geq 0,6b_0 = 0,6 \cdot 80 = 48 \text{ mm}. \quad (3.2.15)$$

$$t > \frac{k_{fmin}}{1,2} = \frac{4}{1,2} = 3,33 \text{ (} k_{fmin} \text{ pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.29 lent. )} \quad (3.2.16)$$

Čia  $b_1$ - spyrio plotis,  $b_0$ - viršutinės juostos plotis,  $t_0$ - viršutinės juostos profilio storis,  $t_1$ - spyrio profilio storis,  $k_{fmin}$ - mažiausias kertinės (kampinės) siūlės statinis..

#### *Tempiamų spyrių 1-2, 10-11 projektavimas*

Šie spyriai veikiami didžiausios tempimo įrašos  $N_{Ed} = 102,893 \text{ kN}$ .

1. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.17)$$

Iš šios sąlygos nustatomas reikalingas skerspjūvio plotas:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{102,893}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 3,35 \cdot 10^{-4} m^2 = 3,35 cm^2 \quad (3.2.18)$$

Iš sortimento parenkamas stačiakampis vamzdis: **50x50mm, t=4mm, A=6,95cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>= i<sub>z</sub>=1,85cm.**

2. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} < 1,0 \quad (3.2.19)$$

Pagal šią sąlygą tikrinamas elemento stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{102,893 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,48 < 1,00 \quad (3.2.20)$$

3. Strypo ribinis liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{1,98}{0,0185} = 107 < \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.2.21)$$

Sąlyga tenkinama.

### ***Tempiamų spyrių 3-4, 8-9 projektavimas***

Šie spyriai veikiami didžiausios tempimo įrašos  $N_{Ed} = 52,342kN$ .

1. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.22)$$

Iš šios sąlygos nustatomas reikalingas skerspjūvio plotas:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{52,342}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 1,71 \cdot 10^{-4} m^2 = 1,71 cm^2 \quad (3.2.23)$$

Iš sortimento parenkamas stačiakampis vamzdis: **50x50mm, t=4mm, A=6,95cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>= i<sub>z</sub>=1,85cm.**

2. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} < 1,0 \quad (3.2.24)$$

Pagal šią sąlygą tikrinamas elemento stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{52,342 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,24 < 1,00 \quad (3.2.25)$$

3. Skaičiuojamasis strypo ilgis:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0,9 \cdot l_{eff} = 0,9 \cdot 1,98 = 1,782 \text{ m} \quad (3.2.26)$$

4. Strypo ribinis liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{1,782}{0,0185} = 96 < \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.2.27)$$

Sąlyga tenkinama.

### *Tempiamo spyrio 6-7 projektavimas*

Šie spyriai veikiami didžiausios tempimo įrašos  $N_{Ed} = 7,367 \text{ kN}$ .

1. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.2.28)$$

Iš šios sąlygos nustatomas reikalingas skerspjūvio plotas:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{7,367}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 0,24 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,24 \text{ cm}^2 \quad (3.2.29)$$

Iš sortimento parenkamas stačiakampis vamzdis: **50x50mm, t=4mm, A=6,95cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>=i<sub>z</sub>=1,85cm.**

2. Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} < 1,0 \quad (3.2.30)$$

Pagal šią sąlygą tikrinamas elemento stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{7,367 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,03 < 1,00 \quad (3.2.31)$$

3. Skaičiuojamasis strypo ilgis:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0,9 \cdot l_{eff} = 0,9 \cdot 1,98 = 1,782 \text{ m} \quad (3.2.32)$$

4. Strypo ribinis liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{1,782}{0,0185} = 96 < \lambda_{u,t} = 400 \quad (3.2.33)$$

Sąlyga tenkinama.

### **Gniuždomų spyrių 2-3, 9-10 projektavimas**

Didžiausia veikianti gniuždymo įrąža spyriuose yra  $N_{Ed} = 101,679kN$ .

11. Reikalingas skerspjūvio plotas A, kuriam esant bus tenkinama stiprumo sąlyga:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{101,679}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 1} = 3,15 \cdot 10^{-4} m^2 = 3,15 cm^2; \quad (3.2.34)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koeficientas.

12. Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0,9 \cdot l_{eff} = 0,9 \cdot 1,98 = 1,782 m \quad (3.2.35)$$

13. Parenkamas preliminarus strypo liaunumas  $\lambda_0 = 120$ .

14. Nustatomas reikiamas inercijos spindulys:

$$i_y = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{1,782}{120} = 0,0149 m = 1,49 cm \quad (3.2.36)$$

15. Iš sortimento parenkamas stačiakampis profilis: **50x50mm, t=5mm, A=8,36cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>=i<sub>z</sub>=1,8cm.**

16. Skaičiuojamas strypų liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{1,782}{0,018} = 99 \quad (3.2.37)$$

17. Interpoliuojant surandamas klupumo koeficientas:  $\varphi = 0,453$ .

18. Surandamas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparumas:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,453 \cdot 8,36 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 109,997 kN \quad (3.2.38)$$

19. Patikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{101,679}{109,997} = 0,92 \leq 1,0 \quad (3.2.39)$$

Sąlyga tenkinama.

20. Patikrinamas liaunumas:

Ribinis liaunumas pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 210 - 60 \cdot \alpha = 210 - 60 \cdot 0,92 = 156 \quad (3.2.40)$$

Čia 
$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,92; \quad (3.2.41)$$

$\lambda = 99 < \lambda_{u,c} = 156$  Sąlyga tenkinama.

Pagal konstrukcinius reikalavimus profilių storiai turi skirtis ne mažiau kaip per 2mm, todėl gniuždomiems spyriams 2-3, 9-10 parenkamas profilis **50x50x6**.

### *Gniuždomų spyrių 4-5, 7-8 projektavimas*

Didžiausia veikianti gniuždymo įrąža spyriuose yra  $N_{Ed} = 51,423kN$ .

21. Reikalingas skerspjūvio plotas A, kuriam esant bus tenkinama stiprumo sąlyga:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{51,423}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 1} = 1,59 \cdot 10^{-4} m^2 = 1,59 cm^2; \quad (3.2.42)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koeficientas.

22. Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0,9 \cdot l_{eff} = 0,9 \cdot 1,98 = 1,782 m \quad (3.2.43)$$

23. Parenkamas preliminarus strypo liaunumas  $\lambda_0 = 120$ .

24. Nustatomas reikiamas inercijos spindulys:

$$i_y = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{1,782}{120} = 0,0149 m = 1,49 cm \quad (3.2.44)$$

25. Iš sortimento parenkamas stačiakampis profilis: **50x50mm, t=4mm, A=6,95cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>=i<sub>z</sub>=1,85cm.**

26. Skaičiuojamas strypų liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{1,782}{0,0185} = 96 \quad (3.2.45)$$

27. Interpoliuojant surandamas klupumo koeficientas:  $\varphi = 0,476$ .

28. Surandamas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparumas:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,476 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 96,088 kN \quad (3.2.46)$$

29. Patikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{51,423}{96,088} = 0,53 \leq 1,0 \quad (3.2.47)$$

Sąlyga tenkinama.

30. Patikrinamas liaunumas:

Ribinis liaunumas pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 210 - 60 \cdot \alpha = 210 - 60 \cdot 0,53 = 178,2 \quad (3.2.48)$$

Čia 
$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,53; \quad (3.2.49)$$

$\lambda = 96 < \lambda_{u,c} = 178,2$  Sąlyga tenkinama.

### ***Gniuždomo spyrio 5-6 projektavimas***

Didžiausia veikianti gniuždymo įrašą spyriuose yra  $N_{Ed} = 6,298kN$ .

31. Reikalingas skerspjūvio plotas A, kuriam esant bus tenkinama stiprumo sąlyga:

$$A_{net,d} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{6,298}{322,727 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,19 \cdot 10^{-4} m^2 = 0,19 cm^2; \quad (3.2.50)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koeficientas.

32. Skaičiuojamieji strypo ilgiai:

$$l_{y,eff} = l_{z,eff} = 0,9 \cdot l_{eff} = 0,9 \cdot 1,98 = 1,782 m \quad (3.2.51)$$

33. Parenkamas preliminarus strypo liaunumas  $\lambda_0 = 120$ .

34. Nustatomas reikiamas inercijos spindulys:

$$i_y = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{1,782}{120} = 0,0149 m = 1,49 cm \quad (3.2.52)$$

35. Iš sortimento parenkamas stačiakampis profilis: **50x50mm, t=4mm, A=6,95cm<sup>2</sup>, i<sub>y</sub>=i<sub>z</sub>=1,85cm.**

36. Skaičiuojamas strypų liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{1,782}{0,0185} = 96 \quad (3.2.53)$$

37. Interpoluojant surandamas klupumo koeficientas:  $\varphi = 0,476$ .

38. Surandamas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparumas:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,476 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 96,088 kN \quad (3.2.54)$$

39. Patikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{6,298}{96,088} = 0,07 \leq 1,0 \quad (3.2.55)$$

Sąlyga tenkinama.



40. Patikrinamas liaunumas:

Ribinis liaunumas pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.18 lentelę:

$$\lambda_{u,c} = 210 - 60 \cdot \alpha = 210 - 60 \cdot 0,07 = 205,8 \quad (3.2.56)$$

Čia 
$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,07; \quad (3.2.57)$$

$\lambda = 96 < \lambda_{u,c} = 205,8$  Sąlyga tenkinama.

Žemiau pateikiama santvaros strypų suvestinė:

Strypo numeris	Strypo mm	ilgis,	Strypo skerspjūvis	Skerspjūvio plotas, cm <sup>2</sup>	Skerspjūvio masė, kg/m	Strypo masė, kg
<b>Apatinė juosta</b>						
2-4	2800		□80x50x4	9,59	7,53	21,1
4-6	2800		□80x50x4	9,59	7,53	21,1
6-8	2800		□80x50x4	9,59	7,53	21,1
8-10	2800		□80x50x4	9,59	7,53	21,1
<b>Viršutinė juosta</b>						
1-3	2800		□80x80x5	14,4	11,3	31,6
3-5	2800		□80x80x5	14,4	11,3	31,6
5-7	2800		□80x80x5	14,4	11,3	31,6
7-9	2800		□80x80x5	14,4	11,3	31,6
9-11	2800		□80x80x5	14,4	11,3	31,6
<b>Spyriai</b>						
1-2	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
2-3	1980		□50x50x6	10,2	7,99	15,8
3-4	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
4-5	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
5-6	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
6-7	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
7-8	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
8-9	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
9-10	1980		□50x50x6	10,2	7,99	15,8
10-11	1980		□50x50x4	6,95	5,45	10,8
Santvaros elementų masė, kg:						360,4
Siūlėms 1%, kg:						3,6
Bendroji santvaros masė, kg:						<b>364</b>

3.5. lentelė. Santvaros strypų suvestinė

### 3.2.5. Mazgų projektavimas

#### *Atraminio mazgo nr. 1 projektavimas*

*Tempiamojo santvaros tinklo spyrio 1-2 ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas*

1. Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklo elemento, išplėšimo atsparumo tikrinimas

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

$$\text{Kadangi} \quad \frac{|N_0|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{67,166 \cdot 10^3}{14,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6} = 0,14 < 0,5, \quad (3.2.58)$$

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

Čia  $N_1 = 102,893 \text{ kN}$  - ašinė tempimo jėga,  $A_0 = 14,4 \text{ cm}^2 = 14,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  - santvaros viršutinės juostos plotas,  $f_{y,d} = 322,727 \text{ N/mm}^2$  - tempiamasis stiprumas pagal takumo ribą.

$$\text{Santvaros juostos iškyša:} \quad a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,08 - 0,05}{2} = 0,015 \text{ m}. \quad (3.2.59)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_1 = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,05}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ m}. \quad (3.2.60)$$

Pusė tarpo tarp spyrio ir atraminės briaunos:  $g = 0,032/2 = 0,016 \text{ m}$ .

$$\text{Kadangi} \quad \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,05}{0,08} = 0,625 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_1} = \frac{0,016}{0,071} = 0,225 < 0,25, \quad (3.2.61)$$

tai santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparumas tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_1) a \sin \theta_1}, \quad (3.2.62)$$

Čia  $\gamma_c = 0,95$  - darbo sąlygų koef.,  $\gamma_1 = 1,2$  - įrašos ženklų prijungiamajame elemente įtakos koef., lenkiamasis momentas tinklo elemente ties juostos kraštu -  $M_1 = 0$ ;

$$102,893 \cdot 10^3 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,05} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2 (0,071 + 0,016 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015})}{0,015 \cdot \sin 45^\circ} = 117,926 \text{ kN}$$

(3.2.63)

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

2. Tinklelio elemento atsparumo tikrinimas jo prijungimo prie viršutinės juostos srityje

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

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8, \quad (3.2.64)$$

$$50/4 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8, \quad (3.2.65)$$

$$12,5 < 42,77.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklo skerspjūvio dydžiai.

Tinklelio elemento atsparumo tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,2} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.2.66)$$

Čia lenkiamasis momentas tinklo elemente  $M_2=0$ ;

$$102,893 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,08}{0,005}} = 269,154 \text{ kN} \quad (3.2.67)$$

Tinklelio elemento atsparumas jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

3. Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumo tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios skersmuo  $d_w = 1,5 \text{ mm}$ , o charakteristinis stiprumas:

$$f_{vw,u} = 530 \text{ MPa}$$

Plieno stiprumas pagal stiprumo ribą (šaltai formuotų tuščiavidurių statybinių profilių iš nelegiruoto konstrukcinio plieno, STR 2.05.08:2005 6.8 lent.):

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2 \text{ MPa}, \quad (3.2.68)$$

čia  $\gamma_{Mw} = 1,25$  - virintinės siūlės metalo patikimumo koef.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa}, \quad (3.2.69)$$

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.2.70)$$

$$220,5 \text{ MPa} < 233,2 \text{ MPa} < 220,5 \frac{1,05}{0,9} = 257,3 \text{ MPa}. \quad (3.2.71)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumas turi tenkinti nelygybę:

$$\left( |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.2.72)$$

$$\frac{102,893 \cdot 10^3 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,08 / 0,005)}{0,9 \cdot 0,004 \cdot (2 \cdot 0,05 / \sin 45^\circ + 0,05)} < 0,95 \cdot 233,2 \quad (3.2.73)$$

$$108,6 \text{ MPa} < 221,54 \text{ MPa}$$

Virinimo siūlių, jungiančių gniuždomą tinklo elementą su juosta, atsparumas yra pakankamas.

#### 4. Virintinės siūlės, jungiančios santvaros viršutinę juostą su atramine plokšte tikrinimas.

Santvaros viršutinė juosta su atramine plokštele sujungiama tėjine jungtimi. Virintinė jungtis turi tenkinti nelygybę:

$$\frac{N_{Ed}}{1,15 \cdot t \cdot l_w \cdot f_{th,d} \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.2.74)$$

Skaičiuotinis tempiamasis plieno stiprumas gaminio storio kryptimi:

$$f_{th,d} = 0,5 f_u / \gamma_M = \frac{0,5 \cdot 470}{1,1} = 213,636 MPa \quad (3.2.75)$$

Vienpusės virintinės siūlės ilgis:

$$l_w = l = 4b_0 = 80 \cdot 4 = 320 mm \quad (3.2.76)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{1,15 \cdot t \cdot l_w \cdot f_{th,d} \gamma_c} = \frac{102,893 \cdot 10^3}{1,15 \cdot 5 \cdot 320 \cdot 213,636 \cdot 0,9} = 0,3 \leq 1,0 \quad (3.2.77)$$

Sąlyga tenkinama.

### 5. Atraminės jungties (santvaros prijungimo prie kolonos) skaičiavimas

Sujungimą veikia atraminė reakcija  $N_{Ed} = 112,699 kN$ . Santvaros viršutinė juosta prie atraminės plokštelės jungiama kertinėmis siūlėmis prieš tai paviršių apdirbant plieniniais šepėčiais. Atraminė plokštelė atremiama į koloną ir prijungiama varžtais prie vertikalios plokštelės. Jungtyje naudojami neįtemptieji konstrukciškai priimti varžtai 5.6 klasės M20 skersmens 4 vnt. varžtai. Atraminės plokštelės storis preliminariai priimamas 16mm (STR 2.05.08:2005 8 priedas 2.2 lent.)

Varžtų išdėstymo apribojimai (STR 2.05.08:2005, 7.31 lentelė) :

- mažiausiai atstumai tarp varžtų centrų:  $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55 mm$ ,
- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų:  $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 22 = 176 mm$ .
- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto :  $1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 mm$
- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto:  $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 22 = 88 mm$

$d_0$  - varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) (STR 2.05.08:2005, 7 priedas, 3.1 lentelė)

*Siūlių, jungiančių atraminę plokštelę su viršutine santvaros juosta, atsparumo tikrinimas*

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$\sum l_{eff} = l = 80 \cdot 4 = 320 mm \quad (3.2.78)$$

Minimalus siūlės statinis  $k_{f,min} = 3 mm$ . Maksimalus siūlės statinis  $k_{f,max} = 1,2 t_1 = 1,2 \cdot 5 = 6 mm$ .

Kertinės siūlės statinis priimamas  $k_f = 5mm$

Patikrinamas sąlyginis kirpimas (STR 2.05.08:2005, 152 p.):

- per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{112,699 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,005 \cdot 0,320 \cdot 233,2 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,29 \leq 1,0 \quad (3.2.79)$$

- per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{112,699 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 0,005 \cdot 0,320 \cdot 220,5 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,30 \leq 1,0 \quad (3.2.80)$$

Sąlygos tenkinamos.

#### *Patikrinamas atraminės plokštelės atsparumas glemžimui*

Pagal varžtų išdėstymo atstumus priimami flanšo dydžiai 200mm plotis ir 220 mm aukštis.

Atraminės plokštelės apatinės dalies plotas, kuriuo remiamasi į koloną:

$$A_{net} = b \cdot t_p = 200 \cdot 16 = 3200mm^2 \quad (3.2.81)$$

Atstumas nuo atraminės plokštelės apačios iki sąstandos  $a_p = 25mm$ .

Patikrinama sąlyga:

$$1,5t_p = 1,5 \cdot 16 = 24mm < a_p = 25mm \quad (3.2.82)$$

Dėl pastarosios sąlygos reikia patikrinti ar įtempiai, veikiant atraminei reakcijai, neturi viršyti skaičiuotinio glemžiamojo plieno stiprio:

$$f_{p,d} = f_u / \gamma_M = \frac{470}{1,1} = 427,273MPa \quad (3.2.83)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net} \cdot f_{p,d} \cdot \gamma_c} = \frac{112,699 \cdot 10^3}{3200 \cdot 427,273 \cdot 1} = 0,08 < 1 \quad (3.2.84)$$

Sąlyga tenkinama.

#### **Mazgo nr. 2 projektavimas**

Šiame mazge santvaros apatinė juosta susikerta su tempiamu spyriu 1-2, kurio didžiausia įraža yra 102,893 kN ir gniuždomu spyriu 2-3, kurio didžiausia įraža yra 101,679 kN.

*Gniuždomo tinklo spyrio 2-3 ir santvaros apatinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.*

1. Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparumo tikrinimas.

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

Kadangi elementas yra gniuždomas, o santykis:

$$\frac{|N_0|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{144,494 \cdot 10^3}{11,7 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6} = 0,38 < 0,5, \quad (3.2.85)$$

tai ašinės jėgos įtakos koeficientas  $\gamma_0 = 1$ .

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,08 - 0,05}{2} = 0,015 \text{ m.} \quad (3.2.86)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_1 = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,05}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ m.} \quad (3.2.87)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklo strypų:

$$g = 0,009 / 2 = 0,0045 \text{ m} \quad (3.2.88)$$

Kadangi  $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,05}{0,08} = 0,63 < 0,9$  ir  $\frac{g}{c_1} = \frac{0,0045}{0,071} = 0,06 < 0,25$ , tai santvaros apatinės juostos,

veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparumas tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_1) a \sin \theta_1}, \quad (3.2.89)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koef.,  $\gamma_1 = 1$  - įrašos ženklų prijungiamajame elemente įtakos koef., lenkiamasis momentas tinklo elemente ties juostos kraštu –  $M_1 = 0$ ;

$$101,679 \cdot 10^3 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,05} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,0045^2 (0,071 + 0,0045 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0045 / 0,071) \cdot 0,015 \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$= 117,890 \text{ kN}$$

(3.2.90)

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo strypo, praspaudimo atsparumas yra pakankamas.

2. Santvaros apatinės juostos sienutės pastovumo atsparumo tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį,  $\gamma_t = 1,0$ , nes  $h_0/t_0 = 80/4 = 20 \leq 25$ .

Patikrinama sąlyga :  $b_1/b_0 = 50/80 = 0,625 < 0,85$ ,

Todėl juostos sienutės atsparumo mazgo plokštumoje skaičiuoti nereikia.

### 3. Tinklelio elemento atsparumo tikrinimas jo prijungimo prie apatinės juostos srityje

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

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8, \quad (3.2.91)$$

$$50/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8, \quad (3.2.92)$$

$$10 < 42,77.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklo skerspjūvio dydžiai.

Tinklelio elemento atsparumo tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.2.93)$$

Čia lenkiamasis momentas tinklo elemente  $M_2=0$ ;

$$101,679\text{kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 8,36 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,08}{0,004}} = 214,127\text{kN} \quad (3.2.94)$$

Tinklelio elemento atsparumas jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

### 4. Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumo tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios skersmuo  $d_w = 1,5\text{mm}$ , o charakteristinis stiprumas:

$$f_{vw,u} = 530\text{MPa}$$

Plieno stiprumas pagal stiprumo ribą (šaltai formuotų tuščiavidurių statybinių profilių iš nelegiruoto konstrukcinio plieno, STR 2.05.08:2005 6.8 lent.):

$$f_u = 490\text{MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2\text{MPa}, \quad (3.2.95)$$



čia  $\gamma_{Mw} = 1,25$  - virintinės siūlės metalo patikimumo koef.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa}, \quad (3.2.96)$$

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.2.97)$$

$$220,5 \text{ MPa} < 233,2 \text{ MPa} < 220,5 \frac{1,05}{0,9} = 257,3 \text{ MPa}. \quad (3.2.98)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumas turi tenkinti nelygybę:

$$\left( |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.2.99)$$

$$\frac{101,679 \cdot 10^3 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,08 / 0,004)}{0,9 \cdot 0,004 \cdot (2 \cdot 0,05 / \sin 45^\circ + 0,05)} < 1 \cdot 233,2 \quad (3.2.100)$$

$$140,2 \text{ MPa} < 233,2 \text{ MPa}$$

Virinimo siūlių, jungiančių gniuždomą tinklo elementą su juosta, atsparumas yra pakankamas.

*Tempiamojo tinklo spyrio 1-2 ir santvaros apatinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.*

1. Santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklo elemento, išplėšimo atsparumo tikrinimas.

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

$$\text{Kadangi} \quad \frac{|N_0|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{144,494 \cdot 10^3}{11,7 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6} = 0,38 < 0,5, \quad (3.2.101)$$

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

Čia  $N_0 = 102,893 \text{ kN}$  - ašinė tempimo jėga,  $A_0 = 11,7 \text{ cm}^2 = 11,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  - santvaros apatinės juostos plotas,  $f_{y,d} = 322,727 \text{ N/mm}^2$  - tempiamasis stiprumas pagal takumo ribą.

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,08 - 0,05}{2} = 0,015 \text{ m.} \quad (3.2.102)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0,05}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ m.} \quad (3.2.103)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklo strypų:  $g = 0,009 / 2 = 0,0045 \text{ m.}$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,05}{0,08} = 0,625 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,0045}{0,071} = 0,06 < 0,25, \quad (3.2.104)$$

tai santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparumas tikrinamas pagal nelybę:

$$|N_2| + \frac{1,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_2 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g/c_2) a \sin \theta_2}, \quad (3.2.105)$$

Čia  $\gamma_c = 0,95$  - darbo sąlygų koef.,  $\gamma_1 = 1,2$  - įrašos ženkle prijungiamajame elemente įtakos koef., lenkiamasis momentas tinklo elemente ties juostos kraštu –  $M_2 = 0$ ;

$$102,893 \cdot 10^3 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,05} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,004^2 (0,071 + 0,0045 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0045 / 0,071) \cdot 0,015 \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$= 134,395 kN \quad (3.2.106)$$

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

## 2. Tinklelio elemento atsparumo tikrinimas jo prijungimo prie apatinės juostos srityje

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

$$b_2/t_2 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8, \quad (3.2.107)$$

$$50/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8, \quad (3.2.108)$$

$$10 < 42,77.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklo skerspjūvio dydžiai.

Tinklelio elemento atsparumo tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,2} A_2}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.2.109)$$

Čia lenkiamasis momentas tinklo elemente  $M_2=0$ ;

$$102,893 \text{ kN} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,08}{0,004}} = 202,934 \text{ kN} \quad (3.2.110)$$

Tinklelio elemento atsparumas jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

### 3. Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumo tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios skersmuo  $d_w = 1,5 \text{ mm}$ , o charakteristinis stiprumas:

$$f_{vw,u} = 530 \text{ MPa}$$

Plieno stiprumas pagal stiprumo ribą (šaltai formuotų tuščiavidurių statybinių profilių iš nelegiruoto konstrukcinio plieno, STR 2.05.08:2005 6.8 lent.):

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2 \text{ MPa}, \quad (3.2.111)$$

čia  $\gamma_{Mw} = 1,25$  - virintinės siūlės metalo patikimumo koef.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa}, \quad (3.2.112)$$

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.2.113)$$

$$220,5 \text{ MPa} < 233,2 \text{ MPa} < 220,5 \frac{1,05}{0,9} = 257,3 \text{ MPa}. \quad (3.2.114)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumas turi tenkinti nelygybę:

$$\left( |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.2.115)$$

$$\frac{102,893 \cdot 10^3 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,08 / 0,004)}{0,9 \cdot 0,004 \cdot (2 \cdot 0,05 / \sin 45^\circ + 0,05)} < 0,95 \cdot 233,2 \quad (3.2.116)$$

$$141,8 \text{MPa} < 221,5 \text{MPa}$$

Virinimo siūlių, jungiančių gniuždomą tinklo elementą su juosta, atsparumas yra pakankamas.

### **Mazgo nr. 3 projektavimas**

Šiame mazge viršutinė santvaros juosta susijungia su gniuždomu tinklo spyriu 2-3 ir tempiamu tinklo spyriu 3-4. Tempiamo spyrio maksimali įrąža yra 50,528kN, o gniuždomo spyrio didžiausia įrąža yra 101,679kN.

*Gniuždomo tinklo spyrio 2-3 ir santvaros viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas.*

#### **1. Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparumo tikrinimas.**

Įrąžos ženklų koeficientas:  $\gamma_1 = 1$ , nes tinklo elementas yra gniuždomas

Kadangi elementas yra gniuždomas, o santykis:

$$\frac{|N_0|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{67,166 \cdot 10^3}{14,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6} = 0,14 < 0,5, \quad (3.2.117)$$

tai ašinės jėgos įtakos koeficientas  $\gamma_0 = 1$ .

$$\text{Santvaros juostos iškyša: } a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,08 - 0,05}{2} = 0,015 \text{ m.} \quad (3.2.118)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_1 = \frac{h_1}{\sin \theta_1} = \frac{0,05}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ m.} \quad (3.2.119)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklo strypų:

$$g = 0,009 / 2 = 0,0045 \text{m} \quad (3.2.120)$$

Kadangi  $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,05}{0,08} = 0,63 < 0,9$  ir  $\frac{g}{c_1} = \frac{0,0045}{0,071} = 0,06 < 0,25$ , tai santvaros apatinės juostos,

veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparumas tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_1 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_1) a \sin \theta_1}, \quad (3.2.121)$$

Čia  $\gamma_c = 1$  - darbo sąlygų koef.,  $\gamma_1 = 1$  - įrašos ženklą prijungiamajame elemente įtakos koef., lenkiamasis momentas tinklo elemente ties juostos kraštu –  $M_1 = 0$ ;

$$101,679 \cdot 10^3 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,05} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,006^2 (0,071 + 0,0045 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0045 / 0,071) \cdot 0,015 \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$= 184,204 kN \quad (3.2.122)$$

Santvaros apatinės juostos, veikiamos gniuždomojo strypo, praspaudimo atsparumas yra pakankamas.

## 2. Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atsparumo tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje.

Koeficientas, įvertinantis juostos sienutės liaunį,  $\gamma_t = 1,0$ , nes  $h_0/t_0 = 50/5 = 10 \leq 25$ .

Patikrinama sąlyga:  $b_1/b_0 = 50/80 = 0,625 < 0,85$ ,

Todėl juostos sienutės atsparumo mazgo plokštumoje skaičiuoti nereikia.

## 3. Tinklelio elemento atsparumo tikrinimas jo prijungimo prie viršutinės juostos srityje

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

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8, \quad (3.2.123)$$

$$50/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8, \quad (3.2.124)$$

$$10 < 42,77.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklo skerspjūvio dydžiai.

Tinklelio elemento atsparumo tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d,1} A_1}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.2.125)$$

Čia lenkiamasis momentas tinklo elemente  $M_2=0$ ;

$$101,679\text{kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 8,36 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,08}{0,006}} = 223,344\text{kN} \quad (3.2.126)$$

Tinklelio elemento atsparumas jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

4. Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumo tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios skersmuo  $d_w = 1,5\text{mm}$ , o charakteristinis stiprumas:

$$f_{vw,u} = 530\text{MPa}$$

Plieno stiprumas pagal stiprumo ribą (šaltai formuotų tuščiavidurių statybinių profilių iš nelegiruoto konstrukcinio plieno, STR 2.05.08:2005 6.8 lent.):

$$f_u = 490\text{MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2\text{MPa}, \quad (3.2.127)$$

čia  $\gamma_{Mw} = 1,25$  - virintinės siūlės metalo patikimumo koef.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5\text{MPa}, \quad (3.2.128)$$

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.2.129)$$

$$220,5\text{MPa} < 233,2\text{MPa} < 220,5 \frac{1,05}{0,9} = 257,3\text{MPa}. \quad (3.2.130)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumas turi tenkinti nelygybę:

$$\left( |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0 / t_0}{\beta_{wf} k_f (2h_1 / \sin \theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.2.131)$$

$$\frac{101,679 \cdot 10^3 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,08 / 0,006)}{0,9 \cdot 0,004 \cdot (2 \cdot 0,05 / \sin 45^\circ + 0,05)} < 1 \cdot 233,2 \quad (3.2.132)$$

$$134,3MPa < 233,2MPa$$

Virinimo siūlių, jungiančių gniuždomą tinklo elementą su juosta, atsparumas yra pakankamas.

*Tempiamojo tinklo spyrio 3-4 ir santvaros viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas*

1. Santvaros viršutinės juostos, veikiamo tempiamojo tinklo elemento, išplėšimo atsparumo tikrinimas

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

Kadangi 
$$\frac{|N_0|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{67,166 \cdot 10^3}{14,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^6} = 0,14 < 0,5, \quad (3.2.133)$$

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

Čia  $N_0 = 50,528kN$ - ašinė tempimo jėga,  $A_0 = 14,4cm^2 = 14,4 \cdot 10^{-4}m^2$ - santvaros apatinės juostos plotas,  $f_{y,d} = 322,727N/mm^2$ - tempiamasis stiprumas pagal takumo ribą.

Santvaros juostos iškyša: 
$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,08 - 0,05}{2} = 0,015 \text{ m}. \quad (3.2.134)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c_2 = \frac{h_2}{\sin \theta_2} = \frac{0,05}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ m}. \quad (3.2.135)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklo strypų:  $g = 0,009 / 2 = 0,0045 \text{ m}$ .

Kadangi 
$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{0,05}{0,08} = 0,625 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c_2} = \frac{0,0045}{0,071} = 0,06 < 0,25, \quad (3.2.136)$$

tai santvaros apatinės juostos, veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparumas tikrinamas pagal nelygybę:

$$|N_2| + \frac{1,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c_2 + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_2) a \sin \theta_2}, \quad (3.2.137)$$

Čia  $\gamma_c = 0,95$  - darbo sąlygų koef.,  $\gamma_1 = 1,2$  - įrašos ženkle prijungiamajame elemente įtakos koef., lenkiamasis momentas tinklo elemente ties juostos kraštu –  $M_2 = 0$ ;

$$50,528 \cdot 10^3 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,05} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 0,006^2 \left(0,071 + 0,0045 + \sqrt{2 \cdot 0,08 \cdot 0,015}\right)}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0045 / 0,071) \cdot 0,015 \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$= 209,992 \text{ kN} \quad (3.2.138)$$

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

## 2. Tinklelio elemento atsparumo tikrinimas jo prijungimo prie viršutinės juostos srityje

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

$$b_2/t_2 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8, \quad (3.2.139)$$

$$50/5 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727^2 - 0,2 \cdot 322,727 + 81,8, \quad (3.2.140)$$

$$10 < 42,77.$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklo skerspjūvio dydžiai.

Tinklelio elemento atsparumo tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,2} A_2}{1 + 0,013 b_0 / t_0} \quad (3.2.141)$$

Čia lenkiamasis momentas tinklo elemente  $M_2 = 0$ ;

$$50,528 \text{ kN} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 322,727 \cdot 10^6 \cdot 6,95 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,08}{0,006}} = 211,669 \text{ kN} \quad (3.2.142)$$

Tinklelio elemento atsparumas jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

## 3. Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumo tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios skersmuo  $d_w = 1,5 \text{ mm}$ , o charakteristinis stiprumas:

$$f_{vw,u} = 530 \text{ MPa}$$

Plieno stiprumas pagal stiprumo ribą (šaltai formuotų tuščiavidurių statybinių profilių iš nelegiruoto konstrukcinio plieno, STR 2.05.08:2005 6.8 lent.):



$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2 \text{ MPa}, \quad (3.2.143)$$

čia  $\gamma_{Mw} = 1,25$  - virintinės siūlės metalo patikimumo koef.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa}, \quad (3.2.144)$$

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.2.145)$$

$$220,5 \text{ MPa} < 233,2 \text{ MPa} < 220,5 \frac{1,05}{0,9} = 257,3 \text{ MPa}. \quad (3.2.146)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklo elementus prie juostų, atsparumas turi tenkinti nelygybę:

$$\left( |N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + 0,01b_0/t_0}{\beta_{wf}k_f(2h_1/\sin\theta_1 + b_1)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d}; \quad (3.2.147)$$

$$\frac{50,528 \cdot 10^3 \cdot (0,75 + 0,01 \cdot 0,08/0,006)}{0,9 \cdot 0,004 \cdot (2 \cdot 0,05/\sin 45^\circ + 0,05)} < 0,95 \cdot 233,2 \quad (3.2.148)$$

$$66,7 \text{ MPa} < 221,5 \text{ MPa}$$

Virinimo siūlių, jungiančių gniuždomą tinklo elementą su juosta, atsparumas yra pakankamas.

### ***Kitų santvaros mazgų tikrinimas***

Santvaros mazgai nr. 4 ir nr. 6 yra analogiškai mazgui nr. 2. Juose taip pat vienas gniuždomas spyris ir vienas tempiamas spyris susijungia apatinėje santvaros juostoje. Atstumas tarp tinklo strypų yra toks pat, posvyrio kampas toks pat ir spyrių profiliai tokie patys. Skiriasi tik spyriuose veikiančios įrašos – jos yra maždaug per pus mažesnės. Remiantis šiais duomenimis priimama, kad mazgo nr. 4 ir nr 6 visos sąlygos yra tenkinamos.

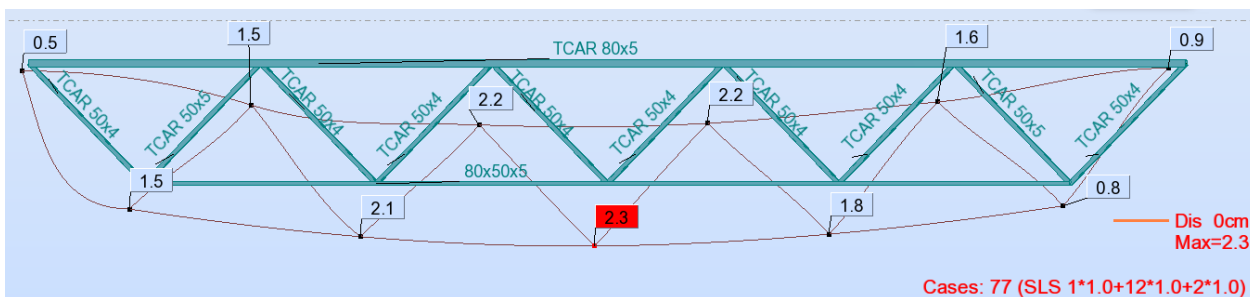
Santvaros mazgas nr. 5 yra analogiškas mazgui nr. 3. Jame taip pat vienas gniuždomas spyris ir vienas tempiamas spyris susijungia viršutinėje santvaros juostoje. Atstumas tarp tinklo strypų yra toks pat, posvyrio kampas toks pat ir spyrių profiliai tokie patys. Skiriasi tik spyriuose veikiančios įrašos – jos yra daug mažesnės. Remiantis šiais duomenimis priimama, kad mazgo nr. 5 visos sąlygos yra tenkinamos.

Visi kiti santvaros mazgai (7, 8, 9, 10 ir 11) yra simetriniai kitų mazgų atžvilgiu.

### Statybinės pakyls skaičiavimas

Projektuojamo pastato stogas yra plokščias (skersinio rėmo kryptimi), todėl statybinė pakyla yra lygi šių dedamųjų sumai: įlinkio nuo charakteristinių apkrovų ir ribinis įlinkio, kuris lygus  $l/200$  santvaros tarpatramio.

Įlinkis nuo charakteristinių apkrovų buvo suskaičiuotas su programa „Autodesk Robot Structural Analysis 2015“ ir jis lygus:  $d_1=2,3$  cm.



Pav. 3.2. Santvaros įlinkis nuo charakteristinių apkrovų

Įlinkis pagal santvaros tarpatramį:

$$d_2 = \frac{l}{200} = \frac{1400}{200} = 7\text{ cm}$$

Statybinės pakyls aukštis:

$$h_{st} = d_1 + d_2 = 2,3 + 7 = 9,3\text{ cm} = 93\text{ mm}; \quad (3.2.149)$$

### 3.3. Gelžbetoninės nepertraukiamo formavimo kiaurymėtosios perdangos projektavimas

#### 3.3.1. Pradiniai duomenys

##### *Pastato charakteristika*

Projektuojama perdanga gaminama nepertraukiamo formavimo būdu. Atstumas tarp metalinių sijų, ant kurių bus remiamos perdangos yra kintamas dėl pastato išgaubtos formos. Plokštės skaičiavimui imamas didžiausias atstumas:  $L = l_n = 6,4m$ . Plokštės atrėmimo ilgis:  $a = 0,1m$ .

Plokštės konstrukcinis ilgis:

$$l_k = l_n - (2a) = 6,4 - 2 \cdot 0,1 = 6,2m \quad (3.3.1)$$

Tarpai tarp plokščių galų užmonolitunami.

Pastato plotų panaudojimo kategorija – C2: Plotai su fiksuotomis vietomis atsisėsti - konferencijų salė, auditorija. Charakteristinė naudojimo apkrova ant perdangos -  $q_k = 4kN/m^2$ .

