



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

**Sigitas Balčiūnas**

**GAISRINĖS SAUGOS SPRENDINIŲ REIKŠMĖ,  
REKONSTRUOJANT VISUOMENINĖS PASKIRTIES PASTATUS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

**Doc. dr. Saulius Sušinskas**

**PANEVĖŽYS, 2016**

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

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Arūnas Tautkus

**GAISRINĖS SAUGOS SPRENDINIŲ REIKŠMĖ,  
REKONSTRUOJANT VISUOMENINĖS PASKIRTIES PASTATUS**

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (kodas 621J80001)

**Vadovas**

Doc. dr. Saulius Sušinskas

**Recenzentas**

Doc. dr. Dainius Vaičiulis

**Projektą atliko**

Sigitas Balčiūnas

**PANEVĖŽYS, 2016**



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

Sigitas Balčiūnas  
Statyba (kodas 621J80001)

Baigiamojo projekto „Gaisrinės saugos sprendinių reikšmė, rekonstruojant visuomeninės paskirties pastatus“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 \_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ d.

Panevėžys

Patvirtinu, kad mano **Sigito Balčiūno** baigiamasis projektas tema „Gaisrinės saugos sprendinių reikšmė, rekonstruojant visuomeninės paskirties pastatus“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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

SANTRAUKA.....	2
SUMMARY .....	3
BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS .....	4
ĮVADAS.....	5
1. APŽVALGINĖ DALIS .....	6
1.1. Gaisrinės saugos sąvoka ir aktualumas.....	6
1.2. Analizuojamos visuomeninio pastato rekonstrukcijos apžvalga.....	7
2. METODINĖ DALIS .....	8
2.1. Gaisrinės saugos vertinimas pagal norminius teisės aktus .....	8
2.1.1. Gaisrinio skyriaus maksimalaus ploto $F_g$ nustatymas .....	9
2.1.2. Dūmų ir šilumos valdymo sistemų parametrų skaičiavimai .....	9
2.2. Inžinerinis gaisrinės saugos vertinimas .....	12
2.3. Evakuacijos skaičiavimų metodika .....	14
2.4. Gaisro modeliavimas. Skaičiavimų metodika.....	14
3. TIRIAMOJI DALIS .....	18
3.1. Tiriamąjo pastato pagrindinės gaisrinės charakteristikos .....	18
3.2. Gaisrinės saugos sprendiniai pagal norminių teisės aktų reikalavimus.....	21
3.2.1. Automobilių saugyklos suskirstymas priešgaisrinėmis pertvaromis.....	21
3.2.2. Dūmų ir šilumos šalinimo sistemos parametrų skaičiavimas ir tipo parinkimas .....	22
3.2.3. Vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis.....	24
3.2.4. Stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis.....	24
3.3. Gaisrinės saugos sprendiniai atliekant gaisro modeliavimą .....	25
3.3.1. Automobilių saugyklos suskirstymo priešgaisrinėmis sienomis sprendiniai.....	25
3.3.2. Vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis .....	26
3.3.3. Stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis .....	26
3.3.4. Evakuacijos modeliavimas.....	26
3.3.5. Dūmų ir šilumos šalinimo sistemos sprendiniai atliekant gaisro modeliavimą .....	30
IŠVADOS.....	41
LITERATŪRA .....	43

Balčiūnas S., Gaisrinės saugos sprendinių reikšmė, rekonstruojant visuomeninės paskirties pastatus. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Sušinskas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, Technologijų katedra.

Panevėžys, 2016, 44 psl.

## SANTRAUKA

Magistro baigiamajame darbe analizuojama gaisrinės saugos sprendinių reikšmė atliekant visuomeninės paskirties pastato rekonstrukciją. Tiriamasis objektas – viešbučio rekonstrukcija, rūsio aukšte įrengiant automobilių saugyklą. Baigiamajame projekte analizuojamos dvi situacijos: dabartinės rūsio sienas projektuojant kaip priešgaisrines užtvaras ir griaunant rūsio sienas. Darbo uždaviniai – priimti ir palyginti gaisrinės saugos sprendinius minėtoms situacijoms:

1. automobilių saugyklos skirstymas priešgaisrinėmis užtvaramis;
2. dūmų ir šilumos šalinimo sistemų efektyvumas;
3. stacionariosios gaisro gesinimo sistemos būtinumas;
4. vidaus gaisrinio vandentiekio įrengimas; gaisrinių čiaupų skaičius.

Darbo rezultatai rodo, kad pastato rekonstrukcijos metu racionaliau yra negriauti sienų, taip sumažinamas gaisrinių inžinerinių sistemų bei projektavimo sudėtingumas. Tačiau vertinant automobilių saugyklos vartotojų komfortabilumą, sukuriant erdvią ir neklaidingą patalpą, gaisrinės saugos sprendinių reikšmė yra svaresnė, užtikrinant tą patį gaisro saugos lygį.

Balčiūnas S., Importance of fire safety solutions during reconstruction of public buildings. Final thesis of Master Degree/ associate professor dr. Saulius Sušinskas; Kaunas University of Technology, Panevėžys Faculty of Technology and Business, Department of Technology. Panevėžys 2016, 44 p.

## SUMMARY

Master's thesis analyzes the importance of fire safety solutions during reconstructions of public building. Research object is during reconstruction of the hotel set up car parking in the basement. The final project analyzed on two situations: the current walls of the basement designed as fire partitions and the demolition of basement walls. The goals of project is to receive and compare the fire safety solutions:

1. distribution of fire partitions in car parking;
2. efficiency of smoke and heat exhaust systems;
3. necessity of fixed fire extinguishing system;
4. The internal fire water supply equipment; the number of fire hose taps.

The results show that during the reconstruction of the building is rational to design current walls as fire partitions , thereby reducing necessity of fire engineering systems and complexity pf design work. However, assessing consumers comfort, creating a spacious and intricate room, fire safety solutions are much more improved, ensuring the same level of fire safety.

201..... ..

## BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Sigitui Balčiūnui Grupė PMS-4  
**1. Darbo tema:**  
Lietuvių kalba: Gaisrinės saugos sprendinių reikšmė, rekonstruojant visuomeninės paskirties pastatus  
Anglų kalba: Importance of fire safety solutions during reconstruction of public buildings

Patvirtinta 2015 m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_ d. dekanu potvarkiu Nr. \_\_\_\_\_

**2. Darbo tikslas:** Išanalizuoti ir palyginti gaisrinės saugos sprendinius, kai atliekama viešbučio rekonstrukcija, rūsyje įrengiant automobilių saugyklą.

**3. Reikalavimai ir sąlygos:** Darbas turi būti atliktas laikantis metodinių reikalavimų. Turi būti atskleistas temos aktualumas, rasti keliami darbo tikslai.

**4. Projekto struktūra.** Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į MBP pobūdį.

1. Apžvalginė dalis:

- gaisrinės saugos sąvoka ir aktualumas;
- analizuojamos visuomeninio pastato rekonstrukcijos apžvalga.

2. Metodinė dalis:

- gaisrinės saugos vertinimas pagal norminius teisės aktus;
- inžinerinis gaisrinės saugos vertinimas;
- evakuacijos skaičiavimų metodika;
- gaisro modeliavimas. Skaičiavimų metodika.

3. Tiriamoji dalis:

- tiriamojo pastato pagrindinės gaisrinės charakteristikos;
- gaisrinės saugos sprendiniai pagal norminių teisės aktų reikalavimus;
- gaisrinės saugos sprendiniai atliekant gaisro modeliavimą.

Išvados

Literatūros sąrašas

**5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

Užduotį gavau: \_\_\_\_\_  
(studento vardas, pavardė, parašas)

\_\_\_\_\_  
(data)

Vadovas: \_\_\_\_\_  
(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

\_\_\_\_\_  
(data)

\_\_\_\_\_  
(data)

## IVADAS

Kiekvienas naujai statomas, rekonstruojamas ar kapitališkai remontuojamas pastatas ar statinys turi būti suprojektuotas taip, kad atitiktų Lietuvos Respublikoje galiojančius teisės aktų reikalavimus, tačiau projektavimo metu priimami skirtingi techniniai sprendimai gali įtakoti pastato inžinerinių sistemų įrengimo būtinumą, patalpų išdėstymą ar skirtingą statybos produktų panaudojimą.

Magistro baigiamajame darbe nagrinėjama visuomenines paskirties pastato – viešbučio, rekonstrukcija, kurios metu pastato rūšio aukšte numatoma įrengti požeminę automobilių saugyklą. Minėto pastato rūšys suskirstytas į patalpas, kurios rekonstrukcijos metu turėtų įtakos automobilių saugyklos racionaliam įrengimui.

Baigiamojo darbo tikslas yra apžvelgti gaisrinės saugos sprendinių reikšmę, kai lyginamos dvi rekonstrukcijos situacijos: dabartinės rūšio sienos negriaunamos ir jos projektuojamos kaip priešgaisrinės užtvartos bei griaunamos rūšio sienos, taip planuojama erdvi automobilių saugyklos patalpa. Darbe rekonstrukcijos sprendiniai gaisrinės saugos atžvilgiu priimami vadovaujantis norminiais teisės aktų reikalavimais bei atliekant kompiuterinį gaisro modeliavimą. Darbo uždaviniai – priimti ir palyginti minėtų situacijų gaisrinės saugos sprendinius:

1. automobilių saugyklos skirstymas priešgaisrinėmis užtvartomis;
2. dūmų ir šilumos šalinimo sistemos su ortakiais ir srautiniais ventiliatoriais efektyvumas;
3. stacionariosios gaisro gesinimo sistemos būtinumas;
4. automobilių saugyklos vidaus gaisrinio vandentiekio įrengimas; gaisrinių čiaupų skaičius.

Darbo rezultatai, parodo, kokia svarbi gaisrinių sprendinių reikšmė atliekant pastato rekonstrukciją.



# 1. APŽVALGINĖ DALIS

## 1.1. Gaisrinės saugos sąvoka ir aktualumas.

Atliekant pastato rekonstrukciją, dažnai susiduriama su įvairiais sunkumais. Vienas iš pagrindinių – pastatai yra senos statybos ir nebeatitinka dabartinių teisės aktų reikalavimų. Rekonstruojamas pastatas atsižvelgiant į įprastinę techninę priežiūrą, turi atitikti šiuos esminius statinių reikalavimus ekonomiškai pagrįstą naudojimo laikotarpį (Europos Parlamento ir Europos Tarybos reglamentas (ES) Nr. 305/2011, 2011 m. kovo 9 d.):

1. Mechaninis atsparumas ir pastovumas;
2. Gaisrinė sauga;
3. Higiena, sveikata ir aplinka;
4. Sauga ir galimybė patekti į statinį naudojimo metu;
5. Apsauga nuo triukšmo;
6. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas;
7. Tvarus gamtos išteklių naudojimas.

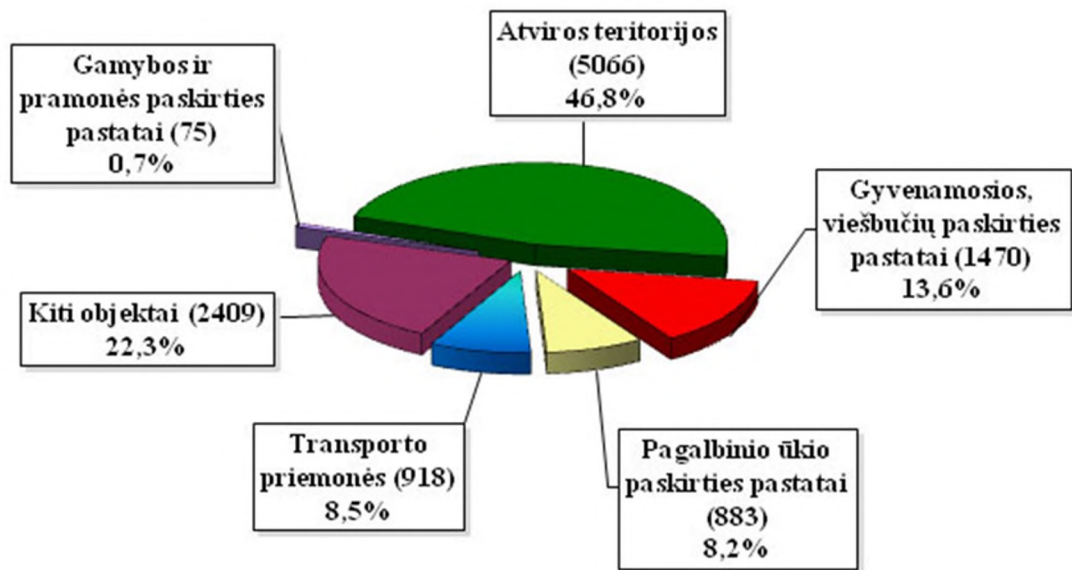
Pats svarbiausias rekonstrukcinių darbų etapas yra projektavimas, kurio metu įgyvendinami esminiai statinio reikalavimai, iš kurių vienas yra gaisrinė sauga.

Projektuojamas pastatas turi atitikti šiuos pagrindinius reikalavimus, kad kilus gaisrui:

- statinio laikančios konstrukcijos tam tikrą laiką išlaikytų apkrovas;
- būtų ribojamas ugnies bei dūmų plitimas statinyje ir už jo ribų;
- žmonės galėtų saugiai išeiti iš statinio ar būtų galima juos gelbėti kitomis priemonėmis;
- pradėtų veikti gaisrinės saugos bei gaisro aptikimo, gesinimo sistemos;
- ugniagesiai gelbėtojai galėtų saugiai atlikti gesinimo bei gelbėjimo darbus.

Esminis statinio gaisrinės saugos reikalavimas susijęs su statinio projektiniais sprendiniais, statinių išdėstymu teritorijoje, statybos produktų (konstrukcijų ir medžiagų, komunikacijų ir statinio inžinerinės, tarp jų gaisrinės įrangos) funkcionalumu (naudojimo savybėmis). Gaisrinės saugos reikalavimai paprastai nustatomi atskirai patalpų grupei pagal jų paskirtį (gyvenamosios patalpos, viešbučiai, biurai, gamybinės patalpos ir pan.), atsižvelgiant kiekvienu atveju į specifinį pavojų ten esantiems žmonėms ir specifinę gaisro riziką.

Lietuvoje gaisrai visuomeninės paskirties pastatuose sudaro gana nemažą dalį visų gaisrų – 22,3 % (1.1 pav.), todėl gaisrinės saugos sprendiniai turi kuo efektyviau užtikrinti pastatų bei žmonių saugumą gaisro metu.



**1.1. pav.** Gaisrų statistika pagal objektų paskirtį Lietuvoje (Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie VRM 2015 spalio mėn. duomenys)

## 1.2. Analizuojamos visuomeninio pastato rekonstrukcijos apžvalga

Pasirinktas tiriamasis objektas – visuomeninio pastato – viešbučio rekonstrukcija, praplečiant rūsio aukštą ir įrengiant automobilių saugyklą. Esamo pastato rūsys suskirstytas į patalpas ir sudaro vieną gaisrinį skyrių. Kadangi numatomas rūsio praplėtimas ir paskirties keitimas, pagal Statybos techninio reglamento 1.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“ 9.2 punktą, šio objekto statybos rūšis klasifikuojama kaip pastato rekonstrukcija. Rekonstrukcija numatoma Vilniaus mieste. Pagrindinis keliamas rekonstrukcijos tikslas – įrengti automobilių saugojimo (stovėjimo) aikštelę, atitinkančią teisės aktų keliamus reikalavimus.

