

# GAISRŲ GESINIMO IR GELBĖJIMO AUTOMOBILIŲ KĖBULO ELEMENTŲ PATIKIMUMO TYRIMAS

**Karolis Paškevičius, Saulius Nagurnas, Robertas Pečeliūnas, Vaidas Vadluga**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

**Anotacija.** Šiame straipsnyje pateiktas gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilių kėbulo elementų patikimumo tyrimas. Darbas atliktas išanalizavus mokslinę literatūrą, kurioje nagrinėjami gaisrinių automobilių kėbulo elementų konstrukciniai ypatumai, įvertinant pagrindinių kėbulo elementų patikimumą. Išnagrinėtos jėgos, veikiančios gaisrinių automobilių kėbulo elementus, nustatytos silpnosios konstrukcijos vietos, vertinant pagrindinius konstrukcinius elementus (porėmį, kėbulą). Remiantis sudarytais skaitiniais modeliais (*Solidworks* programinio paketo aplinkoje), atliktas gaisrinio automobilio kėbulo konstrukcijos pagrindinių elementų stiprumo charakteristikų įvertinimas, modeliuojant apkrovas pavojinguose pjūviuose. Darbo pabaigoje pateikiama rezultatų analizė bei pasiūlymai.

**Reikšminiai žodžiai:** gaisrinis automobilis, kėbulas, rėmas, porėmis, stiprumas, poslinkis, atsargos koeficientas, *SolidWorks*.

## **Įvadas**

Visų išsivysčiusių šalių ekonominiame gyvenime egzistuoja transporto rūšis, užtikrinanti darną visuomenėje – specialios paskirties, gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobiliai. Kiekvienais metais pristatomi nauji, galingi bei gausios komplektacijos specialios paskirties automobiliai, skirti gaisrų gesinimo ir gelbėjimo operacijoms atlikti. Europoje vyraujantys pagrindiniai šio tipo automobilių gamintojai siūlo įvairius konstrukcijų tipus, skirtingas atitinkamų elementų medžiagas. Visų šių inžinerinių sprendimų visuma įvertinama didžiuliais kaštais. Gamintojai viešai nepublikuoja savo konstrukcinių sprendimų, todėl nėra aišku, kaip įtempimai, poslinkiai pasiskirsto atitinkamuose kėbulo elementuose.

**Tyrimo objektas** – specialiosios paskirties automobilis.

**Tyrimo tikslas** – nustatyti, kaip svarbių automobilio konstrukcijos elementų (porėmio, kėbulo (antstato)) stiprumas priklauso nuo gamybos metu pasirinktos medžiagos mechaninių savybių ir *SolidWorks* programinio paketo aplinkoje sumodeliuoti šiuos elementus (išsiaiškinti, kaip pakis įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojinguose konstrukcijos pjūviuose). Pasiūlyti konstrukcijų optimizavimo būdus.

**Tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:**

1. *SolidWorks* aplinkoje sudaryti svarbių gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilio konstrukcinių elementų modelius.
2. Įvertinti, kokie bus įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojinguose porėmio, antstato konstrukcijos pjūviuose, esant konkrečiai apkrovai (standartinė porėmio konstrukcija).
3. Įvertinti, kaip pakis įtempimai, poslinkiai, atsargos koeficientai pavojinguose porėmio, antstato konstrukcijos pjūviuose, optimizuojant nagrinėjamų elementų konstrukciją.

**Naudojami metodai:** Analizė skaitiniais modeliais.

**Straipsnio struktūra.** Straipsnyje pateikiama jau atliktų mokslinių darbų analizė, aprašomi specialios paskirties automobilio kėbulo elementų apkrovų modeliavimo principai, pateikiami svarbių automobilio konstrukcijos elementų apkrovų modeliai, kai porėmio ir antstato konstrukcijos standartinės ir, patobulinus jas. Remiantis gautais rezultatais įvertintas specialiosios paskirties automobilio pagrindinių kėbulo elementų patikimumas.

