



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos Inžinerijos ir Dizaino Fakultetas

# **Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Paulius Rutkauskas**  
Projekto autorius

**Prof. Dr. Vytautas Grigas**  
Vadovas

---

**Kaunas, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**

Mechanikos Inžinerijos ir Dizaino Fakultetas Fakulteto pavadinimas

## **Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Mechanikos inžinerija (621H30001)

---

**Paulius Rutkauskas**

Projekto autorius

**Prof. Dr. Vytautas Grigas**

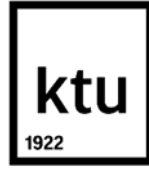
Vadovas

**Doc. dr. Sigitas Kilikevičius**

Recenzentas / Recenzentė

---

**Kaunas, 2018**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos Inžinerijos ir Dizaino Fakultetas  
Paulius Rutkauskas

## **Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Pauliaus Rutkausko, baigiamasis projektas, tema „Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas“, yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visų 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)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Studijų programa MECHANIKOS INŽINERIJA 621H30001

## **MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Studentui(-ei) *MDM 6/6 gr. Pauliui Rutkauskui*

### 1. Baigiamojo projekto tema

*Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas*

*Research of functionality of industrial cooker hood grease filter*

Patvirtinta Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto Dekano 2018-04-18 potvarkiu Nr.V25-11-6

### 2. Projekto tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas:

*Ištirti pramoninio garų rinktuvo riebalų filtro funkciškumo parametrus ir rasti riebalų filtro konstrukciją, užtikrinančią didžiausią filtravimo efektyvumą.*

Darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti pramoninių garų rinktuvų bei jų filtravimo elementų konstrukcijas ir funkcines savybes;*
- Eksperimentiškai ištirti įmonės UAB „AK Consult“ gaminamus pramoninių garų rinktuvų riebalų filtrų „FLLB“ funkciškumą;*
- Sudaryti UAB „AK Consult“ gaminamo pramoninio garų rinktuvo skaičiuojamąjį modelį ir atlikti jo funkciškumo skaičiuojamąją analizę;*
- Atlikti pramoninio garų rinktuvo su skirtingais filtravimo elementais palyginamuosius smulkiųjų riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo skaičiavimus ir nustatyti, kuris filtras yra efektyviausias*

### 3. Pradiniai Projekto duomenys

*Garų rinktuvo matmenys: 1100x1100x450 (ilgis x plotis x aukštis mm).*

*Filtravimo elemento matmenys: 350x400x20 (ilgis x plotis x aukštis mm).*

#### 4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos

*Skaičiuojamąjį modelį validuoti skaičiavimo rezultatus lyginant su eksperimentinio tyrimo duomenimis*

*Ištirti ne mažiau, kaip 3 alternatyvius filtravimo elemento konstrukcijos variantus.*

#### 5. Projekto aprašomosios dalies struktūra

*Įvadas; Darbo aplinkos reikalavimai ir nerūdijančio plieno taikymas maisto pramonėje; Ventiliacijos gaubtai; Mechaninių riebalų filtrų efektyvumo nustatymo standartai; Garų surinktuvo efektyvumo eksperimentas; Garų surinkėjo filtrų efektyvumo nustatymas skaičiuojamuoju metodu; Siūlomos Riebalų filtrų konstrukcijos; Išvados.*

#### 6. Grafinės Projekto dalies sudėtis

–

#### 7. Projekto konsultantai

Magistrantas: ..... **Paulius Rutkauskas** .....  
(vardas, grigaspavardė, parašas, data)

Projekto vadovas ..... **Prof. Dr. Vytautas Grigas** .....  
(vardas, pavardė, parašas, data)

Krypties studijų programos vadovas ..... **Doc. Dr. Kęstutis Pilkauskas** .....  
(vardas, pavardė, parašas, data)

## Turinys

<b>Įvadas.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Darbo aplinkos reikalavimai ir nerūdijančio plieno taikymas maisto pramonėje.....</b>	<b>13</b>
1.1. Darbo aplinkos mikroklimatas.....	13
1.2. Nerūdijančio plieno taikymas maisto pramonėje .....	14
<b>2. Garų rinktuvų ventiliacijos gaubtai ir filtrai.....</b>	<b>16</b>
2.1. Ventiliacijos gaubtų skirstymas pagal paskirtį .....	16
2.2. Ventiliacijos gaubtų skirstymas pagal konstrukciją .....	16
2.3. Filtrai .....	19
2.4. Gartraukių filtrai: riebalų ir kvapų sugėrimas .....	21
<b>3. Mechaninių riebalų filtrų efektyvumo nustatymo standartai.....</b>	<b>25</b>
<b>4. Garų rinktuvo filtro efektyvumo eksperimentinis tyrimas .....</b>	<b>31</b>
4.1. Bandymo metodika ir tyrimo standas.....	32
4.2. Garų rinktuvo filtro efektyvumo tyrimo rezultatai .....	36
<b>5. Garų rinktuvo filtrų efektyvumo tyrimas skaičiuojamuoju metodu.....</b>	<b>38</b>
5.1. Skaičiuojamojo modelio sudarymas.....	38
5.2. Oro srautų garų rinktuve skaičiuojamojo tyrimo rezultatai.....	41
5.3. Kietųjų dalelių sulaikymo studija ( <i>Particle Study</i> ) .....	43
5.4. Garų rinktuvo filtrų efektyvumo eksperimentinio ir skaičiuojamojo tyrimų rezultatų palyginimas .....	46
<b>6. Efektyviausios riebalų filtro konstrukcijos nustatymas .....</b>	<b>47</b>
<b>Išvados .....</b>	<b>52</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>53</b>
<b>Priedai.....</b>	<b>55</b>

## Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Chromo oksido apsauginės plėvelės susidarymas [5].....	15
2.1 pav. Įmonės „AK Consult“ gaminamas ventiliacijos gaubtas [6] .....	16
2.2 pav. Dėžės formos ištraukimo gaubtas: a) priesienis; b) centrinis [7] .....	17
2.3 pav. Trapecijos formos ištraukimo gaubtas: a) priesienis; b) centrinis [7] .....	17
2.4 pav. Ištraukimo gaubtas su oro užuolaida: a) priesienis; b) centrinis [7].....	17
2.5 pav. Ištraukimo gaubtas su oro užuolaida ir oro padavimu: a) priesienis; b) centrinis. ....	18
2.6 pav. Kondensacinis gaubtas su kondensacinėmis plokštėmis [7].....	18
2.7 pav. Gaubtas be filtrų [7].....	19
2.8 pav. Tinklelinis filtras [11]. ....	22
2.9 pav. Labirintinis filtras [11].....	23
2.10 pav. Cikloninis filtras [12].....	24
3.1 pav. Bandymo stendo schema [13].....	26
3.2 pav. Bandymo stendo schema [15].....	27
3.3 pav. Bendras trijų skirtingų filtrų riebalų šalinimo efektyvumo priklausomybė nuo gaminamo produkto [13]. ....	29
3.4 pav. Skirtingų filtrų kietųjų dalelių šalinimo efektyvumo priklausomybė nuo gaminamo produkto [13]. ....	29
3.5 pav. Trijų skirtingų filtrų riebalų masės sulaikymo priklausomybė nuo gaminamo produkto [13]. ....	30
4.1 pav. Filto „FLLB“ bendras vaizdas.....	31
4.2 pav. „FLLB“ filtro pjūvis .....	31
4.3 pav. Tyrimo stendo schema: 1 - elektrinė kaitvietė; 2 – nerūdijančio plieno puodas; 3 - alyvuogių aliejaus ir distiliuoto vandens dozavimo vieta; 4 – stovas; 5 – riebalų filtras; 6 – gartraukis (1100x1100x450 mm); 7 – apvalus ortakis; 8 - Kontrolinis taškas 2; 9 – srauto reguliavimo sklendė; 10 – variklis; 11 – Kontrolinis taškas 1. ....	33
4.4 Pav. Oro srauto matuoklis „KURZ Series 2440“ .....	33
4.5 pav. Kaskadinis dalelių impaktorius „Dekati PM10“: a) bendras vaizdas; b) išrinktas vaizdas. ....	34
4.6 pav. Kaskadinio dalelių impaktoriaus „Dekati PM10“ darbo schema [17].....	34
4.7 pav. Kaskadinio dalelių impaktoriaus „Dekati PM10“ filtrai.....	34
4.8 pav. Eksperimentinio stendo oro srauto greičio reguliavimo dalis .....	35
4.8 pav. Eksperimentiškai gauta „FLLB“ filtro efektyvumo priklausomybė nuo dalelių diametro..	37
5.1 pav. Skaičiuojamojo modelio schema: 1 – korpusas; 2 – filtras; 3 – garų ištraukimo anga; 4 – riebalų surinkimo latakas; 5 – viršutinis filtro laikiklis.....	38