## 2. METODINĖ DALIS

### 2.1. Gaisrinės saugos vertinimas pagal norminius teisės aktus

Pagrindiniai gaisrinės saugos reikalavimai išdėstyti projektavimo taisyklėse „Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“, kurie parengti vadovaujantis Lietuvos Respublikos statybos įstatymu ir statybos techniniu reglamentu STR 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“. Šiame dokumente reglamentuojama gaisro apkrovos nustatymo nuostatos, pagrindinė statybos produktų gaisrinė techninė klasifikacija, statinio atsparumo ugniai laipsnio nustatymas, bendrieji gaisro plitimo reikalavimai, gaisro plitimas gaisriniame skyriuje ir iš jo, gaisro plitimas į gretimus statinius, reikalavimai, užtikrinantys saugią žmonių evakuaciją. Taip pat šiame teisės akte pateikiami pagrindiniai reikalavimai gaisro gesinimo ir gelbėjimo darbų užtikrinimo priemonėms, kurios turi būti numatytos statiniuose. Kitas dokumentas, nusakantis gaisrinės saugos priemones statiniuose, yra Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės, kurios taip pat parengtos Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos. Nors šios taisyklės reglamentuoja saugų statinių naudojimą, taip pat yra numatyti kai kurie sprendiniai, kurie turėtų būti įgyvendinti statinio projektavimo ir statybos metu. Išskiriamos įvairios statinių ir patalpų paskirtys ir reikalavimai įvairiai technologinei įrangai ar atskiriems jų sprendiniams.

Kitus gaisrinės saugos norminius teisės aktus galima išskirti į dvi dalis:

#### 1. Atskirų gaisrinės saugos sistemų projektavimo taisyklės:

- 1.1. Gaisro aptikimo ir signalizavimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės;
- 1.2. Lauko gaisrinio vandentiekio tinklų ir statinių projektavimo ir įrengimo taisyklės;
- 1.3. Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės;
- 1.4. Statinių vidaus gaisrinio vandentiekio sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės;
- 1.5. Vėdinimo sistemų gaisrinės saugos taisyklės;
- 1.6. Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės;
- 1.7. Šildymo sistemų, naudojančių kietąjį kurą, gaisrinės saugos taisyklės.

#### 2. Gaisrinės saugos norminiai teisės aktai, priklausantys nuo statinio paskirties:

- 2.1. Visuomeninių statinių gaisrinės saugos taisyklės;
- 2.2. Gyvenamųjų pastatų gaisrinės saugos taisyklės;
- 2.3. Gamybos, pramonės ir sandėliavimo statinių gaisrinės saugos taisyklės;
- 2.4. Automobilių saugyklų gaisrinės saugos taisyklės.

### 2.1.1. Gaisrinio skyriaus maksimalaus ploto $F_g$ nustatymas

Siekiant riboti gaisro plitimą pastatuose, visi pastatai turi būti suskirstyti į gaisrinius skyrius. Numatytas gaisrinio skyriaus plotas negali viršyti maksimalaus gaisrinio skyriaus ploto, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$F_g = F_s \cdot G \cdot \cos(90 \cdot K_H) \quad (2.1)$$

čia:

$F_s$  – sąlyginis gaisrinio skyriaus plotas, nustatomas pagal „Pagrindinių gaisrinės saugos reikalavimų“ (2014-01-06 TAR, dok. Nr. 45) 3 priedo 1 lentelę;

$K_H$  – skaičiuojamojo aukščio koeficientas,  $K_H = H/H_{abs}$ ;

$H$  – aukštis nuo gaisrinės technikos privažiavimo prie statinio žemiausios paviršiaus altitudės;

$H_{abs}$  – skaičiuojamoji altitudė, parenkama pagal „Pagrindinių gaisrinės saugos reikalavimų“ (2014-01-06 TAR, dok. Nr. 45) 3 priedo 1 lentelę;

$G$  – pastato gaisrinės saugos įvertinimo koeficientas, nustatomas pagal „Pagrindinių gaisrinės saugos reikalavimų“ (2014-01-06 TAR, dok. Nr. 45) 3 priedo 1 lentelę. Bendruoju atveju laikomas lygus 1.

### 2.1.2. Dūmų ir šilumos valdymo sistemų parametrų skaičiavimai

Dūmų ir šilumos valdymo sistemos (DŠVS) turi užtikrinti gaisro metu susidarančių dūmų bei šilumos šalinimą, kuris lemia saugų žmonių evakavimą(si) iš pastato, palengvina ungiagesių atliekamus gelbėjimo ir gesinimo darbus, sumažina šilumos poveikį konstrukcijoms ir gaisro žalą. Dūmų ir šilumos valdymo sistemos įranga turi patikimai veikti gaisro metu („Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės“ 9 p.). Mechanškai šalinamų dūmų ir šilumos kiekio skaičiavimų metodika pateikta pagal „Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės“ (Žin. 2013, Nr. 106-5264) (toliau – Taisyklės).

Mechaniškai šalinamų dūmų kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_V = \alpha \cdot m_V \cdot T_S / (\rho_o \cdot T_o) \quad (m^3) \quad (2.2)$$

čia:

$\alpha$  – dūmų zonos paviršiaus ploto koeficientas;

$m_V$  – šalinamų dūmų srautas (kg/s);

$T_s$  – dūmų sluoksnio temperatūra (K);

$\rho_o$  – oro tankis ( $kg/m^3$ ) ( $\rho_o=1,225$ , kai  $T_o=15^\circ C$ );

$T_o$  – aplinkinio oro temperatūra (K).

Mechaninių DŠVS parametrų skaičiavimuose naudojamas dūmų zonos paviršiaus ploto koeficientas apskaičiuojamas pagal formules:

$$\alpha = 2 \cdot A/A_d^{-1}, \text{ kai } A < A_d < A_{max} \quad (2.3)$$

$$\alpha = A/A_d, \alpha \geq 0,75, \text{ kai } A \leq A_d \quad (2.4)$$

čia:

$A$  – patalpos plotas ( $m^2$ );

$A_{max}$  – didžiausia leidžiamoji dūmų zona (pagal „Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės“ VIII skyrių);

$A_d = 1600 m^2$  P.2.7, P.2.8, P.2.9 grupių patalpose;

$A_d = 1000 m^2$  P.1, P.2.1, P.2.2, P.2.3, P.2.4, P.2.5, P.2.6, P.2.10, P.2.11, P.2.12, P.2.13, P.2.14, P.2.15, P.2.16 grupių patalpose.

Jei objekte degančios medžiagos ir jų kiekis nustatomi tiksliai, gaisro galia apskaičiuojama pagal galiojančiuose standartuose ar metodikose pateiktas skaičiuotes. Kitais atvejais gaisro galia ( $\Phi$ ) apskaičiuojama pagal Taisyklių 2 priedo 2 ir 3 lentelėse pateiktą apskaičiuojamo gaisro paviršiaus plotą ( $A_f$ ) ir degančioms medžiagoms būdingą ugnies galios tankį ( $q_f$ ). Gaisro galiai apskaičiuoti taikoma formulė:

$$\Phi = x \cdot q_f \cdot A_f \text{ (kW)} \quad (2.5)$$

čia:

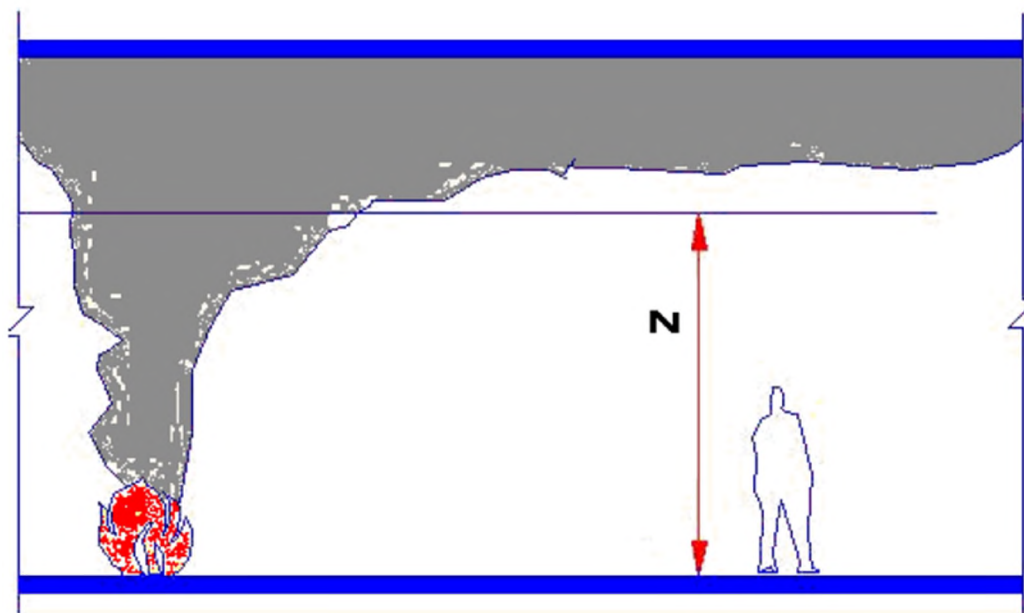
$x$  – koeficientas, kuris nurodo dūmų sluoksnio aplinkai atiduodamą šilumos dalį iš dūmų zonos konvekciniu būdu,  $x$  vertė laikoma 0,7, atsižvelgiant į šilumos nuostolius ir nevisišką sudegimą;

$q_f$  – ugnies galios tankis ( $kW/m^2$ );

$A_f$  – gaisro paviršiaus plotas ( $m^2$ ).

Skaičiuojant šalinamą dūmų kiekį vertinamas minimalus neuždūminimo aukštis  $Z$ , kuris turi būti ne mažesnis kaip 2,5 m, o žemose patalpose minimalus neuždūminimas aukštis gali būti

priimamas ne mažesnis kaip 2 m. Šiuo atveju, neuždūminimo aukštis priimamas lygus 2.5 m. Tokie reikalavimai taikomi tam, kad gaisro metu žmonės galėtų saugiai išeiti iš nagrinėjamos patalpos.



**2.1. pav.** Neuždūminimo aukštis nuo grindų

Gaisro metu atsirandančių dūmų masė ( $m_p$ ) skaičiuojama pagal formulę:

$$m_p = C_e \cdot p_f \cdot Z^{3/2} \text{ (kg/s)} \quad (2.6)$$

čia:

$p_f$  – skaičiuojamo gaisro perimetras ( $m$ ) (pagal Taisyklių 4 punktą);

$Z$  – neuždūmijimo aukštis ( $m$ );

$C_e = 0,38$  nedidelėse vieno aukšto patalpose;

$C_e = 0,19$  jungiančiose daugiau nei vieną pastato aukštus patalpose, atriumuose.

Šalinamų dūmų srautas priklauso nuo gaisro galios, dūmų temperatūros didėjimo ir dūmų sluoksnio temperatūros. Dūmų temperatūros didėjimas ( $\theta$ ) skaičiuojamas pagal formulę:

$$\theta = \Phi / (m_p \cdot c), \text{ (K)} \quad (2.7)$$

čia:

$\Phi$  – gaisro galia, ( $W$ );

$m_p$  – atsirandantis dūmų srautas, ( $kg/s$ );

$c$  – savitoji oro šiluma ( $c = 1040 \text{ J/kgK}$ ).

Dūmų sluoksnio temperatūra ( $T_s$ ) skaičiuojama pagal formulę:

$$T_s = \theta + T_o \quad (2.8)$$

čia:

$T_o$  – aplinkos oro temperatūra  $288 \text{ K}$  ( $15^\circ\text{C}$ )

Jei apskaičiuota dūmų sluoksnio temperatūra yra  $T_s > 473 \text{ K}$  ( $200^\circ\text{C}$ ), tai

$$m_v = m_p \quad (2.9)$$

Jei apskaičiuota dūmų sluoksnio temperatūra yra  $T_s > 473 \text{ K}$  ( $200^\circ\text{C}$ ), tai

$$m_v = \Phi / ((473 - T_o) \cdot c) \quad (2.10)$$

Dūmų sluoksnio storis nustatomas pagal formulę:

$$d = H - (m_v / 0,19 \cdot p_f)^{0,67}, (m) \quad (2.11)$$

Atriumo tipo patalpų dūmų sluoksnio storis nustatomas pagal formulę:

$$d = H - (m_v / 0,38 \cdot p_f)^{0,67}, (m) \quad (2.12)$$

čia:

$H$  – patalpos aukštis, (m).

## 2.2. Inžinerinis gaisrinės saugos vertinimas

Lietuvoje dažniausiai naudojamos 2.1. poskyryje minėtos projektavimo taisyklės, nusakančios konkrečių sprendinių (atsparumo ugniai, degumo klasės, evakuacijos kelių ilgio ir jų kiekio, gaisrinio skyriaus ploto ir pan.) apribojimus. Kitokių projektavimo galimybių šiose taisyklėse nenumatyta, išskyrus vieną išimtį, kuri nusako - Pagrindinių gaisrinės saugos reikalavimų 7 punkte: rekonstruojant ir remontuojant statinius, keičiant jų paskirtį, statinio projekto atitiktis esminiam statinio gaisrinės saugos reikalavimui gali būti nustatoma naudojant gaisrinės inžinerijos ar gaisro rizikos skaičiavimus.

Gaisrinės saugos inžinerija (angl. – „*Fire Safety Engineering*“) dėl savo sudėtingų sprendimo būdų dar vadinama „sudėtingais gaisrinės saugos projektavimo būdais“. Tokie būdai, taikant skysčių judėjimo, masės, šilumos, cheminės reakcijos ir kitus tvermės dėsnius, leidžia prognozuoti gaisro ir jo produktų (šilumos ir dūmų) sklidimą, žmonių evakuaciją, atsižvelgiant į konkrečias nagrinėjamas sąlygas.

Gaisrinės saugos inžinerija – tai inžinerinių principų taikymas, įvertinant reikiamą gaisrinės saugos lygį, nusakytą vertinimo kriterijais, tikslingai planuojant, projektuojant bei skaičiuojant reikiamas priemones.

Vertinant statinio gaisrinę saugą, inžineriniai metodai taikomi:

- gaisro veikiamų statybos produktų naudojimo savybėms įvertinti (degumo, liepsnos plitimo, šilumos bei dūmų ir toksiškų dujų išskyrimo kiekio nustatymas, gaisro veikiamų konstrukcijų laikančiosios galios bei izoliacinių savybių nustatymas);
- žmonių saugai įvertinti (uždūminimo įtakos žmonėms evakuacijos keliuose).

Gaisro metu pagrindiniai faktoriai, įtakojantys konstrukcijų funkcionalumą bei žmogaus elgseną ir sveikatos būklę yra:

- gaisro šiluminis poveikis konstrukcijoms;
- gaisro produktų (dūmų) įtaka matomumui statinio patalpose.