Pastato atsparumo ugniai laipsnis – I. Pastatas priskiriamas statinių grupei – P.2.2 Administracinės paskirties pastatai (valstybinė įstaiga). Perdangos atsparumas ugniai – REI60. Pastato aplinkos sąlygų klasė – X0, o patalpų santykinis oro drėgnis  $RH = 50\%$ .

Plokštės nominalusis plotis -  $b_n = 1,2m$ .

Grindų konstrukciją sudaro šie sluoksniai: kiliminė danga, armuoto betono sluoksnis  $d=50mm$ , skiriamasis sluoksnis, smūgio garso izoliacija PAROC SSB1  $d=20mm$ , gelžbetoninė perdanga ir pakabinamos lubos.

##### ***Nepertraukiamo formavimo kiaurymėtosios perdangos medžiagos, konstravimo ypatumai ir gamyba***

Plokštė gaminama ir normaliojo C35/45 klasės betono ir armuojama vien tik įtemptą lynine armatūra. Plokštėje nėra skersinės armatūros ir tinklų lentynose.

Iš anksto įtemptoji lyninė armatūra – Y1770S. Ši armatūra įtempta mechaniniu būdu į atsparas. Įtempto lyno ilgis 110m. Plokštė kietinama šutinant ( $\Delta t = 65^\circ C$ ).

Betono stiprumas apspaudimo metu:

$$f_{cp} = 0,8f_{ck} \quad (3.3.2)$$

### 3.3.2. Plokštės naudojimo situacijos ribinių būvių nustatymas

#### *Apkrovos ir poveikiai*

Lentelėje nurodyti plokštę veikiančios apkrovos:

Nr.	Sluoksnis	Charakteristinė apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Poveikių patikimumo koef. ( $\gamma$ )		Skaičiuotinės poveikių reikšmės, kN/m <sup>2</sup>	
			Tinkamumo ribiniams būviams	Saugos ribiniams būviams	Tinkamumo ribiniams būviams	Saugos ribiniams būviams
Nuolatinės apkrovos (G)						
1.	Kiliminė danga	0,03	1,00	1,35	0,03	0,04
2.	Armuto betono sl. d=50mm	1,10	1,00	1,35	1,10	1,49
3.	Skiriamasis sl.	0,002 ~ 0	-	-	-	-
4.	Smūgio garso izoliacija PAROC SSB1 d=20mm	0,03	1,00	1,35	0,03	0,04
5.	Gelžbetoninė perdanga	3,60	1,00	1,35	3,60	4,86
6.	Pakabinamos gipskartonio lubos 2sl.	0,18	1,00	1,35	0,18	0,24
$\Sigma$		4,94	-	-	4,94	6,67
Kintamos apkrovos (Q)						
1.	Naudojimo apkrova	4,00	1,00	1,30	4,00	5,20

3.6. lentelė. Perdangos apkrovos

Priimama, kad sijos, į kurią remiasi perdanga yra 300mm pločio. Tuomet tarpai tarp plokčių  $t=0,1m$ . Plokštės tarpatramio skaičiuojamasis ilgis nustatomas:

$$l_{eff} = l_n - 2t/2 - 2(1/2)a = 6,4 - 2 \cdot 0,1/2 - 2 \cdot (1/2) \cdot 0,1 = 6,2m \quad (3.3.3)$$

Charakteristinės ir skaičiuotinės apkrovų poveikių reikšmės (tinkamumo ribiniams būviams), kai perdangos  $b_n = 1,2m$ :

- Plokštės savojo svorio (charakteristinė):

$$g_{ks} = g_{sd2} b_n = 3,60 \cdot 1,2 = 4,32 kN/m \quad (3.3.4)$$

- Nuolatinių apkrovų (charakteristinė):

$$g_k = g_{sd2} b_n = 4,94 \cdot 1,2 = 5,93 kN/m \quad (3.3.5)$$

- Naudojimo apkrovų (charakteristinė):

$$q_k = q_{sd2} b_n = 4,0 \cdot 1,2 = 4,80 kN/m \quad (3.3.6)$$

- Naudojimo apkrovų tariamai nuolatinės dalies, kai  $\psi_2 = 0,6$ :

$$q_{k,lt} = \psi_2 q_k b_n = 0,6 \cdot 4,0 \cdot 1,2 = 2,88 kN/m \quad (3.3.7)$$

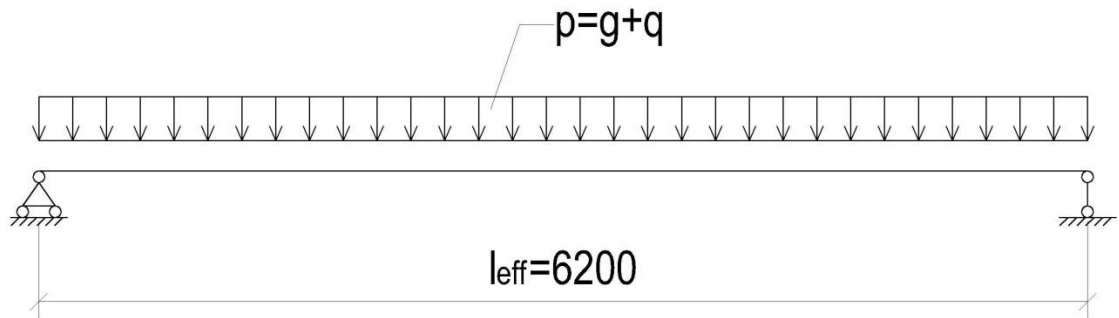
- Visos apkrovos:

$$p_k = g_k + q_k = 5,93 + 4,80 = 10,73 kN/m \quad (3.3.8)$$

- Nuolatinės ir tariamai nuolatinės:

$$p_{gk} = g_k + q_k = 5,93 + 2,88 = 8,81 kN/m \quad (3.3.9)$$

Plokštės skaičiuojamoji schema pavaizduota žemiau. Plokštė atremiama šarnyriškai.



Pav. 3.3. Perdangos skaičiuojamoji schema

Plokštės įrašos, sukeltos charakteristinių poveikių, tinkamumo ribiniams būviams:

$$M_{Ek} = p_k l_{eff}^2 / 8 = 10,73 \cdot 6,2^2 / 8 = 51,56 kNm \quad (3.3.10)$$

$$M_{Egk} = p_{gk} l_{eff}^2 / 8 = 8,81 \cdot 6,2^2 / 8 = 42,33 kNm \quad (3.3.11)$$

$$M_{Egk1} = g_{k1} l_{eff}^2 / 8 = 4,32 \cdot 6,2^2 / 8 = 20,76 kNm \quad (3.3.12)$$

$$V_{Egk} = p_{gk} l_{eff} / 2 = 8,81 \cdot 6,2 / 2 = 27,31 kNm \quad (3.3.13)$$

Skaičiuotinės apkrovų reikšmės saugos ribiniams būviams:

- Plokštės savojo svorio ir grindų konstrukcijos:

$$g_d = g_{d2} b_n = 6,67 \cdot 1,2 = 8,0 kN/m \quad (3.3.14)$$

- Visos apkrovos:

$$p_d = (g_{d2} + q_{d2}) b_n = (6,67 + 5,2) \cdot 1,2 = 14,24 kN/m \quad (3.3.15)$$

Skaičiuotiniai apkrovų poveikių efektai saugos ribiniams būviams (nuolatinėi situacijai):

- Didžiausias lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = p_d l_{eff}^2 / 8 = 14,24 \cdot 6,2^2 / 8 = 68,42 kNm \quad (3.3.16)$$

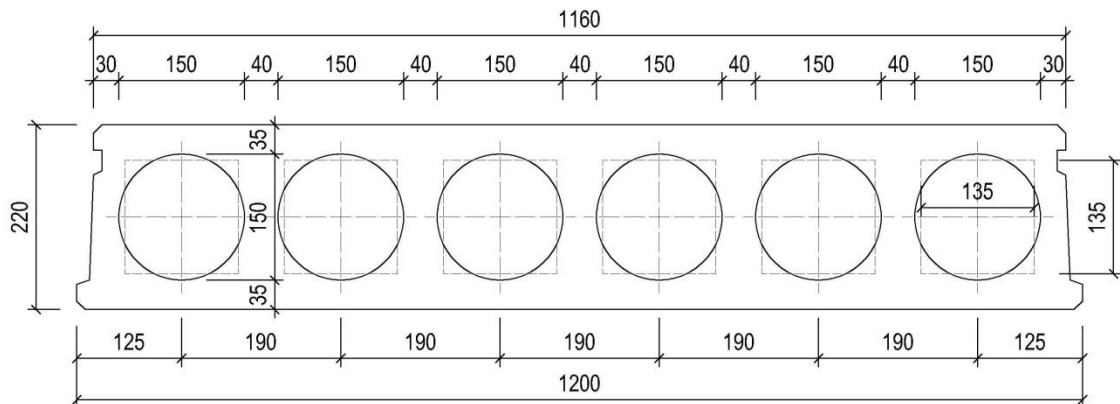
- Didžiausia skersinė jėga:

$$V_{Ed} = p_d l_{eff} / 2 = 14,24 \cdot 6,2 / 2 = 44,14 kNm \quad (3.3.17)$$

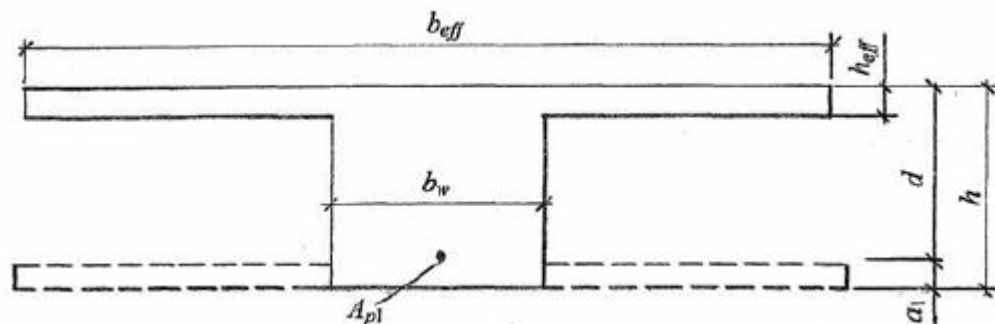
### *Plokštės skerspjūvio matmenų nustatymas*

Nepertraukiamo formavimo įtemptojo gelžbetonio kiaurymėtosios perdangos skerspjūvio dydžiai parodyti 3.4. pav. žemiau.

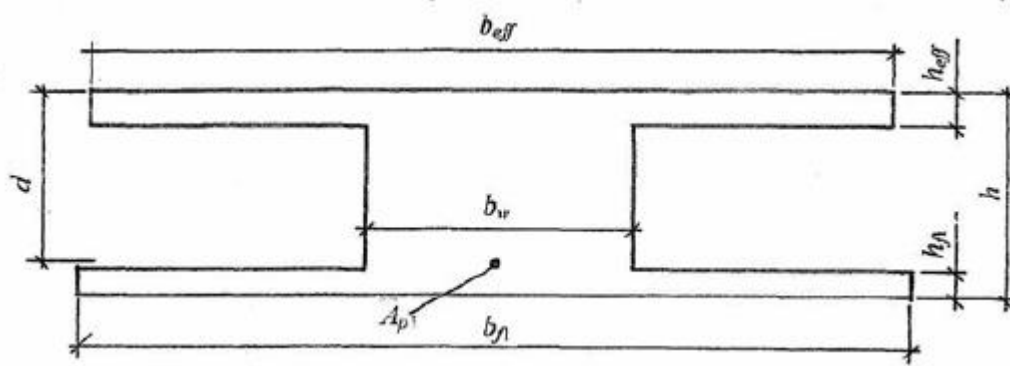
a)



b)



c)



Pav. 3.4. Perdangos skerspjūviai: a) tikrais b) skaičiuotinis saugos ribiniams būviams c) skaičiuotinis tinkamumo ribiniams būviams

Plokštės skerspjūvio aukštis:

$$h \cong l_{eff} / 30 = 6,2 / 30 = 0,206m \quad (3.3.18)$$

Priimama, kad  $h = 0,22m$ .

Skerspjūvio darbo aukštis:

$$d = h - a_1 = 0,220 - 0,035 = 0,185m \quad (3.3.19)$$

Kiti skerspjūvio dydžiai: plotis  $b_1 = 0,150m$  (čia  $R=0,750m$ ), viršutinės lentynos storis  $h_{eff} = 0,035m$ , apatinės  $h_{f1} = 0,035m$ . Briaunų pločiai: vidurinių –  $0,05m$ , kraštinių  $0,03m$ .

Skaičiuojant perdangos saugos ribinius būvius, skaičiuotinis tėjinio skerspjūvio gniuždomosios lentynos storis  $h_{eff} = 0,035m$ . Santykis:

$$h_{eff} / h = 0,035 / 0,22 = 0,159m > 0,1 \quad (3.3.20)$$

Todėl skaičiuojant imamas visas lentynos plotis  $b_{eff} = 1,160m$ .

Skaičiuotinis briaunos plotis:

$$b_w = b_{eff} - 5 \cdot b_1 = 1,16 - 5 \cdot 0,15 = 0,410m \quad (3.3.21)$$

Skaičiuojant perdangos tinkamumo ribinius būvius, imamas dvitėjinis skaičiuotinis skerspjūvis. Apskritos kiaurymės keičiamos kvadratinėmis. Kraštinės dydis:

$$h_1 = b_1 = 0,9 \cdot D = 0,9 \cdot 0,15 = 0,135m \quad (3.3.22)$$

Tuomet ekvivalentiško perdangos skerspjūvio dydžiai bus tokie:

$$h = 0,22m;$$

$$b_{eff} = 1,160m ;$$

$$h_{eff} = h_{f1} = (D - h_1)/2 + (h - D)/2 = (0,15 - 0,135)/2 + 0,035 = 0,043m ; \quad (3.3.23)$$

$$b_w = b_{eff} - 5b_1 = 1,160 - 5 \cdot 0,135 = 0,485m \quad (3.3.24)$$

### **Betono ir armatūros savybių rodikliai**

Normaliojo C35/45 stiprio gniuždant klasės betono mechaninių savybių rodikliai:

$$f_{ck} = 35MPa, f_{ctk,0,05} = 2,2MPa, E_{cm} = 34 \cdot 10^3 MPa .$$

Betono apspaudimo stiprumas:

$$f_{cp} = 0,8f_{ck} = 0,8 \cdot 35 = 28MPa \quad (3.3.25)$$

Skaičiuotiniai betono stipriai saugos ribiniams būviams:

$$f_{cp} = \alpha \cdot \alpha_c \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1 \cdot 35 / 1,5 = 21MPa \quad (3.3.26)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1 \cdot 2,2 / 1,5 = 1,32MPa \quad (3.3.27)$$

Skaičiuotiniai betono stipriai tinkamumo ribiniams būviams:

$$f_{cd} = 0,9 \cdot 1 \cdot 35 / 1 = 31,5MPa \quad (3.3.28)$$

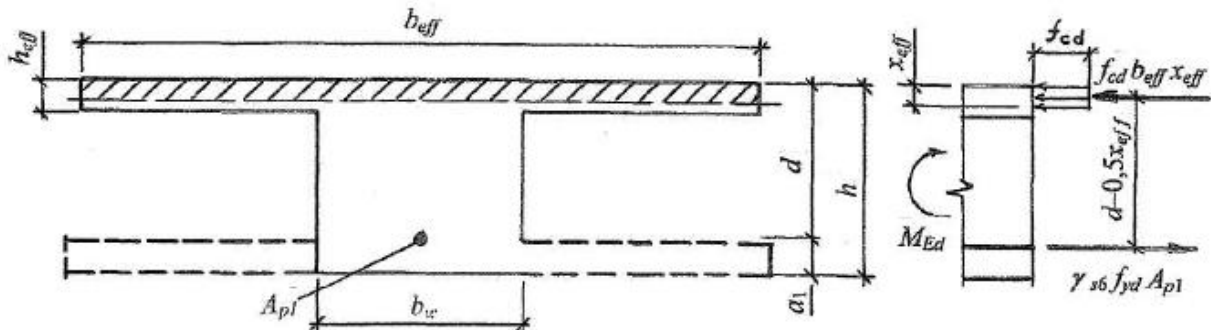
$$f_{ctd} = 0,9 \cdot 1 \cdot 2,2 / 1 = 1,98MPa \quad (3.3.29)$$

Plokštė armuojama iš anksto įtempta lynine armatūra Y1770S klasės, kurios mechaninių savybių rodikliai:  $f_{pk} = 1770MPa$ ,  $f_{yd} = f_{p0,1d} = 1250MPa$ ,  $f_{yk} = f_{p0,1k} = 1520MPa$ ,

$E_{sm} = 195 \cdot 10^3 MPa$ . Lynų skersmuo  $d = 9,3mm$ . Vieno lyno skerspjūvio plotas  $A_l = 51mm^2$ .

### **Preliminarus iš anksto įtemptos armatūros skaičiavimas**

Iš anksto įtemptoji armatūra skaičiuojama pagal schemą:



Pav. 3.5. Plokštės normalinio pjūvio stiprumo skaičiuotinė schema



Pradiniai armatūros išankstiniai įtempiai:

$$\sigma_p = 0,75f_{yk} = 0,75 \cdot 1520 = 1140MPa \quad (3.3.30)$$

Patikrinama sąlyga pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.05:2005 [9] 12.1 formulę:

$$\sigma_p + p = 1140 + 57 < f_{yk} = 1520MPa \quad (3.3.31)$$

Čia:

$$p = 0,05 \cdot \sigma_p = 0,05 \cdot 1140 = 57Mpa \quad (3.3.32)$$

Sąlyga tenkinama.

Armatūros įtempimo tikslumo koeficientas:

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp} = 1 \pm 0,1 \quad (3.3.33)$$

Čia  $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$ , kai armatūra įtempinama mechaniniu būdu.

Skaičiuojant stiprį imama:  $\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9$ , todėl armatūros išankstiniai įtempiai bus:

$$\sigma_p = 0,9 \cdot 1140 = 1026MPa \quad (3.3.34)$$

Iš anksto įtemtosios armatūros skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal momentą:  
 $M_{Ed} = 68,42kNm$ .

Priimama, kad neutralioji ašis yra gniuždomoje lentynoje, o koeficientas:

$$\mu_{Ed} = M_{Ed} / f_{cd} b_{eff} d^2 = 0,06842 / 21 \cdot 1,16 \cdot 0,185^2 = 0,082 \quad (3.3.35)$$

Santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,082} = 0,086 \quad (3.3.36)$$

Kadangi:

$$x = \xi_{eff} d = 0,086 \cdot 0,185 = 0,016 < h_{eff} = 0,035m \quad (3.3.37)$$

tai neutralioji ašis yra lentynoje.

Gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = \alpha - 0,008f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 21 = 0,682 \quad (3.3.38)$$

Čia  $\alpha = 0,85$  koeficientas, įvertinantis betono rūšį. Mūsų atveju tai sunkusis betonas.

Armatūros įtempiai, kai naudojami lynai:

$$\sigma_{s,lim} = f_{yd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1026 = 624MPa \quad (3.3.39)$$

Gniuždomosios zonos armatūros įtempiai:  $\sigma_{sc,lim} = 500MPa$ .

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{lim} = \omega / (1 + (\sigma_{s,lim} / \sigma_{sc,lim})(1 - \omega / 1,1)) = 0,682 / (1 + (624 / 500)(1 - 0,682 / 1,1)) = 0,463 \quad (3.3.40)$$

Armatūros darbo sąlygų koeficientas:

$$\gamma_{s6} = \eta - (n - 1)(2\xi_{eff} / \xi_{lim} - 1) = 1,15 - (1,15 - 1)(2 \cdot 0,086 / 0,463 - 1) = 1,2 > \eta = 1,15 \quad (3.3.41)$$

Čia  $\eta = 1,15$  armatūros lynams.

Priimama  $\gamma_{s6} = 1,15$ .

Iš anksto įtemptosios armatūros skerspjūvio plotas, kai  $A_{p2} = 0$  ir  $b = b_{eff} = 1,16m$ :

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} b_{eff} \xi_{eff} d}{f_{yd} \gamma_{s6}} = \frac{21 \cdot 1,16 \cdot 0,093 \cdot 0,185}{1250 \cdot 1,15} = 2,916 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Prenkiami 7 strypus  $\phi 9.3$  mm skersmens, kurių  $A_{p1} = 3,52 \cdot 10^{-4} m^2$ .

### ***Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio geometriniai rodikliai***

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned} A_{eff} &= b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha_e \cdot A_{p1} = \\ &= 0,485 \cdot 0,22 + (1,16 - 0,485) \cdot 0,043 + (1,2 - 0,485) \cdot 0,043 + 5,74 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} = 0,1685 m^2 \end{aligned} \quad (3.3.42)$$

Čia armatūros ir betono tamprumo modulių santykis:

$$\alpha_e = E_{sm} / E_{cm} = 195 \cdot 10^3 / 34 \cdot 10^3 = 5,74 \quad (3.3.43)$$

Statinis skerspjūvio momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$\begin{aligned} S_{eff} &= 0,5 b_w h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5 h_{eff}) + 0,5 (b_{f1} - b_w) h_{f1}^2 + \alpha_e A_{p1} \alpha_1 = \\ &= 0,5 \cdot 0,485 \cdot 0,22^2 + (1,16 - 0,485) \cdot 0,043 \cdot (0,22 - 0,5 \cdot 0,043) + 0,5 \cdot (1,2 - 0,485) \cdot 0,043^2 + \\ &\quad + 5,74 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} \cdot 0,035 = 0,01823 m^3 \end{aligned} \quad (3.3.44)$$

Atstumas nuo ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro iki plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_{sc} = S_{eff} / A_{eff} = 0,01823 / 0,1685 = 0,108 m \quad (3.3.45)$$

Ekvivalentiško skerspjūvio inercijos momentas 0 – 0 ašies atžvilgiu:

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w h^3}{12} + b_w h (0,5h - y_{sc})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) h^3}{12} + (b_{eff} - b_w) h_{eff} (h - y_{sc} - 0,5h_{eff})^2 + \\
&+ \frac{(b_{f1} - b_w) h_{f1}^3}{12} + (b_{f1} - b_w) h_{f1} (y_{sc} - 0,5h_{f1})^2 + \alpha_e A_{pl} (y_{sc} - \alpha_1)^2 = \\
&= \frac{0,485 \cdot 0,22^3}{12} + 0,485 \cdot 0,22 \cdot (0,5 \cdot 0,22 - 0,108)^2 + \frac{(1,16 - 0,485) \cdot 0,22^3}{12} + \\
&+ (1,16 - 0,485) \cdot 0,043 \cdot (0,22 - 0,108 - 0,5 \cdot 0,043)^2 + \frac{(1,2 - 0,485) \cdot 0,043^3}{12} + \\
&+ (1,2 - 0,485) \cdot 0,043 \cdot (0,108 - 0,5 \cdot 0,043)^2 + 5,74 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} \cdot (0,108 - 0,035)^2 = \\
&= 0,00043 + 0 + 0,0006 + 0,00024 + 0 + 0,00023 + 0,00001 = 0,00151 m^4 \quad (3.3.46)
\end{aligned}$$

Skerspjūvio atsparumo momentai atitinkamai plokštės apatinio ir viršutinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff1} = I_{eff} / y_{sc} = 0,00151 / 0,108 = 0,01398 m^3 \quad (3.3.47)$$

$$W_{eff2} = I_{eff} / (h - y_{sc}) = 0,00151 / (0,22 - 0,108) = 0,01348 m^3 \quad (3.3.48)$$

Skerspjūvio atsparumo momentai, įvertinant betono plastines deformacijas:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1} = 1,5 \cdot 0,01398 = 0,02097 m^3 \quad (3.3.49)$$

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 0,01348 = 0,02022 m^3 \quad (3.3.50)$$

Čia  $\gamma = 1,5$ , nes:

$$b_{eff} / b_w = 1,16 / 0,485 = 2,39 < 6 \quad (3.3.51)$$

### ***Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai***

Pradiniai armatūros įtempiai, kai  $\gamma_{sp} = 1$  :

$$\sigma_p = \gamma_{sp} \cdot \sigma_p = 1 \cdot 1140 = 1140 MPa \quad (3.3.52)$$

Apspaudimo jėgos P ekscentricitetas:

$$e_p = y_{sc} - a_1 = 0,108 - 0,035 = 0,073 m \quad (3.3.53)$$

Pirmieji įtempimų nuostoliai dėl relaksacijos, kai armatūra įtempama mechaniniu būdu:

$$\Delta\sigma_{pr} = (0,22\sigma_p / f_{p0,1k} - 0,1)\sigma_p = (0,22 \cdot 1140 / 1520 - 0,1) \cdot 1140 = 188,1 MPa \quad (3.3.54)$$

Įtempimų nuostoliai dėl inkarų deformacijų:

$$\Delta\sigma_l = (\Delta l / l) E_p = (2,45 / 115500) \cdot 195 \cdot 10^3 = 4,1 \text{ MPa} \quad (3.3.55)$$

Čia:  $\Delta l = 1,25 + 0,15\phi = 1,25 + 0,15 \cdot 8 = 2,45 \text{ mm},$  (3.3.56)

$l = 115500 \text{ mm}$  - įtempiamo lyno ilgis.

Betono apspaudimo jėga atleidus armatūrą iš atsparų:

$$P_{m0} = (\sigma_p - \Delta\sigma_p - \Delta\sigma_l) \cdot A_{p1} = (1140 - 188,1 - 4,1) \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} = 0,333 \text{ MN} \quad (3.3.57)$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros svorio centru nuo apspaudimo jėgos  $P_{m0}$  ir plokštės savojo svorio sukeliama lenkimo momento  $M_{Egk}$ :

$$\begin{aligned} \sigma_{cp1} &= P_{m0} / A_{eff} + P_{m0} e_p (\gamma_{sc} - a_1) / I_{eff} - M_{Egk} (\gamma_{sc} - a_1) / I_{eff} = 0,333 / 0,1685 + \\ &+ 0,333 \cdot 0,073 \cdot (0,108 - 0,035) / 0,00151 - 0,02076 \cdot (0,108 - 0,035) / 0,00151 = 2,1 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.3.58)$$

Įtempių nuostoliai dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 0,85 \cdot 40 (\sigma_{cp1} / f_{cp}) = 0,85 \cdot 40 \cdot (2,1 / 28) = 2,6 \text{ MPa} \quad (3.3.59)$$

Kadangi koeficientas:

$$a = 0,25 + 0,025 f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 28 = 0,95 > 0,8 \quad (3.3.60)$$

Priimama  $a=0,8$ .

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp2} &= P_{m0} / A_{eff} - P_{m0} e_p (h - \gamma_{sc}) / I_{eff} + M_{Egk} (h - \gamma_{sc}) / I_{eff} = 0,333 / 0,1685 - \\ &- 0,333 \cdot 0,073 \cdot (0,22 - 0,108) / 0,00151 - 0,02076 \cdot (0,22 - 0,108) / 0,00151 = 1,7 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.3.61)$$

Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomosios zonos armatūroje dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 0,85 \cdot 40 (\sigma_{cp2} / f_{cp}) = 0,85 \cdot 40 \cdot (1,7 / 28) = 2,1 \text{ MPa} \quad (3.3.62)$$

Pirmieji armatūros išankstinių įtempių nuostoliai:

$$\sum \Delta\sigma_{p1} = \Delta\sigma_{p1} + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{pc1,1} = 188,1 + 4,1 + 2,6 = 194,8 \text{ MPa} \quad (3.3.63)$$

Antrieji armatūros išankstinių įtempių nuostoliai. Kadangi betonas C35/45 klasės, o gaminiai kietinami šūtinant, tai įtempių nuostoliai dėl betono susitraukimo  $\Delta\sigma_{pc} = 50 \text{ MPa}$ .

Betono apspaudimo jėga, įvertinus pirmuosius įtempių nuostolius.

$$P_{m1} = (\sigma_p - \sum \Delta\sigma_{p1}) \cdot A_{p1} = (1140 - 194,8) \cdot 3,52 \cdot 10^2 = 0,333MN \quad (3.3.64)$$

Betono gniuždymo įtempiai ties  $S_p$  armatūros svorio centru, kuriuos sukelia jėga  $P_{m1}$ :

$$\sigma_{cp1} = P_{m1} / A_{eff} + P_{m1} e_p (y_{sc} - a_1) / I_{eff} = 0,333 / 0,1685 + \\ + 0,333 \cdot 0,073 \cdot (0,108 - 0,035) / 0,00151 = 3,1MPa \quad (3.3.65)$$

Armatūros įtempių nuostoliai dėl ilgalaikio betono valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 0,85 \cdot 150 \cdot (\sigma_{cp1} / f_{cp}) = 0,85 \cdot 150 \cdot (3,1 / 28) = 14,1MPa \quad (3.3.66)$$

Betono įtempiai kraštutiniame tariamai gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2} = P_{m1} / A_{eff} + P_{m1} e_p (h - y_{sc}) / I_{eff} = 0,333 / 0,1685 + \\ + 0,333 \cdot 0,073 \cdot (0,22 - 0,108) / 0,00151 = 3,8MPa \quad (3.3.67)$$

Antrieji armatūros įtempių nuostoliai:

$$\sum \Delta\sigma_{p2} = \Delta\sigma_{pc} + \Delta\sigma_{pc2,1} = 50 + 14,1 = 64,1MPa \quad (3.3.68)$$

Visi (suminiai) armatūros išankstinių įtempių nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{p,com} = \sum \Delta\sigma_{p1} + \sum \Delta\sigma_{p2} = 194,8 + 64,1 = 258,9MPa > 100MPa \quad (3.3.69)$$

Armatūros išankstiniai įtempiai, atmetus visus jų nuostolius:

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{p,com} = 1140 - 258,9 = 881,1MPa \quad (3.3.70)$$

Vidutinė betono apspaudimo jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius:

$$P_m = \sigma_{pm} A_{p1} = 881,1 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} = 0,310MN \quad (3.3.71)$$

Betono apspaudimo jėgos reikšmės tinkamumo ribiniams būviams:

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} P_m = 1,1 \cdot 0,310 = 0,341MN \quad (3.3.72)$$

$$P_{d,inf} = \gamma_{sp} P_m = 0,9 \cdot 0,310 = 0,279MN \quad (3.3.73)$$

### ***Plokštės normalinio pjūvio stiprumo įvertinimas***

Skaičiuojant atsižvelgiama į faktiškus armatūros išankstinius įtempius.

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{lim} = \omega / (1 + (\sigma_{s,lim} / \sigma_{sc,lim})(1 - \omega / 1,1)) = 0,682 / (1 + (768,9 / 500)(1 - 0,682 / 1,1)) = 0,430 \quad (3.3.74)$$

Čia:

Gniuždomosios zonos charakteristika  $\omega = 0,682$ ,

Gniuždomosios zonos armatūros įtempiai:  $\sigma_{sc,lim} = 500MPa$ ,

Armatūros įtempiai:

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - (\sigma_p - \Delta\sigma_{p.com}) = 1250 + 400 - (1140 - 258,9) = 768,9MPa \quad (3.3.75)$$

Armatūros darbo sąlygų koeficientas  $\gamma_{s6}$  nepasikeičia, todėl  $\gamma_{s6} = 1,15$ .

Gniuždomosios zonos aukštis iš  $\sum N = 0$ :

$$x_{eff} = \gamma_{s6} f_{pd} A_{p1} / b_{eff} f_{cd} = 1,15 \cdot 1250 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} / 1,16 \cdot 21 = 0,021m < h_{eff} = 0,035m \quad (3.3.76)$$

$$\xi_{eff} = x_{eff} / d = 0,021 / 0,185 = 0,114 < \xi_{lim} = 0,430 \quad (3.3.77)$$

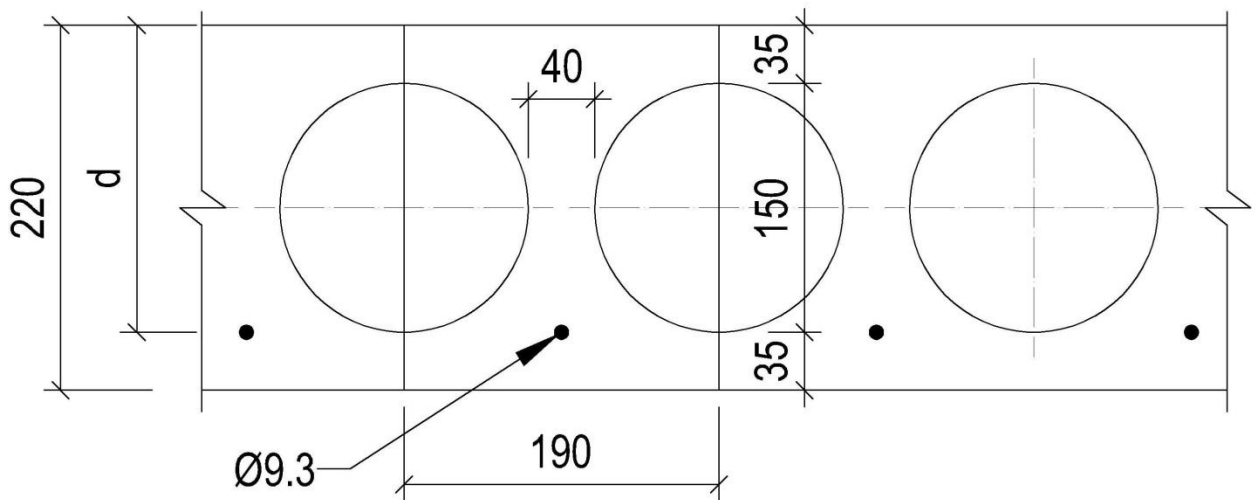
Patikrinama sąlyga  $M_{Ed} < M_{Rd}$ :

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= \gamma_{s6} f_{pd} A_{p1} (d - 0,5x_{eff}) = 1,15 \cdot 1250 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} (0,22 - 0,5 \cdot 0,021) = \\ &= 0,106MNm > M_{Rd} = 0,068MNm \end{aligned} \quad (3.3.78)$$

Sąlyga tenkinama, plokštės normalinio pjūvio stiprumas pakankamas.

#### ***Plokštės įstrižųjų pjūvių stiprumo skersinių jėgų atžvilgiu skaičiavimas***

Plokštės įstrižųjų pjūvių stipriui apskaičiuoti imamas jos ekvivalentiško skerspjūvio fragmentas, kurio plotis 190mm. Jo charakteristikos:  $A_{eff} = 0,0241m^2$ ,  $\gamma_{sc} = 0,108m$ ,  $I_{eff} = 0,000144m^4$ .



Pav. 3.6. Plokštės skerspjūvio fragmentas įstrižųjų pjūvių stipriui apskaičiuoti

Kiekvieno išilginio lyno išankstinio įtempimo jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius:

$$P_{m\infty} = \sigma_{pm} \cdot A_{p1} / 7 = 881,1 \cdot 3,52 \cdot 10^{-4} / 7 = 0,044MN \quad (3.3.79)$$

Skaičiuotinė nuolatinė apkrova  $g_d = 6,67kN/m^2$ , o laikinoji apkrova  $q_d = 5,2kN/m^2$ .

Apkrovų poveikiai  $b_{eff} = 0,190m$  plokštės ruožui:

Visų apkrovų:

$$p_d = (g_d + q_d) b_{eff} = (6,67 + 5,2) \cdot 0,190 = 2,255kN/m \quad (3.3.80)$$

Nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų:

$$p_{effd} = (g_d + q_d / 2) b_{eff} = (6,67 + 5,2 / 2) \cdot 0,190 = 1,761kN/m \quad (3.3.81)$$

Didžiausia skersinė jėga prie atramos krašto:

$$V_{Ed,max} = p_d l_{eff} / 2 = 2,255 \cdot 6,2 / 2 = 6,991kN = 0,007MN \quad (3.3.82)$$

Patikrinama ar plokštė atitinka elemento be skersinės armatūros stiprumo sąlygą:

$$2,5f_{ctd} b_w d = 2,5 \cdot 1,32 \cdot 0,04 \cdot 0,22 = 0,029 > V_{Ed,max} = 0,007MN \quad (3.3.83)$$

Sąlyga tenkinama.

Patikrinama sąlyga 6.12 pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.05:2005.

Apskaičiuojami normaliniai betono įtempiai ties elemento skerspjūvio svorio centru:

$$\sigma_x = \sigma_c = N_{Ed} / A_{eff} = P_{m\infty} / A_{eff} = 0,044 / 0,0241 = 1,83MPa < 0,5f_{cd} = 0,5 \cdot 31,5 = 15,75MPa \quad (3.3.84)$$

Sąlyga tenkinama, todėl sąlygos 6.2 iš STR 2.05.05:2005 [9] tikrinti nereikia.

Apskaičiuojamas plokštės ruožo ilgis nuo atramos krašto  $l_1$ , kuriame saugos ribiniame būvyje neatsiranda normalinių plyšių, pagal 6.16 sąlygą iš STR 2.05.05:2005:

$$M_{Ed} = 0,5 \left( (g_d + q_d) l_{eff} l_1 - (g_d + q_d) l_1^2 \right) = M_{cr,d} \quad (3.3.85)$$

Skaičiavimui supaprastinti imame  $W_{pl} = 1,5W_{eff}$  ir  $\varphi = 0,9$ . Tuomet:

$$W_{eff} = I_{eff} / y_{sc} = 0,000144 / 0,108 = 0,00133m^3 \quad (3.3.86)$$

$$W_{pl} = 1,5 \cdot 0,001 = 0,00207m^3 \quad (3.3.87)$$

Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamosios zonos, kurios plyšių atsiradimas yra tikrinamas:

$$r = \varphi W_{eff} / A_{eff} = 0,9 \cdot 0,00133 / 0,0241 = 0,050m \quad (3.3.88)$$

$$e_p = y_{sc} - a_1 = 0,108 - 0,035 = 0,073m \quad (3.3.89)$$

$$M_{cr,d} = f_{ctd} W_{pl} + P_{mzo} (e_p + r) = 1,32 \cdot 0,00207 + 0,044(0,073 + 0,050) = 0,0081 MNm \quad (3.3.90)$$

Apskaičiuojamas atstumas  $l_1$ :

$$l_1 = l_{eff} / 2 - \sqrt{(l_{eff} / 2)^2 - 2M_{cr,d} / p_d} = 6,2 / 2 - \sqrt{(6,2 / 2)^2 - 2 \cdot 0,0081 / 2,255 \cdot 10^{-3}} = 1,54m > c_{max} = 2d = 2 \cdot 0,185 = 0,37m \quad (3.3.91)$$

Normaliniai plyšiai neatsiranda gana ilgame elemento ruože.

Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumas tikrinamas pagal 6.5 sąlygą iš STR 2.05.05:2005. Čia imame, kad  $c = l_1 = 1,30m$ , kai  $c = 1,30m > c_{max} = 0,37m$  ir  $N_{Ed} = P_{mzo}$ , tuomet koeficientas:

$$\varphi_n = 0,1P_{mzo} / f_{ctd} b_w d = 0,1 \cdot 0,044 / 1,32 \cdot 0,04 \cdot 0,185 = 0,45 < 0,5.$$

Iš STR 2.05.05:2005 [9] 15 lentelės  $\varphi_{c3} = 0,6$  ir  $\varphi_{c4} = 1,5$ . Tuomet:

$$M_{c4} = \varphi_{c4} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d^2 = 1,5 \cdot (1 + 0,45) \cdot 1,32 \cdot 0,04 \cdot 0,185^2 = 0,0039 MNm \quad (3.3.92)$$

$$V_{Rd,c,min} = \varphi_{c3} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b_w d = 0,6 \cdot (1 + 0,45) \cdot 1,32 \cdot 0,04 \cdot 0,185 = 0,0085 MN \quad (3.3.93)$$

Ekvivalentiško skerspjūvio dalies, esančios virš neutraliosios ašies, statinis momentas apie šia ašį:

$$S_{eff} = 0,5b_{eff} (h - y_{sc})^2 - d_h^3 / 12 = 0,5 \cdot 0,19 \cdot (0,22 - 0,108)^2 - 0,15^3 / 12 = 0,00091 m^3 \quad (3.3.94)$$

Čia  $d_h = 0,15m$  - kiaurymės skersmuo.

Laikant, kad svarbiausieji gniuždymo įtempiai  $\sigma_y$  neturi įtakos betono tempiamajam stipriui, apskaičiuojamas kerpamasis stiprumas:

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \sqrt{1 + \sigma_x / f_{ctd}} = 1,32 \cdot \sqrt{1 + 1,83 / 1,32} = 2,04 MPa \quad (3.3.95)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned} \tau_{xy,lim} &= f_{cd} \sqrt{\gamma_{mc,lim} (\gamma_{mc,lim} - \sigma_x / f_{cd})} = 31,5 \cdot \sqrt{0,35 \cdot (0,35 - 1,83 / 31,5)} = \\ &= 10,4 MPa > \tau_{xy,Rd} = 2,04 MPa \end{aligned} \quad (3.3.96)$$

$$\text{Čia: } \gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - \alpha f_{ck,cube} = 1 - 0,2 - 0,01 \cdot 45 = 0,35 \quad (3.3.97)$$

Sąlyga tenkinama, todėl įtempiai apskaičiuoti teisingai.

Apskaičiuojama įstrižuosius plyšius sukelti kerpamoji jėga:

$$V_{cr,d} = b_w (I_{eff} / S_{eff}) \tau_{xy,Rd} = 0,04 \cdot (0,000144 / 0,00091) \cdot 2,04 = 0,0129 MN \quad (3.3.98)$$



Apskaičiuojamas įstrižojo pjūvio projekcijos ilgis:

$$c = M_{c4} / V_{cr,d} = 0,0039 / 0,0129 = 0,302m < c_{\max} = 0,463m \quad (3.3.99)$$

Čia: 
$$c_{\max} = (\varphi_{c4} / \varphi_{c3}) / d = (1,5 / 0,6) \cdot 0,185 = 0,463m \quad (3.3.100)$$

Be to,  $c = 0,302m < l_1 = 1,38m$ , todėl ruože  $c = 0,302m$  normalinių plyšių neatsiras.

Patikrinama įstrižojo pjūvio stiprumo sąlyga pjūviui, kurio projekcijos ilgis  $c = 0,302m$ :

$$V_{Ed} = V_{Ed,\max} - c \cdot p_{eff,d} = 6,991 - 0,302 \cdot 1,761 = 6,459kN < V_{cr,d} = 12,9kN \quad (3.3.101)$$

Patikrinama įstrižojo pjūvio stiprumo sąlyga ruožo be normalinių plyšių ilgio gale  $l_1 = 1,38m > c_{\max} = 0,463m$ :

$$V_{Ed} = V_{Ed,\max} - l_1 \cdot p_{eff,d} = 6,991 - 1,38 \cdot 1,761 = 4,561kN < V_{Rd,c,\min} = 8,5kN \quad (3.3.102)$$

Abi sąlygos tenkinamo, todėl plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

Įsitikinama, ar reikia plokštę armuoti skersine armatūra, ignoruojant normalinių plyšių nebuvimą ruože prie atramų. Patikrinama sąlyga:

$$V_{Ed,\max} \leq \sqrt{M_{c4} p_{eff,d}} = \sqrt{3,9 \cdot 1,761} = 2,621kN < V_{Rd,c,\min} = 8,5kN \quad (3.3.103)$$

$$V_{Ed,\max} 6,991kN < V_{Rd,\min} = 8,5kN \quad (3.3.104)$$

Visos sąlygos tenkinamos ( $V_{Ed} < V_{Rd}$ ) todėl plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

### ***Įstrižųjų pjūvių stiprumas lenkimo momento atžvilgiu***

Laisvai atremtos plokštės pavojingas įstrižasis pjūvis prasideda nuo atramos krašto. Kadangi pagal reikalavimus skersine armatūra armuoti plokštės nereikia, tai įtemptosios armatūros inkaravimosi (įtempių perdavimo) ilgyje  $l_{bpd}$  dedami ją gaubiantys suvirinti 3mm skersmens S500 vielos tinkleliai, ir įstrižojo pjūvio stiprumas momento atžvilgiu netikrinamas.

### **3.3.3. Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas**

Plokštės saugos ir tinkamumo ribiniai būviai tikrinami pavojingose laikinose situacijose: gamybos, transportavimo ir montavimo. Plokštė keliama specialia kėlimo priemone – sija (traversa) su griebtais. Atstumas nuo kabinimo griebto galo iki plokštės galo  $l_c = 1m$ .

### ***Viršutinio krašto pleišėtumas apspaudžiant plokštę***

Apskaičiuojamas apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas atleidžiant armatūrą nuo atsparų:

$$M_{Egpd} = P_{d,sup}(e_p - r_{inf}) - M_{Egd} = 0,341 \cdot (0,073 - 0,080) - 0,021 = -0,023 MNm \quad (3.3.105)$$

Čia:

$M_{Egd}$  - lenkimo momentas, sukeltas plokštės savojo svorio, tarpatriamio viduryje,

$$M_{Egd} = g_{ds} l_k^2 / 8 = 0,00432 \cdot 6,2^2 / 8 = 0,021 MNm, \quad (3.3.106)$$

$$r_{inf} = \varphi W_{eff2} / A_{eff} = 1 \cdot 0,01348 / 0,1685 = 0,080 m \quad (3.3.107)$$

Momentas  $M_{Egpd}$  yra su neigiamas, todėl gamybos metu plokštės viršuje tempimo nebus ir plyšių neatsiras.

### ***Viršutinio krašto pleišėjimas transportuojant***

Plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas gembėje, imant dinamiškumo koeficientą  $\gamma_d = 1,6$ , skaičiuotinis lenkimo momentas gembėje:

$$M_{Egd} = g_{ds} l_c^2 / 2 = 0,00432 \cdot 1^2 / 2 = 0,002 MNm \quad (3.3.108)$$

Didžiausi betono gniuždymo įtempiai:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,max} &= P_{d,sup} / A_{eff} + (P_{d,sup} e_p + M_{Egd}) / W_{eff1} = 0,341 / 0,1685 + \\ &+ (0,341 \cdot 0,073 + 0,002) / 0,01389 = 3,960 MPa \end{aligned} \quad (3.3.108)$$

Koeficientas:

$$\varphi = 1,6 - \sigma_{c,max} / f_{cp} = 1,6 - 3,960 / 28 = 1,46 > 1,0 \quad (3.3.109)$$

Imame  $\varphi = 1,0 > 0,7$ .

Atstumas nuo skerspjūvio svorio centro iki branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamo krašto:

$$r_{inf} = \varphi W_{eff2} / A_{eff} = 1 \cdot 0,01348 / 0,1685 = 0,080 m \quad (3.3.110)$$

Laikome, kad  $M_r = M_{Egd} = 0,002 MNm$  ir tikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned} P_{d,sup}(e_p - r_{inf}) + M_r &= 0,341 \cdot (0,073 - 0,080) + 0,002 = 0,0003 < f_{cpl2} W_{pl2} = \\ &= 1,76 \cdot 0,02022 = 0,036 MNm \end{aligned} \quad (3.3.111)$$

Čia:  $f_{cpl2} = 0,8 f_{ctk} = 0,8 \cdot 2,2 = 1,76 MPa \quad (3.3.112)$

Sąlyga yra tenkinama, todėl daromos išvados, kad transportuojant vertikaliųjų (gamybinių) plyšių neatsivers.

### ***Plokštės stiprumas***

Plokštės stiprumas tikrinamas pavojingoms laikinosioms situacijoms: gamybos, transportavimo ir montavimo.

Kadangi nepertraukiamo formavimo kiauromėtosios gelžbetoninės perdangų plokštės viršuje nėra jokios armatūros, tai ji dirba kaip betoninio elemento zona. Dėl šios priežasties ar stiprus normalinis pjūvis, patikrinti būtų galima taikant necentriškai gniuždomų elementų skaičiavimo principus.

Plokštė nesuirs gamybos metu, kadangi anksčiau gauti rezultatai tenkina sąlygą:

$$\text{Didžiausi įtempiai transportuojant } \sigma_{c,\max} = 3,960\text{MPa} < f_{cpd} = 28\text{MPa}.$$

Atleidus įtemptą armatūrą nuo atsparų bei plokštę vežant į statybietę, jos viršutinėje zonoje plyšių neatsivers.

Plokštė atitinka visus trumpalaikės situacijos saugos ir tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

### **3.3.4. Plokštės naudojimo situacijos tinkamumo ribinių būvių skaičiavimas**

#### ***Normalinių plyšių atsiradimas***

Kadangi plokštės viršuje gamybos metu plyšių neatsiras, tai koeficientas  $\lambda = 0$ .

Didžiausi betono įtempiai dėl išorinės apkrovos ir betono apspaudimo jėgos poveikio:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,\max} &= P_{d,\text{inf}} / A_{\text{eff}} - P_{d,\text{inf}} e_p (h - \gamma_{sc}) / I_{\text{eff}} + M_{ed} (h - \gamma_{sc}) / I_{\text{eff}} = \\ &= 0,279 / 0,1685 - 0,279 \cdot 0,073 \cdot (0,22 - 0,108) / 0,00151 + 0,06842 \cdot (0,22 - 0,108) / 0,00151 = \\ &= 1,656 - 1,511 + 5,075 = 5,22\text{MPa} \end{aligned} \quad (3.3.113)$$

Koeficientas:

$$\varphi = 1,6 - \sigma_{c,\max} / f_{cp} = 1,6 - 5,22 / 28 = 1,41 > 1,0 \quad (3.3.114)$$

Imame  $\varphi = 1,0 > 0,7$ .

Atstumas nuo skerspjūvio svorio centro iki branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamo krašto:

$$r_{\text{sup}} = \varphi W_{\text{eff}1} / A_{\text{eff}} = 1 \cdot 0,01398 / 0,1685 = 0,083\text{m} \quad (3.3.115)$$

Normalinių plyšių atsiradimo momentas plokštės naudojimo metu:

$$M_{cr} = f_{ctk} W_{pl} + P_{d,inf} (e_p + r_{sup}) = 2,2 \cdot 0,02097 + 0,279 \cdot (0,073 + 0,083) = 0,090 MNm > M_{Ed} = 0,068 MNm \quad (3.3.116)$$

Naudojimo metu perdangaje normalinių plyšių neatsivers

### ***Įstrižųjų plyšių atsiradimas***

Pleišėtumas tikrinamas dviejuose pjūviuose: 1-1 (apspaudimo jėga P perduodama betonui iki galo) ir 2-2 (apspaudomo jėga P perduodama betonui prie plokštės vidinio krašto).

Patikrinamas įstrižųjų plyšių atsiradimas pjūvyje 1-1.

Įtemptosios armatūros įtempių perdavimo zonos ilgis:

$$l_{pt} = 1,2\alpha_1\alpha_2\phi\sigma_{pi} / f_{bpt} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,19 \cdot 8 \cdot 947,8 / 2,96 = 0,730m \quad (3.3.117)$$

Čia:  $\alpha_1 = 1,25$ , nes plokštės skerspjūvis apspaudžiamas staiga,  $\alpha_2 = 0,19$ , nes naudojama lyninė armatūra,  $\phi = 8mm$  - armatūros diametras,

$$\sigma_{pi} = \sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_l = 1140 - 188,1 - 4,1 = 947,8 MPa \quad (3.3.118)$$

Armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai:

$$f_{bpt} = \eta_{p1}\eta_1 f_{ctd} = 3,2 \cdot 0,7 \cdot 1,32 = 2,96 MPa \quad (3.3.119)$$

Čia koeficientai  $\eta_{p1} = 3,2$ , nes lyninė armatūra ir  $\eta_1 = 0,7$ .

Plokštės skerspjūvio dalies, esančios virš jo svorio centro, statinis momentas:

$$S_{eff} = (b_{eff} - b_w) h_{eff} (h - y_{sc} - 0,5h_{eff}) + 0,5b_w (h - y_{sc})^2 = (1,16 - 0,485) \cdot 0,043 \cdot (0,22 - 0,108 - 0,5 \cdot 0,043) + 0,5 \cdot 0,485 \cdot (0,22 - 0,108)^2 = 0,0057 m^3 \quad (3.3.120)$$

Skersinė jėga ruožo gale:

$$V_{Ed1} = (V_{Ed,max} (0,5l_{eff} - (l_{pt} - 0,5a))) / 0,5l_{eff} = (0,04414 \cdot (0,5 \cdot 6,2 - (0,730 - 0,5 \cdot 0,1))) / 0,5 \cdot 6,2 = 0,034 MN \quad (3.3.121)$$

Tangentiniai betono įtempiai skerspjūvio svorio centre:

$$\tau_{xy1} = V_{Ed1} S_{eff} / I_{eff} b_w = 0,034 \cdot 0,0057 / 0,00151 \cdot 0,485 = 0,26 MPa \quad (3.3.122)$$

Tame pačiame taške normaliniai betono įtempiai:

$$\sigma_{x1} = P_{d,inf} / A_{eff} = 0,279 / 0,1685 = 1,66 MPa \quad (3.3.123)$$

Svarbiausieji betono tempimo įtempiai:

$$\sigma_{mt} = \sigma_{x1} / 2 + \sqrt{(\sigma_{x1} / 2)^2 + \tau_{xy1}^2} = 1,66 / 2 + \sqrt{(1,66 / 2)^2 + 0,27^2} = 1,70 \text{MPa} \quad (3.3.124)$$

Svarbiausieji betono gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{mc} = \sigma_{x1} / 2 - \sqrt{(\sigma_{x1} / 2)^2 + \tau_{xy1}^2} = 1,66 / 2 - \sqrt{(1,66 / 2)^2 + 0,27^2} = -0,04 \text{MPa} \quad (3.3.125)$$

Pagal 14.19 formulę iš STR 2.05.05:2005 [9]:

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c,cr} f_{ctk} \quad (3.3.126)$$

Čia:

$$\gamma_{c,cr} = (1 - \sigma_{mc} / f_{ck}) / (0,2 + \alpha \cdot f_{ck,cube}) = (1 - 0,04 / 35) / (0,2 + 0,01 \cdot 45) = 1,54 > 1,0 \quad (3.3.127)$$

Priimamas  $\gamma_{c,cr} = 1,0$

Patikrinama sąlyga:

$$\sigma_{mt} = 1,70 \text{MPa} \leq \gamma_{c,cr} f_{ctk} = 1,0 \cdot 2,2 = 2,2 \text{MPa} \quad (3.3.128)$$

Sąlyga tenkinama, todėl įstrižųjų plyšių 1-1 pjūvyje neatsiras.

Patikrinamas įstrižųjų plyšių atsiradimas pjūvyje 2-2.

Betono apspaudimo jėga:

$$P_{d,inf2} = P_{d,inf} l_x / l_{pt2} = 0,279 \cdot 0,1 / 0,730 = 0,038 \text{MN} \quad (3.3.129)$$

Čia  $l_x = a = 0,1$ .

Tangentiniai betono įtempiai 2-2 pjūvio svorio centre:

$$\tau_{xy2} = V_{Ed,max} S_{eff1} / I_{eff} b_w = 0,04414 \cdot 0,0057 / 0,00151 \cdot 0,485 = 0,34 \text{MPa} \quad (3.3.130)$$

Ten pat veikiantys betono normaliniai įtempiai:

$$\sigma_{x2} = P_{d,inf2} / A_{eff} = 0,038 / 0,1685 = 0,23 \text{MPa} \quad (3.3.131)$$

Kadangi jie yra gniuždymo įtempiai, tuomet  $\sigma_{x2} = -0,23 \text{MPa}$ .

Betono gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{y2} = \varphi_y V_{Ed,max} / b_w d = 1,02 \cdot 0,04414 / 0,485 \cdot 0,185 = 0,50 \text{MPa} \quad (3.3.132)$$

Čia:

$$\begin{aligned} \varphi_y &= 2\beta^2 / \pi \left( (3 - 2\beta) / (1 + \alpha^2)^2 - \beta / (\alpha^2 + \beta^2) \right) = \\ &= 2 \cdot 0,49^2 / 3,14 \cdot \left( (3 - 2 \cdot 0,49) / (1 + 0,23^2)^2 - 0,49 / (0,23^2 + 0,49^2) \right) = 1,02 \end{aligned} \quad (3.3.133)$$

Koeficientai:

$$\beta = y_{sc} / h = 0,108 / 0,22 = 0,49 \quad (3.3.134)$$

$$\alpha = 0,5l_x / h = 0,5 \cdot 0,1 / 0,22 = 0,23 \quad (3.3.135)$$

Svarbiausieji betono tempimo įtempiai:

$$\begin{aligned} \sigma_{mt} &= (\sigma_{x2} + \sigma_{y2}) / 2 + \sqrt{((\sigma_{x2} + \sigma_{y2}) / 2)^2 + \tau_{xy2}^2} = (0,23 + 0,50) / 2 + \\ &+ \sqrt{((0,23 + 0,50) / 2)^2 + 0,34^2} = 0,86 \text{MPa} \end{aligned} \quad (3.3.136)$$

Svarbiausieji betono gniuždymo įtempiai:

$$\begin{aligned} \sigma_{mc} &= (\sigma_{x2} + \sigma_{y2}) / 2 - \sqrt{((\sigma_{x2} + \sigma_{y2}) / 2)^2 + \tau_{xy2}^2} = (0,23 + 0,50) / 2 - \\ &- \sqrt{((0,23 + 0,50) / 2)^2 + 0,34^2} = -0,13 \text{MPa} \end{aligned} \quad (3.3.137)$$

Koeficientas:

$$\gamma_{c,cr} = (1 - \sigma_{mc} / f_{ck}) / (0,2 + \alpha \cdot f_{ck,cube}) = (1 - 0,13 / 35) / (0,2 + 0,01 \cdot 45) = 1,53 > 1,0 \quad (3.3.138)$$

Priimamas  $\gamma_{c,cr} = 1,0$

Patikrinama sąlyga:

$$\sigma_{mt} = 0,86 \text{MPa} \leq \gamma_{c,cr} f_{ctk} = 1,0 \cdot 2,2 = 2,2 \text{MPa} \quad (3.3.139)$$

Sąlyga tenkinama, todėl įstrižųjų plyšių 1-1 pjūvyje neatsiras.

### ***Plokštės įlinkis***

Kadangi plokštėje naudojimo metu neatsiras normalinių plyšių ( $M_{cr} > M_{Ed}$ ), tai jos suminis kreivis apskaičiuojamas pagal 14.33 iš STR 2.05.05:2005:

$$l/r = (l/r)_1 + (l/r)_2 - (l/r)_3 - (l/r)_4 \quad (3.3.140)$$

Čia:

$(l/r)_1$  - kreivis nuo kintamųjų poveikių (trumpalaikės dalies), apskaičiuojamas pagal kintamąją apkrovą, padaugintą iš 0,3;

$(l/r)_2$  - kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių poveikių, neįvertinant išankstinio apspaudimo jėgos  $P_{m0}$ ;

$(l/r)_3$  - kreivis dėl elemento išlinkio nuo išankstinio apspaudimo poveikio  $P_{m0}$  esant trumpalaikiai (skaičiuotinei) situacijai;

$(l/r)_4$  - kreivis dėl elemento išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo poveikio  $P_{m0}$ .

Skaičiuojami apkrovų poveikių efektai (įrašos), reikalingos plokštės kreiviams apskaičiuoti.

Lenkimo momentas nuo kintamojo poveikio (trumpalaikės dalies):

$$M_{Egd1} = 0,3q_d l_{eff}^2 / 8 = 0,3 \cdot 4,8 \cdot 6,2^2 / 8 = 6,9 kNm \quad (3.3.141)$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinio ir tariamai nuolatinio poveikio:

$$M_{Egd2} = 42,33 kNm = 0,042 MNm \quad (3.3.142)$$

Išankstinio apspaudimo poveikis:

$$P_{m,0} = 0,333 MN$$

Plokštės kreiviai apskaičiuojami pagal formules:

$$(l/r)_1 = M_{Egd1} / \varphi_{c1} E_{cm} I_{eff} = 0,0069 / 0,85 \cdot 34 \cdot 10^3 \cdot 0,00151 = 1,58 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (3.3.143)$$

Čia  $\varphi_{c1} = 0,85$  - normaliajam betonui.

$$(l/r)_2 = M_{Egd2} \varphi_{c2} / \varphi_{c1} E_{cm} I_{eff} = 0,042 \cdot 3,6 / 0,85 \cdot 34 \cdot 10^3 \cdot 0,00151 = 34,65 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (3.3.144)$$

Čia  $\varphi_{c2} = 3,6$  - normaliajam betonui esant aplinkos drėgmei <40% ir esant pakaitomis sauso ir vandens prisotinto būvio.

Plokštės kreivis dėl išlinkio nuo  $P_{m,0}$  poveikio:

$$(l/r)_3 = P_{m0} e_p / \varphi_{c1} E_{eff} I_{eff} = 0,333 \cdot 0,073 / 0,85 \cdot 34 \cdot 10^3 \cdot 0,00151 = 5,57 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (3.3.145)$$

Plokštės kreivis dėl išlinkio, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas veikiant poveikiui  $P_{m,0}$ :

$$(l/r)_4 = (\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}) / d = (3,42 - 2,67) \cdot 10^{-4} / 0,185 = 4,05 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (3.3.146)$$

Čia:

$$\varepsilon_{c1} = \sigma_{c1} / E_s = (\Delta\sigma_{pc1,1} + \Delta\sigma_{pc2,1} + \Delta\sigma_{pc}) / E_s = (2,6 + 14,1 + 50) / 195 \cdot 10^3 = 3,42 \cdot 10^{-4} \quad (3.3.147)$$

$$\varepsilon_{c2} = \sigma_{c2} / E_s = (\Delta\sigma_{pc1,2} + \Delta\sigma_{pc2,2} + \Delta\sigma_{pc}) / E_s = (2,1 + 0 + 50) / 195 \cdot 10^3 = 2,67 \cdot 10^{-4}$$

(3.3.148)

Patikrinama sąlyga:

$$\begin{aligned} (l/r)_3 + (l/r)_4 &= (5,57 + 4,05) \cdot 10^{-4} = 9,62 \cdot 10^{-4} m^{-1} < \\ &> P_d e_p \varphi_{c2} / \varphi_{c1} E_{cm} I_{eff} = 0,333 \cdot 0,073 \cdot 3,6 / 0,85 \cdot 34 \cdot 10^3 \cdot 0,00151 = 19,48 \cdot 10^{-4} m^{-1} \end{aligned}$$

(3.3.149)

todėl imama  $(l/r)_3 + (l/r)_4 = 19,48 \cdot 10^{-4} m^{-1}$ .

Suminis plokštės kreivis:

$$l/r = (l/r)_1 + (l/r)_2 - ((l/r)_3 + (l/r)_4) = 1,58 + 34,65 - 19,48 = 16,75 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

(3.3.150)

Kiaurymėtos perdangos įlinkis:

$$d = (l/r) (5/48) l_{eff}^2 = 16,75 \cdot 10^{-4} \cdot (5/48) \cdot 6,2^2 = 0,0067 m = 6,7 mm$$

(3.3.160)

Plokštės ribinis įlinkis:

$$d_{lim} = l_{eff} / 225 = 6200 / 225 = 27,6 mm > d = 6,7 mm$$

(3.3.161)

Ribinis įlinkis neviršijamas.

Patikrinama sąlyga:

$$l_{eff} / h = 6,2 / 0,22 = 28,2 > 10$$

(3.3.162)

Sąlyga tenkinama, todėl įlinkio padidėjimo dėl šlyties deformacijų galime neįvertinti.

Apskaičiuota nepertraukiamo formavimo kiaurymėtoji gelžbetoninė plokštė atitinka tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

### ***Plokštės konstravimas***

Konstruciniuose brėžiniuose pavaizduoti visi nepertraukiamo formavimo gelžbetoninės perdangos dydžiai, armatūros pozicija, pjūviai. Brėžiniuose taip pat nurodytos plokštės betono bei armatūros charakteristikos, įtempimo būdas. Šalia brėžinių pavaizduotas medžiagų žiniaraštis.

Gelžbetoninės perdangos techninės charakteristikos: 1. Betono tūris – 1,6368 m<sup>3</sup>, 2. Armatūros kiekis gaminiui – 17,143 kg. 3. Gaminio masė – 2,678 t.

Perdangos atramos virš sijų sujungiamos tarpusavyje S500 klasės armatūros inkarais d=12mm. Šie inkarai dedami plokščių sandūrose ne rečiau kaip 2m, užleidžiant už atramų ilgiu l>30d. Į tarpus tarp plokščių galų virš sijų dedami išilginiai horizontalieji armatūros strypai.



Užliejus visus tarpus tarp perdangų smulkiagrūdžiu betonu, susidaro vientisas paklotas, kuris garantuoja perdangos standumą.

### 3.4. Metalinės sijos projektavimas

#### 3.4.1. Pradiniai duomenys

Skaičiuojama dvitramė karpyta pastato sija. Ant šios sijos viršaus yra dedama praeitame skyriuje skaičiuota perdanga. Plieninė sija yra tvirtinama prie metalinių kolonų lankščiai. Prie kolonos lentynos gamykloje vertikaliai privirinama metalinė plokštelė su iš anksto išgręžtomis skylėmis varžtams. Plieninės sijos sienelėje taip apt išgręžiamos skylės ir statybvietėje varžtais sija pritvirtinama prie kolonos.

Rėmo plokštumoje sijos ilgis kinta nuo 3,0m iki 5,5m. Skaičiavimams pasirenkame pavojingesnį atvejį – 5,5m.

Sija gaminama iš dvitėjo profilio HEA, karšto valcavimo konstrukcinio plieno pagal standartą EN 10034. Plieno klasė S355.

Parenkamas profilis **HEA220**, kurio techninės charakteristikos:  $A = 64,3\text{cm}^2$  ,  $I_y = 5410\text{cm}^4$  ,  $W_y = 515,2\text{cm}^3$  ,  $t_w = 7\text{mm}$  ,  $h_w = 189\text{mm}$  ,  $i_y = 9,17\text{cm}$  ,  $S_y = 284\text{cm}^3$  .

Plieno charakteristinis stiprumas pagal takumo ribą:  $f_y = 355\text{MPa}$  .

Plieno skaičiuotinis lenkiamasis stiprumas:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,1 = 322,727\text{MPa} \quad (3.4.1)$$

Skaičiuotinis kerpamasis plieno stiprumas:

$$f_{s,d} = 0,58 f_y / \gamma_M = 0,58 \cdot 355 / 1,1 = 187,182\text{MPa} \quad (3.4.2)$$

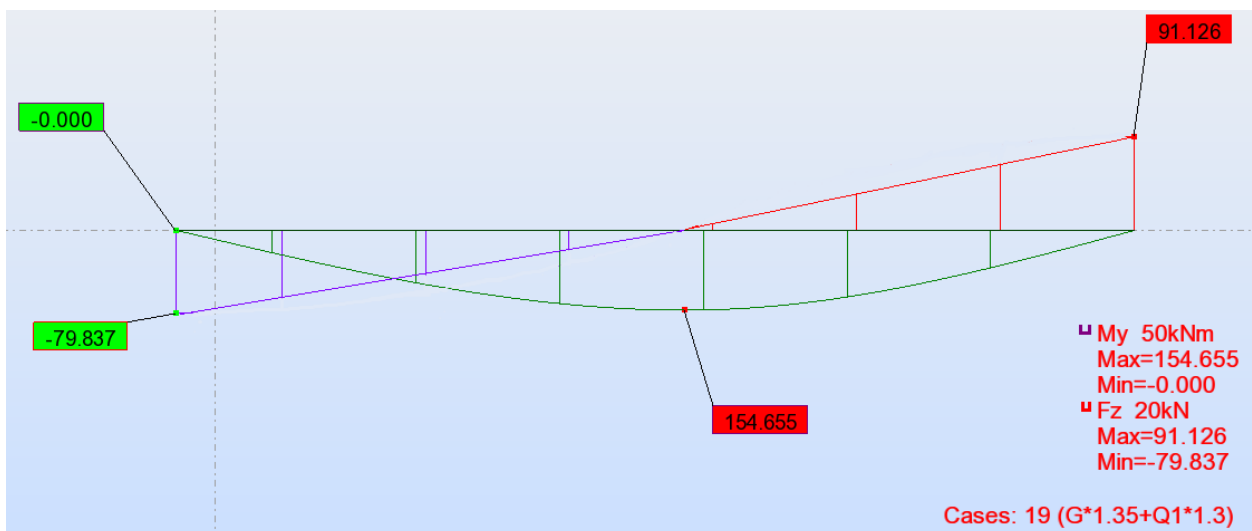
#### 3.4.2. Įrašos

Sijai pavojingiausias derinys yra nr. 7.

Didžiausia skersinė įraša sijoje yra  $N_{Ed} = 91,126\text{kN}$  .

Didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed} = 154,655\text{kNm}$  .

Žemiau paveiksle matyti sijos įrašų ir lenkimo monetų diagrama:



Pav. 3.7. Sijos skersinių įrašų ir momentų diagrama

### 3.4.3. Stiprumo tikrinimas saugos ribiniam būviui

Sija yra veikama statinės apkrovos, yra vientiso skerspjūvio ir takumo riba neviršija 530 N/mm<sup>2</sup>, todėl jos stiprumas skaičiuojamas įvertinant plastines deformacijas.

Sijos stiprumas lenkimui tikrinamas pagal šią formulę:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.4.3)$$

Čia  $M_{pl,Rd}$  - skaičiuotinis skerspjūvio lenkiamasis atsparumas pagal takumo ribą:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c \quad (3.4.4)$$

Čia  $W_{net,min} = W_y$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,

$c_{pl,1}$  - ribotųjų plastinių deformacijų koeficientas.

Skaičiuotinis tangentinis sijos sienelės įtempis:

$$\tau_{w,Ed} = \frac{V_{Ed}}{t_w h_w} = \frac{91,126 \cdot 10^3}{7 \cdot 189} = 68,878 MPa < 0,5 f_{s,d} = 0,5 \cdot 187,182 = 93,591 MPa \quad (3.4.5)$$

Dėl to:  $c_{pl,1} = c_{pl}$ .

Patikrinamas santykis:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{220 \cdot 11}{189 \cdot 7} = 1,8 \quad (3.4.6)$$

Taikant tiesinę interpoliaciją iš STR 2.05.08:2005 7.5 lentelės parenkamas koeficientas  $c_{pl} = 1,046$ .

Skaičiuojamas lenkiamasis momentas:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c = 1,046 \cdot 515,2 \cdot 10^{-6} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 173,917 kNm \quad (3.4.7)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{154,655}{173,917} = 0,89 \leq 1,0 \quad (3.4.8)$$

Sąlyga tenkinama.

Patikrinamas sijos kerpamasis atsparumas pagal šią formulę:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} \leq 1,0 \quad (3.4.9)$$

Skaičiuotinio skerspjuvio kerpamojo atsparumo reikšmė:

$$V_{c,Rd} = \frac{I \cdot t}{S} f_{s,d} \gamma_c = \frac{5410 \cdot 10^{-8} \cdot 0,007}{284 \cdot 10^{-6}} \cdot 187,182 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 249,598 kN \quad (3.4.10)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} = \frac{91,126}{249,598} = 0,37 \leq 1,0 \quad (3.4.11)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas sijos sienelės stiprumas. Jis turi būti pakankamas visame sijos ilgyje. Kai apkrova tolygiai pasiskirsto, tai didžiausi įtempimai bus sijos viduriniame pjūvyje.

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,x,Ed}^2 - \sigma_{w,x,Ed} \sigma_{w,z,Ed} + \sigma_{w,z,Ed}^2 + 3\tau_{w,xz,Ed}^2}}{1,15 f_{y,d}} \leq \gamma_c \quad (3.4.12)$$

Skaičiuojamos sijos neveikia vietiniai įtempimai ir momentas Z ašies atžvilgiu yra lygus nuliui, todėl priimama, kad  $\sigma_{w,z,Ed} = 0$ .

Tuomet normaliniai įtempimai sijos sienelės krašte:

$$\sigma_{w,x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_{y,net}} z = \frac{0,154}{5410 \cdot 10^{-8}} 0,094 = 267 \text{ MPa} \quad (3.4.13)$$

Sijos viduryje skersinė jėga yra lygi nuliui, todėl šioje vietoje tangentinių įtempimų nebus.

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{267^2 - 267 \cdot 0 + 0^2 + 3 \cdot 0^2}}{1,15 \cdot 322,727} = 0,72 \leq 1,0 \quad (3.4.14)$$

Sąlyga tenkinama.

Tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed} S_f}{I_{y,net} t_w} = \frac{91,126 \cdot 10^3 \cdot 284 \cdot 10^6}{5410 \cdot 10^4 \cdot 7} = 68,338 MPa \quad (3.4.15)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\tau_{w,xz,Ed}}{f_{s,d}} = \frac{68,338}{187,182} = 0,36 < \gamma_c = 1,0 \quad (3.4.16)$$

Visos sąlygos tenkinamos. Sijos sienelės stiprumas pakankamas.

#### 3.4.4. Bendrasis sijos pastovumas

Sijai netikrinamas bendrasis pastovumas, kadangi ant jos viršaus yra dedamas standus paklotas (gelžbetoninė surenkama perdanga), kuris patikimai sujungimas su viršutine sijos lentyna. Tokiu būdu yra užtikrinamas pastovumas.

#### 3.4.5. Sijos sienelės pastovumas

Prieš skaičiuojant sienelės pastovumą, įvertinant plastines deformacijas, patikrinamos sąlygos:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{220 \cdot 11}{189 \cdot 7} = 1,8 > 0,25 \quad (3.4.17)$$

Vidutiniai tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed}}{t_w h} = \frac{91,126 \cdot 10^3}{7 \cdot 189} = 68,878 MPa < 0,9 f_{s,d} = 0,5 \cdot 187,182 = 93,591 MPa \quad (3.4.18)$$

Sijos sienelės sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{eff}}{t_w} \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = \frac{189}{7} \cdot \sqrt{\frac{322,727}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,06 < 2,2 \quad (3.4.19)$$

Iš pastarosios sąlygos matyti, kad sąlyginis liaunumas nėra didesnis nei 2,2 ir mažesnis nei 6, todėl sąlyga neišpildyta ir sijos sienelės pastovumas netikrinamas (STR 2.05.08:2005 115 p.).

Taip pat sąlyginis liaunumas yra mažiau nei 3,2, todėl skersinėmis sąstandomis sijos sutvirtinti nereikia.

### 3.4.6. Sijos įlinkio tikrinimas

Sijos įlinkiai tikrinami pagal charakteristinius tinkamumo derinius. Įlinkiai yra nustatomi su programa „Autodesk Robot Structural Analysis“  $d = 2,2cm$ .

Ribiniai įlinkiai nustatomi pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.04:2003:

$$d_{lim} = l/a = 550/192 = 2,86cm \quad (3.4.20)$$

Čia  $a = 192$  - skaičius, nustatytas taikant tiesinę interpoliaciją pagal 17.1 lent.

Patikrinama ar sijos įlinkiai neviršija ribinių įlinkių:

$$d = 2,2 < d_{lim} = 2,86cm \quad (3.4.21)$$

Sąlyga tenkinama. Sijos standumas yra pakankamas.

### 3.4.7. Gniuždomosios sijos juostos pastovumo tikrinimas

Juostos nuosvyros pločio ir juostos storio santykis:

$$b_{eff} = (b - t_w)/2 = (220 - 7)/2 = 106,5mm \quad (3.4.22)$$

Patikrinama sąlyga, atsižvelgiant į plastines deformacijas:

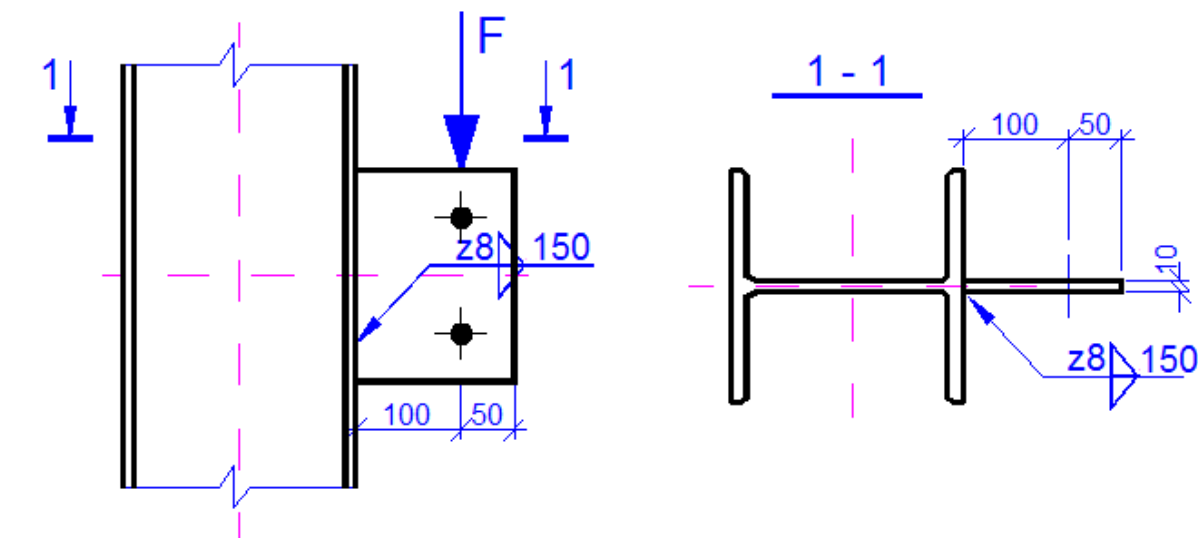
$$\frac{b_{eff}}{t_f} = \frac{106,5}{11} = 9,68 < 0,5 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 12,75 \quad (3.4.23)$$

Sąlyga tenkinama.

### 3.4.8. Sijos jungties su kolona tikrinimas

*Virintinės jungties stiprumo tikrinimas*

Sija lankščiai prijungiama prie kolonos varžtais per plokštelę.



Pav. 3.8. Sijos jungimas su kolona

Patikrinamos kertinės siūlės, jungiančios plokštelę prie kolonos, stiprumas. Plokštelė pagaminta iš plieno S275JR.

Kertinės siūlės suvirinamos pusiau automatinio būdu naudojant 2mm skersmens elektrodinė vielą G38. Virinimo siūlių statinis  $k_f = 8,0mm$ . Siūlių padėtis virinant – žemutinė.