5.2 pav. Skaičiuojamojo modelio: a) bendras vaizdas; b) kraštinės sąlygos; c) globalus baigtinių tūrių tinklelis. ....	39
5.3 pav. Tinklelio sutankinimas modelio zonose: a) riebalų filtro ir ortakio tinklelis; b) riebalų filtrų tinklelis .....	39
5.4 pav. Bendrieji skaičiuojamojo modelio parametrai: a) gravitacija; b) srauto kontaktas su modeliu c) slėgis ir temperatūra modelyje.....	41
5.5 pav. Kontrolinių taškų 1 ir 2 vieta modelyje .....	41
5.8 pav. Dalelių studijos kraštinės sąlygos: a) absorbuojantis paviršius b) neabsorbuojantis paviršius. ....	44
5.9 pav. Dalelių studijos, dalelių judėjimo pradžios paviršiaus parinkimas .....	44
5.10 pav. Alyvuogių aliejaus techninės charakteristikos.....	44
5.11 pav. Dalelių studijos, dalelių sulaikymo efektyvumo kontrolinio paviršiaus parinkimas.....	45
5.12 pav. Filtro „FLLB“ sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro .....	45
5.13 pav. Filtro „FLLB“ eksperimentinio ir skaičiuojamojo tyrimų rezultatų palyginimas .....	46
6.1 pav. Filtras „FLCCLB“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis; .....	48
c).....	48
6.2 pav. Filtras „FLCLB“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis;.....	48
6.3 pav. Filtras „FLCC“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis; .....	49
6.4 pav. Filtro "FLCCLB" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro ....	50
6.5 pav. Filtro "FLCLB" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro .....	50
6.6 pav. Filtro "FLCC" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro .....	50
6.7 pav. Filtrų "FLLB", "FLCCLB", "FLCLB", "FLCC" kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumas ..	51



## Lentelių sąrašas

Lentelė Nr.1 Oro filtrų klasifikacija [8] .....	20
Lentelė Nr.2 Kaskadinio dalelių impaktoriaus filtrų svoriai prieš ir po bandymų. ....	37
Lentelė Nr.3 Kaskadinio dalelių impaktoriaus filtrų svoriai prieš ir po bandymų .....	37
Lentelė Nr.4 Skaičiuojamojo modelio su „FLLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai .....	43
Lentelė Nr.5 Filtru „FLLB“ kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo skaičiavimo rezultatai.....	45
Lentelė Nr.6 Eksperimentinio ir skaičiuojamojo modelio sulaikymo efektyvumo rezultatų palyginimas.....	46
Lentelė Nr.7 Skaičiuojamojo modelio su „FLCCLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai .....	49
Lentelė Nr.8 Skaičiuojamojo modelio su „FLCLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai .....	49
Lentelė Nr.9 Skaičiuojamojo modelio su „FLCC“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai .....	49
Lentelė Nr.10 Visų filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 rezultatai .....	51

Rutkauskas, Paulius. Pramoninio garų rinktuvo riebalų filtrų funkciškumo tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Vytautas Grigas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir Dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Mechanikos inžinerija, Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: Ventiliacija, riebalų dalelių sulaikymas, oro filtravimas.

Kaunas, 2018. 54 p.

### **Santrauka**

Maisto gaminimas komercinėse virtuvėse gali sukelti didelius šilumos, vandens garų, dūmų ir riebalų kiekius. Riebalų kiekis, išskiriamas maisto paruošimo metu, priklauso nuo įrangos tipo, temperatūros ir produkto, kuris yra termiškai apdorojamas. Riebalų filtravimas – labai svarbi funkcija. Ji yra sukurta tam, kad riebalai ventiliavimo kanale (vamzdyje) ir dūmtraukyje neįkaistų. Šios funkcijos dėka yra ištraukiamas didelis riebalų dalelių ir garų kiekis, o ventiliavimo sistemos vamzdžiai lieka švarūs ir neužteršti.

Darbe analizuota pramoninių garų rinktuvų filtravimo elementų funkcinės savybės: priešgaisrinė apsauga, t.y filtro gebėjimas užkirsti kelią liepsnoms patekti į išmetimo gaubtą ir ventiliacijos kanalus; riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumas; filtro gebėjimas priešintis per jį einančiam oro srautui, t.y. slėgio perkričio sukėlimas vėdinimo sistemoje.

Vadovaujantis F2519 ir prEN 16282-6 standartais buvo sukonstruotas tiriamasis stendas ir atliktas riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo tyrimas.

Sukurtas skaičiuojamasis tiriamojo objekto modelis ir analizuotos filtravimo elemento funkcinės savybės. Atlikta lyginamojo tyrimo ir skaičiuojamojo modelio rezultatų analizė.

Sukruti nauji riebalų filtrų konstrukciniai variantai ir atlikta visų filtrų skaičiuojamoji modelių kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo studija.

Rutkauskas, Paulius. Research of functionality of industrial cooker hood grease filter. Master's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Vytautas Grigas; Faculty of Mechanical engineering and design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Mechanical Engineering, Engineering Sciences.

Keywords: Ventilation, grease particle suppression, air filtration

Kaunas, 2018. 54 pages.

### **Summary**

Preparation of the meal in commercial kitchens can cause great amounts of heat, water vapor, smoke and grease. The amount of grease released during cooking process depends on the type of equipment, the temperature and the product that is heat-treated. Grease particle filtering is a very important feature. It is designed to keep the fat in the ventilation duct (pipe) and the chimney not overheated. Due to this function, a large amount of grease and vapor is removed, and the pipes of the ventilation system remain clean and free of contamination.

In this work was analyzed the functional properties of the filter elements of the industrial vapor collectors: fire protection, i.e. the ability of the filter to prevent flames from entering the exhaust hood and ventilation ducts; Grease fragmentation effectiveness; the ability of the filter to resist the flow of air through it, i.e. induction of pressure in the ventilation system.

In accordance with F2519 and prEN 16282-6 standards, a test stand was constructed and a fatty acid retention efficiency test was performed.

The calculated model of the investigated object was created, and the functional properties of the filter element were analyzed. The results of the comparative study and the calculated model are analyzed. New constituents of fat filters have been created and a solid-state particle retention efficiency study has been carried out for all filters.

