



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

Karolis Bimbiris

**METALINIŲ PROFILIŲ, NAUDOJAMŲ  
DAUGIAAUKŠČIO SKYDINIO NAMO KARKASE,  
ATSPARUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Dainius Vaičiulis

PANEVĖŽYS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**  
**TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

**METALINIŲ PROFILIŲ, NAUDOJAMŲ DAUGIAAUKŠČIO**  
**SKYDINIO NAMO KARKASE, ATSPARUMO TYRIMAS**

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

**Vadovas**

Prof. Dr. Dainius Vaičiulis

**Recenzentas**

Dr. Danas Garuckas

**Projektą atliko**

Karolis Bimbiris

PANEVĖŽYS, 2017





Karolis Bimbiris. *Metalinų profilių, naudojamų daugiaaukščio skydinio namo karkase, atsparumo tyrimas*. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Dainius Vaičiulis; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *Skydinis namas, metaliniai profiliai, kolonos, sijos, HEB profilis*.

Panevėžys, 2017. 46 p.

## **SANTRAUKA**

Skandinavijoje vis dažniau norima atnaujinti arba praplėsti esamą, tarkime dviejų aukštų namą, kaip mano pavyzdyje iš esamo dviaukščio namo, numontavus stogą, buvo dar pristatyti du aukštai. Ši priemonė yra gana efektyvi, nes statybų darbai statybų aikštelėje užtrunka labai neilgai, gali siekti vos kelias dienas. Nes sienų gamyba atliekama ceche ir tai labai patogu, bei greita.

Šiame projekte nagrinėtas skydinio daugiaaukščio namo sijų ir kolonų, sudarytų iš įvairių metalinių profilių bei medinių tašų, atsparumas. Projektą sudaro 3 dalys. 1-oje dalyje aprašoma literatūra, išnagrinėjami keli straipsniai. 2-oje dalyje atliekami analitiniai skaičiavimai naudojantis STR metodika. 3-oje dalyje SAW metodu palyginimu parenkami geriausi sprendimai.

Atlikus tyrimą gauta: kad metalinis profilis HEA 160 yra tinkamiausias naudoti sijoms. O kolonomis naudoti tinkamiausias profilis 100x100x10,

Bimbiris, Karolis. **Metal profiles used in multi- storey frame house resistance test.**: Master's thesis in / supervisor assoc. prof. Dainius Vaičiulis. The Faculty of Panevezys Technology and Business. Kaunas University of Technology.

Research area and field: Metal profiles, panel house.

Key words: Panel houses, metal profiles, columns, beams, HEB profile.

Panevėžys, 2017. 46 p.

## **SUMMARY**

Scandinavia increasingly want to upgrade or expand an existing one. Suppose a two-storey house, as my example of an existing double decker home, after dismantling the roof, It was still present two high. This tool is quite effective, because the construction work at the construction site takes a very short time, can reach in just a few days. For the walls manufacturing is carried out in the workshop, and it is very convenient and fast.

This project investigated the panel multistory building beams and columns, composed of various metal profiles and wooden beams, resistance. The project consists of 3 parts. Part 1 describes the literature, examined a few articles. Part 2 performed analytical calculations using the STR method . 3-Part SAW method of comparison chosen the best solutions.

The investigation received: that metal profile HEA 160 is suitable for use beams. The columns to use the most appropriate profile 100x100x10,

# TURINYS

1. TEORINĖ - ANALITINĖ DALIS.....	9
1.1. Metalinių konstrukcijų pranašumai .....	10
1.2. Metalinių konstrukcijų trūkumai .....	11
1.3. Pagrindiniai medinių konstrukcijų privalumai yra.....	11
1.4. Eurocode 3: Design of steel structures. ( Eurokodas 3: Plieninių konstrukcijų projektavimas ).....	13
1.5. Metalinių kolonų stiprinimas veikiant apkrovai: gniuždant, lenkiant.....	14
1.6. Medinių skydų naudojimas metalinio rėmo pastatuose .....	15
1.7. Metalinių sijų apkrovų įvertinimas .....	15
2. TIRIAMOJI DALIS.....	16
2.1. Skaičiavimo metodologija.....	16
2.2. Metalinio profilio HEB 160 stiprumo skaičiavimas .....	17
2.3. Metalinio profilio HEA 160 stiprumo skaičiavimas .....	20
2.4. Metalinio profilio HEB 220 stiprumo skaičiavimas .....	21
2.5. Medinės 160 × 220 sijos stiprumo skaičiavimas.....	22
2.6. Medinės 160 × 160 sijos stiprumo skaičiavimas.....	25
2.7. Medinės 120 × 120 sijos stiprumo skaičiavimas.....	26
2.8. Medinės kolonos stiprumo skaičiavimas.....	27
2.9. Metalinės kolonos gniuždymo skaičiavimas.....	29
3. SAW METODAS .....	35
3.1. Metalinių sijų sprendimų matrica.....	36
3.2. Medinių sijų sprendimų matrica.....	37
3.3. Metalinės ir medinės kolonų palyginimas.....	39
3.4. Geriausios metalinės ir medinės sijos palyginimas.....	41
IŠVADOS.....	43
LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS .....	44
PRIEDAI .....	46

## ĮVADAS

Iki šiol Norvegijoje yra išlikę karkasinės statybos statiniai, statyti 10-11 amžiuje. O juk mūsų protėviai nežinojo apie dabar naudojamas impregnavimo priemones, džiovinimo kameras, specialius metalinius tvirtinimo elementus. Technologiškai taisyklingai pastatytas ir tinkamai prižiūrimas karkasinis-skydinis namas tarnauja 100 metų. Galima sakyti, kad kiekvienas namas stovi tol, kol jame gyvenama ir kol jis prižiūrimas. Ir mūriniai apleisti pastatai greitai susensta. Dėl renovacinių savybių – karkasiniai-skydiniai namai neturi sau lygių. Namų savininkas gali nesunkiai pakeisti išorės ar vidaus apdailą, sutvirtinti atskirus karkaso elementus, sumontuoti papildomus priestatus ar vidaus pertvaras, pakeisti ar remontuoti sienose sumontuotas komunikacija.

Skydinių namų statyba yra dar tik auganti sritis. Karkasiniai namai palyginus su namais, statytais kitomis tradicinėmis technologijomis ir turinčiais tokias pačias šilumines charakteristikas, yra gerokai pigesni. Tiek išorinės sienos, tiek vidinės pertvaros, dėl karkasinės konstrukcijos esant reikalui nesunkiai permontuojamos, pristatomos naujos, namas nesunkiai modernizuojamas. Tokios sienos pasižymi geromis garso izoliacinėmis savybėmis.

**Tyrimų objektas:** metaliniai ir mediniai profiliai, naudojami daugiaaukščio skydinio namo karkase.

**Projekto tikslas:** išanalizuoti metalinių ir medinių profilių stiprumą medinio daugiaaukščio namo karkase.

### **Uždaviniai:**

- ištirti sijų ir kolonos, sudarytų iš metalinių profilių, stiprumą bei laikomąją galią;
- ištirti sijų ir kolonos, sudarytų iš medinių stačiakampių profilių, stiprumą bei laikomąją galią;
- palyginti mediniu bei metalinių konstrukcijų kainą;
- SAW tyrimu metodu parinkti metalinės bei medinės sijos ir kolonos optimalų variantą.

**Projekto apimtis ir struktūra.** Baigiamojo projekto aiškinamąjį raštą sudaro: įvadas, teorinė analitinė dalis, tiriamoji dalis, SAW metodo tyrimas (kuriuose yra 14 paveikslėlių ir 17 lentelių), išvados bei literatūros šaltinių sąrašas. Baigiamojo projekto apimtis – 46 psl.



## 1. Teorinė - analitinė dalis

Skydiniai namai tai namai, pastatyti iš- pagamintų skydų ir sumontuoti statybos aikštelėje. Skydiniai namai nuo karkasinių skiriasi tuo, kad skydai gaminami ir tik po to montuojami statybos aikštelėje. Skydo konstrukcija susideda iš medinio karkaso, plokščių, izoliacinių medžiagų ir apdailos. Medinio karkaso vidinė dalis užpildoma akmens arba stiklo vata. Garo izoliacijai naudojama stabilizuota polietileno plėvelė. Tokia daugiakomponentė konstrukcija garantuoja geras skydo šilumines savybes. Skydiniai namai yra viena populiariausių statybos technologijų užsienyje. [1]



1 pav. Daugiaaukštis skydinis namas

Šių namų statyba yra ekonomiškai ir draugiška aplinkai, tokio pastato eksploatacijos kaštai yra mažesni nei namo iš blokelių. Ši statybos technologija įsitvirtino dėl paprasto ir greito statybos būdo bei ekologiškumo. Modernios architektūrinės tendencijos, naujos statybinės medžiagos ir technologijos suteikia vis daugiau galimybių gaminti surenkamus skydinius namus. Skydinių - karkasinių namų gamyba Europoje pradėta plėtoti prieš 50 metų. Būtent tokiuose namuose gyvena dauguma Vokietijos, Norvegijos, Suomijos ir kitų šalių gyventojų. Šie skaičiai nuolat auga ir kitose šalyse. [1]

Pagrindiniai skydinio namo elementai yra skydai ir rėminės konstrukcijos. Medinio skydinio namo konstrukcijos: išorės ir vidaus sienos, perdanga, stogas, surenkami iš skydų.

Kadangi skydinės sienos, denginiai ir perdangos gaminamos uždaroje patalpose, todėl nepriklauso nuo oro sąlygų. Taip pasiekama aukšta kokybė, nes yra didesnės galimybės naudoti specialią įrangą, kontroliuoti gamybos ir gaminių laikymo sąlygas. Namo inžinerinė įranga ir apdaila gali būti atliekama gamykloje arba statybos aikštelėje. Skydinių namų gamybos technologijoje (kaip ir karkasinių namų) išvengiama „šlapių procesų“, sumažėja nepanaudotų medžiagų kiekis.[2]

Gamykloje pagaminto namo išbaigtumas gali būti iki 80 proc., surinkimas užtrunka iki kelių dienų, todėl išvengiama neigiamos blogo oro įtakos statybos kokybei. Vidaus apdailos darbus galima pradėti iškart po namo sumontavimo. Išorės apdaila neribojama, galima pasirinkti medines dailylentes, tinką, mūrą ar klijuojamas klinkerio plyteles.



