

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Dainius Botyrius

Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo
analizė

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Saulius Zadlauskas

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS KONSTRUKCIJŲ FAKULTETAS

Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo
analizė

magistro projektas
Statyba (kodas T000M167)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Saulius Zadlauskas

(data)

Recenzentas

Projektą atliko

(parašas) Dainius Botyrius

(data)

KAUNAS, 2018

Baigiamųjų projektų rengimo,
gynimo ir saugojimo tvarkos
aprašo
4 priedas



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Dainius Botyrius

(Studento vardas, pavardė)

Statyba, T000M167

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Gruodžio 15 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Dainius Botyrius**, baigiamasis projektas tema „Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo analizė“

yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

Paveikslėlių sąrašas.....	6
Lentelių sąrašas.....	8
Įvadas.....	11
1. Literatūros analizė.....	13
2. Tyrimų metodologija.....	28
2.1 Medinio elemento jungties įklijuotaisiais plieniniais strypais skaičiavimas.....	28
2.2 Elementų iš klijuotos medienos jungties skaičiuojamoji laikomoji galia išilgai medienos pluošto.....	29
2.3. Skaičiavimai, remiantis moksliniu straipsniu, kuriame buvo atlikti bandymai naudojant stiklo pluošto strypus ir epoksidines dervas.....	29
2.4. Konstruktijų analizės pagrindai.....	32
2.4.1. Bendrieji dalykai.....	32
2.4.2. Elementai.....	32
2.4.3. Jungtys.....	33
3. Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo projektavimas ir karnizo mazgo analizė.....	34
3.1. Rėmo apkrovų skaičiavimas.....	34
3.2. Sniego apkrovos.....	35
3.3. Vėjo apkrovos.....	35
3.4 Rėmo, klijuoto iš tiesių elementų, projektavimas.....	39
3.4.1. Kolonos dalies stiprio skaičiavimas.....	41
3.4.2. Rygelio stiprumo tikrinimas.....	42
3.5. Rėmo iš lenktų elementų projektavimas.....	43
3.5.1. Skerspjūvio parinkimas.....	43
3.5.2. Įtempių tikrinimas išorinėje ir vidinėje arkos briaunoje.....	44

3.5.3. Pastovumo tikrinimas rėmo plokštumoje	45
3.6. Karnizo mazgo projektavimas.....	47
3.6.1. Karnizo mazgo projektavimas pagal STR	47
3.6.2. Karnizo mazgo projektavimas pagal euronormas	48
3.7. Kraigo mazgo projektavimas	53
3. Ekonominis palyginimas.....	54
Išvados	57
Literatūros šaltiniai	58
Priedai	60

Paveikslėlių sąrašas

1 pav. Skaičiuojamo rėmo vaizdas.	13
2.pav. Rėmo pritaikymas praktikoje.....	14
3 pav. bandinys su viename gale įklijuotu strypu.....	17
4 pav. Horizontali jungtis veikiama keturių taškų lenkimo.	18
5 pav. T tipo jungtys; (i) veikiama tempimo kartu su lenkimo momentu, (ii) veikiama vietinės skersinės jėgos.	18
6 pav. Strypo paviršiaus paruošimo įtaka jungties stiprumui	19
7 Alternatyvūs strypų tipai.....	19
8 pav. Klijų sluoksnio storio įtaka jungties stiprumui	20
9 pav. Suirimo atvejai su skirtingais klijų sluoksnio storiais.....	21
10 pav. Įklijavimo ilgio įtaka jungties stiprumui	22
11 pav. Klijų įtaka jungties stiprumui.....	23
12 pav. Medienos plauštų krypties įtaka jungties stiprumui.....	23
13 pav. Drėgnio įtaka jungties stiprumui.....	24
14 pav. Medienos tipo įtaka jungties stiprumui	25
15 pav. Lenkimo bandymas A	26
16 pav. Lenkimo bandymas B	26
17 pav. Lenkimo bandymas C	27
18 pav. Jungtys įklijuotaisiais plieniniais strypais.....	28
19 pav. Skaičiuojamasis naujas mazgas.	30
20 pav. Ištraukimo jėgos priklausomybė nuo įklijavimo ilgio.	31
21 pav. Sniego apkrovos skaičiuojamasis variantas	35
22 pav. Vėjo apkrovimos schema.	37
23 pav. Rėmo skaičiuojamoji schema.....	39
24 pav. Kolonos geometriniai rodikliai	40
25 pav. Skaičiuojamoji schema klijuotinių rėmų lenktoje dalyje įtempiams nustatyti	44
26 pav. Karnizo mazgas.....	47
27 pav. Kraigo mazgas.....	53
28 pav. Bendros vertės palyginimo grafikas.....	54
29 pav. Darbo užmokesčio vertės palyginimo grafikas.....	55

30 pav. Mechanizmų vertės palyginimo grafikas	55
31 pav. Medžiagų vertės palyginimo grafikas	56

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Vidutinės suirimo apkrovų reikšmės.....	27
2 lentelė Nuolatinės apkrovos į rėmą.....	34
3 lentelė Ekonominis skaičiavimo palyginimas.....	54

Dainius Botyrius. Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo analizė. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Zadlauskas; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba, Statybinės konstrukcijos

Reikšminiai žodžiai: *medinis rėmas, karnizo mazgas, klijuota mediena, karkasinis pastatas.*

Kaunas, 2018. 61 p.

SANTRAUKA

Magistro darbas susideda iš teorinės ir taikomosios dalies. Teorinėje dalyje pateikiama Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo analizė įvairių šalių normatyvinių dokumentų, standartų ir kitų reglamentuojamų dokumentų literatūros analizė. Taikomoje dalyje yra analitiškai apskaičiuoti: klijuotos medienos iš tiesių elementų ir lenktas medininis rėmas, karnizo mazgas, kraigo mazgas. Darbe buvo atliekami analitiniai skaičiavimai ir baigtinių elementų analizės programa Autodesk Robot Structural Analysis. Buvo atliekami analitiniai skaičiavimai remiantis Lietuvos respublikos techniniais reglamentais ir Euro kodu, gavus du skirtingus rezultatus buvo padarytos rezultatų išvados. Atlikus literatūros duomenų analizę buvo išanalizuotas ir pristatytas naujas klijuotos medienos elementų standus sujungimas įklijuojant stiklo pluošto kompozitinius strypus epoksidiniais kljais.

Dainius Botyrius.

Analysis of glued three-row frame and cornice assembly:

Master's thesis in Civilic engineering / supervisor assoc. prof. Saulius Zadlauskas. The Faculty of Arhitecture and Construction, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civilic Engineering

Key words: Wooden rham, carnival knot, glued timber with straight element, carcass building.

SUMMARY

Master's thesis consists of a theoretical and applied part. The theoretical part provides an analysis of the literature of the normative documents, standards and other regulated documents of different countries in the analysis of the three-hinged frame and cornice glued wood. The applied part analytically calculates: glued timber of straight elements and curved wooden frame, frame carvings knot. In the work analytical calculations and finite element analysis program Autodesk Robot structural analysis. Analytical calculations were carried out in accordance with the technical regulations of the Republic of Lithuania and Eurocode, after obtaining different results, conclusions were made. After analyzing the literature data, new elements of glued wood were rigorously combined into glass fiber composite rods with epoxy adhesives.

Įvadas

Temos aktualumas

Magistro kvalifikacijos baigiamojo darbo tema - Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo ir karnizo mazgo analizė. Situacija: kintamojo skerspjūvio klijuotos medienos rėmai plačiai naudojami ypatingų statinių statyboje, tačiau šių konstrukcijų mazgų projektavimas yra sudėtingas siekiant optimizuoti skerspjūvį ir medienos sąnaudas. Didžiausia problema - karnizo mazgo projektavimas, nuo kurio priklauso viso rėmo laikomoji galia. Tokio tipo rėmuose, karnizo mazge veikia didžiausios įrašos ir įtempiai. Be to, karnizo mazgo konstravimui naudojama daug metaliniu įdėtinių detalių, nuo kurių įkomponavimo priklauso sujungiamų medinių elementų stiprumas.

Mechaniniu požiūriu medinių konstrukcijų atsparumas ir ilgaamžiškumas daugiausia priklauso nuo elementų sujungimų konstrukcijose. Jungtys dažnai yra viena iš silpniausių medinės konstrukcijos taškų, nes jos sukelia medienos struktūros netęstinumą, dėl to sumažėja konstrukcijos stiprumas.

Seisminėje srityje jungtys vaidina pagrindinį vaidmenį struktūriniam projektui. Veiksmai dėl žemės drebėjimų, dėl energijos išsiskyrimo gali sumažinti vidaus jėgos paklausą. Todėl konstrukcinės detalės turi užtikrinti jos pastovumą. Veiksmingumo veiksnys q , apibrėžtas Eurokodo 8, turi būti įvertintas atsižvelgiant į tai, kad struktūra gali išsklaidyti energiją. Medinės konstrukcijos pasižymi puikiu atsparumu esant seisminiam apkrovimui, nes leidžia mažinti masę ir, atitinkamai, horizontalius seisminius veiksmus, o medienos medžiaga yra įdomi slopinimui ir energijos išsklaidymui. Tai įmanoma tik tada, jei visi konstrukciniai elementai ir detalės yra tinkamai suprojektuotos ir sukonstruotos. Iš tiesų, medinės konstrukcijos gali išsklaidyti energiją per plastikinių vyrių susidarymą jungtyse, todėl tai gali sukelti didelę deformaciją. Todėl plastinės analizės metodai taikomi medinėms konstrukcijoms, pagamintoms iš medienos elementų, standžiomis ir pusiau standžiais jungtimis. Taigi jungtys yra vienintelė vieta, kurioje medinė konstrukcija gali vystytis plastiškumui ir turi valdyti konstrukciją plastinės analizės metuose. Sujungtų elementų perprojektavimas užtikrina, kad trapios komponento sugedimas lydės plastifikavimą iš kaliojo elemento. Nepaisant to, tam tikras silpnumas medienos struktūrų seisminėje zonoje dažnai būna dėl blogėjančios mazgu, esant pakaitinėms apkrovoms, kaip žemės drebėjimai, jei jungtys nėra suprojektuotos pakankamai lanksčiai ir patiria nuovargį.

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas yra atlikti kliuotos medienos trišarnyrio rėmo karnizo mazgo analizę.

Siekiant užsibrėžto tikslo reikia išspręsti šiuos uždavinius:

- 1) Atliekant literatūros analizę nustatyti mažiau praktikoje naudojamus efektyvius kliuotos medienos elementų sujungimo būdus ir pristatyti jų panaudojimo galimybes.
- 2) Palyginti kliuotos medienos elementų junčių įklijuotais plieniniais strypais ir įklijuotais stiklo pluošto strypais laikomąją galią.
- 3) Palyginti kintamo skerspjuvio trišarnyrio kliuotos medienos rėmo iš tiesių elementų karnizo mazgo projektavimo pagal STR ir pagal Euronormas metodikas.
- 4) Suprojektuoti kintamo skerspjuvio trišarnyrį kliuotos medienos rėmą iš tiesių ir iš lenktų elementų ir atlikti šių konstrukcijų ekonominį palyginimą.

Mokslinis naujumas

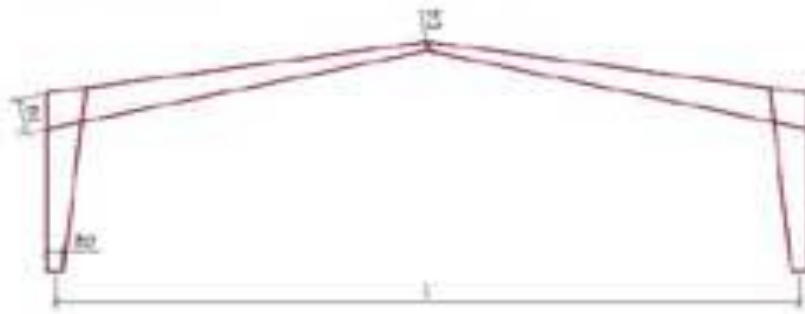
Šio magistro baigiamojo projekto mokslinis naujumas yra Lietuvos statybų praktikoje nenaudojamo kliuotos medienos elementų jungties įklijuojant kompozitinius stiklo pluošto strypus, panaudojimo galimybių pristatymas ir analitinis tokios jungties laikomosios galios skaičiavimas bei palyginimas su įprastiniu elementų jungimo būdu įklijuojant plieninius strypus.

Praktinė vertė

Šio darbo praktinė vertė yra galimybė nustatyti esminius skirtumus tarp trišarnyrio kliuotos medienos rėmo iš tiesių elementų ir rėmo iš lenktų elementų ekonominiu požiūriu. Taip pat darbe pateikiami skirtumai tarp Lietuvoje taikomo statybos techninio reglamento rėmo karnizo mazgo skaičiavimo bei to paties mazgo projektavimo pagal Euronormas metodiką.

1. Literatūros analizė

Daugelis tyrėjų daugiausia dėmesio skyrė medienos ir medienos jungčių stiprumui, tiek skaičiais, tiek eksperimentais. Atsižvelgiant į faktines architektūrinės tendencijas, didelio stiprio reikalavimus ir ugnį, medienos ir medienos jungtis dažnai pakeičia plieno ir medienos jungtys, kai plieninė plokštė yra bent iš dalies apsaugota medienos elementais, kai ji yra tarp dviejų medienos elementų. Šie mechaniniai tvirtinimo elementai yra suskirstyti į dvi grupes, priklausomai nuo to, kaip jie perduoda jėgas tarp sujungtų elementų. Pagrindinė grupė atitinka stipinų tipo tvirtinimo detales. Čia apkrovos perkėlimas apima ir lenkimo elgseną, bei šlyties įtampą medienoje, esančią ties grioveliu. Šiai grupei priklausantys sąvaržos, vinys, varžtai ir kaiščiai. Antrasis tipas apima tvirtinimo elementus, tokius kaip skirstytuvo žiedai, pjovimo plokštės ir metalinės tvirtinimo plokštės, kuriose apkrovos perdavimas pirmiausia pasiekiamas dideliu plokstelių paviršiumi.



1 pav. Skaičiuojamo rėmo vaizdas.

Medinių, surekamųjų iš tiesių elementų rėmų karnizinis mazgas, skirtingai nuo plieninių ir gelžbetoninių, dėl jungimo priemonių paslankumo nėra visiškai standus. Deformuojantis karniziniame mazgelyje, pasikeičia kampas tarp rygelio ir statramščio. Apskaičiuojant rėmą, reikalinga įvertinti šių deformacijų įtaką rėmo elementų įrašoms arba montavimo metu padaryti atitinkamo aukčio statybinę pakylą. Jungiant elementus karniziniame mazge, alkūnės formos antdėklais arba strypine konstrukcija, apskaičiuojami glemžimo įtempiai skersai pluoštu po poveržlemis, kampuočiais. Suveržiamieji varžtai yra tempiami. Suveržus mazgus mazgo montavimo metu, sumažėja medienos susitraukimo įtaka mazgo deformacijoms, jai džiustant.



2.pav. Rėmo pritaikymas praktikoje

Šio tipo rėmo konstrukcija priklauso nuo perdengiamos angos dydžio, tiesių elementų sujungtų karnizo mazge. Šie rėmai dažniausiai naudojami iki 25 metrų tarp atramų pastatuose. Didesniuose tarpatramiuose jie tampa neekonomiški.

Medinėse konstrukcijose padaryti standų mazgą yra gana sunku. Standus rėmų karnizinis mazgas, kuriame du elementai sujungiami dideliu kampu, dažnai nulemia visą rėmo konstrukciją, todėl surenkamų rėmų pastovumui ir standumui padidinti kai kada rygelis su statramsčiu yra sujungiamas spyriais. Gniuždymo jėgai atlaikyti papildomų jungimo priemonių nereikia, nes jėga perduodama tiesiogiai iš rygelio į statramstį.

Lenktųjų rėmų gamybos darbo sanaudos yra 2,5 karto didesnės, negu rėmų, pagamintų iš tiesių elementų ir sujungtų kampu karnizo mazge.

Rėmų elementų skerspjūvis – kintamojo aukščio stačiakampis. Skerspjūvio aukštis keičiamas, mažinant pakete klijuotų lentų skaičių iš vidinės rėmo pusės.

Rėmus iš tiesių elementų lengviau pagaminti, nei lenktuosius rėmus. Rėmų statramstis su rygelio daromi atskirai ir standžiai sujungiami karnizo mazge.

Rygelis su statramsčiu karnizo mazge gali būti jungiami virbalais, išdėstant juos apskritimu. Tokie, iš tiesių elementų pagaminti, rėmai rekomenduotini, kai statramsčio aukštis didesnis, nei 4 metrai. Šios konstrukcijos statramstis daromas mažiausiai iš dviejų, o rygelis iš vieno elemento. Mazge turi būti nemažiau, kaip 4 varžtai.

Įtvirtinti strypai naudojami įvairių medinių elementų sujungimams, pavyzdžiui klijuotos medienos konstrukcijoms sporto salėse [1], [2] bei medinių konstrukcijų stiprinimui [3]. Šie strypai naudojami su klijuotos medienos konstrukcijomis jau daugiau nei 20 metų Europoje ir Šiaurės Amerikoje. Dažniausiai naudojami yra plieno strypai. Įtvirtinti strypai gali būti naudojami siekiant išvengti plyšių atsiradimo lenktų sijų kraigo zonoje bei sijų galiniuose mazguose. Taip pat toks mazgo projektavimas leidžia perduoti jėgas tarp konstrukcinių elementų, pavyzdžiui rėmo karnizo mazge bei perduoti jėgas į kitą konstrukciją ar konstrukcijos dalį, pavyzdžiui kolonos ir pamato jungtyje [1]. Įtvirtintų strypų naudojimas suteikia šiuos privalumus:

- Efektyvus lokalinių jėgų perdavimas;
- Gaunamas labai standus sujungimas ašinės jėgos veikimo kryptimi;
- Geras atsparumas gaisrui, nes strypai yra apsaugoti medienos sluoksniu;
- Mažesnės medžiagų sąnaudos bei didesnis ekonomiškumas;
- Geresnis estetinis vaizdas, nes jungtis yra visiškai paslėpta medinėje konstrukcijoje;
- Jungiamieji elementai yra lengvi.

Tam tikra informacija apie įklijuotus plieninius strypus yra pateikta penkto Eurokodo priede [4], tačiau informacijos kiekis nėra didelis. Šiame priede yra pateiktos tokios rekomendacijos kaip atstumai tarp plieninių strypų, jų ilgiai ir minimalūs inkaravimo ilgiai. Klijų sluoksnis pagal priedo informaciją nėra vertinamas. Kaip alternatyva plieniniams strypams gali būti naudojama stiklo pluošto kompozitinė armatūra. Stiklo pluošto kompozitinės armatūros naudojimas medinių konstrukcijų mazguose yra šio darbo mokslinio naujumo pagrindas, nes tai nėra plačiai paplitęs metodas naudojamas medinių konstrukcijų jungtims, o informacija apie šių mazgų efektyvumą yra pakankamai ribota ir randama daugiau teoriniame lygmenyje.

Geometriniai rodikliai:

Riberbolt ir Spoer [5] atliko tyrimus siekdami nustatyti strypų geometrijos įtaką mazgų stiprumui naudodami pilnavidurius, kūgio formos, tuščiaidurius strypus bei strypus, turinčius griovelius. Jie nustatė, kad cilindro formos tuščiaiduriai strypai yra stipriausi atliekant nuovargio analizę. Uhre Pederson su kolegomis [6] nustatė, kad naudojant tuščiaidurius strypus įvyksta įtempių išsilyginimo efektas. Batchelar ir McIntosh [7] rekomenduoja strypų galuose daryti susiaurėjimus siekiant išvengti įtempių koncentracijos. Naudodami baigtinių elementų metodą Deng su bendraminčiais nustatė, jog skylė igręžta plieninio strypo gale taip pat sumažina įtempių koncentracijas.

Klijų parinkimas:

Fenolio rezorcinolio klijai yra ilgiausiai naudojami medinių konstrukcijų pramonėje. Tačiau šie klijai neturėtų būti naudojami didelio skersmens skylėse dėl stiprumo sumažėjimo efekto įvykstančio dėl klijų susitraukimo kietėjant [8]. Tradiciniai klijai turi ribotas skylių užpildymo galimybes ir dažnai reikalauja didelio suspaudimo, kad jungtis įgautų reikiamą stiprumą. Epoksido ir poliuretano klijai naudojami kaip alternatyva kai kuriais medinių konstrukcijų jungimo atvejais [9]. Vienas iš tokių atvejų yra medinių konstrukcijų stiprinimas, kai reikalingos geresnės užpildymo savybės ir slėgio sukėlimas nėra praktiškas.

Klijų sluoksnio storis:

Dažniausiai skylės skersmuo yra 1-2 mm didesnis nei strypo skersmuo. Derva yra injektuojama į tarpą aplink strypą. Kartais strypas būna įsuktas į mažesnio skersmens skylę, kuri iš anksto yra aptepama derva [1], [6].

Drėgnio įtaka:

Gerold [10], Davis [8] bei Ranta-Maunus su Kangas [2] ištyrė, kad susitraukimas ir brinkimas dėl pakitusio medienos drėgnio sukelia nemažus šlyties įtempius klijų sluoksnyje. Jeigu medienos drėgnis klijų kietėjimo stadijoje yra daug didesnis nei eksploatacavimo metu, plyšiai atsiveria šalia strypų galų. Todėl rekomenduotina yra naudoti medieną, kurios drėgnis yra panašaus dydžio koks bus eksploatacavimo metu sausomis sąlygomis.

Temperatūros įtaka:

Klijų valkšnumo ir stiprumo savybės skiriasi priklausomai nuo eksploatacavimo temperatūros [11]. Reikėtų būti atsargiems parenkant klijų tipą, ypač konstrukcijų sujungimams, kuriuose reikalingas storas klijų sluoksnis. Varžtinės ir klijuotos jungtys, kurios esant kambario temperatūrai laikomos pastoviomis jungtimis, įgauna laisvumo kai aplinkos temperatūra pakyla iki 70 °C. Varžtai, įskaitant ilguosius varžtus, įklijuotus naudojant epoksido pagrindo ir cianoakrilinius rišiklius gali laisvai atsisriegti 130 °C temperatūroje.

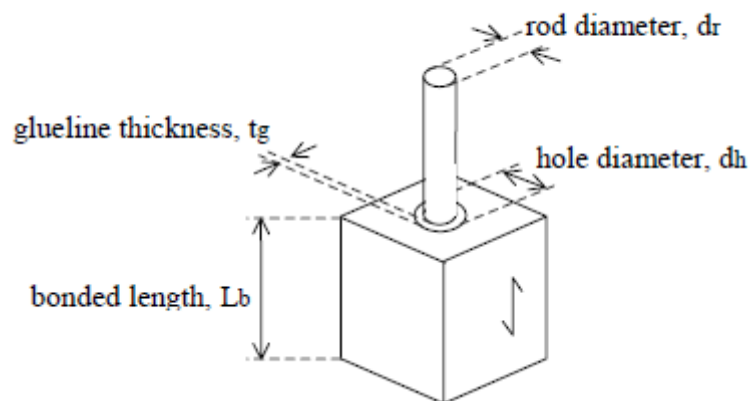
Stiklo pluošto kompozitiniai strypai kaip alternatyva plieniniams strypams:

Kompozitiniai pluošto strypai susideda iš atsitiktinėmis kryptimis išdėstytų plaušų, kurie yra pratraukiami per dervos vonias suformuojant strypo formą. Stiklas yra pigesnis variantas nei anglis ar kevlaras, todėl dažniausiai naudojami yra stiklo pluošto kompozitiniai strypai. Stiklo pluošto kompozitinių strypų privalumai yra [12]:

- Geriau suderinami su derva ir mediena dėl panašesnių medžiagos savybių;
- Didelis atsparumas korozijai, naudingas drėgnoje ar rūgštinėje aplinkoje;
- Geresnė eksploatacija dėl geresnio sukibimo su derva;
- Lengvesnės jungtys.

Ekspperimentai su įklijuotais stiklo pluošto kompozitinais strypais

H. Kim ir A. Martin atliko eksperimentus su stiklo pluošto kompozitinais strypais įklijuotais į skylės išgręžtas klijuotuose Kerto medienos blokuose lygegriaičiai medienos pluoštams [13]. Iš pradžių autoriai atliko gniuždymo ir tempimo bandymus, kad nustatytų strypų paviršiaus paruošimo, klijų sluoksnio storio, įklijuoto strypo ruožo ilgio ir rišiklio tipo įtaką ištraukimo jėgos dydžiui. Šiuo būdu buvo nustatytas standartinis bandino dydis ir gamybos metodas tolimesniems bandymams, kurių metu buvo naudojamas skirtingas medienos drėgnis, strypai taip pat buvo įklijuoti statmenai medienos pluoštui ir atlikti tyrimai su ąžuolo mediena. Kiekvienam tyrimui autoriai naudojo po aštuonis bandinius.

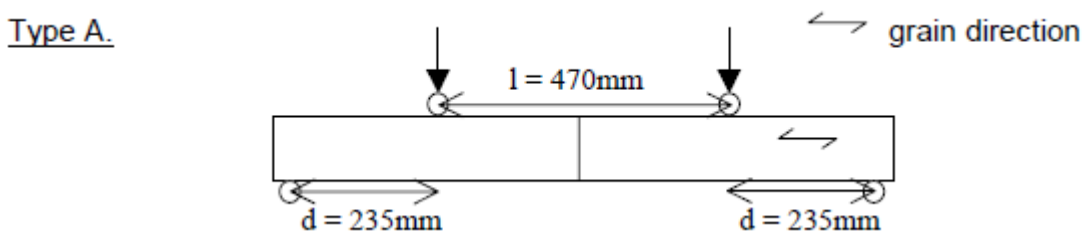


3 pav. bandinys su viename gale įklijuotu strypu.