## Ivadas

Patalpų vėdinimas yra labai svarbus norint jose jaustis komfortiškai. Vėdinimas turi tiesioginės įtakos žmogaus savijautai bei darbo našumui. Patalpose žmogus praleidžia maždaug du trečdalius savo gyvenimo. Nuo oro patalpose kokybės priklauso darbingumo lygis, miego kokybė ir savijauta. Šiuolaikiniai langai yra tokie sandarūs, kad daugelis patalpų automatiškai tapo visiškai nevėdinamos, jų vėdinimą turi kontroliuoti pats žmogus. Tam tikslui įrengiamos ventiliacinės (vėdinimo) sistemos. Vėdinimo sistemos ne tik gerina oro apykaitą, bet ir filtruoja orą. Intensyviai naudojamose patalpose oras turi būti nuolat keičiamas ir išvalomas. Vėdinti patalpas galima ir paprasčiausiai atsidarius langą ar orlaidę, tačiau taip prarandama šiluma ir iš patalpos nepašalinamas blogos kokybės oras.

Viena iš vietų, kur dažnas praleidžia daugiausiai laiko – virtuvė. Čia ruošiamas maistas, bendraujama, valgoma, todėl labai svarbu, kad šioje vietoje būtų malonus mikroklimatas. Gaminant maistą mikroklimatas virtuvėje keičiasi greitai ir žymiai, todėl virtuvėje turi būti gartraukis. Kvapai, kurie atsiranda gaminimo proceso metu, neturi plisti po visus namus. Kokybiškas gartraukis ne tik juos neutralizuoja, bet taip pat sulaiko riebalus, išsiskiriančius kartu su vandens garais ir apsaugo nuo jų nuosėdų ant sienų ir baldų. Analogiška ir pramoninėse virtuvėse naudojamų gartraukių paskirtis, be to, abiejų tipų gartraukių vienas svarbiausių elementų yra riebalų filtrai, kurių pagalba iš patalpos pašalinami nepageidaujami kvapai, šiluma, drėgmė ir ore esančios kenksmingos kietosios dalelės.

Šio darbo tikslas – ištirti įmonės „AK Consult“ pramoninio garų rinktuvo riebalų filtro funkciškumo parametrus ir rasti riebalų filtro konstrukciją, užtikrinančią didžiausią jo filtravimo efektyvumą. Įmonės gaminami filtrai nėra sertifikuoti, jų efektyvumo rodikliai iki šiol nebuvo nustatomi.

Darbo tikslui pasiekti keliami uždaviniai:

- Išanalizuoti pramoninių garų rinktuvų bei jų filtravimo elementų konstrukcijas ir funkcines savybes;
- Eksperimentiškai ištirti įmonės UAB „AK Consult“ gaminamus pramoninių garų rinktuvų riebalų filtrų „FLLB“ funkciškumą;
- Sudaryti UAB „AK Consult“ gaminamo pramoninio garų rinktuvo skaičiuojamąjį modelį ir atlikti jo funkciškumo analizę skaičiuojamuoju metodu;
- Atlikti pramoninio garų rinktuvo su skirtingais filtravimo elementais palyginamuosius smulkiųjų riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo rodiklių skaičiavimus ir nustatyti, kuris filtras yra efektyviausias.

## **1. Darbo aplinkos reikalavimai ir nerūdijančio plieno taikymas maisto pramonėje**

Šiuolaikinių pastatų paskirtis – ne tik apsaugoti žmones nuo išorinio poveikio, bet ir sudaryti jiems kuo geresnes gyvenimo, darbo ar poilsio sąlygas. Išsivysčiusiose šalyse žmonės daugiau kaip 90 proc. savo gyvenimo praleidžia uždaroje erdvėje: namuose, transporte, darbe. Todėl patalpų, kuriose žmonės dirba, mokosi, leidžia laisvalaikį ir t.t. aplinka daugeliu atvejų yra daug svarbesnė sveikatai ir komfortui, nei išorės aplinka.

Elementarios sanitarinės normos nusako normalias sąlygas gyvenamosiose patalpose, biuruose ar mokymo įstaigose. Tam tikrais atvejais patalpoms keliami itin griežti specialūs reikalavimai (pvz. chemijos, energetikos įmonėse), bet daugeliui įmonių, įskaitant susijusių su maisto ruošimu, patalpose pakanka užtikrinti elementarią darbuotojų sveikatai žalos nedarančią atmosferą (bendrieji reikalavimai darbo aplinkai aprašyti 1.1 poskyryje).

Vienas iš parametrų, nusakančių darbo aplinkos sąlygas, yra oro kokybė (drėgnumas, įvairių dalelių kiekis jame ir t.t.). Jai užtikrinti maisto ruošimo įmonėse naudojami pramoniniai garų rinktuvai su įvairių tipų ir konstrukcijų riebalų filtrais, kurie iš patalpoje esančio oro pašalina jame esančias riebalų ir kitokias daleles taip ne tik užtikrindami reikiamą mikroklimatą, bet ir neleisdami joms pateikti į ventiliavimo sistemą ir taip sumažindami gaisro pavojų. Tokių garų rinktuvų ventiliacijos gaubtų ir svarbiausio elemento – filtrų – konstrukcijos aprašytos 2 skyriuje, o 1.2 poskyryje aprašytos jiems gaminti dažniausiai naudojamo nerūdijančio plieno svarbiausios savybės.

### **1.1. Darbo aplinkos mikroklimatas**

Darbo aplinka, tai darbuotoją tiesiogiai supanti erdvės dalis, kurioje ją gali veikti kenksmingi ir pavojingi veiksniai. Meteorologines aplinkos sąlygas (mikroklimatą) sudaro: šiluminė spinduliuotė, oro temperatūra, santykinė oro drėgmė, oro judėjimo greitis, slėgis. Šie parametrai labai svarbūs darbingumui, žmogaus šilumos apykaitai, šiluminei organizmo pusiausvyrai.

Higieninės darbo sąlygos - dirbančiojo žmogaus organizmas reaguoja į daugelį įvairių dirgiklių: darbo operacijų trukmę, klausos, uoslės, regėjimo bei lytėjimo organų poveikį. Darbinę veiklą koordinuoja centrinė nervų sistema sudėtingais neurohumoraliniais ryšiais. Žmogus greitai pavargsta, jeigu netinkamai organizuotas darbas. Patalpos temperatūra turi būti reguliuojama, kad jos svyravimai neveiktų žmogaus organizmo. Darbo patalpų temperatūra neturi būti aukštesnė kaip 25° C. Dirbant lengvą fizinį darbą, geriausia savijauta esti, kai oro temperatūra 22 – 25 °C, o dirbant sunkų fizinį darbą – 16-20° C. Be to, tai priklauso nuo oro cirkuliacijos greičio, oro drėgmės. Dirbant lengvą fizinį darbą, oro judėjimo greitis turi būti nedidesnis nei 0,1 m/s, o dirbant sunkų fizinį darbą nedidesnis nei 0,3-0,4 m/s. Efektyvi temperatūra, tai tokia temperatūra, kurią žmogus jaučia esant tam tikrai santykinėi oro drėgmei be jokio oro judėjimo.