2 pav. Daugiaaukščio skydinio namo karkasas [9]

Daugiaaukščiam skydiniam namui dažniausia naudojami juostiniai, gręžtiniai pamatai, visa tai priklauso nuo grunto kuriame statomas namas. Pastatas sustiprinamas metalinėmis sijomis ir kolomis. Metalinis karkasas apstatomas jau pagamintais skydais (žiūrėti priede).

### **1.1. Metalinių konstrukcijų pranašumai**

Metalinių konstrukcijų medžiaga – plienas – yra stipri ir patvari. Dėl aukštos plieno proporcingumo ribos plieninės konstrukcijos dirbdamos deformuojasi tiesiškai, todėl, jas skaičiuojant, taikomi tikslūs tiesiškai deformuojamų sistemų skaičiavimo metodai, tiksliai parenkami konstrukciniai elementai. Plieninių konstrukcijų darbas yra aiškus, pačios konstrukcijos patikimos. Kadangi plienas yra sąlyginai vienodos struktūros, galima visiškai išnaudoti jo stiprumą.[3]

Konstrukcijų lengvumas geriausiai įvertinamas santykiu, kuris nurodo konstrukcijos iš atitinkamos medžiagos didžiausią galimą aukštį. Iš šio santykio matyti, kad metalinės konstrukcijos yra lengviausios.

Metaliųjų konstrukcijų elementus lengva pagaminti fabrikuose mechanizuotai, o statybos vietoje juos sumontuoti. Industrinė statyba yra ekonomiška, pigi ir greita.

Metalinės konstrukcijos, ( taisyklingai jas eksploatuojant, ) yra ilgaamžės.

Kadangi metalinės konstrukcijos lengvos ir jų elementai įvairūs, tai jas galima komponuoti taip, kad visas pastatas, jo interjeras geriausiai atitiktų estetinius reikalavimus.[3]

## **1.2. Metalinių konstrukcijų trūkumai**

Mažas plieninių konstrukcijų atsparumas korozijai (aliumininės konstrukcijos yra daug atsparesnės korozijai). Statybinis plienas neatsparus korozijai, nes jame yra labai mažai anglies, taip pat kitų priemaišų (mangano, nikelio, vario), kurios didina atsparumą korozijai.

Paprasčiausiai plienas apsaugomas nuo korozijos, jį dažant. Prieš dažant plieno paviršius gerai nuvalomas ir padengiamas švino arba geležies oksidu, kuris geriau sukimba su plieno paviršiumi. Paskui jau dažoma įvairiais mineraliniais dažais, atskiestais pokostu. Vandenyje arba žemėje esančioms plieninėms konstrukcijoms apsaugoti nuo korozijos tinka bituminis lakas.[3]

Metalinės konstrukcijos nelabai atsparios ugniai. Aukštoje temperatūroje plienas greitai įkaista ir netenka savo pradinio stiprumo. Pakilus temperatūrai iki 500°C, plieno stiprumas sumažėja 50 %. Norint apsaugoti nuo gaisro, plieninės konstrukcijos apdengiamos ugniai atspariomis medžiagomis: asbesto ir cemento skiediniu arba betonu. Efektyviausia ir dažniausiai vartojama priešgaisrinė priemonė – plieninių elementų apibetonavimas. Betono sluoksnis yra ne tik priešgaisrinė ir prieškorozinė priemonė, bet kartu ir sudėtinė konstrukcijos dalis.[3]

## **1.3. Pagrindiniai medinių konstrukcijų privalumai yra**

1. Didelis santykinis stiprumas (stiprio ir tankio santykis), ir dėl to medinės konstrukcijos būna lengvos.
2. Mažas šilumos laidis, palyginti su metalu, gelžbetoniu, mūru, todėl medieną galima naudoti kaip laikančiąją ir atitvarinę konstrukciją.
3. Didelis cheminis atsparumas. Mediena kelis kartus atsparesnė daugeliui cheminių poveikių negu metalas arba gelžbetonis.
4. Paprasta apdoroti, sujungti, montuoti.[3]

Sijos – pagrindinis laikantysis perdangos konstrukcinis elementas. Ant jo dedami grindų elementai, o iš apačios pritvirtinamos lubos. Gali būti atskirai dedamos grindų sijos, kurios perima beveik visą pagrindinį krūvį, ir atskirai lubų sijos, kurios perima krūvį nuo lubų ir termoizoliacinio sluoksnio sunkio.

Perdangoms įrengti metalinės sijos naudojamos jau daugiau kaip šimtas metų. Plačiausiai taikomos valcuotojo profilio sijos. Esant didelėms apkrovoms arba angoms naudojamos sudėtinės sijos.

Sudėtinės sijos paprastai daromos dvitėjo skerspjuvio. Prie vertikaliosios sienelės kertinėmis siūlėmis privirinami juostiniai lakštai arba prie sienelės privirinami kampuočiai, o prie jų – juostiniai lakštai, norint sustiprinti juostas. Juostinių lakštų plotis imamas  $(1/4-1/5) h$  storis – 10–40 mm ir turi būti ne mažesnis už sienelės storį. Galingesnių sijų juostos daromos iš kelių lakštų.[3]

Sijos yra labai paprastos ir lengvai pagaminamos konstrukcijos, todėl plačiai naudojamos civilinėje ir pramoninėje statyboje, statant tiltus bei hidrotechninius statinius. Jos gali būti valcuotos arba sudėtinės, sudarytos iš lakštų bei kampuočių.[5]

Sijos ekonomiškumą ir jos gerą darbą galima vertinti jos atsparumo momento  $W$  ir skerspjuvio ploto  $F$  santykiu arba branduolio spinduliu  $\zeta = W/F$ . Kuo didesnis šis santykis, tuo ekonomiškesnė sija.[5]

Pagal parėmimo būdą sijos skirstomos į dviatrames, daugiaatrames, gembines. Kad būtų patogiau montuoti, plieninėms konstrukcijoms plačiausiai naudojamos dviatramės sijos, nors standesnės ir ekonomiškesnės yra daugiaatramės nekarpytos sijos. Šios sijos labai jautrios bet kokiems eksploatavimo darbo sąlygų pokyčiams, pavyzdžiui, atramų sėdimui ir t.t. Todėl nekarpytas sijas patariama naudoti tik tada, kai gerai iširtos jų darbo sąlygos.

Sijos labai plačiai naudojamos civilinių ir visuomeninių pastatų perdangoms, pramoninių pastatų darbo aikštelių sijynams, kaip pokraninės sijos. Iš sijų tiltų važiuojamosios dalies, užtvankų skydų, šliuzų ir kitų hidrotechninių konstrukcijų sijynai.[3]

Didelę įtaką medinių konstrukcijų naudojimo laikui pailginti turi įvairios konstrukcinės priemonės:

1. Sausos medienos naudojimas ir apsaugojimas, kad nesudrėktų statant ir eksploatuojant.
2. Projektuoti taip, kad prie medinių elementų prieitų oras ir jie gerai vėdintųsi.
3. Siekti, kad nesusidarytų kondensatas.
4. Naudoti medieną be žievės.
5. Užglaistyti medienos nelygumus ir plyšius.
6. Išsikišusias į išorę medienos dalis apdoroti taip, kad nesusilaikytų ir gerai nutekėtų vanduo.[3]

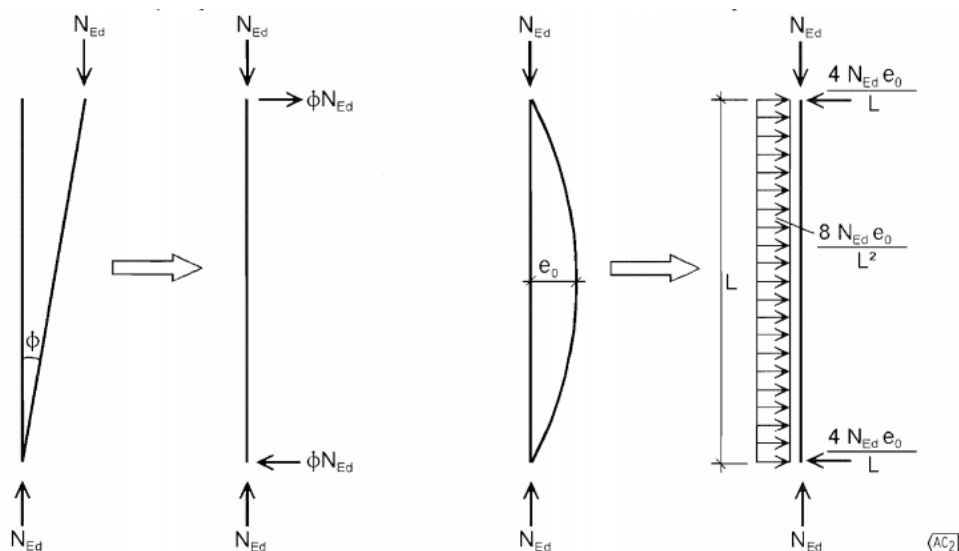
## 1.4. Eurocode 3: Design of steel structures. ( Eurokodas 3: Plieninių konstrukcijų projektavimas )

„Eurocode 3“ pagrindinėmis plienų mechaninėmis savybėmis yra stiprumas, tamprumas bei plastiškumas. Šios savybės apibūdinamos įtempiais, pailgėjimu ir smūginiu tąsumu.