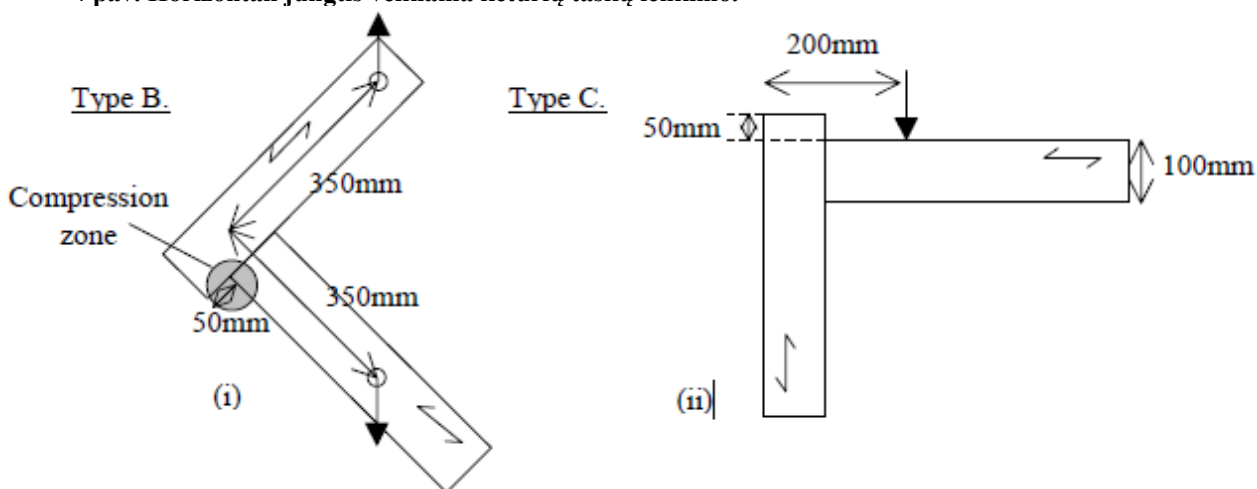
3 pav. vaizduojamame bandinyje įklijuotas strypo ruožo ilgis yra lygus 63 mm., klijų sluoksnio storis yra 2 mm., strypo skersmuo lygus 8 mm., medienos kubo matmenys yra 63 x 63 x 63 mm., o klijų tipas yra epoksidiniai.

Lenkiamos jungtys:

Visiems lenkimo bandymams autoriai naudojo du 16 mm skersmens strypus įklijuotus į 25 mm skersmens skylės. Skylės su strypais buvo užpildomos kliais naudojant specialų klijų šautuvą. Tyrimuose A įklijavimo ilgis kiekvienam strypui į medinius elementus buvo 200 mm. Tyrimuose B ir C įklijavimo ilgiai buvo lygūs 85 mm. Apkrovos buvo pridėtos taip kaip vaizduojama 2 ir 3 pav. Kiekvieno medinio elemento matmenys buvo 500 x 100 x 51 mm. Epoksidas „4“ buvo naudojamas šioms jungtims.



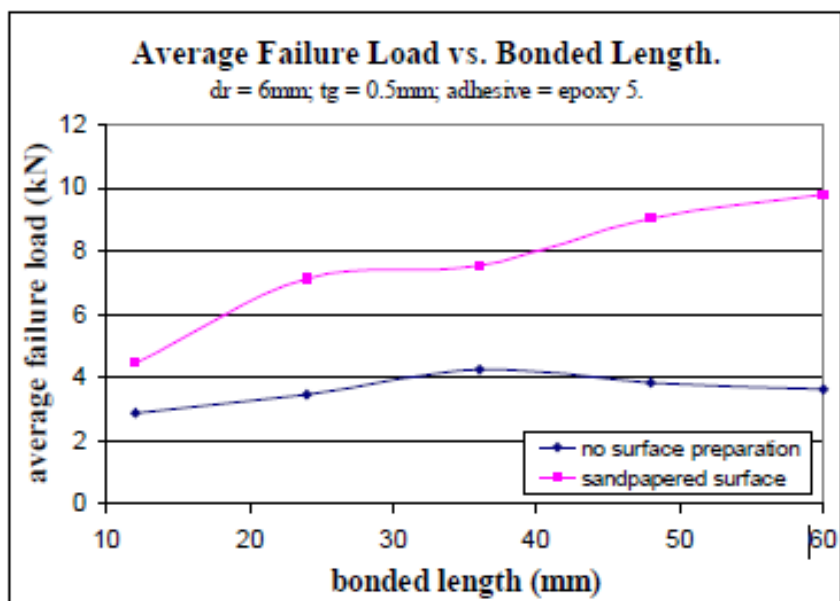
4 pav. Horizontali jungtis veikiamą keturių taškų lenkimo.



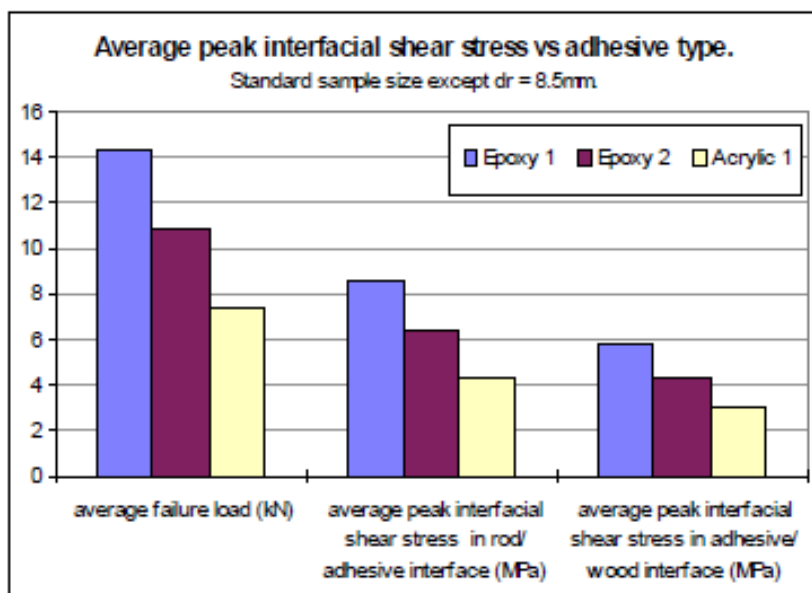
5 pav. T tipo jungtys; (i) veikiamą tempimo kartu su lenkimo momentu, (ii) veikiamą vietinės skersinės jėgos.

Paviršiaus padengimo įtakos rezultatai:

Autoriai pastebėjo, kad strypų paviršiaus padengimas yra svarbus veiksnys, lemiantis jungties stiprumą. Jungtyje susidaro du sukibimo tipai: mechaninis ir cheminis. Šiuose tyrimuose autoriai naudojo stiklo pluošto kompozitinius strypus, kurie turėjo lygų paviršių. Kad pagerinti sukibimą, strypų paviršius buvo nuriebalintas naudojant etanolį ir paskui nušveistas šiurkščiu švitriniu popietiumi. Sukibimas yra lengvai kontroliuojamas tepalu. Švitrinis popierius pašalina dervos kupinus strypų paviršiaus ruožus, kad rišiklis galėtų lengvai prasiskverbti per paviršių. 6 pav. vaizduoja rezultatus gautus atliekant įstūmimo (gniuždymo) tyrimus naudojant 6 mm skersmens strypus 7 mm skersmens skylėse su ir be paviršiaus paruošimo. Matyti, kad yra nemažas stiprumo padidėjimas kai strypai buvo nušvitrinti ir nuriebalinami. Jungties stiprumas šiuo atveju padvigubėjo. Paviršiaus paruošimas leido rišikliui sukurti geresnį sukibimą



6 pav. Strypo paviršiaus paruošimo įtaka jungties stiprumui



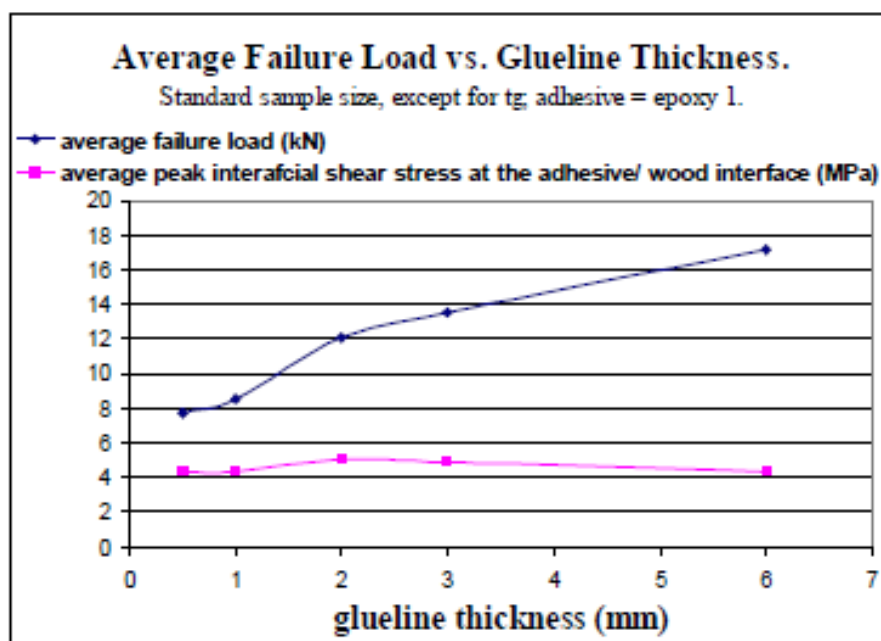
7 Alternatyvūs strypų tipai

Plieniniai strypai naudojami sriegti arba briaunoti, kad pagerinti mechaninį sukibimą. Tai taip pat padidina strypo ir rišiklio kontaktinio paviršiaus plotą. Yra gaminami stiklo pluošto kompozitiniai strypai su banguotu paviršiumi. Tokio tipo strypų rezultatai iliustruojami 7 pav. Šie strypai buvo nutepti, bet nebuvo šveisti švirtriniu popieriumi. Šių antro tipo strypų skersmuo buvo 0,5 mm didesnis nei pagrindinių tyrimams naudotų strypų ir tai galėtų paaiškinti ištraukimo jėgos padidėjimą jungtyje. Ištraukimo zona buvo arti rišiklio ir medienos sankirtos ištraukiant dalį

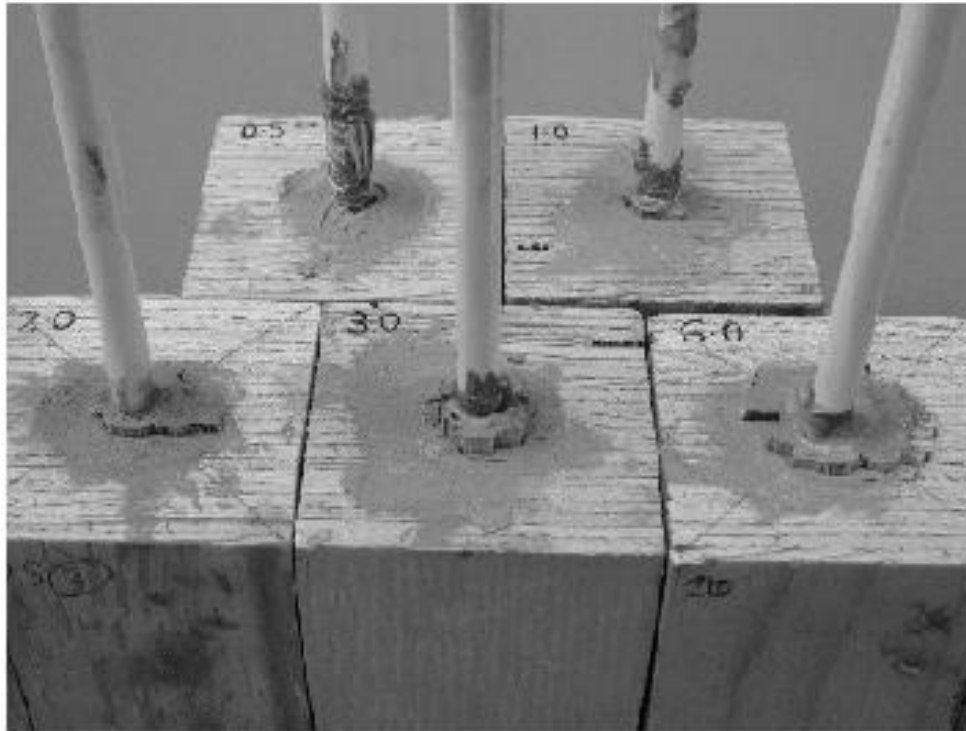
medienos atliekant tyrimus su abejais strypų tipais. Ribinės šlyties įtampių reikšmės medienos ir klijų sankirtoje abiemis strypų tipams gautos labai panašios, tarp 5 ir 6 MPa. 6 pav. pavaizduotos ribinės šlyties įtampių reikšmės kai klijų sluoksnio storis yra 2 mm.

Klijų sluoksnio storio įtakos rezultatai:

Kaip matoma 8 pav. klijų sluoksnio storiui didėjant, jungties ištraukimo jėgos reikšmė taip pat didėja. Tai gali būti paaiškinama įtampių klijų sluoksnyje išsisklaidymu ir tuo, kad rišiklio ir medienos sankirtos dydis išauga. Tačiau maksimalūs šlyties įtempiai šiame ruože išliek nedideli. 9 pav. parodo suirimo būdus naudojant skirtingus klijų sluoksnio storius. Didėjant klijų sluoksnio storiui taip pat medienos, ištraukiamos kartu su strypu, plotas didėja. Atliekant literatūros analizę nustatyta, kad dažniausiai naudojamas 1 – 2 mm storio klijų sluoksnis, tačiau iš 6 pav. matyti, kad minimalus reikiamas klijų sluoksnio storis yra 2 mm.



8 pav. Klijų sluoksnio storio įtaka jungties stiprumui



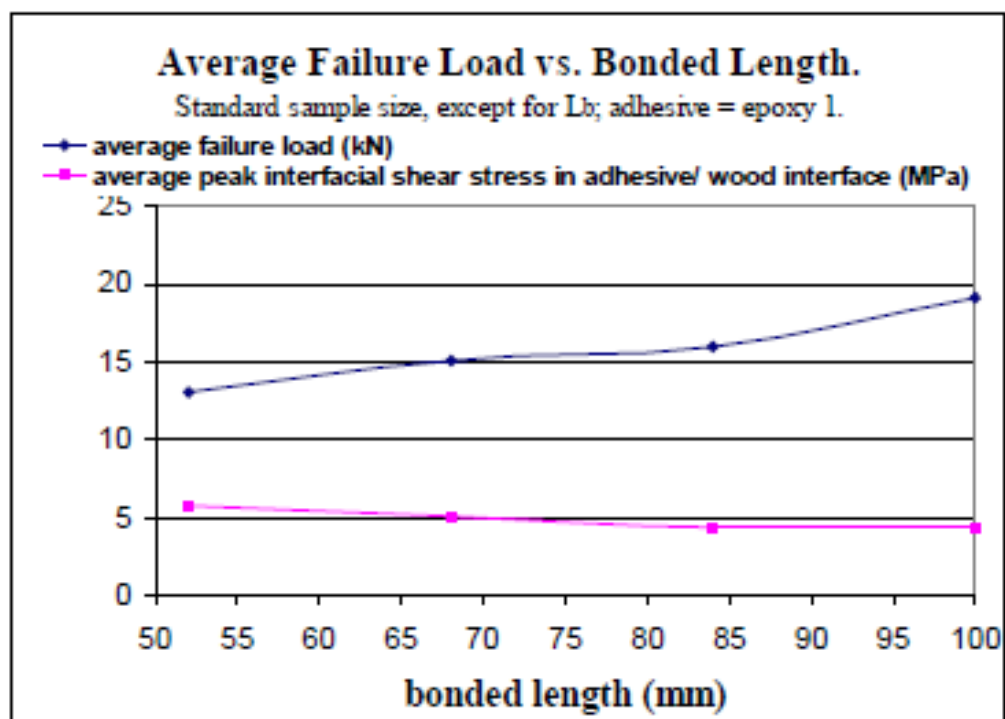
9 pav. Suirimo atvejai su skirtingais klijų sluoksnio storiais

Įklijavimo ilgio įtakos rezultatai:

Strypų įklijavimo ilgio didinimas padidina jungties ištraukimo jėgos dydį. Pagrinde tai atsitinka dėl padidėjusio strypo ir medienos kontakto zonos su rišikliu paviršiaus ploto padidėjimo. Rekomenduojamas minimalus įklijavimo ilgis 8 mm skersmens strypui pagal EC5 A priedą yra 64 mm:

$$L_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,4d_r^2 \\ 8d_r \end{array} \right. \quad (1.1)$$

Minimalus strypo įklijavimo ilgis $L_{b,min}$ yra didesnė iš dviejų reikšmių gautų pagal 1 formulę. Čia d_r yra strypo skersmuo.

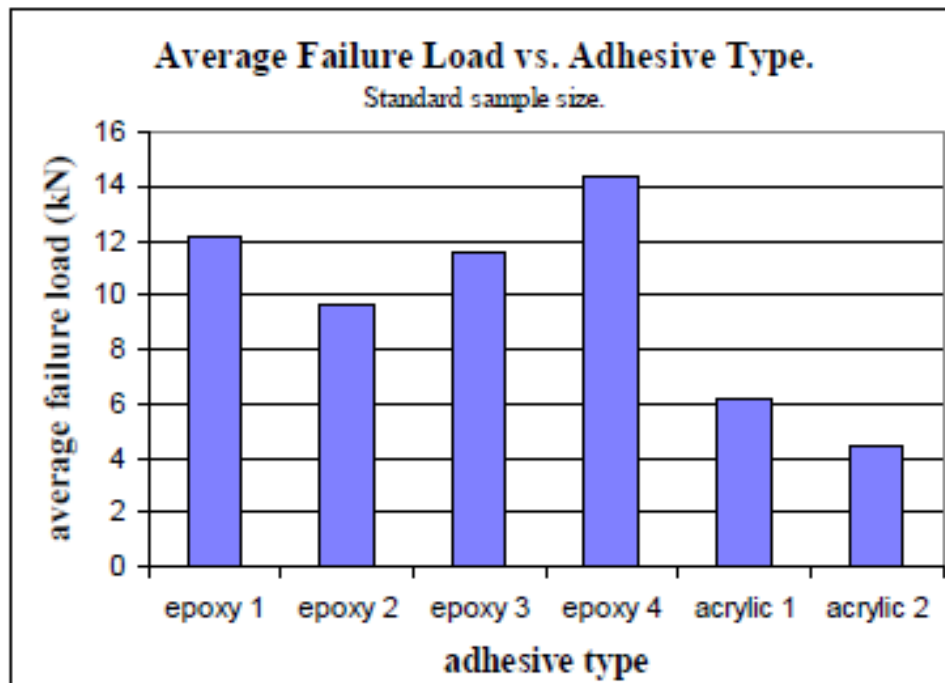


10 pav. Įklijavimo ilgio įtaka jungties stiprumui

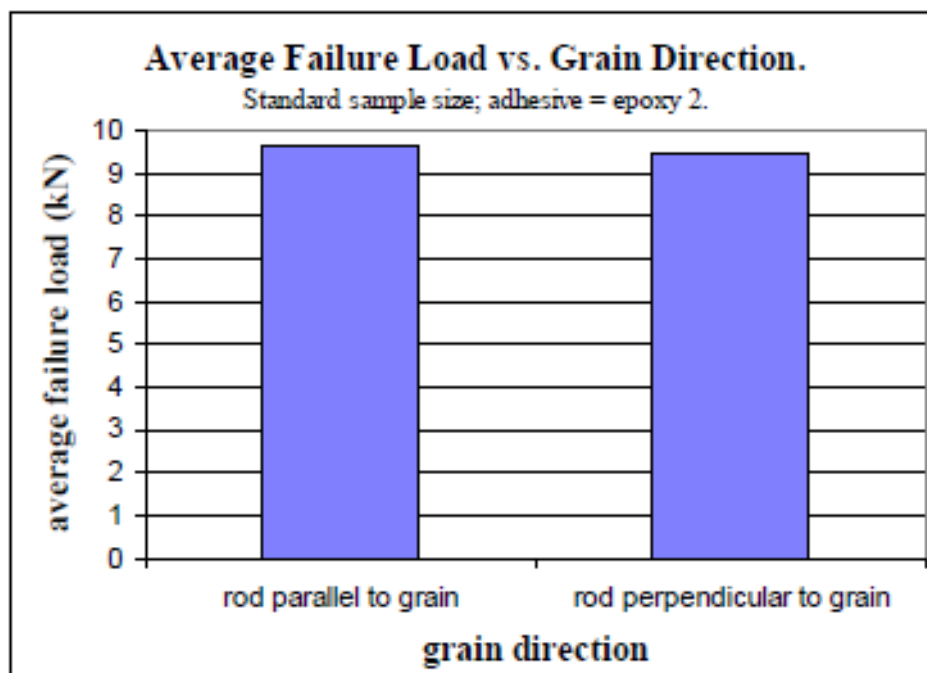
Iš 10 pav. matyti, kad didžiulio ištraukimo jėgos reikšmės skirtumo nėra, kai $L_b = 64 \text{ mm}$. Dauguma bandinių su mažesniu įklijavimo ilgiu suyra ištraukiant gabalą medienos. Kai kurie bandiniai suyra dalinai strypo ir rišiklio sankirtoje ir dalinai rišiklio ir medienos sankirtoje. Esant didesniems įklijavimo ilgiams suirimo pobūdis šiek tiek pakinta. Kai kurie bandiniai vis tiek suyra ties mediena, tačiau daugiau bandinių suyra strypo ir klijų sankirtoje.

Rišiklio tipo įtakos rezultatai:

Svarbūs veiksniai, lemiantys rišiklio pasirinkimą, yra jų naudojimo paprastumas, rišimosi trukmė, suderinamumas su mediena ir stiklo pluošto kompozitine armatūra. Didžioji dalis tyrimų siekiant nustatyti ištraukimo charakteristikas iš pradžių buvo atlikti su epoksidu 1. Epoksidai 1 yra kietosiomis dalelėmis pripildyta derva, kuri parodė geriausias rezultatus iš visų tirtų dervų tipų. Epoksidai 4 yra triotropinė derva, kuri buvo vėliau išbandyta tyrimuose ir kaip matoma 11 paveiksle, pateikė geriausias rezultatus ištraukimo bandymuose. Epoksidai 4 yra klampesnis nei epoksidai 1, tačiau jis juda daug lengviau esant mažoms šlyties sąlygoms. Tai sudaro sąlygas lengvesniam suklijavimui. Taip pat ši derva lėtai rišasi, todėl yra naudinga pozicionuojant strypus. Akriliniai klijai rišasi pernelyg greitai ir nėra tinkami storesniems klijų sluoksniams.



11 pav. Klijų įtaka jungties stiprumui



12 pav. Medienos plauštų krypties įtaka jungties stiprumui.

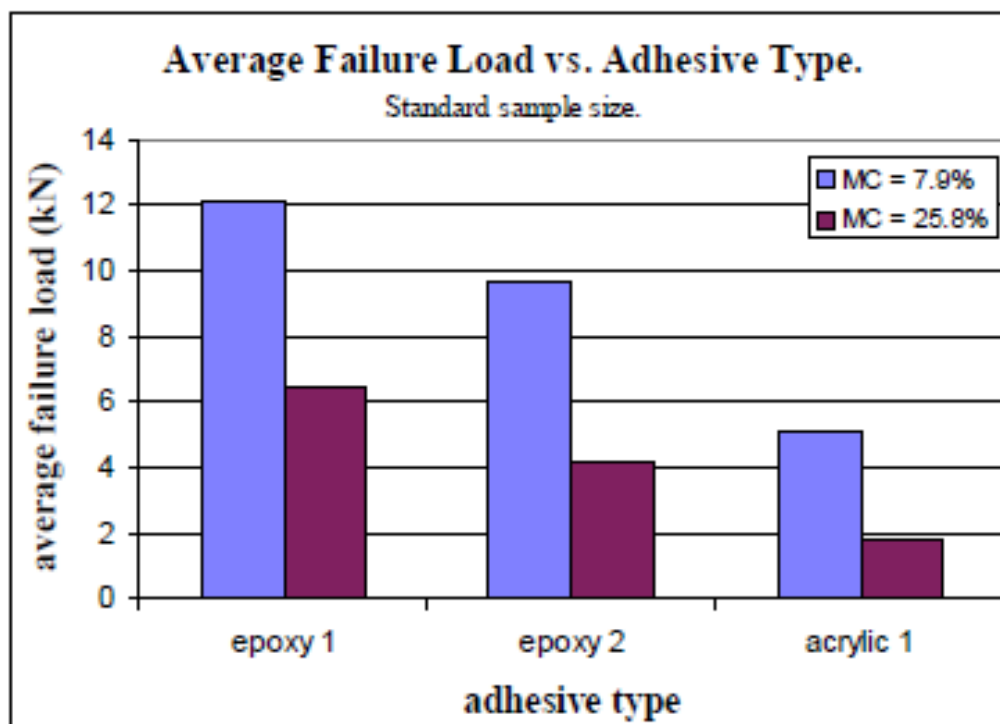
Medieno pluoštų krypties įtakos rezultatai:

12 paveikslas iliustruoja, kad medienos pluoštų kryptis neturi didelės įtakos jungties ištraukimo jėgos dydžiui. Skirtumas tarp dviejų suirimų yra tai, kad bandiniuose, kuriuose medienos pluoštas yra lygiagretus strypo ašiai, ištraukiama buvo mediena. Statmenai pluoštui medienos

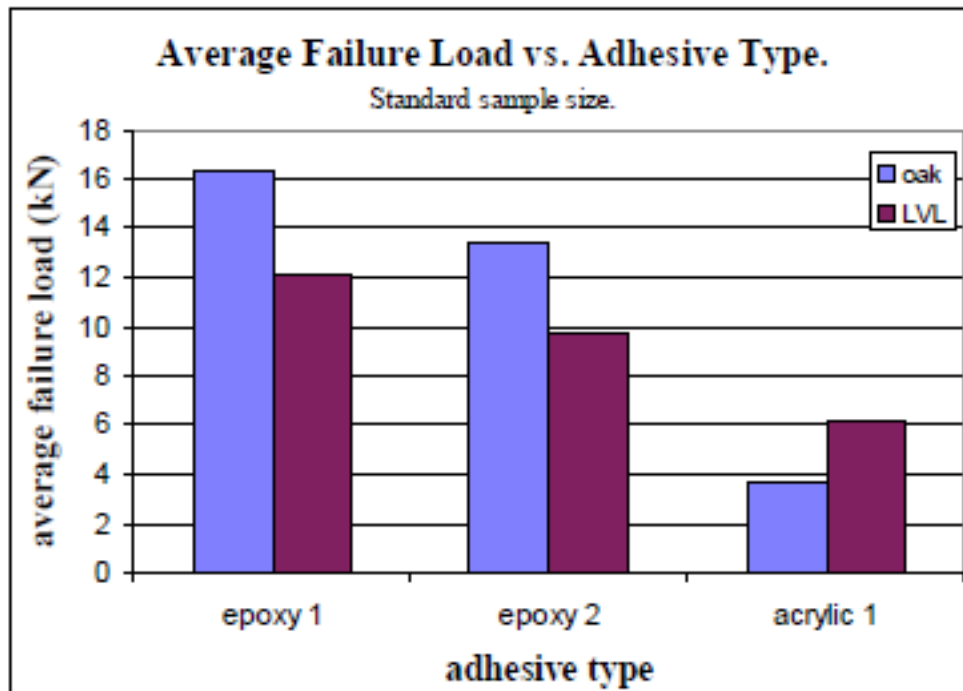
įskilimas atsiranda šalia klijų sluoksnio krašto. Tai yra svarbus pastebėjimas, į kurį reikėtų atsižvelgti projektuojant T tipo jungtis.