## **Kėbulo elementų patikimumui skirtų tyrimų apžvalga**

Mokslinėje literatūroje (Rahman et al., 2008:76 – 84) sunkvežimio rėmas dažniausiai nagrinėjamas kaip laikančiosios konstrukcijos visuma (standus kūnas). Siekiant įvertinti konkrečios konstrukcijos elementų patikimumą, naudojamas atitinkamas programinis paketas, kuriuo sumodeliuojama nagrinėjama konstrukcija ir keičiant įvairius parametrus bandomos konstrukcijos ribinės reikšmės. Konstrukcija kaip elementų visuma yra nagrinėjama baigtinių elementų metodu. Atliktos objekto simuliacijos parodo, kur didžiausi įtempimai yra pasiskirstę vamzdinėje konstrukcijos, dažnas atvejis, jog tai yra tvirtinimo varžtų kontaktų vietos. Tokiu atveju konstrukcijos įtempimai bei poslinkiai viršija leistinas ribines reikšmes, atsargos koeficientas yra minimalus. Todėl siekiant užtikrinti konkrečios konstrukcijos elementų darbingumą bei patikimumą, būtina pavojingų skerspjuvių analizė bei konstrukcijos optimizacija.

Kitame straipsnyje (Yanhong et al., 2011:133 – 138), nagrinėjant konkretų sunkvežimio porėmį Yj3128, atsižvelgiama į sunkvežimio ekstremalias darbo sąlygas, nagrinėjant transporto priemonės važiuoklės elementus, kai transporto priemonės padanga yra pakilusi nuo žemės paviršiaus 20 mm ir 50 mm (įvertinamos galimos kliūtys kelyje). Straipsnio autoriai įvertina visas galimas sunkvežimio mases, laikantysis rėmas modeliuojamas bei tiriamas naudojant *ANSYS* kompiuterinį modeliavimo paketą. Išanalizavus pavojingas

konstrukcijos vietas, rėmo priekyje įdedamas papildomas skersinis elementas, kuris stiprina konstrukciją, veikiamą atitinkamų apkrovų. Šiuo atveju yra svarbu įvertinti konstrukcijai tenkančias apkrovas (ar jos nėra viršijamos) bei atsižvelgti į įvairias galimas darbo sąlygas, kurios dažnai yra skirtingos.

Porėmis prie pagrindinio rėmo dažniausiai yra tvirtinamas specialiais varžtais, spyruoklinėmis jungtimis, arba kniedijamas kniedėmis. Visa transporto priemonės masė, kuria apkraunamas laikantysis bei pagrindinis rėmas, tenka anksčiau išvardintoms jungtims (Karaoglu et al., 2001:1115 – 1130). Straipsnio autoriai teigia, jog įtempimai šoninėse jungčių plokštelėse gali būti sumažinti keičiant šoninės plokštės storį, jei tai neįmanoma, gali būti keičiamas ir šoninės plokštės ilgis. Tyrimas atliktas ANSYS aplinkoje. Nustatyta, jog didinant šoninių plokščių storį, galima sumažinti įtempimus jungčių tvirtinimo vietose.

Sunkvežimio rėmą dažnai veikia atsitiktinė vibracija (Fan et al., 2011:629 – 632). Pastoviai veikianti atsitiktinė vibracija sukelia kėbulo (antstato), porėmio konstrukcijos nuovargį, kuris gali įtakoti konstrukcijos atitinkamas deformacijas bei sumažinti elementų tarnavimo laiką. Šią problemą svarbu spręsti, siekiant pagerinti važiavimo efektyvumą, saugumą bei pačios transporto priemonės elementų patikimumą. Tyrimas taip pat atliktas ANSYS kompiuterinės programos aplinkoje. Atliekant tyrimą, buvo nustatyti pavojingiausi kėbulo, porėmio konstrukcijos skerspjūvio taškai.

Išanalizavus atliktus mokslinius darbus, matome, kad labai svarbu modeliuoti apkrovas tenkančias svarbiems kėbulo elementams, ypač rėmui, porėmiui, antstatui, todėl, šiame straipsnyje yra modeliuojamos porėmio ir antstato apkrovos Lietuvoje gaminamiems gelbėjimo automobiliams, analizuojamas įtempimų, poslinkių ir kitų patikimumo charakteristikų pasiskirstymas (taip išvengiant brangių eksperimentinių tyrimų). Taip pat, siekiant suprojektuoti geriausią, optimaliausią konstrukciją, kuri galėtų konkuruoti su kitais gamintojais bei atlaikytų jai keliamas apkrovas, siūloma optimizuoti porėmio ir antstato konstrukcijas sumontuojant papildomus standumo elementus.