Siekiant išvengti neigiamų gaisro poveikių, būtina nustatyti ribines neigiamų rodiklių ribas, pagal kurias būtų galima vertinti techninių sprendinių pakankamumą. Šiuo atveju mums yra aktuali dūmų įtaka (optinis dūmų tankis) žmonėms. Gaisro metu susidarančių dūmų įtaka žmonių orientacijai patalpose ieškant evakuacinių išėjimų vertinama pagal matomumo ir optinio dūmų tankio rodiklius. Gaisro metu susidarančių dūmų skaidrumo ribos pateikta 2.1. lentelėje.

**2.1. lentelė.** Ribinės matomumo ir optinio dūmų kiekio vertės

<b>Vieta</b>	<b>Matomumas, m</b>	<b>Optinis dūmų tankis, m<sup>-1</sup></b>
Maža patalpa	5	0,2
Kitos patalpos ir erdvės	10	0,1

Kitas parametras yra neuždūminimo aukštis arba kitaip tariant matomumo vertinimo aukštis, kuriame nustatinėjame galimybę matyti objektus. Mažiausias neuždūminimo aukštis nuo grindų lygio yra 2,5 m.



### 2.3. Evakuacijos skaičiavimų metodika

Skaičiuojant evakuacijos laiką iš nagrinėjamų patalpų analizuojamas didžiausias galimas žmonių srautas. Taip pat vertinama, kad nagrinėjamas srautas evakuojasi iš tolimiausio patalpos taško. Skaičiavimams atlikti naudojama evakuacijos modeliavimo programa „Pathfinder“.

Su programa „Pathfinder“ galima atkurti tikslus pastato planus, o kiekviename sukurtume kambaryje / aukšte galima įvesti skirtingą žmonių skaičių, taip pat jiems galima nurodyti, kurį išėjimą (-us) iš visų galimų jiems pasirinkti kaip evakuacinius išėjimus, kada žmonėms pradėti judėti ir pan.

Programoje taip pat yra alternatyvus elgesio modelis, paremtas SEPE (angl. – „*Society of Fire Protection Engineers*“) knyga. Manekėnų judėjimas nustatomas pagal kriterijus, kurie atspindi realius žmogaus judesius ir veiksmus. Judėjimas pro duris taip pat paremtas SEPE judesio lygtimis ir funkcijomis. Šiuo režimu atkuriamas rankinis skaičiavimas, naudojant plačiai žinomas judėjimo prielaidas, net dideliuose, sudėtinguose pastatuose.

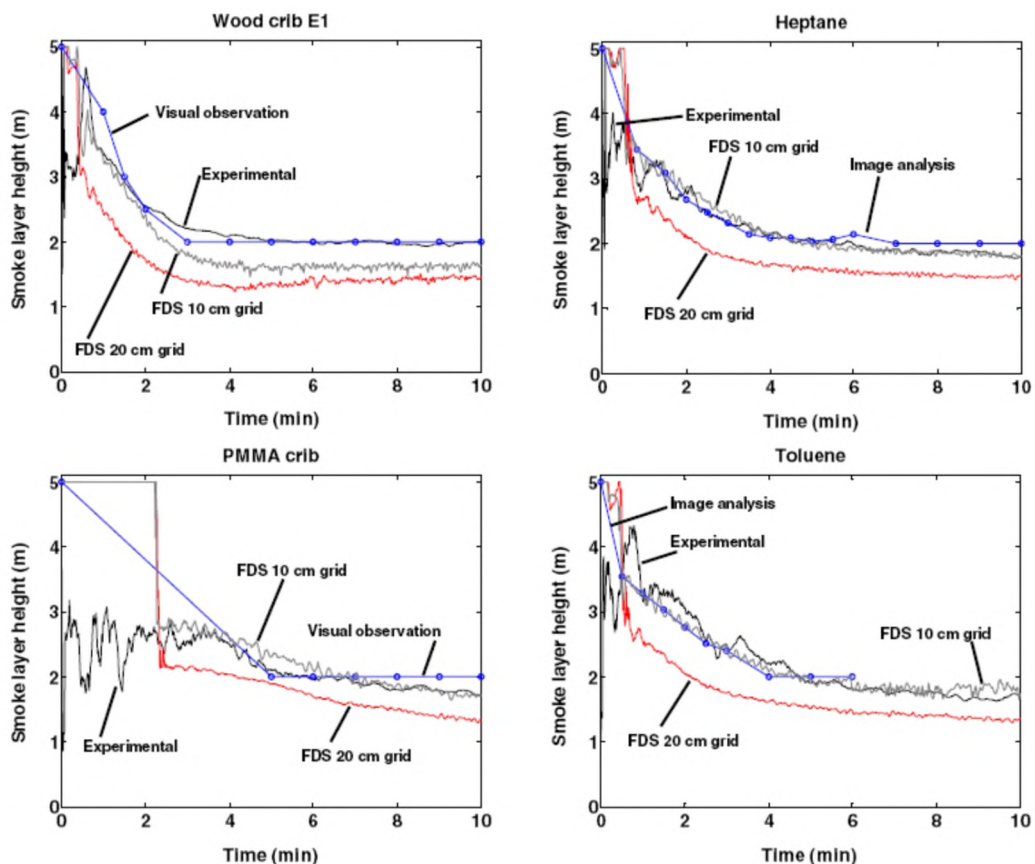
Modeliavimo programa naudoja kiekvienam manekėnui atskirą dirbtinį intelektą. Kiekvienas jų turi savitus bruožus, tikslus ir suvokimą. Tai leidžia jiems formuotis į srautus, dėl to judėjimas atrodo sklandus ir realus. Ties kiekvienu žingsniu manekėnas išstudijuoja jį supančią aplinką ir imasi veiksmų, kurie paremti jo esamomis sąlygomis ir tikslais.

### 2.4. Gaisro modeliavimas. Skaičiavimų metodika

Gaisro modeliavimui naudojama Jungtinių Amerikos Valstijų Nacionalinio technologijų ir standartų instituto (angl. – „*National Institute of Standards and Technology, NIST*“) kartu su Suomijos VTT Techninių tyrimų centru (angl. – „*VTT Technical Research Center*“) sukurta programinė įranga „Gaisrų dinamikos simulatorius“ (angl. – „*Fire dynamics simulator*“, toliau – FDS). FDS, baigtinių elementų metodu taikydama pagrindines masės tvermės, temperatūros, greičio ir tankio lygtis, sprendžia Navier-Stokes (Klaudo Luiso Navjero ir Džordžo Gabrielio Staukso) lygtis būdingas mažo greičio šilumos srautams, ypatingą dėmesį skiriant dūmų plitimui ir šilumos mainams gaisrų metu. Šios lygtys iš dalies sudarytos ir iš masės tvermės, momento (judesio kiekio), energijos tvermės ir kitų degimo procesą aprašančių lygčių.

FDS modeliavimas buvo kalibruojamas lyginant rezultatus su keliais realiai degimo / dūmų testais. Testų metu buvo deginami tiek skysčiai (t.y. heptanas) tiek kietos medžiagos (t.y. mediena ir popierius). Degimo patalpų dydis kito nuo 80 m<sup>2</sup>, lubų aukštis 3,6 m iki daugiau nei 550 m<sup>2</sup> ploto tikro sandėlio, kurio lubų aukštis – 8 m. Siekiant patikrinti gaisro aptikimo galimybes ankstyvoje ir labai ankstyvoje stadijoje, tose pačiose patalpose atlikti keli bandymai su labai mažais gaisrais.

Mažiausio gaisro galia tesiekė keletą šimtų vatų. Mažesnėje patalpoje apskaičiuoti rezultatai taškas po taško buvo tikrinami su detektorių palubėje išmatuotais rezultatais. Nustatyta, kad skirtumai tarp skaičiavimo metu gautų rezultatų ir detektoriais išmatuotų kiekviename taške skyrėsi mažiau nei 20%. Bandymų metu buvo deginamas heptanas, šilumos išsiskyrimo sparta – 3 kW. Kadangi nuo pat pradžių FDS buvo kuriamas dūmų judėjimo ir šilumos perdavimo palyginti dideliuose pramoniniuose objektuose analizei, jis patikimai gali būti naudojamas, kai nurodoma šilumos išsiskyrimo sparta (angl. - „*Heat release rate*“, *HRR*), o šilumos perdavimas ir degimo produktai yra pagrindinis skaičiavimų tikslas. Šiais atvejais, FDS apskaičiuoti srautų greičiai ir temperatūros nuo eksperimentinių rezultatų skiriasi 10 – 20 % ribose. Suomijos VTT Techninių tyrimų centre buvo atliekamas FDS kalibravimas su polimetilmetakrilatas (toliau – PMMA), medžio, heptano ir tolueno bandinių deginimu 100 m<sup>2</sup> dydžio patalpoje, lubų aukštis 5 m. Eksperimento metu buvo kalibruojamos FDS galimybės numatyti šias dūmų savybes: suodžių ir dujų koncentracijas bei vertikalų dujų temperatūros pasiskirstymą. Kalibravimas buvo atliekamas skaičiavimų rezultatus lyginant su išmatuotais. Apskaičiuotas temperatūrų pasiskirstymas labai gerai atitiko eksperimento rezultatus. Didžiausi nukrypimai gauti dūmų sluoksnio sąlyčio paviršiuje. Iš dūmų sluoksnio matavimo rezultatų nustatyta, kad apskaičiuotas dūmų sluoksnio aukštis buvo maždaug 0,5 m žemiau nei išmatuotas (2.1. pav.). Šiuo atveju paklaida sudarė maždaug 10 % viso kambario aukščio.



## 2.2. pav. Dūmų sluosknio aukštis nustatytas eksperimento metu ir išmatuotas FDS

Apskaičiuotos ir išmatuotos anglies dioksido ir deguonies koncentracijų reikšmės taip pat gerai sutapo. Anglies monoksido rezultatai parodė, kad skaičiavimais nustatytos reikšmės gerai atitinka eksperimento metu nustatytas vertes, kai degimui naudojamas angliavandenilių kuras (heptanas ir toluenas) ir gerokai prasčiau, kai naudojamas kietas kuras (medis ir PMMA). Peržiūrint skaičiavimų rezultatus nustatyta, kad angliavandenilių kuro atveju (heptano ir tolueno) laikas, kurį evakuaciniai ženklai programoje „Smokeview“ (programa skirta FDS skaičiavimų vizualizacijai) išlieka matomi, gerai sutampa su iš eksperimento filmuotos medžiagos nustatytais laikais. Angliavandenilių kuro naudojimo atveju „Smokeview“ ir FDS gerai atkuria vaizdą degančios patalpos viduje. Kieto kuro (medžio ir PMMA) atvejais dūmų produktai atkuriami pilkesni nei filmuotoje medžiagoje. Vizualiai nustatyto šviesos slopinimo koeficiento vertė parodė, kas FDS skaičiavimai gerai atitinka eksperimento rezultatus. Žemiau pateikiami FDS patvirtinimo (kalibravimo) darbų rezultatai susiję su FDS numatomos temperatūros ir šiluminio perdavimo tikslumu. Natūralaus dydžio bandymų pasirinkto scenarijaus gaisrų bandymų metu nustatyta, kad eksperimentiniai ir FDS numatomi rezultatai varijuoja nuo 6 iki 15 %. NIST atlikto eksperimentą, kuriuo siekiama įvertinti FDS numatomą temperatūros pasiskirstymą patalpoje, kurioje kilo gaisras, padarytos tokios išvados:

- FDS gali tiksliai numatyti HRR (šilumos išskyrimo sparta) priklausomybės nuo laiko bendrą formą ir dydį;

- FDS numatė HRR dydį, kai pusė energijos buvo išspinduliuota. Šis dydis nuo matavimo rezultatų vidutiniškai skyrėsi 9 %. Atsižvelgiant į matavimų netikslumus, rezultatų atitikimas buvo įvertintas kaip geras;

- FDS numatė gaisro trukmę vidutiniškai 15 % tikslumu;

- FDS numatė maksimalią viršutinio dujų sluosknio temperatūrą vidutiniškai 10 % tikslumu.

Apibendrinant eksperimento rezultatus prieita išvados, kad FDS gali būti naudojamas numatyti temperatūros pasiskirstymą patalpose. Eksperimento prekybos centre metu nustatyta, kad skirtumas tarp nustatytos ir apskaičiuotos temperatūros patalpos viduje sudarė nuo 5 iki 10 %, o gaisro vystymosi stadijoje FDS numatė netgi didesnę temperatūrą nei išmatuota eksperimentiškai. VTT vykdė projektą, kurio tikslas buvo FDS patvirtinimas (kalibravimas), ypatingą dėmesį skiriant liepsnos plitimui ir medžiagų tinkamų FDS simuliacijoms savybių nustatymas. Gaisro eksperimentai susidėjo iš:

- kūgio kalorimetro eksperimentų ( angl. - „*cone calorimeter experiments*“);

- SBI testų (angl. - „*SBI tests*“);

- kambario kampo testo (angl. - „*room corner test*“);

- baldų kalorimetro eksperimentų (angl. - „*Furniture calorimeter experiments*“);
- ISO kambario testas (angl. - „*ISO room test*“);
- natūralaus dydžio eksperimentai su kabelių patalpa (angl. - „*full-scale experiments with a cavity arrangement*“). Pradžioje buvo atliekami eksperimentai ir testai, vėliau FDS pagalba modeliuojamos identiškios situacijos. Įvykdžius projektą nustatyta, kad FDS numatomos temperatūros yra aukštesnės nei gaunama eksperimentų metu.

**2.2. lentelė.** Maksimalių temperatūrų patalpoje palyginimas

	<b>Eksperimentas</b>	<b>FDS 1 modelis</b>	<b>FDS 2 modelis</b>	<b>FDS 3 modelis</b>	<b>FDS 4 modelis</b>
<b>Maksimali temperatūra, °C</b>	546	747	762	619	626
<b>Temperatūros kilimas, °C</b>	531	733	748	605	612
<b>Tikslumas, %</b>	-	38	41	14	15

### 3. TIRIAMOJI DALIS

#### 3.1. Tiriamojo pastato pagrindinės gaisrinės charakteristikos

Tiriamasis statinys priskiriamas ypatingos svarbos statinių kategorijai (žmonių – daugiau kaip 100). Dominuojanti statinio paskirtis viešbučio. Pradinė informacija apie objektą projekto gaisrinės saugos daliai rengti pateikiama 3.1. lentelėje.