Kertines siūles veikia lenkiamasis momentas ir skersinė jėga:

$$M_{Ed} = F \cdot 0,1 = 91,126 \cdot 0,1 = 9,1kNm \quad (3.4.24)$$

$$V_{Ed} = F = 91,126kN \quad (3.4.25)$$

Suvirintinės jungties skaičiuotinis stiprumas per siūlės metalą:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{470}{1,25} = 207MPa \quad (3.4.26)$$

Čia charakteristinis kertinės siūlės metalo stiprumas pagal stiprumo ribą  $f_{vw,u} = 470MPa$ , virintinės siūlės metalo medžiagos patikimumo koeficientas  $\gamma_{Mw} = 1,25$ .

Suvirintinės jungties skaičiuotinis stiprumas per sulydymo srities metalą:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 f_u = 0,45 \cdot 410 = 184,5MPa \quad (3.4.27)$$

Čia charakteristinis plieno stiprumas pagal stiprumo ribą  $f_u = 410MPa$ .

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

Patikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė vielą:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}, \quad (3.4.28)$$

$$184,5 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa} < 184,5 \frac{1,05}{0,9} = 215 \text{ MPa}. \quad (3.4.29)$$

Elektrodinė viela parinkta tinkamai.

Vienos kartinės siūlės skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = 0,15 - 0,01 = 0,14 \text{ m} \quad (3.4.30)$$

Virinimo siūlių atsparumo per siūlės metalą sąlyga:

$$\frac{\sqrt{(V_{Ed} / A_{w,eff,f})^2 + (M_{Ed} / W_{w,eff,f})^2}}{f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.4.31)$$

Virinimo siūlių metalo skerspjūvio atsparumo momentas:

$$W_{w,eff,f} = 2 \frac{\beta_{wf} k_f (l_{eff})^2}{6} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 0,008 \cdot 0,14^2}{6} = 47 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (3.4.32)$$

Virinimo siūlių metalo skerspjūvio plotas:

$$A_{w,eff,f} = \beta_{wf} k_f \sum l_{w,eff} = 0,9 \cdot 0,008 \cdot 2 \cdot 0,14 = 20,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (3.4.33)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{(0,091 / 20,2 \cdot 10^{-4})^2 + (0,009 / 47 \cdot 10^{-6})^2}}{207 \cdot 1} = 0,95 \leq 1,0 \quad (3.4.34)$$

Sąlyga tenkinama.

Virinimo siūlių atsparumo per sulydymo srities metalą sąlyga:

$$\frac{\sqrt{(V_{Ed} / A_{w,eff,z})^2 + (M_{Ed} / W_{w,eff,z})^2}}{f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} \leq 1,0 \quad (3.4.35)$$

Virinimo siūlių sulydymo srities skerspjūvio atsparumo momentas:

$$W_{w,eff,z} = 2 \frac{\beta_{wz} k_f (l_{eff})^2}{6} = 2 \cdot \frac{1,05 \cdot 0,008 \cdot 0,14^2}{6} = 55 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (3.4.36)$$

Virinimo siūlių sulydymo srities skerspjūvio plotas:

$$A_{w,eff,z} = \beta_{wz} k_f \sum l_{w,eff} = 1,05 \cdot 0,008 \cdot 2 \cdot 0,14 = 23,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (3.4.37)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{(0,091/23,5 \cdot 10^{-4})^2 + (0,009/55 \cdot 10^{-6})^2}}{184,5 \cdot 1} = 0,91 \leq 1,0 \quad (3.4.38)$$

Sąlyga tenkinama.

Jungties su kertinėmis siūlėmis stiprumas yra pakankamas.

*Varžtinės jungties su neįtemptaisiais varžtais stiprumo tikrinimas*

Jungtis yra veikiamą skersinės jėgos:

$$V_{Ed} = F = 91,126kN \quad (3.4.39)$$

Varžtai naudojami B gaminio klasės, 5.6 kokybės klasės. Varžtų skersmuo – 20mm.

Varžtinės jungties skaičiuotinis kerpamasis stiprumas:

$$f_{bs,d} = 0,38f_{bu} = 0,38 \cdot 500 = 190MPa \quad (3.4.40)$$

Čia:  $f_{bu} = 500MPa$  - charakteristinis varžtų plieno stiprumas pagal stiprumo ribą.

Varžtinės jungties skaičiuotinis glemžiamasis stiprumas:

$$f_{bp,d} = \left(0,6 + 340 \frac{f_u}{E}\right) f_u = \left(0,6 + 340 \cdot \frac{410}{210000}\right) 410 = 518MPa \quad (3.4.41)$$

Čia  $f_u = 410MPa$  - S275JR plieno klasės plieno stiprumas pagal stiprumo ribą.

Skaičiuotinis vieno varžto kerpamasis atsparumas:

$$F_{b,v,Rd} = f_{bs,d} \cdot \gamma_b \cdot A_b \cdot n_s = 190 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 53,7kN \quad (3.4.42)$$

Skaičiuotinis vieno varžto glemžiamasis atsparumas:

$$F_{b,p,Rd} = f_{bp,d} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot \sum t = 518 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,020 \cdot 0,007 = 65,3kN \quad (3.4.43)$$

Įrašą varžte nuo skersinės jėgos:

$$N_{b,v} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{91,126}{2} = 45,6kN \quad (3.4.45)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{N_{b,v}}{\min(F_{b,v,Rd}; F_{b,p,Rd})} = \frac{45,6}{53,7} = 0,85 \leq 1,0 \quad (3.4.46)$$

Sąlyga tenkinama. Varžtinės jungties stiprumas yra pakankamas.

*Varžtų išdėstymo nustatymas*

Varžto skylės diametras:

$$d_0 = d + 2 = 20 + 2 = 22mm \quad (3.4.47)$$



Mažiausias atstumas nuo varžto centro iki plokštelės krašto įrašos kryptimi:

$$a_1 = 2d_0 = 2 \cdot 22 = 44\text{mm} \quad (3.4.48)$$

Mažiausias atstumas nuo varžto centro iki plokštelės krašto statmena įrašai kryptimi kai kraštai apipjauti:

$$a_2 = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33\text{mm} \quad (3.4.49)$$

Mažiausias atstumas tarp varžto centrų:

$$a_3 = 2,5d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55\text{mm} \quad (3.4.50)$$

Prieduose pateikiamas mažesniojo tarpatramio 3,0m sijos skaičiavimas.

### 3.5. Metalinės kolonos skaičiavimas

#### 3.5.1. Kolonos parametrai

Pastate kolonos yra skirtingo aukščio ir jis kinta nuo 31,5m ties ašimi nr. 1 iki 24,5m ties ašimi nr. 16. Ties kiekviena sekančia ašimi kolonos aukštis sumažėja per 0,5m. Dėl ekonominių priežasčių kolona per visą jos ilgį bus daroma skirtingų trijų skerspjūvių. Nuo 0m iki 8m (per pirmus du pastato aukštus) kolona bus daroma iš vieno skerspjūvio, nuo 8m iki 20m (per sekančius tris pastato aukštus) kolona bus daroma iš kito skerspjūvio ir galiausiai nuo 20m iki 24,5-31,5m (per viršutinius du aukštus) kolona bus daroma iš trečio tipo skerspjūvio.

Kolonų įrašos buvo apskaičiuotos programa „Autodesk Robot Structural Analysis“. Kolonos yra ekscentriškai gniuždomos – lenkiamos. Didžiausios įrašos yra gaunamos kolonoje nuo derinio nr. 5 (3.7. lent.), kuri yra ašių D ir 8 sankirtoje. Šios kolonos visas aukštis yra 28,5m. Lentelėje pavaizduotos didžiausios įrašos trijose kolonos atkarpose:

Kolonos atkarpa, m	Atvejis nr. 1 – didžiausia ašinė įraša ir ją atitinkantis momentas			Atvejis nr. 2 – didžiausias lenkimo momentas ir jį atitinkanti įraša		
	Derinio nr.	$N_{\max}$ , kN	M, kNm	Derinio nr.	N, kN	$M_{\max}$ , kNm
0 – 8	5	1595,047	34,508	5	1595,047	34,508
8 – 20	5	1293,826	10,950	6	168,066	14,033
20 – 28,5	26	473,074	4,804	6	106,269	12,088

3.7. lentelė. Didžiausios kolonos įrašos tam tikrose kolonos atkarpose

Plieninės kolonos projektuojamos iš dvitėjų skerspjūvių HEA pagal standartą EN 10034, kurių plieno klasė 355JR. Stipris pagal takumo ribą -  $f_y = 355N/mm^2$ .

Tuomet skaičiuotinis plieno stiprumas:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,727MPa \quad (3.5.1)$$

Čia  $\gamma_M = 1,1$  – medžiagos patikimumo koeficientas.

Skaičiuojamas pirmosios atkarpos 0-8m kolonos skerspjūvis. Šiai atkarpai parenkamas profilis HEA280, kurio charakteristikos pateiktos lentelėje:

Profilis – HEA280					
$W_{y,net}, cm^3$	$I_y, cm^4$	$h, mm$	$t_w, mm$	$A_{net}, cm^2$	$i_y, cm$
1013	13670	270	8	97,3	11,86
$W_{z,net}, cm^3$	$I_z, cm^4$	$b, mm$	$t_f, mm$	$P, kg/m$	$i_z, cm$
340,2	4763	280	13	76,4	7

3.8. lentelė. Profilio mechaninės charakteristikos

### 3.5.2. Kolonos pastovumas rėmo plokštumoje

Prie kolonos tiek rėmo plokštumoje, tiek iš rėmo plokštumos sijos yra prijungiamos šarnyriškai. Sijos jungiamos kas 4m ir kolonos viršuje. Pastato stabilumą užtikrina ryšių sistema ir rėmas traktuojamas kaip nelaisvasis. Rėmas yra daugiaangis. Kolonos dalies skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c \quad (3.5.2)$$

Kolonos dalies ilgis  $l_c = 4m$ .

Koeficientai daugiaangiam rėmui apatiniam aukštui:

$$n = \frac{I_{ru} l_c}{l_r I_c} = \frac{5410 \cdot 4}{5,5 \cdot 13670} = 0,29 \quad (3.5.3)$$

$$p = \frac{I_{rl} l_c}{l_r I_c} = \frac{5410 \cdot 4}{5,5 \cdot 13670} = 0,29 \quad (3.5.4)$$

Pastaba: rėmas yra daugiaangis, tačiau kraštinės kolonos koeficientas  $\mu$  apskaičiuojamas kaip vienaangio rėmo.

Čia:

$I_c$  ir  $l_c$  – tikrinamos kolonos skerspjūvio inercijos momentas ir ilgis;

$l_r$ ,  $l_{r1}$  ir  $l_{r2}$  – rėmo tarpatriamiai;

$I_{ru}$ ,  $I_{ru1}$ ,  $I_{ru2}$  ir  $I_{rl}$ ,  $I_{rl1}$ ,  $I_{rl2}$  – prie tikrinamosios kolonos viršutinių ir apatinių galų prijungtų rėmo sijų inercijos momentai.

Nelaisviesiems rėmams skaičiuojamojo ilgio koeficientas:

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(p+n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p+n) + 0,71pn}} = \sqrt{\frac{1 + 0,46 \cdot (0,29 + 0,29) + 0,18 \cdot 0,29 \cdot 0,29}{1 + 0,93 \cdot (0,29 + 0,29) + 0,71 \cdot 0,29 \cdot 0,29}} = 0,89 \quad (3.5.5)$$

Kolonos skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c = 0,89 \cdot 4 = 3,58m \quad (3.5.6)$$

Kolonos liaunumas rėmo plokštumoje:

$$\lambda_y = l_{eff,y} / i_y = 3,58 / 0,1186 = 30,1 \quad (3.5.7)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 30,1 \cdot \sqrt{\frac{322,727}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,18 \quad (3.5.8)$$

Skaičiuojamas skerspjūvio formos koeficientas  $k_{shape}$ :

$$A_f = b \cdot t_f = 280 \cdot 13 = 3640mm^2 \quad (3.5.9)$$

$$A_w = (h - 2t_f) t_w = (270 - 2 \cdot 13) \cdot 8 = 1952mm^2 \quad (3.5.10)$$

$$A_f / A_w = 3640 / 1952 = 1,75 > 1,0 \quad (3.5.11)$$

Ašinės jėgos ekscentricitetas:

$$e = M_{Ed} / N_{max,Ed} = 34,508 / 1595,047 = 0,022m \quad (3.5.12)$$

Santykinis ekscentricitetas

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,022 \cdot 97,3 \cdot 10^{-4}}{1013 \cdot 10^{-6}} = 0,208 \quad (3.5.13)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas ir santykinis ekscentricitetas yra:

$$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5 \quad (3.5.14)$$

$$0,1 \leq e_{rel} \leq 5 \quad (3.5.15)$$

Todėl skerspjūvio formos koeficientas skaičiuojamas pagal formulę:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1e_{rel}) - 0,02(6 - e_{rel})\bar{\lambda} = (1,90 - 0,1 \cdot 0,208) - 0,02 \cdot (6 - 0,208) \cdot 2,31 = 1,742 \quad (3.5.16)$$

Kolonos santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape}e_{rel} = 1,742 \cdot 0,208 = 0,362 \quad (3.5.17)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A f_{y,d} \gamma_c = 0,800 \cdot 97,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 2385,863 kN \quad (3.5.18)$$

Čia klupumo koeficientas randamas interpoliuojant  $\varphi_e = 0,800$ , darbo sąlygų koeficientas visuomeninių pastatų kolonoms  $\gamma_c = 0,95$ .

Patikrinamas kolonos pastovumas momento veikimo plokštumoje:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{1595,047}{2385,863} = 0,67 \leq 1,0 \quad (3.5.19)$$

Sąlyga tenkinama – kolonos pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje pakankamas.

### 3.5.3. Kolonos pastovumas iš rėmo plokštumos

Lenkiamasis momentas  $M_{y,Ed} = 31,574 kNm$  nustatomas pagal strypą, kuriame yra didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed}$ . Šis momentas lygus strypo ilgio trečdalyje didžiausiam momentui, bet turi būti didesni nei pusė maksimalaus lenkimo momento:

$$M_{y,Ed} = 31,574 kNm > M_{Ed} / 2 = 35,508 / 2 = 17,754 kNm \quad (3.5.20)$$

Ekscentricitetas iš rėmo plokštumos:

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{31,574}{1595,047} = 0,020 m \quad (3.5.21)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,y} = \frac{e_y A}{W_z} = \frac{0,020 \cdot 97,3 \cdot 10^{-4}}{340,2 \cdot 10^{-6}} = 0,566 \quad (3.5.22)$$

Kadangi  $e_{rel,y} = 0,566 < 5$ , tai koeficientas  $c$  lygus:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,y}} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,566} = 0,716 \quad (3.5.23)$$

Čia koeficientai pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.8 lent.:

$$\beta = 1 \quad (3.5.24)$$

$$\alpha = 0,7 \quad (3.5.25)$$

Kolonos liaunumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\lambda_z = l_{eff} / i_z = 4 / 0,07 = 57,1 \quad (3.5.26)$$

Liaunis:

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 80,1 \quad (3.5.27)$$

Kadangi  $\lambda_z = 57,1 < \lambda_c = 80,1$ , tai  $\beta = 1$ .

Klupumo koeficientas  $\varphi_z = 0,775$  nustatytas interpoliuojant, kai  $\lambda_z = 57,1$  ir  $f_{y,d} = 322,727 \text{MPa}$ .

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis – sukamasis pastovumo atsparumas:

$$N_{NM,TF,Rd} = c\varphi_z A f_{y,d} \gamma_c = 0,716 \cdot 0,775 \cdot 97,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 1655,512 \text{kN} \quad (3.5.28)$$

Patikrinamas kolonos pastovumo atsparumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{1595,047}{1655,512} = 0,96 \quad (3.5.29)$$

Sąlyga tenkinama.

#### 3.5.4. Kolonos skerspjuvio sienelės pastovumas

Sienelės aukščio santykis su storiu:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{270 - 2 \cdot 13}{8} = 30,5 \quad (3.5.30)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunumas, esant elemento sąlyginiam liaunumui momento veikimo plokštumoje  $\overline{\lambda}_1 = \overline{\lambda} = 1,18 < 2$  (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.26 lent.):

$$\overline{\lambda}_{wu} = 1,30 + 0,15 \cdot \overline{\lambda}^2 = 1,30 + 0,15 \cdot 1,18^2 = 1,510 \quad (3.5.31)$$

Kadangi  $\overline{\lambda}_{wu} = 1,510 < 2$ , tai priimama  $\overline{\lambda}_{wu} = 1,510$ .

Ribinė reikšmė:

$$\overline{\lambda_{wu}} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,510 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 38,51 \quad (3.5.32)$$

Patikrinamas sienelės pastovumas:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 30,5 < \overline{\lambda_{wu}} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 38,51 \quad (3.5.33)$$

Sąlyga tenkinama

Patikrinama ar kolonų sienelės reikia sustandinti:

$$2,3 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 2,3 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 58,67 > \frac{h_{eff}}{t_w} = 30,5 \quad (3.5.34)$$

Skersinių sąstandų nereikia.

### 3.5.5. Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas

Kolonos juostos nuosvyros plotis:

$$b_{eff} = (b - t_w) / 2 = (280 - 8) / 2 = 136 \text{ mm} \quad (3.5.35)$$

Juostos nuosvyros pločio ir storio santykis:

$$\frac{b_{eff}}{t_f} = \frac{136}{13} = 10,46 \quad (3.5.36)$$

Ribinis juostos liaunumas (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.27 lent.)::

$$(0,36 + 0,10\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = (0,36 + 0,1 \cdot 1,18) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 12,20 \quad (3.5.37)$$

Patikrinamas kolonos juostos pastovumas:

$$\frac{10,46}{12,20} = 0,86 < 1,0 \quad (3.5.38)$$

Sąlyga tenkinama.

### 3.5.6. Kolonos bazės skaičiavimas

Kolona yra ekscentriškai gniuždoma, todėl kolonos bazė bus konstruojama su statlaksčiais. Kolonos ir pamato mazgas yra standus. Statlaksčiai yra tvirtinami lenkiamojo

momento plokštumoje. Maksimalus lenkimo momentas  $M_{Ed,max} = 34,508kNm$  ir jam atitinkanti ašinė jėga  $N_{Ed} = 1595,047kN$ ,

Ekscentriškai gniuždomai kolonai bus nustatomi šie parametrai:

- Pado plokštės dydžiai,
- Statlanksčių ir briaunų dydžiai,
- Inkarinių varžtų skersmenys,
- Inkarinių plokščių dydžiai,
- Virintinių siūlių, prijungiančių statlanksčius prie pado plokštės ir prie kolonos liemens, parametrai.

Metalinės kolonos profilis HEA280, kurio skerspjuvio aukštis  $h_k = 270mm$ , plotis  $b_k = 280mm$ , sienutės storis  $t_w = 8mm$ , lentynos storis  $t_f = 13mm$ . Statlanksčių storis priimamas  $t_{st} = 10mm$ .

Pamato pakolonio matmenis preliminariai priimu  $B_p \times L_p = 1000 \times 1000mm$ . Pamato betonas C20/25 klasės. Kolonos bazės elementų plieno klasė tokia pat kaip ir kolonos – S355JR. Elektrodinė viela G35 pagal LST EN 440. Inkariniai varžtai iš plieno S235J0 pagal LST EN 10025-2.

Skaičiuotinis betono gniuždymo ir tempimo stipriai:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 20 / 1,5 = 12N / mm^2 \quad (3.5.39)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05} / \gamma_c = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,5 / 1,5 = 0,9N / mm^2 \quad (3.5.40)$$

Čia koeficientai  $\alpha_{cc}$  ir  $\alpha_{ct}$  turi būti imami lygūs 1,0. Konstrukcijoms, įvertinant stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą, koeficientas  $\alpha = 0,9$ . Betono charakteristinis tempiamasis stiprumas  $f_{ck} = 20N / mm^2$ . Patikimumo koeficientas gelžbetoninėms konstrukcijoms  $\gamma_c = 1,5$ .

#### *Pado plokštės matmenų nustatymas*

Pado plokštės plotis dažniausiai nustatomas pagal konstrukcinius reikalavimus, atsižvelgiant į kolonos atraminės dalies plotį:

$$B_{pl} = b_k + 2(t_{st} + c_1) = 280 + 2 \cdot (10 + 85) = 470mm \quad (3.5.41)$$

Čia  $c_1 = 80...100mm$  - pado plokštės iškyšos plotis, priimamas konstrukciškai.

Skaičiuojamas preliminarus pado plokštės ilgis:

$$L_{pl} = h_k + 2 \cdot c_2 = 270 + 2 \cdot 100 = 470 \text{ mm} \quad (3.5.42)$$

Čia  $c_2 = 80 \dots 100 \text{ mm}$  - pado plokštės iškyšos plotis, priimamas konstrukciškai.

Skaičiuojamas pamato glemžimo plotas:

$$A_{c0} = B_{pl} \cdot L_{pl} = 470 \cdot 470 = 220900 \text{ mm}^2 \quad (3.5.43)$$

Skaičiuojamas įtempių pasiskirstymo plotas pamate (pamato pakolonio plotą):

$$A_{c1} = B_p \cdot L_p = 1000 \cdot 1000 = 1000000 \text{ mm}^2 \quad (3.5.44)$$

Šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas:

$$k_u = 0,8 \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \cdot \frac{12}{0,9} = 10,7 < 14,0 \quad (3.5.45)$$

Priimama  $k_u = 14,0$ .

Skaičiuojamas koeficientas, įvertinantis betono gniuždomojo stiprio padidėjimą:

$$w_u = 1 + k_u k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left( \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{0,9}{12} \cdot \left( \sqrt{\frac{1000000}{220900}} - 1 \right) = 2,18 < w_{u,\max} = 3,5 \quad (3.5.46)$$

Čia  $w_{u,\max} = 3,5$  - ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė (STR2.05.05:2005 17 lent.),  $k_f = 1$  - koeficientas, įvertinantis betono šoninio apspaudimo nevienodumą.

Kolonos pamato betono glemžiamasis stiprumas:

$$f_{cud} = a \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 2,18 \cdot 12 = 22,3 \text{ N/mm}^2 \quad (3.5.47)$$

Čia  $a = 0,85$  - koeficientas, įvertinantis ilgalaikį apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą.

Tikslinamas pado plokštės ilgis:

$$L = \frac{|N_{Ed}|}{2B_{pl}f_{cud}} + \sqrt{\left( \frac{|N_{Ed}|}{2B_{pl}f_{cud}} \right)^2 + \frac{6M_{Ed}}{Bf_{cud}}} = \frac{1595,047 \cdot 10^3}{2 \cdot 470 \cdot 22,3} + \sqrt{\left( \frac{1595,047 \cdot 10^3}{2 \cdot 470 \cdot 22,3} \right)^2 + \frac{6 \cdot 34,508 \cdot 10^6}{470 \cdot 22,3}} = 235,9 \text{ mm} < 470 \text{ mm} \quad (3.5.48)$$

Pado plokštės ilgis  $L_{pl} = 470 \text{ mm}$  yra tinkamas. Pado plokštės plotis  $B_{pl} = 470 \text{ mm}$ .



Pado plokštės plotas:

$$A_{pl} = B_{pl} \cdot L_{pl} = 470 \cdot 470 = 220900 \text{ mm}^2 \quad (3.5.49)$$

Pado plokštės atsparumo momentas:

$$W_{pl} = \frac{B_{pl} \cdot L_{pl}^2}{6} = \frac{470 \cdot 470^2}{6} = 17303833 \text{ mm}^3 \quad (3.5.50)$$

Skaičiuojami įtempiai pamato betone po pado plokšte:

$$\sigma_{c,\max} = \frac{N_{Ed}}{A_{pl}} + \frac{M_{Ed}}{W_{pl}} = \frac{1595,047 \cdot 10^3}{220900} + \frac{34,508 \cdot 10^6}{17303833} = 9,2 \text{ N/mm}^2 < f_{cud} = 22,3 \text{ N/mm}^2 \quad (3.5.51)$$

$$\sigma_{c,\min} = \frac{N_{Ed}}{A_{pl}} - \frac{M_{Ed}}{W_{pl}} = \frac{1595,047 \cdot 10^3}{220900} - \frac{34,508 \cdot 10^6}{17303833} = 5,2 \text{ N/mm}^2 \quad (3.5.52)$$

Gniuždomosios zonos ilgis:

$$s = \frac{\sigma_{c,\max}}{\sigma_{c,\max} + \sigma_{c,\min}} L_{pl} = \frac{9,2}{9,2 + 5,2} \cdot 470 = 300 \text{ mm} \quad (3.5.53)$$

Skaičiuojamas pado plokštės storis. Plokštė suskirstoma į atskirus ruožus, kurių atrėmimo sąlygos yra šios: 1 – gembinė sija, 2 – trimis kraštais atremta, 3 – keturiais kraštais atremta. Skaičiuojamas kiekvieno ruožo lenkiamuosius momentas, imant 1 cm pločio juostą, apkrautą tolygiai išskirstytą apkrova:

1 plotelis:

$$M_1 = \frac{\sigma_{c,\max} c_1^2}{2} = \frac{9,2 \cdot 85^2}{2} = 33235 \text{ Nm/m} = 33,289 \text{ kNm/m} \quad (3.5.54)$$

2 plotelis:

Skaičiuojamas santykis:

$$c_2 / b_k = 100 / 280 = 0,36 < 0,5 \quad (3.5.55)$$

Santykis mažiau už 0,5, todėl plokštelė skaičiuojama kaip gembė su iškyša.

(STR 2.05.08:2005 8 priedas 3.3 lent.)

$$M_2 = \frac{\sigma_{c,\max} c_2^2}{2} = \frac{9,2 \cdot 100^2}{2} = 46075 \text{ Nm/m} = 46,075 \text{ kNm/m} \quad (3.5.56)$$

3 plotelis:

Trumpesniosios ruožo kraštinės ilgis:

$$a = (b_k - t_w) / 2 = (280 - 8) / 2 = 136 \text{ mm} \quad (3.5.57)$$

Patikrinamas santykis:

$$b_k / a = 280 / 136 = 2,1 \quad (3.5.58)$$

Koeficientas  $\alpha_1 = 0,1$  (STR 2.05.08:2005 8 priedas 3.2 lent.).

$$M_3 = \alpha_1 \cdot \sigma_{c,\max} \cdot a^2 = 0,125 \cdot 9,2 \cdot 136^2 = 21305 \text{ Nm/m} = 21,305 \text{ kNm/m} \quad (3.5.59)$$

Didžiausias momentas  $M_{\max} = M_2 = 46,075 \text{ kNm/m}$ .

Pado plokštelės storis:

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 46,075 \cdot 10^3}{322,727 \cdot 1,2}} = 27 \text{ mm} \quad (3.5.60)$$

Čia skaičiuotinis plieno stiprumas  $f_{y,d} = 322,727 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_c = 1,2$  - statinės apkrovos veikiamos atraminės plokštės, kurios storis ne daugiau kaip 40mm, darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.05:2005 [9] 7.1 lent.).

Priimama  $t_{pl} = 28 \text{ mm}$ .

#### *Statlanksčių ir briaunų skaičiavimas*

Priimama, kad kolonos sienelė neperduoda įrašos pado plokštei, tuomet lentynų perduodama įrašą statlanksčiui bus atlaikoma dviem virintinėmis siūlėmis.

Skaičiuojama įrašą virintinėje siūlėje, prijungiančioje statlankstį prie kolonos lentynos:

$$N_{st,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} + \frac{M_{Ed}}{h} = \frac{1595,047}{2} + \frac{34,508 \cdot 10^3}{244} = 938,950 \text{ kN}$$

Čia  $h = h_k - 2t_f = 270 - 2 \cdot 13 = 244 \text{ mm}$  - atstumas tarp kolonos lentynų.

Kolonos bazės suvirinimui naudojamas pusiau automatinis suvirinimo būdas,  $d_w = 1,5 \text{ mm}$  skersmens elektrodinė viela, G46. Siūlės stipriai yra lygūs kolonos galvenos virintinių siūlių stipriams. Charakteristinis stiprumas  $f_{vw,u} = 530 \text{ N/mm}^2$ .

Mažiausias virintinės siūlės statinio aukštis statlanksčiui prijungti prie kolonos lentynos, jei taikomas pusiau automatinis suvirinimo būdas,  $k_{f,\min} = 6 \text{ mm}$ .

Virintinės siūlės ilgis:

$$l_{st,w,eff} = \frac{N_{st,Ed}}{2\beta_{wf} k_f f_{vw,f,d} \gamma_c} = \frac{938,950 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,9 \cdot 6 \cdot 233,2 \cdot 1,1} = 339 \text{ mm} \quad (3.5.61)$$

Čia skaičiuotinis siūlės stiprumas:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,2 \text{ MPa}, \quad (3.5.62)$$

Siūlės ilgis neviršija:

$$l_{st,w,eff} = 339 < 85 \beta_{wf} k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 6 = 459 \text{ mm} \quad (3.5.63)$$

Statlankščio reikalingas aukštis:

$$h_{st} = l_{st,w,eff} + 10 \text{ mm} = 339 + 10 = 349 \text{ mm} \quad (3.5.64)$$

Priimu  $h_{st} = 350 \text{ mm}$ .

Su atsarga galima imti, kad tolygiai išskirstyta apkrova reaktyvinis pamato spaudimas), veikianti statlankstį, apskaičiuojama nuo pusės pado plokštės pločio:

$$q_{st,max} = \sigma_{c,max} B_{pl} / 2 = 9,2 \cdot 470 / 2 = 2166 \text{ kN/m} \quad (3.5.65)$$

$$\sigma_{2,c} = \frac{s - c_2}{s} \sigma_{c,max} = \frac{300 - 100}{300} \cdot 9,2 = 6,14 \text{ N/mm}^2 \quad (3.5.66)$$

$$q_{2,st} = \sigma_{2,c} B_{pl} / 2 = 6,14 \cdot 470 / 2 = 1443 \text{ kN/m} \quad (3.5.67)$$

Statlankščio lenkiamasis momentas ir skersinė jėga nuo pamato spaudimo:

$$M_{st} = \frac{q_{2,st} c_2^2}{2} + \frac{c_2^2}{3} (q_{st,max} - q_{2,st}) = \frac{1443 \cdot 0,1^2}{2} + \frac{0,1^2}{3} \cdot (2166 - 1443) = 9,624 \text{ kNm} \quad (3.5.68)$$

$$V_{st,1} = \frac{(q_{st,max} + q_{2,st})}{2} c_2 = \frac{(2166 + 1443)}{2} \cdot 0,1 = 180,447 \text{ kN} \quad (3.5.69)$$

$$V_{st,2} = \frac{N_{st,Ed}}{2} - V_{st,1} = \frac{938,950}{2} - 180,450 = 289,028 \text{ kN} \quad (3.5.70)$$

Kadangi  $V_{st,1} < V_{st,2}$ , tai priimama  $V_{st} = V_{st,2} = 289,028 \text{ kN}$ .

Skaičiuojamas statlankščio skerspjūvio plotas ir atsparumo momentas:

$$A_{st} = t_{st} h_{st} = 10 \cdot 350 = 3500 \text{ mm}^2 \quad (3.5.71)$$

$$W_{st} = \frac{t_{st} h_{st}^2}{6} = \frac{10 \cdot 350^2}{6} = 204167 \text{ mm}^3 \quad (3.5.72)$$

Skaičiuojami normaliniai ir tangentiniai įtempiai:

$$\sigma_{st} = \frac{M_{st}}{W_{st}} = \frac{9,624 \cdot 10^6}{204167} = 47,1N / mm^2 \quad (3.5.73)$$

$$\tau_{st} = \frac{V_{st}}{A_{st}} = \frac{289,028 \cdot 10^3}{3500} = 82,6N / mm^2 \quad (3.5.74)$$

Statlanksčio atsparumo sąlyga:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{st}^2 + 3\tau_{st}^2}}{1,15f_{y,d}\gamma_c} = \frac{\sqrt{47,1^2 + 3 \cdot 82,6^2}}{1,15 \cdot 322,727 \cdot 1,0} = 0,41 < 1,0 \quad (3.5.75)$$

Skaičiuojama statlanksčio skersinė jėga ir lenkiamasis momentas nuo įrašos inkariniuose varžtuose:

$$V_{v,st} = \frac{N_{v,max}}{2} = \frac{567,857}{2} = 283,929kN \quad (3.5.76)$$

$$M_{v,st} = V_{v,st} (c_2 + \delta) = 283,929 \cdot (0,1 + 0,04) = 39,750kNm \quad (3.5.77)$$

Čia  $N_{v,max} = 567,857kN$  - didžiausia inkarinius varžtus tempiamoji jėga, suskaičiuota su programa Autodesk Robot Structural Analysis.

Normaliniai ir tangentiniai įtempiai nuo įrašos inkariniuose varžtuose:

$$\sigma_{st} = \frac{M_{v,st}}{W_{st}} = \frac{39,750 \cdot 10^6}{204167} = 194,694N / mm^2 \quad (3.5.78)$$

$$\tau_{st} = \frac{V_{v,st}}{A_{st}} = \frac{283,929 \cdot 10^3}{3500} = 81,1N / mm^2 \quad (3.5.79)$$

Patikrinamas statlanksčio atsparumas nuo įrašos inkariniuose varžtuose:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{st}^2 + 3\tau_{st}^2}}{1,15f_{y,d}\gamma_c} = \frac{\sqrt{194,694^2 + 3 \cdot 81,1^2}}{1,15 \cdot 322,727 \cdot 1,0} = 0,65 < 1,0 \quad (3.5.78)$$

Statlanksčio atsparumas yra pakankamas.

#### *Inkarinių varžtų skaičiavimas*

Skaičiavimams naudojamas apkrovų derinys, kuriame yra didžiausias lenkimo momentas ir atitinkanti ašinė įraša:  $N_{k,Ed} = 1595,047kN$ ,  $M_{k,Ed} = 34,058kN$ .

Įtempiai pamate:

$$\sigma_{c,max} = \frac{|N_{k,Ed}|}{A_{pl}} - \frac{M_{k,Ed}}{W_{pl}} = \frac{1595,047 \cdot 10^3}{220900} + \frac{34,058 \cdot 10^6}{17303833} = 9,19N / mm^2 \quad (3.5.79)$$

$$\sigma_{c,\min} = \frac{|N_{k,Ed}|}{A_{pl}} - \frac{M_{k,Ed}}{W_{pl}} = \frac{1595,047 \cdot 10^3}{220900} - \frac{34,058 \cdot 10^6}{17303833} = 5,25 N / mm^2 \quad (3.5.80)$$

Gniuždomosios zonos ilgis:

$$s = \frac{\sigma_{c,\max}}{\sigma_{c,\max} + \sigma_{c,\min}} L_{pl} = \frac{9,19}{9,19 + 5,25} \cdot 470 = 299 mm \quad (3.5.81)$$

Skaičiuojamas atstumas nuo kolonos ašies iki gniuždomos zonos sunkio centro:

$$d = \frac{L_{pl}}{2} - \frac{s}{3} = \frac{470}{2} - \frac{299}{3} = 135 mm \quad (3.5.82)$$

Atstumas nuo gniuždomosios zonos sunkio centro iki inkarinių varžtų tempiamojoje pusėje, ašies:

$$y = L + \delta - \frac{s}{3} = 470 + 60 - \frac{299}{3} = 430 mm \quad (3.5.83)$$

Suminė ašinė jėga, veikianti tempiamosios bazės pusės varžtuose:

$$N_v = \frac{M_{k,Ed} - N_{k,Ed} \cdot d}{y} = \frac{34,058 - 1595,047 \cdot 0,135}{0,430} = 421,566 kN \quad (3.5.84)$$

Inkarinių varžtų, pagamintų iš karštai valcuoto plieno S355JR, skaičiuotinis tempiamasis stiprumas:

$$f_{ba,d} = 0,5 f_u = 0,5 \cdot 470 = 235 N / mm^2 \quad (3.5.85)$$

Skaičiuojamas reikalingas inkarinio varžto plotas:

$$A_{b,net} = \frac{N_v}{n f_{ba,d} \gamma_c} = \frac{421,566 \cdot 10^3}{2 \cdot 235 \cdot 1} = 897 mm^2 \quad (3.5.86)$$

Čia  $n$  – inkarinių varžtų skaičius vienoje pusėje.

Parengiami 39mm skersmens inkariniai varžtai M39, kurių skerspjūvio plotas  $A_{b,net} = 976 mm^2$  (STR 2.05.08:2005 7 priedas 3.2 lent.).

#### *Inkarinių varžtų plokštelės skaičiavimas*

Skaičiuojamas inkarinių varžtų plokštelės lenkiamasis momentas:

$$M_{pl} = \frac{N_v}{4} (b_k + t_{st} - b_v) = \frac{421,566}{4} \cdot (0,28 + 0,01 - 0,15) = 14,75 kNm \quad (3.5.87)$$

Čia  $b_v = 150 mm$  - atstumas tarp gretimų inkarinių varžtų, varžto skylės plotis plokštelėje  $d_0 = 42 mm$  (STR 2.05.08:2005 7 priedas 3.1 lent.).

Plokštelės plotis nustatomas atsižvelgiant į mažiausius atstumus nuo varžto iki elemento krašto statmena įrąžai kryptimi:

$$b_{pl} \geq 2 \cdot 1,5d_0 = 2 \cdot 1,5 \cdot 42 = 126mm \quad (3.5.88)$$

Priimamas plokštelės plotis  $b_{pl} = 130mm$ .

Skaičiuojamas inkarinių varžtų plokštelės storis:

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6M_{pl}}{(b_{pl} - d_0)f_{y,d}\gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 14,75 \cdot 10^6}{(130 - 42) \cdot 322,727 \cdot 1}} = 55,8mm \quad (3.5.89)$$

Priimamas plokštelės storis  $t_{pl} = 60mm$ .

*Virintinių siūlių, prijungiančių statlankščius prie pado plokštės ir prie kolonos liemens, tikrinimas*

Virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės, mažiausias galimas virintinės siūlės statinio aukštis, kai virinama prie 28mm storio elemento,  $k_{f,\min} = 7mm$ . Tokio storio siūlė ir bus naudojama.