Medienos drėgnio įtakos rezultatai:

13 paveiksle matyti, kad padidėjęs medienos drėgnis turi didžiulę įtaką jungties stiprumui. Ištraukimo jėgos didumas jungtyje sumažėjo praktiškai dvigubai. Suirimo vieta įprastai buvo rišiklio ir medienos sankirtoje ištraukiant ir šiek tiek medienos, tačiau ištraukiamos medienos kiekis buvo stebimas mažesnis kai bandinių drėgnis buvo mažesnis.



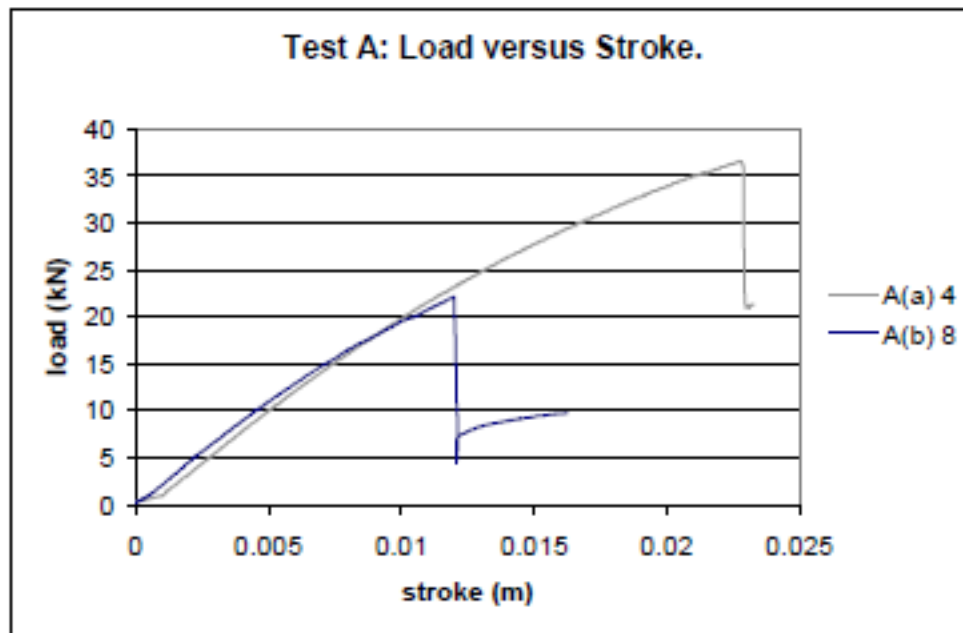
13 pav. Drėgnio įtaka jungties stiprumui



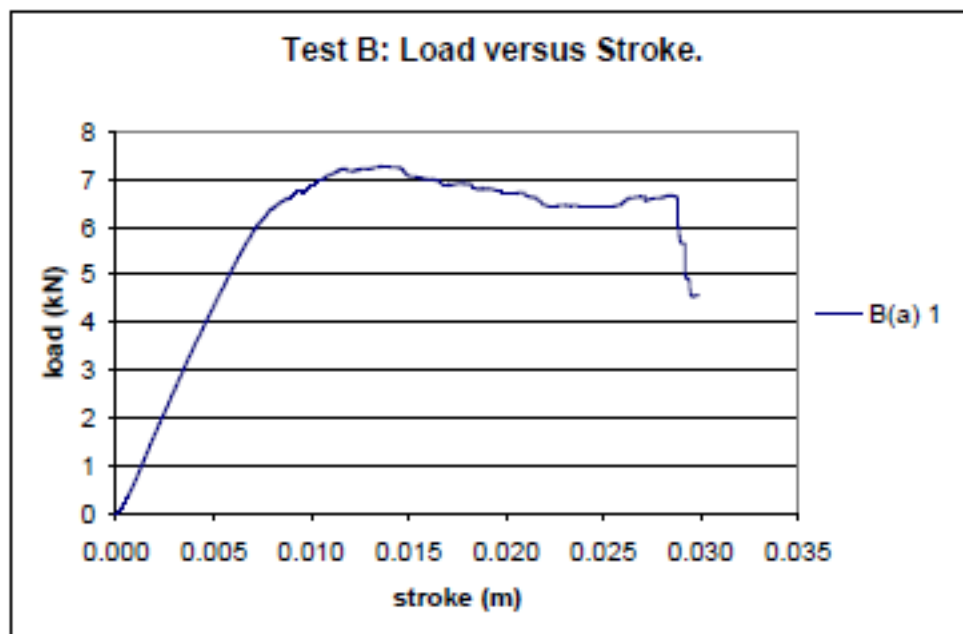
14 pav. Medienos tipo įtaka jungties stiprumui

Medienos tipo įtakos rezultatai:

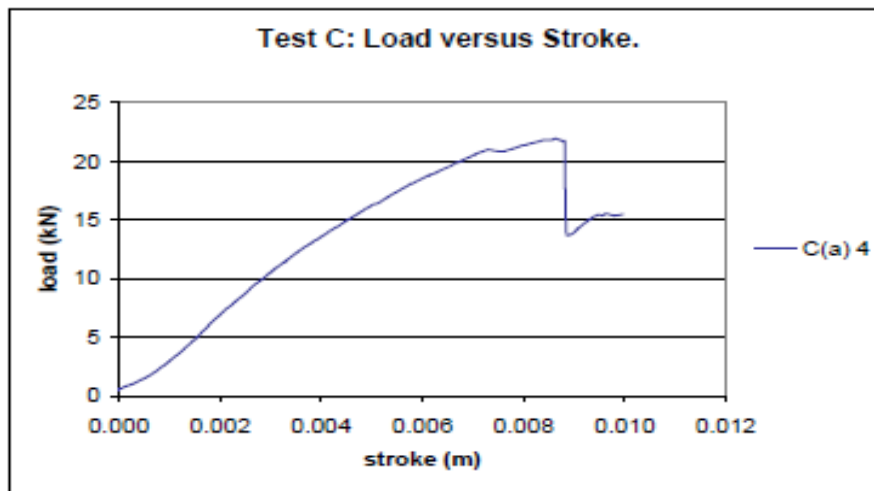
Kaip matyti iš 14 pav. ąžuolas yra gera medienos alternatyva spygliuočių klijuotai medienai. Trys skirtingi rišikliai buvo ištirti. Geriausius rezultatus parodė epoksidai 1. Epoksidai 2 parodė artimus stiprumo rezultatus, tačiau bandiniai su akriliniu rišikliu pasižymėjo labai mažu ištraukimo jėgos dydžiu. Lyginant šiuos rezultatus su rezultatais, gautais su tų pačių matmenų spygliuočių klijuota mediena, galima pastebėti, kad jungčių su epoksidiniais rišikliais ištraukimo jėga padidėjo apytiksliai 4 kN naudojant ąžuolo medieną vietoje spygliuočių medienos. Bandymuose su akrilinais rišikliais ąžuolo jungčių stiprumas sumažėjo. Vidutinis medienos drėgnis ąžuolo bandiniuose buvo 11,5 %. Suirimas dažniausiai pasireiškė strypo ir klijų sankirtoje naudojant epoksidinius rišiklius. Dalis klijų sluoksnio ir medienos ištraukimo taip pat buvo pastebimi. Bandiniai su akriliniu rišikliu dažniausiai suiro rišiklio ir medienos sankirtoje.



15 pav. Lenkimo bandymas A



16 pav. Lenkimo bandymas B



17 pav. Lenkimo bandymas C

1 lentelė. Vidutinės suirimo apkrovų reikšmės

x	Vidutinė suirimo apkrova (kN)	Standartinė nuokrypa
A(a)	35,95	2,38
A(b)	22,97	3,6
B	7,13	0,55
C	20,8	1,47

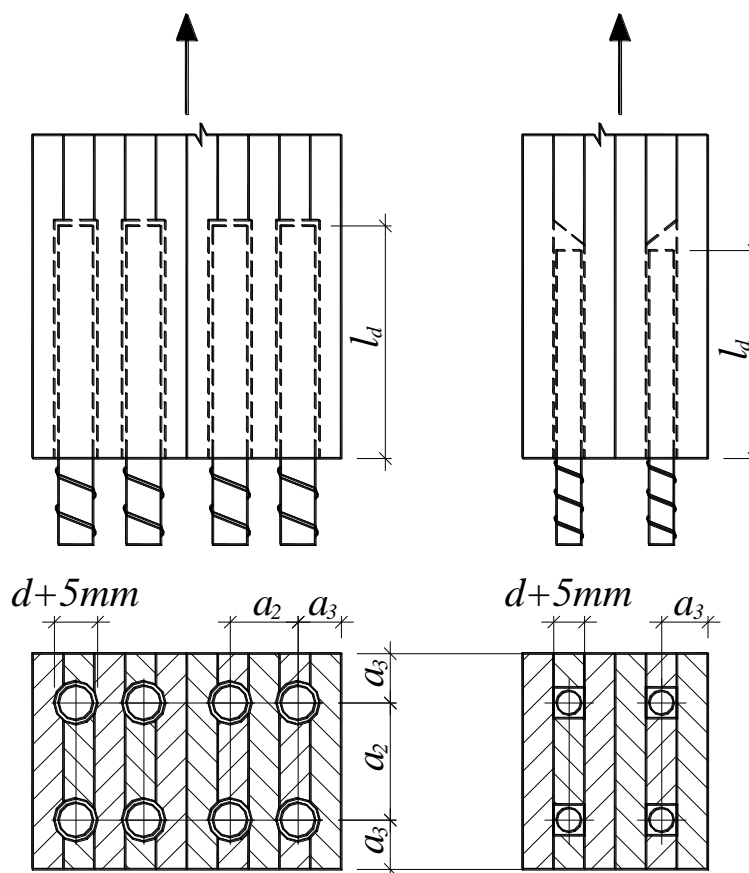
Tipinės įtempčių – deformacijų diagramos kiekvienam bandymui pavaizduotos 15-17 pav. Vidutinės suirimo apkrovų reikšmės pateiktos 1 lentelėje. Lenkimo bandymui A nubrėžtos yra dvi kreivės. Kreivė A(a) yra skirta nesujungtam bandiniui, o kreivė A(b) yra skirta jungčiai, pavaizduotai 2 pav. Suirimas įvyksta dėl medienos atskilimo, tačiau strypai išlieka savo vietoje. Lenkimo bandymuose B pastebimas didelis tūsumas. Esant suirimo apkrovai strypas ištraukiamas iš medienos, tuomet du mediniai elementai suformuoja didelę gniuždomąją zoną (žr. 3(i) pav.), kuri perima didžiąją apkrovos dalį. Lenkimo bandymuose C suirimas įvyksta dėl medienos atskilimo. Tyrimo autoriai išnagrinėjo lokalinį armavimą: mažesnio skersmens strypų įklijavimą išilgai medienos pluošto. Toks medienos stiprinimo būdas parodė ženklus jungčių stiprumo padidėjimus. Pavyzdžiui, tyrimuose A pritaikius lokalinį armavimą jungties stiprumas gautas 30,91 kN. Ši reikšmė sudaro 86,0 % reikšmės, gautos tiriant vientisus bandinius. Netaikant lokalaus armavimo jungties stiprumo reikšmė gauta 63,9 % reikšmės, gautos tiriant vientisus bandinius.

2. Tyrimų metodologija

2.1 Medinio elemento jungties įklijuotaisiais plieniniais strypais skaičiavimas

Jungtys įklijuotais plieno strypais medinėse konstrukcijose gali būti naudojamos, kai aplinkos oro temperatūra neviršija $+35^{\circ}\text{C}$ o santykinis drėgnis mažesnis kaip 75% į medinius elementus įklijuotie plieniniai strypai naudojami A-II arba aukštesnės klasės gaminami iš rumbuotoji armatūra. Kuriuo skersmuo yra nuo 12 iki 25 mm. Plieniniai strypai jungtyse turi būti apsaugoti nuo tiesioginio kaitros ir atviros ugnies poveikio.

105. Skylės mediniame elemente yra gręžiamos 5 mm didesnio skersmens, o grioveliai frezuojami 5 mm platesni už įklijuojamų strypų skersmenį. Plieninis strypas į medinį elementą turi būti įklijuotas nemažiau 10d ir nedaugiau 30d. Švariai nuvalyti strypai yra įstatomi iš anksto išgręžtas skylės arba išfrezuotus griovelius ir suklijuojami polimerinėmis dervomis.



18 pav. Jungtys įklijuotaisiais plieniniais strypais

2.2 Elementų iš klijuotos medienos jungties skaičiuojamoji laikomoji galia išilgai medienos pluošto

k_v – koeficientas, kuris įvertinantis šlyties įtempių netolygų pasiskirstymą priklausomai nuo įklijuotos strypo dalies ilgio, yra apskaičiuojamas taip:

$$k_v = 1,2 - 0,02 \frac{l_d}{d} = 1,2 - 0,02 \frac{0,48}{0,016} = 0,6 \quad (2.2.1)$$

$f_{v,a,d}$ – skaičiuotinis skeliamos išilgai arba skersai pluošto medienos stipris.

$$f_{v,a,d} = 2,7 \text{ MPa} \cdot \frac{2,7}{1,25} \cdot 0,65 = 1,404 \text{ MPa} \cdot 1,3 = 1,801 \text{ MPa} \quad (2.2.2)$$

d – nominalusis įklijuojamo strypo skersmuo.

l_d – skaičiuotinis įklijuotos strypo dalies ilgis nustatomas skaičiuojant.

$R_{ax,d}$ – skaičiuotinis įklijuoto tempiamojo arba gniuždomojo strypo atsparis.

$$R_{ax,d} = f_{v,a,d} \cdot \pi(d+0,005)l_d K_v = 1,801 \cdot 3,14(16 + 0,005) \cdot 480 \cdot 0,6 = 26,32 \text{ kN} \quad (2.2.3)$$

Skaičiuojant pagal STR ir naudojant statybos reglamentuose numatytas klijuojamas polimerines dervas ir plieninius strypus, gauname vieno strypo laikomąją galią - 26,32kN

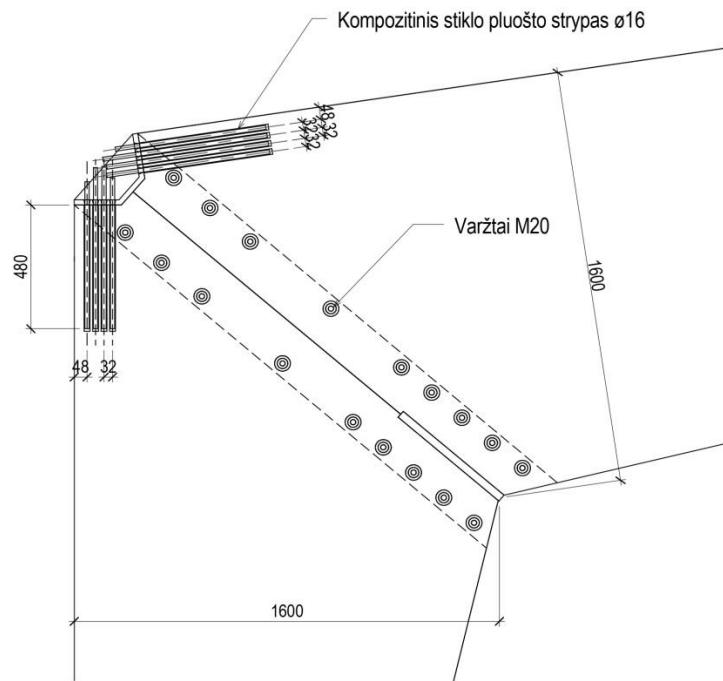
Taigi šiame darbe projektuojant karnizo mazgą imant didžiausia lenkimo momentą 359kN, reikalinga, kad strypai atlaikytų 199,44 kN tempimo jėgą. Naudojant ir skaičiuojant pagal STR imant 4vnt 16 d plieninius strypus gauname 105,28 laikomąją galią, kurios nepakanka projektuoti šiam jungimui!

2.3. Skaičiavimai, remiantis moksliniu straipsniu, kuriame buvo atlikti bandymai naudojant stiklo pluošto strypus ir epoksidines dervas.

Kad pagerinti sukibimą, strypų paviršius buvo nuriebalintas naudojant etanolį ir paskui nušveistas šiurkščiu švitrinu popietiumi. Sukibimas yra lengvai kontroliuojamas tepalu. Švitrinis popierius pašalina dervos kupinus strypų paviršiaus ruožus, kad rišiklis galėtų lengvai prasiskverbti per paviršių.

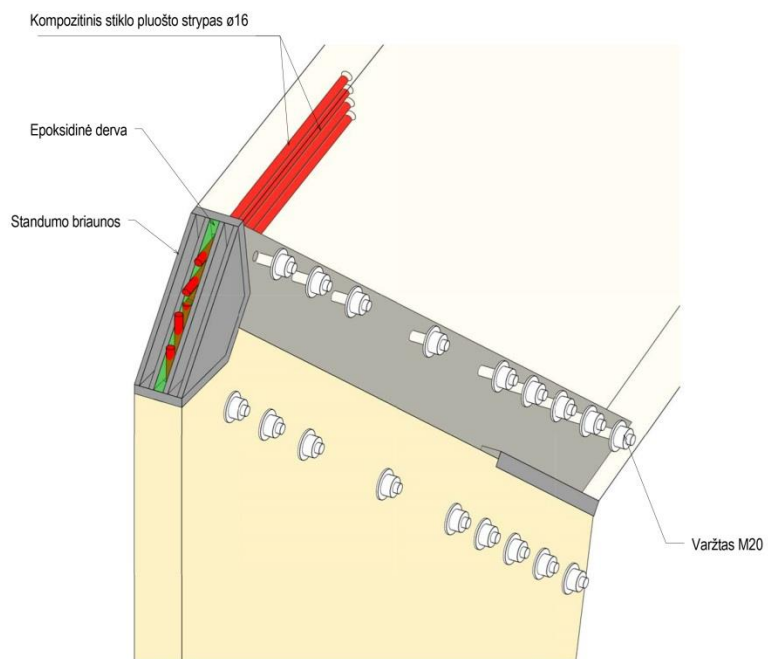
Remiantis atliktais bandymais stiklo pluošto strypo, naudojant 6mm sluoksnio epoksidinę dervą imant vienodą įklijavimo gylį, žiūrint į (grafika)charakteristinę laikomąją galią yra 67 kN.

Taigi šiame darbe projektuojant karnizo mazgą imant didžiausia lenkimo momentą 359kNm, naudojant 4vnt 16 d stiklo pluošto strypus



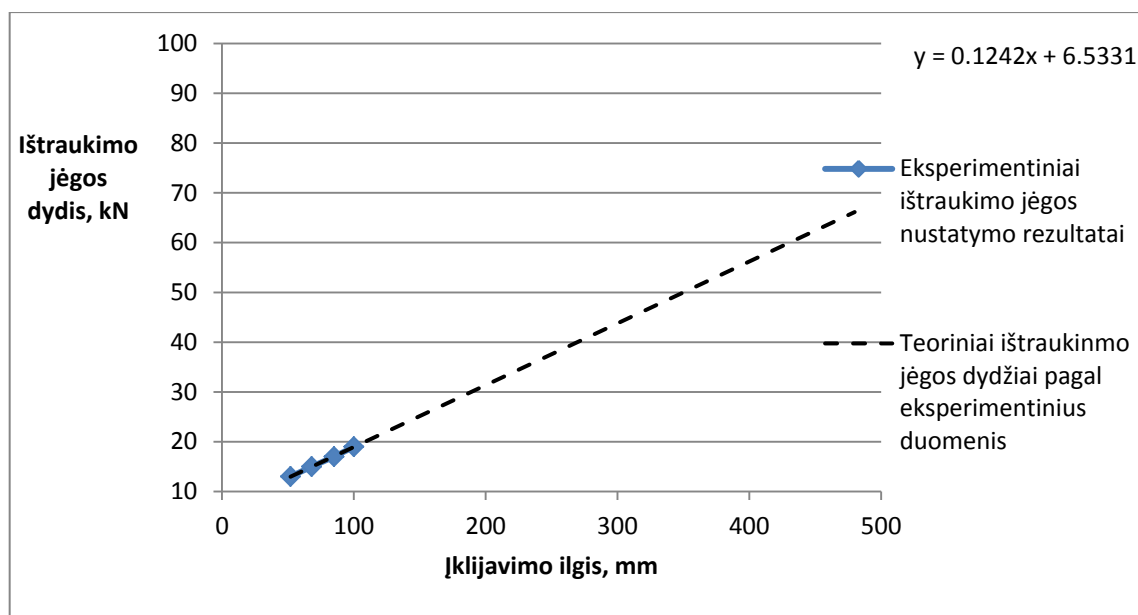
Karnizo vaizdas

19 pav. Projektuojamo karnizo mazgo vaizdas



Aksonometrinis vaizdas

20_pav. Aksonometrinis vaizdas



21 pav. Ištraukimo jėgos priklausomybė nuo įklėjavimo ilgio.

Ekspirimentiniai bandymai – tai seniausiai taikomi mazgų ir kitų konstrukcinių elementų analizės metodai. Ekspirimentiniai bandymai suteikia tiksliausią informaciją apie momento pasisukimo kreivę bei realią mazgo elgseną (jeigu yra bandomas tikras mazgas, o ne supaprastintas variantas). Pagrindinis šio metodo trūkumas – didelė bandymų kaina. Norint atlikti, reikia naudoti brangią bandymo įrangą, kuriai reikia didelių patalpų ir laboratorijų, matavimo aparatūros bei papildomos įrangos. Be to, skirtingiems bandiniams reikia skirtingos bandymo įrangos, o atlikus eksperimentą bandymo įranga stovi nenaudojama iki kito panašaus eksperimento. Taip pat atliekant realius eksperimentus reikia gaminti bandinius, kurie yra naudojami tik vieną kartą. Nepaisant to, ekspirimentiniai metodai plačiai taikomi praktikoje. Ekspirimentiniai bandymai naudojami mazgų ir kitų elementų patikimumui įvertinti, skaičiuojamosioms element charakteristikoms gauti bei rezultatams, gautiems kitais, šiame poskyryje išvardytais mazgų elgsenos nustatymo būdais, palyginti. Ekspirimentiniai mazgų bandymai atliekami visame pasaulyje ir jų rezultatai įvedami į specializuotas duomenų bazines. Ekspirimentinių bandymų rezultatai jose sugrupuoti pagal geometrines sujungiamųjų elementų ir jungties savybes. Taip pat pateiktos ir medžiagų charakteristikos. Pagrindinė duomenų bazių paskirtis – pateikti įvairių mazgų ekspirimentinius rezultatus.

2.4. Konstrukcijų analizės pagrindai

2.4.1. Bendrieji dalykai

Turi būti skaičiuojama taikant atitinkamus projektavimo modelius (jei būtina, papildomai atliekant bandymus), aprėpiančius visus susijusius kintamuosius. Modeliai turi būti gana tikslūs, kad numatytų konstrukcijos elgseną, atitiktų numatomą darbo kokybės standartą ir informacijos, kuria grindžiamas projektas, patikimumą.

Į visuminę konstrukcijos elgseną turi būti atsižvelgiama skaičiuojant įrašas pagal tiesinį medžiagos modelį (tampriąją elgseną).

Konstrukcijų, kurios gali perskirstyti vidines jėgas per reikiamo lankstumo jungtis, elementų vidinėms jėgoms skaičiuoti, gali būti taikomi tamprieji plastiniai metodai.

Konstrukcijos ar jos dalies vidinių jėgų skaičiavimo metodas turi būti toks, kad atsižvelgtų į jungčių deformacijų poveikį.

Paprastai į jungčių deformacijų poveikį turi būti atsižvelgiama pagal jų standumą (pvz., sukamąjį arba slenkamąjį) arba pagal nustatytas poslinkio reikšmes, kurios yra jungties apkrovimo lygmens funkcija.

2.4.2. Elementai

Atliekant konstrukcijų analizę turi būti atsižvelgiama į šiuos dalykus:

- tiesumo nuokrypius;
- medžiagos nevienalytiškumą.

Į tiesumo nuokrypius ir nevienalytiškumą netiesiogiai atsižvelgiama šiame standarte nurodytais projektavimo metodais.

Atliekant elemento stiprumo patikrą turi būti atsižvelgiama į skerspjuvio ploto sumažėjimą.

Skerspjuvio ploto sumažėjimo gali būti nepaisoma šiais atvejais:

1) Jei naudojamos ne didesnio kaip 6 mm skersmens vinys ir medsraigčiai, įkalamos ar įsukami iš anksto, negręžiant skylės;

a) Jei skylės yra gniuždomojoje elementų zonoje ir užpildytos didesnio už medieną standumo medžiaga.

b) Vertinant efektyvų skerspjūvį sandūroje su keletu jungių, visos skylės, kurios yra ne toliau kaip pusės mažiausio tarpo tarp jungių, matuojant lygiagrečiai su pluoštu, atstumu nuo to skerspjūvio, turi būti laikomos esančiomis tame skerspjūvyje.

2.4.3. Jungtys

Jungčių laikomoji galia turi būti patikrinama, atsižvelgiant į tarp elementų veikiančias jėgas ir momentus, nustatytus taikant visuminę konstrukcijų analizę.