### Metodai taikyti tyrimams

Darbas atliktas remiantis skaitiniu metodu, leidžiančiu rasti apytikslius diferencialinių lygčių dalinių išvestinių ar integralinių lygčių sprendinius. Metodo esmė – srities, kurioje ieškomas sprendimas, suskaidymas į dalis (baigtinius elementus). Tada daroma prielaida, kad kiekviename elemente nagrinėjamas nežinomasis kinta nesudėtingu dėsnio ir diferencialinė lygtis jame pakeičiama į algebrinių lygčių sistemą (Watanabea et al., 2012:1095 – 1104). Sujungus visų elementų sistemas gaunama sistema, kurią išsprendus gaunamas atsakymas. Naudojamas gamybos technologinio proceso virtualus modeliavimas baigtinių elementų metodu, siekiant nustatyti ribinius deformuojamos medžiagos, kūno bei deformuojančiojo įrankio būvius. Darbas atliktas *SolidWorks* programinio paketo aplinkoje.

### Standartinių konstrukcijų modeliavimo rezultatai. Porėmis

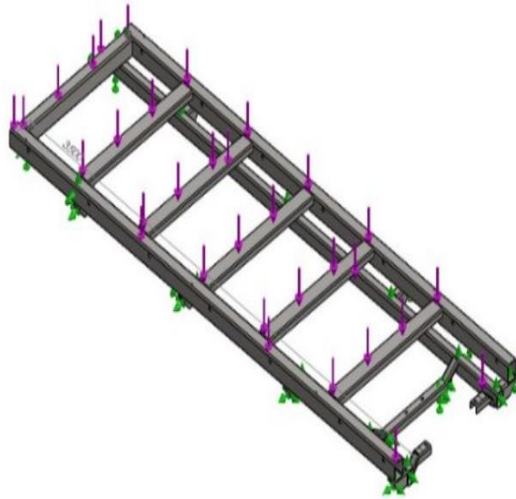
Porėmio pagrindinė paskirtis – prie jo tvirtinami visi projektuojami transporto priemonės mazgai bei papildomos konstrukcijos. Porėmis privalo atlaikyti maksimalios projektuojamos konstrukcijos masės sukiamą jėgą. Porėmis gaminamas iš S235JR plieno vamzdžių (DIN 1.0037). Pagrindinės medžiagos savybės: takumo riba – 235 MPa, stiprumo riba – 360 MPa, tamprumo modulis –  $2,1 \cdot 10^5$  MPa, šlyties modulis –  $7,9 \cdot 10^4$  MPa, tankis – 7800 kg/m<sup>3</sup>. Konstrukcijos elementai sujungiami suvirinant. Siekiant tinkamai įvertinti visos konstrukcijos masę, įvertinti papildomą gelbėjimo įrangą, kuri bus integruota į transporto priemonę, priimamas atsargos koeficientą 2,60 masei įvertinti. Atsižvelgus į priimtą atsargos koeficientą, gauname jėgą, kurią privalės atlaikyti porėmis 14715 N. Projektuojamos konstrukcijos porėmis tvirtinamas toje padėtyje ir apkraunamas jėgomis, kurios atitinka realią jo vietą projektuojamoje transporto priemonėje (1 pav.). Toliau pateiktoje epiūroje apkraunamos vamzdinės konstrukcijos, kurioms teks didžiausios apkrovos. Gauti rezultatai rodo, jog porėmio konstrukcijos maksimalūs įtempimai apkrovos metu yra ties leistinų normų riba. Pateiktoje epiūroje raudona spalva simbolizuoja maksimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 209,74 MPa, mėlyna spalva – minimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 17,48 MPa (2 pav.).

Galima daryti prielaidą, jog porėmio konstrukcija, matmenys bei medžiaga yra parinkti teisingai, tačiau konstrukcija privalo būti optimizuota, nes konstrukcijos stiprumo charakteristikos yra ties leistinų normų riba, konstrukcijos atsargos koeficientas yra minimalus – 1,1 (žr. 1 lentelę).