Oro drėgmę darbo vietose apibūdina santykinė oro drėgmė. Tai santykis absoliučios ir maksimalios drėgmės konkrečiomis temperatūros sąlygomis. Optimali santykinė oro drėgmė darbo patalpose turi būti 40 – 60 %. Didelė santykinė drėgmė žemoje temperatūroje gali sukelti organizmo peršalimą, o aukštoje temperatūroje – organizmo perkaitimą. Reglamentuojamas minimalus šviežio oro kiekis – 10l/s žmogui. Tačiau higienos normose nenurodoma, kaip ir kas kiek laiko šie parametrai gali kisti. Mikroklimato parametrų leistinieji dydžiai yra privalomi, o optimalūs – rekomenduojami. Parametrų dydžiai apibrėžiami Higienos normoje HN 69: 2003 Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose [1].

Leistinosios ir optimalios meteorologinių sąlygų parametrų normos yra skirtingos, atsižvelgiant į metų laiką ir darbo sunkumą.

Patalpų vėdinimas – patalpose turi būti natūralus ir mechaninis vėdinimas. Patalpos vėdinamos naudojant kondicionavimo įrenginius– kondicionierius.

Darbo vietų apšvietimas – darbo vietų apšvieta gali būti natūrali ir dirbtinė. Natūrali apšvieta – tai tiesioginiai ar išsklaidyti saulės spinduliai, kurių intensyvumas kinta, atsižvelgiant į metų ir dienos laiką, debesuotumą, geografinę padėtį. Natūrali apšvieta konstrukciniu požiūriu būna viršutinė, šoninė ir mišri. Dirbtinė apšvieta sukuriama elektriniais šviesos šaltiniais. Darbo vietos apšvietimui galimos trys sistemos: bendroji, vietinė ir mišrioji [2].

Bendras apšvietimas apšviečia tolygiai patalpą, vietinis apšvietimas užtikrina tam tikros vietos apšvietą. Plačiausiai naudojamas mišrus apšvietimas, kuris yra bendrojo ir vietinio apšvietimo derinys. Vienas vietinis apšvietimas draudžiamas. Naudojant vietinį apšvietimą bendrojo apšvietimo turi būti ne mažiau 10%.

Pradėjęs eksploatuoti naujai pastatytą ar rekonstruotą įmonę, darbdavys privalo ne vėliau kaip per 3 dienas atlikti darbo vietų higieninį įvertinimą. Higieninius tyrimus atlieka visuomenės sveikatos centrų laboratorijos ir kitos akredituotos laboratorijos. Vertinimą organizuoja ir darbus finansuoja įmonė. Kenksmingi darbo aplinkos veiksniai įvertinami pagal higieninėje darbo sąlygų klasifikaciją apibrėžtus darbo sunkumo, įtampos ir kenksmingumo rodiklius [3].

## **1.2. Nerūdijančio plieno taikymas maisto pramonėje**

Visi su maistu turintys kontaktą prietaisai, detalės, įrengimai turi būti tinkamai valomi, esant reikalui, dezinfekuojami. Valymas ir dezinfekcija atliekami tokiu periodiškumu, kurio pakanka taršos rizikai išvengti. Siekiant užtikrinti tinkama prietaisų, detalių ir įrenginių valymą visi gaminiai skirti maisto pramonei gaminami iš nerūdijančio plieno. Sąvokos „nerūdijantis plienas“ arba „rūgštims atsparus plienas“ yra sąlyginės. Kiekvienas plienas pasižymi tam tikru ribotu koroziniu atsparumu aplinkai, kurioje yra. Pasaulinėje nerūdijančio plieno gamybos ir panaudojimo praktikoje yra paplitusios įvairios nerūdijančio plieno markės. Jos viena nuo kitos skiriasi savo chemine sudėtimi.

Papildomi cheminiai elementai pagerina ir pakoreguoja tam tikras nerūdijančio plieno savybes: formavimą, stiprumą, atsparumą korozijai, kietumą, atsparumą karščiui. Siekiant pagerinti minėtas medžiagos savybes į reikalingos charakteristikos lydinį įtraukiamos tokios medžiagos kaip: nikelis, molibdenas, titanas, varis ir kt., bei nemetalai: anglis, azotas ir kt. [4].

Atsparumą korozijai plienui suteikia nematoma chromo oksido apsauginė plėvelė, kuri susidaro plieno paviršiuje, veikiant aplinkoje esančiam deguoniui. Netgi tuo atveju, kai plieno paviršius pažeidžiamas fiziškai ar chemiškai, apsauginė plėvelė labai greitai atsistato po to, kai pažeidimo šaltinis pašalinamas nuo plieno paviršiaus (žr. 1.1 pav.).

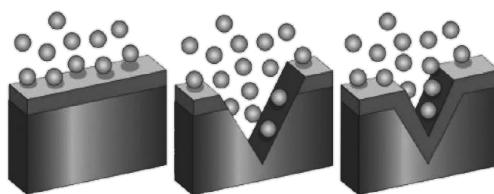
Dėl to nerūdijančiam plienui nereikalingas joks padengimas ar kita apsauga nuo korozijos. Tinkamai prižiūrima medžiaga išlaiko spindintį ir ryškų paviršių, netgi po ilgo naudojimo.

Nerūdijančio plieno paviršius neabsorbuoja maisto medžiagų, su kuriomis liečiasi, bei įvairių cheminių ploviklių ar valiklių, kuriais yra valomas. Jo kietas ir lygus paviršius puikiai ir lengvai nuvalomas nuo pašalinių medžiagų, ant jo paviršiaus nesusidaro įvairios „bio“ plėvelės, tuo būdu šio plieno paviršius išlaiko aukštus higienos reikalavimus.

Nerūdijantis plienas labai gerai pasipriešina „terminiam šokui“ – greitam ir žymiam temperatūrų pokyčiui.

Fizinės savybės leidžia lengvai pagaminti įvairaus dizaino, įvairių formų ekonomiškus ir lengvai prižiūrimus gaminius. Gaminiai būna tvirti ir ilgaamžiai, atsparūs nusidėvėjimui ir aplinkos poveikiui. Tačiau priežiūra ir kai kurie valymo procesai turi būti periodiškai atliekami geros plieno paviršiaus būklės (estetinės išvaizdos ir atsparumo korozijai) palaikymui.

Vienos iš labiausiai paplitusių nerūdijančio plieno rūšių, naudojamų maisto pramonėje, yra AISI 304 ir AISI 316. Bendrojo naudojimo populiarus nerūdijantis plienas AISI 304 plačiai naudojamas maisto pramonei skirtose įrangoje, AISI 316 rūgštims atsparus plienas plačiai naudojamas chemijos, farmacijos ir maisto pramonėje, pasižymi padidintu atsparumu korozijai lyginant su AISI 304 plienu [5].



1.1 pav. Chromo oksido apsauginės plėvelės susidarymas [5]

## 2. Garų rinktuvų ventiliacijos gaubtai ir filtrai

Ventiliacijos gaubtas, tai įrenginys, kurį sudaro atitinkamos formos ir matmenų korpusas ir filtrai (žr. 2.1 pav.). Pagrindinės garų ištraukimo gaubtų funkcijos – ištraukti garus ir teršalus. Būtent dėl šių savybių atsiranda garų ištraukimo gaubtų poreikis profesionalios virtuvės tam tikrose vietose, kuriose yra įrengta įranga, išskirianti didelį dūmų, garų ir šilumos kiekį. Jeigu visi ką tik paminėti elementai nebus pašalinti, jie nusės ant lubų ir taip įtakos itin aukštos temperatūros susidarymą virtuvėse, bei, atitinkamai, neigiamai veiks šiose patalpose dirbantį personalą.