- 1) Atliekant visuminę analizę jungties deformacija turi būti suderinama su numatyta.
- 2) Atliekant jungties analizę turi būti atsižvelgiama į visų jungtį sudarančių elementų elgseną.

3. Klijuotos medienos trišarnyrio rėmo projektavimas ir karnizo mazgo analizė

3.1. Rėmo apkrovų skaičiavimas

Rėmo apkrovos pateikiamos 2 lent.

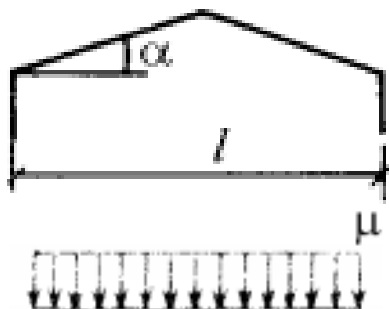
2 lentelė Nuolatinės apkrovos į rėmą.

Eil. Nr.	Komponentė	Norminė apkrova q^n , kN / m ²	Apkrovos patikimmo koeficientas $\cdot \gamma_G$	Skaičiuotinė apkrova g_{ds} kN / m ²
1.	Ruloninė hidroizoliacija MIDA „Technoelast PV S4b“, d=4,2mm(1 m ² -5,2kg)	$(5,2 \cdot 9,81)/1000=0,051$	1.35	0.069
2.	Ruloninė hidroizoliacija MIDA „Technoelast PV S4s“, d=4 mm(1 m ² -5,0kg)	$(5,0 \cdot 9,81)/1000=0,049$	1.35	0.066
3.	Šilumos izoliacija Paroc ROB 80d=20mm, 210kg/ m ³	$(0,02 \cdot 210 \cdot 9,81)/1000=0,041$	1.35	0.055
4.	Šilumos izoliacija Paroc ROS 30, d=200mm, 120kg/ m ³	$(0,2 \cdot 120 \cdot 9,81)/1000=0,235$	1.35	0,317
5.	Oro ir garo izoliacija TYVEK PRO(1m ² -0,125kg)	$(0,125 \cdot 9,81)/1000=0,001$	1.35	0,0013
6.	Šilumos izoliacija Paroc ROB 80d=20mm, 210kg/ m ³	$(0,02 \cdot 210 \cdot 9,81)/1000=0,041$	1.35	0.055
7.	Profiliuotos plienines skardos lakštai TP 128, d=20,(75mm, 1 m ² -9,4kg)	$(9,4 \cdot 9,81)/1000=0,041$	1.35	0,122
		$\Sigma G_{gk}=0,500$	1.35	$\Sigma G_{gd}=0,686$

3.2. Sniego apkrovos

Šiauliai yra pirmame sniego rajone, todėl sniego charakteristinė apkrova $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$.

Pagal STR 2.05.04:2003 2 priedo 1 lentelę [4] (statiniai su vienašlaičiais ir dvišlaičiais stogais) sniego apkrovą reikia skaičiuoti vienam variantui , nes kampas $\alpha \leq 15^\circ$.



22 pav Sniego apkrovos skaičiuojamasis variantas

Stogo formos koeficientas $\mu = 1$, skaičiuotinė sniego apkrova s_k m^2 .

$$s_d = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.1)$$

Čia :

C_e - atodangos koeficientas;

C_t -terminis koeficientas;

γ_Q - apkrovos patikimumo koeficientas

Tolygiai išskirstyta apkrova s santvaras:

$$s = s_d \cdot b = 1,2 \cdot 3 = 3,60 \text{ kN/m} \quad (3.2.2)$$

3.3. Vėjo apkrovos

Pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ Šiauliai priklauso I vėjo greičio rajonui, vietovės tipas – B (B- miestų teritorijos, miškų masyvai ir kitos vietovės, kurios yra tolygiai užstatytos aukštesnėmis kaip 20 m kliūtimis). Šiam vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$.

Atskaitinis vėjo greitis bus lygus :

$$v_{ref} = C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT} \cdot v_{ref,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24,0 = 24 \text{ m/s} \quad (3.3.1)$$

Čia:

C_{DIR} -krypties koeficientas, lygus 1,0.

C_{TEM} - laikotarpio (sezono) koeficientas, lygus 1,0.

C_{ALT} - aukščio virš jūros lygio koeficientas, lygus 1,0.

Atskaitin-is vėjo slėgis apskaičiuojamas:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24,0^2 = 360 \frac{N}{m^2} = 0,36kN/m^2 \quad (3.3.2)$$

Vidutinė slėgis į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e \quad (3.3.3)$$

Čia : q_{ref} - atskaitinis vėjo slėgis;

$c(z)$ – koeficientas, priklausantis nuo vietovės reljefo tipo ir aukščio nuo žemės paviršiaus.

c_e - išorinio slėgio aerodinaminiai koeficientai.

Išorinio slėgio aerodinaminiai koeficientai yra lygūs:

$$c_e = +0,8$$

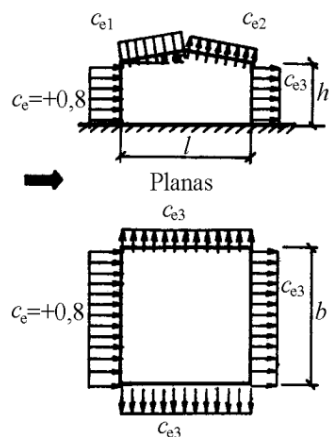
$$c(z) \leq 5 \text{ m}, c(z) = 0,50;$$

Į skersai pastato esančią sieną. Esant slėgimui iki 5m

$$w_{me,1} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 0,36 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,144kN/m^2 \quad (3.3.4)$$

Vėjo apkrovimo schema

Skaičiuojamasis rėmas nesimetriškas, todėl vėjo apkrova skaičiuojama iš kairės ir iš dešinės pusės.



23 pav. Vėjo apkrovimos schema.

Iš kairės:

$$\text{Kai } \frac{h_1}{l} = \frac{11,0}{24,0} = 0,458, \text{ tai } c_{e1} = -0,5; c_{e2} = -0,4; \quad (3.3.5)$$

$$\alpha = 9^\circ$$

$$\text{Kai } \frac{b}{l} = \frac{42,2}{24,0} = 1,76, \text{ tai } c_{e3} = -0,476. \quad (3.3.6)$$

$$c_e = +0,8.$$

Pastatas B tipo vietovėje (tolygiai užstatyta aukštesnėmis kaip 10 m kliūtimis). Vidutinė vėjo slėgio reikšmė:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e \quad (3.3.7)$$

Kai vėjas pučia iš kairės, į kairę koloną tenkantis slėgis:

$$\text{Iki } 5,0 \text{ m aukštis: } c(z) = 0,5$$

$$w_{me,5} = 0,36 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot (-0,476) = -0,514 \text{ kN/m} \quad (3.3.8)$$

Iki 11 m aukštis: $c(z) = 0,66$

$$w_{me,11} = 0,36 \cdot 6 \cdot 0,66 \cdot (-0,476) = -0,822 kN/m \quad (3.3.9)$$

Stogui tenkantis slėgis $w_{me,S} = 0,360 \cdot 6 \cdot (-0,4) \cdot 0,66 = -0,57 kN/m$ (3.3.10)

Iš dešinės:

Iki 5,0 m aukštis: $c(z) = 0,5$

$$w_{me,5} = 0,36 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,54 kN/m \quad (3.3.11)$$

Iki 11 m aukštis: $c(z) = 0,66$

$$w_{me,11} = 0,36 \cdot 6 \cdot 0,66 \cdot 0,8 = 1,14 kN/m \quad (3.3.12)$$

Stogui tenkantis slėgis $w_{me,S} = 0,360 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 0,66 = 0,71 kN/m$ (3.3.13)

I siją tenkantis slėgis

$$w_{me,2} = 360 \cdot 6/1000 \cdot (-0,4) \cdot 0,65 = -0,564 kN/m \quad (3.3.14)$$

I dešinę koloną

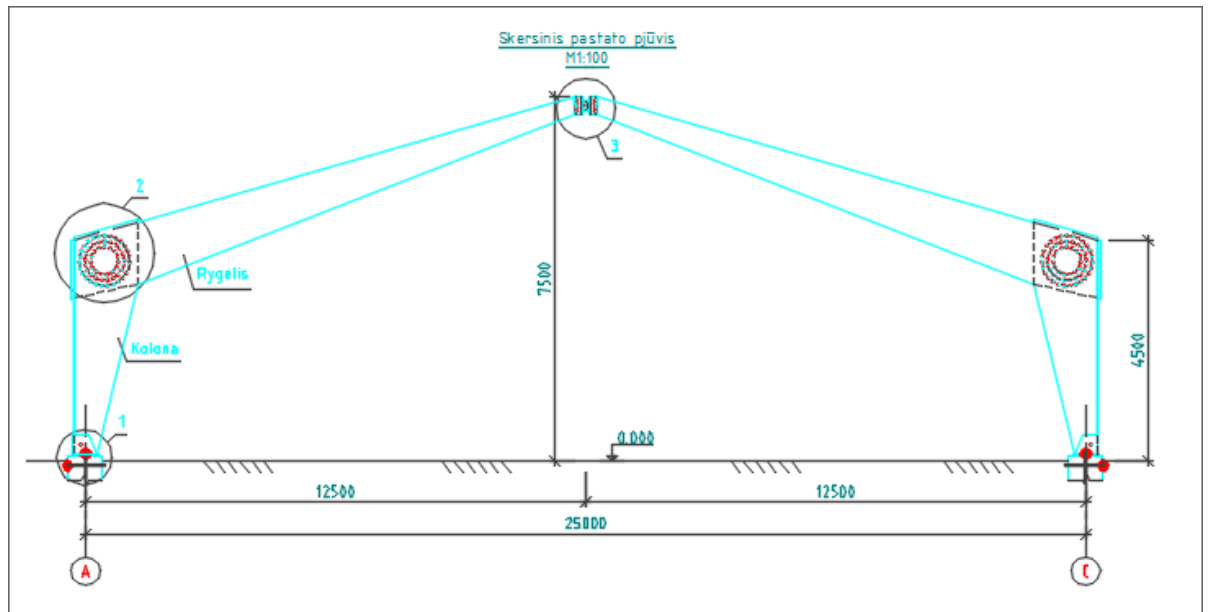
Iki 5,0m aukštis:

$$w_{me,3} = 360 \cdot 6/1000 \cdot (-0,4) \cdot 0,65 = -0,432 kN/m \quad (3.3.15)$$

8,38 m aukštyje

$$w_{me,3} = 360 \cdot 6/1000 \cdot (-0,4) \cdot 0,6 = -0,564 kN/m \quad (3.3.16)$$

3.4 Rėmo, klijuoto iš tiesių elementų, projektavimas



24 pav. Rėmo skaičiuojamoji schema

Rėmo rygelį ir statramstį sudaro medžiaga, kuri parenkama iš klijuotos medienos GL 24 klasės.

Jos charakteristikos:

$$f_{mg.k} = 24MPa \quad f_{cog.k} = 24MPa \quad E_{0,g,0,05} = 9400 \cdot MPa$$

Koeficientas skaičiuotinam stipriui skaičiuoti:

$$\gamma_M := 1,25$$

Skaičiuotinis medienos stipris lenkimui:

$$f_{mg.d} = \frac{f_{mg.k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,65 = 12,48 MPa \quad (3.4.1)$$

Skaičiuotinis medienos stipris gniuždymui:

$$f_{cog.d} = \frac{f_{cog.k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,65 = 12,48 MPa \quad (3.4.2)$$

Rėmą veikiančios maksimalios jėgos(apskaičiuotos kompiuterine programa):

Maksimali įraža ties karnizu(lenkimo momentas)

$$M_{Ed} = 359,89kNm$$

Kolona veikianti skersinė jėga:

$$V_{Ed} = 80,05kN$$

Kolona veikianti ašinė jėga:

$$N_{c,d} = 104,61kN$$

Rygelio geometriniai rodikliai:

$$b_{ryg} = 10cm \quad h_{ryg} = 160cm$$

Atsparumo momentas:

$$W_{rygelio} = \frac{b_{ryg} \cdot h_{ryg}^2}{6} = \frac{10 \cdot 160^2}{6} = 42666,67cm^3 \quad (3.4.3)$$

Inercijos momentas

$$I_{rygelio} = \frac{b_{ryg} \cdot h_{ryg}^3}{12} = \frac{10 \cdot 160^3}{12} = 3413333,33cm^3 \quad (3.4.4)$$

Skerspjūvio plotas:

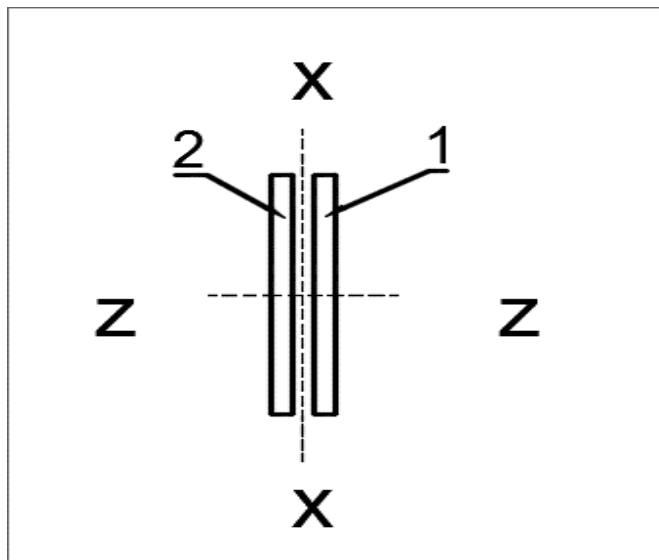
$$A_{rygelio} = b_{ryg} \cdot h_{ryg} = 10 \cdot 160 = 1600cm^2 \quad (3.4.5)$$

Inercijos spindulys:

$$I_{rygx} = \sqrt{\frac{3413333,33}{1600}} = 46,2cm \quad (3.4.6)$$

Kolonos geometriniai rodikliai (kolonos vietoje)

$$b_{ryg} = 20cm \quad h_{ryg} = 160cm$$



25 pav. Kolonos geometriniai rodikliai

Skerspjūvio plotas:

$$A_{kolonos} = b_{ryg} \cdot h_{ryg} = 20 \cdot 160 = 3200cm^2 \quad (3.4.7)$$

Svorio centras

$$Y_{sc.x} = \frac{h_{kol}}{2} = \frac{160}{2} = 80\text{cm} \quad (3.4.8)$$

$$Y_{sc.z} = \frac{b_{kol} \cdot 3}{2} = \frac{10 \cdot 3}{2} = 15\text{cm} \quad (3.4.9)$$

Statinis momentas:

$$S_{kol} = A_{kol} \cdot Y_{sc,x} = 320 \cdot 80 = 256000\text{cm}^2 \quad (3.4.10)$$

1.skerspjuvio:

$$I_{kol1.x} = \frac{b_{kol,1} \cdot h_{kol,1}^3}{12} = 3413333,33\text{cm}^4 \quad (3.4.11)$$

$$I_{kol1.z} = \frac{b_{kol,1} \cdot h_{kol,1}^3}{12} = \frac{160 \cdot 10^3}{12} = 13333,33\text{cm}^4 \quad (3.4.12)$$

$$I_{kol2.x} = \frac{b_{kol,2} \cdot h_{kol,2}^3}{12} = 3413333,33\text{cm}^4 \quad (3.4.13)$$

$$I_{kol2.z} = \frac{b_{kol,2} \cdot h_{kol,2}^3}{12} = \frac{160 \cdot 10^3}{12} = 13333,33\text{cm}^4 \quad (3.4.14)$$

Bendras x ašies kryptimi inercijos momentas:

$$I_{kol.x} = (I_{kol1x} + I_{kol2x}) + A_{kol} \cdot 0 = (3413333,33 + 3413333,33) + 3200 \cdot 0 = 6826666,66\text{cm}^4 \quad (3.4.15)$$

$$I_{kol.z} = (I_{kol1z} + I_{kol2z}) + (A_{kol} \cdot b_{kolz}^2) = (3413333,33 + 3413333,33) + (3200 \cdot 20^2) = 346666,67\text{cm}^4 \quad (3.4.16)$$

Atsparumo momentas:

$$W_{kolx} = \frac{I_{kolx}}{Y_{sc,x}} = \frac{6826666,66}{80} = 85333,33333\text{cm}^3 \quad (3.4.17)$$

$$W_{kolz} = \frac{I_{kolz}}{Y_{sc,z}} = \frac{346666,67}{15} = 23111,11133\text{cm}^3 \quad (3.4.18)$$

Inercijos momentas:

$$I_{kol.x} = \sqrt{\frac{I_{kol.x}}{A_{kol}}} = \sqrt{\frac{6826666,66}{3200}} = 46,2\text{cm} \quad (3.4.19)$$

3.4.1. Kolonos dalies stiprio skaičiavimas

Kolonos ilgis:

$$l_k = 4,5\text{m}$$

Kolonos liauniai atitinkamomis kryptimis:

$$\lambda_x = \frac{l_k}{I_{kol,x}} = \frac{450}{46,2} = 6,8 \quad (3.4.1.1)$$

$$\lambda_z = \frac{l_k}{I_{kol,z}} = \frac{450}{10,2} = 44,11 \quad (3.4.1.2)$$

Klupumo koeficientas:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_x}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{6,82}{100} \right)^2 = 0,9962 \quad (3.4.1.3)$$

Koeficientas:

$$K_{def} = 1 - \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot f_{cog,d} \cdot A_{kol}} = 1 - \frac{104,61 \cdot 10^3 N}{0,9962 \cdot 12,48 \cdot 320000} = 0,99997 \quad (3.4.1.4)$$

Skaičiuotinis lenkimo momentas:

$$M_d = \frac{M_{Ed}}{k_{def}} = \frac{359,89}{0,99997} = 359,90 kNm \quad (3.4.1.5)$$

Tikrinamas kolonos stiprumas (karnizo vietoje):

$$\sigma_{kolonos} = \frac{N_{c,d}}{A_{kol}} + \frac{M_d}{W_{kol,x}} = \frac{104,61 \cdot 10^3}{320000} + \frac{359,90 \cdot 10^6}{85333,33 \cdot 10^3} = 4,54 MPa < 12,48 MPa \quad (3.4.1.6)$$

Tikrinamas kolonos stiprumas (kolonos apatinėje dalyje):

$$\sigma_{kolonos} = \frac{N_{c,d}}{A_{kol}} + \frac{M_d}{W_{kol,x}} = \frac{104,61 \cdot 10^3}{20800} + 0 = 5,029 MPa < 12,48 MPa \quad (3.4.1.7)$$

Sąlyga tenkina.

3.4.2. Rygelio stiprumo tikrinimas

Rygelio dalies ilgis:

$$l_r = 12,85 m$$

Kolonos liausiai atitinkamomis kryptimis:

$$\lambda_{xr} = \frac{l_r}{I_{kol,x}} \cdot \mu = \frac{12,85}{46,2} \cdot 0,7 = 19,47 \quad (3.4.2.1)$$

Klupumo koeficientas:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_{xr}}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{19,47}{100} \right)^2 = 0,967 \quad (3.4.2.2)$$

Koeficientas:

$$K_{defr} = 1 - \frac{N_{c,d}}{\varphi_r \cdot f_{cog,d} \cdot A_{kol}} = 1 - \frac{104,61 \cdot 10^3 N}{0,967 \cdot 12,48 \cdot 160000} = 0,994 \quad (3.4.2.3)$$

Skaičiuotinis lenkimo momentas:

$$M_{dr} = \frac{M_{Ed}}{k_{def}} = \frac{359,89}{0,949} = 379,230 kNm \quad (3.4.2.4)$$

Tikrinamas rygelio dalies stiprumas:

$$\sigma_{rygelio} = \frac{N_{c,d}}{A_{kol}} + \frac{M_{dr}}{W_{ryg,x}} = \frac{98,61 \cdot 10^3}{160000} + \frac{379,230 \cdot 10^6}{42666,67 \cdot 10^3} = 9,5 MPa < 12,48 MPa \quad (3.4.2.5)$$

Sąlyga tenkina.

3.5. Rėmo iš lenktų elementų projektavimas

3.5.1. Skerspjūvio parinkimas

Skaičiuojamasis skaičiuotinas stipris gniuždant:

$$f_{c,o,g,d} = \frac{f_{c,o,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,65 = 12,48 MPa \quad (3.5.1)$$

Čia: $f_{c,o,g,d}$ – klijuotinės medienos charakteristinis gniuždomos išilgai pluošto medienos stipris ([11]3 lentelė)

γ_M - dalinis koeficientas klijuotinei sluoksninei medienai ([11]6 lentelė)

k_{mod} - modifikacijos koeficientas, kai eksploatacijos sąlygų klasė 3, o apkrovos trukmės klasė nuolatinė ([11]5 lentelė)

Užsiduodamas skerspjūvis didžiausio momento zonoje:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{240 \cdot 800^3}{12} = 1,024 \cdot 10^{10} mm^4 \quad (3.5.2)$$

Atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{240 \cdot 800^2}{6} = 25600000 mm^3 \quad (3.5.3)$$

Skerspjūvio plotas:

$$A = b \cdot h = 240 \cdot 800 = 192000 mm^2 \quad (3.5.4)$$

Inercijos spindulys:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,024 \cdot 10^{10}}{192000}} = 231 mm \quad (3.5.5)$$

Skaičiuotinas liaunis:

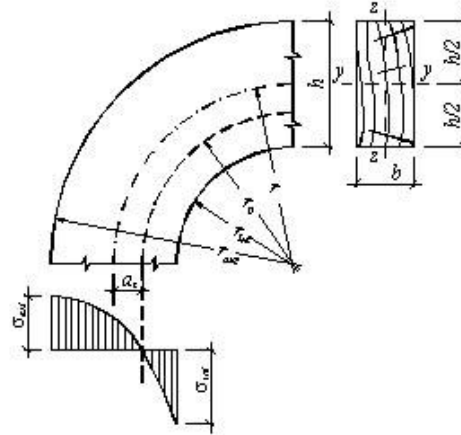
$$\gamma_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{16940}{231} = 73,33 < \gamma_{lim} = 150 \quad (3.5.6)$$

l_{eff} – skaičiuotinis elemento ilgis, atstumas tarp įtvirtinimo taškų.

Klupumo koeficientas:

$$\varphi = \frac{3000}{\gamma_y^2} = \frac{3000}{73,33^2} = 0,56 \quad (3.5.7)$$

3.5.2. Įtempių tikrinimas išorinėje ir vidinėje arkos briaunoje



26 pav. Skaičiuojamoji schema klijuotinių rėmų lenktoje dalyje įtempiams nustatyti

Koeficientas, ivertinantis papildomą lenkiamąjį momentą nuo ašinės jėgos poveikio dėl elemento išlinkio (reikšmė turi būti (0;1))

$$k_{def} = 1 - \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot f_{c,o,g,d} \cdot A} = 1 - \frac{124,21 \cdot 10^3}{0,56 \cdot 12,48 \cdot 192000} = 0,91 \quad (3.5.2.1)$$

$N_{c,d}$ – elemento skerspjūvyje susidaranti ašinė įraža, kN

Sąlyga tikrinama, ivertinant arkos spindulį vidinėje pusėje:

$$k_{in} = \frac{1 - 0,5 \cdot \frac{h}{r_{in}}}{1 - 0,17 \cdot \frac{h}{r_{in}}} = \frac{1 - 0,5 \cdot \frac{0,80}{1,2}}{1 - 0,17 \cdot \frac{0,80}{1,2}} = 0,752 \quad (3.5.2.2)$$

h - tikrinamo skerspjūvio aukštis.

r_{in} – vidinės pusės arkos aukštis.

Sąlyga tikrinama, ivertinant arkos spindulį išorinėje pusėje:

$$k_{ex} = \frac{1 + 0,5 \cdot \frac{h}{r_{ex}}}{1 + 0,17 \cdot \frac{h}{r_{ex}}} = \frac{1 + 0,5 \cdot \frac{0,80}{2,8}}{1 + 0,17 \cdot \frac{0,80}{2,8}} = 1,09 \quad (3.5.2.3)$$

r_{ex} – išorinėje arkos pusėje susidarantis spindulys.

Atsparumo momentas vidinėje briaunoje:

$$W_{d,in} = W_y \cdot k_{in} = 25600000 \cdot 0,752 = 19251200 \text{mm}^3 \quad (3.5.2.4)$$

Atsparumo momentas išorinėje briaunoje:

$$W_{d,ex} = W_y \cdot k_{ex} = 25600000 \cdot 1,09 = 27904000 \text{mm}^3 \quad (3.5.2.5)$$

Tikrinami įtempiai:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_{d,mod}}{W_d} < f_{c,o,g,d} \quad (3.5.2.6)$$

$M_{d,mod}$ – modifikuotas lenkimo momentas, kai lenkimo diagrama primena sinusoidę ([11](7.33))

$$M_{d,mod} = \frac{M_d}{k_{def}} = \frac{294,14 \cdot 10^{-3}}{0,91} = 0,323 MN_m \quad (3.5.2.7)$$

M_d – skaičiuotinis nagrinėjamo pjūvio lenkimo momentas, įvertinant papildomos lenkimo momento, sukulto ašinės jėgos dėl strypo išlinkimo;

Įtempiai vidinėje briaunoje:

$$\begin{aligned} \frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_{d,mod}}{W_{d,in}} &= \frac{124,21 \cdot 10^3}{192000} + \frac{0,323 \cdot 10^9}{19251200} = \\ &= 12,01 MPa < f_{c,o,g,d} = 12,48 MPa \end{aligned} \quad (3.5.2.8)$$

Įtempiai išorinėje briaunoje:

$$\begin{aligned} \frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_{d,mod}}{W_{d,ex}} &= \frac{124,21 \cdot 10^3}{192000} + \frac{0,323 \cdot 10^9}{27904000} = \\ &= 11,06 MPa < f_{c,o,g,d} = 12,48 MPa \end{aligned} \quad (3.5.2.9)$$

Sąlygos tenkinamos.