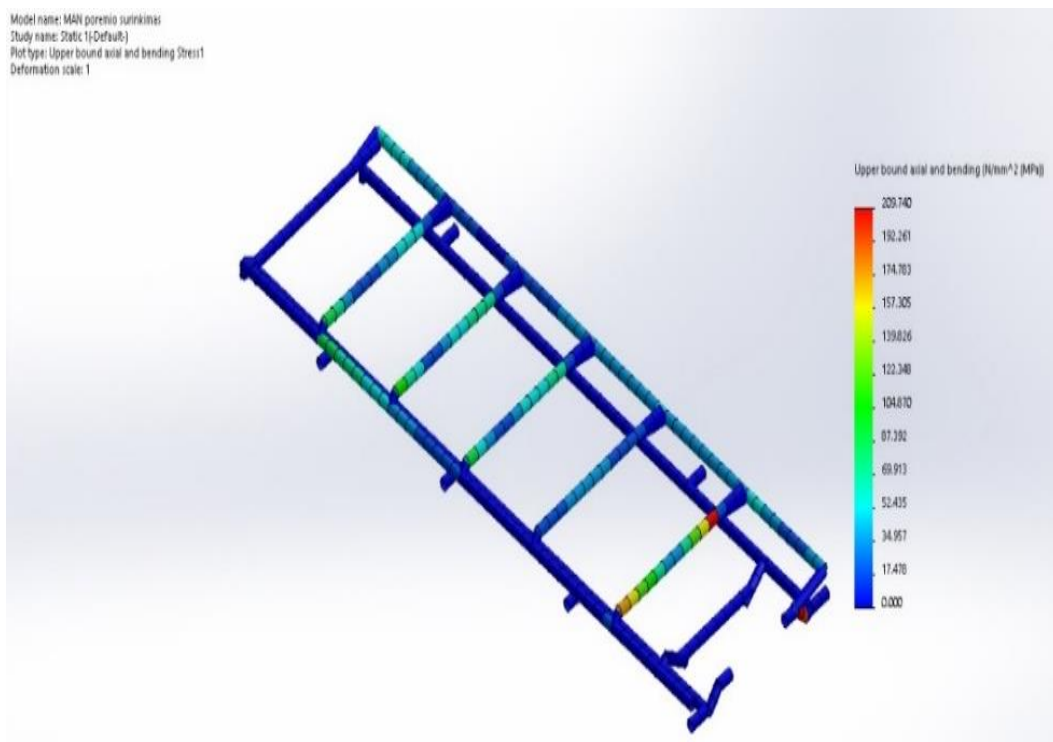
1 lentelė

Porėmio ir antstato pagrindiniai simuliacijų rezultatai

	Porėmis	Antstatas
Stiprumas $\sigma$ , MPa	209,74	24,34
Poslinkis $\Delta l$ , mm	10,25	1,75
Atsargos koeficientas $k_{ats}$ .	1,1	1,1



**1 pav.** Porėmio įtvirtinimo (žalia spalva) ir apkrovos išskirstymo (violetinė spalva) schema  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