2.1 pav. Įmonės „AK Consult“ gaminamas ventiliacijos gaubtas [6]

### 2.1. Ventiliacijos gaubtų skirstymas pagal paskirtį

Įrenginiai esantys profesionalioje virtuvėje savo darbo metu į aplinką paskleidžia dviejų tipų užterštą orą, kuris turi būti pašalintas iš darbo aplinkos:

- smalkės ir oras su riebalų dalelėmis, kurie išsiskiria virimo ir kepimo procesų metu;
- šiluma ir garai, kurie sudaromi indų plovimų mašinų ir tam tikro tipo orkaitių.

Iš darbo aplinkos ištraukti smalkes ir orą su kietosiomis dalelėmis dažniausiai naudojami dviejų tipų ventiliaciniai gaubtai: priesieniai ir centriniai. Priesieniai gaubtai naudojami tuomet, kai kepimo įranga išsidėsčiusi palei sieną. Priešingu atveju, kai įranga stovi toliau nuo sienų naudojami centriniai gaubtai.

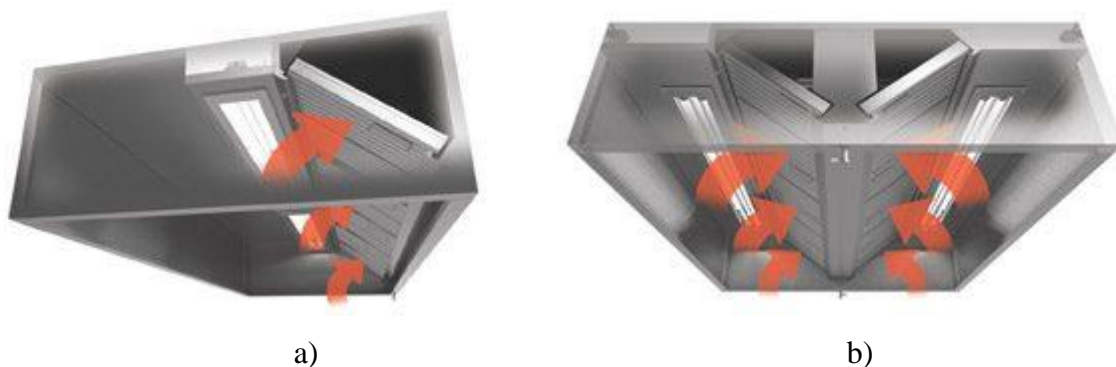
Šilumos ir garų pertekliui virtuvėje pašalinti naudojami specialios konstrukcijos ventiliaciniai gaubtai su kondensacinėmis plokštėmis, kurios nukreipia oro srautą išilgai jų paviršiaus, taip padidindamos kondensacijos plotą. Arba paprastos konstrukcijos gaubtai be filtrų. Šio tipo gaubtai statomi virš įrenginių, išskiriančių didelius kiekius vandens garų ir šilumos.

### 2.2. Ventiliacijos gaubtų skirstymas pagal konstrukciją

Ventiliacijos gaubto dydis, forma ir papildomos funkcijos kiekvienu atveju parenkamos individualiai, atsižvelgiant į virtuvės patalpų planą taip, kad ištraukiamų garų, šilumos ir riebalų

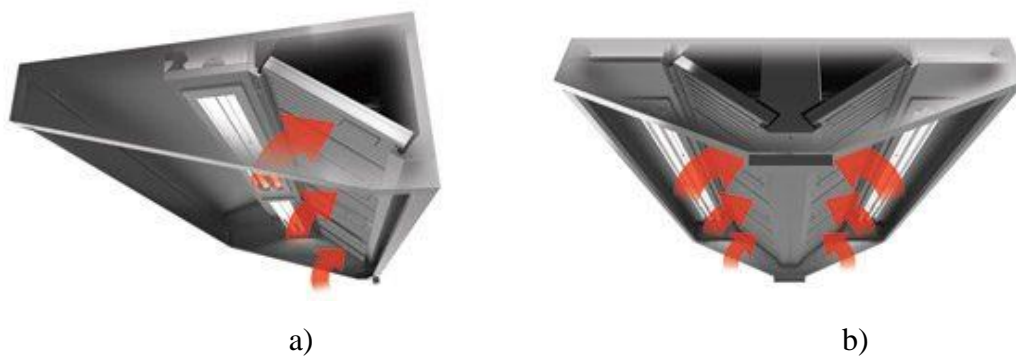


kiekis būtų didžiausias. Gaubtai pagal vietą statomi virš šilumą (kepimo įrangą) arba garus (indų plovimo mašinos) skleidžiančių įrenginių.



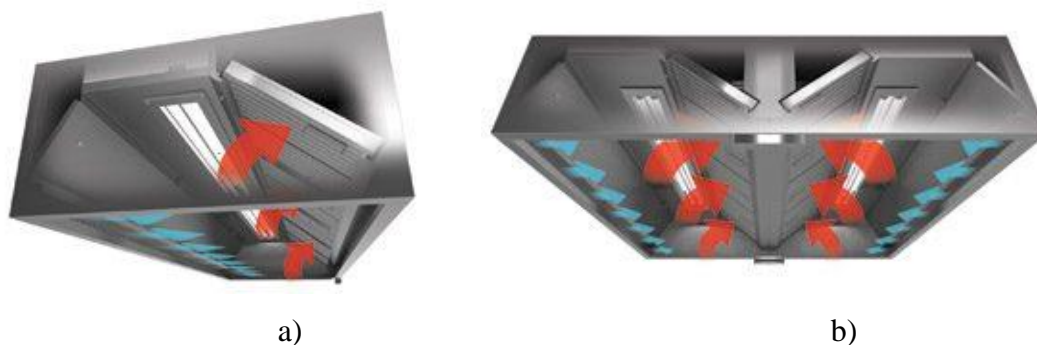
2.2 pav. Dėžės formos ištraukimo gaubtas: a) priesienis; b) centrinis [7]

Dėžės formos gaubtai (žr. 2.2 pav.) dažniausiai montuojami daug vietos turinčiose, aukštose patalpose, taip, kad nekliudytu judančiam personalui. Dėl savo formos, kainos ir efektyvumo tai vienas populiariausių gaubtų tipų.



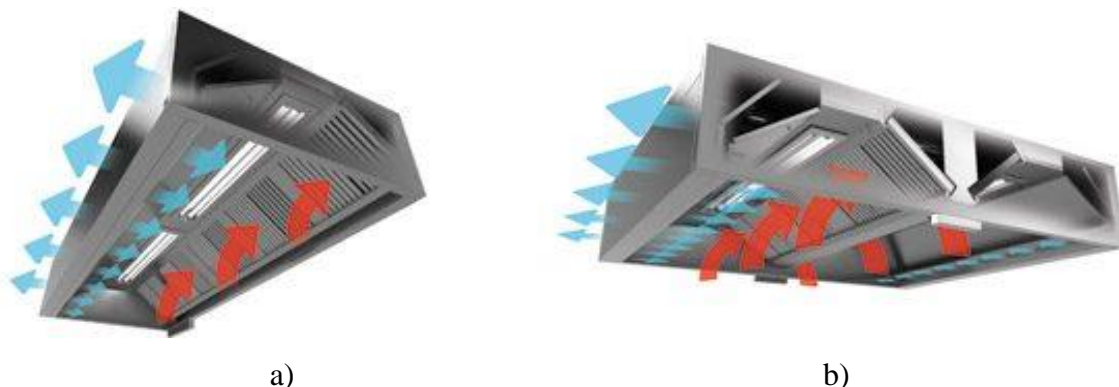
2.3 pav. Trapecijos formos ištraukimo gaubtas: a) priesienis; b) centrinis [7]

Trapecijos formos gaubtai (žr. 2.3 pav.) yra ekonomiškąs sprendimas mažoms virtuvėms bei tinka montuoti į virtuves su žemomis lubomis. Gaubto konstrukcija užima mažiau darbinės erdvės ir mažiau varžo personalą darbo metu. Įprastai šie gaubtai montuojami kavinėse, baruose ir kitose maitinimo įstaigose, kur maisto gamybos intensyvumas nėra didelis.