3.1. lentelė. Pagrindinė informacija apie tiriamąjį statinį

Statinio charakteristika	Įvertinimas
Pastato plotas, m <sup>2</sup>	5966
Pastato tūris, m <sup>3</sup>	47582
Statinio atsparumo ugniai laipsnis	I
Formuojami gaisriniai skyriai, vnt	1 gaisrinis skyrius – rūsio aukšte projektuojama automobilių saugykla; 2 gaisrinis skyrius – viešbutis
Gaisrinių skyrių plotas, m <sup>2</sup>	1 gaisrinis skyrius – 3624; 2 gaisrinis skyrius – 2342
Gaisrinių skyrių tūris, m <sup>3</sup>	1 gaisrinis skyrius – 8992; 2 gaisrinis skyrius – 38590
Aukštis nuo gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilių privažiavimo prie pastato paviršiaus žemiausios altitudės iki pastato aukščiausio aukšto grindų altitudės, m	1 gaisrinis skyrius – 0,05 2 gaisrinis skyrius – 14
Žmonių gaisriniuose skyriuose skaičius, vnt	1 gaisrinis skyrius – 77 (60% automobilių stovėjimo vietų) 2 gaisrinis skyrius – 150

Statinio konstrukcijų elementų atsparumas ugniai, vadovaujantis LST EN 13501 serijos standartu, nusako:

- laikančiąją gebą (R) – statinio konstrukcijų elementų gebėjimą gaisro metu tam tikrą laiką išlaikyti apkrovas;
- vientisumą (sandarumą) (E) – statinio elemento geba būti atspariam ugniai tik iš vienos pusės taip, kad ugnis nebūtų pernešta į neveikiamąją pusę dėl karštųjų dujų ar liepsnos prasiskverbimo;

- izoliacines savybes (I) – statinio elemento geba išlaikyti veikimą ugnimi tik iš vienos pusės taip, kad ugnis nebūtų pernešta iš veikiamos į neveikiamą pusę, dėl didelio šilumos pernešimo;
- spinduliavimą (W) – kai statybos produkto izoliacinės savybės priklauso nuo spinduliavimu perduodamos šilumos;
- atsparumą mechaniniam poveikiui (M) – kai nagrinėjamas konkretus mechaninis poveikis.



**Šiluminis izoliavimas (I) Vientisumas (E) Laikančioji geba (R)**

### 3.1. pav. Atsparumo ugniai charakteristikos

Projektuojamas statinys yra I atsparumo ugniai laipsnio. Uždara automobilių saugykla yra I atsparumo ugniai laipsnio 1 gaisro apkrovos kategorijos. Antžeminė pastato dalis – viešbutis yra I atsparumo ugniai laipsnio 2 gaisro apkrovos kategorijos. Lokaliai sukoncentruotų gaisro apkrovų gaisriniuose skyriuose nėra.

Atskirai kiekvienam gaisriniam skyriui konstrukcijų ir konstrukcijų elementų atsparumas ugniai pateikti 3.2. lentelėje.

### 3.2. lentelė. Pastato konstrukcijų gaisriniuose skyriuose I ir II atsparumas ugniai

Statinio I gaisrinio skyriaus (automobilių saugyklos) konstrukcijos	Atsparumas ugniai ne mažesnis kaip (min.)	Statinio II gaisrinio skyriaus (viešbučio) konstrukcijos	Atsparumas ugniai ne mažesnis kaip (min.)
Laikančios konstrukcijos	R 120	Laikančios konstrukcijos	R 90
Lauko sienos	EI 30 (o↔i)	Lauko sienos	EI 15 (o↔i)
Perdangos	REI 90	Perdangos	REI 60
Laiptinių vidinės sienos	REI 120	Laiptinių vidinės sienos	REI 90
Laiptatakliai ir aikštelės	R 60	Laiptatakliai ir aikštelės	R 60

Kai pastatas yra suskirstytas į gaisrinius skyrius, o gaisriniuose skyriuose patalpos ribojamos tam tikro ugniai atsparumo pertvaromis, pertvarose atveriamos angos (durų angos, vamzdynai, komunikacijos ir pan.) turi būti užpildytos, ne mažesnio ugniai atsparumo nei kertamoji pertvara užpildais. Angų užpildų atsparumas ugniai turi būti parinktas pagal 3.3 lentelę atsižvelgiant į priešgaisrinės uždvaros atsparumą ugniai ir nurodomas aukšto plane (pav. 3.2). („Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“ 2014-01-06 TAR, dok. Nr. 45).

**3.3. lentelė.** Angų užpildų atsparumas ugniai

<b>Priešgaisrinės uždvaros atsparumas ugniai</b>	<b>Durys, vartai, liukai</b>	<b>Angų, siūlių sandarinimo priemonės</b>	<b>Inžinerinių tinklų kanalų ir šachtų atsparumas ugniai</b>	<b>Užsklandos</b>	<b>Langai</b>
15	EW 20–C3	EI 15	EI 15	EI <sub>2</sub> 15	EW 20
30	EW 20–C3	EI 30	EI 30	EI <sub>2</sub> 30	EW 20
45	EW 30–C3	EI 45	EI 45	EI <sub>2</sub> 30	EW 30
60	EI <sub>2</sub> 30–C3	EI 60	EI 60	EI <sub>2</sub> 45	EI <sub>2</sub> 30
90	EI <sub>2</sub> 60–C3	EI 90	EI 90	EI <sub>2</sub> 60	EI <sub>2</sub> 60
180	EI <sub>2</sub> 60–C3	EI 180	EI 180	EI <sub>2</sub> 60	EI <sub>2</sub> 60

Tiriamasis statinys sudalinamas į du gaisrinius skyrius. Statinio gaisrinių skyrių apskaičiuoti galimi didžiausi plotai (pagal 2.1.1. skyrelyje pateiktą metodiką) pateikiami 3.4. lentelėje. Aukščiausio aukšto grindų altitudė nurodyta nuo gaisrų gesinimo ir gelbėjimo automobilių privažiavimo žemiausios altitudės. Skaičiuojant gaisrinių skyrių plotą  $F_g$ , vertinu koeficientą  $G = 1$ . Gaisrinio skyriaus plotui nustatyti parenkami dominuojančios statinio paskirties parametrai (sąlyginis gaisrinio skyriaus plotas  $F_s$  ir skaičiuojamoji altitudė  $H_{abs}$ ).

**3.4. lentelė.** Gaisrinių skyrių plotai

<b>Gaisrinis skyrius</b>	<b>Statnio gaisrinio skyriaus plotas, m<sup>2</sup></b>	<b>Skaičiuojamoji altitudė <math>H_{abs}</math>, m</b>	<b>Sąlyginis gaisrinio skyriaus plotas <math>F_s</math>, m<sup>2</sup></b>	<b>Apskaičiuotas maksimalus gaisrinio skyriaus plotas <math>F_g</math>, m<sup>2</sup></b>
I	3624	20	14000	13999
II	2342	56	5000	4619

Tiriamoji statinio gaisrinių skyrių plotai neviršija maksimalių apskaičiuotų  $F_g$  gaisrinių skyrių plotų. Tiriamojoje dalyje bus vertinami gaisrinės saugos sprendiniai tik I gaisriniame skyriuje – automobilių saugykloje.

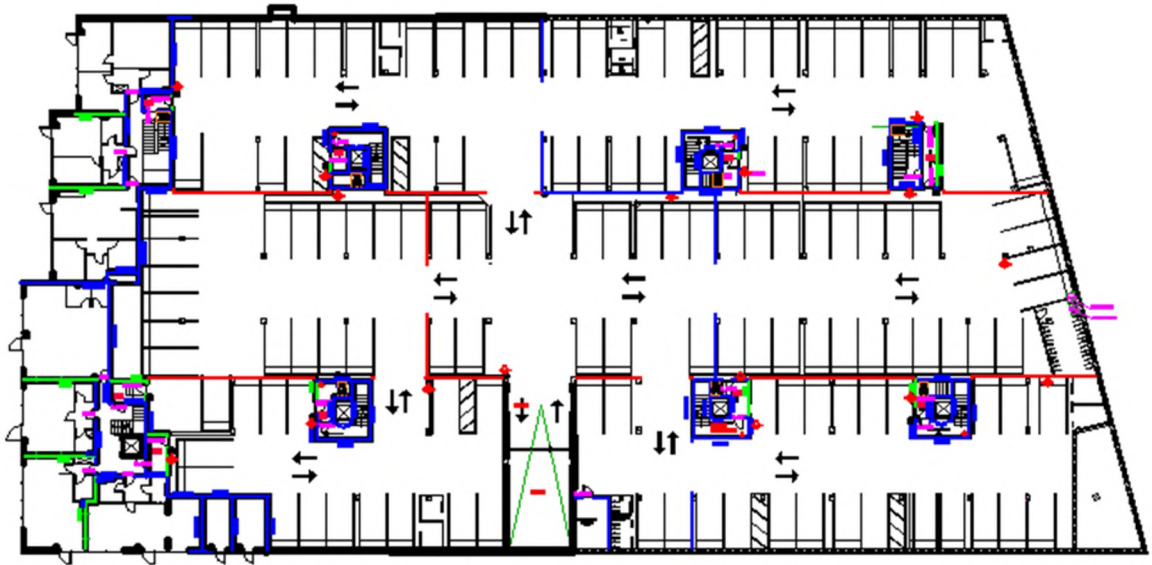
### **3.2. Gaisrinės saugos sprendiniai pagal norminių teisės aktų reikalavimus**

Šiame poskyryje bus vertinami gaisrinės saugos sprendiniai numatomoje automobilių saugykloje paliekant esamas pertvaras ir jas projektuojant kaip priešgaisrines užtvarys (3.2 pav.). Minėtomis priešgaisrinėmis užtvarymis patalpa suskirstoma į atskiras gaisro zonas. Sprendimai priimami atliekant skaičiavimus pagal norminių teisės aktų reglamentuojamą metodiką ir remiantis teisės aktu, reglamentuojančių gaisrinę saugą, keliamais reikalavimais.

#### ***3.2.1. Automobilių saugyklos suskirstymas priešgaisrinėmis pertvaromis***

Tiriamoji automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvarymis (3.2. pav.). Statinyje esantys liftai, kurie aptarnauja automobilių saugyklos aukštą (I gaisrinis skyrius) ir kyla į antžeminius statinio aukštus, kerta abu gaisrinius skyrius. Automobilių saugykloje lifto šachtų vidinėms sienoms keliamas atsparumas ugniai, kaip ir sienoms, atskiriančioms minėtus gaisrinius skyrius yra REI 180, o lifto durys šiame aukšte yra EI<sub>2</sub> 60 atsparumo ugniai. Rūsio aukšte patekimas į laiptines numatomas per šliuzus su oro viršslėgiu gaisro metu. Automobilių saugyklose esančios techninės patalpos, kitos paskirties nei automobilių saugykla, atskirtos nuo automobilių saugyklos ne žemesnio, kaip REI 180 atsparumo ugniai gaisrinių skyrių atskyrimo sienomis ir atitinkamo atsparumo ugniai angų užpildais jose. Visos automobilių saugykloje esančios techninės patalpos: šiluminio punkto, elektros įvado, vandentiekio įvado, skirtos viso statinio funkciniai paskirčiai užtikrinti, į kategorijas pagal gaisro pavojų neskirstomos. Vietose, kur automobilių saugyklos gaisriniame skyriuje esančias priešgaisrines užtvarys (EI 60–180) kerta ortakiai, įrengiamos automatinės, degimo produktų plitimą ortakiais sulaikančios, EI 60 atsparumo ugniai priešgaisrinės sklendės (ugnies vožtuvai).





**3.2. pav.** Automobilių saugyklos suskirstymas priešgaisrinėmis užtvaramis.

Skirstant automobilių saugyklą priešgaisrinėmis užtvaramis, reikalinga numatyti angų užpildus, atitinkančius priešgaisrinių užtvartų atsparumą ugniai. Gautų užpildų kiekis pateikiamas 3.4. lentelėje.

**3.4. lentelė.** Užpildų kiekis, kai automobilių saugykla skirtoma priešgaisrinėmis užtvaramis

Priešgaisrinės užtvartos užpildo tipas	Numatomų užpildų kiekis, vnt
Priešgaisriniai vartai	6
Priešgaisrinės durys	10
Ugnies vožtuvai <sup>(1)</sup>	6
Dūmų sklendės <sup>(2)</sup>	7

Paaiškinimai:

<sup>(1)</sup> – ugnies vožtuvų kiekis nustatomas pagal dūmų ir šilumos šalinimo sistemos skaičiavimus ir tipą;

<sup>(2)</sup> – dūmų sklendžių kiekis nustatomas pagal dūmų ir šilumos šalinimo sistemos įrengimo reikalavimus (3.2.3. skyrelis).

**3.2.2. Dūmų ir šilumos šalinimo sistemos parametrų skaičiavimas ir tipo parinkimas**

Remiantis „Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklių“ (Žin. 2013, Nr. 106-5264) 1 priedo reikalavimais, automobilių saugykloje būtina numatyti mechaninio dūmų šalinimo sistemą.

Tiriamoji automobilių saugykla numatoma suskirstyti į atskiras gaisro zonas (3.2. pav.). Dūmų kiekio skaičiavimai (atlikti pagal 2.1.2 skyrelyje pateiktą metodiką) iš didžiausios dūmų zonos, kurios plotas yra 614 kv.m, pateikti 3.5. lentelėje.

**3.5. lentelė.** Dūmų šalinimo sistemos skaičiavimų rezultatai

<b>Parametro pavadinimas</b>	<b>Žymėjimas</b>	<b>Matavimo vienetai</b>	<b>Gautas rezultatas</b>
Nagrinėjamas plotas	$A$	m <sup>2</sup>	614
Dūmų zonos matuojamas plotas	$A_d$	m <sup>2</sup>	1600
Paviršiaus ploto koeficientas	$\alpha$		0,75
Gaisro paviršiaus plotas	$A_f$	m <sup>2</sup>	10
Gaisro perimetras	$p_f$	m	12
Patalpos aukštis	$h_f$	m	2,6
Ugnies galios tankis	$q_f$	W/m <sup>2</sup>	400000
Gaisro galia	$\Phi$	W	2800000
Šalinamas dūmų srautas	$m_v$	kg/s	12,8976276
Atsirandančių dūmų srauto masė	$m_p$	kg/s	12,8976276
Neuždūminamas patalpos aukštis	$Z$	m	2
Dūmų temperatūros didėjimas	$\theta$	K	208,744410
Dūmų sluoksnio temperatūra	$T_s$	°C	496,744410
Dūmų sluoksnio storis	$d$	m	0,59305650
<b>Mechaninis dūmų šalinimas</b>			
Šalinamų dūmų srautas	$V_v$	m <sup>3</sup> /s	<b>13,62</b>
Šalinamų dūmų srautas	$V_v$	m <sup>3</sup> /h	<b>49032</b>

Mechaninėje dūmų ir šilumos šalinimo sistemoje numatyta:

- dūmų ir šilumos ištraukiamieji ventiliatoriai, kurie turi atitikti LST EN 12101-3 standarte pateikiamus techninius reikalavimus, ne žemesnės kaip F300 klasės gaisro sąlygomis veikiantys ne trumpiau kaip 60 minučių;

- dūmų kanalai iš ne žemesnės kaip A2-s1, d0 degumo klasės statybos produktų. Dūmų kanalai ne mažesnio kaip EI 60 arba E300 60 atsparumo ugniai. Visais atvejais dūmų kanalai ne mažesnio atsparumo ugniai kaip priešgaisrinės užtvoros, kurią kerta dūmų kanalas;

- dūmų kanaluose gaisro metu automatiškai atsidaranti apsauga nuo dūmų sklendės, per kurias išsiurbiami dūmai. Dūmų sklendės turi būti ne mažesnio atsparumo ugniai nei dūmų kanalas, kuriame įrengiama dūmų sklendė.

### ***3.2.3. Vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis***

Statinio vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos turi būti projektuojamos pagal „Statinių vidaus gaisrinio vandentiekio sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklių“ (Žin.2009, Nr. 63-2538) keliamus reikalavimus.