Suvirintos tėjinės ir kampinės jungtys dėl suvirinimo metu veikiančių įtempių ir temperatūrinių deformacijų ties virintinėmis siūlėmis turi polinkį pleišėti. Plyšiai atsiranda pagrindiniame metale ties virintinėmis siūlėmis. Jie gali atsirasti lakšto paviršiuje terminio poveikio srityje arba ties sulydymo linija. Plyšiai, susiformavę ilgame ruože išilgai virintinių siūlių, turi didelės įtakos jungties atspario sumažėjimui. Siekiant išvengti tokio pobūdžio jungčių supleišėjimo, šio tipo rėminių mazgų jungčių lakštams reikia naudoti plieno lakštus su pagerintomis deformacijos statmenai gaminio paviršiui savybėmis.[4]

Tačiau elementai gali būti netik virinami, bet ir sukami varžtais. Jungtis stiprinamos plokštėlėmis jos irgi virinant arba sukant varžtais.

Centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas  $\phi$  priklauso nuo strypo storio ir plieno skaičiuotinio stiprio pagal takumo ribą.[4]

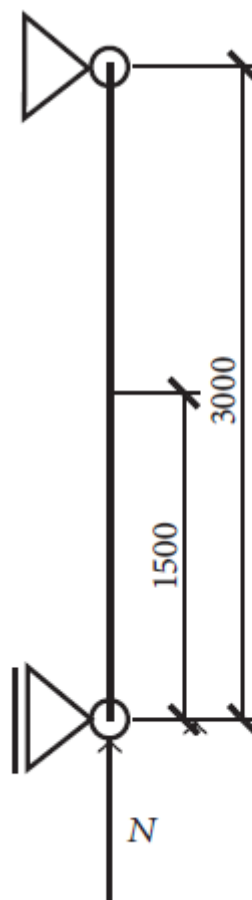


3 pav. Centriškai gniuždomo strypo skaičiuojamoji schema:  $L$  – ilgis;  $N_{Ed}$  – ašinė jėga;

$e_0$  – atsitiktinis gniuždomos jėgos pridėjimo ekscentricitetas [4]

## 1.5. Metalinių kolonų stiprinimas veikiant apkrovai: gniuždant, lenkiant

Straipsnyje aprašomas metalinių kolonų stiprumo tyrimas. Naudojantis Eurocode nurodyta metodika apskaičiuota 3 skirtingų dydžių kolonos, veikiant vienodai gniuždymo jėgai. Pagal atliktus skaičiavimus atliko laboratorinį tyrimą ir preso pagalba gniuždė 3 skirtingas kolonas, bet vienodo aukščio.



4 pav. Kolonos įtvirtinimas, gniuždymas [7]

Gautus įlinkių rezultatus lygino su skaičiavimo metu gautais rezultatais ir nustatė. Kad jų tyrimo metu pasirinktos kolonos HEB 160, HEB 180 atitiko gautus rezultatus, naudojantis Eurocode nurodyta metodika. Tačiau HEB 220 kolonos gauti rezultatai nebuvo tikslūs klupumo sąlygos atžvilgiu. Kuo didesnis kolonos aukštis ir plotis tuo klupumo koeficientas bus mažesnis veikiant tokiai pat ašiniai jėgai.[7]

## **1.6. Medinių skydų naudojimas metalinio rėmo pastatuose**

Straipsnyje [9] Leonardas J. Mors-Fortie (Leonard J. Morse-Fortier), aprošoma metalo naudojimas skydiniuose namuose. Metalinis rėmas, apsiūtas mediniais skydais tai nėra visiškai tiklu, tai yra vis tiek medinis skydinis namas tik jo skydų konstrukcijos sustiprintos metalinėmis konstrukcijos sijomis bei kolonomis. Tokio skydinio namo didžiausias uždavinys yra skydų tvirtinimas prie metalinių konstrukcijų. Medis taip sakant „vaikšto“ o metalas labai mažai keičiasi lyginant su medžio savybėmis. Todėl skydai prie metalinių konstrukcijų tvirtinami varžtais, kurie įdedami per angas pro kurias kilus reikalui būtų galima paversti arba atlaisvinti sieną nuo kolonos jeigu tai reikalinga.[9]

## **1.7. Metalinių sijų apkrovų įvertinimas**

Straipsnyje [10] atliekamas tyrimas metalinių sijų nuo IPE 120 iki IPE 600 įlinkio nustatymas naudojant skirtingas plieno klases. Naudojamos plieno klasės S355, S275, sijos įtvirtinimas gembinis abiejose galuose. Sija veikiama iki 2mm įlinkio, nuo jos pradinės būsenos. Taip atliekas visų sijų lenkimas ir išmatuojamos jėgos norimam įlinkiui pasiekti. Straipsnio [10] autoriai padarė išvadą, kad sijų standumas priklauso nuo metalo klasės.

## 2. Tiriamoji dalis

### 2.1. Skaičiavimo metodologija

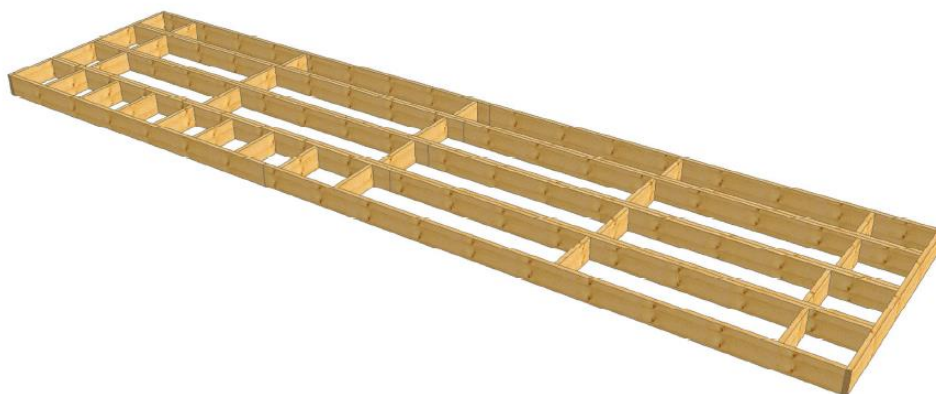
Iš skydinių namų statybos įmonės pastatytų namų archyvo pasirinkau daugiaaukštį skydinių namą. Namų projekte pasirinkau sieną ir perdangą pagal kurias atliksiu skaičiavimus.

Medinė skydinė siena sveria 840 kg, su daline apdaila, neįskaičiuojant durų ir langų, jos ilgis 6 m, o aukštis 2,7 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad karkasinės sienos ploto vieneto masė  $\rho_s$  yra 52,5 kg/m<sup>2</sup>.

Medinė perdanga sveria 330 kg, jos ilgis 10 m, o plotis 2,4 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad perdangos ploto vieneto masė yra 13,7 kg/m<sup>2</sup>.



5 pav. Medinės skydinės sienos 3D maketas



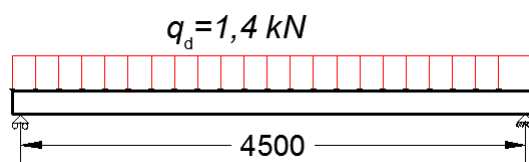
6 pav. Medinės perdangos 3D maketas



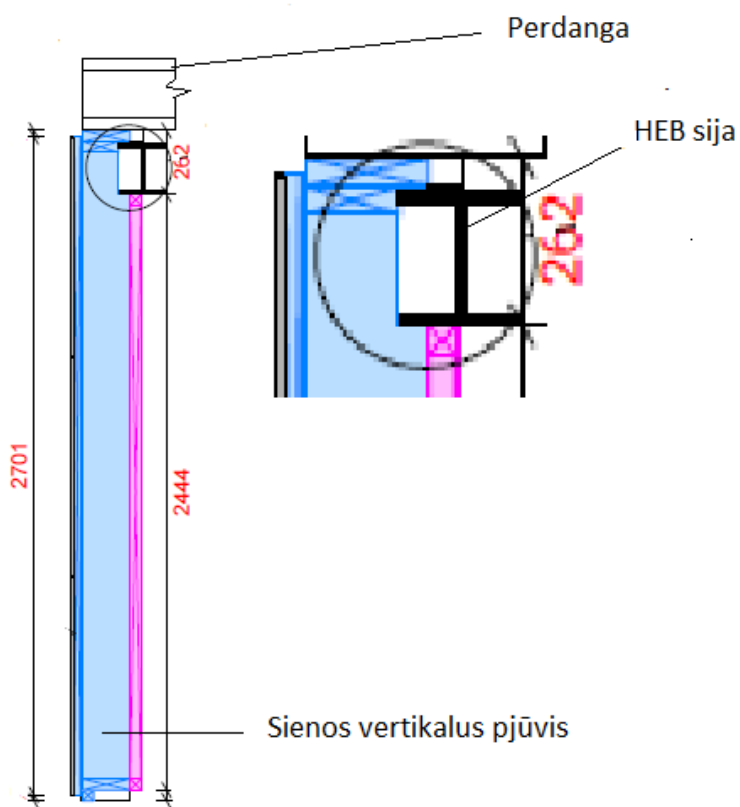
## 2.2. Metalinio profilio HEB 160 stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimo. [17].

Karkaso metaliniam profiliui sijai HEB 160 tolygiai paskirstyta apkrova  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , HEB 160 profilio skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 4,5 \text{ m}$ .



7 pav. Sijos skaičiuojamoji schema



8 pav. Sienos su perdanga mazgas

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, kg/m <sup>2</sup>	Charakteringoji apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
HEB 160,	42,6	0,313	1,35	0,425
Viso	108,8	0,975	1,35	1,19

Skaičiuotina apkrova  $p_d$  :

$$p_d = g_d + q_d ; \quad (1)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 0,756$  kN – skaičiuotina apkrova.

Apskaičiuojamas lenkimo momentas  $M_d$ :

$$M_d = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} ; \quad (2)$$

$M_d$  - skaičiuotinis lenkiamasis momentas,  $l_{eff}$  - skaičiuojamasis ilgis.