3.5.3. Pastovumo tikrinimas rėmo plokštumoje

Klupumo koeficientas:

$$\varphi_M = \left(140 \cdot \frac{b^2}{l_{eff}^3} \cdot k_M \right) \cdot k_{M,mod} = \left(140 \cdot \frac{0,24^2}{16,94 \cdot 0,8} \cdot 0,7 \right) \cdot 4,51 = 1,878 \quad (3.5.3.1)$$

l_{eff} – didžiausias atstumas tarp ryšių įtvirtinimo vietų, $l_{eff} = 16,94$;

$k_{M,mod}$ – modifikuotas koeficientas:

$$\begin{aligned} k_{M,mod} &= 1 + \left[0,142 \frac{l_{eff}}{h} + 1,76 \frac{h}{l_{eff}} + 1,4 \cdot \alpha_d - 1 \right] = \\ &= 1 + \left[0,142 \frac{16,94}{0,8} + 1,76 \frac{0,8}{16,94} + 1,4 \cdot 1,012 - 1 \right] = 4,51 \end{aligned} \quad (3.5.3.2)$$

k_M – koeficientas priklausantis nuo elemento lenkiamųjų momentų diagramos:

Ekscentriškai gniuždomųjų elementų pastovumo tikrinimas:

$$\sigma = \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{c,o,g,d}} + \left(\frac{M_{d,mod}}{\varphi_M W_d \cdot f_{m,g,d}} \right)^n < 1,0 \quad (3.5.3.3)$$

$$\sigma = \frac{124,21 \cdot 10^3}{0,558 \cdot 192000 \cdot 12,48} + \left(\frac{0,323 \cdot 10^9}{1,787 \cdot 25600000 \cdot 12,48} \right)^8 < 0,103n \quad (3.5.3.4)$$

n=8-elementams, turintiems tempiamosios zonos įtvirtinimų iš deformuojamosios plokštumos;

σ – klupumo koeficientas:

$$\varphi = \frac{3000}{\gamma_y^2} = \frac{3000}{73,33^2} = 0,558 \quad (3.5.3.5)$$

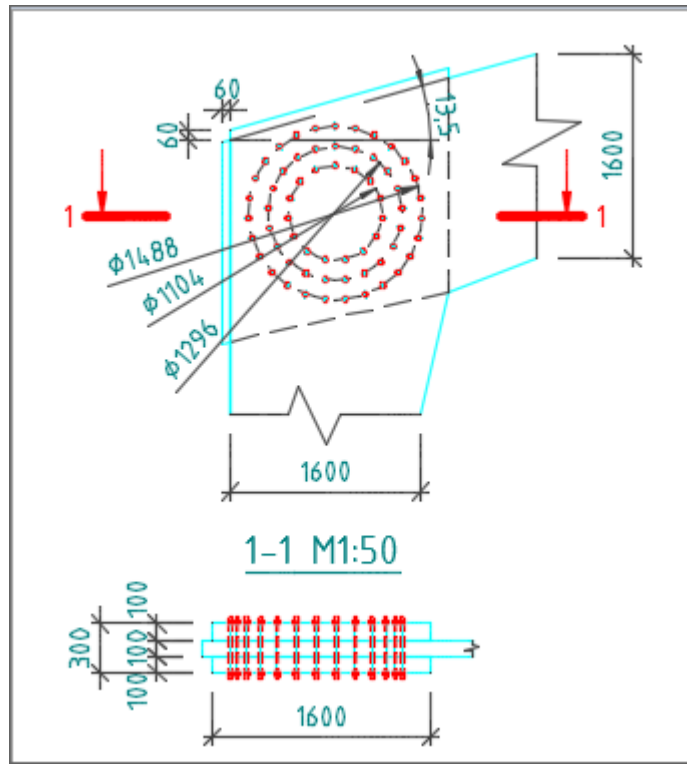
$f_{m,g,d}$ – skaičiuotinis lenkiamos klijuotinės medienos stipris:

$$f_{m,g,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,65 = 12,48 \quad (3.5.3.6)$$

Sąlyga tenkinama.

3.6. Karnizo mazgo projektavimas

3.6.1. Karnizo mazgo projektavimas pagal STR



27 pav. Karnizo mazgas

Projektavimas priartėjimo būdu:

$$d_1 = h_{ryg} - 7 \cdot d = 160 - 7 \cdot 1,6 = 148,8 \text{ cm} \quad (3.6.1.1)$$

$$d_2 = d_1 - 12 \cdot d = 148,8 - 12 \cdot 1,6 = 129,6 \text{ cm} \quad (3.6.1.2)$$

$$d_3 = d_2 - 12 \cdot d = 129,6 - 12 \cdot 1,6 = 110,4 \text{ cm} \quad (3.6.1.3)$$

Atstumas tarp virbalų:

$$S = 6 \cdot d = 6 \cdot 1,6 = 9,6 \text{ cm} \quad (3.6.1.4)$$

$$n_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{S} = \frac{3,14 \cdot 148,8}{9,6} = 48,67 \text{ vnt, piimu 48 vnt.} \quad (3.6.1.5)$$

$$n_2 = \frac{\pi \cdot d_2}{S} = \frac{3,14 \cdot 129,6}{9,6} = 42,39 \text{ vnt, piimu 42 vnt} \quad (3.6.1.6)$$

$$n_3 = \frac{\pi \cdot d_3}{S} = \frac{3,14 \cdot 110,4}{9,6} = 36,11 \text{ vnt, piimu 36 vnt} \quad (3.6.1.7)$$

Virbalo laikančioji galia (Kai glemžiama):

$$R_{j,d} = 0,5 \cdot b_2 \cdot d \cdot k_\alpha = 0,5 \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 0,9 = 700 \text{ k} \quad (3.6.1.8)$$

$$R_{j,d} = (1,8 \cdot d^2 + 0,02 \cdot b_s^2) \cdot \sqrt{k_\alpha} = (1,8 \cdot 1,6^2 + 0,02 \cdot 20^2) \cdot \sqrt{0,9} = 11,96 \text{ kN} \quad (3.6.1.9)$$

Maksimalus jungties stiprumas:

$$R_{j,d} = 2,5 \cdot d^2 = 2,5 \cdot 1,6^2 = 6,4 \text{ kN} \quad (3.6.1.10)$$

Primu $R_{j,d,min} = 6,4 \text{ kN}$

Ribinis momentas:

$$M_1 = n_1 \cdot \frac{d_1}{2} \cdot R_{j,d,min} = 48 \cdot \frac{148,8}{2} \cdot 6,4 = 228,56 \text{ kNm} \quad (3.6.1.11)$$

$$M_2 = n_2 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot R_{j,d,min} = 42 \cdot \frac{129,6}{2} \cdot 6,4 = 174,58 \text{ kNm} \quad (3.6.1.12)$$

$$M_3 = n_3 \cdot \frac{d_3}{2} \cdot R_{j,d,min} = 36 \cdot \frac{110,4}{2} \cdot 6,4 = 127,18 \text{ kNm} \quad (3.6.1.13)$$

Įrašą virbale nuo veikiančio lenkiamo momento:

$$P_1 = R_{j,d,min} \cdot \frac{M_{sd}}{M_b} = 6,4 \cdot \frac{359,89}{529,92} = 4,35 \text{ kN m} \quad (3.6.1.14)$$

Lenkiamasis momentas: $M_b = 529,92 \text{ kNm}$

Virbalo įrašą nuo ašinės ir skersinės jėgos :

$$P_2 = \sqrt{\left(\frac{N}{n}\right)^2 + \left(\frac{Q}{n}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{98,61}{126}\right)^2 + \left(\frac{76,33}{126}\right)^2} = 0,99 \text{ kN} \quad (3.6.1.15)$$

Bendra virbalo įrašą neturi viršyti jo laikomosios galios:

$$\sum P = P_1 + P_2 = 4,35 + 0,99 = 5,34 \text{ kN} \quad (3.6.1.16)$$

$P = 5,34 \leq R_{j,d,min} = 6,4 \text{ kN}$

Sąlyga tenkina.

3.6.2. Karnizo mazgo projektavimas pagal euronormas

Išorinio žiedo spindulys

$$r_1 \leq 0,5h - 4d = 0,5 \cdot 1600 - 4 \cdot 16 = 736 \text{ mm} \quad (3.6.2.1)$$

Primu $r_1 = 736 \text{ mm}$

Vidinio žiedo spindulys 1.

$$r_2 \leq r_1 - 5d = 736 - 5 \cdot 16 = 656 \text{ mm} \quad (3.6.2.2)$$

Primu $r_2 = 656 \text{ mm}$

Vidinio žiedo spindulys 2.

$$r_3 \leq r_2 - 5d = 656 - 5 \cdot 16 = 574 \text{ mm} \quad (3.6.2.3)$$

Primu $r_3 = 574 \text{ mm}$

Kaiščių skaičiavimas

Išorinis žiedas:

$$n_1 \leq \frac{2\pi r_1}{6d} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 736}{6 \cdot 16} = 48,15 = 48 \text{ vnt} \quad (3.6.2.4)$$

Vidinis žiedas 1.

$$n_2 \leq \frac{2\pi r_2}{6d} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 656}{6 \cdot 16} = 42,9 = 42 \text{vnt} \quad (3.6.2.5)$$

Vidinis žiedas 2.

$$n_2 \leq \frac{2\pi r_3}{6d} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 574}{6 \cdot 16} = 37,7 = 36 \text{vnt} \quad (3.6.2.6)$$

Apkrovos kaiščiams:

Kaiščio apkrova kolonoje, dėl lenkimo momento:

$$F_M = Md \frac{r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2 + n_3 r_3^2} = 359,89 \cdot 10^3 \frac{736}{48 \cdot 736^2 + 42 \cdot 656^2 + 36 \cdot 574^2} = 4,728 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.7)$$

Kaiščio apkrova kolonoje, dėl skersinės ir ašinės jėgos rėme:

$$F_{v,c} = \frac{Vd,c}{n_1 + n_2 + n_3} = \frac{80,05 \cdot 10^3}{48 + 42 + 36} = 0,635 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.8)$$

$$F_{N,c} = \frac{Nd,c}{n_1 + n_2 + n_3} = \frac{104,61 \cdot 10^3}{48 + 42 + 36} = 0,830 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.9)$$

Kaiščio gegnėje apkrova, dėl skersinės ir ašinės jėgos:

$$F_{V,R} = \frac{Vd,R}{n_1 + n_2 + n_3} = \frac{76,33 \cdot 10^3}{48 + 42 + 36} = 0,606 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.10)$$

$$F_{N,R} = \frac{Nd,R}{n_1 + n_2 + n_3} = \frac{98,61 \cdot 10^3}{48 + 42 + 36} = 0,783 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.11)$$

Suminė kaiščio apkrova gegnės ir kolonos ašies kryptimi:

$$F_{d,c} = \sqrt{(F_M + F_{V,c})^2 + F_{N,c}^2} = \sqrt{(4,728 \cdot 10^3 + 0,635 \cdot 10^3)^2 + (0,830 \cdot 10^3)^2} = \\ = 5,427 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.12)$$

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} = \sqrt{(4,728 \cdot 10^3 + 0,606 \cdot 10^3)^2 + (0,783 \cdot 10^3)^2} = \\ = 5,391 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.13)$$

Skersinė jėga kolonos ir gegnės sujungime:

$$V_M = \left(\frac{Md}{\pi} \cdot \frac{n_1 r_1 + n_2 r_2 + n_3 r_3}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2 + n_3 r_3^2} \right) = \frac{359,151 \cdot 10^3}{3,14} \cdot \frac{48 \cdot 736 + 42 \cdot 656 + 36 \cdot 576}{48 \cdot 736^2 + 42 \cdot 656^2 + 36 \cdot 576^2} = 170,725 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.14)$$

$$F_{v,d,c} = V_M - \frac{V_{d,c}}{2} = 170,725 \cdot 10^3 - \frac{80,05 \cdot 10^3}{2} = 130,7 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.15)$$

$$F_{v,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2} = 170,725 \cdot 10^3 - \frac{76,33 \cdot 10^3}{2} = 132,56 \cdot 10^3 \text{N} \quad (3.6.2.16)$$

Kaiščių mechaninės savybės:

Charakteristinis stipris pluošto kryptimi (kolonos)

$$f_{n,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)pk = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380 = 26,17 \text{MPa} \quad (3.6.2.17)$$

a) Kaiščio laikomoji galia kolonos ašies kryptimi:

Kampas tarp apkrovos medienos pluošto:

$$a_1 = \arctg\left(\frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}}\right) = \arctg\left(\frac{4,728 \cdot 10^3 + 0,635 \cdot 10^3}{0,830 \cdot 10^3}\right) = 81,2^\circ \quad (3.6.2.18)$$

$$a_2 = a - \left(\frac{\pi}{2} - a_1\right) = 13,5 - (90 - 81,2) = 4,7^\circ \quad (3.6.2.19)$$

Charakteristinė laikomoji galia:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59 \quad (3.6.2.20)$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 a_1 + \cos^2 a_1} = \frac{26,17}{1,59 \cdot \sin^2 81,2 + \cos^2 81,2} = 16,603 \text{ MPa} \quad (3.6.2.21)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 a_2 + \cos^2 a_2} = \frac{26,17}{1,59 \cdot \sin^2 4,7 + \cos^2 4,7} = 26,067 \text{ MPa} \quad (3.6.2.22)$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{26,067}{16,603} = 1,57$$

Charakteristinis takumo momentas:

Varžtai 4.8 klases

$$M_{yR,k} = 0,3f_{u,k}d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \cdot 10^3 N_{mm} \quad (3.6.2.21)$$

$$t_1 = 100 \text{ mm}, t_2 = 200 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,C} \min \left\{ \begin{array}{l} F_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 16,603 \cdot 100 \cdot 16 = 26,565 \cdot 10^3 N \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 26,098 \cdot 100 \cdot 16 = 41,707 \cdot 10^3 N \\ 1,05 \frac{f_{h,l,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] = \\ = 1,05 \frac{26,565 \cdot 10^3 N}{2 + 1,57} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 1,57(1 + 1,57) + \frac{4 \cdot 1,57(2 + 1,57) \cdot 162,14 \cdot 10^3 N}{1656480 \cdot 10^6 N}} - 1,57 \right] = \\ = 7813,24 \cdot (\sqrt{8,698 + 1,368} - 1,57) = 12,526 \cdot 10^3 N \\ \begin{array}{l} 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,l,k}d} + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] = \\ = \begin{array}{l} 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,57}{1 + 1,57}} \cdot \sqrt{2 \cdot 162,14 \cdot 10^3 N \cdot 16,603 \cdot 16} = 11,797 \cdot 10^3 N \end{array} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (3.6.2.22)$$

$$F_{v,Rk,C} = 11,797 \cdot 10^3 N$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rd,C} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk,C}}{\gamma_M} = \frac{0,65 \cdot 11,797 \cdot 10^3 N}{1,25} = 6,134 \cdot 10^3 N \quad (3.6.2.23)$$

($K_{mod} = 5$ lentele)

b) Gėgnėš charakteristinis stipris pluošto kryptimi, kampas tarp apkrovos ir medienos pluošto:

$$a_2 = \arctg\left(\frac{F_M + F_{V,R}}{F_{N,R}}\right) = \arctg\left(\frac{4,728 \cdot 10^3 + 0,606 \cdot 10^3}{0,783 \cdot 10^3}\right) = 81,6^\circ \quad (3.6.2.24)$$

$$a_1 = \frac{\pi}{2} + a - a_2 = 90 + 13,5 - 81,6 = 21,9^\circ \quad (3.6.2.25)$$

Gėgnėš charakteristinė laikomoji galia:

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 a_1 + \cos^2 a_1} = \frac{26,17}{1,59 \cdot \sin^2 21,9 + \cos^2 21,9} = 28,32 \text{ MPa} \quad (3.6.2.26)$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 a_2 + \cos^2 a_2} = \frac{26,17}{1,59 \cdot \sin^2 81,6 + \cos^2 81,6} = 16,59 \text{ MPa} \quad (3.6.2.27)$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{16,59}{28,32} = 0,586 \quad (3.6.2.28)$$

$$t_1 = 100 \text{ mm}, t_2 = 200 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,C} \min \left\{ \begin{array}{l} F_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 28,32 \cdot 100 \cdot 16 = 45,312 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 16,59 \cdot 200 \cdot 16 = 26,544 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 1,05 \frac{f_{h,l,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,l,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] = \\ = 1,05 \frac{45,312 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 + 0,586} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 0,586(1 + 1,569) + \frac{4 \cdot 0,586(2 + 0,586) \cdot 162,14 \cdot 10^3 \text{ N}}{7356,67 \cdot 10^6}} - 0,586 \right] = \\ = 7828,7 \cdot \left(\sqrt{1,859 + 0,217 - 0,586} \right) = 12,794 \cdot 10^3 \text{ N} \\ \sqrt[1,15]{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,l,k} d + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right]} = \\ = \sqrt[1,15]{\frac{2 \cdot 0,586}{1 + 0,586}} \cdot \sqrt{2 \cdot 162,14 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 28,32 \cdot 16} = 11,988 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right. \quad (3.6.2.29)$$

$$F_{v,Rk,C} = 11,988 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rd,R} = \frac{k_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,65 \cdot 11,988 \cdot 10^3 \text{ N}}{1,25} = 6,234 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (3.6.2.30)$$

Tikrinama:

a) Kolonos ir gėgnėš jungties laikomosios galios tikrinimas:

1) Kolonai:

$$F_{d,c} = 5,427 \cdot 10^3 \text{ N} \leq 2 \cdot F_{v,Rd,c} = 2 \cdot 6,134 \cdot 10^3 \text{ N} = 12,268 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (3.6.2.31)$$

Sąlyga tenkinama

2) Gegnei:

$$F_{d,R} = 5,391 \cdot 10^3 \text{ N} \leq 2 \cdot F_{v,Rd,R} = 2 \cdot 6,234 \cdot 10^3 \text{ N} = 12,468 \cdot 10^3 \text{ N} \quad (3.6.2.32)$$

Sąlyga tenkina

b) Šlyties įtempių kolonoje ir gegnėje tikrinimas:

1) Kolonos:

$$\tau_{v,c} = \frac{3 \cdot F_{V,d,C}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 130,7 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 \cdot 200 \cdot 1600} = 0,613 \text{ MPa} \leq F_{V,g,d} - 1,40 \text{ MPa} \quad (3.6.2.33)$$

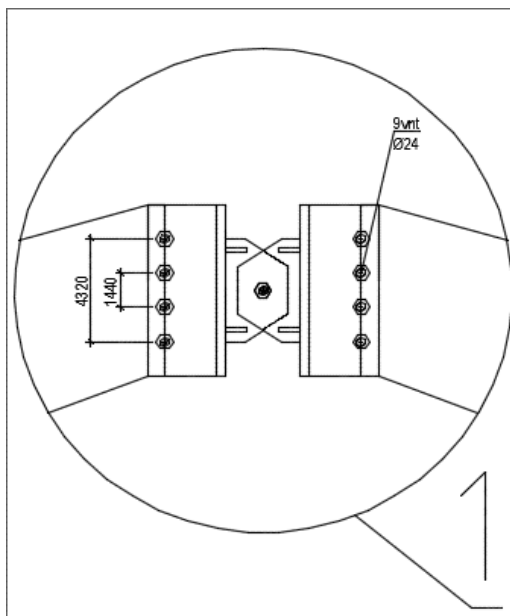
Sąlyga tenkinama

2) Gegnės:

$$\tau_{v,c} = \frac{3 \cdot F_{V,d,R}}{2 \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 132,56 \cdot 10^3 \text{ N}}{2 \cdot 100 \cdot 1600} = 1,242 \text{ MPa} \leq F_{V,g,d} - 1,40 \text{ MPa} \quad (3.6.2.34)$$

Sąlyga tenkinama

3.7. Kraigo mazgo projektavimas



28 pav. Kraigo mazgas

Kraigo mazgo projektavimas

$$R_{j,d} = 250 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 0,24^2 \cdot \sqrt{0,55} = 949273 \text{ N} \quad (3.7.1)$$

Lenkimo momentas varžtinėje jungtyje:

$$M_d = Q \cdot e = 21,28 \cdot 0,2 = 4,378 \text{ kNm} \quad (3.7.2)$$

Pagrindinės arkos kraštinio varžto laikomoji galia:

$$R_b = \sqrt{\left(\frac{M_b \cdot a_{max}}{n_b \cdot \sum a_i^2}\right) + \frac{Q}{m_b}} < R_{j,d} \quad (3.7.3)$$

$$R_b = \sqrt{\left(\frac{4,378 \cdot 0,216}{1 \cdot (0,072^2 \cdot 3)}\right) + \frac{21890}{4}} = 257,445 \text{ N} < R_{j,d} = 949273 \text{ N} \quad (3.7.4)$$

n_k – vieno varžto kerpamųjų pjūvių skaičius;

n_b – horizontalia kryptimi varžtų skaičius;

m_b – vertikalia kryptimi varžtu skaičius;

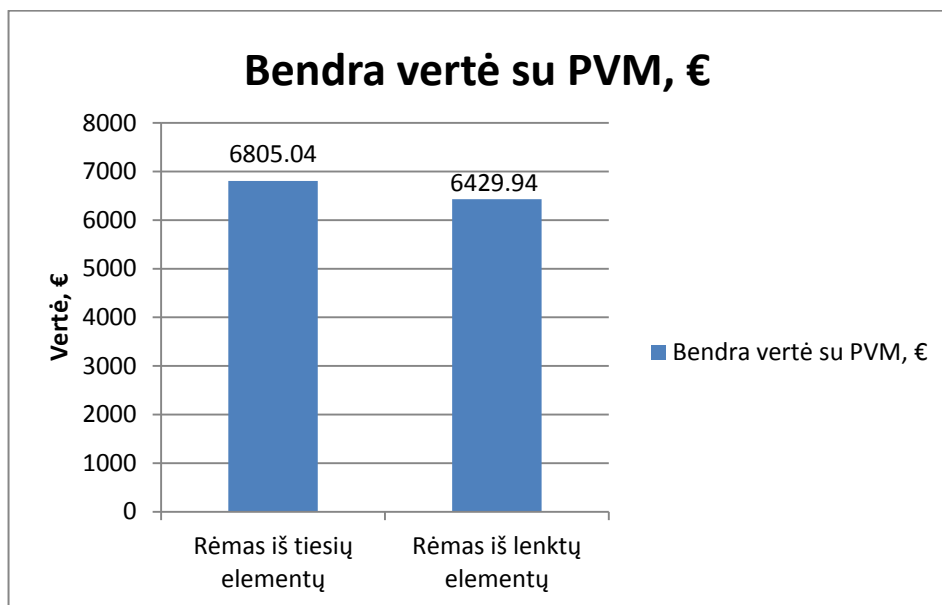
d_b – varžto skersmuo

Sąlyga tenkina.

3. Ekonominis palyginimas

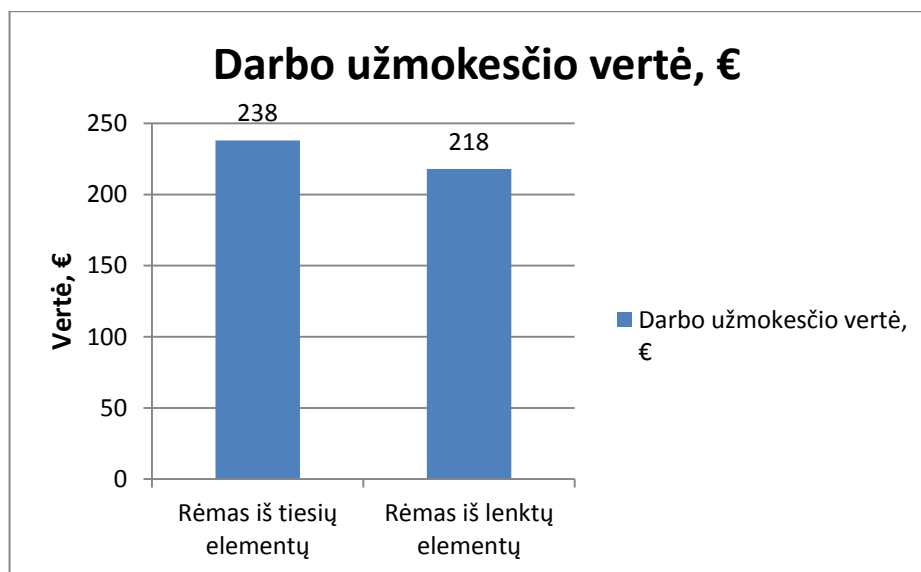
3 lentelė Ekonominis skaičiavimo palyginimas

	Rėmas iš tiesių elementų	Rėmas iš lenktų elementų
Bendra vertė su PVM, €	6805.04	6429.94
Darbo užmokesčio vertė, €	238	218
Mechanizmų vertė, €	102.69	102.69
Medžiagų vertė, €	4255,45	4031,11



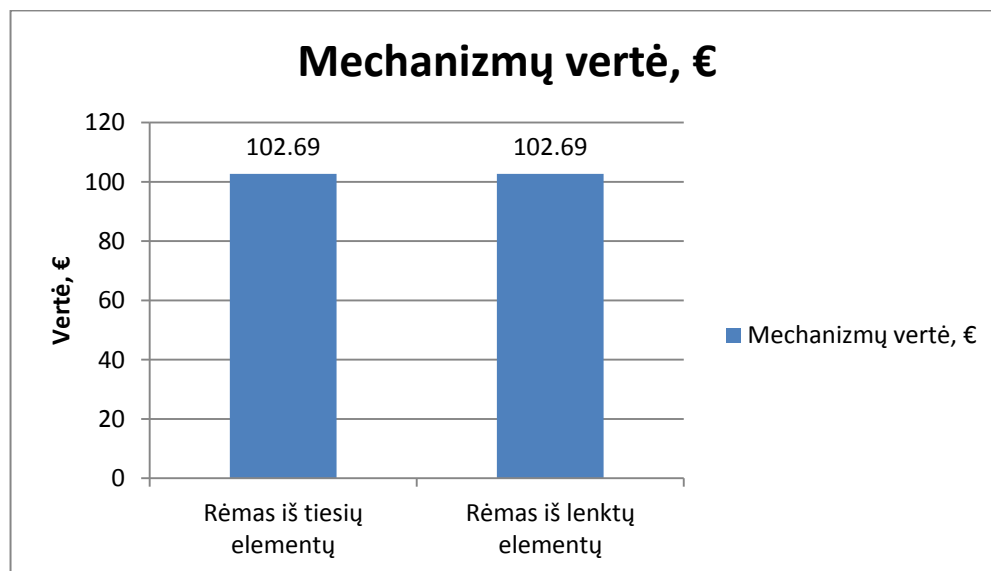
29 pav. Bendros vertės palyginimo grafikas

Iš 28 paveikslo matyti, kad duotuoju variantu rėmas iš lenktų elementų yra ekonomiškai optimalesnė konstrukcija nei rėmas iš tiesių elementų. Rėmo iš lenktų elementų bendra vertė (6429,94 €) yra 5 % mažesnė nei rėmo iš tiesių elementų (6805,04 €).