Tiriamą pastato rūšio aukšte esančiai automobilių saugyklai čiurkšlių skaičius bei vandens srautas vienai čiurkšlei priimamas atsižvelgiant į gaisrinio skyriaus tūrį. Reikalingos – 2 vandens čiurkšlės tam pačiam plotui gesinti. Viena čiurkšle purškiamas vandens srautas  $Q$  turi būti ne mažesnis kaip 2,7 l/s naudojant plokščiąsias žarnas. Atsižvelgiant į tai, kad plokščioji žarna turi būti ne ilgesnė nei 20 m ilgio. Gaisriniai čiaupai išdėstomi taip, kad purškiamas vandens čiurkšlė iš kiekvieno gaisrinio čiaupo maksimaliai išvyniotos plokščiosios žarnos turi pasiekti tolimiausią saugomos patalpos tašką (3.2. pav.). Reikiamas vidaus gaisrinio vandentiekio čiaupų skaičius – 16 vnt.

Automobilių saugykla nešildoma. Nešildomose automobilių saugyklose, įrengiama sausa vidaus gaisrinio vandentiekio sistema į pastato išorę išvedant 89 (77) mm skersmens atvamzdį su jungiamosiomis galvutėmis bei atbuliniu vožtuvu priešgaisrinei technikai prijungti. Šaltose patalpose naudojami sausvamzdžiai gaisrams gesinti įrengti taip, kad jų atjungimo ir vandens išleidimo armatūra būtų šildomose patalpose.

### ***3.2.4. Stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis***

Statinyje stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos įrengimas reglamentuotas – Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklėse“ (Žin., 2012, Nr. 78-4085) keliamais reikalavimais.

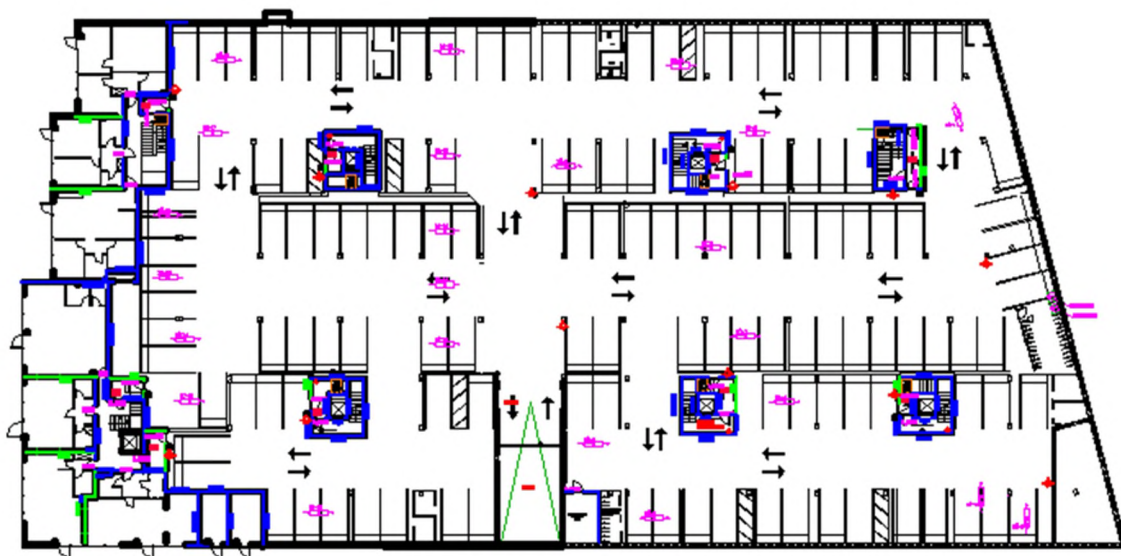
Kadangi statinio aukštis neviršija 75 m aukščio, o automobilių saugykla suskirstyta EI 60 sienomis į gaisro sekcijas ne daugiau kaip po 25 automobilius, automobilių saugykloje stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos įrengimas nėra būtinas.

### 3.3. Gaisrinės saugos sprendiniai atliekant gaisro modeliavimą

Šiame poskyryje bus vertinama, kaip keičiasi gaisrinės saugos sprendiniai, kai tiriamojoje automobilių saugykloje griauamos pertvaros (3.3. pav.). Sprendimai priimami atlikus gaisro modeliavimą kompiuterine programa „Fire Dynamics Simulator“ ir evakuacijos laiko skaičiavimus programa „Pathfinder“.

#### 3.3.1. Automobilių saugyklos suskirstymo priešgaisrinėmis sienomis sprendiniai

Tiriamojoje automobilių saugykloje numatoma griauti esančias pertvaras, įrengiant vieną bendrą patalpą.



3.3. pav. Automobilių saugykla be priešgaisrinių užtvartų

Neskirstant automobilių saugyklos priešgaisrinėmis užtvaramis, mažėja angų užpildų skaičius ir įrengimo būtinumas. Gautų užpildų kiekis pateikiamas 3.6. lentelėje.

3.6. lentelė. Užpildų kiekis, kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis

Priešgaisrinės užtvartos užpildo tipas	Numatomų užpildų kiekis, vnt
Priešgaisriniai vartai	0
Priešgaisrinės durys	10
Ugnies vožtuvai	0
Dūmų sklendės	2

### ***3.3.2. Vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis***

Kadangi statinio vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos būtinumas ir parametrų nustatymas vertinamas tarp REI 180 ugniai atsparumo sienų, tiek pirmuoju atveju, kai automobilių saugykla skirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis, tiek antruoju – kai tiriamoji saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis, vidaus gaisrinio vandentiekio sistemos projektavimo sprendiniai įtakos tik gaisrinių čiaupų kiekį.

Gaisriniai čiaupai turi būti išdėstomi taip, kad purškiamą vandens čiurkšlė iš kiekvieno vidaus gaisrinės sistemos čiaupo maksimaliai ištiestos gaisrinės žarnos turi pasiekti toliausiausią saugomos patalpos tašką (gaisrinių čiaupų išdėstymas pavaizduotas 3.3. pav.). Reikiamas vidaus gaisrinio vandentiekio čiaupų skaičius – 12 vnt.

### ***3.3.3. Stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos sprendiniai kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis***

Vadovaujantis „Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklių“ (Žin. 2012, Nr. 78-4085) 25 p. keliamais reikalavimais, automobilių saugykloje, kai patalpos neskirstomos priešgaisrinėmis užtvaramis, reikalinga įrengti stacionarią gaisrų gesinimo sistemą (SGG sistema). Automobilių vidaus gaisrinių čiaupų sistema turi būti prijungta prie SGG sistemos. Kadangi patalpos nėra šildomos, turi būti suprojektuota sausa SGG sistema (išvedžiojami sausvamzdžiai, kuriais gaisro metu vanduo tiekiamas į purkštukus siurblių pagalba).

### ***3.3.4. Evakuacijos modeliavimas***

Žmonės, esantys patalpose, gaisro metu turi saugiai ir greitai išeiti iš visų patalpų numatytais evakuacijos keliais. Žmonių evakuacijos iš patalpų laikas priklauso nuo evakuacijos kelio ilgio, žmonių srauto judėjimo greičio ir tankio. Skaičiavimams naudojami ilgiausi galimi atstumai iki evakuacijos išėjimų. Modeliuojant galimas gaisrų kilimo vietas priimama, kad vienas iš galimų evakuacijos išėjimų bus užblokuotas ir nepasiekiamas. Tokiu būdu evakuacija iš automobilių saugyklos vykdoma per likusius evakuacijos išėjimus.

Atliekant skaičiavimus įvertinamas žmonių kiekis pagal automobilių parkavimo vietas. Žmonių skaičius vertinamas 60 % nuo automobilių skaičiaus ir tai sudaro 77 žmones.

Modeliuojant scenarijus yra pasirenkamas žmonių elgesio gaisro metu modelis (angl. „Steering“). Šis modelis paremtas keliomis prielaidomis:

- žmonės juda išėjimo link naudodami trumpiausią kelią;

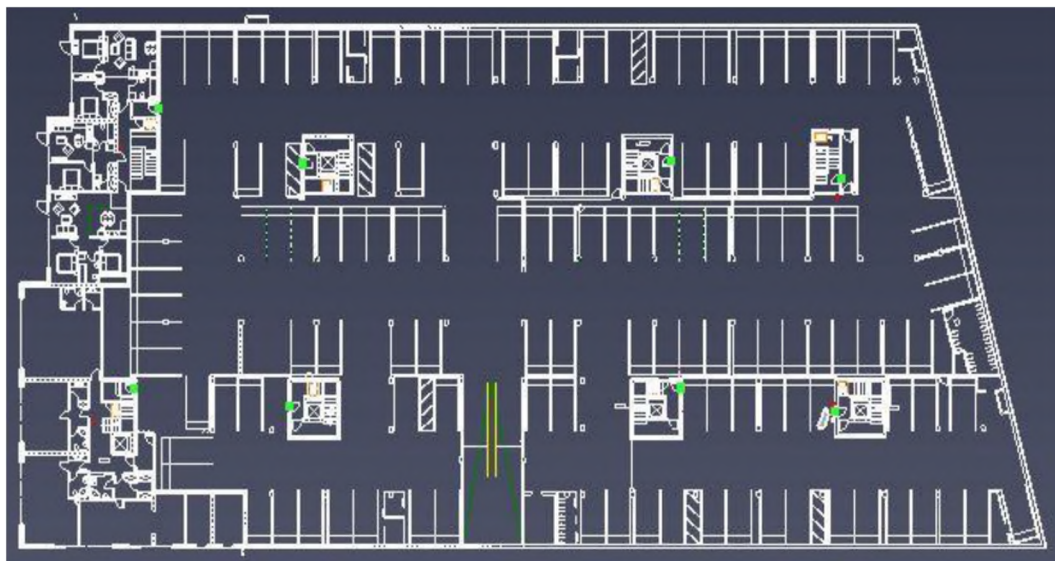
- maksimalus žmonių judėjimo greitis yra patalpos tankio funkcija;
- žmonės juda savarankiškai ir gali užimti tą pačią patalpos vietą kaip ir kitas žmogus, eantis modelyje;

- spūstis prie durų susidaro dėl padidėjančio srauto ties durimis;
- skaičiavimuose žmonių savybės (judėjimo greitis, pečių plotis) yra pasirenkami.

Pagal normaliojo skirstinio parametrus yra nustatomos ribos, užduodama vidutinė reikšmė ir standartinis nuokrypis. Konkrečiu atveju žmonių judėjimo greitis patalpoje yra nuo 1,0 iki 1,8 m/s, vidutinė reikšmė 1,19 m/s, standartinis nuokrypis 0,15. Žmonių pečių plotis taip pat parenkamas pagal normalųjį skirstinį ir jo parametrai yra nuo 43,0 cm iki 50,0 cm, vidutinė reikšmė 45,58 cm, o standartinis nuokrypis 1,0 cm.

Siekiant įvertinti realias sąlygas nustatomas uždelsimo laikas (laikas skirtas informacijos suvokimui ir apdorojimui). Standartinis nuokrypis, vertinant žmonių suvokimą gali būti nuo 0 iki 60 s. Tai reiškia, kad vieni gaisrą pastebi dar nesuveikus perspėjimo apie gaisrą signalui ir ima evakuotis anksčiau, o kiti sureaguoja praėjus tam tikram laiko tarpui po signalo suveikimo. Siekiant įvertinti pavojingesnį scenarijų priimama, kad daugiausia žmonių pradės evakuotis 45 s nuo gaisro pradžios. 15 s vertinama kaip standartinis uždelsimo laiko nuokrypis.

Nagrinėjamame aukšte yra aštuoni evakuaciniai išėjimai į laiptines. Evakuacijos modelyje (3.4. pav.) blokuojamas vienas išėjimas dėl kilusio gaisro, todėl žmonės evakuojasi per likusius išėjimus.

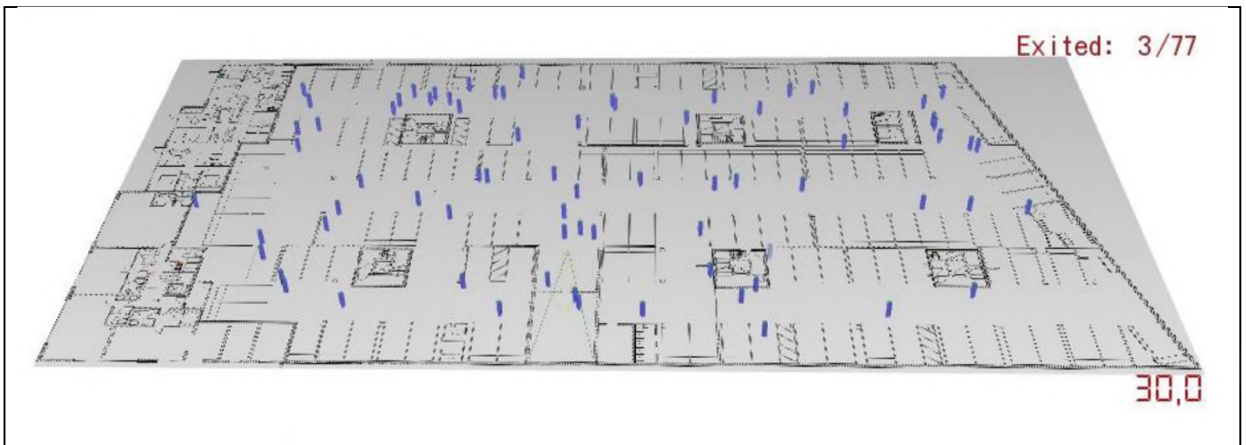


**3.4. pav.** Automobilių saugyklos evakuacijos modelis

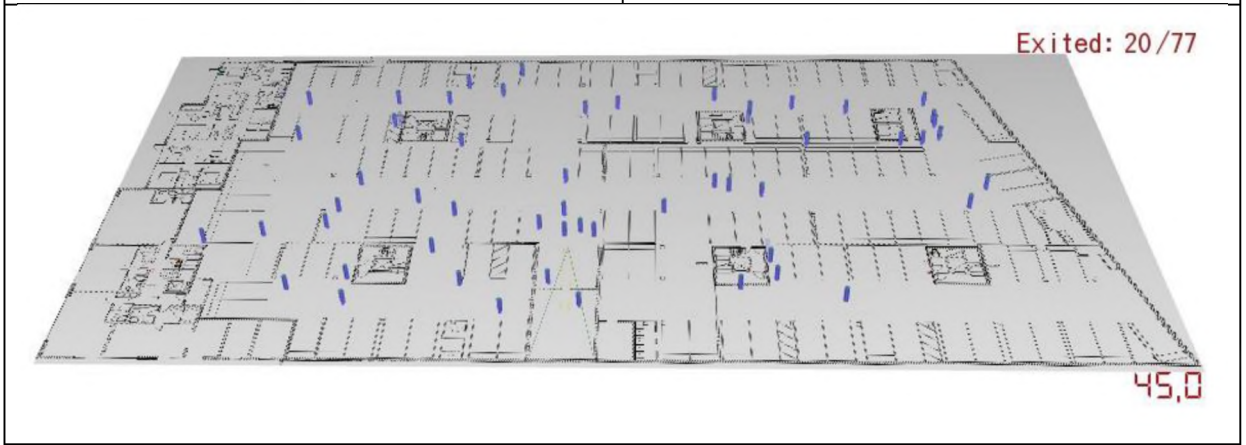
Modeliuojami evakuacijos scenarijai, kai vienas iš evakuacinių išėjimų yra užblokuotas dėl kilusio gaisro ir žmonės per jį nesievakuoja. Tokiu atveju, žmonės evakuojasi per likusius išėjimus. Blogiausio scenarijaus atveju, kai apskaičiuotas ilgiausias evakuacijos laikas, skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.7. lentelėje.