Apskaičiuojama skersinė jėga  $V_d$ :

$$V_d = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} . \quad (3)$$

**Saugos ribinis būvis.** Lenkiant vienoje iš svarbiausių plokštumų, kai tangentiniai įtempiai  $\tau \leq 0,9 f_{s,d}$ , tuomet stiprumas  $M$ :

$$\frac{M_d}{M_{pl,Rd}} \leq 1 ; \quad (4)$$

čia  $M_{pl,Rd}$  – skaičiuojamasis skerspjūvio lenkiamasis atsparis pagal takumo ribą.

$$M_{pl,Rd} = c_{pl} \cdot W_{net,min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c ; \quad (5)$$

čia  $c_{pl}$  – ribotųjų plastinių deformacijų koeficientas;  $W_{net,min}$  – skerspjūvio atsparumo momentas;  $f_{y,d}$  – skaičiuojamasis plieno stipris pagal takumo ribą;  $\gamma_c = 0,9$  – elemento darbo sąlygų koeficientas.

Plieno klasė S355 JR, plieno charakteristinis stipris pagal takumo ribą  $f_y = 355$  MPa. Plieno skaičiuotinis stipris:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M}; \quad (6)$$

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

Plieno skaičiuojamasis šlyties stipris  $f_{s,d}$ :

$$f_{s,d} = 0,58 \cdot \frac{f_y}{\gamma_M}. \quad (7)$$

Simetrinio skerspjūvio sijų sienelių pastovumas, įvertinant plastines deformacijas, kai nėra vietinio įtempio:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{t_f b}{t_w h_w}, \text{ tuomet } c_{pl} = 1,09 \quad (8)$$

Tangentiniai įtempiai:

$$\tau = \frac{V_d}{t_w \cdot h}; \quad (9)$$

$$\tau = 7,68 \text{ MPa} < 0,9 \cdot 145 = 130,5 \text{ MPa}; \quad (10)$$

Įvertinę  $V_d$ ,  $t_w$  ir  $h$  vertes gauname, kad  $\tau = 7,68$  MPa. Ši vertė neviršija ribinės  $\tau_{rib} = 0,9 \cdot 145 = 130,5$  MPa.

Skerspjūvio skaičiuojamasis atsparis:

$$M_{pl,Rd} = 26,73 \text{ kNm}. \quad (11)$$

Tikrinamas stiprumas veikiant skaičiuotinai apkrovai:

$$\frac{M_d}{M_{pl,Rd}} = 0,23 < 1. \quad (12)$$

Tikrinamas ribinis būvis veikiant skaičiuotinai apkrovai:

$$f = \frac{5 \cdot p_k \cdot l_{ef}^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \leq f_u; \quad (13)$$

čia:  $p_k$  – tolygiai išskirstytos apkrovos charakteristinė reikšmė;  $E$  – plieno tamprumo modulis;

$I_x$  – sijos inercijos momentas;  $f$  – įlinkis tarpatramio viduryje, m.

$$f_u = 0,0171m; \quad (14)$$

$$f_u = \frac{l_{ef}}{200}; \quad (15)$$

$f_u$  – ribinė įlinkio reikšmė, m;  $f$  - įlinkis.

$$f \leq f_u; \quad (16)$$

$$0,0171m < 0,025m. \quad (17)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

### 2.3. Metalinio profilio HEA 160 stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimo. [17].

Karkaso metaliniai profiliai sijai HEA 160 tolygiai paskirstyta apkrova  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , profilio skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 4,5 \text{ m}$ .

2.2 Lentelė.

Nuolatinė apkrova su metaliniu profilu HEA 160

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, $\text{kg/m}^2$	Charakteringoji apkrova, $\text{kN/m}^2$	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, $\text{kN/m}^2$
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
HEA 160,	30,4	0,367	1,35	0,495
Viso	96,6	1,029	1,35	1,26

Skaičiuotinė apkrova:

$$P_d = g_d + q_d ; \quad (18)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 1,26$  kN - skaičiuotina apkrova.

Tikrinamas ribinis būvis:

$$0,0197m < 0,025m \quad (19)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

#### 2.4. Metalinio profilio HEB 220 stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimo. [17].

Karkaso metaliniai profiliai sijai HEB 220 tolygiai paskirstyta apkrova  $q_d = 1,4$  kN/m<sup>2</sup>, HEB 220 profilio skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 4,5$  m.

2.3 Lentelė.

Nuolatinė apkrova su metaliniu profiliu HEB 220

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, kg/m <sup>2</sup>	Charakteringoji apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova, kN/m <sup>2</sup>
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
HEB 220,	71,5	0,426	1,35	0,575
Viso	137,7	1,088	1,35	1,34

Skaičiuotinė apkrova:

$$P_d = g_d + q_d^2 ; \quad (20)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 1,34$  kN - skaičiuotinė apkrova.

Tikrinamas ribinis būvis:

$$0,0125m < 0,025m. \quad (21)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

## 2.5. Medinės 160 × 220 sijos stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.07:2005: Medinių konstrukcijų projektavimas. [18].

Medinė skydinė siena sveria 840 kg, su daline apdaila, neįskaičiuojant durų ir langų, jos ilgis 6 m, o aukštis 2,7 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad karkasinės sienos ploto vieneto masė  $\rho_s$  yra 52,5 kg/m<sup>2</sup>.

Medinė perdanga sveria 330 kg, jos ilgis 10 m, o plotis 2,4 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad perdangos ploto vieneto masė yra 13,7 kg/m<sup>2</sup>.

2.4 Lentelė.

Nuolatinė perdangos apkrova

Pavadinimas	Masė ploto vienete, kg/m <sup>2</sup>	Charakteringoji apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
Medinė sija 160x220 mm	26,1	0,261	1,35	0,495
Viso	96,6	0,923	1,35	1,388

Skaičiuotina apkrova:

$$P_d = g_d + q_d; \quad (22)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 1,388$  kN – skaičiuotina apkrova.

Poveikių efektai (įrašos). Skaičiuotiniai poveikių efektai nuolatinei situacijai:

Lenkimo momentas

$$M_d = \frac{p \cdot l_{ef}^2}{8}; \quad (23)$$

$M_d$  – skaičiuotinas lenkiamasis momentas;  $l_{ef}$  – skaičiuojamasis ilgis.

Skersinė jėga

$$V_d = \frac{p \cdot l_{ef}}{2}; \quad (24)$$

čia  $V_d$  – skaičiuotinė skersinė jėga;  $p$  – apkrova.

Apskaičiuojamas skaičiuotinis vidutinis kerpamos išilgai pluošto vientisosios medienos stipris:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} \cdot k_{med}; \quad (25)$$

$f_{m,d}$  – skaičiuotinis lenkiamos vientisosios (klijuotosios) medienos stipris;  $f_{m,k}$  – charakteristinis lenkiamos vientisosios (klijuotosios) medienos stipris;  $k_{mod}$  – modifikacijos koeficientas;  $\gamma_m$  – dalinis koeficientas;

Tikrinamas pastovaus vientisinio skerspjūvio lenkiamųjų elementų stiprumas:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}; \quad (26)$$

čia:  $\sigma_{m,d}$  – skaičiuotinis lenkimo įtempis;  $M_d$  – skaičiuotinis lenkiamasis momentas;  $f_{m,d}$  – d skaičiuotinis lenkiamos vientisosios medienos stipris;  $W_d$  – skaičiuotinis skerspjūvio atsparumo momentas.

$$W_d = \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad (27)$$

$W_d$  – skaičiuotinis skerspjūvio atsparumo momentas;  $b$  – skerspjūvio plotis;  $h$  – skerspjūvio aukštis;

Pastovaus vientisinio skerspjūvio lenkiamųjų elementų stiprumas:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}; \quad (28)$$

$$\sigma_{m,d} = 3,294 \text{MPa} < 12 \text{MPa}. \quad (29)$$

Stiprumas tenkina reikalavimus.

Tikrinamas lenkiamųjų elementų kirpimo stipris:

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{I_d \cdot b} \leq f_{v,d}; \quad (30)$$

čia:  $\tau_d$  – skaičiuotinis kirpimo įtempis;  $V_d$  – skaičiuotinė skersinė jėga;  $S$  – elemento skerspjūvio atskeliamos dalies statinis momentas apie neutraliąją ašį;  $I_d$  – elemento skerspjūvio inercijos momentas;  $f_{v,d}$  – skaičiuotinis kerpamos išilgai pluošto vientisosios medienos stipris.

$$S = \frac{b \cdot h^2}{8}; \quad (31)$$

$S$  – ploto statinis momentas;

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad (32)$$

$I$  – skerspjūvio ploto inercijos momentas;

$$\tau_d = 0,52MPa < 1,25MPa; \quad (33)$$

$\tau_d$  – skaičiuotinis kirpimo (šlities) įtempis.

Išvada: kirpimo stipris tenkina reikalavimus.

Tikrinamas dviantramės sijos įlinkis ties tarpatramio viduriu, kai elementą veikia tolygiai išskirstyta apkrova, kuris neturi viršyti ribinių įlinkių  $U$  - 0,018 m.

$$U_{fin} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l_{ef}^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_d} \leq U; \quad (34)$$

čia:  $E_{0,mean}$  – medienos tamprumo modelis;

$$U_{fin} = 0,0057m; \quad (35)$$

$$p_k = \frac{p}{1,3}; \quad (36)$$

$U_{fin}$  - įlinkis.

$$U = \frac{l_{ef}}{250}; \quad (37)$$

$$U_{fin} \leq U. \quad (38)$$

Tikrinamas ribinis būvis:



$$0,0057m < 0,018m . \quad (39)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

## 2.6. Medinės 160 × 160 sijos stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.07:2005: Medinių konstrukcijų projektavimas. [18].