2.4 pav. Ištraukimo gaubtas su oro užuolaida: a) priesienis; b) centrinis [7]

Integruota oro užuolaida (žr. 2.4 pav.) užtikrina geresnį garų ir šilumos surinkimo efektyvumą – kitaip tariant, oro ištraukimo srautas gali būti mažesnis iki 20%. Oro užuolaida veikia dvejopai: ji stumia garus bei šiluminį pliūpsnį link filtrų bei neleidžia garams ištrūkti iš gaubto vidinio tūrio.



2.5 pav. Ištraukimo gaubtas su oro užuolaida ir oro padavimu: a) priesienis; b) centrinis.

Gartraukis su oro užuolaidos ir oro padavimo sistemomis (žr. 2.5 pav.) užtikrina aukštesnį garų ir šilumos surinkimo efektyvumą, bei tiekia šviežią orą tiesiogiai į užimantį virtuvės plotą – prie maisto ruošimo įrangos. Oras tiekiamas per didelio paviršiaus ploto difuzorių, mažu greičiu ir tai leidžia užtikrinti itin komfortabilią aplinką virtuvės darbuotojams – mažėja nuovargis, didėja personalo produktyvumas.

Visi šie gaubtai komplektuojami kartu su aukšto efektyvumo filtrais. Dėka to, vidinė gaubto kamera bei ortakiai ilgiau išlieka saugūs ir higieniški, todėl profilaktinis ištraukiamosios ventiliacijos sistemos valymas gali būti atliekamas rečiau. Filtrai savyje nekaupia lengvai užsidegančių riebalinių dalelių – visi riebalai nubėga į gaubte įrengtą riebalų surinkimo lovį. Taip pat, stora plieninė gaubto sienelė neleidžia prasiskverbti ugnies liežuviams į gaubto vidinę dalį bei ortakius.



2.6 pav. Kondensacinis gaubtas su kondensacinėmis plokštėmis [7]

Kondensaciniai gaubtai (žr. 2.6 pav.) skirti naudoti virš pramoninių indaplovių. Vietoje filtrų, šie gaubtai komplektuojami kartu su kondensacinėmis, didelio paviršiaus ploto plokštėmis. Garai kondensuojasi ant plokščių paviršiaus ir surenkami šoniniuose latakuose. Šis sprendimas leidžia itin efektyviai sumažinti drėgmės kiekį ventiliacijos sistemoje.



2.7 pav. Gaubtas be filtrų [7]

Paprasti gaubtai (žr. 2.7 pav.) pritaikyti surinkti perteklinę šilumą, dūmus. Filtrai ir kondensacinės plokštės nėra komplektuojami kartu, todėl jo nerekomenduojama naudoti virš maisto ruošimo įrangos ir intensyviai naudojamų pramoninių indaplovių [7].

### 2.3. Filtrai

Atmosfera yra sudėtingas oro teršalų mišinys, aprėpiantis kietąsias medžiagas (kietosios dalelės), dujas ir garus, o taip pat skystąsias medžiagas (migla, rūkas, lašeliai) ir spinduliavimo teršalus. Priklausomai nuo to, ką norime apsaugoti, filtravimu siekiama pašalinti kai kuriuos teršalus pradinėje fazėje, dar prieš panaudojant orą. Atmosferos dalelių sudėtis ir dydis labai skiriasi. Dydis svyruoja nuo kelių nanometrų (nm) iki kelių šimtų mikronų ( $\mu\text{m}$ ), todėl norint su jomis susidoroti dažnai prireikia sudėtingo filtravimo. Taip pat reikia nepamiršti, kad dalelės būna įvairių formų ir turi skirtingas savybes. Filtro gebėjimas rinkti daleles priklauso nuo įvairių fizikinių reiškinių, tiek mechaninių ir elektrinių. Kad pramoniniai teršalai nepatektų į aplinką, atliekamas specializuotos oro valymo sistemos įrengimas. Naudojant oro valymo sistemą, ištraukiamas oras gali būti grąžintas atgal į patalpą. Tokiu būdu nelieka būtinybės tiekti į patalpą šviežią orą iš lauko, ir sutaupoma daug šilumos.

### Oro filtrų klasifikavimas

Šiuo metu Lietuvos standarto statusą turintis Europos standartas EN779:2012 apibūdina oro filtrų grupes ir klases. Žemiau esančioje lentelėje Nr.1 pateikiama informacija apie oro filtrų klasifikavimą.

Lentelė Nr.1 Oro filtrų klasifikacija [8]

Grupė	Klasė <sup>1)</sup>	Galutinis bandymo slėgio perkritis, Pa	Vidutinis sintetinių dulkių sulaikymas ( $A_m$ ), %	Vidutinis efektyvumas sulaikant 0,4 $\mu$ m skersmens daleles ( $E_m$ ), %	Mažiausias leidžiamas efektyvumas sulaikant 0,4 $\mu$ m skersmens daleles, %
Grubaus valymo	G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-	-
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-	-
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-	-
	G4	250	$90 \leq A_m$	-	-
Vidutinio valymo	M5	450	-	$40 \leq E_m < 60$	-
	M6	450	-	$60 \leq E_m < 80$	-
Smulkaus valymo	F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450	-	$95 \leq E_m$	70

Grubaus valymo filtrai per savo tarnavimo laiką, t.y. iki pasieks 250Pa slėgio perkritį per save, turi sulaikyti nuo 50% (G1) iki daugiau nei 90% (G4) dulkių. Vidutinio ir smulkaus valymo filtrai visą savo tarnavimo laiką, t.y. iki pasieks 450Pa slėgio perkritį per save, turi išlaikyti nuo 40% (M5) iki daugiau nei 95% (F9) efektyvumą sulaikant 0,4 $\mu$ m skersmens daleles.

Apibendrinant - grubaus valymo filtrų efektyvumas nėra reglamentuojamas. Jų paskirtis sulaikyti stambias daleles ir apsaugoti aukštesnės klasės filtrus ar įrenginius naudojamus įvairiuose procesuose. Aukštesnės klasės filtrų efektyvumas yra reglamentuojamas. Jie visą tarnavimo laiką turi išlaikyti nurodytą efektyvumą. Aukščiausios klasės filtrų (F7-F9) efektyvumas tarnavimo laikotarpiu negali nukristi žemiau lentelėje nurodytų procentų (35%-70%) [8].

### Dalelių dydžiai

- ❖ Didelės dalelės – didesnės nei 100  $\mu$ m.
  - Nusėdimo greitis  $>0,5$  m/s
  - Greitai nusėdančios;
  - Sudaro: kruša, sniegas, vamzdžių liekanos, kambario dulkės, suodžių dalelės, smėlis, žvyras, jūros purslai.
- ❖ Vidutinio dydžio dalelės – tarp 1 ir 100  $\mu$ m.
  - Nusėdimo greitis didesnis nei 0,2 m/s;
  - Lėtai nusėdančios;

- Sudaro: smulkūs ledo kristalai, žiedadulkės, plaukai, didelės bakterijos, vėjo nešamos dulkės, lakieji pelenai, anglies dulkės, dumblas, smulkus smėlis, mažos dulkės.