Virintinių siūlių metalo kerpamasis plotas:

$$\begin{aligned} A_{wf} &= 2(\beta_{wf}k_f(L_{pl} - 10) + 2\beta_{wf}k_f(c_2 - 10)) = \\ &= 2 \cdot (0,9 \cdot 7 \cdot (470 - 10) + 2 \cdot 0,9 \cdot 7 \cdot (100 - 10)) = 8064mm^2 \end{aligned} \quad (3.5.90)$$

Skaičiuojami virintinių siūlių, prijungiančių bazės elementus prie pado plokštės, inercijos ir atsparumo momentai:

$$\begin{aligned} I_{wf} &= 2 \left( \frac{\beta_{wf}k_f(L - 10)^3}{12} + 2 \left( \frac{\beta_{wf}k_f(c_1 - 10)^3}{12} + \beta_{wf}k_f(c_1 - 10) \left( \frac{L}{2} - \frac{c_1}{2} \right)^2 \right) \right) = \\ &= 2 \cdot \left( \frac{0,9 \cdot 7 \cdot (470 - 10)^3}{12} + 2 \cdot \left( \frac{0,9 \cdot 7 \cdot (100 - 10)^3}{12} + 0,9 \cdot 7 \cdot (100 - 10) \cdot \left( \frac{470}{2} - \frac{100}{2} \right)^2 \right) \right) = \\ &= 18136cm^4 \end{aligned} \quad (3.5.91)$$

$$W_{wf} = \frac{I_{wf}}{0,5L_{pl}} = \frac{18136}{0,5 \cdot 47} = 771cm^3 \quad (3.5.92)$$

Patikrinamas virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės, atsparumas:

$$\frac{1}{f_{vw,f,d}\gamma_c} \left( \frac{N_{Ed}}{A_{wf}} + \frac{M_{Ed}}{W_{wf}} \right) = \frac{1}{233,2 \cdot 1,1} \cdot \left( \frac{567,857 \cdot 10^3}{8064} + \frac{33,471 \cdot 10^6}{771 \cdot 10^3} \right) = 0,44 \leq 1,0$$

(3.5.93)

Virintinių siūlių stiprumas pakankamas.

Kitų kolonos atkarpų skaičiavimas pavaizduotas prieduose.

### 3.6. Kompozitinės kolonos skaičiavimas

#### 3.6.1. Pradiniai duomenys

Kompozitinė kolona buvo skaičiuojama pagal Eurokodą 4 EN 1994-1-1 [17] ir kitą literatūrą, nurodytą literatūros sąrašė.

Skaičiuojamos kompozitinės kolonos, esančios D ir 8 ašių sankirtoje. Praeitame skyriuje buvo apskaičiuoti metalinės kolonos skerspjūviai trijose pastato dalyse: 0m-8m skerspjūvis HEA280, 8m-20m skerspjūvis HEA240 ir nuo 20m iki 28,5m – HEA180. Kompozitinė kolona bus konstruojama tik iš metalinio profilio HEA180, kuris kolonos atkarpoje nuo 0m iki 20m bus aplietas betonu su armatūros karkasu viduje.

Kolonos įrašos buvo apskaičiuotos programa „Autodesk Robot Structural Analysis“. Kolona yra ekscentriškai gniuždoma – lenkiama. Lentelėje pavaizduotos didžiausios įrašos tikrinamose kolonos atkarpose:

Kolonos atcarpa, m	Didžiausia ašinė įraša, kN	Didžiausias lenkimo momentas, kNm
0 – 20	1595,047	34,508

3.9. lentelė. Didžiausios kompozitinės kolonos įrašos tam tikrose kolonos atkarpose

Metalinis profilis kompozitinės kolonos viduje gaminamas valcuoto plieno S355JR pagal standartą EN 10034. Stipris pagal takumo ribą  $f_y = 355MPa$ . Plieno tamprumo modulis  $E = 2,1 \cdot 10^6 MPa$ .

Skaičiuotinis plieno stiprumas:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 322,727MPa \quad (3.6.1)$$

Čia  $\gamma_M = 1,1$  - valcuotiems gaminiams.

Armatūra gaminama iš S500 klasės strypinės armatūros, kurios takumo riba  $f_{sk} = 500MPa$ .

Skaičiuotinis armatūros stiprumas:

$$f_{s,d} = \frac{f_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435MPa \quad (3.6.2)$$

Čia  $\gamma_s = 1,15$  - nuolatinėm ir trumpalaikėm apkrovom.

Betonas naudojamas C30/37 klasės pagal standartą LST EN 206-1:2002, kurio charakteristinis gniuždomasis stiprumas  $f_{ck} = 30MPa$ .

Betono skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{c,d} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20MPa \quad (3.6.3)$$

Čia  $\gamma_c = 1,5$  - gelžbetoninėm konstrukcijom.

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

### 3.6.2. Skerspjūvio konstravimas

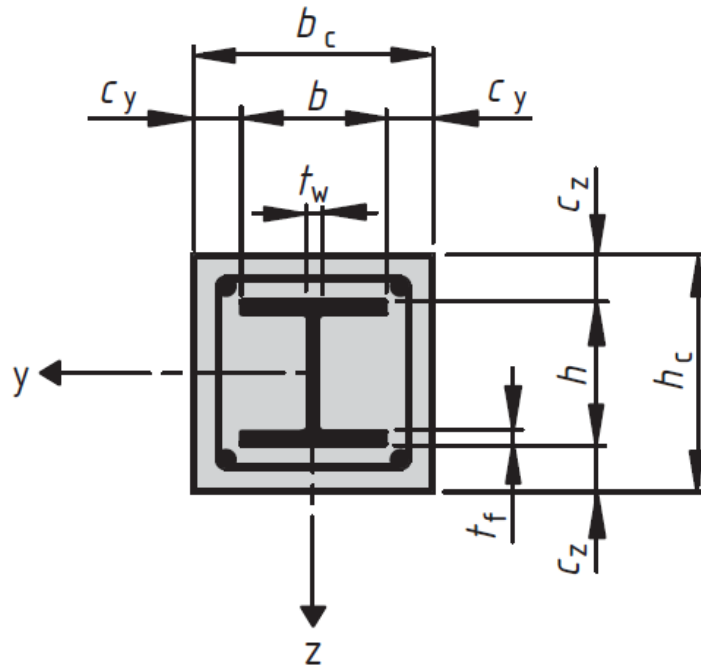
Valcuoto profilio, esančio kompozitinės kolonos centre charakteristikos:

Profilis – HEA180					
$W_{y,net}, cm^3$	$I_y, cm^4$	$h, mm$	$t_w, mm$	$A_{net}, cm^2$	$i_y, cm$
293,6	2510	171	6	45,3	7,45
$W_{z,net}, cm^3$	$I_z, cm^4$	$b, mm$	$t_f, mm$	$P, kg/m$	$i_z, cm$
102,7	924,6	180	9,5	35,5	4,52

3.10. lentelė. Profilio mechaninės charakteristikos

Paveiksle pavaizduotas kompozitinės kolonos skerspjūvis:





Pav. 3.9. Kompozitinės kolonos kerspjuvis

Kolonos plotis ir aukštis priimamas  $b_c = h_c = 270mm$ .

Betono sluoksnio storis  $c_y$  :

$$c_y = \frac{b_c - b}{2} = \frac{270 - 180}{2} = 45mm \quad (3.6.4)$$

Patikrinama ar betono sluoksnis  $c_y$  tenkina sąlygą:

$$40mm < c_y = 45mm < 0,4b = 0,4 \cdot 180 = 72mm \quad (3.6.5)$$

Sąlyga tenkinama.

Betono sluoksnio storis  $c_z$  :

$$c_z = \frac{h_c - h}{2} = \frac{270 - 171}{2} = 49,5mm \quad (3.6.6)$$

Patikrinama ar betono sluoksnis  $c_z$  tenkina sąlygą:

$$40mm < c_z = 49,5mm < 0,3h = 0,3 \cdot 171 = 51,3mm \quad (3.6.7)$$

Sąlyga tenkinama.

Darbo armatūrai parenkami 4 vnt. strypinės armatūros strypai, kurių  $d=10mm$ . Bendras armatūros plotas:

$$A_s = 4 \cdot 78,5 = 314 \text{ mm}^2 \quad (3.6.8)$$

Tuomet betono plotas:

$$A_c = A_{net} - A_a - A_s = 270^2 - 4530 - 314 = 68056 \text{ mm}^2 \quad (3.6.9)$$

Armavimo koeficientas:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{314}{68056} = 0,0046 = 4,6\% \quad (3.6.10)$$

Patikrinama ar armatūros kiekis yra tinkamas:

$$0,3\% < \rho = 4,6\% < 6\% \quad (3.6.11)$$

Sąlyga tenkinama.

### 3.6.3. Vietinio pastovumo tikrinimas

Betono sluoksnis  $c_z = 49,5 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$ .

Patikrinama sąlyga:

$$c_z = 50 \text{ mm} > \frac{b}{6} = \frac{180}{6} = 30 \text{ mm} \quad (3.6.12)$$

Sąlyga tenkinama, todėl vietinio pastovumo kolonai tikrinti nereikia.

### 3.6.4. Skerspjūvio stiprumo tikrinimas

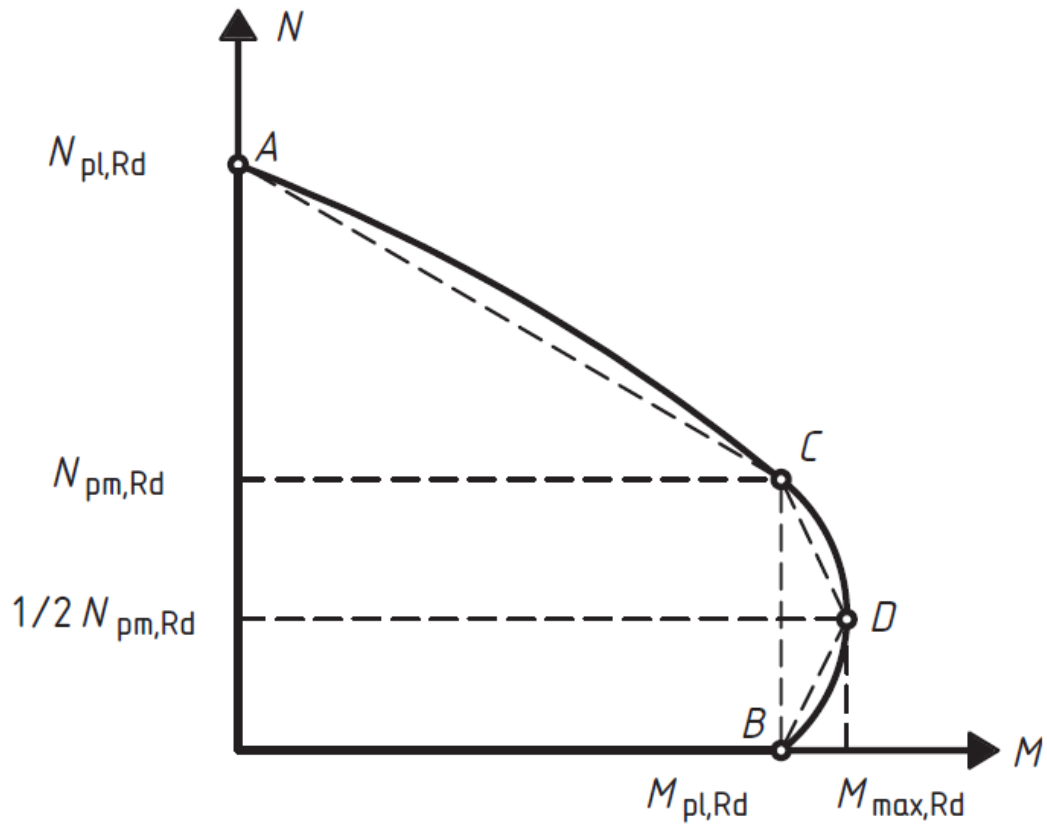
Skerspjūvio stiprumas gniuždymui nuo ašinės jėgos tikrinamas pagal sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.6.13)$$

Nuo lenkimo momento:

$$\frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot \mu \cdot M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.6.14)$$

Žemiau yra pavaizduota lenkimo ir gniuždymo sąveikos kreivė:



Pav. 3.10. Lenkimo ir gniuždymo sąveikos kreivė

Ši kreivė sudaroma iš taškų:

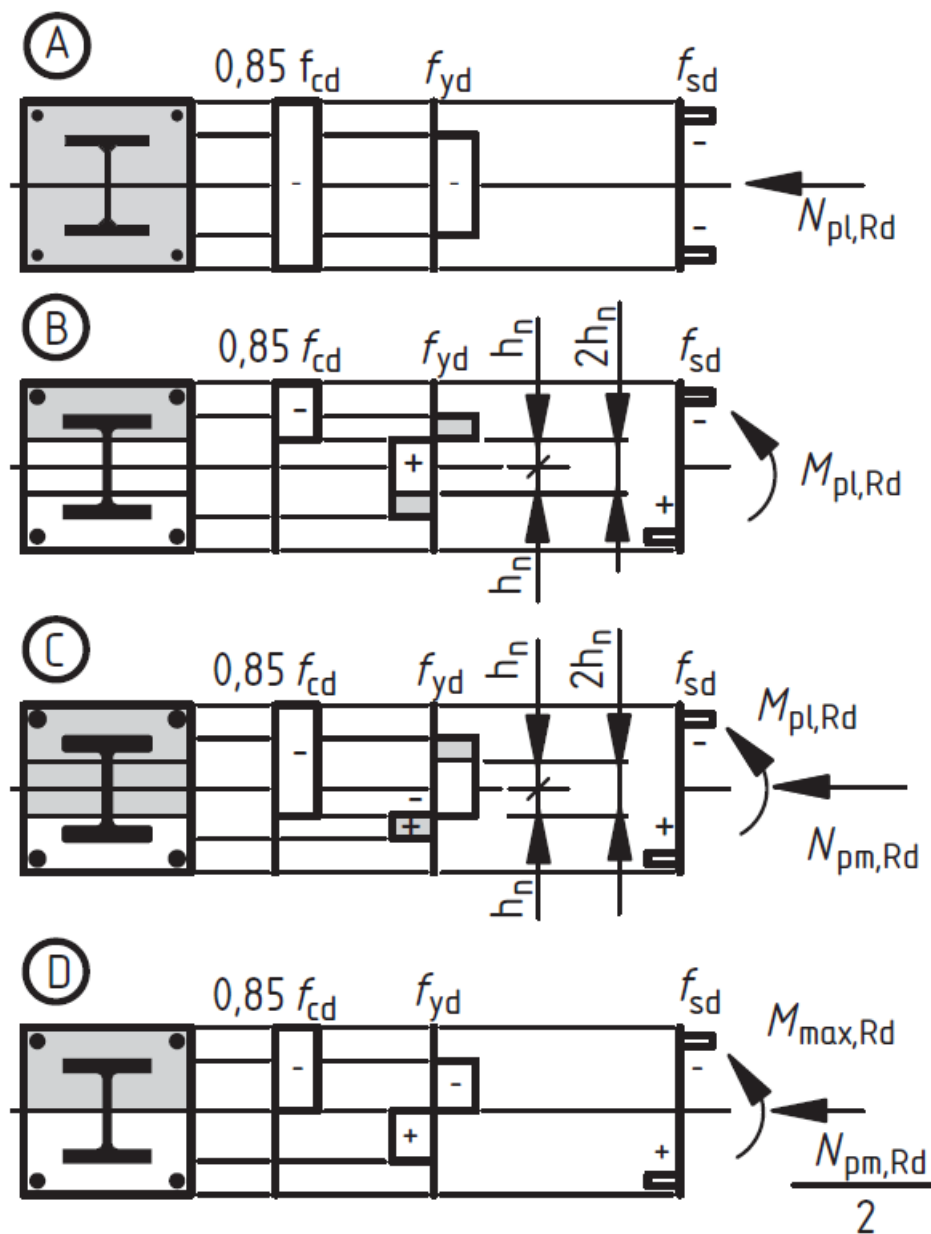
$$A - (M = 0; N_{pl,Rd})$$

$$B - (M_{pl,Rd}; N = 0)$$

$$C - (M_{pl,Rd}; N_{pm,Rd})$$

$$D - (M_{max,Rd}; 1/2 N_{pm,Rd})$$

Įrašų diagramos tam tikrose kreivės taškuose:



Pav. 3.11. Įrašų diagramos tam tikrose kreivės taškuose

*Skaičiuojamos įrašos taške A*

Skaičiuojamoji gniuždymo apkrova:

$$N_{A,Rd} = N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{pl,c,Rd} + N_{pl,s,Rd} \quad (3.6.15)$$

Čia:

$$N_{pl,a,Rd} = A_a \cdot f_{y,d} = 4530 \cdot 10^{-6} \cdot 322,727 \cdot 10^3 = 1462 \text{ kN} \quad (3.6.16)$$

$$N_{pl,c,Rd} = A_c \cdot v \cdot f_{c,d} = 68056 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 10^3 = 1157kN \quad (3.6.17)$$

$$N_{pl,s,Rd} = A_s \cdot f_{s,d} = 314 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^3 = 137kN \quad (3.6.18)$$

$$N_{A,Rd} = N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{pl,c,Rd} + N_{pl,s,Rd} = 1462 + 1157 + 137 = 2756kN \quad (3.6.19)$$

Skaičiuojamas valcuoto plieninio profilio įtakos koeficienta:

$$\rho = \frac{N_{pl,a,Rd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1462}{2756} = 0,53 \quad (3.6.20)$$

Patikrinama ar koeficientas yra normos ribose:

$$0,20 < \rho = 0,53 < 0,90 \quad (3.6.21)$$

Sąlyga tenkinama. Valcuotas profilis parinktas teisingai.

Momentas taške A yra lygus nuliui  $M_{A,Rd} = 0$

Inercijos momentai:

$$I_{ay} = 25,1 \cdot 10^6 mm^4 \quad (3.6.22)$$

$$I_{az} = 9,246 \cdot 10^6 mm^4 \quad (3.6.23)$$

$$I_s = A_s \cdot e_i^2 = 314 \cdot 105^2 = 3,462 \cdot 10^6 mm^4 \quad (3.6.24)$$

Čia  $e_i = 105mm$  - atstumas nuo armatūros centro iki skerspjūvio centro.

$$I_c = \frac{h^4}{12} - (I_a + I_s) = \frac{270^4}{12} - (25,1 + 3,462) \cdot 10^6 = 414,306 \cdot 10^6 mm^4 \quad (3.6.25)$$

Efektyvusis standumas y ašies plokštumoje:

$$\begin{aligned} (EI)_e &= E_a \cdot (I_a + I_s) + 0,8 \cdot E_{cm} \cdot I_c = 2,1 \cdot 10^6 \cdot (25,1 \cdot 10^6 + 3,462 \cdot 10^6) + \\ &+ 0,8 \cdot 32 \cdot 10^3 \cdot 414,306 \cdot 10^6 = 59,980 \cdot 10^{12} + 10,606 \cdot 10^{12} = 70,586 \cdot 10^{12} Nmm^2 \end{aligned} \quad (3.6.26)$$

Kritinė apkrova:

$$N_{cr} = \frac{(EI)_e \cdot \pi^2}{l_{eff}^2} = \frac{70,586 \cdot 10^{12} \cdot 3,14^2}{4000^2} = 43497kN \quad (3.6.27)$$

Sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2756}{43497}} = 0,25 < \bar{\lambda}_{lim} = 0,8 \quad (3.6.28)$$

Klupumo kreivės redukcijos koeficientas:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,25^2}} = 0,982 \leq 1,0 \quad (3.6.29)$$

Čia:

$$\phi = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2\right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,34 \cdot (0,25 - 0,2) + 0,25^2\right) = 0,54 \quad (3.6.30)$$

Koeficientas  $\alpha = 0,34$  parenkamas pagal kreivę b (EN 1993-1-1:2005 6.4 pav. ir 6.1, 6.2 lent.), nes:

$$h/b = 171/180 = 0,95 \text{ ir } t_f = 9,5\text{mm} < 100\text{mm} \quad (3.6.31)$$

Patikrinamas skerspjūvio stiprumas:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{pl,Rd}} = \frac{1595,047}{0,982 \cdot 2756} = 0,59 \leq 1,0 \quad (3.6.32)$$

Sąlyga tenkinama.

*Skaičiuojamos įrąžos taške D*

Gniuždymo apkrova:

$$0,5 \cdot N_{pm,Rd} = 0,5 \cdot N_{pl,c,Rd} = 0,5 \cdot 1157 = 579\text{kN} \quad (3.6.33)$$

$$N_{D,Rd} = 579\text{kN}$$

Atsparumo momentai:

$$W_{pl,a} = 29,36 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 \quad (3.6.34)$$

$$W_{pl,s} = \sum_{i=1}^n |A_{si} \cdot e_i| = 314 \cdot 105 = 3,297 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 \quad (3.6.35)$$

$$W_{pl,c} = \frac{b_c \cdot h_c^2}{4} - W_{pl,a} - W_{pl,s} = \frac{270 \cdot 270^2}{4} - (29,36 + 3,297) \cdot 10^4 = 459,418 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 \quad (3.6.36)$$

Skaičiuojami momentai:

$$M_{pl,a,Rd} = W_{pl,a} \cdot f_{y,d} = 29,36 \cdot 10^4 \cdot 322,727 = 94,753\text{kNm} \quad (3.6.37)$$

$$M_{pl,s,Rd} = W_{pl,s} \cdot f_{s,d} = 3,297 \cdot 10^4 \cdot 435 = 14,342\text{kNm} \quad (3.6.38)$$

$$M_{pl,c,Rd} = W_{pl,c} \cdot 0,85 \cdot f_{c,d} = 459,418 \cdot 10^4 \cdot 0,85 \cdot 20 = 78,101\text{kNm} \quad (3.6.39)$$

Skaičiuojamasis didžiausias lenkimo momentas:

$$M_{D,Rd} = M_{\max,Rd} = M_{pl,a,Rd} + M_{pl,s,Rd} + 1/2 M_{pl,c,Rd} =$$

$$= 94,753 + 14,342 + 0,5 \cdot 78,101 = 148,146 \text{ kNm} \quad (3.6.40)$$

Skaičiuojamos įrąžos taškuose B ir C

Priimama, kad zonoje  $2h_n$  nėra armatūros ( $A_{sn} = 0$ ), tuomet neutralios ašies padėtis:

$$h_n = \frac{N_{pl,c,Rd} - A_{sn}(2f_{s,d} - f_{c,d})}{2b_c f_{c,d} + 4t_w(2f_{y,d} - f_{c,d})} = \frac{1157 \cdot 10^3}{2 \cdot 270 \cdot 20 + 4 \cdot 6 \cdot (2 \cdot 322,727 - 20)} = 45 \text{ mm} \quad (3.6.41)$$

Plastiniai moduliai skerspjūvio zonoje  $2h_n = 2 \cdot 45 = 90 \text{ mm}$ :

$$W_{psn} = 0 \text{ (nes nėra armatūros zonoje } 2h_n \text{)} \quad (3.6.42)$$

$$W_{pan} = t_w h_n^2 = 6 \cdot 45^2 = 12150 \text{ mm}^3 \quad (3.6.43)$$

$$W_{pcn} = b_c h_n^2 - W_{psn} - W_{pan} = 270 \cdot 45^2 - 0 - 12150 = 534600 \text{ mm}^3 \quad (3.6.44)$$

Plastinis lenkimo momentas:

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &= f_{y,d} \cdot (W_{pl,a} - W_{pan}) + 0,5 \cdot f_{c,d} \cdot (W_{pl,c} - W_{pcn}) + f_{s,d} \cdot (W_{pl,s} - W_{psn}) = \\ &= 322,727 \cdot (293600 - 12150) + 0,5 \cdot 20 \cdot (4594180 - 534600) + 435 \cdot (32970 - 0) = \\ &= 145,769 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3.6.45)$$

Taškuose B ir C  $M_{B,Rd} = M_{C,Rd} = M_{pl,Rd} = 145,769 \text{ kNm}$

Taške B  $N_{B,Rd} = 0 \text{ kN}$ .

Taške C  $N_{C,Rd} = N_{pm,Rd} = N_{pl,c,Rd} = 1157 \text{ kN}$

Skaičiuojami kreivės taškai:

Kreivės reikšmės taškuose A,B,C ir D:

$$\begin{aligned} \frac{N_{A,Rd}}{N_{pl,Rd}} &= \frac{2756}{2756} = 1,0; & \frac{M_{A,Rd}}{M_{pl,Rd}} &= \frac{0}{145,769} = 0; \\ \frac{N_{B,Rd}}{N_{pl,Rd}} &= \frac{0}{2756} = 0; & \frac{M_{B,Rd}}{M_{pl,Rd}} &= \frac{145,769}{145,769} = 1,0; \\ \frac{N_{C,Rd}}{N_{pl,Rd}} &= \frac{1157}{2756} = 0,42; & \frac{M_{C,Rd}}{M_{pl,Rd}} &= \frac{145,769}{145,769} = 1,0; \\ \frac{N_{D,Rd}}{N_{pl,Rd}} &= \frac{579}{2756} = 0,21; & \frac{M_{D,Rd}}{M_{pl,Rd}} &= \frac{148,146}{145,769} = 1,02; \end{aligned}$$

Redukcijos koeficientai:

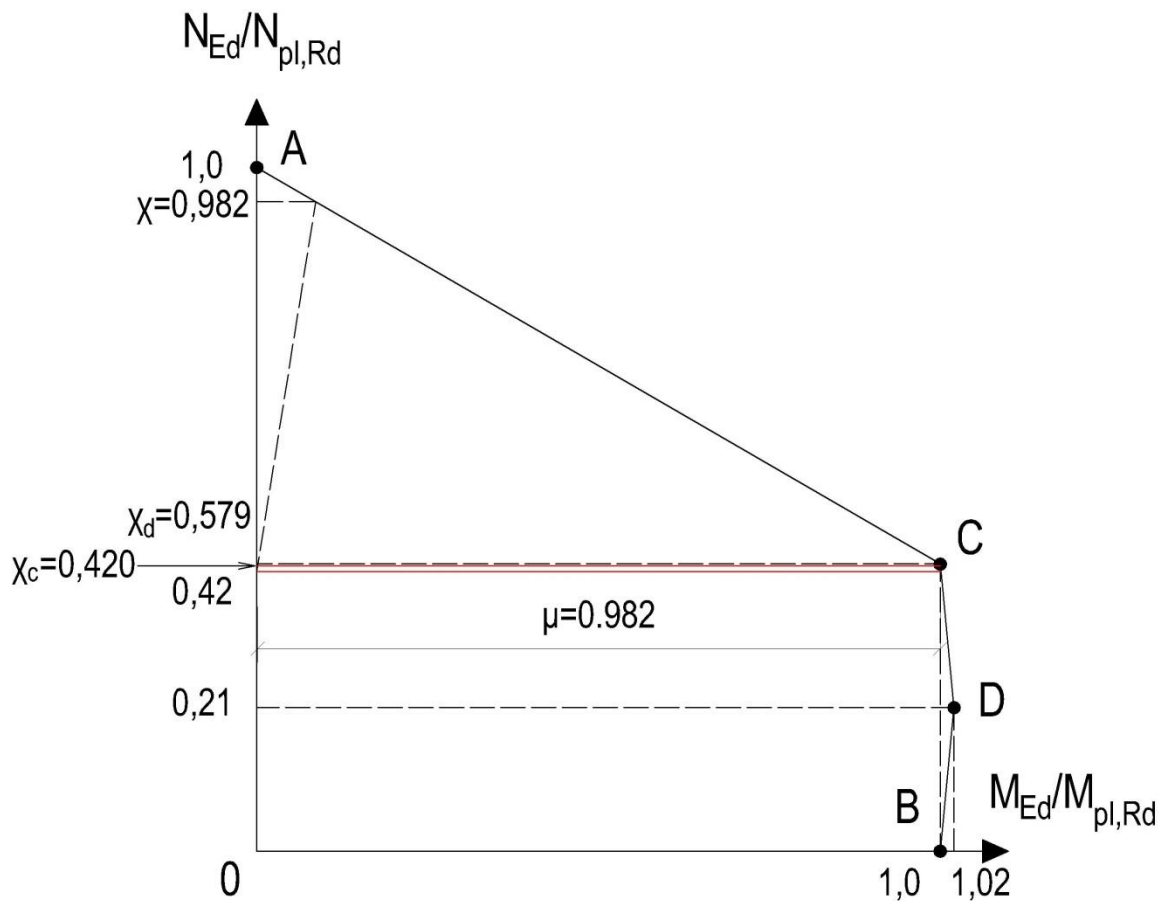
$$\chi_d = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1595,047}{2756} = 0,579 \quad (3.6.46)$$

$$\chi_c = \frac{N_{pl,c,Rd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1157}{2756} = 0,420 \quad (3.6.47)$$

Atsparumo lenkimui koeficientas:

$$\mu = 1 - \frac{(1 - \chi) \cdot \chi_d}{(1 - \chi_c) \cdot \chi} = 1 - \frac{(1 - 0,982) \cdot 0,579}{(1 - 0,420) \cdot 0,982} = 0,982 \quad (3.6.48)$$

Šį koeficientą taip pat galima parinkti iš grafiko:



Pav. 3.12. Lenkimo ir gniuždymo sąveikos kreivė tikrinamai kolonai

Patikrinamas atsparumas lenkimui:

$$\frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot \mu \cdot M_{pl,Rd}} = \frac{34,508}{0,9 \cdot 0,982 \cdot 145,769} = 0,27 \leq 1,0 \quad (3.6.49)$$



Sąlyga tenkinama. Kompozitinės kolonos skerspjūvis parinktas teisingai.

## **4. Technologinė ir ekonominė dalys**

### **4.1. Metalinių kolonų montavimo technologinė kortelė**

Technologinėje kortelėje pateikiami duomenys apie metalinių kolonų montavimą, proceso apimtį, kaštus bei kitus rodiklius. Technologinė kortelė bus sudaroma tik pastatui „A“. Kitiems pastatams montavimo eiga vykdoma remiantis pastato „A“ technologine kortele. Metalinių konstrukcijų montavimas vykdomas vadovaujantis brėžiniais. Vadovauti montavimo darbams turi asmenys, turintys tam leidimus.

Metalinė kolona montuojama ant gelžbetoninio pakolonio, kurio dydžiai 1000x1000 mm. Pamatai poliniai. Kolonos suprojektuotos metalinės kintamo skerspjūvio. Plieno klasė S355JR. Skerspjūvis kinta ties 8 m. aukščio riba ir ties 20 m. aukščio riba. Žemiausioje dalyje suprojektuotas skerspjūvis iš profilio HEA 280, dalyje nuo 8 m. iki 20 m. profilis HEA 240, o viršutinėje dalyje profilis HEA 180. Kolonos galvena daroma iš profilio HEA 160. Kolonos į pamatus tvirtinamos standžiai per inkarinius varžtus M39 8.8 kokybės klasės. Tarpusavyje skirtingi kolonų skerspjūviai sujungiami varžtais M20.

#### **4.1.1. Metalinių kolonų montavimo technologija**

Metalinių kolonų montavimas prasideda nuo konstrukcijų paruošimo montavimui. Atgabenus konstrukcijas į statyb vietę, jos turi būti vizualiai aptikrintos. Visos deformuotos ar kaip nors apgadintos konstrukcijos turi būti sužymėtos ir nepradėtos montuoti tol, kol defektai nebus ištaisyti. Sprendimą dėl pažeistų konstrukcijų taisymo ar papildomo sustiprinimo turi prižiūrėti projektuotojas. Montavimo darbus galima pradėti tik pilnai paruošus pamatus. Pamatų betonai turi būti pakankamai standūs. Draudžiama pradėti montuoti metalines kolonas esant nepakankamam pamatų betono tvirtumui. Pamatuose turi būti subetonuoti inkariniai varžtai ir patikrinta jų tiksli pozicija ašių atžvilgiu. Inkarinių varžtų sriegis iki montavimo turi būti apsaugotas nuo korozijos.

Metalinių konstrukcijų sandėliavimas turi būti iš anksto suplanuotas. Statyb vietėje turi būti numatyti tikslūs sandėliavimo plotai. Kolonos turi būti sandėliuojamos eilės tvarka pagal montavimo eiliškumą. Prieš montavimą kolonos turi būti nuvalytos nuo purvo, rūdžių, o atraminės dalys suteptos. Taip pat turi būti sužymėtos ašys, svorio centrai ir kėlimo vietos. Sandėliuojant konstrukcijas jos turi būti sukrautos patvariai per tarpines, kad sandėliavimo metu

būtų išvengta deformacijų. Kolonos neturi liestu grunto. Ant konstrukcijų neturėtų susikaupti krituliai.

Montuojant kolonas turi būti laikomasi šių reikalavimų:

- pastovumo ir nekintamumo sumontuotų statinio konstrukcijų dalies per visą montavimo periodą;
- montuojamų kolonų pastovumo ir tvirtumo esant montažinėms apkrovoms;
- turi būti užtikrintas saugus montavimas ir specialiųjų statybos darbų vykdymas;
- montavimas turi būti pradėtas nuo tų kolonų, tarp kurių yra numatyti ryšiai. Ryšiai turi būti sumontuoti iškart.

Prieš atkabinant kolonas nuo kablo, jas būtina patikrinti ar yra sutvirtintos varžtais, o jeigu būtina – įrengti laikinus ryšius. Galutinis sutvirtinimas atliekamas tik patikrinus ar kolonos sumontuotos teisingai.

#### 4.1.2. Proceso darbų apimčių skaičiavimas

Pagal architektūrinius ir konstrukcinius brėžinius sudaroma montuojamų kolonų specifikacijos lentelė:

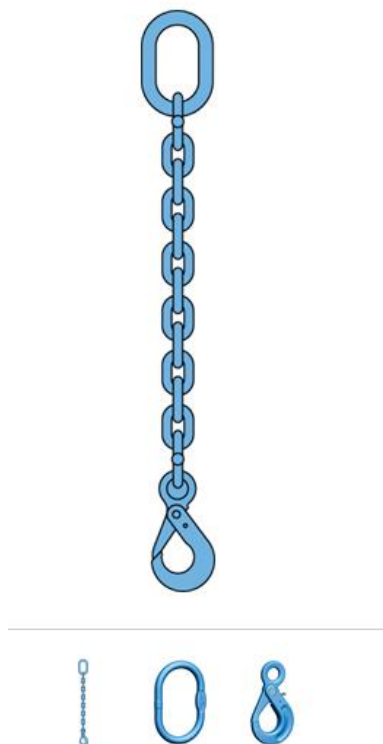
Kolonos pav.	Skerspjūviai	Skerspjūvio dalies ilgis, m	Visos kolonos ilgis, m	Skerspjūvio dalies masė, t	Vienos kolonos masė, t	Kolonų kiekis, vnt.	Bendra kolonų masė, t
1	HEA280	8	32	0,611	1,761	4	7,044
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	12		0,426			
2	HEA280	8	31,5	0,611	1,743	2	3,486
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	11,5		0,408			
3	HEA280	8	31	0,611	1,726	2	3,452
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	11		0,391			
4	HEA280	8	30,5	0,611	1,708	2	3,416
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	10,5		0,373			
5	HEA280	8	30	0,611	1,690	2	3,380
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	10		0,355			
6	HEA280	8	29,5	0,611	1,672	2	3,344
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	9,5		0,337			
2/6	HEA280	8	23,5	0,611	1,459	10	14,590
	HEA240	12		0,724			

	HEA180	3,5		0,124			
7	HEA280	8	29	0,611	1,655	4	6,620
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	9		0,320			
8	HEA280	8	28,5	0,611	1,637	4	6,548
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	8,5		0,302			
9	HEA280	8	28	0,611	1,619	4	6,476
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	8		0,284			
10	HEA280	8	27,5	0,611	1,601	4	6,404
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	7,5		0,266			
11	HEA280	8	27	0,611	1,584	4	6,336
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	7		0,249			
12	HEA280	8	26,5	0,611	1,566	4	6,264
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	6,5		0,231			
13	HEA280	8	26	0,611	1,548	4	6,192
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	6		0,213			
14	HEA280	8	25,5	0,611	1,530	4	6,120
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	5,5		0,195			
15	HEA280	8	25	0,611	1,513	4	6,052
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	5		0,178			
16	HEA280	8	24,5	0,611	1,495	4	5,980
	HEA240	12		0,724			
	HEA180	4,5		0,160			
Viso:							101,704

4.1. lentelė. Metalinių kolonų specifikacija pastatui „A“

#### 4.1.3. Kabinimo priemonės ir krano parinkimas

Kolonos pakėlimui naudojamas grandininis vienos šakos stropas KLX-176 12 klasės.



Pav. 4.1. Grandininis stropas KLX-176

Stropo keliamoji galia – 3,15 tonos. Grandinės diametras 10mm. Stropas pagamintas iš legiruoto plieno. Stropo konstrukcija susideda iš kėlimo žiedo, grandinės ir atlaužiamo kablo. Stropo masė 55 kg. Stropo ilgis 1,8 m. Prie kolonos laikinai privirinama kėlimo kilpa ir prie jų prikabinamas stropas.

Skaičiuojami reikiamo kranų parametrai.

Keliamosios galios skaičiavimas:

Didžiausia reikalinga kranų keliamoji galia susideda iš didžiausios kolonos masės ir kėlimo įrangos masės:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 = 1,761 + 0,055 = 1,816t \quad (4.1.1)$$

Skaičiuojamas reikalingas kranų kablo pakėlimo aukštis:

$$H_r = h_1 + h_2 + h_3 = 1 + 32,5 + 1,8 = 35,3m \quad (4.1.2)$$

Čia:

$h_1 = 1m$  - laisvas tarpas tarp konstrukcijos ir kranų kablo;

$h_2 = 32,5m$  - didžiausios kolonos aukštis;

$h_3 = 1,8m$  - stropo ilgis;

Skaičiuojamas reikiamas kranų strėlės siekis:

$$L_r = \frac{(H_r + h_4 - h) \cdot (b + a)}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4} + c = \frac{(35,3 + 1 - 1,5) \cdot (14 + 1,5)}{1 + 32,5 + 1,8 + 1} + 1,5 = 16,4m \quad (4.1.3)$$

Čia:

$h_5 = 1m$  - sutrauktų kranų skryščių aukštis;

$h = 1,5m$  - strėlės lanksto aukštis nuo kranų stovėjimo lygio;

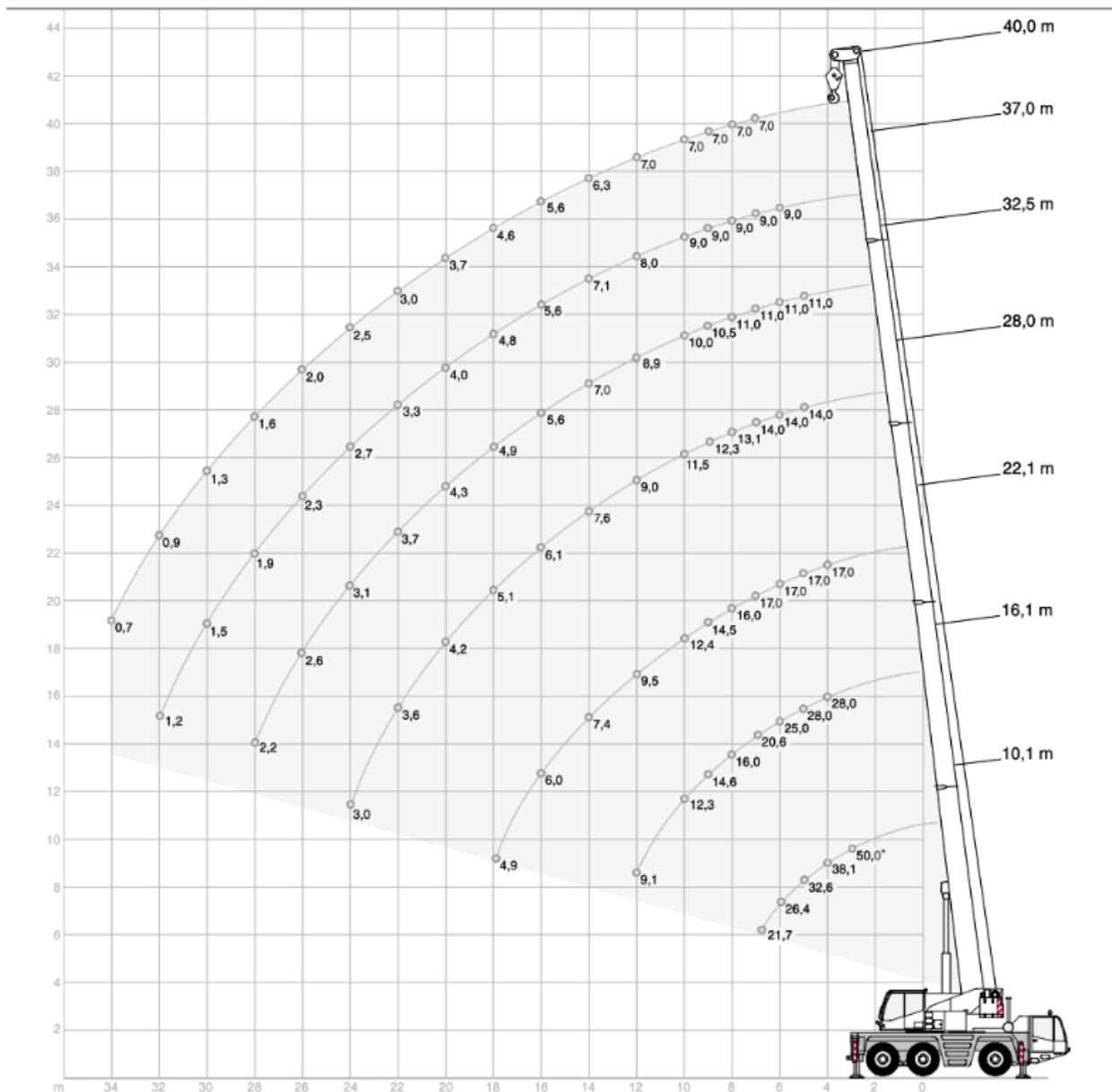
$a = 1,5m$  - mažiausias leidžiamas ilgis nuo kranų strėlės ašies iki metalinės kolonos;

$b = 14m$  - atstumas nuo arčiausios kolonos iki toliausios montuojamos konstrukcijos;

Pagal suskaičiuotus duomenis parenkamas reikiamas automobilinis kranas:

- kranų modelis – DEMAG AC 50;
- kranų keliamoji galia – 50t;
- maksimalus strėlės ilgis – 40,20m;
- maksimalus siekis – 34m;
- kranų gabaritai – 9,07x2,55x3,53m;
- atraminis kontūras – 6,85x6,40m;
- gembelių skaičiai – 2 vnt.;
- gembelių ilgiai – 9,2/17,6m;
- ašių skaičius – 3 vnt.;
- maksimalus kėlimo greitis – 80km/h.