**3.7. lentelė.** Evakuacijos skaičiavimų rezultatai

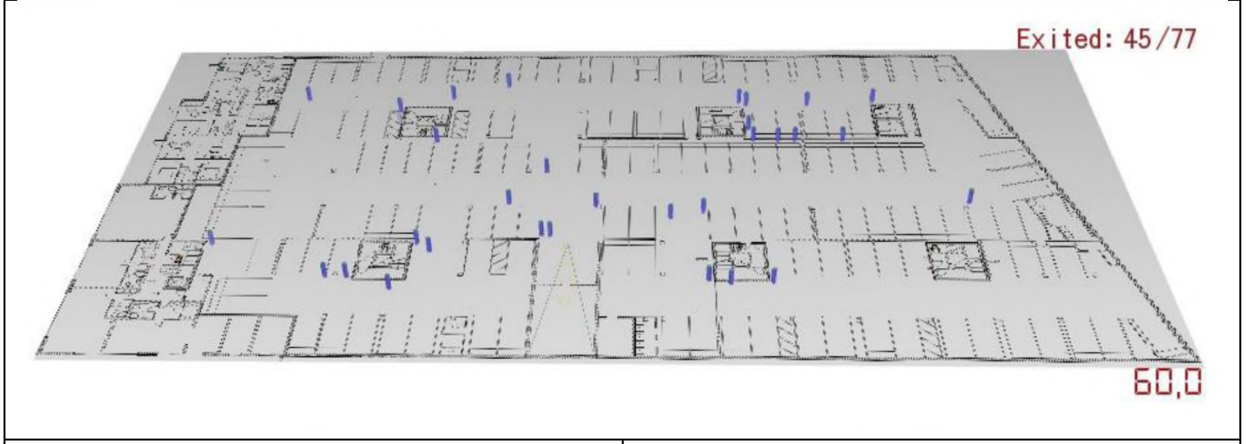
<b>Žmonių pasiskirstymas patalpoje</b>	
Exited: 0/77	
0,0	
<b>Evakavimosi laikas, s</b>	<b>Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt</b>
0	0
Exited: 1/77	
15,0	
<b>Evakavimosi laikas, s</b>	<b>Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt</b>
15	1



Evakavimosi laikas, s	Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt
30	3


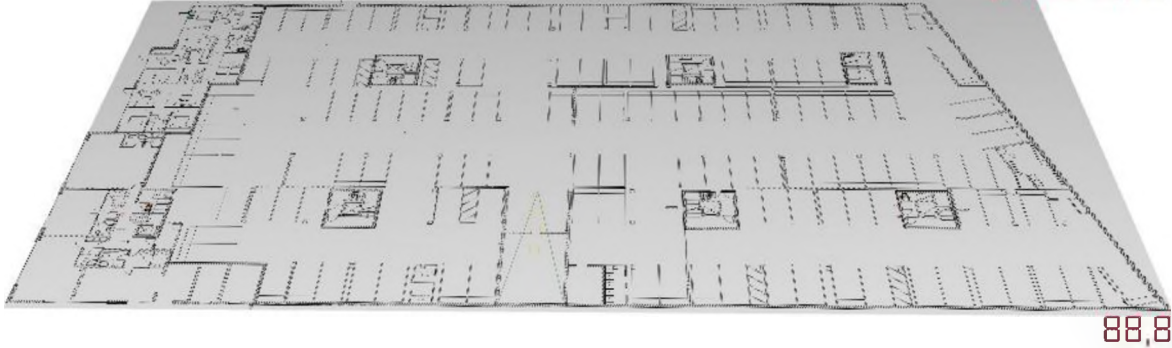


Evakavimosi laikas, s	Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt
45	20



Evakavimosi laikas, s	Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt
60	45

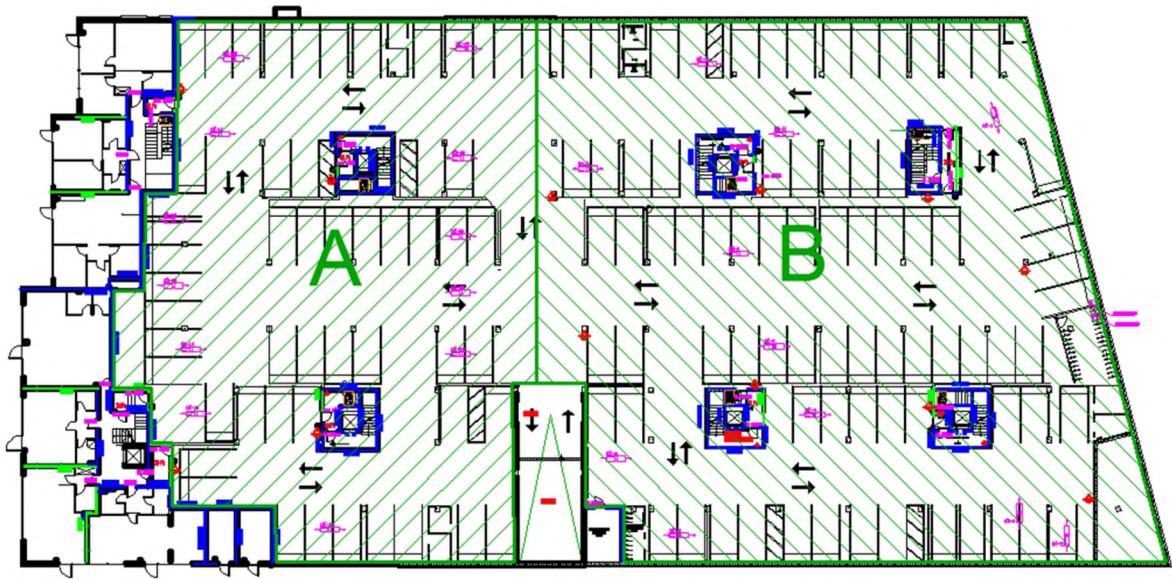


	
<b>Evakavimosi laikas, s</b>	<b>Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt</b>
75	69
	
<b>Evakavimosi laikas, s</b>	<b>Evakavusiųjų žmonių skaičius, vnt</b>
88	77

### ***3.3.5. Dūmų ir šilumos šalinimo sistemos sprendiniai atliekant gaisro modeliavimą***

Modeliuojant gaisrą labai svarbu tinkamai įvertinti gaisro dydį, kuris priklauso nuo daugelio veiksnių: degių medžiagų prigimties, koncentracijos, pastato paskirties, patalpos matmenų, formos, angų ploto, gaisro vystymosi greičio ir kitų faktorių. Įvertinus visus šiuos veiksnius, įtakančius gaisro židinio dydį ir plitimo spartą, sukuriama ir apskaičiuojama modelis.

Automobilių saugykloje numatant sienų griovimą, projektuojama didelė erdvė, todėl saugykloje numatoma vėdinimo ir dūmų šalinimo sistema su srautiniais ventiliatoriais (išdėstymas pavaizduotas 3.5 pav.). Šioje sistemoje nenaudojami ortakiai (sutaupomas patalpų aukštis). Sistema sudaro: ištraukiamieji vėdinimo ir dūmų šalinimo ventiliatoriai, srautiniai ventiliatoriai ir oro pritekėjimo angos. Srautiniai ventiliatoriai, priklausomai nuo veikimo režimo – vėdinimas arba dūmų šalinimas – nukreipia užterštą orą arba dūmus link ištraukimo ventiliatorių. Dūmų šalinimui išskiriamos dvi zonos: A ir B (3.5 pav.).



**3.5. pav.** Dūmų šalinimo zonos; srautinių ventiliatorių išdėstymas

Srautiniai ventiliatoriai, sistemai veikiant vėdinimo režimu, užtikrina reikiamą oro judėjimą automobilių saugykloje (ne mažiau kaip 0,18 m/s), neleisdami susidaryti žmogaus sveikatai kenksmingoms anglies monoksido (CO) koncentracijoms. Sistemai veikiant dūmų šalinimo režimu, gaisro metu riboja dūmų ir šilumos plitimą ir nukreipia juos link ištraukiamojo ventiliatoriaus.

Oro pritekėjimas automobilių saugykloje užtikrinamas per automobilių įvažiavimo – išvažiavimo vartus. Vartams turi būti užtikrinamas I kategorijos elektros tiekimas. Vartai gaisro metu (suveikus bent vienam ištraukiamajam ventiliatoriui) automatiškai atidaromi.

Analizuojant vėdinimo ir dūmų šalinimo sistemos veikimą saugykloje gaisro metu, nagrinėjamų scenarijų aprašymai pateikiami 3.8 lentelėje.

**3.8. lentelė.** Modeliuojamų gaisro scenarijų aprašymai

Scenarijaus pavadinimas	Scenarijaus aprašymas
Scenarijus Nr. 1	Gaisras automobilių saugykloje. Dūmai šalinami dūmų šalinimo sistema su srautiniais ventiliatoriais. Modeliuojamas gaisro židinyje A dūmų šalinimo zonoje. Dūmų ištraukimo ventiliatoriai įsijungia suveikus dūminiam davikliui, srautiniai ventiliatoriai įsijungia po 90 s uždelimo.



Scenarijus Nr. 2

Gaisras automobilių saugykloje. Dūmai šalinami dūmų šalinimo sistema su srautiniais ventiliatoriais. Modeliuojamas gaisro židiny s B dūmų šalinimo zonoje. Dūmų ištraukimo ventiliatoriai įsijungia suveikus dūminiam davikliui, srautiniai ventiliatoriai įsijungia po 90 s uždelsimo.

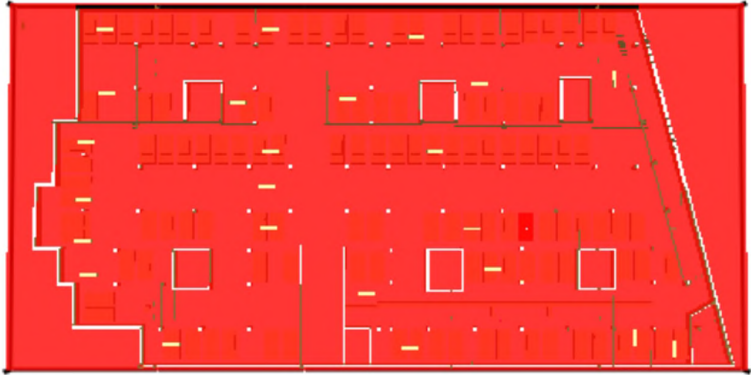
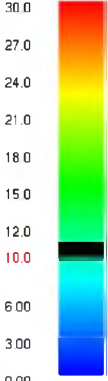
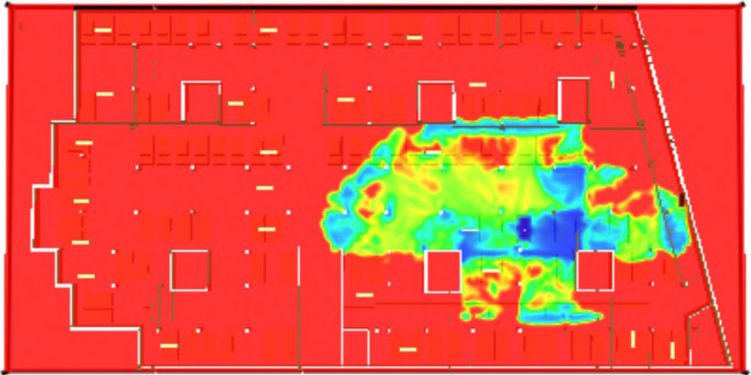
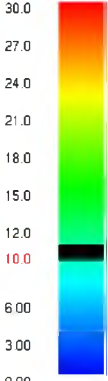
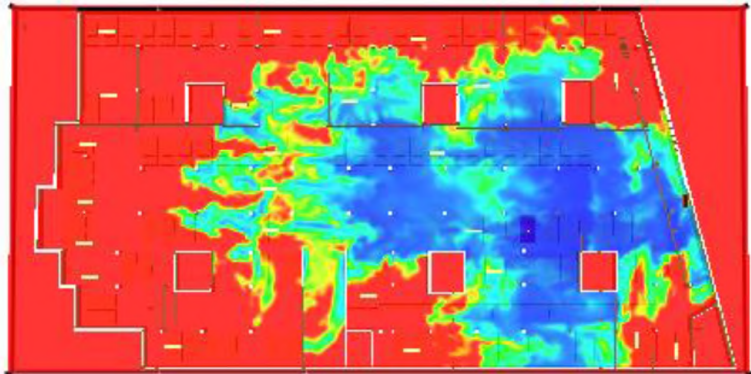
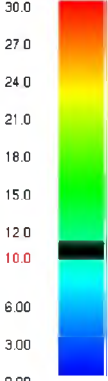


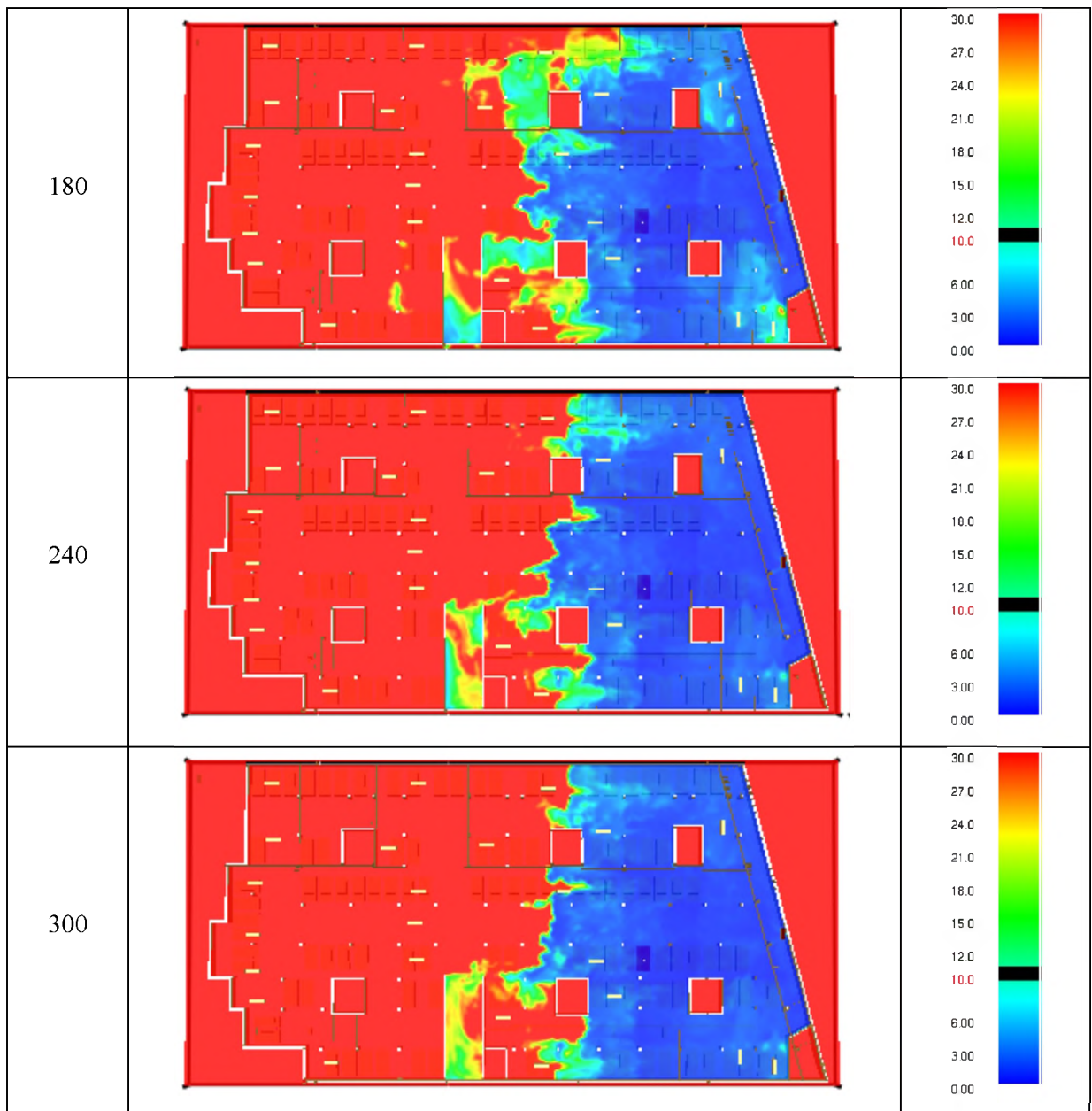
Analizuojant vėdinimo ir dūmų šalinimo sistemos efektyvumą, sistemai veikiant dūmų šalinimo režimu, buvo vertinamas matomumas ir aplinkos temperatūra. Gaisro metu susidarantių dūmų įtaka žmonių orientacijai patalpose ieškant evakuacinių išėjimų vertinama pagal matomumo ir optinio dūmų tankio rodiklius (2.1 lentelė). 2,0 m kai patalpos aukštis < 3,0 m aukštyje nuo patalpos grindų matomumas neturi būti mažesnis negu 10,0 m.