30 pav. Darbo užmokesčio vertės palyginimo grafikas

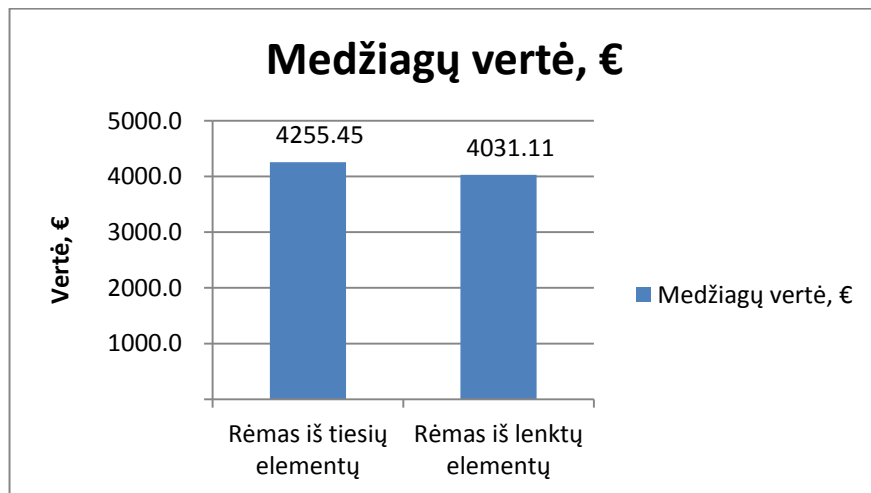
Lyginant darbo užmokesčio vertę (29 pav.) matyti, kad rėmo iš lenktų elementų darbo užmokestis yra 8 % mažesnis. Tai nulemia mažesnis medienos tūris lyginant su rėmu iš tiesių elementų. Tačiau pažvelgus į darbo užmokesčio dydį akivaizdžiai matyti, kad ši reikšmė sudaro labai mažą bendros vertės dalį, todėl šis veiksnys nėra esminis veiksnys, nulemiantis konstrukcijos optimalumą ekonominiu požiūriu.



31 pav. Mechanizmų vertės palyginimo grafikas

Iš 30 pav. matyti, jog mechanizmų vertė kaip ir darbo užmokesčio vertė sudaro labai nedidelę bendros vertės dalį. Šiuo atveju abiejų konstrukcinių variantų mechanizmų vertė yra tokia

pati, kadangi konstrukcijų svoris skiriasi minimaliai, todėl joms sumontuoti tinkamas būtų tas pats kranas.



32 pav. Medžiagų vertės palyginimo grafikas

31 pav. esantis grafikas parodo, kad medžiagų kaina sudaro didžiąją dalį bendros konstrukcijų vertės. Rėmo iš lenktų elementų medžiagų vertė yra 5 % mažesnė nei rėmo iš tiesių elementų dėl mažesnio paviršiaus ploto, kas nulemia mažesnę reikalingą antiseptiko ir antipireno kieki. Ši sąlyga nulemia, kad rėmas iš lenktų elementų yra ekonomiškai optimali konstrukcija.

Išvados

- 1) Atlikus literatūros duomenų analizę buvo išanalizuotas ir pristatytas naujas klijuotos medienos elementų standus sujungimas įklijuojant stiklo pluošto kompozitinius strypus epoksidiniais klijais. Nustatyta, kad naudojant stiklo pluošto kompozitinius strypus klijuotos medienos jungtims, mazgų laikomoji galia gaunama kelis kartus didesnė nei naudojant įprastus sujungimo būdus plieniniais strypais.
- 2) Pritaikius mokslininkų H. Kim ir A. Martin atliktų tyrimų naudojant įklijuotus stiklo pluošto kompozitinius strypus medinių konstrukcijų jungtims, rezultatai buvo palyginti su jungtimis naudojant įklijuotus plieninius strypus, laikomoji galia. Apskaičiuota, kad klijuotos medienos karnizo mazgiui, veikiamam 359 kNm lenkimo momento, suprojektuoti pakanka 4vnt, 16 mm skersmens stiklo pluošto kompozitinių strypų, įklijuotų 6 mm epoksidinių klijų sluoksniu. Tuo tarpu, naudojant įprastą STR pateiktą klijuotinę jungtį naudojant plieninius strypus, tokio lenkimo momento veikiamo mazgo suprojektuoti nėra galimybės. Analitiškai nustatyta, kad stiklo pluošto kompozitinių strypų klijuotinės jungties stiprumas yra net 2 kartus didesnis nei jungties, kurioje naudojami įklijuoti plieno strypai.
- 3) Atlikus kintamo skerspjūvio klijuotos medienos rėmo iš tiesių elementų karnizo mazgo projektavimo pagal STR ir Euronormas palyginimą gauta, kad suprojektavus karnizo mazgą pagal STR, jungties laikomosios galios išnaudojimas yra 0,83, o pagal Euronormas tos pačios jungties laikomosios galios išnaudojimas yra lygus 0,89. Analizuojant skaičiavimo metodus pastebėti esminiai skirtumai tarp šių metodikų: STR metodikoje tikrinama yra ar virbalo įraža neviršija jo laikomosios galios, o Euronormose pateiktoje metodikoje be to yra tikrinami ir šlyties įtempiai mediniuose elementuose, kurie šiuo atveju ir buvo lemiantis veiksnys mazgo laikomajai galiai. Remiantis skaičiavimais pagal Euronormas tikslinga būtų sumažinti varžtų skaičių padidinus gegnės storį.
- 4) Optimaliai suprojektavus klijuotos medienos trišarnyrį rėmą iš tiesių elementų ir iš lenktų elementų buvo atliktas šių konstrukcijų ekonominis palyginimas. Nustatyta, kad optimalesnė konstrukciją yra trišarnyris rėmas iš lenktų elementų – šio rėmo bendra vertė yra 5 procentais mažesnė nei rėmo iš tiesių elementų. Pastebėta, kad medienos sąnaudos, darbo užmokestis ir mechanizmų kaina abiem atvejais gaunamos labai panašios, tačiau esminis skirtumas tarp šių rėmų yra padengimo antiseptikais ir antipirenais kainoje, kadangi rėmo iš lenktų elementų padengimo plotas yra 32% mažesnis nei rėmo iš tiesių elementų.

Literatūros šaltiniai

1. JOHANSSON, C. J. *Glued-in bolts*. Structural Timber Education Programme Lecture, C14, Part 1.
2. RANTA-MAUNUS, A., ir J. KANGAS. Glued-in Steel Rods in V-shape. *Pacific Timber Engineering Conference*. Gold Coast Australia, July 11 – July 15.
3. METTEM, C. J., ir G. DAVIES. Resin bonded repair systems for structural timber. *Construction Repair*. March/ April.
4. European Committee for Standardization (CEN): EN 1995-1-1: 2004, Eurocode 4: Design of timber structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, December 2004.
5. RIBERHOLT, H. Glued Bolts in Glulam. *Proceedings of the CIB-W18 Meeting*, Parksville, Vancouver Island, Canada, Paper 21-7-2.
6. PEDERSON, Uhre ir kt. Residual Strength of Glued-in Bolts After 9 Years In Situ Loading. *International COST 508 Wood Mechanics Conference*.
7. BATCHELAR, M. L., ir K. A. MCINTOSH. Structural Joints in Glulam. *Proceedings: 5th World Conference on Timber Engineering*, Montreux, Switzerland, Vol 1, 289-296p.
8. RIBERHOLT, H., ir P. SPOER. *Design of the Inglued Rods that are used for the Wingblade Root Section on Nibemolle-B*. Serie R – Denmarks Tekniske Hojskole, Afdelingen for Baerende Konstruktioner, No 167.
9. DAVIS, G. Performance of Adhesive Systems for Structural Timbers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 1997, August, 17 (3), 247-255p.
10. GEROLD, M. Verbund von Holz und Gewindestangen aus Stahl. *Bautechnik*. 1992, 69 (4), 167-178p.
11. DENG, J. X., ir kt. Glued Bolts in Glulam – And Analysis of Stress Distribution. *Proceedings: 5th World Conference on Timber Engineering*. 1998, Montreux, Switzerland, Vol. 2, 206-213p.
12. FINNFOREST OY, Ketro-Unit, P.O.BOX 24 FIN 08101, Lohija, Finland.
13. KIM, H., ir A. P. MARTIN. *Improved timber connections using bonded-in GFRP rods*. 2003, 8p.
14. STR 1.01.06:2010. Ypatingi statiniai. [žiūrėta 2017-11-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.26F602F9D89C>>
15. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos. [žiūrėta 2017-11-22]. Prieiga per internetą:

<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E5D5DC3C496B>

16. A. VALENTINAVIČIUS. *Medinės ir plastikinės konstrukcijos*: vadovėlis. Vilnius: Mokslas, 1985, 63p.
17. STR 2.05.07:2005. Medinių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos. [žiūrėta 2017-09-16]. Prieiga per internetą: < <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250623>>
18. A. VALENTINAVIČIUS ir B. VALIŪNAS. *Medinės konstrukcijos*: vadovėlis. Vilnius: Enciklopedija, 2000, 222p, ISBN: 9986433207.
19. A. VALENTINAVIČIUS. *Klijuotinės medžio konstrukcijos*: vadovėlis. Vilnius: 1974, 323p.
20. Wiliam M C Mckenzie ir Binsheng Zhang. *Design of Structural Timber to Eurocode 5*: vadovėlis. Great Britain: 2007, 503p, ISBN: 9780230007772.
21. American Institute of Timber Construction. *Timber Construction Manual*: United States of America. 1952, 477p, ISBN: 047123687-X.
22. G. Marčiukaitis ir J. Valivonis. *Statybinės konstrukcijos ir jų projektavimo pagal euronormas pagrindai*: vadovėlis. Vilnius: 2010, 389p, ISBN: 9789955286769.
23. Prieiga per internetą <<http://frp.lt/kompozitine-stiklo-pluosto-armatura/>> [žiūrėta 2017 12 27]

Priedai

Titulinis lapas

Project: Kontrolinis darbas

Author :

Data - Bars

Bar	Node 1	Node 2	Section	Material	Length (m)	Gamma (Deg)	Type
	1		Kolona	GL24h	4,50	0,0	KOLONA
	2		Gegnes	GL24h	12,85	0,0	REMO VIRSUS
	3		Gegnes	GL24h	12,85	0,0	REMO VIRSUS
	4		Kolona	GL24h	4,50	0,0	KOLONA

Data - Sections

Section name	Serial list	AX (cm2)	AY (cm2)	AZ (cm2)	IX (cm4)	IY (cm4)	IZ (cm4)
Kolona	4	2120,00	1766,67	1766,67	66465,13	1985026,67	229666,67
Gegnes	3	1060,00	883,33	883,33	33232,56	992513,33	8833,33

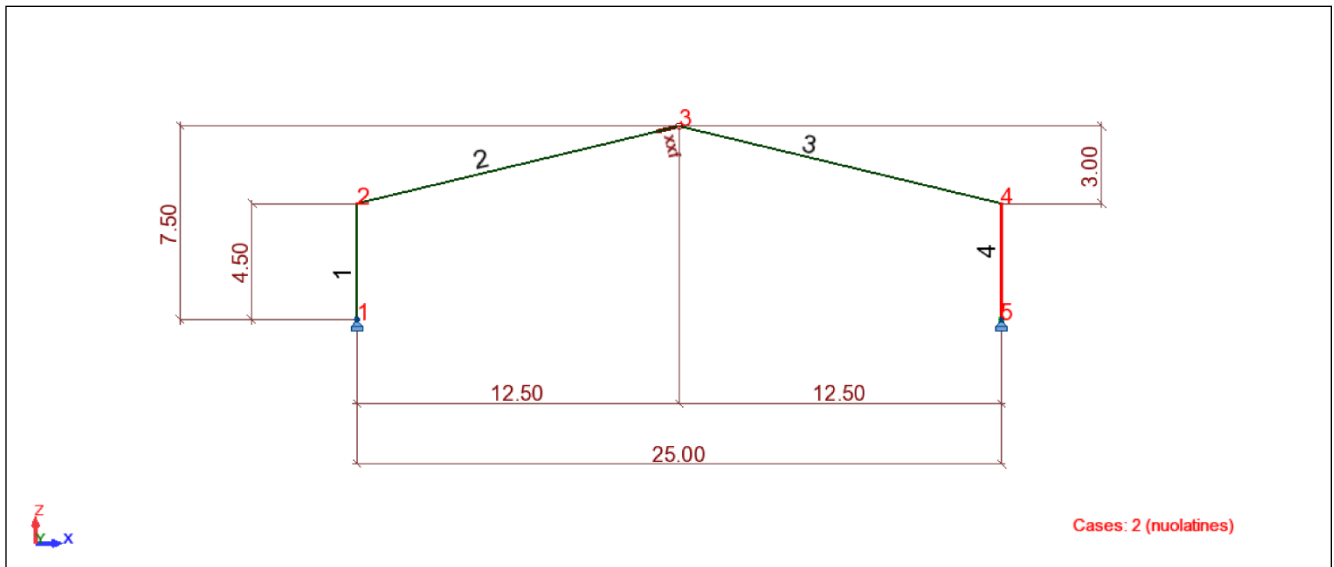
Data - Materials

Material	E (MPa)	G (MPa)	ν	α (1/°C)	ρ (kN/m3)	f _c (MPa)
S200 TEEL	210000,00	80000,00	0,30	0,00	77,01	35,00
C24	10000,00	9000,00	0,00	0,00	3,43	4,00
GL24h	16000,00	20000,00	0,00	0,00	3,73	4,00

Data - Supports

Support name	List of nodes	List of edges	List of objects	Support conditions
Pinned	1 5			UX UZ

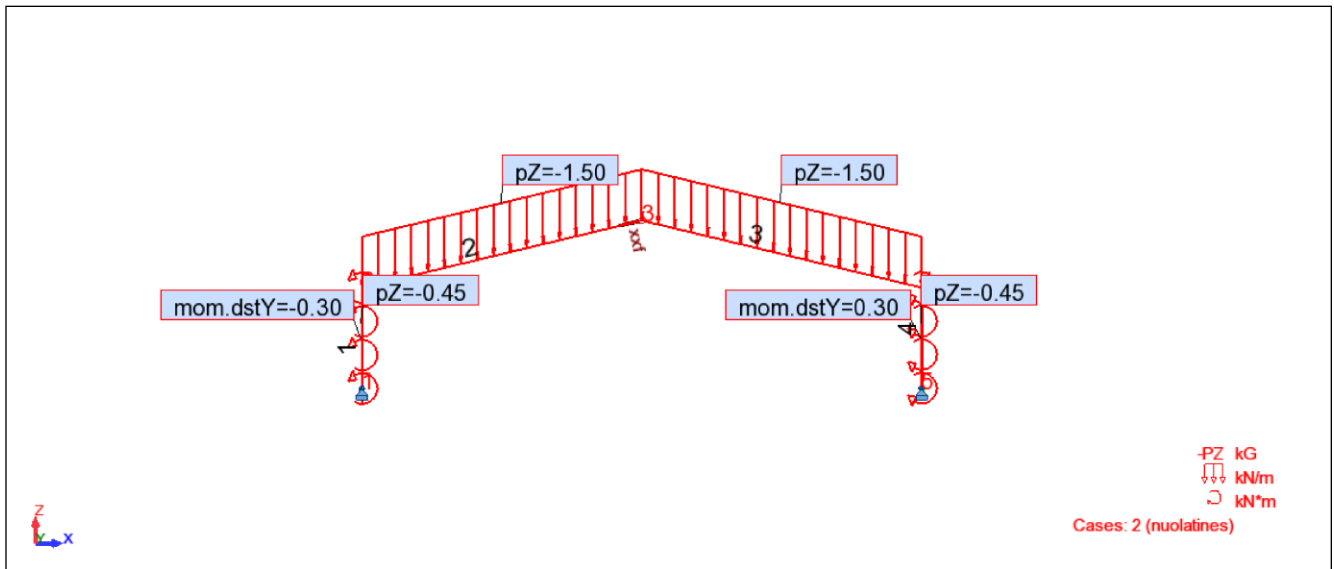
Skaiciuojamoji schema



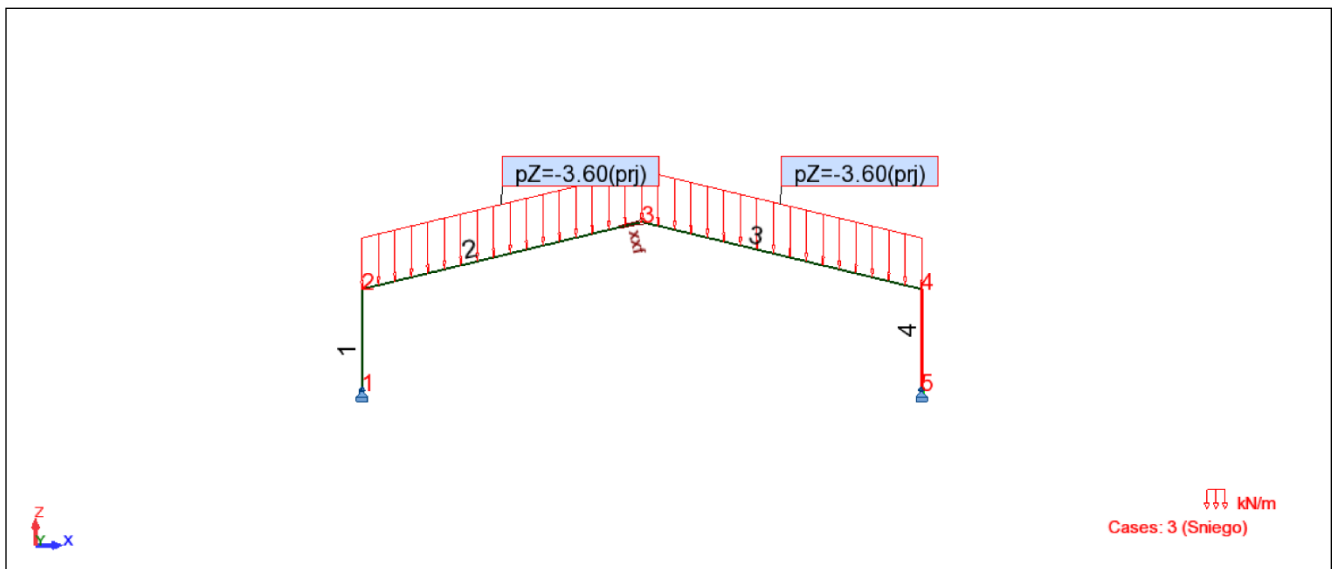
Loads - Values

ase	Load type	ist	Load values
	self-weight	to4	PZ Negative Factor=1,05
	uniform load	3	PZ=-1,50(kN/m)
	uniform load	4	
	uniform load	4	PZ=-0,45(kN/m)
	uniform moment		
	uniform moment		MY=0,30(kNm/m)
	uniform moment		MY=-0,30(kNm/m)
	uniform load	3	PZ=-3,60(kN/m) projected
	uniform load		PX=0,43(kN/m)
	uniform load		PX=0,27(kN/m)
	uniform load		PZ=-0,90(kN/m) local
	uniform load		PZ=0,25(kN/m) local

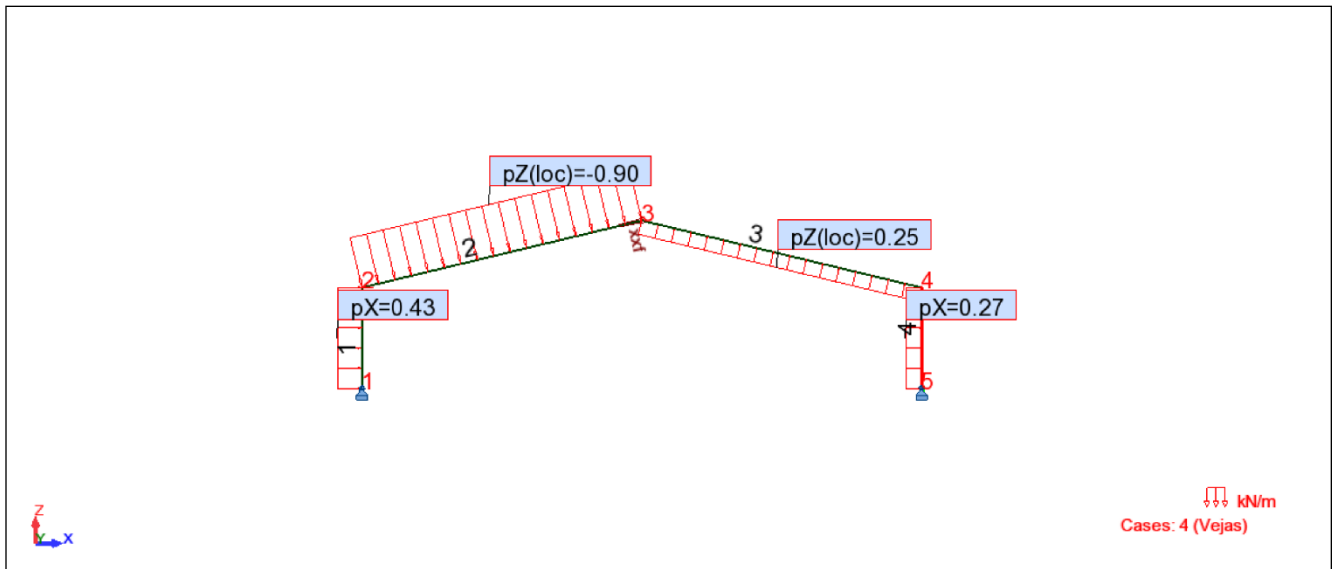
Nuolatinės apkrovos



Sniego apkrovos



Vejo apkrovs

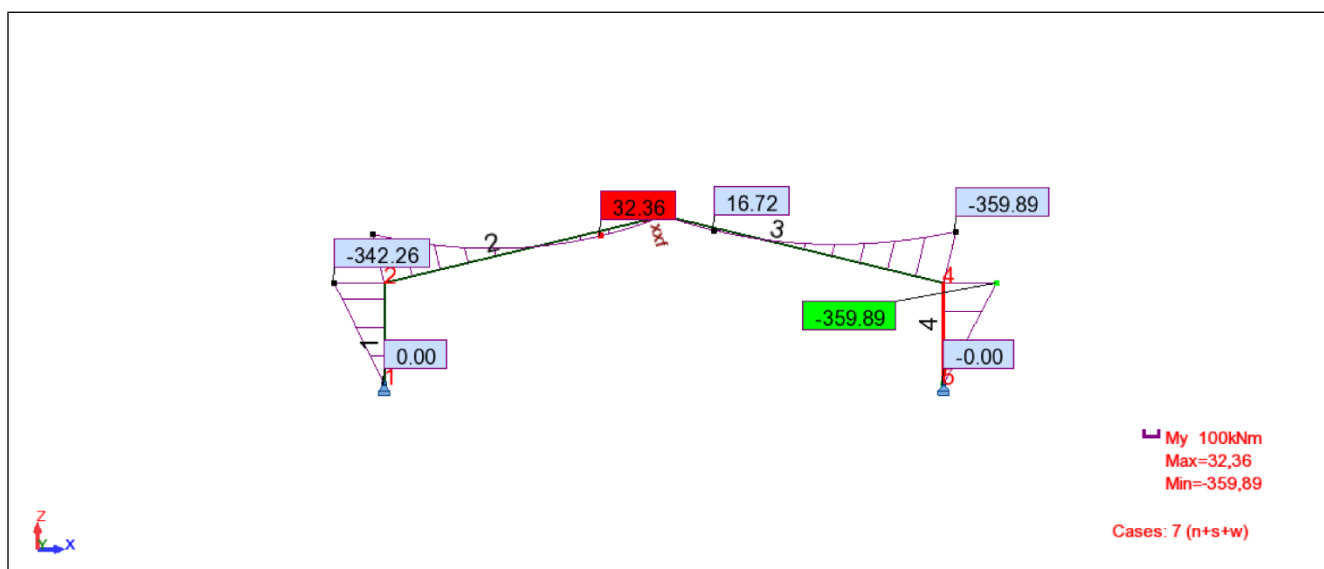


Combinations

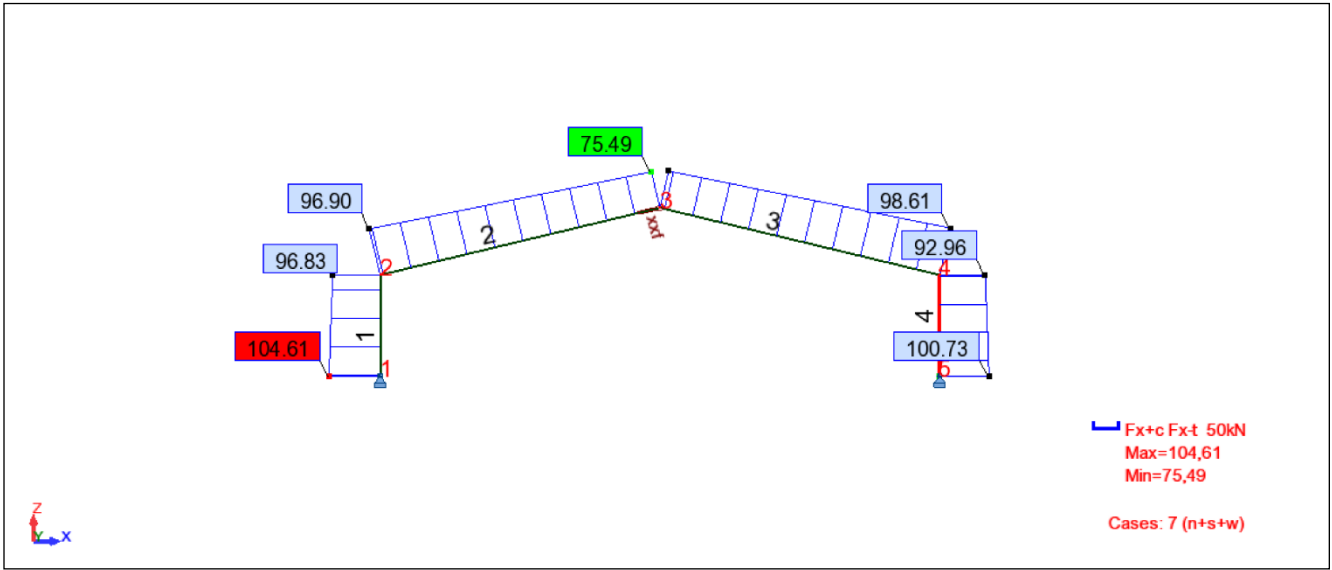
Combinations	Name	Analysis type	Combination type
5 (C)	n+s	Linear Combination	UL-S
6 (C)	n+w	Linear Combination	UL-S
7 (C)	n+s+w	Linear Combination	UL-S
8 (C)	n+w+s	Linear Combination	UL-S
9 (C)	ch n+s	Linear Combination	SLS
10 (C)	ch n+w	Linear Combination	SLS
11 (C)	ch n+s+w	Linear Combination	SLS
12 (C)	ch n+w+s	Linear Combination	SLS
Combinations	Case nature	Definition	
5 (C)		$2*1.35+3*1.30$	
6 (C)		$2*1.35+4*1.30$	
7 (C)		$2*1.35+3*1.30+4*0.78$	