❖ Mažos dalelės – mažesnės nei 1  $\mu\text{m}$ .

- Nusėda labai lėtai, gali užtrukti kelias dienas ar metus nedrumsčiamoje ramioje erdvėje. Turbulentinėje erdvėje gali niekada nenusėsti;
- Gali būti nuplaunamos vandens ar lietaus;
- Sudaro virusai, mažos bakterijos, metalurgijos dūmai, suodžiai, tepalų garai, tabako dūmai, molis ir dūmai.

Ore sklindančios dalelės, kurios įprastai kvėpuojant, gali pakliūti į nosį ar burną. Tai 100  $\mu\text{m}$  skersmens ir didesnės dalelės. Dulkės, kurios nesulaikomos burnoje ar nosyje, pasiekia plaučius. Dalelės 10  $\mu\text{m}$  skersmens ir didesnės Europos Sąjungoje žymimos kaip PM10 dalelės (*particulate matter*). Dalelės, kurios pasiekia alveoles. Tai pavojingos 5  $\mu\text{m}$  skersmens ir mažesnės dalelės Europos Sąjungoje apibrėžiamos kaip 2,5  $\mu\text{m}$  ir žymimos PM2,5. Pavyzdiniai dalelių dydžiai pateikiami pirmame priede [8].

#### 2.4. Gartraukių filtrai: riebalų ir kvapų sugėrimas

Dar viena labai svarbi garų ištraukimo gaubtų savybė – riebalų filtravimas garais pripildytose patalpose. Riebalų sulaikymo filtrai naudojami kaip priešfiltrai vėdinimo sistemose ar virtuvės oro šalinimo sistemose. Šie filtrai sugaudo riebalų ir dulkių daleles, turi mažą oro pasipriešinimą. Riebalai – įvairių dalelių kombinacija, susidedanti iš kietų arba skystų garų ir galinčių pavirsti skysčiu. Kai riebalai atšąla garuose, jie pavirsta skysčiu ir taip yra lengvai pašalinami.

Riebalų kiekis, išskiriamas maisto paruošimo metu, priklauso nuo įrangos tipo, temperatūros ir produkto, kuris yra termiškai apdorojamas. Riebalų filtravimas – labai svarbi funkcija. Ji yra sukurta tam, kad riebalai ventiliavimo kanale (vamzdyje) ir dūmtraukyje neįkaistų. Be to, šios funkcijos dėka yra ištraukiamas didelis riebalų dalelių ir garų kiekis. Kuo daugiau riebalų dalelių bus ištraukta iš oro, tuo ilgiau ventiliavimo sistemos vamzdžiai liks švarūs ir neužteršti [9].

Šiuolaikiniai filtrai ne tik valo orą, bet ir apsaugo gartraukio variklį, prailgindami jo tarnavimo laiką 80-90%. Filtrus galima išskirstyti į du tipus: riebalų ir aktyvintos anglies. Riebalus sugeriantys filtrai dažniausiai būna metaliniai, kiek rečiau – akriliniai. Akrilinis filtras sugeria riebalų daleles, tačiau toks filtras turi ribotą naudojimo laiką, todėl jį reikės reguliariai keisti, kas 2-3 mėnesius. Metalinis filtras pagamintas iš kelių sluoksnių aliuminio arba plieno tinklelių, efektyviai sulaikančių riebalus. Šio filtro paskirtis yra dvejopa:

- pirmoji - užtikrinti priešgaisrinę apsaugą, t.y užkirsti kelią liepsnoms patekti į išmetimo gaubtą ir ventiliacijos kanalus;

- antroji - pašalinti didžiąją dalį riebalinių dalelių srauto išsiskiriančio maisto ruošimo metu. Kuo daugiau riebalų galima ištraukti, tuo ilgiau išmetimo kanalai ir ventiliatorių išlieka švarus. Dėl to sumažėja gaisro tikimybė darbo zonoje.

Praktiniu požiūriu, mechaniniai filtrai turėtų būti lengvai valomi ir prižiūrimi. Jei filtras užsikemša, jis nebepraleidžia reikiamo oro srauto t.y slėgių skirtumas kinta, ko pasiekoje sumažėja gartraukio darbo našumas.

Anglies filtrai skirti ne riebalų, o kvapų pašalinimui, todėl iš esmės jie reikalingi tik recirkuliacijos režimu dirbantiems gartraukiams, kuriuose sutrauktas oras praeina būtent pro anglies filtrą, yra pilnai išvalomas ir sugrąžinamas atgal į patalpą. Tokie filtrai gaminami iš aktyvuotos arba chemiškai apdorotos anglies. Priklausomai nuo to, filtras gali būti arba kasetinio, arba granulinio pavidalo. Vieni anglies filtrai būna vienkartiniai ir privalo būti reguliariai keičiami, o kitus, kaip ir metalinius riebalų filtrus, galima išplauti ir naudoti toliau. Tiesa, pastarasis variantas naudojamas rečiau, nes po kelių plovimų filtrą vis tiek tenka keisti nauju [10].

Metaliniai filtrai būna:

- ❖ Tinkleliniai



2.8 pav. Tinklelinis filtras [11].

Tinklelinių riebalų filtrų (žr. 2.8 pav.) konstrukcija sudaryta iš kelių, vieno ant kito suklijuotų metalinių sluoksnių. Garai kartu su kietosiomis dalelėmis skverbdamiesi pro tinklelių struktūrą užstringa jame. Susikaupusios riebalų dalelės koncentruojasi ties filtro apačia ir yra pašalinamos per specialius nubėgimo kanalus. Reguliariai nevalomame filtre pradeda kauptis riebalų nuosėdos, kurios sumažina oro pralaidumą ir filtravimo efektyvumą [10].

- Privalumai:
  - Galima plauti indaplovėje;
  - Pigesni už labirintinius filtrus;
- Trūkumai:
  - Turi būti reguliariai valomi, kad tinkamai atliktų savo funkciją;
  - Nevalomi filtrai kaupia riebalines daleles paviršiuje bei padidina gaisro pavojų;

## ❖ Labirintiniai

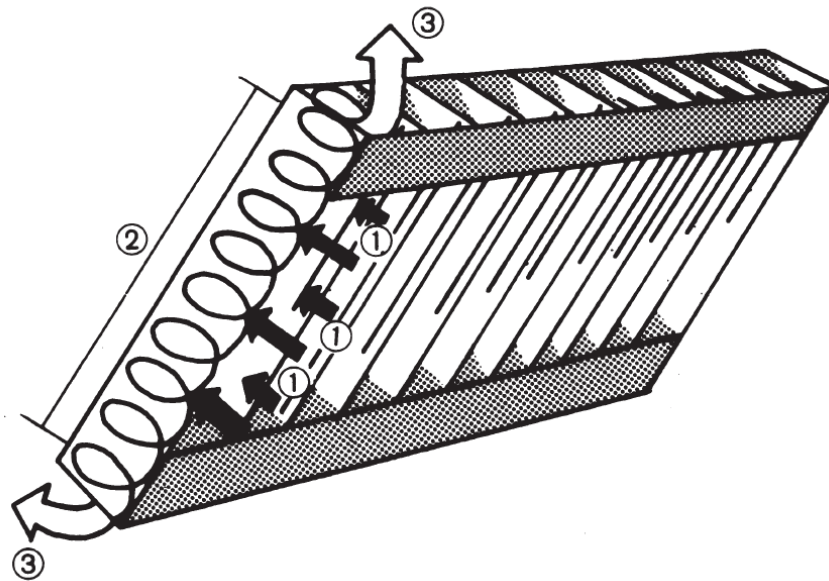


2.9 pav. Labirintinis filtras [11].