Kranas parinktas su tam tikra kėlimo atsarga.



Pav. 4.2. Krano DEMAG AC 50 strēlēs siekio grafikas





maty- vų šifras	proceso (darbo) pavadinimas	mato vnt.	(darbo apimtis)	žm. h.		Darbo sąnau- dos žm. d.
				Norma darbo vienetui	Visam darbui	
1	2	3	4	5	6	7
N9P- 0101- 4	Metalinų kilonų montavimas (kilonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)	t	101,704	4,7	478	24,7
VISO:			101,704	VISO:		24,7

4.2. lentelė. Darbo sąnaudos

Lentelėje pateikiama medžiagų suvestinė:

Normatyvų šifras	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Mato vnt.	Darbo apimtis	Medžiagos pavadinimas
1	2	3	4	5
N9P-0101-4	Metalinų kilonų montavimas (kilonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)	kg	50,85	Elektrodai suvirinimo
		kg	203,41	Tvirtinimo varžtai
		t	101,704	Plieninės konstrukcijos
		kg	61,02	Pagalbinės montažinės konstrukcijos
		m <sup>3</sup>	0,41	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)

4.3. lentelė. Medžiagų suvestinė

#### 4.1.5. Techniniai ištekliai

Lentelėje pateikiama mechanizmų poreikio suvestinė:

Eilės nr.	Pavadinimas	Markė	Kiekis
1	Automobilinis kranas 50 t.	DEMAG AC 50	2
2	Suvirinimo transformatorius	NORDIKA 3200	2
3	Teodolitas	3T5KP	4
4	Grandininis stropas	KLX-176	2

4.4. lentelė. Mechanizmų suvestinė

#### 4.1.6. Kokybės kontrolė ir leistini nuokrypiai

Prieš montuojant kolonas, jos turi būti vizualiai patikrintos ar nėra jokių pažeidimų: įtrūkimų, įlenkimų. Visos metalinės konstrukcijos prieš montuojant turi būti nuvalomos nuo rūdžių ir kitų apnašų.

Sumontavus konstrukcijas, turi būti patikrinta ar viskas teisingai sumontuota ašių atžvilgiu. Patikrinamas inkarinių varžtų užveržimas. Tikrinti kolonų sujungimo darbus aukšto atsparumo varžtais su kontroliuojamu įtempimu gali tik specialiai apmokyti darbininkai. Pirmiausia nuo sujungimo detalių nuvalomos apnašos (tepalai). Jeigu nuvalytos jungimo priemonės nepanaudojamos per 3 dienas, veiksmą reikia pakartoti. Atliekant sujungimus skylės detalėse turi būti sutapdintos ir užfiksuotos nuo persislinkimo surinkimo kaiščiais. Leidžiama pravalyti suspaustus paketus gražtu, kurio skersmuo lygus skylės diametru. Sujungimams neleidžiama naudoti varžtų, ant kurių nėra gamintojo štampo, stiprumo ribos ir kokybės klasės žymės. Varžtus reikia užsukti projekte nurodyti sukimo jėgos momentu su dinamometriniu raktu. Jis turi būti ne mažesnis nei reikiamas, bet ir ne didesnis negu 10%. Atlikus visus varžtų prijungimus, atsakingas asmuo turi apžiūrėti ir patvirtinti darbus pasirašydamas žurnale.

Konstrukcijų stiprumo bandymai atliekami įstatymų numatyta tvarka.

Konstrukcijų elementų ir blokų padėties ribiniai nuokrypiai neturi viršyti lentelėje nurodytų dydžių:

Eil. nr.	Parametras	Ribinis nukrypimas, mm	Kontrolė (metodas, apimtis, registravimo būdas)
1	Kolonų atraminių paviršių altitudžių nukrypimai nuo projektinių	5	Matavimas, kiekvienas, elementas
2	Gretimų kolonų altitudžių skirtumas	3	Matavimas, kiekvienas, elementas
3	Kolonų ašių nukrypimas nuo projektinių ašių žemutiniame skerspjūvyje ant statant ant pamato	5	Matavimas, kiekvienas, elementas
4	Kolonų geometrinių ašių nukrypimas nuo projektinių ašių viršutiniame skerspjūvyje, kai kolonų ilgis nuo 8m iki 16m	25	Matavimas, kiekvienas, elementas
5	Kiekvieno lygio (aukšto - n) kolonų viršaus altitudžių skirtumas	$0,5n+9$	Atavimas, kiekviena kolona, geodezinė
6	Sijos nukrypimas nuo kolonos	8	Matavimas, kiekvienas, elementas

4.5. lentelė. Medžiagų suvestinė

#### 4.1.7. Darbo sauga

Saugų kolonų montavimą aprašo „Kėlimo kranų saugaus naudojimo taisyklės“ (Žin., 2000, Nr. 6-169). Pagrindiniai reikalavimai, kurių reikia laikytis montuojant kolonas yra šie:

- kolonų montavimo teritorijoje neturi būti vykdomi jokie pašaliniai darbai. Nesaugi teritorija turi būti pažymėta specialiais ženklais;

- visi kėlimui reikalingi mechanizmai turi būti naudojami tik tiek, kurie aprašyti projekte. Kitas kėlimo ir montavimo priemonės, neatitinkančias projekto reikalavimų, naudoti neleidžiama;
- keliant koloną, ji turi būti prilaikoma papildomomis saugos priemonėmis nuo įsisiūbavimo ar atsitrenkimo į kitus objektus;
- visi krano kėlimo teritorijoje esantys darbininkai privalo laikytis saugaus darbo taisyklių.

Visi darbininkai perėjimams nuo vienos konstrukcijos prie kitos privalo naudoti tam specialiai pastatytus pastolius, tiltelius ar kitas numatytas priemones. Dirbant aukštyje, darbuotojai privalo būti prisitvirtinę saugos diržus. Saugos diržų negalima tvirtinti prie nestabilių konstrukcijų. Krano mašinistui signalus privalo duoti tik vienas apmokytas asmuo, tačiau signalą „STOP“ galia parodyti bet kas. Negalima kelti konstrukcijų, kurios yra netinkamai paruoštos kėlimui, t.y. be tam specialiai įrengtų kilpų ar kitų saugaus pritvirtinimo priemonių. Montuoti kolonas esančias sekančiuose aukštuose leidžiama tik tuomet kai tinkamai sutvirtintos pirmųjų aukštų kolonos. Neatkabinti kolonų nuo krano tol, kol nebus įsitikinta, jog konstrukcija gerai pritvirtinta.

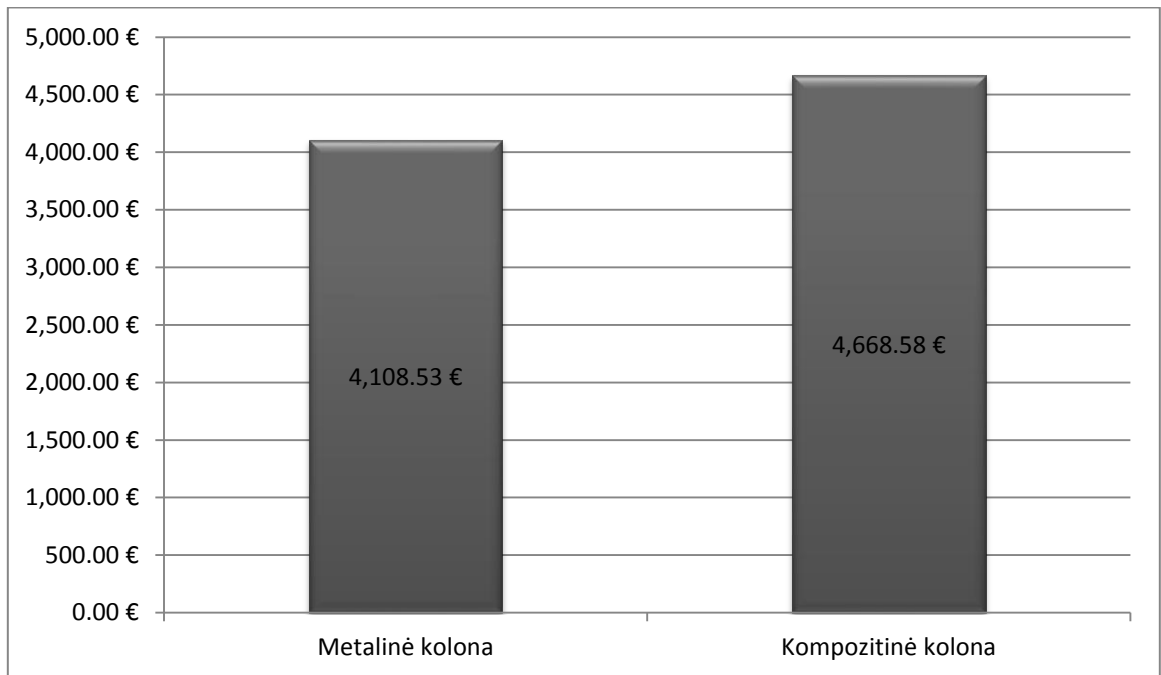
## **4.2. Kolonų montavimo ekonominis palyginimas**

Kolonų montavimo ekonominis palyginimas atliekamas vienai kolonai nr. 1, esančiai ašių „A“ ir „1“ susikirtimo vietoje. Ši kolona yra didžiausia. Šiame ekonominiame palyginime bus svarbus santykinis kolonų montavimo kainų skirtumas.

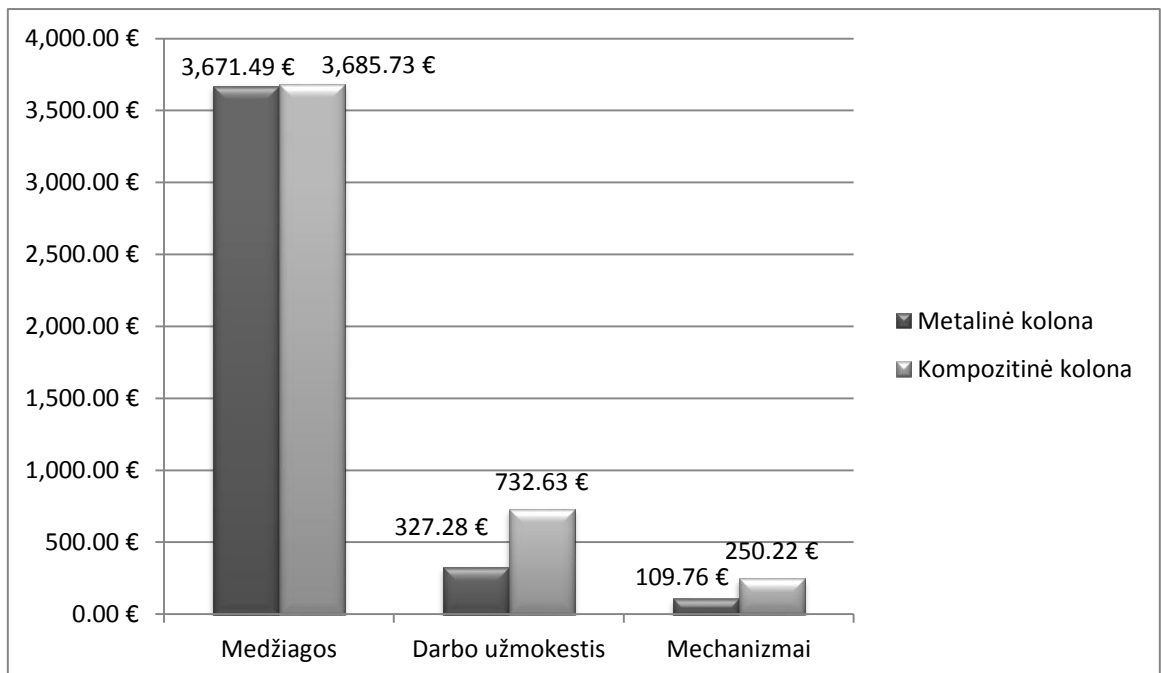
Palyginimas bus atliktas suskaičiavus abiejų kolonų – metalinės ir kompozitinės lokales sąmatas. Lokalinė sąmata – tai investicijų poreikis statinio statybai, detalizuotas pagal statybos darbus. Ši sąmata atlikta programa „Sistela“. Kolonų montavimo kaina yra nustatoma apskaičiuojant tiesiogines ir netiesiogines išlaidas. Tiesiogines išlaidas sudaro tiesiogiai darbams atlikti reikalingų materialinių ir darbo išteklių (medžiagų, mechanizmų, darbo užmokesčio vertė, socialinio draudimo mokesčiai ir pan.). Apskaičiuojant tiesiogines išlaidas, atsižvelgiama į tai, kad šių išlaidų sudėtyje numatomos tik tos išlaidos, kurios pagal savo pobūdį gali būti pripažįstamos rangovo pardavimo sąnaudomis. Statytojo netiesioginės išlaidos yra kainų skirtumas tarp kainos, kuri buvo sutarta sutartyje ir tiesioginių išlaidų kainos. Tai gali būti pridėtinės išlaidos, pelnas, PVM ir pan.

Abiejų kolonų montavimo lokalinės sąmatos pateiktos priede nr. 3.

Žemiau pateikiami grafiniai kolonų montavimo kainos palyginimai:



Pav. 4.4. Kolonų montavimo kainų palyginimas



Pav. 4.5. Detalus kolonų montavimo kainų palyginimas

## 5. Mokslinio tiriamojo darbo rezultatai ir jų panaudojimas

Skyriuje 3.4. suskaičiuota karpyta metalinė sija. Mokslinio tiriamojo darbo dalyje bus analizuojama nekarpyta metalinė sija, įvertinant momentų persiskirstymą. Gauti rezultatai bus palyginti ekonomiškai.

### 5.1. Metalinės nekarpytos sijos skaičiavimas

#### 5.1.1. Pradiniai duomenys

Kolonų žingsnis rėmo plokštumoje yra 5,5m + 3,0m + 5,5m. Bendras sijos ilgis 14m. Sija lankščiai tvirtinama sijos galuose ir atramose.

Sija gaminama iš dvitėjo profilio HEA, karšto valcavimo konstrukcinio plieno Pagal standartą EN 10034. Plienas S355.

Parenkamas profilis **HEA180**, kurio techninės charakteristikos:  $A = 45,3\text{cm}^2$  ,  $I_y = 2510\text{cm}^4$  ,  $W_y = 293,6\text{cm}^3$  ,  $t_w = 6\text{mm}$  ,  $h_w = 153\text{mm}$  ,  $i_y = 7,45\text{cm}$  ,  $S_y = 162\text{cm}^3$  .

Plieno charakteristinis stiprumas pagal takumo ribą:  $f_y = 355\text{MPa}$  .

Plieno skaičiuotinis lenkiamasis stiprumas:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,1 = 322,727\text{MPa} \quad (5.1.1)$$

Skaičiuotinis kerpamasis plieno stiprumas:

$$f_{s,d} = 0,58f_y / \gamma_M = 0,58 \cdot 355 / 1,1 = 187,182\text{MPa} \quad (5.1.2)$$

#### 5.1.2. Įrašos

Sijai pavojingiausias derinys yra nr. 7.

Didžiausia skersinė įraža sijos galuose yra  $N_{Ed,1} = 65,211\text{kN}$  .

Didžiausia skersinė įraža vidurinėse atramose yra  $N_{Ed,2} = 112,287\text{kN}$  .

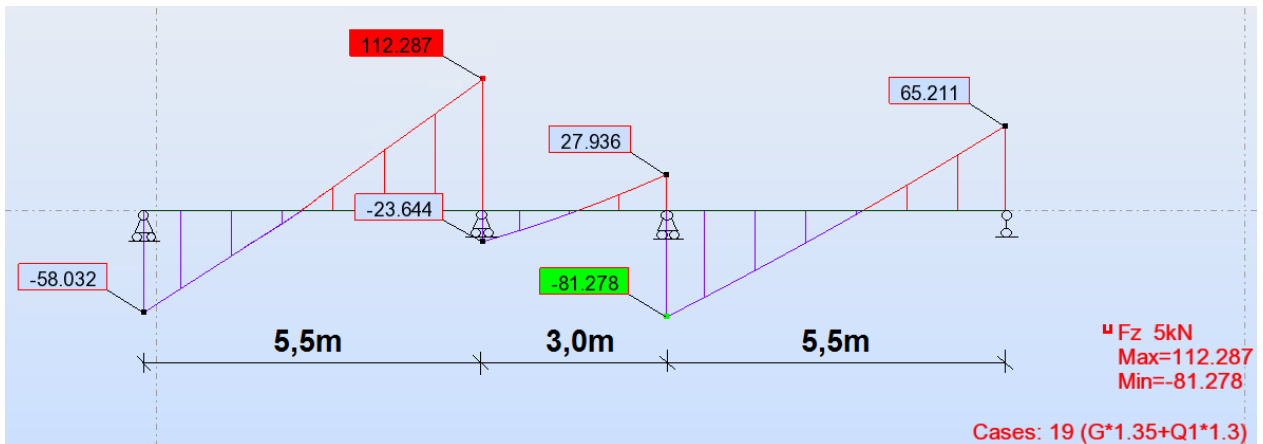
Didžiausia skersinė įraža yra  $N_{Ed,max} = 112,287\text{kN}$  .

Lenkimo momentas sijos galuose  $M_{Ed,0} = 0\text{kNm}$  .

Didžiausias lenkimo momentas vidurinėse atramose  $M_{Ed,1} = 87,458\text{kNm}$  .

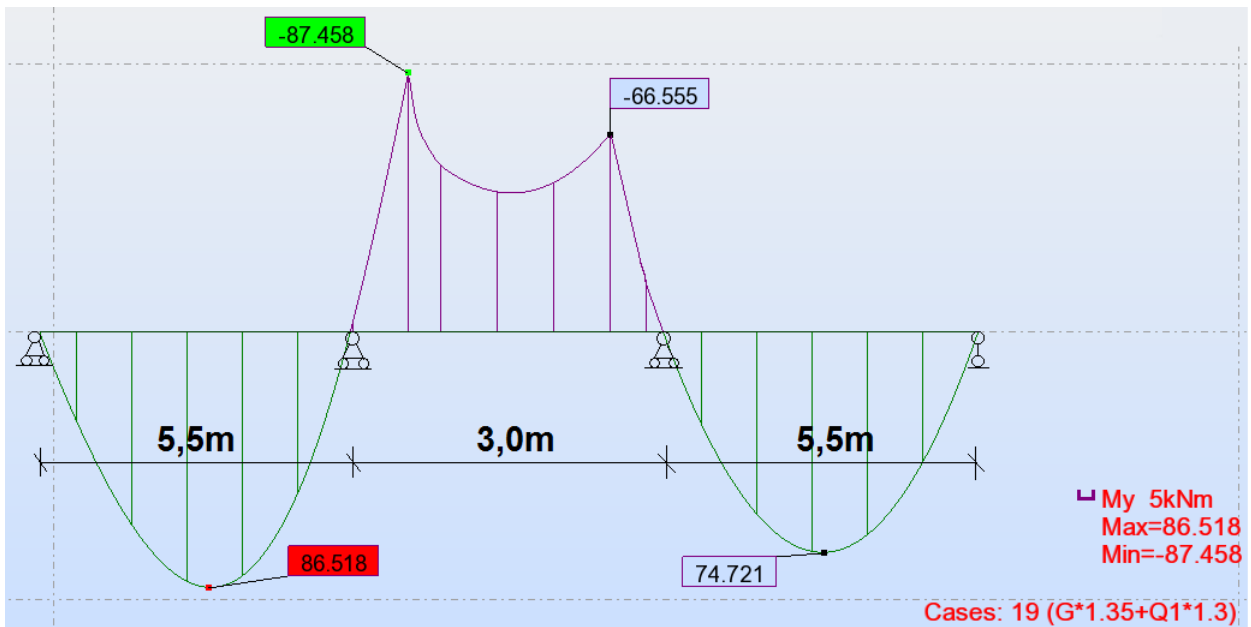
Didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed,max} = 86,518\text{kNm}$  .

Žemiau paveiksle pavaizduota sijos skersinių įrašų diagrama:



Pav. 5.1. Sijos skersinių įrašų diagrama

Žemiau paveiksle pavaizduota sijos momentų diagrama:



Pav. 5.2. Sijos momentų diagrama

Įvertinant momentų persiskirstymą, skaičiuotinė lenkimo momento reikšmė nustatoma:

$$M_{Ed} = \alpha \cdot M_{max} \quad (5.1.3)$$

Čia:  $M_{max} = M_{Ed,max} = 87,458 kNm$  - didžiausias lenkimo momentas tarpatramyje ar atramoje, kuris yra nustatomas imant nekarpytą siją skaičiuojamąją schemą.

$\alpha$  - momentų persiskirstymo koeficientas, kuris nustatomas pagal formulę:

$$\alpha = 0,5 \left( 1 + \frac{M_{max}}{M_{eff}} \right) \quad (5.1.4)$$

Momentas  $M_{eff}$ , kai sijos galai laisvai atremti, imamas didesnis, gautas iš šių formulių:

$$M_{eff,1} = \max \left( \frac{M_1}{1 + \frac{a}{l}} \right) = \frac{154,655}{1 + \frac{2,75}{5,5}} = 103,103 kNm \quad (5.1.5)$$

$$M_{eff,2} = 0,5M_2 = 0,5 \cdot 25,117 = 12,559 kNm \quad (5.1.6)$$

Čia:

$M_1 = 154,655 kNm$  - lenkimo momentas kraštiniame tarpatramyje, apskaičiuotas kaip laisvai atremta sija,

$M_2 = 25,117 kNm$  - lenkimo momentas tarpiniame tarpatramyje, apskaičiuotas kaip laisvai atremta sija,

$a = 5,5/2 = 2,75 m$  - atstumas nuo pjūvio, kuriame veikia momentas  $M_1$  iki kraštinės atramos,

$l = 5,5 m$  - kraštinio tarpatramio ilgis.

Tuomet momentas  $M_{eff} = M_{eff,1} = 103,103 kNm$

Momentų persiskirstymo koeficientas:

$$\alpha = 0,5 \left( 1 + \frac{M_{max}}{M_{eff}} \right) = 0,5 \cdot \left( 1 + \frac{87,458}{103,103} \right) = 0,848 \quad (5.1.7)$$

Skaičiuotinė lenkimo momento reikšmė:

$$M_{Ed} = \alpha \cdot M_{max} = 0,848 \cdot 87,458 = 74,164 kNm \quad (5.1.8)$$

Išvada. Momentų persiskirstymo koeficientas sumažina skaičiuotinę momento lenkimo reikšmę apie 15%.

### 5.1.3. Stiprumo tikrinimas saugos ribiniam būviui

Sija yra veikiamą statinės apkrovos, yra vientiso skerspjuvio ir takumo riba neviršija 530 N/mm<sup>2</sup>, todėl jos stiprumas skaičiuojamas įvertinant plastines deformacijas.

Sijos stiprumas lenkimui tikrinamas pagal šią formulę:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (5.1.9)$$

Čia  $M_{pl,Rd}$  - skaičiuotinis skerspjuvio lenkiamasis atsparumas pagal takumo ribą:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c \quad (5.1.10)$$

Čia  $W_{net,min} = W_y$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,

$c_{pl,1}$  - ribotųjų plastinių deformacijų koeficientas.

Skaičiuotinis tangentinis sijos sienelės įtempis:

$$\tau_{w,Ed} = \frac{V_{Ed}}{t_w h_w} = \frac{112,285 \cdot 10^3}{6 \cdot 153} = 122,315 MPa > 0,5 f_{s,d} = 0,5 \cdot 187,182 = 93,591 MPa \text{ (x.x.x)}$$

ir

$$\tau_{w,Ed} = 122,315 MPa < 0,9 f_{s,d} = 0,9 \cdot 187,182 = 168,464 MPa \quad (5.1.11)$$

Dėl to koeficientas:  $c_{pl,1} = 1,05 \cdot \beta \cdot c_{pl}$ .

Patikrinamas santyki:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{180 \cdot 9,5}{153 \cdot 6} = 1,86 \quad (5.1.12)$$

Taikydami tiesinę interpoliaciją iš STR 2.05.08:2005 7.5 lentelės parenkamas koeficientas  $c_{pl} = 1,044$ .

Koeficientas  $\beta$ :

$$\beta = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{\tau_{w,Ed}}{f_{s,d}}\right)^2}}{\sqrt{1 - \alpha \left(\frac{\tau_{w,Ed}}{f_{s,d}}\right)^2}} = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{122,315}{187,182}\right)^2}}{\sqrt{1 - 0,7 \cdot \left(\frac{122,315}{187,182}\right)^2}} = 0,904 \quad (5.1.13)$$

Čia  $\alpha = 0,7$  - dvitėjam skerspjūviui, lenkiamam sienelės plokštumoje.

Skaičiuojamas koeficientas  $c_{pl}$ :

$$c_{pl,1} = 1,05 \cdot \beta \cdot c_{pl} = 1,05 \cdot 0,904 \cdot 1,044 = 0,991 \quad (5.1.14)$$

Skaičiuojamasis lenkiamasis momentas:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c = 0,991 \cdot 293,6 \cdot 10^{-6} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 93,897 kNm \quad (5.1.15)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{93,897}{129,927} = 0,72 \leq 1,0 \quad (5.1.16)$$

Sąlyga tenkinama.



Patikrinamas sijos kerpamasis atsparumas pagal šią formulę:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} \leq 1,0 \quad (5.1.17)$$

Skaičiuotinio skerspjūvio kerpamojo atsparumo reikšmė:

$$V_{c,Rd} = \frac{I \cdot t}{S} f_{s,d} \gamma_c = \frac{2510 \cdot 10^{-8} \cdot 0,006}{162 \cdot 10^{-6}} \cdot 187,182 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 174,010 kN \quad (5.1.18)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} = \frac{112,287}{174,010} = 0,64 \leq 1,0 \quad (5.1.19)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas sijos sienelės stiprumas. Jis turi būti pakankamas visame sijos ilgyje. Kai apkrova tolygiai pasiskirsto, tai didžiausi įtempiai bus sijos viduriniame pjūvyje.

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,x,Ed}^2 - \sigma_{w,x,Ed} \sigma_{w,z,Ed} + \sigma_{w,z,Ed}^2 + 3\tau_{w,xz,Ed}^2}}{1,15 f_{y,d}} \leq \gamma_c \quad (5.1.20)$$

Skaičiuojamos sijos neveikia vietiniai įtempimai ir momentas Z ašies atžvilgiu yra lygus nuliui, todėl priimama, kad  $\sigma_{w,z,Ed} = 0$ .

Tuomet normaliniai įtempimai sijos sienelės krašte:

$$\sigma_{w,x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_{y,net}} z = \frac{0,074}{2510 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,0765 = 226 \text{ MPa} \quad (5.1.21)$$

Sijos viduryje skersinė jėga yra lygi nuliui, todėl šioje vietoje tangentinių įtempimų nebus.

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{226^2 - 226 \cdot 0 + 0^2 + 3 \cdot 0^2}}{1,15 \cdot 322,727} = 0,61 \leq 1,0 \quad (5.1.22)$$

Sąlyga tenkinama.

Tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed} S_f}{I_{y,net} t_w} = \frac{112,287 \cdot 10^3 \cdot 162 \cdot 10^3}{2510 \cdot 10^4 \cdot 6} = 120,787 \text{ MPa} \quad (5.1.23)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\tau_{w,xz,Ed}}{f_{s,d}} = \frac{120,787}{187,182} = 0,64 < \gamma_c = 1,0 \quad (5.1.24)$$

Visos sąlygos tenkinamos. Sijos sienelės stiprumas pakankamas.

## 5.2. Rezultatų analizė ir ekonominis palyginimas

Įvertinę momentų persiskirstymo sąlygą ir patikrinę nekarpytos 14m ilgio sijos stiprumo sąlygas gauti rezultatai parodė reikalingą profilį HEA180.

Ankstesniame skyriuje nr. 3.4. ir priede nr. 1 suskaičiuota karpyta sija ir gauti reikalingi profiliai HEA160 3,0 m ilgio sijai ir HEA 220 5,5m ilgio sijoms.

Lentelėje pateikiamos profilių masės:

Profilis	Masė, kg/m
HEA160	30,4
HEA180	35,5
HEA220	50,5

5.1. lent. Profilių masės

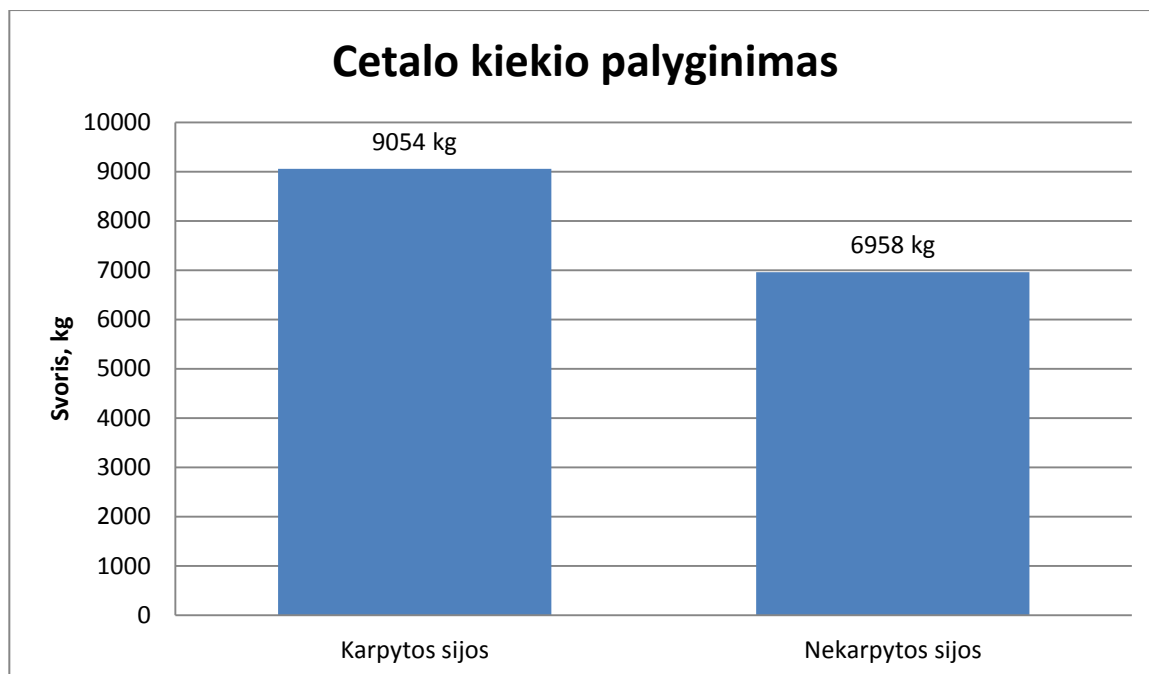
Visame pastate yra 14vnt. sijų (viršutiniame aukšte). Tarpiniuose aukštuose nekarpytų sijų naudoti negalime, todėl palyginsime tik viršutinio aukšto sijas.

Suskaičiuokime kokio kiekio metalo reikės naudojant karpytas sijas:

$$m_1 = (30,4 \cdot 3 + 50,5 \cdot 5,5 \cdot 2) \cdot 14 = 9054kg \quad (5.2.1)$$

Suskaičiuokime kokio kiekio metalo reikės naudojant nekarpytas sijas:

$$m_2 = (35,5 \cdot 14) \cdot 14 = 6958kg \quad (5.2.2)$$



5.3. diagrama. Metalo kiekio palyginimas.

Išvada.

Apskaičiavus nekarpytą siją ir įvertinus momentų persiskirstymą gauta, jog sijoms metalo sunaudojama 2096 kg. mažiau. Sutaupoma 23% plieno.

## **6. Darbo sauga ir aplinkosauga**

Svarbiausias įstatymas Lietuvos respublikoje, kurio paskirtis yra apsaugoti visų darbuotojų sveikatą ir gerovę yra Lietuvos Respublikos Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. Šis įstatymas išleistas 2003 metais liepos mėnesį ir galioja 2017 metų birželio galo. Šio įstatymo paskirtis yra teisiškai reglamentuoti įvairias su darbų sauga susijusias nuostatas, kurios gintų darbuotojų teises. Taipogi šis įstatymas aprašo abiejų šalių – darbuotojo ir darbdavio atsakomybes ir pareigas, susijusias su darbų sauga.

Pagal Lietuvoje galiojančius principus, kiekvienam darbuotojui privalo būti sudarytos tokios darbo sąlygos, kad darbuotojas savo darbo vietoje jaustųsi saugiai ir ramiai. Darbuotojai neturi būti diskriminuojami ir skirstomi pagal tautinius požiūrius, rasę, religinius įsitikinimus. Saugias ir nediskriminuojančias darbo sąlygas darbuotojui privalo garantuoti darbdavys, o jeigu darbuotojo manymu tos sąlygos jam nėra užtikrintos, jis gali kreiptis savo padalinio vadovą, įmonės direktorių ar galiausiai į Valstybinę darbo inspekciją.

### **6.1. Bendrieji darbų saugos reikalavimai statybvietėje**

Statybų sektorius yra platus ir vienas iš pavojingiausių darbo aplinkų. Dėl šių priežasčių yra išleista papildomų darbuotojų saugą statybose reglamentuojančių teisės aktų. Vienas iš jų yra Saugos ir sveikatos taisyklės statybose. Šis dokumentas buvo išleistas 2000 metais gruodžio mėnesį. Taisyklės aprašo bendruosius darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimus, numato statybvietėje esančias pavojingas zonas ir veiksnius, nurodo statinio projekto technologinėje dalyje būtinus aprašyti projektinius sprendinius, susijusius su darbuotojų sauga.

Prieš pradėdant statybos darbus atsakingi asmenys statybvietėje privalo užpildyti aktaleidimą, kuriame privalo būti aprašytos visos priemonės susijusios su darbų sauga. Taipogi prieš pradėdant dirbti turi būti sužymėtos visos pavojingos zonos esančios statybvietėje. Į jas galia pateikti tik specialiai apmokyti darbuotojai, o visos nuolatinės darbuotojų buvo patalpos (persirengimo kabinos, valgykla, tualetai, praėjimai į darbo vietą) privalo būti saugiose zonose. Visa statybose naudoja technika, įrengimai, darbo įrankiai privalo būti tvarkingi ir atitikti gamintojo reikalavimus. Savadarbiai įrankiai statybvietėje drauziami. Visi asmenys, kurie dirba

ar apsilango statybos aikštelėje privalo dėvėti saugos šalms. Pati statybvietė turi būti aptvertas ir pažymėta taip, kad jokie pašaliniai žmonės negalėtų į ją patekti.

## **6.2. Aplinkosauga**

Svarbiausias įstatymas, kuris aprašo aplinkosauginius reikalavimus statybose yra Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos įstatymas.

Didžiausias dėmesys statybose aplinkosauginiu požiūriu yra kreipiamas į atliekas. Visos atliekos turi būti rūšiuojamos, sandėliuojamos ir išvežamos perdibti ar utilizuoti. Atliekos turi būti skirstomos į:

- Komunalinės atliekos – tai yra įvairios buitinės atliekos, maistas, tekstilės gaminiai ir visos kitos atliekos, kurios negali būti išrūšiuotos pagal smulkesnes kategorijas;
- Inertinės atliekos – tai yra dauguma statybos produktų, kurie yra pagaminti iš nedegių ir nepavojingų aplinkai medžiagų. Tai yra įvairios plytos, blokeliai, plytelės, mediena ir pan.;
- Perdirtbi ir pakartotinai panaudoti tinkamos atliekos – tai įvairios medžiagos iš popieriaus, kartono, plastiko ar metalo.
- Pavojingos atliekos – tai dauguma statybos aptinkamų skysčių tokių kaip dažai, tepalai, įvairūs tirpikliai, klėjai ar dervos. Visos šios atliekos turi būti sandėliuojamos atskirose talpose ir negali būti maišomos kartu;
- Netinkamos perdirbimui atliekos – tai įvairios izoliacinės medžiagos tokios kaip akmens, stiklo vata, putų polistirolas ir kitos medžiagos, kurios nepriskiriamos nei vienai iš ankščiau paminėtų kategorijų;
- Asbesto turinčios atliekos. Ši atliekų kategorija yra ypatingai svarbi, kadangi asbesto turinčios medžiagos sutinkamos ganėtinai dažnai, o jos yra itin pavojingos.