Tiriamajame darbe priimu,  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , Sijos skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 4,5 \text{ m}$ . Medienos stiprio klasė C, kurios stiprumo riba 24 MPa.

2.5 Lentelė.

Nuolatinė perdangos apkrova

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, $\text{kg/m}^2$	Charakteringoji apkrova, $\text{kN/m}^2$	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, $\text{kN/m}^2$
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
Medinė sija 160x160 mm	21,2	0,212	1,35	0,411
Viso	87,4	0,913	1,35	1,304

Skaičiuotinė apkrova:

$$p_d = g_d + q_d ; \quad (40)$$

čia  $g_d = 1,4 \text{ kN}$  – nuolatinė apkrova;  $q_d = 1,304 \text{ kN}$  - skaičiuotina apkrova.

Tikrinamas ribinis būvis:

$$0,0087m < 0,018m . \quad (41)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

## 2.7. Medinės 120 × 120 sijos stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.07:2005: Medinių konstrukcijų projektavimas. [18].

Tiriamajame darbe priimu,  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , Sijos skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 4,5 \text{ m}$ . Medienos stiprio klasė C, kurios stiprumo riba 24 MPa.

2.6 Lentelė.

Nuolatinė perdangos apkrova

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, $\text{kg/m}^2$	Charakteringoji apkrova, $\text{kN/m}^2$	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, $\text{kN/m}^2$
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
Medinė sija 120x120 mm	26,1	0,261	1,35	0,495
Viso	92,3	0,923	1,35	1,26

Skaičiuotinė apkrova:

$$p_d = g_d + q_d; \quad (42)$$

čia  $g_d = 1,4 \text{ kN}$  – nuolatinė apkrova;  $q_d = 1,26 \text{ kN}$  - skaičiuotina apkrova.

Tikrinamas ribinis būvis:

$$0,0134m < 0,018m. \quad (43)$$

Išvada: sąlyga tenkinama, sijos standumas neviršija ribinio įlinkio.

## 2.8. Medinės kolonos stiprumo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.07:2005: Medinių konstrukcijų projektavimas. [18].

Tiriamajame darbe priimu,  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , Kolonos skaičiuotinas ilgis  $l_{ef} = 2,7 \text{ m}$ . Medienos stiprio klasė C, kurios stiprumo riba 24 MPa.

Medinė skydinė siena sveria 840 kg, su daline apdaila, neįskaičiuojant durų ir langų, jos ilgis 6 m, o aukštis 2,7 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad karkasinės sienos ploto vieneto masė  $\rho_s$  yra  $52,5 \text{ kg/m}^2$ .

Medinė perdanga sveria 330 kg, jos ilgis 10 m, o plotis 2,4 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad perdangos ploto vieneto masė yra  $13,7 \text{ kg/m}^2$ .



9 pav. Kolonos skaičiuojamoji schema

Pavadinimas	Masė ploto vienete, kg/m <sup>2</sup>	Charakteringoji apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,057
Medinė kolona 200x300 mm	18,9	0,189	1,35	0,255
Viso	85,1	0,851	1,35	0,957

Skaičiuotinė apkrova:

$$N_{e,d} = g_d + q_d; \quad (44)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 0,957$  - skaičiuotina apkrova; kN;  $N_d$  – skaičiuotina ašinė jėga;

$$\sigma_{c,o,d} = \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot A_d}; \quad (45)$$

$\sigma_{t,o,d}$  – skaičiuotinis tempimo išilgai pluošto įtempis;  $N_d$  – skaičiuotinė ašinė jėga;  $A_d$  – skaičiuotinis elemento skerspjūvio plotas;  $\varphi$  – klupumo koeficientai;

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}; \quad (46)$$

$\lambda$  – elemento liaunis;  $l_{ef}$  – skaičiuojamasis ilgis, ruožas;  $i$  – skerspjūvio inercijos spindulys;

$$l_{ef} = \mu \cdot l; \quad (47)$$

$l_{ef}$  – skaičiuojamasis ilgis, ruožas;  $u$  – įlinkis;  $l$  – tarpatramis, atstumas, ilgis, ruožo ilgis;

$$i = 0,29 \cdot h; \quad (48)$$

$i$  – skerspjūvio inercijos spindulys;  $h$  – skerspjūvio aukštis;

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2}; \quad (49)$$

$\varphi$  – klupumo koeficientai;  $\lambda$  – elemento liaunis;

$$A = 0,1 \cdot b; \quad (50)$$

$A$  – skerspjūvio plotas;

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \cdot k_{mod}; \quad (51)$$

$f_{c,0,d}$  ( $f_{c,0,g,d}$ ) – skaičiuotinis gniuždomos išilgai pluošto vientisosios medienos stipris;  $k_{mod}$  – modifikacijos koeficientas;  $\gamma_M$  – dalinis koeficientas;

$f_{m,k}$  ( $f_{m,g,k}$ ) – charakteristinis lenkiamos vientisosios medienos stipris;

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_d; \quad (52)$$

$$8,41MPa > 9,69MPa . \quad (53)$$

Išvada: mediena yra pakankamo stiprio,

$$V = b \cdot h \cdot l^3; \quad (54)$$

$$m = V \cdot \rho . \quad (55)$$

## 2.9. Metalinės kolonos gniuždymo skaičiavimas

Šiame poskyryje naudota skaičiavimo metodika (formulės) paimta iš STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimo. [17].

Tiriamojame darbe priimu,  $q_d = 1,4 \text{ kN/m}^2$ , Kolonos skaičiuotinas ilgis  $l_{ef}=2,7 \text{ m}$

Medinė skydinė siena sveria 840 kg, su daline apdaila, neįskaičiuojant durų ir langų, jos ilgis 6 m, o aukštis 2,7 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad karkasinės sienos ploto vieneto masė  $\rho_s$  yra  $52,5 \text{ kg/m}^2$ .

Medinė perdanga sveria 330 kg, jos ilgis 10 m, o plotis 2,4 m. Todėl savo skaičiavimuose naudosiu, kad perdangos ploto vieneto masė yra  $13,7 \text{ kg/m}^2$ .

Pavadinimas	Masė ploto vienetė, kg/m <sup>2</sup>	Charakteringoji apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>
Karkasinė siena	52,5	0,525	1,35	0,708
Perdanga	13,7	0,137	1,35	0,185
Metalinis kvadratinis profilis 100x100	9,2	0,0092	1,35	0,012
Viso	75,4	0,754	1,35	0,905

$$N_{e,d} = g_d + q_d; \quad (56)$$

čia  $g_d = 1,4$  kN – nuolatinė apkrova;  $q_d = 0,905$  kN - skaičiuotina apkrova;  $N_d$  – skaičiuotina ašinė jėga;  $N_{e,d}$  skaičiuotina ašinė jėga.

Sijos skerspjūvio geometriniai rodikliai:

$$A = 37 \text{ cm}^2.$$

$$I_y = 410 \text{ cm}^4.$$

$$t = 12.5 \text{ mm}.$$

$$b = 100 \text{ mm}.$$

$$h = 100 \text{ mm}.$$

$A$  skerspjūvio plotas;  $I_y$  skerspjūvio ploto inercijos momentas apie  $y$  ašį;  $t$  storis;  $b$  plotis;  $h$  aukštis.

Elemento skaičiuotiniai ilgiai,  $I_x = 2.25$  m;  $I_y = 1,4$  m

$I_x$  skerspjūvio ploto inercijos momentas apie  $x$  ašį

Plieno charakteristinis stipris pagal takumo ribą  $f_{yd} = \frac{f_y}{1,1}$ .

$$i_x = 0,4h; \quad (57)$$

$i_x$  skerspjūvio inercijos spindulys  $x$  ašies atžvilgiu.

$$i_y = 0,24b; \quad (58)$$

$I_y$  skerspjūvio inercijos spindulys  $y$  ašies atžvilgiu.

$$l_{0x} = \mu \cdot l_x; \quad (59)$$

$$l_{0y} = \mu \cdot l_y; \quad (60)$$

$$\lambda_x = \frac{l_{0x}}{i_x} = 112,5 < 120; \quad (61)$$

$\lambda_x$  elemento liaunis plokštumoje, statmenoje  $x$  ašiai

$$\lambda_y = \frac{l_{0y}}{i_y} = 116,66 < 120; \quad (62)$$

$\lambda_y$  elemento liaunis plokštumoje, statmenoje  $y$  ašiai

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}}; \quad (63)$$

$\bar{\lambda}$  sąlyginis elemento liaunis

Klupumo koeficientas  $\varphi$  nustatomas:

$$kai, \bar{\lambda} > 4,5 \quad tai, \varphi = \frac{332}{\bar{\lambda}^2 (51 - \bar{\lambda})}; \quad (64)$$

$$\varphi = \frac{332}{\bar{\lambda}^2 (51 - \bar{\lambda})}; \quad (65)$$

$\varphi$  centriškai gniuždomojo elemento klupumo koeficientas (centriškai gniuždomojo elemento, skaičiuotino klupumui, skaičiuotino stiprio pagal takumo ribą sumažinimo koeficientas)

$$N_{C,Rd} = \varphi \cdot A_{net} \cdot f_{yd} \cdot \gamma_c; \quad (66)$$

$N_{C,Rd}$  skaičiuotinas centriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis;

$$\frac{N_{Ed}}{N_{C,Rd}} \leq 1,0. \quad (67)$$

Išvada: profilio laikomoji galia tenkina sąlygą.