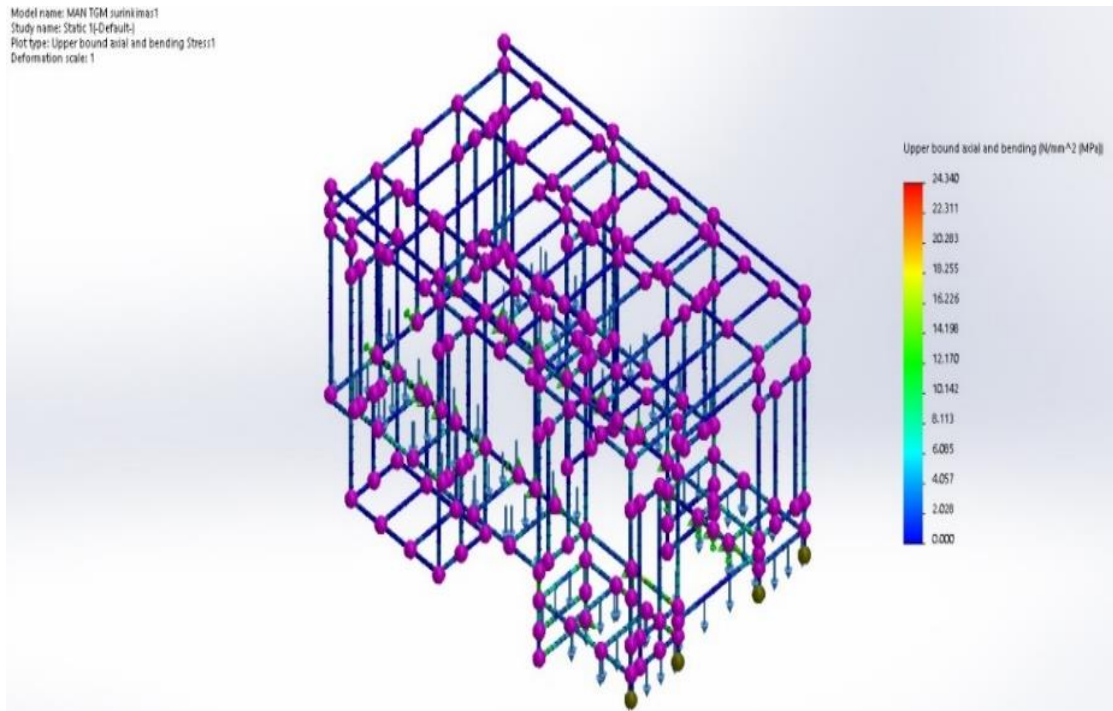


**2 pav.** Porėmio stiprumo įvertinimo schema  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

### Standartinių konstrukcijų modeliavimo rezultatai. Antstatas

Prie porėmio yra tvirtinamas automobilio antstatas (kėbulas), kuriame montuojama gaisrų gesinimo ir gelbėjimo įranga. Konstrukcija privalo atlaikyti įrangos maksimalios masės sukeltą jėgą – 7357,50 N. Antstatas gaminamas iš aliuminio lydinio 6061 Alloy profilių. Pagrindinės medžiagos savybės: takumo riba – 55,15 MPa, stiprumo riba – 124,08 MPa, tamprumo riba –  $6,9 \cdot 10^4$  MPa, šlyties modulis –  $2,6 \cdot 10^4$  MPa, tankis – 2700 kg/m<sup>3</sup>. Konstrukcijos elementai tarpusavyje susukami kampu, kuris fiksuoja reikiamus du paviršius. Projektuojamos konstrukcijos antstatas įtvirtinamas toje padėtyje ir apkraunamas jėgomis, kurios atitinka realią jo vietą projektuojamoje transporto priemonėje (3 pav.). Toliau pateiktoje epiūroje apkraunami aliuminio lydinio profiliai, kuriems teks didžiausios apkrovos. Gauti rezultatai rodo, jog antstato konstrukcijos maksimalūs poslinkiai (3 pav.) ir įtempimai apkrovos metu taip pat yra ties riba leistinų normų. Pateiktoje epiūroje raudona spalva simbolizuoja maksimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 24,34 MPa, mėlyna spalva – minimalius konstrukciją veikiančius įtempimus – 2,03 MPa (3 pav.). Antstato konstrukcija taip pat privalo būti optimizuota, kadangi konstrukcijos atsargos koeficientas yra minimalus – 1,1 (žr. 1 lentelę).

Model name: MAN TGM suvinkimas1  
 Study name: Static 16-Default1  
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1  
 Deformation scale: 1

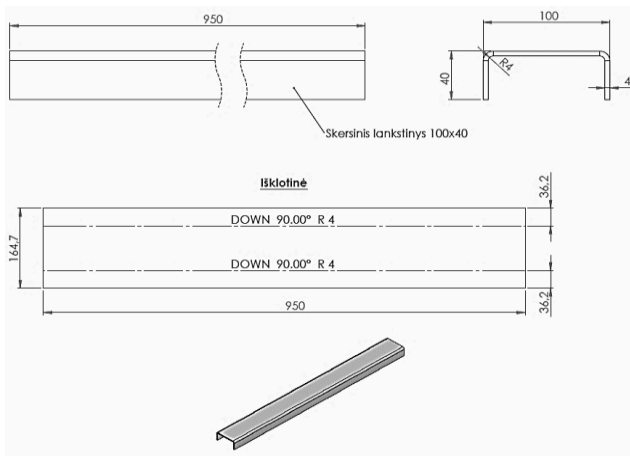


**3 pav.** Antstato stiprumo įvertinimo schema  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

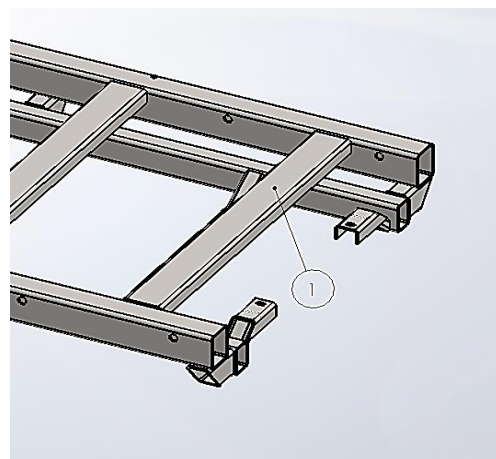
### Standartinių konstrukcijų tobulinimas. Porėmis