Combinations	Case nature	Definition
8 (C)		$2*1.35+4*1.30+3*0.91$
9 (C)		$(2+3)*1.00$
10 (C)		$(2+4)*1.00$
11 (C)		$(2+3)*1.00+4*0.60$
12 (C)		$(2+4)*1.00+3*0.70$

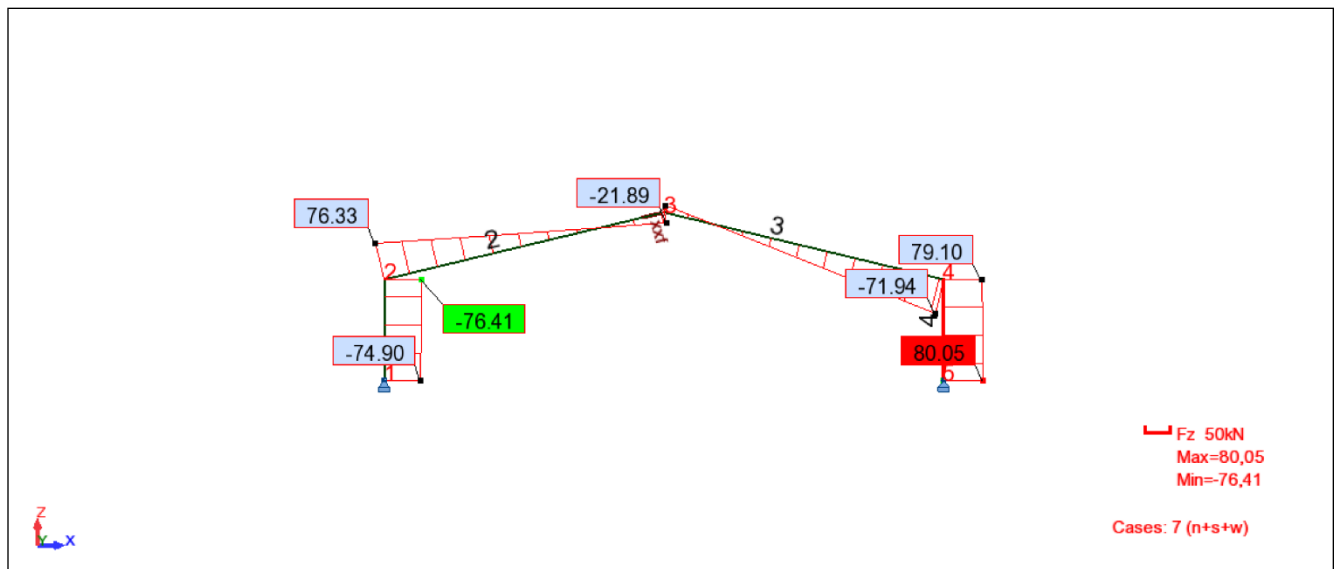
Lenkimo momentu diagrama nuo pavojingiausio derinio



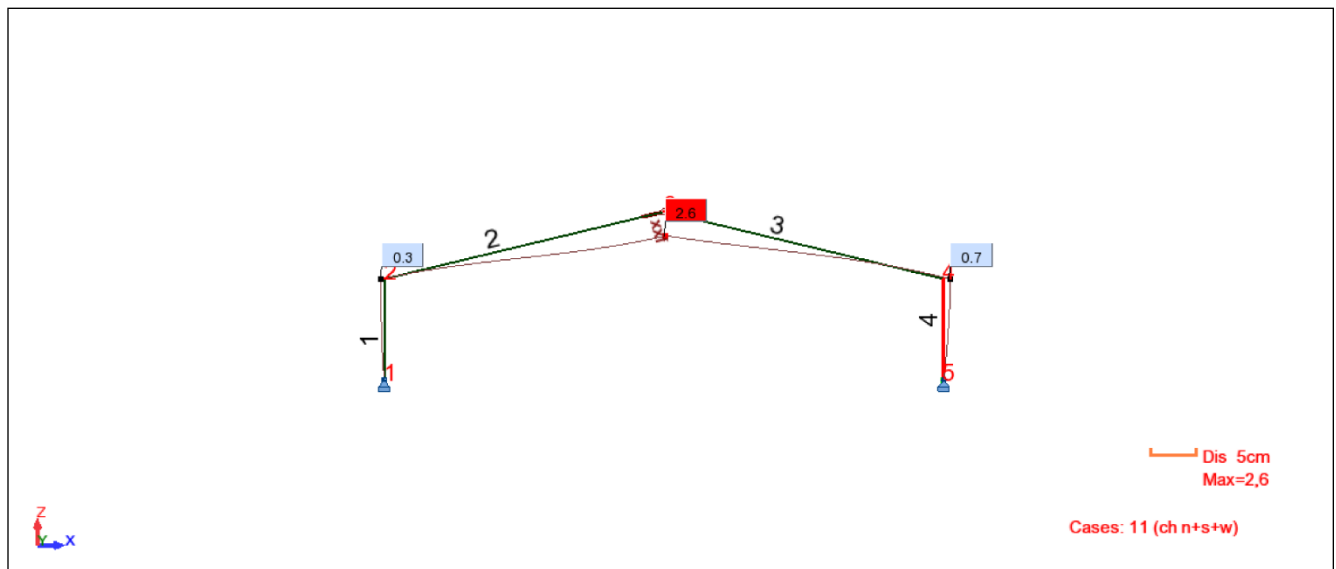
Ašiniu jėgu diagrama nuo pavojingiausio derinio



Skersiniu jėgu diagrama nuo pavojingiausio derinio



Remo deformaciju diagrama nuo charakterističtinio derinio



Reactions - Values

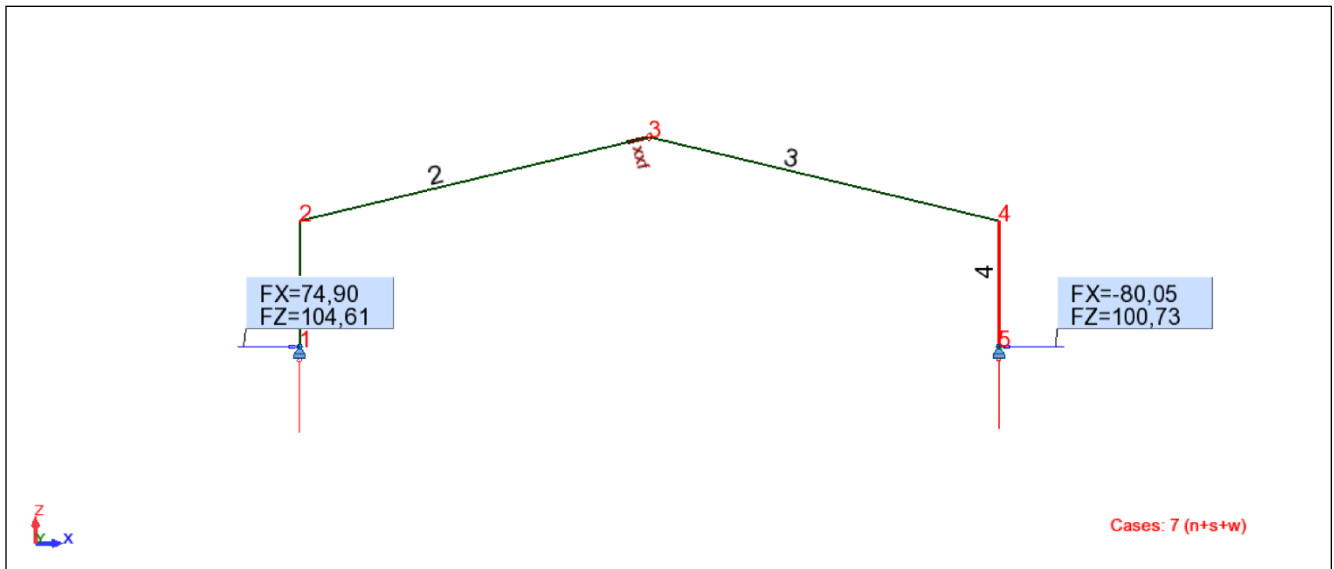
Node/Case	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
-----------	---------	---------	----------

Node/Case	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
1/ 2	19,58	30,37	0,00
1/ 3	37,50	45,00	0,00
1/ 4	-0,36	6,54	0,00
1/ 5 (C)	75,18	99,50	0,00
1/ 6 (C)	25,96	49,51	0,00
1/ 7 (C)	74,90	104,61	0,00
1/ 8 (C)	60,08	90,46	0,00
1/ 9 (C)	57,08	75,37	0,00
1/ 10 (C)	19,22	36,92	0,00
1/ 11 (C)	56,86	79,30	0,00
1/ 12 (C)	45,47	68,42	0,00
5/ 2	-19,58	30,37	-0,00
5/ 3	-37,50	45,00	0,00
5/ 4	-6,24	1,58	-0,00
5/ 5 (C)	-75,18	99,50	0,00
5/ 6 (C)	-34,54	43,06	-0,00
5/ 7 (C)	-80,05	100,73	-0,00
5/ 8 (C)	-68,66	84,01	-0,00
5/ 9 (C)	-57,08	75,37	0,00
5/ 10 (C)	-25,82	31,95	-0,00
5/ 11 (C)	-60,82	76,32	-0,00
5/ 12 (C)	-52,07	63,45	-0,00
Case 2	nuolaitines		
Sum of val.	-0,00	60,74	-0,00
Sum of reac.	-0,00	60,74	-759,30
Sum of forc.	-0,00	-60,74	759,30
Check val.	-0,00	-0,00	0,00
Precision	7,18683e-016	3,15109e-032	
Case 3	Sniego		
Sum of val.	0,00	90,00	0,00
Sum of reac.	0,00	90,00	-1125,00
Sum of forc.	0,0	-90,00	1125,00
Check val.	0,00	0,0	0,0
Precision	1,45519e-015	2,61430e-032	
Case 4	Vejas		
Sum of val.	-6,60	8,12	-0,00
Sum of reac.	-6,60	8,12	-39,51

Node/Case	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
Sum of forc.	6,60	-8,13	39,51
Check val.	-0,00	-0,00	-0,00
Precision	1,44877e-014	4,06133e-029	
Case 5 (C)	n+s		
Sum of val.	0,00	199,00	0,00
Sum of reac.	0,00	199,00	-2487,56
Sum of forc.	-0,00	-199,00	2487,56
Check val.	0,00	0,0	0,0
Precision	2,86197e-015	7,65257e-032	
Case 6 (C)	n+w		
Sum of val.	-8,58	92,57	-0,00
Sum of reac.	-8,58	92,57	-1076,42
Sum of forc.	8,58	-92,57	1076,42
Check val.	-0,00	-0,00	0,00
Precision	1,98042e-014	5,28399e-029	
Case 7 (C)	n+s+w		
Sum of val.	-5,15	205,34	-0,00
Sum of reac.	-5,15	205,34	-2518,37
Sum of forc.	5,15	-205,34	2518,37
Check val.	-0,00	0,0	0,0
Precision	1,41623e-014	3,17549e-029	
Case 8 (C)	n+w+s		
Sum of val.	-8,58	174,47	-0,00
Sum of reac.	-8,58	174,47	-2100,17
Sum of forc.	8,58	-174,47	2100,17
Check val.	-0,00	-0,00	0,00
Precision	2,11284e-014	5,28637e-029	
Case 9 (C)	ch n+s		
Sum of val.	0,0	150,74	0,00
Sum of reac.	0,00	150,74	-1884,30
Sum of forc.	-0,00	-150,74	1884,30
Check val.	0,00	-0,00	0,00
Precision	2,17387e-015	5,76539e-032	
Case 10 (C)	ch n+w		

Node/Case	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
Sum of val.	-6,60	68,87	-0,00
Sum of reac.	-6,60	68,87	-798,81
Sum of forc.	6,60	-68,87	798,81
Check val.	-0,00	-0,00	0,0
Precision	1,52063e-014	4,06448e-029	
Case 11 (C)	ch n+s+w		
Sum of val.	-3,96	155,62	-0,00
Sum of reac.	-3,96	155,62	-1908,01
Sum of forc.	3,96	-155,62	1908,01
Check val.	-0,00	-0,00	0,00
Precision	1,08665e-014	2,44257e-029	
Case 12 (C)	ch n+w+s		
Sum of val.	-6,60	131,87	-0,00
Sum of reac.	-6,60	131,87	-1586,31
Sum of forc.	6,60	-131,87	1586,31
Check val.	-0,00	0,0	0,0
Precision	1,62250e-014	4,06631e-029	

Atramines reakcijos nuo pavojingiausio derinio

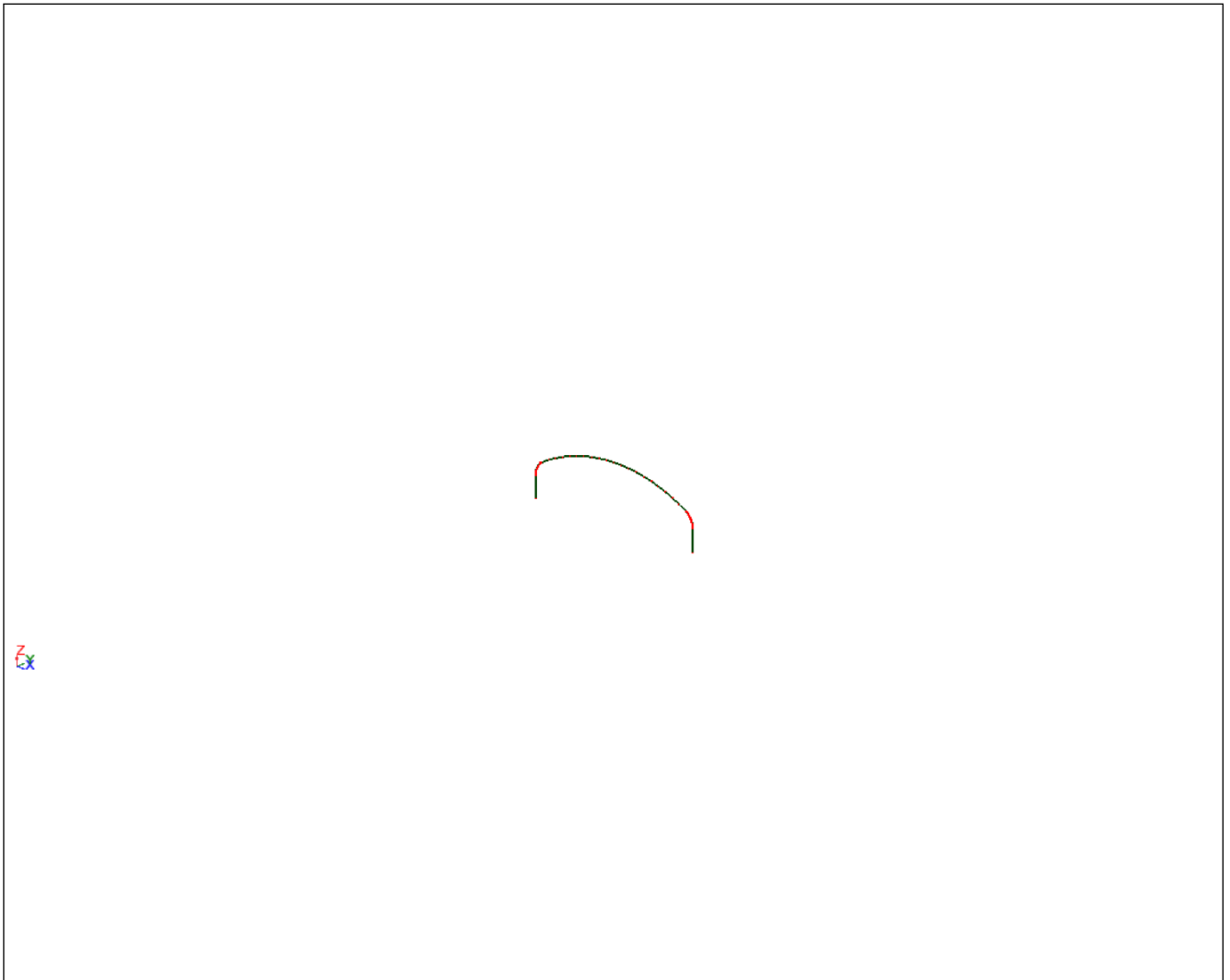


TITLE PAGE

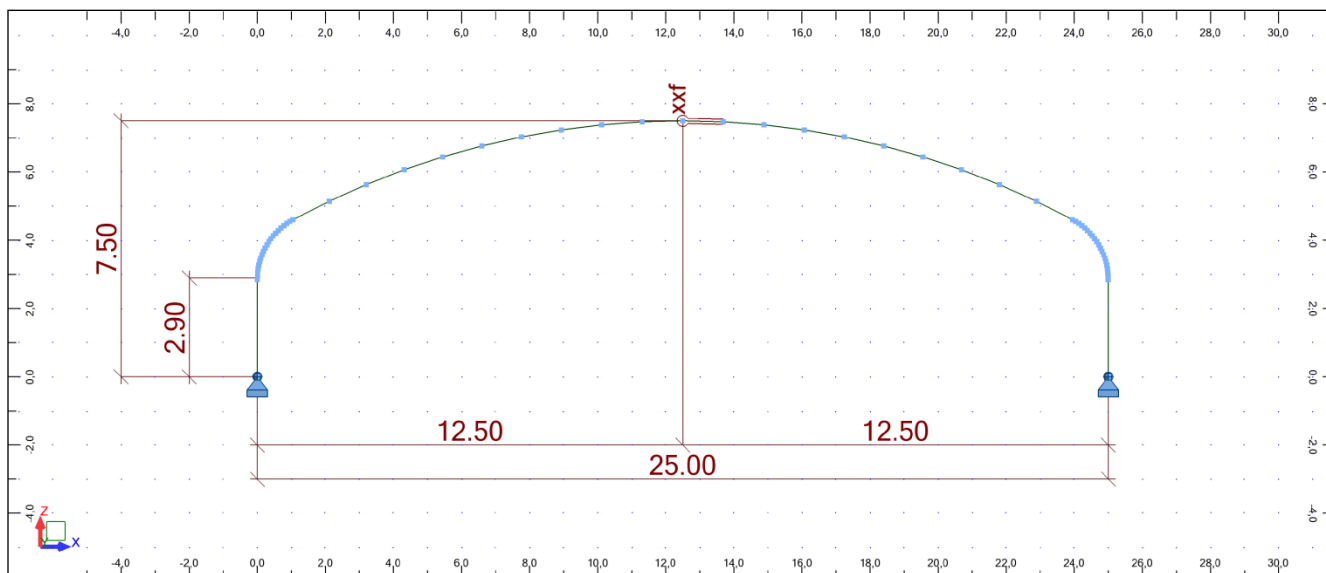
Project: lenktas remas

Author :

Structure View



Rėmo skaičiuojamoji schema



Data - Bars

ar	N ode 1	N ode 2	Section	Material	Len gth (m)	Gamma (Deg)	Type
	1		platejantis	GL24h	2,8 4	90,0	lenkt- as
	3		platejantis	GL24h	2,8 4	90,0	lenkt- as
	7		lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
	8		lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
	9	0	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
	10	1	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
	11	2	72	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
	12	3	64	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
0	13	4	56	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as

ar	N ode 1	N ode 2	Section	Material	Len gth (m)	Gamma (Deg)	Type
1	1 4	5	48	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
2	1 5	6	40	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
3	1 6		32	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
4	6 7		32	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
5	1 7	8	40	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
6	1 8	9	48	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
7	1 9	0	56	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
8	2 0	1	64	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
9	2 1	2	72	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
0	2 2	3	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
1	2 3	4	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
2	2 4	5	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
3	2 5	6	lenktas remas	GL24h	1,1 9	-90,0	lenkt- as
4	2 6	7	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
5	2 7	8	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
6	2 8	9	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
7	2 9	0	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
8	3 0	1	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
9	3 1	2	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
0	3 2	3	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
1	3 3	4	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as

ar	N ode 1	N ode 2	Section	Material	Len gth (m)	Gamma (Deg)	Type
2	3 4	5	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
3	3 5	6	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
4	3 6	7	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
5	3 7	8	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
6	3 8	9	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
7	3 9	0	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
8	4 0	1	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
9	4 1	2	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
0	4 2	3	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
1	4 3	4	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
2	4 4	5	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
3	4 5		lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
4	4 6		lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
5	4 6	7	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
6	4 7	8	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
7	4 8	9	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
8	4 9	0	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
9	5 0	1	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
0	5 1	2	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
1	5 2	3	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as
2	5 3	4	lenktas remas	GL24h	0,1 1	-90,0	lenkt- as

Bar	Node 1	Node 2	Section	Material	Length (m)	Gamma (Deg)	Type
3	54	55	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
4	55	56	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
5	56	57	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
6	57	58	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
7	58	59	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
8	59	60	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
9	60	61	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
0	61	62	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
1	62	63	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
2	63	64	lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas
3	64		lenktas remas	GL24h	0,11	-90,0	lenktas

Data - Sections

Section name	Bar list	A X (cm2)	A Y (cm2)	A Z (cm2)	IX (cm4)	IY (cm4)	IZ (cm4)
lenktas remas	to7 20to-63	1920,00	1600,00	1600,00	298945,46	92160,00	1024000,00
platejantis	2	1344,00	1120,00	1120,00	188440,41	64512,00	351232,00
32	3 14	768,00	640,00	640,00	79830,54	36864,00	65536,00
40	2 15	960,00	800,00	800,00	115356,11	46080,00	128000,00
48	1 16	1152,00	960,00	960,00	151744,20	55296,00	221184,00
56		1344,00	1120,00	1120,00	188440,41	64512,00	351232,00

Section name	Material	A X (cm ²)	A Y (cm ²)	A Z (cm ²)	IX (cm ⁴)	IY (cm ⁴)	IZ (cm ⁴)
	0 17	44,00	20,00	20,00	41	2,00	
64	18	15 36,00	12 80,00	12 80,00	225245, 44	7372 8,00	524288,00
72	19	17 28,00	14 40,00	14 40,00	262088, 73	8294 4,00	746496,00

Data - Materials

	Material	M (MPa)	E (MPa)	ν	α X (1/°C)	γ O (kN/m ³)	f _t e (MPa)
1	G L24h	1000,00	90,00	,00	0 ,00	3, 43	2 4,00

Data - Supports

Support name	List of nodes	List of edges	List of objects	Support conditions
Pinned	1 3			UX UZ

Loads - Cases

Case	Label	Case name
1	DL1	Nuolatinės
2	DL1	Sniegas
3	SN2	Vėjas
4		n+s
5		n+w
6		n+s+w
7		n+w+s

Case	Label	Case name
8		n+s
10		n+w
11		n+s+w
12		n+w+s

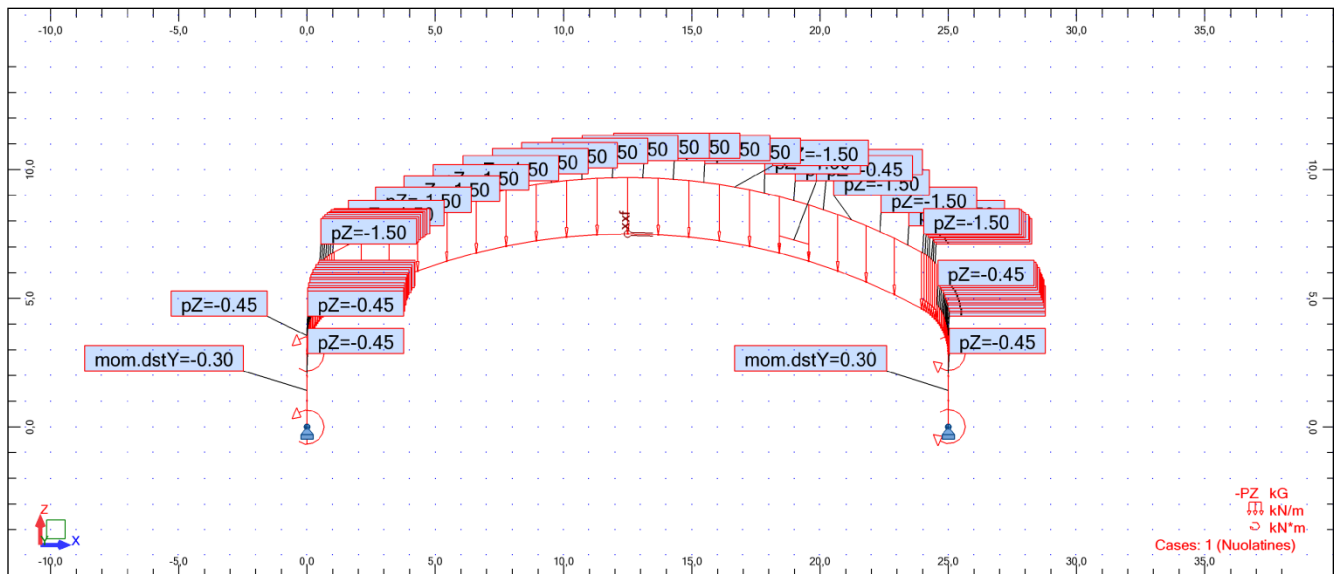
Case	Nature	Analysis type
1	Structural	Static - Linear
2	snow	Static - Linear
3	wind	Static - Linear
4		Linear Combination
5		Linear Combination
6		Linear Combination
7		Linear Combination
8		Linear Combination
10		Linear Combination
11		Linear Combination
12		Linear Combination