## Gautų rezultatų suvestinė lentelė

2.9 Lentelė.

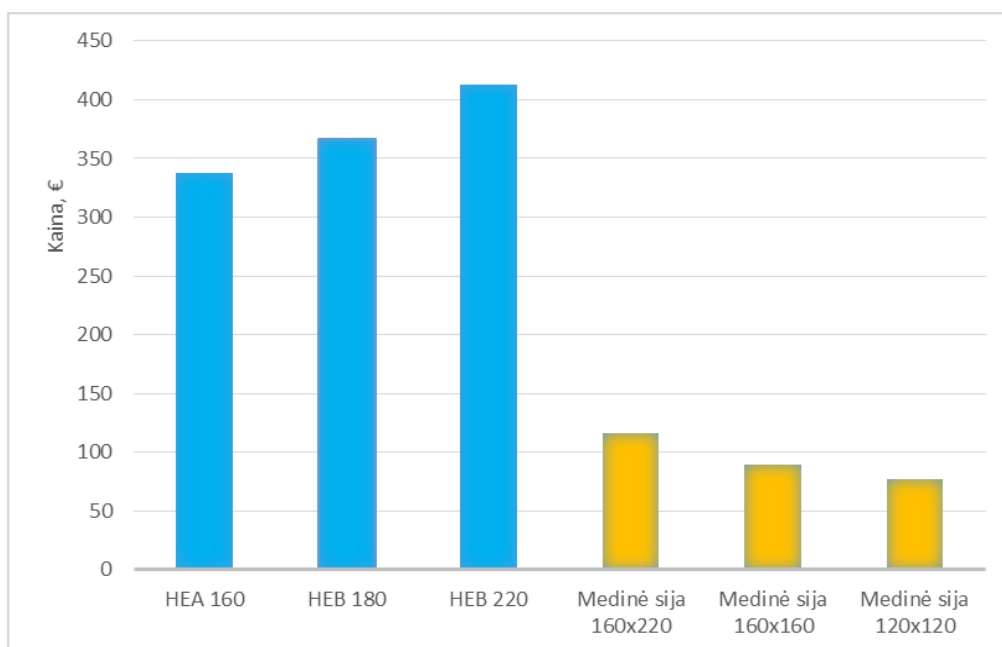
Metalinės sijos	Plieno klasė	Skačiuotinis ilgis <i>l<sub>ef</sub></i> , m.	Skačiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Sijos standumas, m	Ribinis įlankis, m	Stiprumas, kNm.	Stiprumo ribinis būvis
HEA 160	S355	4,5	1,26	0,0197	0,025	0,236	1
HEB 160	S355	4,5	1,19	0,0171	0,025	0,23	1
HEB 220	S355	4,5	1,34	0,0125	0,025	0,201	1
Medinės sijos	Medžio klasė					Stiprumas MPa	
Sija 160x220	C24	4,5	0,797	0,0057	0,018	3,294	12MPa
Sija 160x160	C24	4,5	0,761	0,0087	0,018	4,35	12MPa
Sija 120x120	C24	4,5	1,26	0,0134	0,018	5,67	12MPa
Kolona metalinė	Plieno klasė			Kolonos klupumo koeficientas		Pastovumo atsparis, kN	Laikomosios galios sąlyga $\leq 1$
100x100x10mm	S355	2,7	0,905	0,322		0,83	1
Kolona medinė	Medžio klasė					MPa	MPa
200x300x2700	C24	2,7	0,957	0,346		8,41	9,69



Metaliųjų ir medinių sijų kainų palyginimo lentelė (kainos nustatytos apytiksliai)

2.10 Lentelė.

Sijos žymuo	Skaičiuotinas ilgis $l_{ef}$ , m	Kaina, €
Metalinės sijos		
HEA 160	4,5	337,5
HEB 160	4,5	336,1
HEB 220	4,5	412,5
Medinės sijos		
Sija 160x220	4,5	115,7
Sija 160x160	4,5	89,2
Sija 120x120	4,5	77,2
Kolona metalinė		
100x100x10mm	2,7	47,3
Kolona medinė		
200x300x2700	2,7	53,6



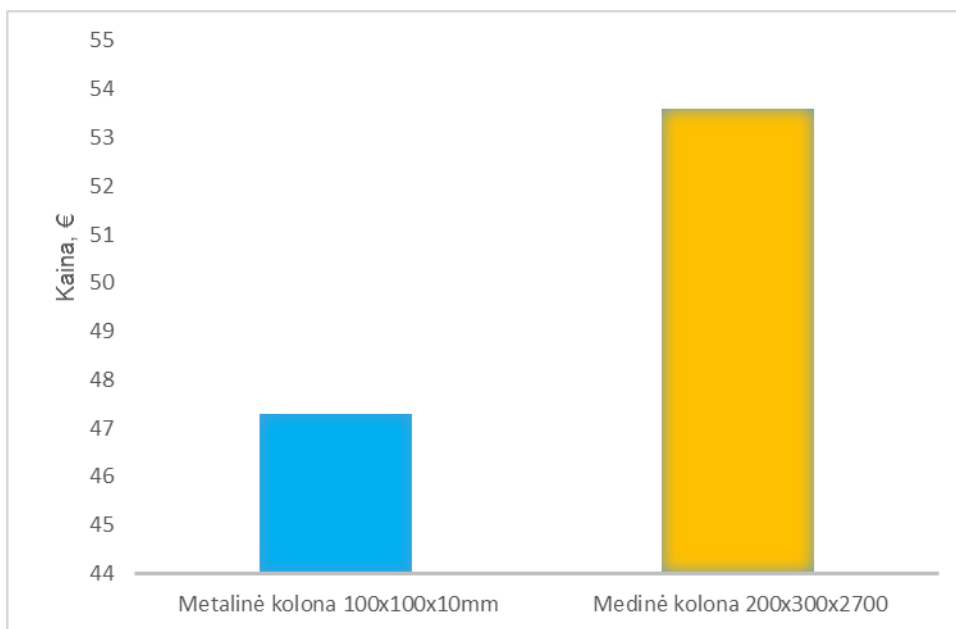
9 pav. Metalinių bei medinių sijų palyginimas pagal kainą

Pagal grafiką matyti kad beveik 3 kartais pigesnės yra medinės sijos.

## Metalinės ir medinės kolonos kainos palyginimo lentelė

2.11 Lentelė.

Kolona metalinė	Skaičiuotinas ilgis <i>lef</i> , m.	Kaina, €
100x100x10mm	2,7	47,3
Kolona medinė		
200x300x2700	2,7	53,6



10 pav. Metalinės bei medinės kolonos palyginimas pagal kainą

Iš pateikto grafiko matyti, kad metalinė kolona yra pigesnė.

### 3. SAW metodas

Lietuviškasis pavadinimas paprastasis adityvus svorių metodas (SAW – Simple Additive Weighting) yra vienas iš paprastesnių ir plačiausiai taikomų metodų. Metodo taisyklės apibendrinio Mac Crimmon (Mac Crimmon, 1968). [19]

Įvesties duomenys – sprendimų matrica ir rodiklių reikšmingumo reikšmės.

SAW metodo žingsniai:

- 1) sprendimų matricos normalizavimas,
- 2) normalizuotosios matricos to paties varianto kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais alternatyvos (eilutės) nariais. [19]

Pradiniai duomenys, sprendžiant šiuo metodu, yra sprendimo matrica ir efektyvumo rodiklių reikšmingumo reikšmės, tarkim integruoto reikšmingumo ( $q_1^*$ ,  $q_2^*$ , ...,  $q_n^*$ ), tenkinančios sąlygą. Visų reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui. [19]

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1 \quad (68) [19]$$

Pirmiausia sprendimų priėmimo matrica yra normalizuojama, Sprendimų matricos normalizavimas tai matricos perdirtbimas, siekiant suvienodinti (panaikinti) rodiklių dimensijas arba kitaip pakeisti jų reikšmes, nekeičiant santykio tarp atskirų rodiklių. Visi sprendimo matricos P nariai, kuriuos reikia maksimizuoti, normalizuojami pagal formulę; [19]

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \quad (69) [19]$$

o tie, kuriuos reikia minimizuoti pagal formulę;

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (70) [19]$$

čia

$$\bar{x}_j = \bar{x}_{ij}^{\max} \quad (71) [19]$$

Normalizuotos matricos to paties varianto kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir sudedamas su kitais taip pat gautais alternatyvos (eilutės) nariais. Gauta suma dalijama iš svorių (reikšmingumų) sumos. Pateikiama matematinė variantu racionalumo išraiška. [19]

$$A = \left\{ A_i \left| \max_i \sum_{j=1}^n q_j^* \bar{x}_{ij} \right. \right\} \quad (72) [19]$$

### 3.1. Metalinių sijų sprendimų matrica

Metalinių sijų skaičiavimo rezultatų lentelė, kurioje pateikti trijų sijų skaičiavimai.

3.1 Lentelė.

Metalinių sijų skaičiavimo rezultatų lentelė

Metalinės sijos	Plieno klasė	Skaičiuotinis ilgis <i>lef</i> , m.	Skaičiuotinė apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Sijos standumas, m	Ribinis įlinkis, m	Stiprumas, kNm.	Stiprumo ribinis būvis
HEA 160	S355	4,5	1,26	0,0197	0,025	0,236	1
HEB 160	S355	4,5	1.19	0,0171	0,025	0,23	1
HEB 220	S355	4,5	1.34	0,0125	0,025	0,201	1

Pirmasis sprendimų matricos rodiklis (t.y. sijos standumas) maksimizuojamas. Tuomet normalizuojant matricą kiekvienas stulpelio narys dalijamas iš didžiausio stulpelio nario. [19]

$$\checkmark \text{ia } 0,0125/0,0197= 0.63 \quad (73)$$

$$0.0197/0.0197=1 \quad (74)$$

$$0.0171/0.0197=0.86 \quad (75)$$

Jei rodiklis minimizuojamas (t.y. stiprumas), tuomet mažiausias stulpelio narys dalijamas iš kiekvieno stulpelio nario.