Anksčiau pateiktose transporto priemonės porėmio, antstato stiprumo epiūrose (2, 3 pav.) matome, jog minėti konstrukciniai elementai yra ties leistino stiprumo riba (žr. 1 lentelę). Siekiant sumažinti įtempimus, poslinkius bei padidinti konstrukcijos atsargos koeficientą, transporto priemonės porėmio bei antstato konstrukcija turi būti optimizuota (sustiprinta). Optimizuojant projektuojamos transporto priemonės porėmį nebuvo naudinga pakeisti konstrukcijos esamų matmenų, kadangi anksčiau suprojektuotas porėmis puikiai atitiko automobilio važiuoklės ypatumus. Todėl buvo pasirinktas variantas, stiprinti esamą konstrukciją papildomu skersiniu (4, 5 pav.), nes, įvertinus prieš tai atliktus skaičiavimus, stiprumo ribas, poslinkius bei deformacijas buvo nustatyta, jog plotas, kurį tiesiogiai veikia apkrova yra ne pakankamas.

Optimizuotos porėmio konstrukcijos stipruminių parametrų modeliavimas atliktas tokiu pačiu būdu, kaip ir pirminės konstrukcijos (lyginamieji rezultatai pateikti 7 paveiksle).



**4 pav.** Papildomas skersinis  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

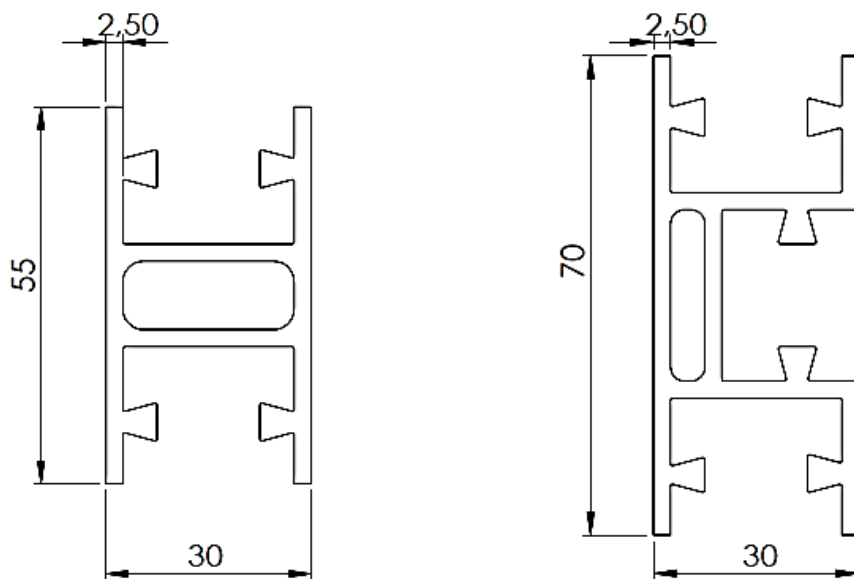


**5 pav.** Optimizuota porėmio vieta  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

### Standartinių konstrukcijų tobulinimas. Antstatas

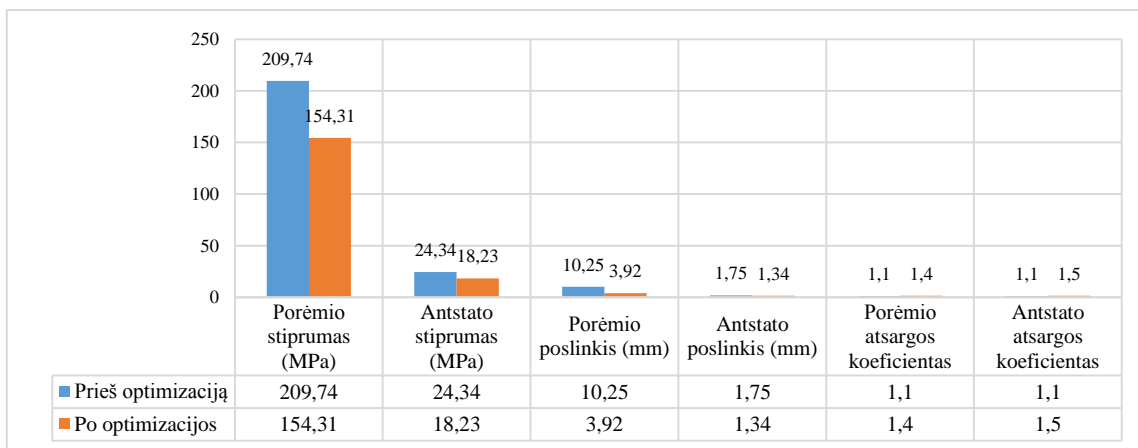
Optimizuojant projektuojamos transporto priemonės antstatą taip pat buvo pasirinktas sprendimas stiprinti esamą konstrukciją. Kadangi didžiausi įtempimai pasiskirstė būsimos gaisrinės įrangos montavimo vietose, esami aliuminio lydinio profiliai buvo pakeisti į to paties lydinio didesnių matmenų, kurie buvo sujungti naujomis jungtimis (6 paveiksle matomi profilių skerspjūviai: kairėje – pirminės konstrukcijos