Modeliuose buvo skaičiuojamos pirmosios 300 s (5 min.) nuo gaisro pradžios. Skaičiavimų laikas parinktas atsižvelgiant į ilgiausią žmonių evakuacijos laiką (88 s).

Rezultatai pateikiami 3.9 – 3.12 lentelėse:

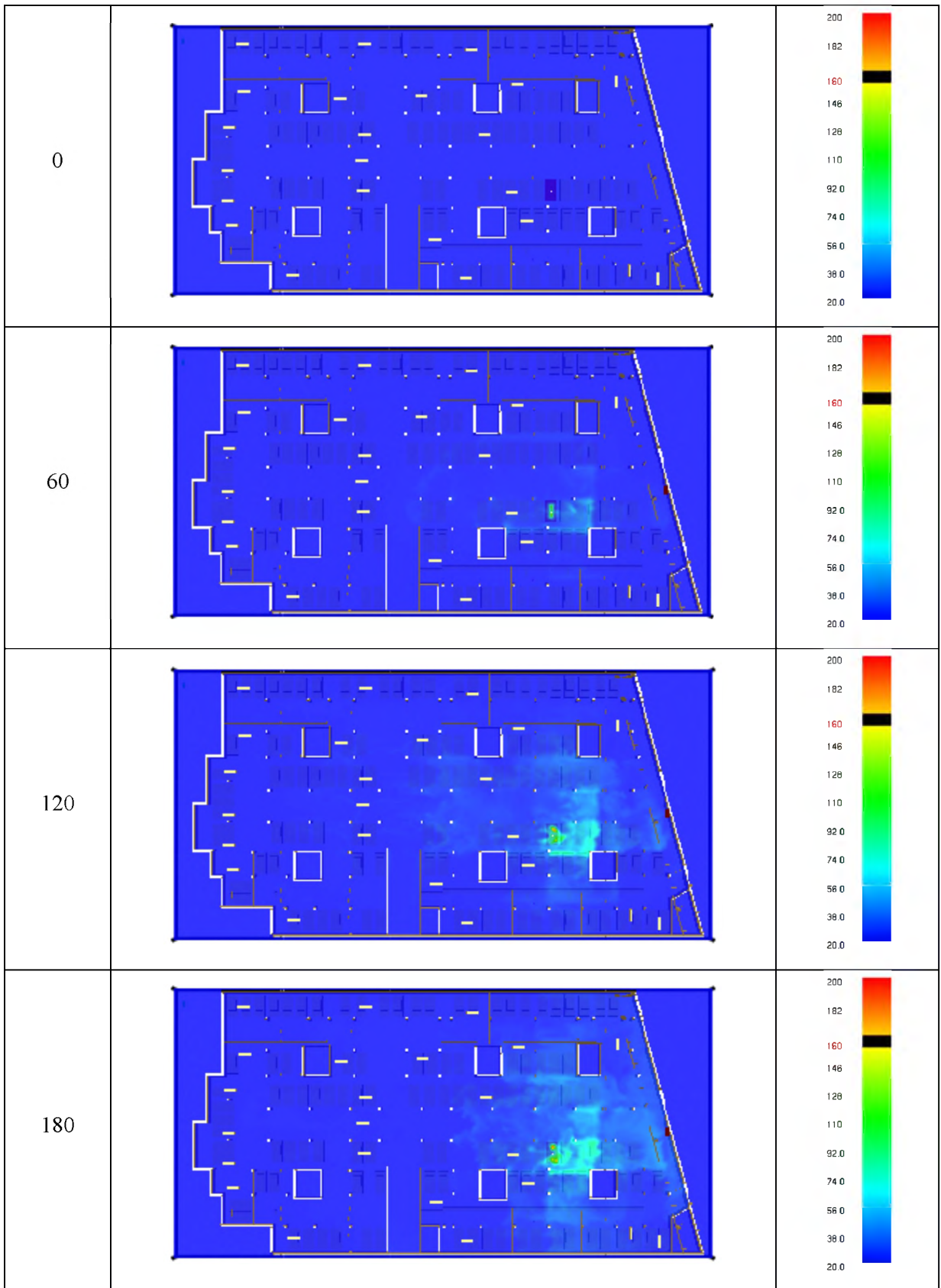
3.9. lentelē. Dūmų šalinimo režimas, vertinamas matomumas. Scenarijus Nr. 1

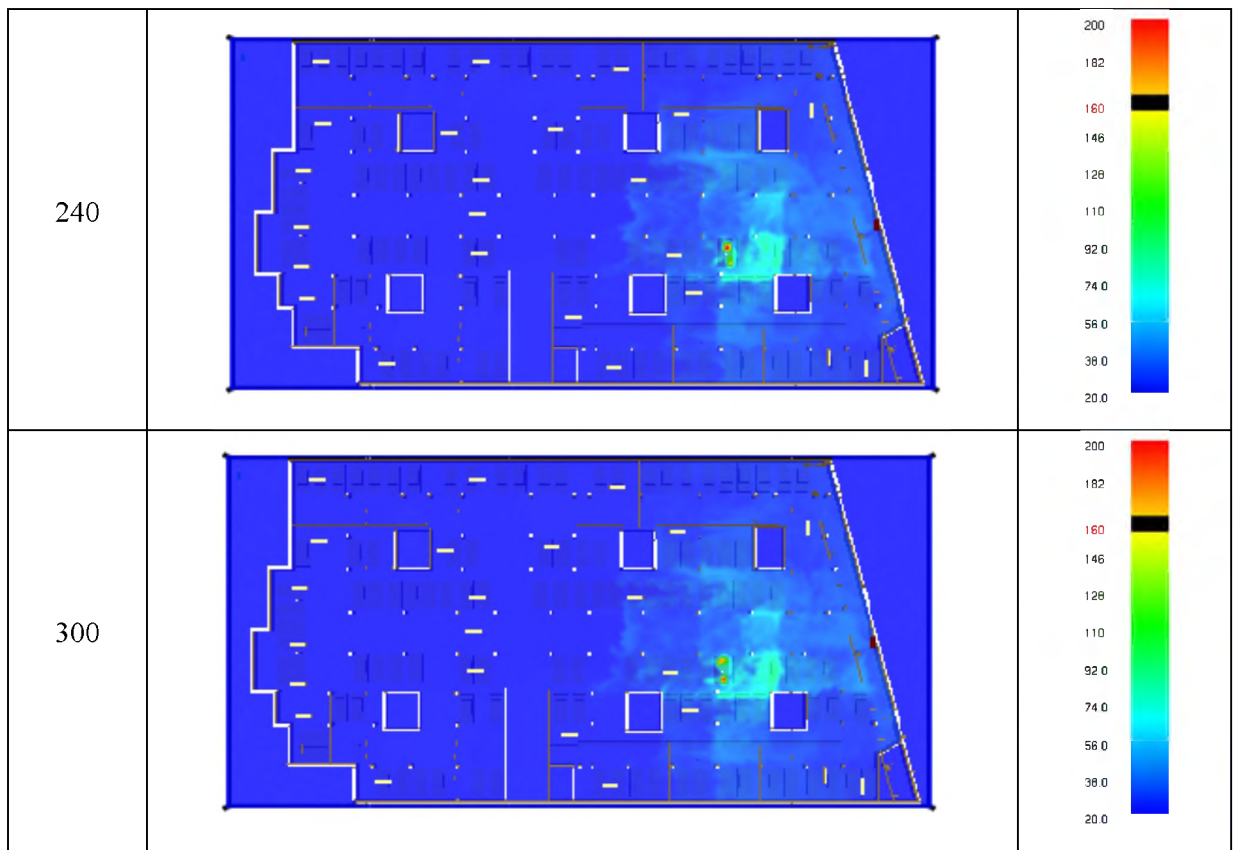
Laikas, s	Matomumo vertės 2 m aukštyje	Matomumas, m
0		
60		
120		



**3.10. lentelē.** Dūmu šalinimo režīmas, vērtināma temperatūra. Scenarijus Nr. 1

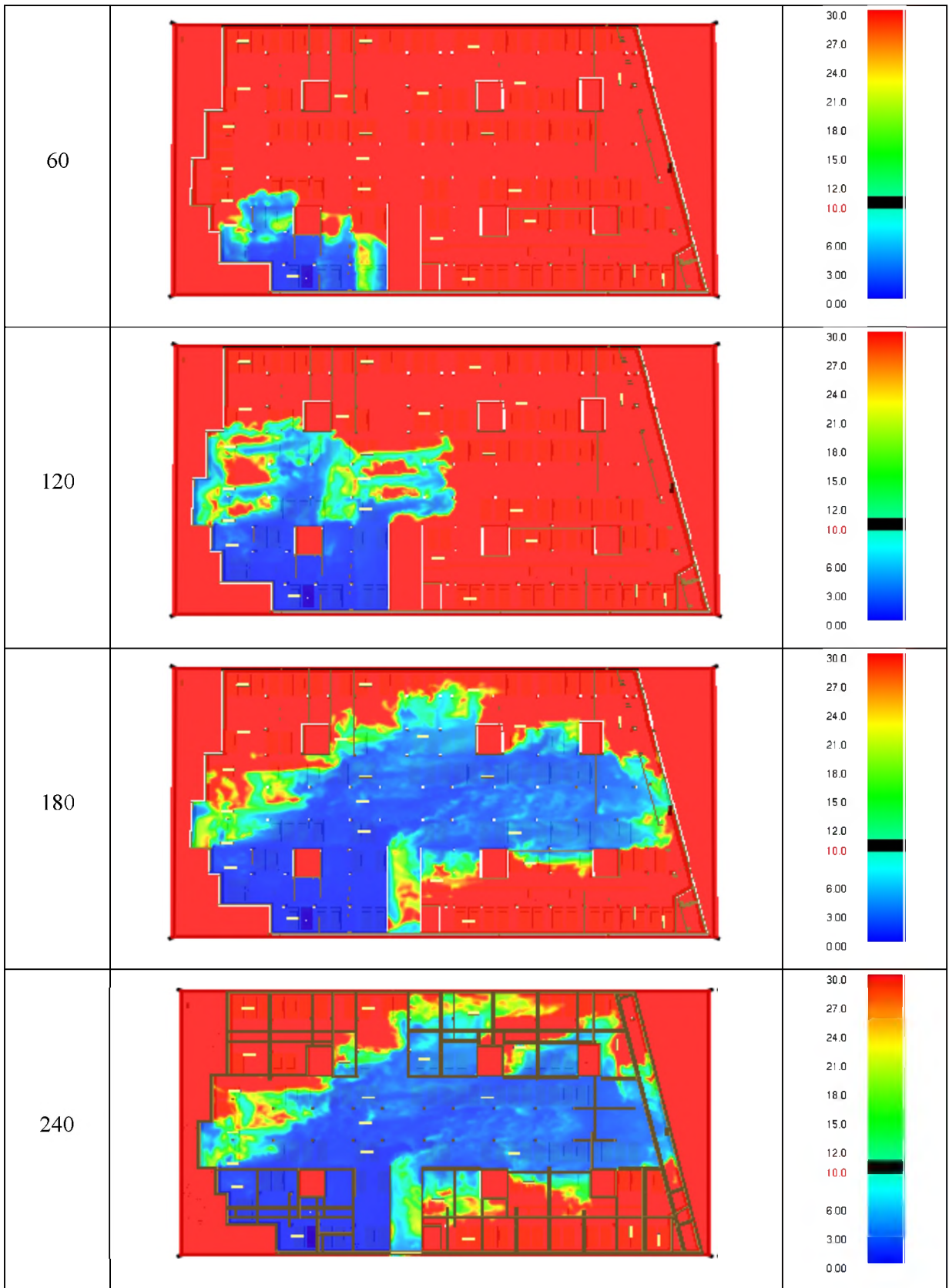
Laikas, s	Temperatūros vērtēs 2 m aukštyje	Temperatūra, °C
-----------	----------------------------------	--------------------