$$\checkmark \text{ia } 0,236/0,236=1 \quad (76)$$

$$0.23/0.236=0.97 \quad (77)$$

$$0.201/0.236=0.85 \quad (78)$$

Gauname tokia normalizuotą sprendimų matricą

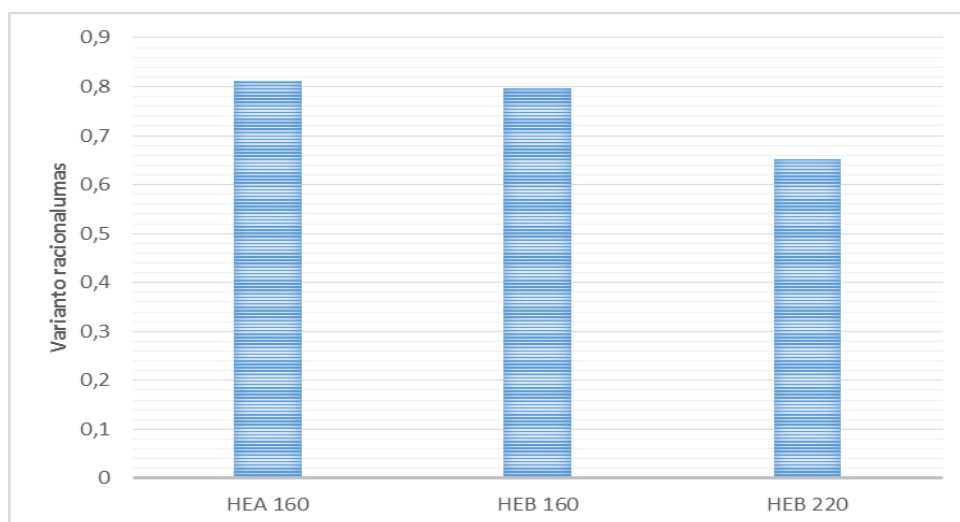
HEA 160	0,63	1	1
HEB 160	1	0,97	0,73
HEB 220	0,66	0,76	0,74

Turint normalizuotą matricą, reikia apskaičiuoti alternatyvas pagal (72) formulę. Nustatant varianto racionalumą, atitinkamai normalizuotos matricos nariai dauginami iš jų reikšmingumų ir sumuojami. [19]

$$\text{HEA 160} = 0.63 \cdot 0.2 + 1 \cdot 0.3 + 1 \cdot 0.3 = 0.811 \quad (79)$$

$$\text{HEB 160} = 1 \cdot 0.4 + 0.97 \cdot 0.2 + 0.73 \cdot 0.2 = 0.796 \quad (80)$$

$$\text{HEB 220} = 0.86 \cdot 0.2 + 0.86 \cdot 0.4 + 0.84 \cdot 0.2 = 0.652 \quad (81)$$



11 pav. Metalinių sijų sprendimo rezultatai

Vertikaliajoje ašyje, varianto racionalumas. HEA 160 metalinio profilio sija yra tinkamiausia ir racionaliausia, laikomosios galios atžvilgiu

### 3.2. Medinių sijų sprendimų matrica

Medinių sijų gauti rezultatai pateikti 3.3 lentelėje.

Medinių sijų skaičiavimo rezultatų lentelė

Medienos sijos	Medžio klasė	Skaičiuoti nas ilgis $l_{ef}$ , m	Skaičiuoti na apkrova, $kN/m^2$	Sijos standumas, m	Ribinis įlinkis, m	Stiprumas, $kNm$ .	Stiprumo ribinis būvis, $MPa$
Sija 160x220	C24	4,5	0,797	0,0057	0,018	3,294	12
Sija 160x160	C24	4,5	0,761	0,0087	0,018	4,35	12
Sija 120x120	C24	4,5	1,26	0,0134	0,018	5,67	12

Pirmasis sprendimų matricos rodiklis (t.y. sijos standumas) maksimizuojamas. Tuomet normalizuojant matricą kiekvienas stulpelio narys dalijamas iš didžiausio stulpelio nario.

$$\checkmark \text{ia } 0,0057/0,0087 = 0,79 \quad (82)$$

$$0,0087/0,0087 = 1 \quad (83)$$

$$0,0134/0,0057 = 0,88 \quad (84)$$

Jei rodiklis minimizuojamas (t.y. stiprumas), tuomet mažiausias stulpelio narys dalijamas iš kiekvieno stulpelio nario.

$$\checkmark \text{ia } 3,294/3,294 = 1 \quad (85)$$

$$3,294/4,35 = 0,85 \quad (86)$$

$$4,35/5,67 = 0,81 \quad (87)$$

Gauname tokia normalizuotą sprendimų matricą

3.4 Lentelė.

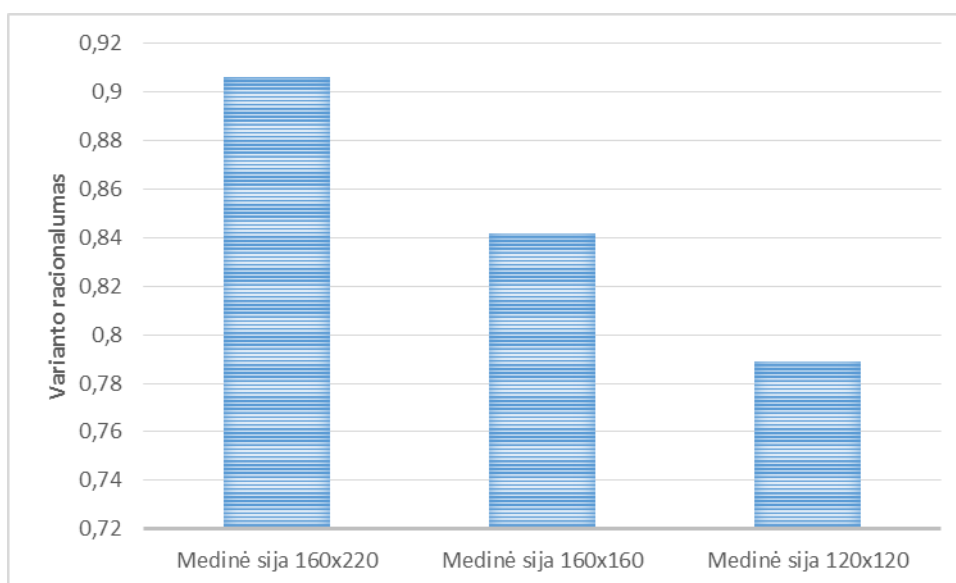
Sija 160x220	0,79	1	0,77
Sija 160x160	1	0,85	0,76
Sija 120x120	0,88	0,81	1

Turint normalizuotą matricą, reikia apskaičiuoti alternatyvas pagal (72) formulę. Nustatant varianto racionalumą, atitinkamai normalizuotos matricos nariai dauginami iš jų reikšmingumų ir sumuojami. [19]

$$Sija \ 160x220 = 0,79*0,2 + 1*0,2 + 0,77*0,4 = 0,906 \quad (88)$$

$$Sija \ 160x160 = 1*0,4 + 0,85*0,2 + 0,76*0,2 = 0,842 \quad (89)$$

$$Sija \ 120x120 = 0,88*0,4 + 0,81*0,2 + 1*0,1 = 0,789 \quad (90)$$



12 pav. Medinių sijų sprendimo rezultatai.

Vertikaliajoje skalėje varianto racionalumas. Kaip matome iš grafiko racionaliausia medinė klijuota sija yra 160x220.

### 3.3. Metalinės ir medinės kolonų palyginimas

Medinės ir metalinės kolonos skaičiavimo rezultatų lentelė

3.5 Lentelė.

Kolona metalinė	Plieno klasė	Skaičiuotinis ilgis $l_{ef} = 4,5 \text{ m.}$	Skaičiuotinė apkrova, $\text{kN/m}^2$	Kolonos klupumo koeficientas	Pastovumo atsparis	Laikomosios galios sąlyga $\leq 1$
100x100x10m	S355	2,7	0,905	0,322	0,83	1
Kolona medinė	Medžio klasė				MPa	MPa
200x300x2700	C24	2,7	0,957	0,346	8,41	9,69

Pirmasis sprendimų matricos rodiklis (t.y. sijos standumas) maksimizuojamas. Tuomet normalizuojant matricą kiekvienas stulpelio narys dalijamas iš didžiausio stulpelio nario.

$$\text{Čia } 0,905/0,957= 0.94 \quad (91)$$

$$0,905/0,905=1 \quad (92)$$

Jei rodiklis minimizuojamas (t.y. stiprumas), tuomet mažiausias stulpelio narys dalijamas iš kiekvieno stulpelio nario.

$$\text{Čia } 0,346/0,346=1 \quad (93)$$

$$0,322/0,346= 0.93 \quad (94)$$

Gauname tokia normalizuotą sprendimų matricą

3.6 Lentelė.

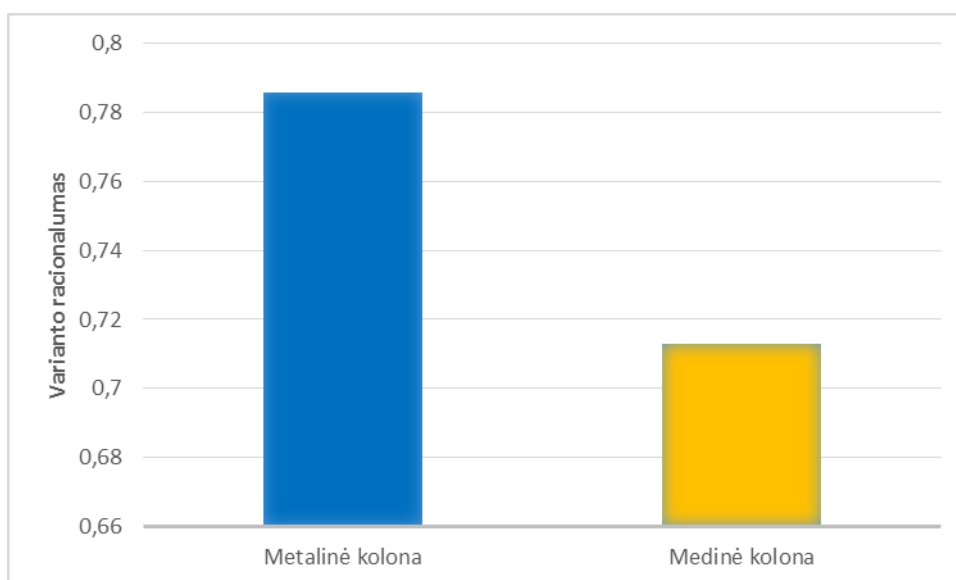
Metalinė kolona	0,94	1
Medinė kolona	1	0,93

Turint normalizuotą matricą , reikia apskaičiuoti alternatyvas pagal (72) formulę . Nustatant varianto racionalumą , atitinkamai normalizuotos matricos nariai dauginami iš jų reikšmingumų ir sumuojami. [19]

$$\text{Metalinė kolona } =0.94*0.4+1*0.2=0,786 \quad (95)$$

$$\text{Medinė kolona } =1*0.4+0.93*0.2=0,713 \quad (96)$$





13 pav. Medinės ir metalinės kolonos sprendimo rezultatai.