profilis, dešinėje – optimizuotos konstrukcijos). Įvertinus pirminės konstrukcijos modeliavimo rezultatus (stiprumo ribas, poslinkius bei deformacijas) buvo nustatyta, jog konkrečios reikšmės neviršija leistinų dydžių. Tačiau būtina padidinti konstrukcijos atsargos koeficientą. Optimizuojant konstrukciją jos įtvirtinimo vietos lieka tos pačios, apkrova, veikianti transporto priemonę, taip pat lieka ta pati. Gauti rezultatai rodo, jog antstato konstrukcijos maksimalūs įtempimai apkrovos metu neviršija leistinų normų (ir jie sumažėjo).



**6 pav.** Antstatui gaminti naudojamų aliuminio lydinio profilių skerspjūviai: kairėje – pirminės konstrukcijos profilis, dešinėje – optimizuotos konstrukcijos  
Šaltinis: sudaryta autorių

Optimizuotos antstato konstrukcijos stipruminių parametru modeliavimas atliktas tokiu pačiu būdu, kaip ir pirminės konstrukcijos (lyginamieji rezultatai pateikti 7 paveiksle).



**7 pav.** Porėmio ir antstato stiprumo, poslinkio, atsargos koeficiento įvertinimas prieš ir po optimizacijos  
Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikti tyrimai rodo, jog suprojektuotos konstrukcijos atitinka keliamus reikalavimus gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobiliui. Remiantis atliktomis simuliacijomis galima teigti, jog konstrukcijų ribinės stiprumo reikšmės nėra viršijamos, poslinkiai minimalūs, atsargos koeficientai atitinka nominalias reikšmes (7 pav.).

Darbas atliktas remiantis reglamentu *LST EN 1846 – 2 2009*, kuriame pateikiamos pagrindinės techninės charakteristikos ir reikalavimai, kad transporto priemonė atitiktų keliamus reikalavimus ir galėtų dalyvauti kelių eisme.

### Išvados

Atlikus gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilio porėmio ir antstato patikimumo tyrimus, modeliuojant apkrovas *SolidWorks* aplinkoje, formuluojamos šios išvados:

1. Tiriamų konstrukcijų stiprumas tiesiogiai priklauso nuo pasirinktos medžiagos mechaninių savybių bei konstrukcijos modeliavimo ypatybių.

2. Porėmio įtempimai po optimizacijos sumažėjo 55,43 MPa (26,43%), antstato įtempimai po optimizacijos sumažėjo 6,11 MPa (25,10%).

3. Porėmio poslinkis po optimizacijos sumažėjo 6,33 mm (61,76%), antstato poslinkis po optimizacijos sumažėjo 0,41 mm (23,43%).

4. Porėmio atsargos koeficientas padidėjo 1,27 karto, antstato atsargos koeficientas padidėjo 1,36 karto.

5. Pavojinguose rėmo konstrukcijos vietose būtina integruoti papildomus skersinius elementus, kurie stiprina konstrukciją bei didina rėmo skerspjūvio plotą.

### Literatūra

1. Chen Yanhong, Zhu Feng. 2011. The Finite Element Analysis and The Optimization Design of The Yj3128-type Dump Truck's Sub-Frames Based on ANSYS. China. 133 – 138 p.
2. Cicek Karaoglu, N. Sefa Kuralay. 2001. Stress analysis of a truck chassis with riveted joints. Turkey. 1115 – 1130 p.
3. LST EN 1846 – 2. 2009. Gaisrų gesinimo ir gelbėjimo tarnybų automobiliai. 2 dalis. Bendrieji reikalavimai. Sauga ir eksploatacinės charakteristikos.
4. Keigo Watanabea, Yuka Uedab, Isaku Nagaia, Shoichi Maeyama. 2012. Stabilization of a Fire Truck Robot by an Invariant Manifold Theory. China. 1095 – 1104 p.
5. Qinman Fan, Yonghai Wu. 2011. Random vibration simulation of a special truck frame based on fem. 629 – 632 p.
6. Roslan Abd Rahman, Mohd Nasir Tamin, Ojo Kurdi. 2008. Stress analysis of heavy duty truck chassis as a preliminary data for its fatigue life prediction using fem. University of technology, Malaysia. 76 – 84 p.