Loads - Values

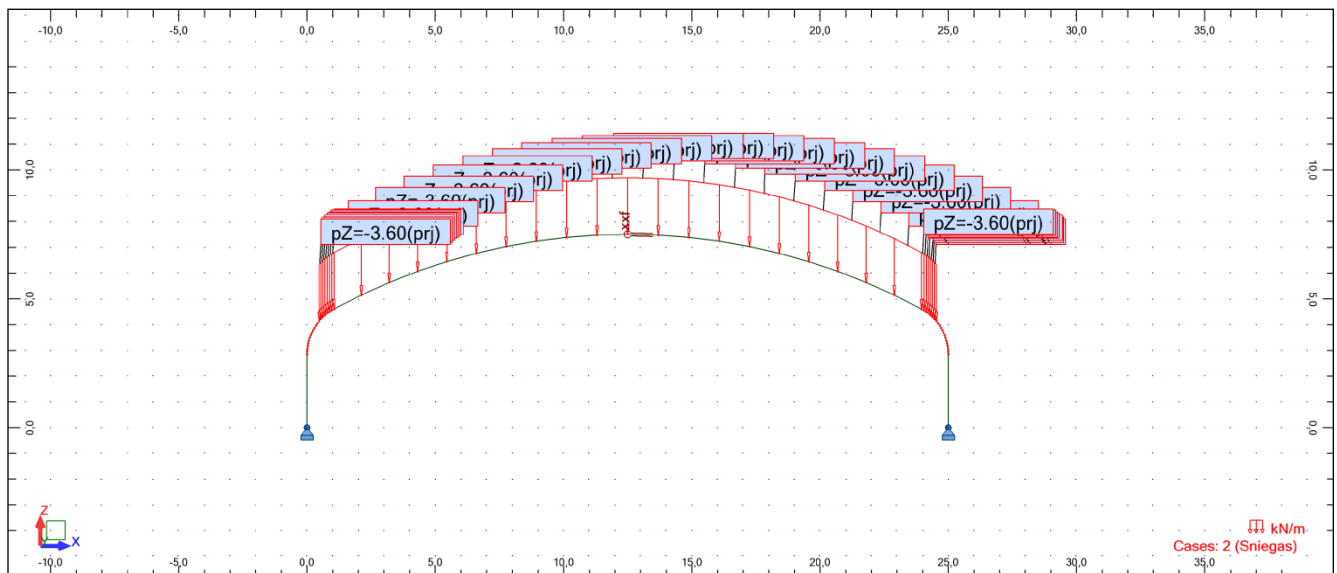
Case	Load type	List	Load values
1	self-weight	1 2 4to63	PZ Negative Factor=1,00
1	uniform load	14to- 23	PZ=-1,50(kN/m)
1	uniform load	24to- 30	PZ=-1,50(kN/m)
1	uniform load	4to13 57to63	PZ=-1,50(kN/m)
1	uniform load	1 31- to43	PZ=-0,45(kN/m)
1	uniform load	8 43- to56	PZ=-0,45(kN/m)
1	nodal force		FX=0,0(kN) FZ=0,0(kN) CY=0,0(kNm) Beta=0,0(Deg)
1	uniform load	2	PZ=-0,45(kN/m)
1	uniform moment	1	MY=-0,30(kNm/m)
1	uniform moment	2	MY=0,30(kNm/m)

Case	Load type	List	Load values
2	uniform load	4to30 57to63	PZ=-3,60(kN/m) projected
3	uniform load	14to- 30	PZ=-0,90(kN/m) local
3	uniform load	1 31- to43	PX=0,43(kN/m)
3	uniform load	4to13 57to63	PZ=0,25(kN/m) local
3	uniform load	2 44- to56	PX=0,27(kN/m)

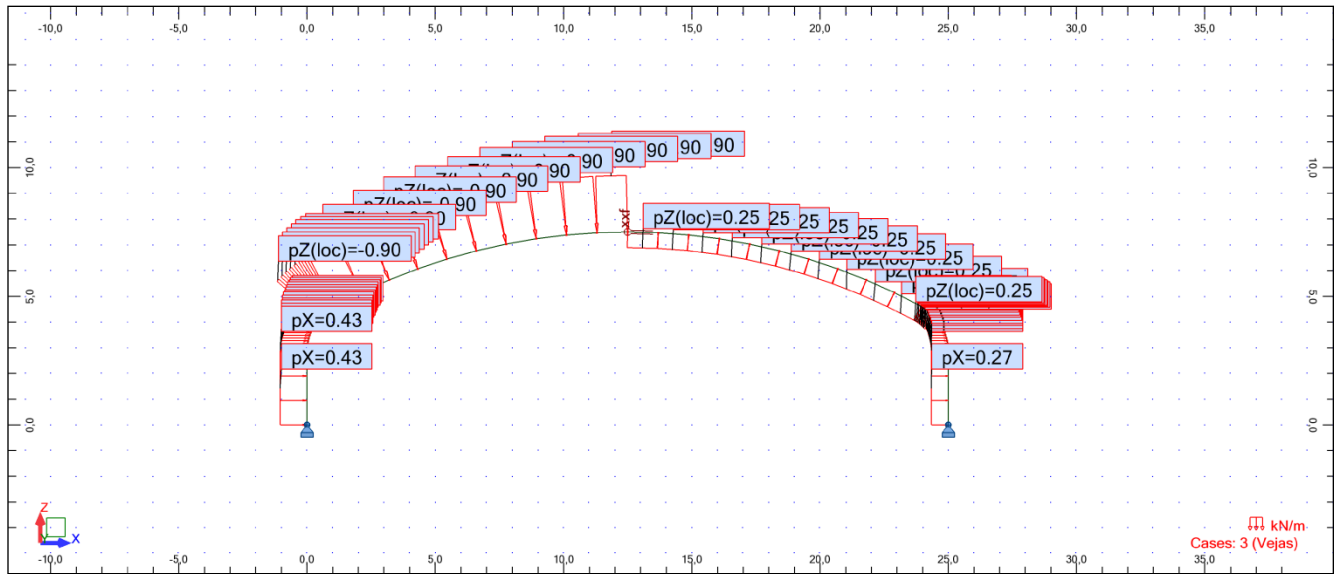
Nuolatinės apkrovos



Sniego apkrovos



Vėjo apkrovos



Combinations

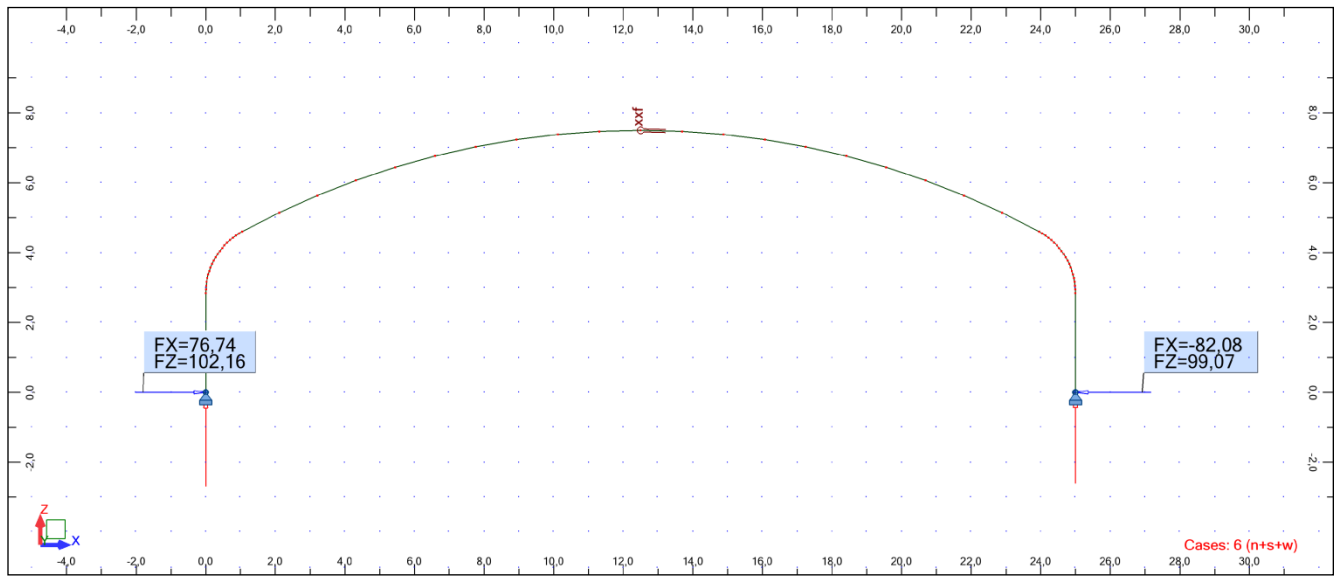
Combinations	Name	Analysis type	Combination type
4 (C)	n+s	Linear Combination	UL-S
5 (C)	n+w	Linear Combination	UL-S
6 (C)	n+s+w	Linear Combination	UL-S
7 (C)	n+w+s	Linear Combination	UL-S
8 (C)	n+s	Linear Combination	SLS
10 (C)	n+w	Linear Combination	SLS
11 (C)	n+s+w	Linear Combination	SLS
12 (C)	n+w+s	Linear Combination	SLS
Combinations	Case nature	Definition	
4 (C)		1*1.35+2*1.30	
5 (C)		1*1.35+3*1.30	
6 (C)		1*1.35+2*1.30+3*0.78	

Combinations	Case nature	Definition
7 (C)		$1*1.35+3*1.30+2*0.91$
8 (C)		$(1+2)*1.00$
10 (C)		$(1+3)*1.00$
11 (C)		$(1+2)*1.00+3*0.60$
12 (C)		$(1+3)*1.00+2*0.70$

Reactions ULS: global extremes

	FX (kN)	FZ (kN)	MY (kNm)
MAX	77,1 6	102, 16	0,00
Node	1	1	3
Case	4 (C)	6 (C)	1
MIN	- 82,08	1,73	- 0,00
Node	3	3	3
Case	6 (C)	3	2

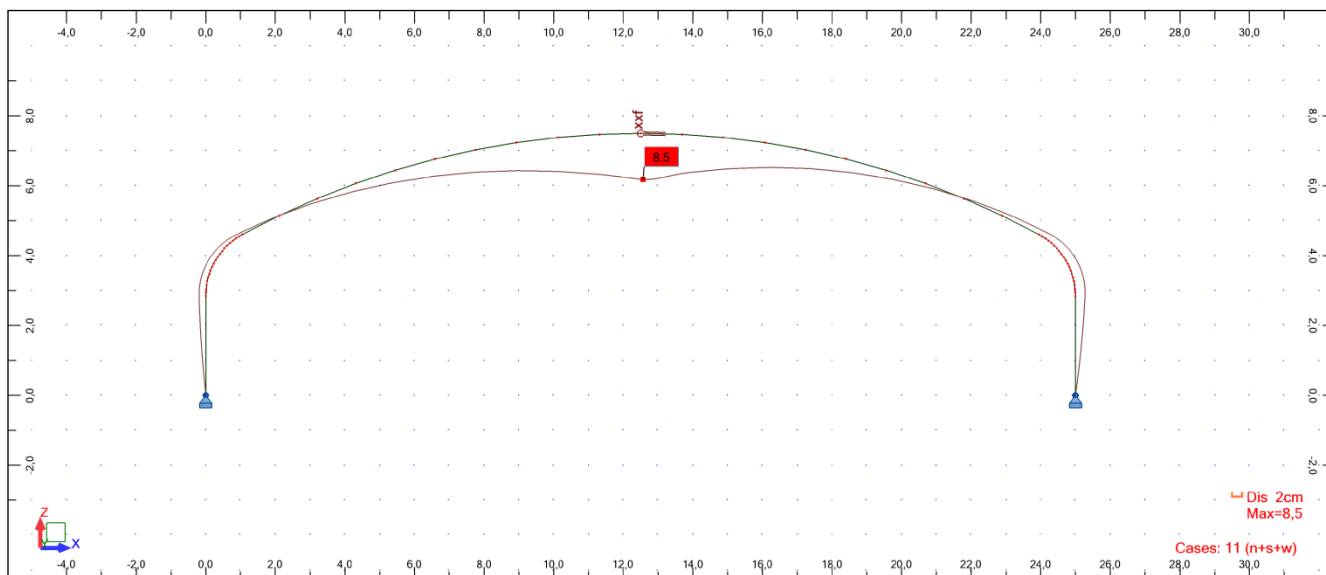
Atraminės reakcijos nuo pavojingiausio derinio



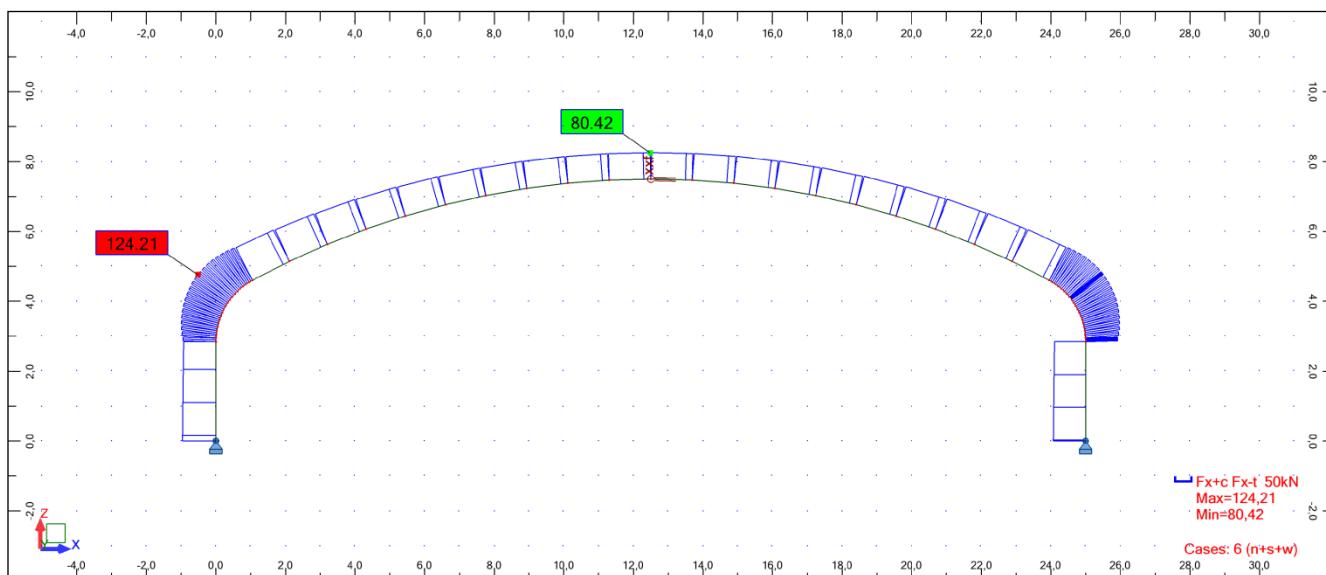
Displacements SLS: global extremes

	UX (cm)	UZ (cm)	RY (Rad)
MAX	2,0	0,4	0,01 0
Node	62	12	6
Case	11 (- C)	3	8 (C)
MIN	-1,6	-8,5	- 0,011
Node	32	6	16
Case	8 (C)	11 (- C)	11 (- C)

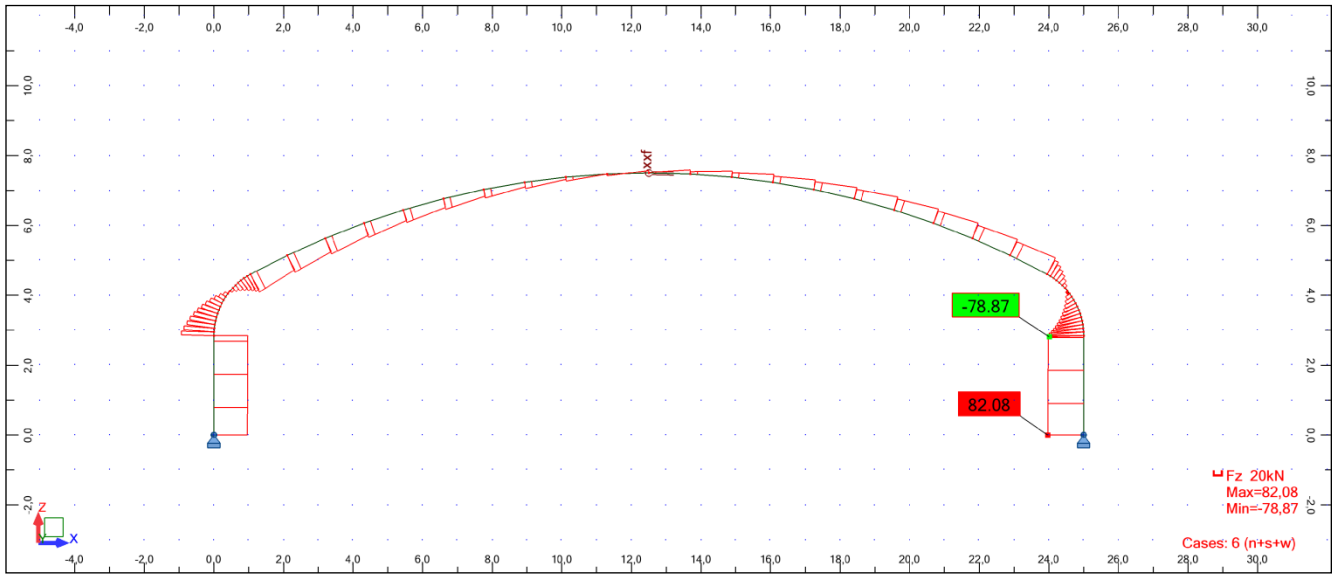
Rėmo deformacijos nuo charakteristinio derinio



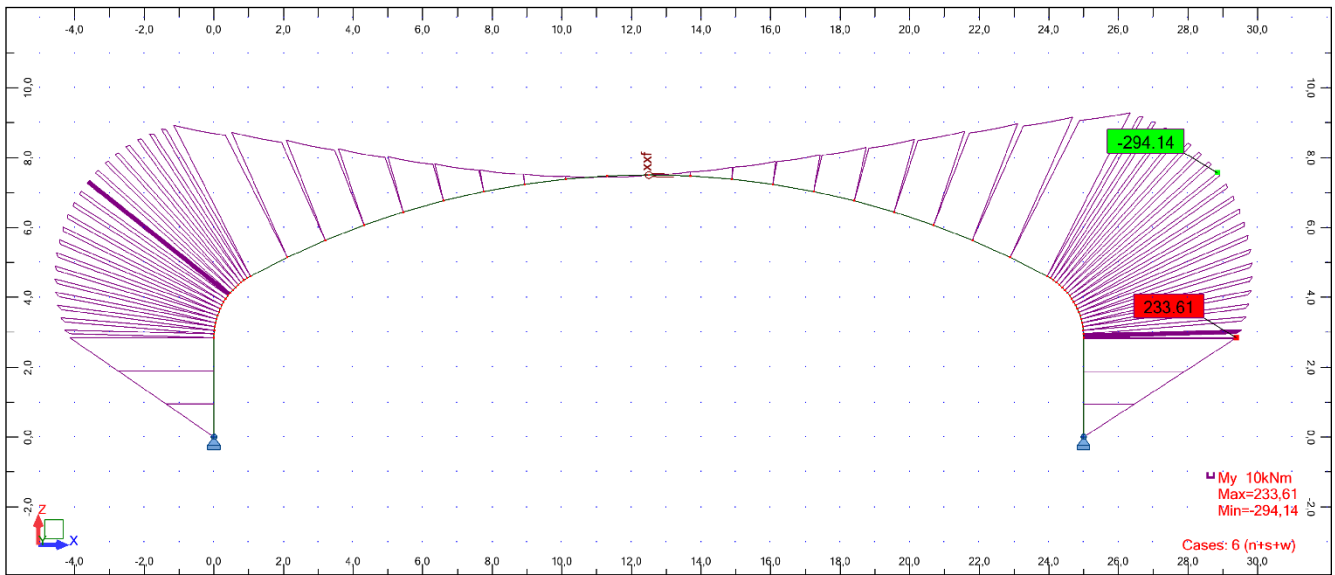
Ašinių jėgų diagrama nuo pavojingiausio derinio



Skersinių jėgų diagrama nuo pavojingiausio derinio



Lenkimo momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio



Members - Definition

Member	Name	Components	Code group	Section	Type	y (m)	z (m)
1		1	(N/A)	platejantis	lenktas	,84	,84

Mem ber	Name	Components	Code group	Section	Type	y (m)	z (m)
2		2	(N/A)	platejantis	len- ktas	,84	,84
4		4	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
5		5	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
6		6	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
7		7	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
8		8	(N/A)	72	len- ktas	,19	,19
9		9	(N/A)	64	len- ktas	,19	,19
10		10	(N/A)	56	len- ktas	,19	,19
11		11	(N/A)	48	len- ktas	,19	,19
12		12	(N/A)	40	len- ktas	,19	,19
13		13	(N/A)	32	len- ktas	,19	,19
14		14	(N/A)	32	len- ktas	,19	,19
15		15	(N/A)	40	len- ktas	,19	,19
16		16	(N/A)	48	len- ktas	,19	,19
17		17	(N/A)	56	len- ktas	,19	,19
18		18	(N/A)	64	len- ktas	,19	,19
19		19	(N/A)	72	len- ktas	,19	,19
20		20	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
21		21	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
22		22	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19
23		23	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,19	,19

Mem ber	Name	Components	Code group	Section	Type	y (m)	z (m)
24		24	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
25		25	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
26		26	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
27		27	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
28		28	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
29		29	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
30		30	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
31		31	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
32		32	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
33		33	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
34		34	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
35		35	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
36		36	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
37		37	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
38		38	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
39		39	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
40		40	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
41		41	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
42		42	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
43		43	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
44		44	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11

Mem ber	ame N	Components	ode group	Section	Typ e	y (m)	z (m)
45		45	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
46		46	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
47		47	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
48		48	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
49		49	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
50		50	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
51		51	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
52		52	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
53		53	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
54		54	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
55		55	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
56		56	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
57		57	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
58		58	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
59		59	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
60		60	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
61		61	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
62		62	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11
63		63	(N/A)	lenktas rem- as	len- ktas	,11	,11

Rėmo laikomosios galios tikrinimas didžiausių įrašų vietoje – karnizo
mazgas

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: *EN 1995-1:2004/A1:2008*
ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: **4** POINT: **1** COORDINATE: **x = 0.00 L = 0.00 m**

LOADS:

Governing Load Case: *6 n+s+w 1*1.35+2*1.30+3*0.78*

MATERIAL

 GL24h

gM = 1.25 f m,0,k = 24.00 MPa f t,0,k = 16.50 MPa f c,0,k = 24.00 MPa
f v,k = 2.70 MPa f t,90,k = 0.40 MPa f c,90,k = 2.70 MPa E 0,moyen = 11600.00 MPa
E 0,05 = 9400.00 MPa G moyen = 720.00 MPa Service class: 3 Beta c =

0.10



SECTION PARAMETERS: lenktas remas

ht=24.0 cm Ay=1280.00 cm² Az=1280.00 cm² Ax=1920.00 cm²
bf=80.0 cm Iy=92160.00 cm⁴ Iz=1024000.00 cm⁴ Ix=298945.5 cm⁴
tw=12.0 cm Wy=7680.00 cm³ Wz=25600.00 cm³

STRESSES

Sig_c,0,d = N/Ax = 112.44/1920.00 = 0.59 MPa
Sig_m,z,d = MZ/Wz = 279.79/25600.00 = 10.93 MPa
Tau y,d = 1.5*-42.08/1920.00 = -0.33 MPa

ALLOWABLE STRESSES

f c,0,d = 13.44 MPa
f m,z,d = 13.44 MPa
f v,d = 1.51 MPa


Factors and additional parameters


kh = 1.10 kh_z = 1.00 kmod = 0.70 Ksys = 1.00 kcr = 0.67



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:

 About Y axis:
LY = 1.19 m Lambda Y = 17.22
Lambda_rel Y = 0.28
LFY = 1.19 m kcy = 1.00

 About Z axis:
ky = 0.54

VERIFICATION FORMULAS:

(Sig_c,0,d/f c,0,d)² + Sig_m,z,d/f m,z,d = (0.59/13.44)² + 10.93/13.44 = 0.82 < 1.00 (6.20)
(Tau y,d/kcr)/f v,d = (0.33/0.67)/1.51 = 0.32 < 1.00 (6.13)

Section OK !!!

Darbo sąn. kateg. 1.6		žm.val.	4.7	3.29	4.01	13
230466	Antiseptikas (skiedinys)	I	11.0	7.7	5.25	40
N10P-1101	Darbo užm. 13.19	Medžiagos 40.42	Mechanizmai		Iš viso 53.61	
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 218	Medžiagos 4031	Mechanizmai 103		Iš viso 4352	
Viso žiniaraštyje	2 Darbo užm. 218	Medžiagos 4031	Mechanizmai 103		Iš viso 4352	
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			121		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				3	
	Sezoniniai darbai 15.00% (0)					
	Specifiniai darbai 17.00%		7			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(218+7)		18			
		Viso:	243	4152	106	4
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(218+7+18)		75			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	318	4152	106	4
	Statybvietės išlaidos 9.00%					
	Iš viso tiesioginės išlaidos					4
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(218+7+18)					
	Pelnas 5.00%(4988+73)					
	Iš viso netiesioginės išlaidos					
					Bendra vertė be PVM	5
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					1115
					Bendra vertė su PVM	6425

Sudarė :

/Pavardė/