Vertikaliajoje skalėje varianto racionalumas. Kaip matome iš grafiko racionaliausia metalinė kolona.

### 3.4. Geriausios metalinės ir medinės sijos palyginimas.

Medinių ir metalinių sijų skaičiavimo rezultatų lentelė

3.7 Lentelė.

Metalinė ir medinė sija	Plieno klasė	Skaičiuotina ilgis <i>lef</i> , m.	Skaičiuotina apkrova, kN/m <sup>2</sup>	Sijos standumas, m	Ribinis įlinkis, m	Stiprumas, kNm.	Stiprumo ribinis būvis
HEA 160	S355	4,5	1,26	0,0197	0,025	0,236	1
Sija 160x220	C24	4,5	0,797	0,0057	0,018	3,294	12

Pirmasis sprendimų matricos rodiklis (t.y. sijos standumas) maksimizuojamas. Tuomet normalizuojant matricą kiekvienas stulpelio narys dalijamas iš didžiausio stulpelio nario.

$$\text{Čia } 0,0057/0,0197= 0.79 \quad (98)$$

$$0,0057/0.0057=1 \quad (99)$$

$$0,025/0,018=0.77 \quad (100)$$

Jei rodiklis minimizuojamas (t.y. stiprumas), tuomet mažiausias stulpelio narys dalijamas iš kiekvieno stulpelio nario.

$$\text{Čia } 0,0197/0,0057=0.63 \quad (101)$$

$$0,0197/0,0197=1 \quad (102)$$

$$0,025/0,025=1 \quad (103)$$

Gauname tokia normalizuotą sprendimų matricią

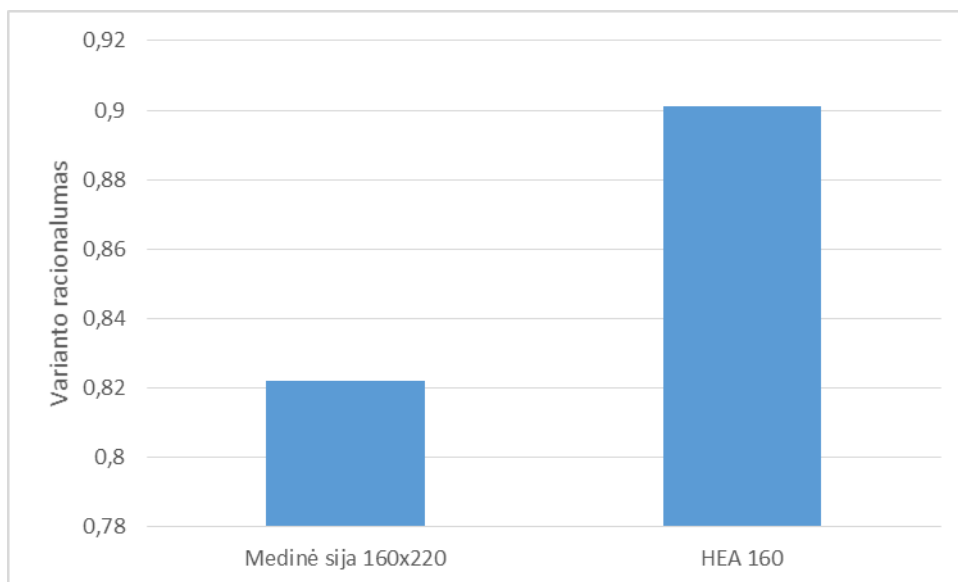
3.8 Lentelė.

Medinė sija 160x220	0,79	1	0,77
HEA 160	0,63	1	1

Turint normalizuotą matricią, reikia apskaičiuoti alternatyvas pagal (72) formulę. Nustatant varianto racionalumą, atitinkamai normalizuotos matricos nariai dauginami iš jų reikšmingumų ir sumuojami. [19]

$$\text{Sija } 160 \times 220 = 0.79 \cdot 0.4 + 1 \cdot 0.2 + 0.77 \cdot 0.2 = 0.822 \quad (104)$$

$$\text{HEA } 160 = 0.63 \cdot 0.4 + 1 \cdot 0.2 + 1 \cdot 0.2 = 0.901 \quad (105)$$



14 pav. Medinės ir metalinės sijos sprendimo rezultatai.

Vertikalioje skalėje varianto racionalumas. Kaip matome iš grafiko racionaliausia HEA 160 metalinė sija.

## IŠVADOS

Daugiaaukščiai skydiniai namai tampa vis populiariesni Skandinavijos šalyse. Tačiau Lietuvoje tai tik naujovė ir mano žiniomis mūsų šalyje tokio pastato nėra.

Atlikus metalinių ir medinių kolonų bei sijų stiprumo tyrimą nustatyta:

1. Metalinio profilio sijos stiprumas: HEB 160 profilio stiprumas yra 0,236. HEA 160 profilio stiprumas yra 0,23. HEB 220 profilio stiprumas 0,201, HEB 220 profilio stiprumas yra didžiausias. Kai ribinis stiprumas yra lygus 1.
2. Metalinės kolonos pastovumo atsparis klupdymui yra 0,83kN. Kai ribinis pastovumo atsparis klupdymui yra lygus 1.
3. Medinių sijų stiprumas: medinės sijos 160x220 stiprumas yra 3,29MPa, sija 160x160 jos stiprumas 4,35MPa, medinės sijos 120x120 stiprumas 5,67MPa. Kai ribinis stiprumas yra 12MPa.
4. Medinės kolonos pastovumo atsparis yra 8,41MPa. Kai ribinis pastovumo atsparis yra 9,62MPa.
5. SAW paprastuoju adityviu svorių metodu palyginus visus skaičiuotus dydžius nustatyta, kad geriausia šiam statiniui sija yra HEA 160, o kolona metalinė 100x100x10 kurių metalo klasė S355.

## LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Ekspertai [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: [http://www.ekspertai.lt/skydiniai\\_namai/straipsniai/skydiniai\\_namai\\_statyba\\_tehnologija\\_privalumai](http://www.ekspertai.lt/skydiniai_namai/straipsniai/skydiniai_namai_statyba_tehnologija_privalumai)
2. Klasteris [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.klasteris.lt/is.php?modulioid=320&id=1>
3. Statyba [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://gid.lt/statyba/metalines-sijos-santvaros-arkos-ir-remai>
4. Eurocode 3: Design of steel structures. [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1993.1.1.2005.pdf>
5. Pubmed [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27197940>
6. EBSCOhost [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://search.ebscohost.com/>
7. Martin Vild and Miroslav Bajer. (2016), Strengthening of Steel Columns under Load: Torsional-Flexural Buckling.
8. Sciencedirect [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214399816300170>
9. Leonard J. Morse- Fortier, (1995), Panel use in wood frame buildings.
10. M.K. Choudhary, PhD, PE C. Kasprzak Associate Member ASHRAE R.H. Larson R. Venuturumilli. (2010), ASHRAE Standard 90.1 Metal Building U-Factors—Part 1: Mathematical Modeling and Validation by Calibrated Hot Box Measurements.
11. Studijos [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://studijos.tv3.lt/referatas/18734/1/statybines-aiksteles-metaliniu-konstrukciju-projektavimas>
12. Sciencedirect [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687404814000212>
13. Sciencedirect [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812031801>
14. Sciencedirect [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815012242>
15. My library [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: [http://www.readcube.com/articles/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199722\)38:2%3C121::AID-JBM6%3E3.0.CO;2-S?r3\\_referer=wol&tracking\\_action=preview\\_click&show\\_checkout=1&purchase\\_referrer=scholar.google.lt&purchase\\_site\\_license=LICENSE\\_DENIED\\_NO\\_CUSTOMER](http://www.readcube.com/articles/10.1002/(SICI)1097-4636(199722)38:2%3C121::AID-JBM6%3E3.0.CO;2-S?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=scholar.google.lt&purchase_site_license=LICENSE_DENIED_NO_CUSTOMER)
16. STR 2.05.08:2005 6 priedas [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.e-plans.eu/files/Main/old/STR2-05-08-2005Pr06.pdf>
17. STR 2.05.08:2005 Plieninių konstrukcijų projektavimas

18. STR 2.05.07:2005: Medinių konstrukcijų projektavimas
19. Titas Dėjus. Statybos procesų technologija. Vilnius: Technika 2005.
20. Gailius A. Sigitas V. Termoizoliacinės medžiagos ir jų gaminiai. VGTU. Vilnius: Technika, 2010
21. Ekspertai [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.ekspertai.lt/statyba/straipsniai?page=1>
22. Plans [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://www.e-plans.eu/files/Main/old/STR2-05-08-2005Pr06.pdf>
23. Library [interaktyvus] [žiūrėta 2016 m. Gruodžio 11 d.] Prieiga per internetą: <http://elibrary.lt/resursai/Mokslai/VGTU/Leidiniai/Leidinukai/22.pdf>

# PRIEDAI