## FIRE-FIGHTING AND RESCUE VEHICLE BODY COMPONENTS RELIABILITY STUDY

### Summary

A study about firefighting and rescue vehicle body components reliability was conducted. Work carried out an analysis of the scientific literature, which deals with fire car body elements design features, taking the main body element reliability. Forces acting fire car body elements were analyzed and weaknesses of weak construction were identified, assessing the basic structural elements (sub-frame, body). Based on concluded numerical models (*SolidWorks* software package environment), evaluation of the fire vehicle body structure main elements of the strength characteristics was conducted, simulating the load on dangerous sections. At the end of the analysis results and recommendations were presented.

**Key words:** fire - truck, chassis, frame, subframe, strength, displacement, safety factor, *SolidWorks*.

### AUTORIŲ LYDRAŠTIS

**Autoriaus vardas, pavardė:** Karolis Paškevičius.

**Mokslo laipsnis ir vardas:** magistrantas.

**Darbo vieta ir pozicija:** Vši Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros magistrantas.

**Autoriaus mokslinių interesų sritys:** transporto mašinų patikimumas.

**Telefonas ir el. pašto adresas:** +370 696 23678, [karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt](mailto:karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt)

**Autoriaus vardas, pavardė:** Saulius Nagurnas.

**Mokslo laipsnis ir vardas:** daktaras, docentas.

**Darbo vieta ir pozicija:** Vši Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

**Autoriaus mokslinių interesų sritys:** automobilių diagnostika, automobilių elektroninės valdymo sistemos, transporto mašinų patikimumas.

**Telefonas ir el. pašto adresas:** +370 654 02786, [saulius.nagurnas@vgtu.lt](mailto:saulius.nagurnas@vgtu.lt)

**Autoriaus vardas, pavardė:** Robertas Pečeliūnas.

**Mokslo laipsnis ir vardas:** daktaras, docentas.

**Darbo vieta ir pozicija:** Vši Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

**Autoriaus mokslinių interesų sritys:** eismo saugumas, transporto priemonių dinamika.

**Telefonas ir el. pašto adresas:** (8-5) 274 4790, [robertas.peceliunas@vgtu.lt](mailto:robertas.peceliunas@vgtu.lt)

**Autoriaus vardas, pavardė:** Vaidas Vadluga.

**Mokslo laipsnis ir vardas:** daktaras, docentas.

**Darbo vieta ir pozicija:** Vši Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.



**Autoriaus mokslinių interesų sritys:** automobilių projektavimas ir techninė priežiūra.

**Telefonas ir el. pašto adresas:** +370 657 84999, [vaidas.vadluga@vgtu.lt](mailto:vaidas.vadluga@vgtu.lt)

#### **A COVER LETTER OF AUTHORS**

**Author name, surname:** Karolis Paškevičius.

**Science degree and name:** **postgraduate.**

**Workplace and position:** Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department postgraduate.

**Author's research interests:** reliability of transport machinery.

**Telephone and e-mail address:** +370 696 23678, [karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt](mailto:karolis.paskevicius@stud.vgtu.lt)

**Author name, surname:** Saulius Nagurnas.

**Science degree and name:** doctor, associated professor.

**Workplace and position:** Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

**Author's research interests:** automobile diagnostics, automotive electronic control systems, reliability of transport machinery.

**Telephone and e-mail address:** +370 654 02786, [saulius.nagurnas@vgtu.lt](mailto:saulius.nagurnas@vgtu.lt)

**Author name, surname:** Robertas Pečeliūnas.

**Science degree and name:** doctor, associated professor.

**Workplace and position:** Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

**Author's research interests:** traffic safety, vehicle dynamics.

**Telephone and e-mail address:** (8-5) 274 4790, [robertas.peceliunas@vgtu.lt](mailto:robertas.peceliunas@vgtu.lt)

**Author name, surname:** Vaidas Vadluga.

**Science degree and name:** doctor, associated professor.

**Workplace and position:** Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

**Author's research interests:** car design and maintenance.

**Telephone and e-mail address:** +370 657 84999, [vaidas.vadluga@vgtu.lt](mailto:vaidas.vadluga@vgtu.lt)