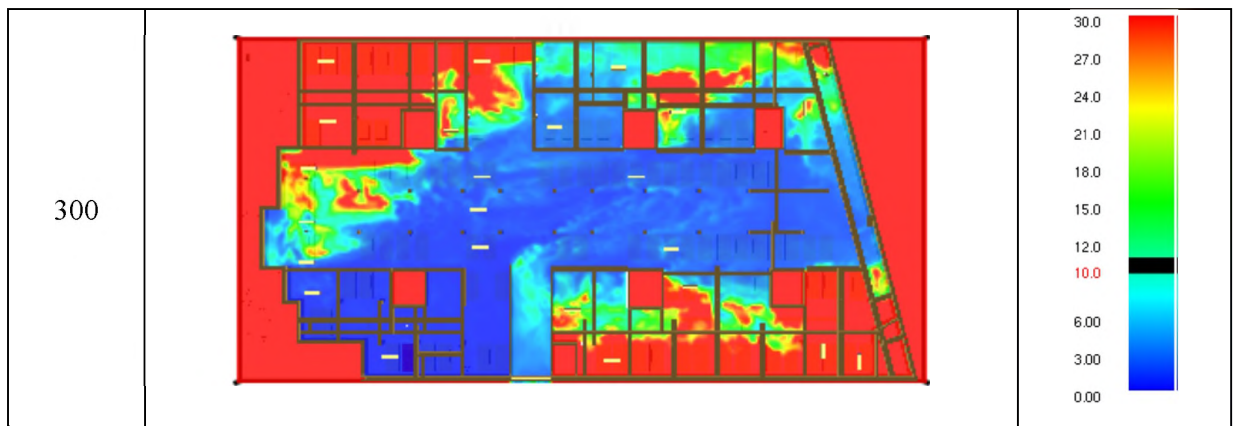


3.11. lentelē. Dūmu šalinimo režimas, vertinamas matomumas. Scenarijus Nr. 2



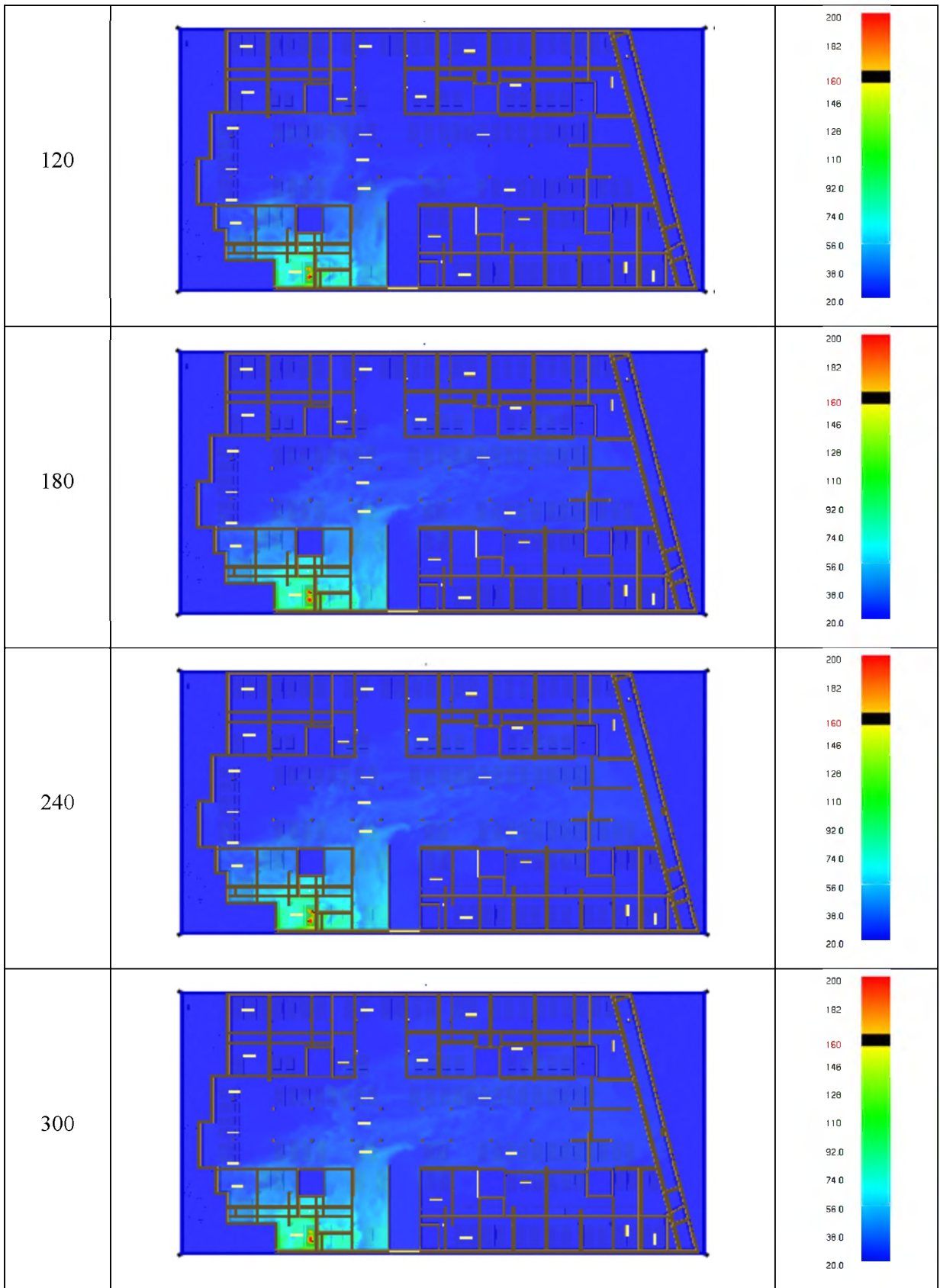






**3.12. lentelē.** Dūmu šalinimo režimas, vertinama temperatūra. Scenarijus Nr. 2

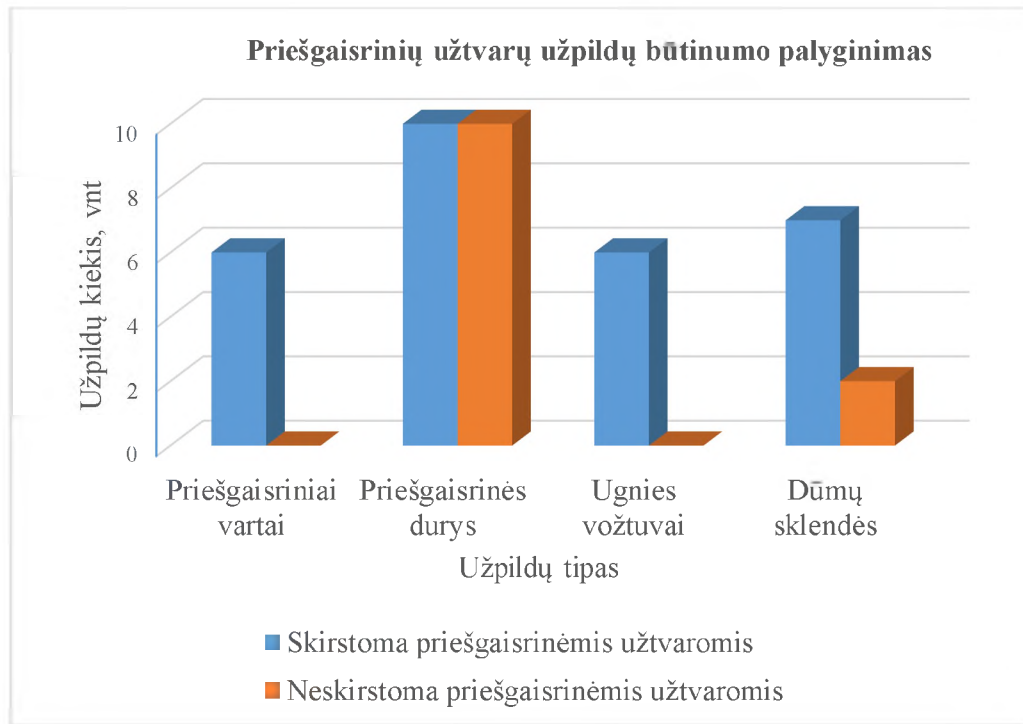
Laikas, s	Temperatūros vērtēs 2 m aukštyje	Temperatūra, °C
0		
60		



Atlikus gaisro modeliavimą nustatyta, kad būtų užtikrintos saugios žmonių evakavimo sąlygos (matomumas ir patalpos temperatūra), vėdinimo ir dūmų šalinimo sistema su srautiniais ventiliatoriais turi šalinti dūmų srautą –  $56000 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $V_v = 56000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

## IŠVADOS

1. Atlikus priešgaisrinių užtvarų įrengimo ir neįrengimo palyginimą, nustatyta, kad rekonstrukcijos metu griaunant rūšio sienas sumažinamas reikiamas priešgaisrinių užpildų užtvarose kiekis.



4.1. pav. Priešgaisrinių užtvarų būtinumo palyginimas

Automobilių saugyklos suskirstymas priešgaisrinėmis užtvaromis gaisrinio skyriaus plotui įtakos neturi.

2. Lyginant skirtingas dūmų ir šilumos šalinimo sistemas, nustatyta, kad įrengus dūmų šalinimo sistemą ortakiais reikiamas dūmų šalinamų dūmų srautas mažesnis nei dūmų šalinimo sistemą įrengiant su srautuniais ventiliatoriais.

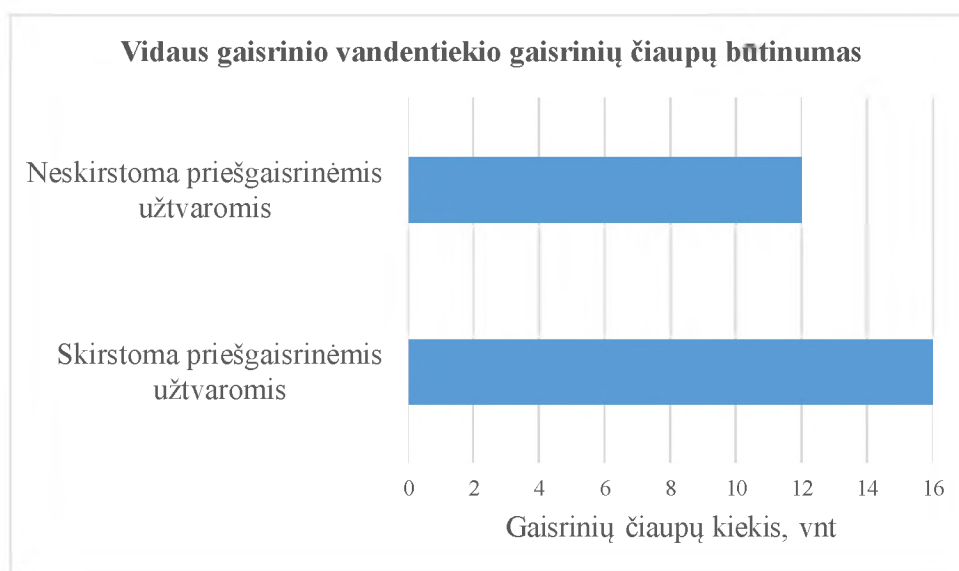
4.1. lentelė. Dūmų ir šilumos šalinimo sistemų palyginimas

Dūmų ir šilumos šalinimo sistemos tipas	Šalinamų dūmų srautas $V_v$ , m <sup>3</sup> /h
Dūmus ištraukiant ortakiais	49000
Dūmus nukreipiant srautuniais ventiliatoriais	56000

3. Automobilių saugyklą skirstant priešgaisrinėmis užtvaramis stacionariosios gaisro gesinimo sistemos įrengti **nebūtina**.

Rekonstrukcijos situacija, kai automobilių saugykla neskirstoma priešgaisrinėmis užtvaramis, viršijami maksimalūs rodikliai, todėl stacionariosios gaisrų gesinimo sistemos įrengimas yra **būtin**as.

4. Vidaus gaisrinio vandentiekio įrengimas automobilių saugykloje būtinas tiek skirstant patalpą priešgaisrinėmis užtvaramis, tiek neskirstant, tačiau reikiamas gaisrinių čiaupų kiekis nustatytas nevienodas.



**4.2. pav.** Vidaus gaisrinio vandentiekio gaisrinių čiaupų būtinumas

Pagal atliktą analizę ir gautus darbo rezultatus, priimama bendra išvada, kad racionaliau yra rekonstrukcijos metu negriauti sienų, taip sumažinant gaisrinių inžinerinių sistemų kiekį bei projektavimo sudėtingumą. Tačiau vertinant automobilių saugyklos vartotojų komfortabilumą, gaisrinės saugos sprendinių reikšmė, kai sienos griaunamos ir suprojektuojama netradicinė dūmų šalinimo sistema, yra svaresnė, nes suprojektuojama erdvi ir aiški žmonių evakuacijai automobilių saugykla.

## LITERATŪRA

1. Prugh, R. W. 1991. Quantitative evaluation of “BLEVE” hazards, *Journal of Fire Protection Engineering*;
2. Marčiukaitis G. Statybinės konstrukcijos ir jų projektavimo pagal euronormas pagrindai : vadovėlis. Vilnius:Technika, 2010;
3. Nolan, Dennis P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities. Oxford : Elsevier/GPP, 2011;
4. Gerdžiūnas, P.; Plakys V. Bendrieji akademinų darbų įforminimo reikalavimai, Vilnius: Technika, 2005;
5. Fitzgerald, Robert W. Building fire performance analysis. Chichester : John Wiley & Sons, 2004;
6. R. Mačiulaitis, Gaisro ir sprogimo pavojaus technologiniuose procesuose įvertinimo būdai, 1996;
7. Hasofer, A., Beck, V.R., Bennets, I.D. Risk Analysis in Building Fire Safety Engineering. - Jordan Hill: Routledge, 2007;
8. Čyras P, Šukys R., Gaisrinės saugos pagrindai. Mokomoji knygelė. Vilnius: Technika, 1997;
9. Barzdžiukienė L. D. ir kt. Baigiamasis studijų darbas. Kalbininkų patarimai: teorija ir tvarkyba. 2-asis pataisytas ir papildytas leidimas. Vilnius: Technika, 2005;
10. Elena Zalieckienė, Degimo procesai : mokomoji knyga. Vilniaus, 2004;
11. PAGD prie LR VRM, Gaisro židinio vietos ir gaisro priežasties nustatymas. Metodiniai nurodymai. 1998;
12. Isevičius E. Oro kondicionavimas /vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams. Kaunas: Technologija, 2007;
13. Juodis E. Vėdinimas: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2009;
14. Morgan J. Hurley, Daniel T. Gottuk, John R. Hall Jr., Kazunori Harada, Erica D. Kuligowski, Milosh Puchovsky, Jose L. Torero, John M. Watts Jr., Christopher J. Wieczorek, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. JAV, 2008;
15. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai, TAR, 2014-04-03, Nr. 4078;
16. Visuomeninių pastatų gaisrinės saugos taisyklės, Žin., 2011, Nr. 8-378;
17. Automobilių saugyklų gaisrinės saugos taisyklės, Žin., 2012, Nr. 21-989;
18. Gaisro aptikimo ir signalizavimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės, Žin., 2012, Nr. 78-4085;
19. Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės, Žin., 2012, Nr. 78-4085;

20. Statinių vidaus gaisrinio vandentiekio sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės, Žin., 2009, Nr. 63-2538;
21. Vėdinimo sistemų gaisrinės saugos taisyklės, Žin., 2013, Nr. 106-5265;
22. Dūmų ir šilumos valdymo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės, Žin., 2013, Nr. 106-5264;
23. LST EN 13501-1, Statybos gaminių ir statinio elementų klasifikavimas pagal degumą. 1 dalis. Klasifikavimas pagal degumo bandymų duomenis, 2010;
24. LST EN 13501-2, Statybos gaminių ir statinio elementų klasifikavimas pagal degumą. 2 dalis. Klasifikavimas pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis, išskyrus ventiliacijos įrangą, 2010;
25. LST EN 13501-3, Statybos gaminių ir statinio elementų klasifikavimas pagal degumą. 3 dalis. Klasifikavimas pagal pastatų eksploatavimo įrenginiuose naudojamų gaminių ir elementų atsparumo ugniai bandymų duomenis: ugniai atsparūs kanalai ir priešgaisrinės sklendės, 2006.