Statybos techninis reglamentas STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“ numato, kad statytojas negali gauti statybos užbaigimo akto tinkamai nepasirūpinęs visomis atliekomis. Kai kurios nepavojingos statybinės atliekos gali būti panaudojamos kaip antriniai statybos produktai, bet jie turi turėti atitiktą deklaraciją. Medienos atliekos, kurios nėra apdorotos jokiais cheminiais preparatais gali būti deginamos ir panaudojamos energijos gavybai.

## Išvados

1. Tiriamoje magistrinio darbo dalyje buvo suskaičiuotos šios laikančiosios pastato konstrukcijos: plieninė 14 m ilgio santvara, metalinis 5,68 m ilgio ilginis, plieninė kintamo skerspjūvio 32 m aukščio kolona, kompozitinė 32 m aukščio kolona, plieninės 5,5 m ir 3,0 m ilgio sijos ir gelžbetoninė kiaurymėtoji 6,2 m ilgio nepertraukiamo formavimo perdanga.
2. Suprojektuota A energetinio naudingumo kalsei atitinkanti stogo atitvara, kurios šilumos perdavimo koeficientas  $U = 0,103 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{norm} = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .
3. Mokslinėje magistrinio darbo dalyje suprojektuota 14 m ilgio nekarpyta metalinė sija, įvertinant momentų persiskirstymą ir atliktas ekonominis palyginimas su tokio pačio ilgio karpyta sija. Pagal gautus rezultatus karpyta sija yra 23% ekonomiškesnė.
4. Atliktas ekonominis metalinės ir kompozitinės kolonų palyginimas, kurio metu nustatyta, jog metalinė kintamo skerspjūvio kolona yra 12% pigesnė.
5. Parinktas reikiamas kolonų montavimui automobilinis kranas DEMAG AC 50, kurio keliamoji galia yra 50 t.

## Literatūros sąrašas

1. Lietuvos Respublikos Statybos įstatymas.
2. Lietuvos Respublikos Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas.
3. Lietuvos Respublikos Aplinkos apsaugos įstatymas.
4. STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“.
5. STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“.
6. STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“.
7. STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.
8. STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“.
9. STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“.
10. STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“.
11. STR 2.01.01(2):1999 "Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga".
12. STR 1.05.08:2003 „Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai“.
13. STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“.
14. Kėlimo kranų saugaus naudojimo taisyklės, (Žin., 2000, Nr. 6-169).
15. Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje, DT 5-00. Valstybės žinios, 2001-01-10, Nr. 3-74.
16. Darboviečių įrengimo statybose nuostatai, A1-22/D1-34, Valstybės žinios, 2008-01-24, Nr. 10-362.
17. Eurokodas 4. Kompozitinių plieninių – betoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės LST EN 1994-1-1/P. 2007 m.
18. E.K.Zavadskas, A.Karablikovas, P.Malinauskas, P.Mikšta, H.Nakas, R.Sakalauskas Statybos procesų technologija. Vilnius, Technika 2008.
19. J.Ramanauskas Statybinė fizika. Mokomoji knyga Kaunas, 2011, Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla.
20. R.Bergmann, C.Matsui, C.Meinsma, D.Dutta Design guide for concrete filled hollow section columns under static and seismic loading. Koln, Germany 1995.
21. Y.C.Wang, Design guide for concrete filled hot finished structural hollow section (SHS) columns. United Kingdom, 2014.

22. American Institute of Steel Construction, Design Examples Version 14.1. United States of America, 2013.
23. S.J.Hicks, G.M.Newman Design guide for concrete filled columns. Corus tubes, United Kingdom, 2002.
24. G.Hanswille, Background and applications dissemination of informatikon for training 18-20 February 2008, Brussels.
25. Rui Simoes, F.Dinu Conceptual design of buildings, Module D, Design of composite members and joints.



## **Priedai**

**Metalinės sijos projektavimas**

**Pradiniai duomenys**

Skaičiuojama dviratmė karpyta pastato sija. Plieninė sija yra tvirtinama prie metalinių kolonų šarnyriškai. Prie kolonos lentynos gamykloje vertikaliai privirinama metalinė plokštelė su iš anksto išgręžtomis skylėmis varžtams. Plieninės sijos sienelėje taip pat išgręžiamos skylės ir statybvietėje varžtais sija pritvirtinama prie kolonos.

Rėmo plokštumoje sijos ilgis kinta nuo 3,0m iki 5,5m. Praeituose skyriuose skaičiavome pavojingiausią atvejį – 5,5m ilgio siją. Dabar suskaičiuosime ir patikrinsime kokio profilio reikia 3,0m ilgio tarpatriamiui.

Sija gaminama iš dvitėjo profilio HEA, karšto valcavimo konstrukcinio plieno Pagal standartą EN 10034. Plienas S355.

Parenkamas profilis **HEA160**, kurio techninės charakteristikos:  $A = 38,8cm^2$  ,  
 $I_y = 1673cm^4$  ,  $W_y = 220,1cm^3$  ,  $t_w = 6mm$  ,  $h_w = 134mm$  ,  $i_y = 6,57cm$  ,  $S_y = 123cm^3$  .

Plieno charakteristinis stiprumas pagal takumo ribą:  $f_y = 355MPa$  .

Plieno skaičiuotinis lenkiamasis stiprumas:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,1 = 322,727MPa \quad (1.1)$$

Skaičiuotinis kerpamasis plieno stiprumas:

$$f_{s,d} = 0,58f_y / \gamma_M = 0,58 \cdot 355 / 1,1 = 187,182MPa \quad (1.2)$$

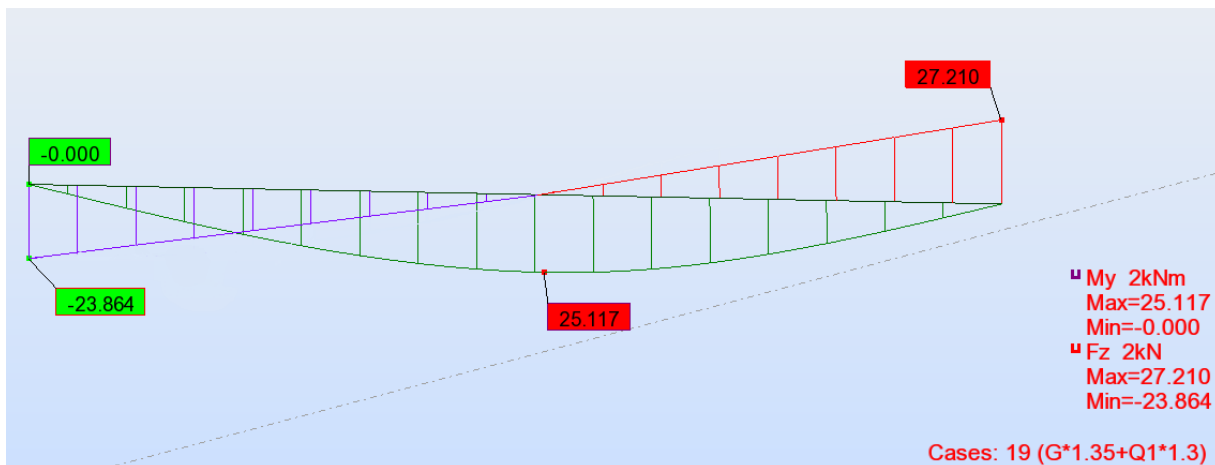
**Įrašos**

Sijai pavojingiausias derinys yra nr. 7.

Didžiausia skersinė įraša sijoje yra  $N_{Ed} = 27,210kN$  .

Didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed} = 25,117kNm$  .

Žemiau paveiksle matyti sijos įrašų ir lenkimo monetų diagrama:



Pav. 1.1. Sijos skersinių įrašų ir momentų diagrama

### Stiprumo tikrinimas saugos ribiniam būviui

Sija yra veikama statinės apkrovos, yra vientiso skerspjūvio ir takumo riba neviršija  $530 \text{ N/mm}^2$ , todėl jos stiprumas skaičiuojamas įvertinant plastines deformacijas.

Sijos stiprumas lenkimui tikrinamas pagal šią formulę:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.3)$$

Čia  $M_{pl,Rd}$  - skaičiuotinis skerspjūvio lenkiamasis atsparumas pagal takumo ribą:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c \quad (1.4)$$

Čia  $W_{net,min} = W_y$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,  $\gamma_c = 1,0$ ,

$c_{pl,1}$  - ribotųjų plastinių deformacijų koeficientas.

Skaičiuotinis tangentinis sijos sienelės įtempis:

$$\tau_{w,Ed} = \frac{V_{Ed}}{t_w h_w} = \frac{27,210 \cdot 10^3}{6 \cdot 134} = 33,843 \text{ MPa} < 0,5 f_{s,d} = 0,5 \cdot 187,182 = 93,591 \text{ MPa} \quad (\text{x.x.x})$$

Dėl to:  $c_{pl,1} = c_{pl}$ .

Patikrinama santykį:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{160 \cdot 9}{134 \cdot 6} = 1,8 \quad (1.5)$$

Taikydami tiesinę interpoliaciją iš STR 2.05.08:2005 7.5 lentelės parenkamas koeficientas  $c_{pl} = 1,046$ .

Skaičiuojamas lenkiamasis momentas:

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} W_{net,min} f_{y,d} \gamma_c = 1,046 \cdot 220,1 \cdot 10^{-6} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 74,300 kNm \quad (1.6)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{25,117}{74,300} = 0,32 \leq 1,0 \quad (1.7)$$

Sąlyga tenkinama.

Patikrinamas sijos kerpamasis atsparumas pagal šią formulę:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} \leq 1,0 \quad (1.8)$$

Skaičiuotinio skerspjūvio kerpamojo atsparumo reikšmė:

$$V_{c,Rd} = \frac{I \cdot t}{S} f_{s,d} \gamma_c = \frac{1673 \cdot 10^{-8} \cdot 0,006}{123 \cdot 10^{-6}} \cdot 187,182 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 152,759 kN \quad (1.9)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} = \frac{27,210}{152,758} = 0,18 \leq 1,0 \quad (1.10)$$

Sąlyga tenkinama.

Skaičiuojamas sijos sienelės stiprumas. Jis turi būti pakankamas visame sijos ilgyje. Kai apkrova tolygiai pasiskirsto, tai didžiausi įtempimai bus sijos viduriniame pjūvyje.

Patikrinama sąlygas:

$$\frac{\sqrt{\sigma_{w,x,Ed}^2 - \sigma_{w,x,Ed} \sigma_{w,z,Ed} + \sigma_{w,z,Ed}^2 + 3\tau_{w,xz,Ed}^2}}{1,15 f_{y,d}} \leq \gamma_c \quad (1.11)$$

Skaičiuojamos sijos neveikia vietiniai įtempimai ir momentas Z ašies atžvilgiu yra lygus nuliui, todėl priimama, kad  $\sigma_{w,z,Ed} = 0$ .

Tuomet normaliniai įtempimai sijos sienelės krašte:

$$\sigma_{w,x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{I_{y,net}} z = \frac{0,025}{1673 \cdot 10^{-8}} 0,076 = 113 \text{ MPa} \quad (1.12)$$

Sijos viduryje skersinė jėga yra lygi nuliui, todėl šioje vietoje tangentiųjų įtempimų nebus.

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\sqrt{113^2 - 113 \cdot 0 + 0^2 + 3 \cdot 0^2}}{1,15 \cdot 322,727} = 0,30 \leq 1,0 \quad (1.13)$$

Sąlyga tenkinama.

Tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed} S_f}{I_{y,net} t_w} = \frac{27,210 \cdot 10^3 \cdot 123 \cdot 10^6}{1673 \cdot 10^4 \cdot 6} = 33,342 MPa \quad (1.14)$$

Patikrinama sąlyga:

$$\frac{\tau_{w,xz,Ed}}{f_{s,d}} = \frac{33,342}{187,182} = 0,18 < \gamma_c = 1,0 \quad (1.15)$$

Visos sąlygos tenkinamos. Sijos sienelės stiprumas pakankamas.

### **Bendrasis sijos pastovumas**

Sijai netikrinamas bendrojo pastovumas, kadangi ant jos viršaus yra dedamas standus paklotas (gelžbetoninė surenkama perdanga), kuris patikimai sujungimas su viršutine sijos lentyna. Tokiu būdu yra užtikrinamas pastovumas.

### **Sijos sienelės pastovumas**

Prieš skaičiuodami sienelės pastovumą, įvertinant plastines deformacijas, patikrinamos sąlygos:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{b_f \cdot t_f}{h_w \cdot t_w} = \frac{160 \cdot 9}{134 \cdot 6} = 1,8 > 0,25 \quad (1.16)$$

Vidutiniai tangentiniai įtempiai:

$$\tau_{w,xz,Ed} = \frac{V_{Ed}}{t_w h} = \frac{27,210 \cdot 10^3}{6 \cdot 123} = 36,870 MPa < 0,9 f_{s,d} = 0,5 \cdot 187,182 = 93,591 MPa \quad (1.17)$$

Sijos sienelės sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{eff}}{t_w} \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = \frac{123}{6} \cdot \sqrt{\frac{322,727}{2,1 \cdot 10^5}} = 0,8 < 2,2 \quad (1.18)$$

Iš pastarosios sąlygos matome, kad sąlyginis liaunumas nėra didesnis nei 2,2 ir mažesnis nei 6, todėl sąlyga neišpildyta ir sijos sienelės pastovumas netikrinamas (2.05.08:2005 115 p.).

Taip pat sąlyginis liaunumas yra mažiau nei 3,2, todėl skersinėmis sąstandomis sijos sutvirtinti nereikia.

### **Sijos įlinkio tikrinimas**

Sijos įlinkiai tikrinami pagal charakteristinius tinkamumo derinius. Įlinkiai yra nustatomi su programa „Autodesk Robot Structural Analysis“  $d = 1,8cm$ .

Ribiniai įlinkiai nustatomi pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.04:2003:

$$d_{\text{lim}} = l/150 = 300/150 = 2,0\text{cm} \quad (1.19)$$

Patikrinama ar sijos įlinkiai neviršija ribinių įlinkių:

$$d = 1,8 < d_{\text{lim}} = 2,0\text{cm} \quad (1.20)$$

Sąlyga tenkinama. Sijos standumas yra pakankamas.

### **Gniuždomosios sijos juostos pastovumo tikrinimas**

Juostos nuosvyros pločio ir juostos storio santykis:

$$b_{\text{eff}} = (b - t_w)/2 = (160 - 6)/2 = 77\text{mm} \quad (1.21)$$

Patikrinama sąlyga, atsižvelgiant į plastines deformacijas:

$$\frac{b_{\text{eff}}}{t_f} = \frac{77}{9} = 8,56 < 0,5 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 12,75 \quad (1.22)$$

Sąlyga tenkinama.

**Kolonos antrosios atkarpos nuo 8m iki 20m skaičiavimas.**

**Kolonos parametrai**

Skaičiuojamas antrosios atkarpos 8-20m kolonos skerspjūvis. Šiai atkarpai parenkamas profilį HEA340, kurio charakteristikos pateiktos lentelėje:

Profilis – HEA240					
$W_{y,net}, cm^3$	$I_y, cm^4$	$h, mm$	$t_w, mm$	$A_{net}, cm^2$	$i_y, cm$
675,1	7763	230	7,5	76,8	10,05
$W_{z,net}, cm^3$	$I_z, cm^4$	$b, mm$	$t_f, mm$	$P, kg/m$	$i_z, cm$
230,7	2769	240	12	60,3	6

2.1. lentelė. Profilio mechaninės charakteristikos

Kolona gaminama iš tokio pat plieno, kaip ir pirmojoje atkarpoje.

Šioje atkarpoje didžiausias ašinė įrąža  $N_{Ed,max} = 1293,826kN$ , o atitinkamas momentas  $M_{Ed} = 10,950kNm$ . Taip pat pagal kitą derinį gaunamas didžiausias lenkimo momentas  $M_{max} = 14,033kNm$  ir jam atitinkanti ašinė įrąža  $N_{Ed} = 168,066kN$ .

**Kolonos pastovumas rėmo plokštumoje**

Kolonos dalies skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c \tag{2.1}$$

Kolonos dalies ilgis  $l_c = 4m$ .

Koeficientai daugiaangiam rėmui apatiniam aukštui:

$$n = \frac{I_{ru} l_c}{2l_r I_c} = \frac{5410 \cdot 4}{2 \cdot 3 \cdot 7763} = 0,46 \tag{2.2}$$

$$p = \frac{I_{rl} l_c}{2l_r I_c} = \frac{5410 \cdot 4}{2 \cdot 3 \cdot 7763} = 0,46 \tag{2.3}$$

Pastaba: rėmas yra daugiaangis, tačiau kraštinės kolonos koeficientas  $\mu$  apskaičiuojamas kaip vienaangio rėmo.

Čia:

$I_c$  ir  $l_c$  – tikrinamos kolonos skerspjūvio inercijos momentas ir ilgis;

$l_r, l_{r1}$  ir  $l_{r2}$  –rėmo tarpatramiai;

$I_{ru}, I_{ru1}, I_{ru2}$  ir  $I_{rl}, I_{rl1}, I_{rl2}$  – prie tikrinamosios kolonos viršutinių ir apatinių galų prijungtų rėmo sijų inercijos momentai.

Kadangi  $n < 0,2$ , tai skaičiuojamojo ilgio koeficientas:

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(p+n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p+n) + 0,71pn}} = \sqrt{\frac{1 + 0,46 \cdot (0,46 + 0,46) + 0,18 \cdot 0,46 \cdot 0,46}{1 + 0,93 \cdot (0,46 + 0,46) + 0,71 \cdot 0,46 \cdot 0,46}} = 0,85 \quad (2.4)$$

Kolonos skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c = 0,85 \cdot 4 = 3,4m \quad (2.5)$$

Kolonos liaunumas rėmo plokštumoje:

$$\lambda_y = l_{eff,y} / i_y = 3,4 / 0,1005 = 33,8 \quad (2.6)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 33,8 \cdot \sqrt{\frac{322,727}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,33 \quad (2.7)$$

Skaičiuojamas skerspjūvio formos koeficientą  $k_{shape}$ :

$$A_f = b \cdot t_f = 240 \cdot 12 = 2880mm^2 \quad (2.8)$$

$$A_w = (h - 2t_f)t_w = (230 - 2 \cdot 12) \cdot 7,5 = 1545mm^2 \quad (2.9)$$

$$A_f / A_w = 2880 / 1545 = 1,86 > 1,0 \quad (2.10)$$

Ašinės jėgos ekscentricitetas:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed,max} = 10,950 / 1293,826 = 0,008m \quad (2.11)$$

Santykinis ekscentricitetas

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,008 \cdot 76,8 \cdot 10^{-4}}{675,1 \cdot 10^{-6}} = 0,096 \quad (2.12)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas ir santykinis ekscentricitetas yra:

$$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5 \quad (2.13)$$

$$e_{rel} \approx 0,1 \quad (2.14)$$

Todėl skerspjūvio formos koeficientas skaičiuojamas pagal formulę:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1e_{rel}) - 0,02(6 - e_{rel})\bar{\lambda} = (1,90 - 0,1 \cdot 0,096) -$$



$$-0,02 \cdot (6 - 0,096) \cdot 1,33 = 1,734 \quad (2.15)$$

Kolonos santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,734 \cdot 0,096 = 0,167 \quad (2.16)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A f_{y,d} \gamma_c = 0,861 \cdot 76,8 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 2026,674 kN \quad (2.17)$$

Čia klupumo koeficientas randamas interpoliuojant  $\varphi_e = 0,861$ , darbo sąlygų koeficientas visuomeninių pastatų kolonoms  $\gamma_c = 0,95$ .

Patikrinamas kolonos pastovumas momento veikimo plokštumoje:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{1293,826}{2026,674} = 0,64 \leq 1,0 \quad (2.18)$$

Sąlyga tenkinama – kolonos pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje pakankamas.

### Kolonos pastovumas iš rėmo plokštumos

Lenkiamasis momentas  $M_{y,Ed} = 5,475 kNm$  nustatomas pagal strypą, kuriame yra didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed}$ . Šis momentas priimamas lygus pusei maksimalaus lenkimo momento, kadangi nėra didesnis už momentą, esantį trečdalyje kolonos:

$$M_{y,Ed} = M_{Ed} / 2 = 10,950 / 2 = 5,475 kNm \quad (2.19)$$

Ekscentricitetas iš rėmo plokštumos:

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{5,475}{1293,826} = 0,004 m \quad (2.20)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,y} = \frac{e_y A}{W_z} = \frac{0,004 \cdot 76,8 \cdot 10^{-4}}{230,7 \cdot 10^{-6}} = 0,141 \quad (2.21)$$

Kadangi  $e_{rel,y} = 0,141 < 5$ , tai koeficientas  $c$  lygus:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,y}} = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,141} = 0,910 \quad (2.22)$$

Čia koeficientai pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.8 lent.:

$$\beta = 1 \quad (2.23)$$

$$\alpha = 0,7 \quad (2.24)$$

Kolonos liaunumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\lambda_z = l_{eff} / i_z = 4 / 0,06 = 66,7 \quad (2.25)$$

Liaunis:

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 80,1 \quad (2.26)$$

Kadangi  $\lambda_z = 66,7 < \lambda_c = 80,1$ , tai  $\beta = 1$ .

Klupumo koeficientas  $\varphi_z = 0,703$  nustatytas interpoliuojant, kai  $\lambda_z = 66,7$  ir  $f_{y,d} = 322,727 \text{MPa}$ .

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis – sukamasis pastovumo atsparumas:

$$N_{NM,TF,Rd} = c\varphi_z A f_{y,d} \gamma_c = 0,7 \cdot 0,703 \cdot 76,8 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 1507,560 \text{kN} \quad (2.27)$$

Patikrinamas kolonos pastovumo atsparumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{1293,826}{1507,560} = 0,86 \quad (2.28)$$

Sąlyga tenkinama.

### Kolonos skerspjūvio sienelės pastovumas

Sienelės aukščio santykis su storiu:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{230 - 2 \cdot 12}{7,5} = 27,47 \quad (2.29)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunumas, esant elemento sąlyginiam liaunumui momento veikimo plokštumoje  $\bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda} = 1,33 < 2$  (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.26 lent.):

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1,30 + 0,15 \cdot \bar{\lambda} = 1,30 + 0,15 \cdot 1,33^2 = 1,564 \quad (2.30)$$

Kadangi  $\bar{\lambda}_{wu} = 1,564 < 2$ , tai priimama  $\bar{\lambda}_{wu} = 1,564$ .

Ribinė reikšmė:

$$\overline{\lambda_{wu}} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,564 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 39,89 \quad (2.31)$$

Patikrinamas sienelės pastovumas:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 27,47 < \overline{\lambda_{wu}} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 39,89 \quad (2.32)$$

Sąlyga tenkinama

Patikrinama ar kolonų sienelės reikia sustandinti:

$$2,3 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 2,3 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 58,67 > \frac{h_{eff}}{t_w} = 27,47 \quad (2.33)$$

Skersinių sąstandų nereikia.

### Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas

Kolonos juostos nuosvyros plotis:

$$b_{eff} = (b - t_w) / 2 = (240 - 7,5) / 2 = 116,3mm \quad (2.34)$$

Juostos nuosvyros pločio ir storio santykis:

$$\frac{b_{eff}}{t_f} = \frac{116,3}{12} = 9,69 \quad (2.35)$$

Ribinis juostos liaunumas (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.27 lent.)::

$$(0,36 + 0,10\overline{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = (0,36 + 0,1 \cdot 1,33) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 12,57 \quad (2.36)$$

Patikrinamas kolonos juostos pastovumas:

$$\frac{9,69}{12,57} = 0,77 < 1,0 \quad (2.37)$$

Sąlyga tenkinama.

### Kolonos trečiosios atkarpos nuo 20m iki 28,5mm skaičiavimas.

#### Kolonos parametrai

Skaičiuojamas antrosios atkarpos 20-28,5m kolonos skerspjūvį. Šiai atkarpai parenkamas profilį HEA160, kurio charakteristikos pateiktos lentelėje:

Profilis – <b>HEA180</b>					
$W_{y,net}, cm^3$	$I_y, cm^4$	$h, mm$	$t_w, mm$	$A_{net}, cm^2$	$i_y, cm$

293,6	2510	171	6	45,3	7,45
$W_{z,net}, cm^3$	$I_z, cm^4$	$b, mm$	$t_f, mm$	$P, kg/m$	$i_z, cm$
102,7	924,6	180	9,5	35,5	4,52

2.2. lentelė. Profilio mechaninės charakteristikos

Kolona gaminama iš tokio pat plieno, kaip ir pirmojoje atkarpoje.

Šioje atkarpoje didžiausias ašinė įrąža  $N_{Ed,max} = 443,036kN$ , o atitinkamas momentas  $M_{Ed} = 8,804kNm$ . Taip pat pagal kitą derinį gaunamas didžiausias lenkimo momentas  $M_{max} = 12,088kNm$  ir jam atitinkanti ašinė įrąža  $N_{Ed} = 106,269kN$ .

### Kolonos pastovumas rėmo plokštumoje

Kolonos dalies skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c \quad (2.38)$$

Kolonos dalies ilgis  $l_c = 4m$ .

Koeficientai daugiaangiam rėmui apatiniam aukštui:

$$n = \frac{I_{ru} l_c}{2l_r I_c} = \frac{2510 \cdot 4}{2 \cdot 3 \cdot 2510} = 0,67 \quad (2.39)$$

$$p = \frac{I_{rl} l_c}{2l_r I_c} = \frac{2510 \cdot 4}{2 \cdot 3 \cdot 2510} = 0,67 \quad (2.40)$$

Pastaba: rėmas yra daugiaangis, tačiau kraštinės kolonos koeficientas  $\mu$  apskaičiuojamas kaip vienaangio rėmo.

Čia:

$I_c$  ir  $l_c$  – tikrinamos kolonos skerspjūvio inercijos momentas ir ilgis;

$l_r$ ,  $l_{r1}$  ir  $l_{r2}$  – rėmo tarpatriamiai;

$I_{ru}$ ,  $I_{ru1}$ ,  $I_{ru2}$  ir  $I_{rl}$ ,  $I_{rl1}$ ,  $I_{rl2}$  – prie tikrinamosios kolonos viršutinių ir apatinių galų prijungtų rėmo sijų inercijos momentai.

Kadangi  $n < 0,2$ , tai skaičiuojamojo ilgio koeficientas:

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + 0,46(p + n) + 0,18pn}{1 + 0,93(p + n) + 0,71pn}} = \sqrt{\frac{1 + 0,46 \cdot (0,67 + 0,67) + 0,18 \cdot 0,67 \cdot 0,67}{1 + 0,93 \cdot (0,67 + 0,67) + 0,71 \cdot 0,67 \cdot 0,67}} = 0,81 \quad (2.41)$$

Kolonos skaičiuojamasis ilgis:

$$l_{eff} = \mu l_c = 0,81 \cdot 4 = 3,24m \quad (2.42)$$

Kolonos liaunumas rėmo plokštumoje:

$$\lambda_y = l_{eff,y} / i_y = 3,24 / 0,0745 = 43,5 \quad (2.43)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 43,5 \cdot \sqrt{\frac{322,727}{2,1 \cdot 10^5}} = 1,71 \quad (2.44)$$

Skaičiuojamas skerspjūvio formos koeficientą  $k_{shape}$ :

$$A_f = b \cdot t_f = 180 \cdot 9,5 = 1710mm^2 \quad (2.45)$$

$$A_w = (h - 2t_f) t_w = (171 - 2 \cdot 9,5) \cdot 6 = 912mm^2 \quad (2.46)$$

$$A_f / A_w = 1710 / 912 = 1,88 > 1,0 \quad (2.47)$$

Ašinės jėgos ekscentricitetas:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 8,804 / 443,036 = 0,020m \quad (2.48)$$

Santykinis ekscentricitetas

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,020 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}}{293,6 \cdot 10^{-6}} = 0,307 \quad (2.49)$$

Kolonos sąlyginis liaunumas ir santykinis ekscentricitetas yra:

$$0 \leq \bar{\lambda} \leq 5 \quad (2.50)$$

$$0,1 \leq e_{rel} \leq 5 \quad (2.51)$$

Todėl skerspjūvio formos koeficientas skaičiuojamas pagal formulę:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1e_{rel}) - 0,02(6 - e_{rel})\bar{\lambda} = (1,90 - 0,1 \cdot 0,307) - 0,02 \cdot (6 - 0,307) \cdot 1,71 = 1,675 \quad (2.52)$$

Kolonos santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,675 \cdot 0,307 = 0,514 \quad (2.53)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A f_{y,d} \gamma_c = 0,686 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 953,163kN \quad (2.54)$$

Čia klupumo koeficientas randamas interpoliuojant  $\varphi_e = 0,686$ , darbo sąlygų koeficientas visuomeninių pastatų kolonomis  $\gamma_c = 0,95$ .

Patikrinamas kolonos pastovumą momento veikimo plokštumoje:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{443,036}{953,163} = 0,46 \leq 1,0 \quad (2.55)$$

Sąlyga tenkinama – kolonos pastovumo atsparumas lenkimo plokštumoje pakankamas.

### Kolonos pastovumas iš rėmo plokštumos

Lenkiamasis momentas  $M_{y,Ed} = 4,402kNm$  nustatomas pagal strypą, kuriame yra didžiausias lenkimo momentas  $M_{Ed}$ . Šis momentas priimamas lygus pusei maksimalaus lenkimo momento, kadangi nėra didesnis už momentą, esantį trečdalyje kolonos:

$$M_{y,Ed} = M_{Ed} / 2 = 8,804 / 2 = 4,402kNm \quad (2.56)$$

Ekscentricitetas iš rėmo plokštumos:

$$e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{4,402}{443,036} = 0,010m \quad (2.57)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,y} = \frac{e_y A}{W_z} = \frac{0,010 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4}}{293,6 \cdot 10^{-6}} = 0,438 \quad (2.58)$$

Kadangi  $e_{rel,y} = 0,438 < 5$ , tai koeficientas  $c$  lygus:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,y}} = \frac{1,06}{1 + 0,7 \cdot 0,438} = 0,811 \quad (2.59)$$

Čia koeficientai pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.8 lent.:

$$\alpha = 0,7 \quad (2.60)$$

Kolonos liaunumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\lambda_z = l_{eff} / i_z = 4 / 0,0452 = 88,5 \quad (2.61)$$

Liaunis:

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 80,1 \quad (2.62)$$

Kadangi  $\lambda_z = 88,5 > \lambda_c = 80,1$ , tai:

$$\beta = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_z}} = \sqrt{\frac{0,598}{0,532}} = 1,06 \quad (2.63)$$

Klupumo koeficientas  $\varphi_z = 0,532$  nustatytas interpoliuojant, kai  $\lambda_z = 88,5$  ir  $f_{y,d} = 322,727 \text{ MPa}$ .

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis – sukamasis pastovumo atsparumas:

$$N_{NM,TF,Rd} = c\varphi_z A f_{y,d} \gamma_c = 0,811 \cdot 0,532 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4} \cdot 322,727 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 599,426 \text{ kN} \quad (2.64)$$

Patikrinamas kolonos pastovumo atsparumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{443,036}{599,426} = 0,74 \quad (2.65)$$

Sąlyga tenkinama.

### Kolonos skerspjuvio sienelės pastovumas

Sienelės aukščio santykis su storiu:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = \frac{171 - 2 \cdot 9,5}{6} = 25,33 \quad (2.66)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunumas, esant elemento sąlyginiam liaunumui momento veikimo plokštumoje  $\bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda} = 1,71 < 2$  (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.26 lent.):

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1,30 + 0,15 \cdot \bar{\lambda} = 1,30 + 0,15 \cdot 1,71^2 = 1,737 \quad (2.67)$$

Kadangi  $\bar{\lambda}_{wu} = 1,737 < 2$ , tai priimama  $\bar{\lambda}_{wu} = 1,737$ .

Ribinė reikšmė:

$$\bar{\lambda}_{wu} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 1,737 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 44,31 \quad (2.68)$$

Patikrinamas sienelės pastovumas:

$$\frac{h_{eff}}{t_w} = 25,33 < \bar{\lambda}_{wu} \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 44,31 \quad (2.69)$$

Sąlyga tenkinama

Patikrinama ar kolonų sienelės reikia sustandinti:

$$2,3 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 2,3 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 58,67 > \frac{h_{eff}}{t_w} = 25,33 \quad (2.70)$$

Skersinių sąstandų nereikia.

### **Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas**

Kolonos juostos nuosvyros plotis:

$$b_{eff} = (b - t_w) / 2 = (180 - 6) / 2 = 87 \text{ mm} \quad (2.71)$$

Juostos nuosvyros pločio ir storio santykis:

$$\frac{b_{eff}}{t_f} = \frac{87}{9,5} = 9,16 \quad (2.72)$$

Ribinis juostos liaunumas (pagal Statybos techninį reglamentą 2.05.08:2005 7.27 lent.)::

$$(0,36 + 0,10\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = (0,36 + 0,1 \cdot 1,71) \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{322,727}} = 13,54 \quad (2.73)$$

Patikrinamas kolonos juostos pastovumas:

$$\frac{9,16}{13,54} = 0,68 < 1,0 \quad (2.74)$$

Sąlyga tenkinama.



## Priedas nr. 3

### Lokalinė sąmata

Žemiau pateikiamos metalinės kolonos ir kompozitinės kolonos lokalinės sąmatos, darbo sąnaudų ir darbo užmokesčio žiniaraščiai, medžiagų poreikio žiniaraščiai ir mechanizmų poreikio žiniaraščiai:

L o k a l i n ė s a m a t a N r. 1  
Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.  
Iš viso už

4.108.53 € 14.185.93 Lt

Nr.	Darbo pavadinimas	Kodas	Mat. vnt	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
1	Metaliųjų kolonų montavimas (kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)	N9P-0101-4	t		1,583.75	1.761	2,789	138	2,574	077
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4,60	10460	žm. val.	14	5.600	24.654	138.06	138.06		
	Suvirinimo transformatorius	380004	maš. val.	0.75	2.8	1.32075	3.7			3.7
	Kranai ant automobilinės važiuoklės 16t keliam. galios	489051	maš. val.	1.5	27.73	2.6415	73.25			73.25
	Elektrodai suvirinimo	120038	kg	0.5	1.94	0.8805	1.71		1.71	
	Varžtai tvirtinimo, įvairūs	120051	kg	2	1.93	3.522	6.8		6.8	
	Plieninės statybinės konstrukcijos	520003	t	1	1455.18	1.761	2562.57		2562.57	
	Pagalbinės plieninės montazinės konstrukcijos	520349	kg	0.6	1.46	1.0566	1.54		1.54	
	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	534013	m3	0.004	192.29	0.007044	1.35		1.35	
Iš viso #1							2,788.98 €	138.06	2573.97	76.95
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai							11.04 €	8.0%		
Papildomų medžiagų vertė							77.22 €		3.0%	
Papildomų mechanizmų vertė							2.31 €			3.0%
Soc. draudimas							46.19 €	30.98%		
Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)							2,925.74 €	195.29	2651.19	79.26
Statyb vietės išlaidos							263.32 €	9.00%	9.00%	9.00%
Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)							3,189.06 €	212.87	2889.80	86.39
Indeksas								1.00	1.00	1.00
Po indeksacijos iš viso							3,189.06 €	212.87	2889.80	86.39
Pridėtinės išlaidos							44.73 €	30.00%		
Pelnas							161.69 €	5.0%	5.0%	5.0%
Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)							3,395.48 €	270.48	3034.29	90.71
PVM							713.05 €	21%	21%	21%
Iš viso #5 (kaina su PVM)							4,108.53 €	327.28	3671.49	109.76

**Darbo sąnaudų ir darbo užmokesčio žiniaraštis**  
Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

327.28 €

1.130.03 Lt

Eil. Nr.	Darbo kodas	Darbu pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Darbo sąn. (žm/val)	Vid. kat.	Val. kaina	Darbo užmok.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	N9P-0101-4	Metalinių kolonų montavimas (kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)	t	1.761	24.654	4.6	5.6	138.06
<b>Iš viso #1</b>								<b>138.06</b>
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai			8%					11.04
Soc. draudimas			30.98%					46.19
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>								<b>195.29</b>
Statybvietės išlaidos			9%					17.58
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>								<b>212.87</b>
Indeksas								1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>								<b>212.87</b>
Pridėtinės išlaidos			30%					63.86
Pelnas			5%					13.84
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>								<b>270.48</b>
PVM			21%					56.80
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>								<b>327.28</b>

**Medžiagų poreikio žiniaraštis**

Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

3,671.49 €

12,676.92 Lt

Eil. Nr.	Medžiagos kodas	Medžiagų pavadinimas	Vnt	Kiekis	Kaina	Vertė
1	2	3	4	5	6	7
1	120038	Elektrodai suvirinimo	kg	0.8805	1.94	1.71
2	120051	Varžtai tvirtinimo, įvairūs	kg	3.522	1.93	6.80
3	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1.761	1455.18	2562.57
4	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	1.0566	1.46	1.54
5	534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0.007044	192.29	1.35
<b>Iš viso #1</b>						<b>2573.97</b>
Papildomų medžiagų vertė			3%			77.22
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>						<b>2651.19</b>
Statybvietės išlaidos			9%			238.61
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>						<b>2889.80</b>
Indeksas						1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>						<b>2889.80</b>
Pelnas			5%			144.49
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>						<b>3034.29</b>
PVM			21%			637.20
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>						<b>3671.49</b>

## Mechanizmų poreikio žiniaraštis

Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

109.76 €

378.98 Lt

Eil. Nr.	Resurso kodas	Mechanizmo pavadinimas	Kiekis (maš/val)	Kaina	Vertė
1	2	3	5	6	7
1	380004	Suvirinimo transformatorius	1.32075	2.80	3.70
2	489051	Kranai ant automobilinės važiuoklės 16t keliam. galios	2.6415	27.73	73.25
<b>Iš viso #1</b>					<b>76.95</b>
		Papildomų mechanizmų vertė	3%		2.31
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>					<b>79.26</b>
		Statybvietės išlaidos	9%		7.13
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>					<b>86.39</b>
		Indeksas			1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>					<b>86.39</b>
		Pelnas	5%		4.32
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>					<b>90.71</b>
		PVM	21%		19.05
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>					<b>109.76</b>

L o k a l i n ė s a m a t a N r. 2

Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Iš viso už

4,668.58 €

16,119.67 Lt

Nr.	Darbo pavadinimas	Kodas	Mat. vnt	Norma	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
<b>1</b>	<b>Metalinų kolonų montavimas (kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)</b>	<b>N9P-0101-4</b>	<b>t</b>		<b>1,585.19</b>	<b>1.136</b>	<b>1,801</b>	<b>089</b>	<b>1,661</b>	<b>051</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4,60	10460	žm. val.	14	5.600	15.904	89.06	89.06		
	Suvirinimo transformatorius	380004	maš. val.	0.75	2.8	0.852	2.39			2.39
	Kranas	489131	maš. val.	1.9	22.61	2.1584	48.8			48.8
	Elektrodai suvirinimo	120038	kg	0.5	1.94	0.568	1.1		1.1	
	Varžtai tvirtinimo, įvairūs	120051	kg	2	1.93	2.272	4.38		4.38	
	Plieninės statybinės konstrukcijos	520003	t	1	1455.18	1.136	1653.08		1653.08	
	Pagalbinės plieninės montажinės konstrukcijos	520349	kg	0.7	1.46	0.7384	1.08		1.08	
	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	534013	m3	0.004	192.29	0.004544	0.87		0.87	
<b>2</b>	<b>Stačiakampio skerspjūvio monolitinėms kolonoms klojinių įrengimas (inventoriniai / įrengiant montavimo aikšteles)</b>	<b>N6P-0403-2</b>	<b>100 m2</b>		<b>1,619.10</b>	<b>0.164</b>	<b>265</b>	<b>080</b>	<b>139</b>	<b>046</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4,00	10400	žm. val.	91	5.390	14.924	80.44	80.44		
	Kranas	489131	maš. val.	12.5	22.61	2.05	46.35			46.35
	Specialus tepalas klojiniam	230451	l	2.5	3.8	0.41	1.56		1.56	
	Inventoriniai metalo - faneros skydų klojiniai	521965	m2	1.2	697.07	0.1968	137.18		137.18	
<b>3</b>	<b>Monolitinių gelžbetoninių kolonų armavimas karkasais (karkaso masė daugiau 100,0 kg)</b>	<b>N6P-0406-4</b>	<b>t</b>		<b>1,361.73</b>	<b>0.356</b>	<b>485</b>	<b>012</b>	<b>458</b>	<b>015</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,00	10300	žm. val.	7	4.770	2.492	11.89	11.89		
	Kranas	489131	maš. val.	1.9	22.61	0.6764	15.29			15.29
	Armatūrinis karkasas	93390	t	1.02	1259.91	0.36312	457.5		457.5	
	Plieninė viela	120341	kg	0.3	0.9	0.1068	0.1		0.1	
<b>4</b>	<b>Plieninių įdėtinių detalių montavimas, betonuojant kolonas (detalės masė daugiau 20,0 kg)</b>	<b>N6P-0407-5</b>	<b>t</b>		<b>2,338.94</b>	<b>0.1</b>	<b>234</b>	<b>018</b>	<b>215</b>	<b>001</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4,00	10400	žm. val.	33	5.390	3.3	17.79	17.79		
	Kranas	489131	maš. val.	0.4	22.61	0.04	0.9			0.9
	Plieninė viela	120341	kg	5	0.9	0.5	0.45		0.45	
	Įdėtinės plieninės detalės	520049	t	1	2147.53	0.1	214.75		214.75	
<b>5</b>	<b>Monolitinių gelžbetoninių kolonų betonavimas, kai kolonų aukštis daugiau kaip 3,5 m (perimetras iki 1200 mm / kranu)</b>	<b>N6P-0401-1</b>	<b>m3</b>		<b>107.33</b>	<b>1.46</b>	<b>156</b>	<b>029</b>	<b>112</b>	<b>015</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3,50	10350	žm. val.	4	5.040	5.84	29.43	29.43		
	Kranas	489131	maš. val.	0.44	22.61	0.6424	14.52			14.52
	Vibratorius	489192	maš. val.	1.2	0.47	1.752	0.82			0.82
	Betono mišiniai	600043	m3	1.015	75.52	1.4819	111.91		111.91	
<b>6</b>	<b>Stačiakampio skerspjūvio monolitinėms kolonoms klojinių įrengimas (inventoriniai / įrengiant montavimo aikšteles) (išardymas)</b>	<b>N6P-0403-2</b>	<b>100 m2</b>		<b>773.12</b>	<b>0.164</b>	<b>126</b>	<b>080</b>	<b>000</b>	<b>046</b>
	Darbo jėga su vidutine kategorija 4,00	10400	žm. val.	91	5.390	14.924	80.44	80.44		
	Kranas	489131	maš. val.	12.5	22.61	2.05	46.35			46.35
<b>Iš viso #1</b>							<b>3,068.43 €</b>	<b>309.05</b>	<b>2583.96</b>	<b>175.42</b>
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai						24.72 €	8.0%		
	Papildomų medžiagų vertė						77.52 €		3.0%	
	Papildomų mechanizmų vertė						5.26 €			3.0%
	Soc. draudimas						103.40 €	30.98%		
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>							<b>3,279.33 €</b>	<b>437.17</b>	<b>2661.48</b>	<b>180.68</b>
	Statyb vietės išlaidos						295.14 €	9.00%	9.00%	9.00%
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>							<b>3,574.47 €</b>	<b>476.52</b>	<b>2901.01</b>	<b>196.94</b>
	Indeksas							1.00	1.00	1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>							<b>3,574.47 €</b>	<b>476.52</b>	<b>2901.01</b>	<b>196.94</b>
	Pridėtinės išlaidos						100.13 €	30.00%		
	Pelmas						183.73 €	5.0%	5.0%	5.0%

**Darbo sąnaudų ir darbo užmokesčio žiniaraštis**  
Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

732.63 €

2,529.62 Lt

Eil. Nr.	Darbo kodas	Darbu pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Darbo sąn. (žm/val)	Vid. kat.	Val. kaina	Darbo užmok.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	N9P-01014	Metalinių kolonų montavimas (kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0 t)	t	1.136	15.904	4.6	5.6	89.06
2	N6P-04032	Staciakampio skerspjūvio monolitinėms kolonoms klojinių įrengimas (inventoriniai / įrengiant montavimo aikšteles)	100 m2	0.164	14.924	4	5.39	80.44
3	N6P-04064	Monolitinių gelžbetoninių kolonų armavimas karkasais (karkaso masė daugiau 100,0 kg)	t	0.356	2.492	3	4.77	11.89
4	N6P-04075	Plieninių įdėtinų detalių montavimas, betonuojant kolonas (detalės masė daugiau 20,0 kg)	t	0.1	3.3	4	5.39	17.79
5	N6P-04011	Monolitinių gelžbetoninių kolonų betonavimas, kai kolonų aukštis daugiau kaip 3,5 m (perimetras iki 1200 mm / kranu)	m3	1.46	5.84	3.5	5.04	29.43
6	N6P-04032	Staciakampio skerspjūvio monolitinėms kolonoms klojinių įrengimas (inventoriniai / įrengiant montavimo aikšteles) (išardymas)	100 m2	0.164	14.924	4	5.39	80.44
<b>Iš viso #1</b>								<b>309.05</b>
Kiti darbo užmokesčio priskaitymai			8%					24.72
Soc. draudimas			30.98%					103.40
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>								<b>437.17</b>
Statyb vietės išlaidos			9%					39.35
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>								<b>476.52</b>
Indeksas								1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>								<b>476.52</b>
Pridėtinės išlaidos			30%					142.96
Pelnas			5%					30.97
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>								<b>605.48</b>
PVM			21%					127.15
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>								<b>732.63</b>

**Medžiagų poreikio žiniaraštis**  
Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

3,685.73 €

12,726.09 Lt

Eil. Nr.	Medžiagos kodas	Medžiagų pavadinimas	Vnt	Kiekis	Kaina	Vertė
1	2	3	4	5	6	7
1	120038	Elektrodai suvirinimo	kg	0.568	1.94	1.10
2	120051	Varžtai tvirtinimo, įvairūs	kg	2.272	1.93	4.38
3	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1.136	1455.18	1653.08
4	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0.7384	1.46	1.08
5	534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0.004544	192.29	0.87
6	230451	Specialus tepalas klojiniams	l	0.41	3.80	1.56
7	521965	Inventoriniai metalo - faneros skydų klojiniai	m2	0.1968	697.07	137.18
8	93390	Armatūrinis karkasas	t	0.36312	1259.91	457.50
9	120341	Plieninė viela	kg	0.6068	0.90	0.55
10	520049	Įdėtinės plieninės detalės	t	0.1	2147.53	214.75
11	600043	Betono mišiniai	m3	1.4819	75.52	111.91
<b>Iš viso #1</b>						<b>2583.96</b>
		Papildomų medžiagų vertė	3%			77.52
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>						<b>2661.48</b>
		Statybvietės išlaidos	9%			239.53
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>						<b>2901.01</b>
		Indeksas				1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>						<b>2901.01</b>
		Pelnas	5%			145.05
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>						<b>3046.06</b>
		PVM	21%			639.67
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>						<b>3685.73</b>

**Mechanizmų poreikio žiniaraštis**  
Sudaryta 2015.10 kainų lygiu.

Resursų kaina

250.22 €

863.96 Lt

Eil. Nr.	Resurso kodas	Mechanizmo pavadinimas	Kiekis (maš/val)	Kaina	Vertė
1	2	3	5	6	7
1	380004	Suvirinimo transformatorius	0.852	2.80	2.39
2	489131	Kranas	7.6172	22.61	172.21
3	489192	Vibratorius	1.752	0.47	0.82
<b>Iš viso #1</b>					<b>175.42</b>
		Papildomų mechanizmų vertė	3%		5.26
<b>Iš viso #2 (išlaidos statinio statybos darbams)</b>					<b>180.68</b>
		Statybvietės išlaidos	9%		16.26
<b>Iš viso #3 (tiesioginės išlaidos)</b>					<b>196.94</b>
		Indeksas			1.00
<b>Po indeksacijos iš viso</b>					<b>196.94</b>
		Pelnas	5%		9.85
<b>Iš viso #4 (su netiesioginėmis išlaidomis)</b>					<b>206.79</b>
		PVM	21%		43.43
<b>Iš viso #5 (kaina su PVM)</b>					<b>250.22</b>

Priedas nr. 4

Programos „Autodesk Robot Structural Analysis“ skaičiavimo duomenys

Elementai							
Strypas	Pradžios taškas	Pabaigos taškas	Profilis	Medžiaga	Tipas	Elementas	Ilgis, m
1	1	2	HEB 400	Steel	Column	Bar	32.00
2	3	4	HEB 400	Steel	Column	Bar	32.00
3	4	2	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.05
4	5	6	HEB 400	Steel	Column	Bar	31.50
5	7	8	HEB 400	Steel	Column	Bar	31.00
6	9	10	HEB 400	Steel	Column	Bar	30.50
7	11	12	HEB 400	Steel	Column	Bar	30.00
8	13	14	HEB 400	Steel	Column	Bar	31.50
9	15	16	HEB 400	Steel	Column	Bar	31.00
10	17	18	HEB 400	Steel	Column	Bar	30.50
11	19	20	HEB 400	Steel	Column	Bar	30.00
12	21	22	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.50
13	23	24	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.00
14	25	26	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.50
16	29	30	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.50
17	31	32	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.00
18	33	34	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.50
20	37	38	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.50
21	39	40	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.00
22	41	42	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.50
23	43	44	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.00
24	45	46	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.50
25	47	48	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.00
26	49	50	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.50
27	51	52	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.50
28	53	54	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.00
29	55	56	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.50
30	57	58	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.00
31	59	60	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.50
32	61	62	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.00
33	63	64	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.50
34	6	14	TCAR 120x4	Steel	Virsutine_juosta	Bar	14.01
35	8	16	TCAR 120x4	Steel	Virsutine_juosta	Bar	14.01
36	10	18	TCAR 120x4	Steel	Virsutine_juosta	Bar	14.01



37	12	20	IPE 200	Steel	Virsutine_juosta	Bar	14.00
38	22	30	TCAR 120x4	Steel	Virsutine_juosta	Bar	14.02
39	24	32	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.01
40	26	34	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.01
42	38	52	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.06
43	40	54	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.01
44	42	56	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.00
45	44	58	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.01
46	46	60	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.00
47	48	62	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.01
48	50	64	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.00
49	65	66	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.00
50	67	68	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.00
51	66	68	IPE 200	Steel	Beam	Bar	14.00
52	96	71	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.50
53	97	69	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.50
54	98	73	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.00
55	99	75	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.00
57	101	74	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.50
58	102	95	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.00
59	103	85	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.00
60	104	94	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.50
61	105	84	HEB 400	Steel	Column	Bar	26.50
62	106	93	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.00
63	107	83	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.00
64	108	92	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.50
65	109	82	HEB 400	Steel	Column	Bar	27.50
66	110	91	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.00
67	111	81	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.00
68	112	90	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.50
69	113	80	HEB 400	Steel	Column	Bar	28.50
70	114	89	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.00
71	115	79	HEB 400	Steel	Column	Bar	29.00
74	124	125	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
75	126	127	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
76	128	129	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
77	130	131	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
80	136	137	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
81	138	139	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
82	140	141	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
83	142	143	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01

84	144	145	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
85	146	147	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
88	152	153	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
89	154	155	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
90	156	157	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
91	158	159	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
92	160	161	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
93	162	163	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
94	164	165	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
95	166	167	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
96	168	169	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
97	170	171	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
98	172	173	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
99	174	175	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
100	176	177	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
101	178	179	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
102	180	181	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
103	182	183	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
104	184	185	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
105	186	187	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
106	188	189	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
112	200	201	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
113	202	203	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
114	204	205	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
115	206	207	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
116	208	209	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
117	210	211	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.06
118	212	213	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
124	224	225	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
125	240	241	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
126	242	243	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
127	244	245	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
128	246	247	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
129	248	249	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
130	250	251	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
131	252	253	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
132	254	255	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
133	256	257	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
134	258	259	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
135	260	261	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
137	264	265	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02

138	266	267	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02
139	268	269	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02
140	270	271	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02
141	272	273	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02
143	276	277	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
144	278	279	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
145	280	281	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
146	282	283	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
147	284	285	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
148	286	287	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
149	288	289	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
150	290	291	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
151	292	293	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
152	294	295	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
153	296	297	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
154	298	299	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
155	300	301	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
156	302	303	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
157	304	305	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
158	306	307	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
159	310	311	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
160	312	313	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
161	314	315	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
162	316	317	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
163	318	319	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
164	320	321	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
165	322	323	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
166	324	325	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
167	326	327	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
168	328	329	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
169	330	331	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
170	332	333	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
171	334	335	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
172	336	337	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
173	338	117	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
175	340	119	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
176	345	118	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
177	341	350	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
178	346	351	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
179	342	352	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
180	347	353	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00

181	343	354	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
182	348	355	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
183	661	356	HEB 400	Steel	Column	Bar	32.00
184	662	357	HEB 400	Steel	Column	Bar	32.00
185	124	136	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.13
186	136	152	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
187	152	164	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.14
188	164	176	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.15
189	176	188	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
192	212	224	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.78
193	224	250	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.65
194	250	264	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.68
195	264	276	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
196	276	288	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.73
197	288	300	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
198	300	314	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
199	314	326	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
200	125	137	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
201	137	153	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
202	153	165	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
205	165	177	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
206	177	189	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
207	189	201	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
208	201	213	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
209	213	225	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.87
210	225	251	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.31
211	251	265	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.33
212	265	277	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.37
213	277	289	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.39
214	289	301	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.36
215	301	315	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
216	315	327	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
217	188	200	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
218	376	377	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.43
219	377	378	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
220	378	379	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
221	379	380	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
222	380	381	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
223	381	382	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.46
224	382	383	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.84
225	383	384	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.05

226	384	385	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
227	385	386	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
228	386	387	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
229	387	388	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.95
230	388	389	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.92
231	389	390	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.88
232	390	391	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
233	360	361	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.33
234	361	362	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
235	362	363	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
236	363	364	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
237	364	365	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
238	365	366	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
239	366	367	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.40
241	392	369	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
242	369	370	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.11
243	370	371	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.15
244	371	372	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.17
245	372	373	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.14
246	373	374	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.10
247	374	375	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
248	126	138	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.13
249	138	154	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
250	154	166	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.14
251	166	178	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.15
252	178	393	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
253	393	202	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
255	395	240	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.78
256	240	252	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.65
257	252	266	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.68
258	266	278	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
259	278	290	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.73
260	290	302	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
261	302	316	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
262	316	328	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
263	127	139	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
264	139	155	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
265	155	167	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
266	167	179	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
267	179	396	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
268	396	203	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65

269	203	397	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
270	397	241	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.87
271	241	253	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.31
272	253	267	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.33
273	267	279	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.37
274	279	291	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.39
275	291	303	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.36
276	303	317	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
277	317	329	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
278	398	399	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.43
279	399	400	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
280	400	401	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
281	401	402	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
282	402	403	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
283	403	404	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.46
284	404	405	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.84
285	405	406	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.05
286	406	407	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
287	407	408	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
288	408	409	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
289	409	410	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.95
290	410	411	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.92
291	411	412	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.88
292	412	413	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
293	414	415	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.33
294	415	416	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
295	416	417	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
296	417	418	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
297	418	419	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
298	419	420	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
299	420	421	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.40
301	423	424	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
302	424	425	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.11
303	425	426	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.15
304	426	427	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.17
305	427	428	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.14
306	428	429	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.10
307	429	430	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
308	128	140	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.13
309	140	156	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
310	156	168	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.14

311	168	180	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.15
312	180	431	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
313	431	204	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
315	433	242	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.78
316	242	254	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.65
317	254	268	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.68
318	268	280	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
319	280	292	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.73
320	292	304	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
321	304	318	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
322	318	330	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
323	129	141	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
324	141	157	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
325	157	169	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
326	169	181	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
327	181	434	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
328	434	205	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
329	205	435	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
330	435	243	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.87
331	243	255	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.31
332	255	269	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.33
333	269	281	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.37
334	281	293	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.39
335	293	305	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.36
336	305	319	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
337	319	331	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
338	436	437	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.43
339	437	438	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
340	438	439	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
341	439	440	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
342	440	441	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
343	441	442	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.46
344	442	443	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.84
345	443	444	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.05
346	444	445	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
347	445	446	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
348	446	447	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
349	447	448	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.95
350	448	449	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.92
351	449	450	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.88
352	450	451	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87

353	452	453	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.33
354	453	454	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
355	454	455	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
356	455	456	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
357	456	457	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
358	457	458	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
359	458	459	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.40
361	461	462	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
362	462	463	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.11
365	465	466	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.14
366	466	467	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.10
367	467	468	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
368	130	142	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.13
369	142	158	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
370	158	170	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.14
371	170	182	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.15
372	182	469	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
373	469	206	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
375	471	244	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.78
376	244	256	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.65
377	256	270	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.68
378	270	282	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
379	282	294	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.73
380	294	306	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
381	306	320	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
382	320	332	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
383	131	143	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
384	143	159	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
385	159	171	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
386	171	183	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
387	183	472	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
388	472	207	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
389	207	473	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
390	473	245	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.87
391	245	257	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.31
392	257	271	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.33
393	271	283	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.37
394	283	295	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.39
395	295	307	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.36
396	307	321	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
397	321	333	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32



398	474	475	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.43
399	475	476	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
400	476	477	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
401	477	478	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
402	478	479	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
403	479	480	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.46
404	480	481	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.84
405	481	482	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.05
406	482	483	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
407	483	484	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
408	484	485	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
409	485	486	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.95
410	486	487	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.92
411	487	488	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.88
412	488	489	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
413	490	491	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.33
414	491	492	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
415	492	493	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
416	493	494	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
417	494	495	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
418	495	496	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
419	496	497	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.40
421	499	500	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
422	500	501	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.11
423	501	502	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.15
424	502	503	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.17
425	503	504	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.14
426	504	505	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.10
427	505	506	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
428	507	144	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.13
429	144	160	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
430	160	172	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.14
431	172	184	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.15
432	184	508	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
433	508	208	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
435	510	246	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.78
436	246	258	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.65
437	258	272	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.68
438	272	284	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
439	284	296	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.73
440	296	310	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71

441	310	322	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
442	322	334	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.66
443	511	145	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
444	145	161	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.63
445	161	173	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
446	173	185	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
447	185	512	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.64
448	512	209	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
449	209	513	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.65
450	513	247	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.87
451	247	259	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.31
452	259	273	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.33
453	273	285	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.37
454	285	297	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.39
455	297	311	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.36
456	311	323	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
457	323	335	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	6.32
458	514	515	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.43
459	515	516	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
460	516	517	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
461	517	518	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
462	518	519	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.45
463	519	520	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.46
464	520	521	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.84
465	521	522	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.05
466	522	523	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
467	523	524	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
468	524	525	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
469	525	526	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.95
470	526	527	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.92
471	527	528	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.88
472	528	529	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.87
473	530	531	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.33
474	531	532	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
475	532	533	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.34
476	533	534	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
477	534	535	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
478	535	536	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.35
479	536	537	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.40
481	539	540	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
482	540	541	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.11

483	541	542	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.15
484	542	543	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.17
485	543	544	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.14
486	544	545	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.10
487	545	546	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.09
488	50	48	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.16
489	48	46	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.18
490	46	44	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.17
491	44	42	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.18
492	42	40	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.18
493	40	38	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	5.18
494	38	66	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.64
495	66	26	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	3.81
496	26	24	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.70
497	24	22	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.72
498	22	12	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.77
499	12	10	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.77
500	10	8	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.75
501	8	6	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
502	6	4	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	2.71
503	64	62	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.65
504	62	60	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.65
505	60	58	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.67
506	58	56	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.66
507	56	54	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.66
508	54	52	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.67
509	52	68	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.67
510	68	34	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.89
511	34	32	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.33
512	32	30	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.35
513	30	20	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.39
514	20	18	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.41
515	18	16	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.38
516	16	14	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.34
517	14	2	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.34
578	3	314	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
579	326	5	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
580	326	316	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
581	328	314	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
582	328	318	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
583	330	316	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80

584	330	320	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
585	332	318	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
586	332	322	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
587	334	320	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
589	507	511	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
590	549	550	HEB 400	Steel	Column	Bar	25.50
591	393	396	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
592	431	434	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
593	469	472	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
594	508	512	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
595	557	558	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.01
596	395	397	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
597	433	435	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
598	471	473	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
599	510	513	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
600	563	564	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
601	212	200	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
602	392	367	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
603	395	202	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
604	423	421	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
605	433	204	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
606	461	459	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
607	471	206	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
608	499	497	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
609	510	208	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
610	539	537	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
611	336	324	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.66
612	324	312	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.66
613	312	298	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.71
614	298	286	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.73
615	286	274	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.72
616	274	260	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.68
617	260	248	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.65
618	248	563	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.78
619	563	210	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	3.60
620	210	557	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.16
621	557	186	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.16
622	186	174	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.15
623	174	162	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.14
624	162	146	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.16
625	344	343	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.09

626	343	342	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.10
627	342	341	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.14
628	341	340	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.17
629	340	338	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.15
630	338	571	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.11
631	571	569	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.09
632	569	566	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.60
633	566	562	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.40
634	562	560	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.35
635	560	552	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.35
636	552	554	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.35
637	554	556	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.34
638	572	573	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.00
639	146	572	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.13
640	556	577	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.34
641	577	575	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.33
642	349	348	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.87
643	348	347	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.88
644	347	346	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.92
645	346	345	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.95
649	570	567	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.87
650	567	565	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.05
651	565	561	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	4.84
652	561	559	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.46
653	559	551	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.45
655	579	555	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.45
657	580	574	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.43
658	551	579	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.45
660	555	580	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.45
661	337	325	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.32
662	325	313	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.32
663	313	299	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.36
664	299	287	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.39
665	287	275	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.37
666	275	261	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.33
667	261	249	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.31
668	249	564	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.87
669	564	211	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.65
670	211	558	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.65
671	558	187	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.64
672	187	175	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.64

673	175	163	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.65
674	163	147	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.63
675	147	573	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	5.63
687	605	609	TCAR 120x4	Steel	Apatine_juosta	Bar	11.20
688	6	605	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
689	605	599	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
690	599	606	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
691	606	600	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
692	600	607	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
693	607	601	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
694	601	608	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
695	608	602	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
696	602	609	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
697	609	14	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
698	616	621	TCAR 120x4	Steel	Apatine_juosta	Bar	11.21
699	8	616	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
700	610	616	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
701	610	618	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
702	618	611	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
703	611	619	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
704	619	612	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
705	612	620	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
706	620	613	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
707	613	621	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
708	621	16	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
709	628	632	TCAR 120x4	Steel	Apatine_juosta	Bar	11.21
710	10	628	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
711	628	622	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
712	622	629	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
713	623	629	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
714	623	630	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
715	630	624	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
716	624	631	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
717	631	625	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
718	625	632	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
719	632	18	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
720	640	644	IPE 200	Steel	Apatine_juosta	Bar	11.20
721	12	640	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
722	640	634	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
723	634	641	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
724	641	635	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98

725	635	642	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
726	642	636	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
727	636	643	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
728	643	637	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
729	637	644	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
730	644	20	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
731	651	655	TCAR 120x4	Steel	Apatine_juosta	Bar	11.21
732	22	651	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
733	651	645	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
734	645	652	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
735	652	646	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
736	646	653	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
737	653	647	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
738	647	654	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
739	654	648	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
740	648	655	TCAR 120x4	Steel	Gniuždomas_spyris	Bar	1.98
741	655	30	TCAR 120x4	Steel	Tempiamas_spyris	Bar	1.98
742	322	336	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
743	334	324	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
746	324	657	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
747	336	658	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
748	658	657	TCAR 120x4	Steel	Simple bar	Bar	2.66
749	658	4	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.80
750	657	6	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	4.40
751	13	327	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
752	1	315	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
753	315	329	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
754	327	317	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
755	317	331	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
756	329	319	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
757	319	333	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
758	331	321	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
759	321	335	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
760	333	323	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
761	323	337	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
762	335	325	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
763	325	659	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
764	337	660	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
765	659	660	TCAR 120x4	Steel	Simple bar	Bar	6.32
766	660	2	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.48
767	659	14	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.22

768	47	124	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
769	49	136	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
770	136	126	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
771	124	138	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
772	138	128	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
773	126	140	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
774	140	130	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
775	128	142	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
776	142	507	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
777	130	144	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
778	144	572	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
779	507	146	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.51
780	63	137	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
781	61	125	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
782	125	139	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
783	137	127	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
784	127	141	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
785	139	129	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
786	129	143	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
787	141	131	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
788	131	145	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
789	143	511	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
790	511	147	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
791	145	573	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	6.91
792	25	212	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
793	65	224	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
794	224	395	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
795	212	240	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
796	240	433	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
797	395	242	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
798	242	471	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
799	433	244	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
800	244	510	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
801	471	246	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
802	246	563	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
803	510	248	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
804	248	66	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.50
805	563	26	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	5.87
806	33	213	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
807	67	225	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
808	225	397	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11



809	213	241	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
810	241	435	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
811	397	243	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
812	243	473	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
813	435	245	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
814	245	513	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
815	473	247	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
816	247	564	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
817	513	249	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
818	249	68	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.11
819	564	34	TCAR 120x4	Steel	Rysiai	Bar	7.40
836	713	116	HEB 400	Steel	Column	Bar	24.00
837	274	275	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.02
910	570	713	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.89
911	713	345	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.93
945	716	601	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.88
946	601	612	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.88
947	612	624	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.92
948	624	636	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.95
949	636	647	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.93
950	647	683	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.89
951	683	684	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.87
952	684	685	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.06
953	685	686	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.86
954	686	687	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.47
955	687	688	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.47
956	688	689	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.47
957	689	690	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.47
958	690	691	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.47
959	691	692	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.45
960	715	600	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.15
961	600	611	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.15
962	611	623	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.20
963	623	635	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.22
964	635	646	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.21
965	646	673	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.17
966	673	674	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.15
967	674	675	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.64
968	675	676	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.45
969	676	677	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.38
970	677	678	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.37

971	678	679	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.37
972	679	680	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.37
973	680	681	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.37
974	681	682	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.35
975	714	599	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.43
976	599	610	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.43
977	610	622	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.47
978	622	634	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.50
979	634	645	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.49
980	645	663	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.44
981	663	664	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	3.42
982	664	665	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.23
983	665	666	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	4.04
984	666	667	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.28
985	667	668	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.28
986	668	669	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.28
987	669	670	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.27
988	670	671	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.28
989	671	672	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.26
990	717	602	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.61
991	602	613	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.61
992	613	625	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.65
993	625	637	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.68
994	637	648	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.66
995	648	703	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.62
996	703	704	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.60
997	704	705	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.48
998	705	706	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.27
999	706	707	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.57
1000	707	708	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.57
1001	708	709	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.57
1002	709	710	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.57
1003	710	711	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.56
1004	711	712	IPE 160	Steel	Sija_1	Bar	5.55
1082	465	633	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.17
1083	633	463	HEB 400	Steel	Sija_1	Bar	4.15
1091	657	659	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	14.05
1092	658	782	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.66
1093	782	783	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.71
1094	783	784	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.73
1095	784	785	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.72

1096	785	786	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.68
1097	786	787	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	2.65
1098	660	788	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.32
1099	788	789	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.36
1100	789	790	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.39
1101	790	791	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.37
1102	791	792	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.33
1103	792	793	IPE 200	Steel	Sija_1	Bar	6.31

4.1. lent. Elementai

Skerspjuviu parametrai							
Profilis	Elementu sarasas	Parametrai					
		AX (cm2)	AY (cm2)	AZ (cm2)	IX (cm4)	IY (cm4)	IZ (cm4)
HEB 400	1 2 4to14 16to18 20to33 52to55 57to71 175to189 192to202 205to239 241to253 255to299 49 50 173 301to313 315to359 365to373 375to419 421to433 361 362 435to479 481to502 590 836 910 911 1082 1083	197.78	137.96	56.21	382	57680. 5	10819
IPE 160	945to1004	20.09	12.13	8.01	3.53	869.29	68.31
IPE 200	3 37 39 40 42to48 74to77 80to85 88to106 112to118 124to135 137to141 143to172 503to517 591to645 51 589 649to653 655 657 658 660to675 720 837 1091to1103	28.48	17.22	11.29	6.46	1943.1 7	142.37
TCAR 120x4	34to36 38 578to587 687to719 721to743 746to819	18.48	8.21	8.21	634.3	413.5	413.5

4.2 lent. Skerspjuviu parametrai

Atramos							
Fixed	1to25By2 29to65By4 31to63By8 43to67By8 96to99 101to119 350to357 549	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed
Pinned		fixed	fixed	fixed	free	free	free

4.3 lent. Atramos

Pastatų veikiančios apkrovos				
Nr.	Žymuo	Pavadinimas	Tipas	Analizavimo tipas
1	DL1	Savasis_svoris	Structural	Static - Linear
2	SN1	Sniegas_1	snow	Static - Linear
3	VN1	Vejas X+	wind	Static - Linear
4	VN2	Vejas X-	wind	Static - Linear
5	VN3	Vejas Y+	wind	Static - Linear
6	VN4	Vejas Y-	wind	Static - Linear
7	N1	Naudojimo_1	Category A	Static - Linear
8	N2	Naudojimo_2	Category A	Static - Linear
9	N3	Naudojimo_3	Category A	Static - Linear
10	N4	Naudojimo_4	Category A	Static - Linear
11	N5	Naudojimo_5	Category A	Static - Linear
12	NL1	Nuolatine	Structural	Static - Linear
13		$G*1.35$	Structural	Linear Combination
14		$G*1.35+S*1.3$	Structural	Linear Combination
15		$G*1.35+V1*1.3$	Structural	Linear Combination
16		$G*1.35+V2*1.3$	Structural	Linear Combination
17		$G*1.35+V3*1.3$	Structural	Linear Combination
18		$G*1.35+V4*1.3$	Structural	Linear Combination
19		$G*1.35+Q1*1.3$	Structural	Linear Combination
20		$G*1.35+Q2*1.3$	Structural	Linear Combination
21		$G*1.35+Q3*1.3$	Structural	Linear Combination
22		$G*1.35+Q4*1.3$	Structural	Linear Combination
23		$G*1.35+Q5*1.3$	Structural	Linear Combination
24		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6$	Structural	Linear Combination
25		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6$	Structural	Linear Combination
26		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6$	Structural	Linear Combination
27		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6$	Structural	Linear Combination
28		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
29		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
30		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
31		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
32		$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
33		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
34		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
35		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
36		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
37		$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination

38		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
39		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
40		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
41		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
42		$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
43		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
44		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
45		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
46		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
47		$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Structural	Linear Combination
48		SLS:CHR/1=1*1.00 + 12*1.00	dead	Linear Combination
49		SLS:CHR/2=1*1.00 + 12*1.00 + 7*1.00	dead	Linear Combination
50		SLS:CHR/12=1*1.00 + 12*1.00 + 9*1.00	dead	Linear Combination
51		SLS:CHR/17=1*1.00 + 12*1.00 + 10*1.00	dead	Linear Combination
52		SLS:CHR/22=1*1.00 + 12*1.00 + 11*1.00	dead	Linear Combination
53		SLS:CHR/27=1*1.00 + 12*1.00 + 3*1.00	dead	Linear Combination
54		SLS:CHR/28=1*1.00 + 12*1.00 + 4*1.00	dead	Linear Combination
55		SLS:CHR/29=1*1.00 + 12*1.00 + 5*1.00	dead	Linear Combination
56		SLS:CHR/30=1*1.00 + 12*1.00 + 6*1.00	dead	Linear Combination
57		SLS:CHR/31=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 3*1.00	dead	Linear Combination
58		SLS:CHR/32=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 4*1.00	dead	Linear Combination
59		SLS:CHR/33=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 5*1.00	dead	Linear Combination
60		SLS:CHR/34=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 6*1.00	dead	Linear Combination
61		SLS:CHR/35=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 3*1.00	dead	Linear Combination
62		SLS:CHR/36=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 4*1.00	dead	Linear Combination
63		SLS:CHR/37=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 5*1.00	dead	Linear Combination
64		SLS:CHR/38=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 6*1.00	dead	Linear Combination
65		SLS:CHR/39=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 3*1.00	dead	Linear Combination
66		SLS:CHR/40=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 4*1.00	dead	Linear Combination
67		SLS:CHR/41=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 5*1.00	dead	Linear Combination
68		SLS:CHR/42=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 6*1.00	dead	Linear Combination
69		SLS:CHR/43=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 3*1.00	dead	Linear Combination

70		$SLS:CHR/44=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 4*1.00$	dead	Linear Combination
71		$SLS:CHR/45=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 5*1.00$	dead	Linear Combination
72		$SLS:CHR/46=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 6*1.00$	dead	Linear Combination
73		$SLS:CHR/47=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 3*1.00$	dead	Linear Combination
74		$SLS:CHR/48=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 4*1.00$	dead	Linear Combination
75		$SLS:CHR/49=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 5*1.00$	dead	Linear Combination
76		$SLS:CHR/50=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 6*1.00$	dead	Linear Combination

4.4 lent. Pastatą veikiančios apkrovos

Deriniai					
Nr.	Kombinacija	Analizavimo tipas	Kombinacijos tipas	Apkrovos tipas	Reikšmė
13 (C)	$G*1.35$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35$
14 (C)	$G*1.35+S*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30$
15 (C)	$G*1.35+V1*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+3*1.30$
16 (C)	$G*1.35+V2*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+4*1.30$
17 (C)	$G*1.35+V3*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+5*1.30$
18 (C)	$G*1.35+V4*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+6*1.30$
19 (C)	$G*1.35+Q1*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+7*1.30$
20 (C)	$G*1.35+Q2*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+8*1.30$
21 (C)	$G*1.35+Q3*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+9*1.30$
22 (C)	$G*1.35+Q4*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+10*1.30$
23 (C)	$G*1.35+Q5*1.3$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+11*1.30$
24 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78$
25 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3$	Linear	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78$

	$3*0.6$	Combination			
26 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78$
27 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78$
28 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78+7*0.91$
29 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78+8*0.91$
30 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78+9*0.91$
31 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78+10*0.91$
32 (C)	$G*1.35+S*1.3+V1*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+3*0.78+11*0.91$
33 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78+7*0.91$
34 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78+8*0.91$
35 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78+9*0.91$
36 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78+10*0.10$
37 (C)	$G*1.35+S*1.3+V2*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+4*0.78+11*0.91$
38 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78+7*0.91$
39 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78+8*0.91$
40 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78+9*0.91$
41 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78+10*0.91$
42 (C)	$G*1.35+S*1.3+V3*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+5*0.78+11*0.91$
43 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q1*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78+7*0.91$
44 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q2*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78+8*0.91$
45 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q3*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78+9*0.91$
46 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q4*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78+10*0.91$
47 (C)	$G*1.35+S*1.3+V4*1.3*0.6+Q5*1.3*0.7$	Linear Combination	ULS	Structural	$(1+12)*1.35+2*1.30+6*0.78+11*0.91$
48 (C)	$SLS:CHR/1=1*1.00 + 12*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12)*1.00$

49 (C)	$SLS:CHR/2=1*1.00 + 12*1.00 + 7*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+7)*1.00$
50 (C)	$SLS:CHR/12=1*1.00 + 12*1.00 + 9*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+9)*1.00$
51 (C)	$SLS:CHR/17=1*1.00 + 12*1.00 + 10*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+10)*1.00$
52 (C)	$SLS:CHR/22=1*1.00 + 12*1.00 + 11*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+11)*1.00$
53 (C)	$SLS:CHR/27=1*1.00 + 12*1.00 + 3*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+3)*1.00$
54 (C)	$SLS:CHR/28=1*1.00 + 12*1.00 + 4*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+4)*1.00$
55 (C)	$SLS:CHR/29=1*1.00 + 12*1.00 + 5*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+5)*1.00$
56 (C)	$SLS:CHR/30=1*1.00 + 12*1.00 + 6*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+6)*1.00$
57 (C)	$SLS:CHR/31=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 3*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+3)*1.00+7*0.70$
58 (C)	$SLS:CHR/32=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 4*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+4)*1.00+7*0.70$
59 (C)	$SLS:CHR/33=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 5*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+5)*1.00+7*0.70$
60 (C)	$SLS:CHR/34=1*1.00 + 12*1.00 + 7*0.70 + 6*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+6)*1.00+7*0.70$
61 (C)	$SLS:CHR/35=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 3*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+3)*1.00+8*0.70$
62 (C)	$SLS:CHR/36=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 4*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+4)*1.00+8*0.70$
63 (C)	$SLS:CHR/37=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 5*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+5)*1.00+8*0.70$
64 (C)	$SLS:CHR/38=1*1.00 + 12*1.00 + 8*0.70 + 6*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+6)*1.00+8*0.70$
65 (C)	$SLS:CHR/39=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 3*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+3)*1.00+9*0.70$
66 (C)	$SLS:CHR/40=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 4*1.00$	Linear Combination	SLS:CHR	dead	$(1+12+4)*1.00+9*0.70$
67 (C)	$SLS:CHR/41=1*1.00$	Linear	SLS:CHR	dead	$(1+12+5)*1.00+9*0.70$



	+ 12*1.00 + 9*0.70 + 5*1.00	Combination			
68 (C)	SLS:CHR/42=1*1.00 + 12*1.00 + 9*0.70 + 6*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+6)*1.00+9*0.70
69 (C)	SLS:CHR/43=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 3*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+3)*1.00+10*0.70
70 (C)	SLS:CHR/44=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 4*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+4)*1.00+10*0.70
71 (C)	SLS:CHR/45=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 5*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+5)*1.00+10*0.70
72 (C)	SLS:CHR/46=1*1.00 + 12*1.00 + 10*0.70 + 6*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+6)*1.00+10*0.70
73 (C)	SLS:CHR/47=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 3*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+3)*1.00+11*0.70
74 (C)	SLS:CHR/48=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 4*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+4)*1.00+11*0.70
75 (C)	SLS:CHR/49=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 5*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+5)*1.00+11*0.70
76 (C)	SLS:CHR/50=1*1.00 + 12*1.00 + 11*0.70 + 6*1.00	Linear Combination	SLS:CHR	dead	(1+12+6)*1.00+11*0.70

4.5 lent. Deriniai