Nors ir skirti tam pačiam tikslui, labirintiniai filtrai (žr. 2.9 pav.) skiriasi nuo tinklelinių. Labirintiniai filtrai dažniausiai gaminami iš aliuminio, nerūdijančio plieno arba mažaanglio plieno. Riebalinių dalelių prisotintas oro srautas, praeidamas per labirintinį filtrą dideliu greičiu, kelis kartus pakeičia savo kryptį. Kadangi riebalų lašeliai negali keisti krypties taip greitai, kaip ir oras, pernešantis juos, jie kondensuojasi ant metalinių filtro mentelių, kuriomis nuteka iki riebalų sulaikymo rezervuaro [10].

- Privalumai:
  - Galima plauti indaplovėje;
  - Standi metalinė konstrukcija;
  - Filtro konstrukcija neleidžia prasiskverbti ugniai į ventiliacijos kanalus;
  - Nereikalauja daug priežiūros;
  
- Trūkumai:
  - Gali būti didelių gabaritinių matmenų ir netilpti į indų plovimo mašiną;
  - Turi būti išvalomas bent kartą per dvi savaites;
  - Brangesni nei tinkleliniai filtrai;

❖ Cikloniniai



2.10 pav. Cikloninis filtras [12].

Cikloniniai filtrai, (žr. 2.10 pav.) kaip ir labirintiniai, dažniausiai gaminami iš aliuminio, nerūdijančio plieno arba mažaanglio plieno. Tačiau jų konstrukcija ir veikimo principas skiriasi. Filto konstrukcija sudaryta iš korpuso ir atskirų cilindrinų intarpų. Riebalinių dalelių prisotintas oro srautas praeidamas per filtrą patenka į cilindrinus intarpus, kuriuose juda spiralės principu aukštyn. Veikiamos išcentrinės jėgos, riebalinės dalelės atsiskiria nuo oro srauto prilipdamos prie intarpo sienelių. Besikondensuojančios dalelės juda intarpo sienelėmis žemyn iki riebalų surinkimo rezervuaro.

- Privalumai:

- Didesnis oro filtravimo efektyvumas, nei tinkelinių ar labirintinių filtrų;
- Galima plauti indaplovėje;
- Standi metalinė konstrukcija;
- Filto konstrukcija neleidžia prasiskverbti ugniai į ventiliacijos kanalus;
- Nereikalauja daug priežiūros;

- Trūkumai:

- Gali būti didelių gabaritinių matmenų ir netilpti į indų plovimo mašiną;
- Turi būti išvalomas bent kartą per dvi savaites;
- Brangesni nei tinkleliniai ir labirintiniai filtrai [12];



### 3. Mechaninių riebalų filtrų efektyvumo nustatymo standartai

Daugelis šiandieninių gamintojų teigia, kad jų riebalų filtrų efektyvumas yra 90% arba didesnis. Jie nurodo, kad jų filtrai atitinka UL 1046, ULC-S649- 93 arba Navy NBSIR 74-505 standartus. Dėja, nė vienas iš šių standartų neatspindi ietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo realiomis maisto ruošimo sąlygomis. Kepimo proceso metu susidarantys riebalai susideda iš kietųjų dalelių ir garų. Mechaniniai filtrai skirti tiktais kietųjų dalelių sulaikymui ir negali sulaikyti išsiskiriančių garų. Dėl šios priežasties teoriškai didžiausias riebalų filtro efektyvumas negali viršyti kietųjų dalelių sulaikymo masės susidarancios kepinimo proceso metu. Didžiausias efektyvumas priklauso nuo virimo operacijoms ir gali kisti nuo 2 iki 70% priklausomai nuo gamybos proceso.

Minesotos universitete atlikti tyrimai parodė, kad riebalus sudaro įvairių dalelių junginiai:

- kietos dalelės;
- skystosios riebalų detalės;
- riebalų ir vandens garai;
- azotas;
- anglies dioksidas;
- anglies monoksidas.

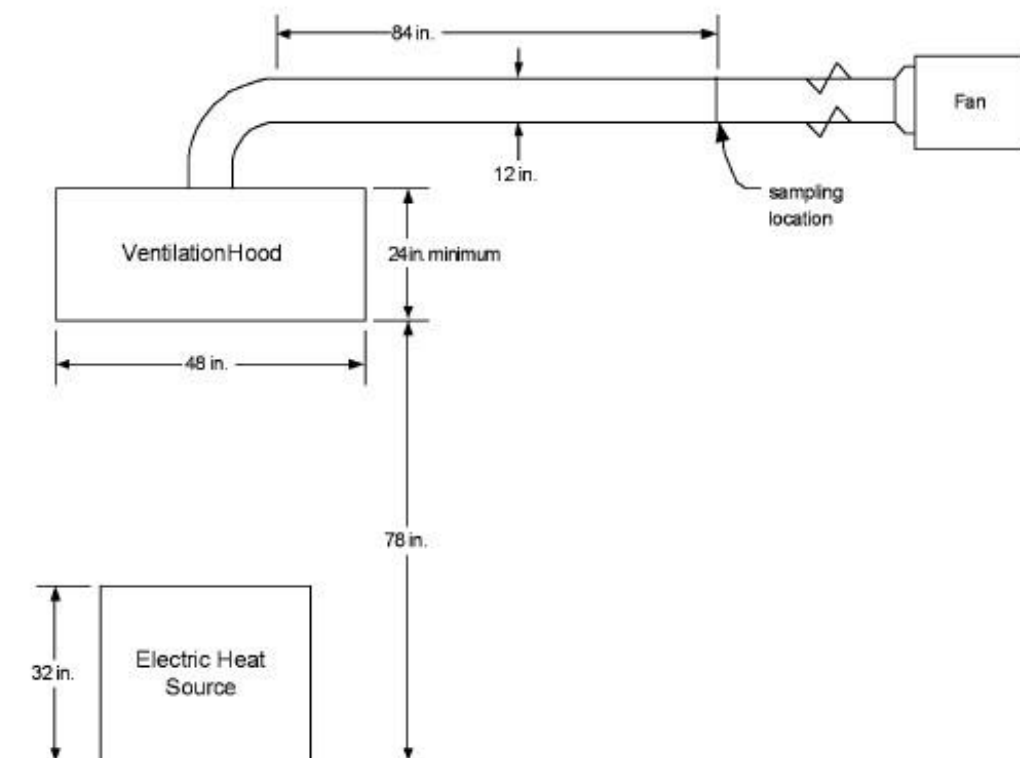
Riebalų sudėtis tampa vis sudėtingesnė, kad būtų kiekybiškai įvertinama susidaranciu išmetamųjų dujų sraute. Be šių junginių, virimo proceso metu gali susidaryti angliavandeniliai, kurie apibrėžiami pagal keletą skirtingų terminų: LOJ (lakiuosius organinius junginius), PLOJ (pusiau lakius organiniai junginiai), ROC (reaktyvūs organiniai junginiai) ir kt.

Vieni populiariausių standartų naudojami įvertinti filtro efektyvumą virimo sąlygomis yra amerikiečių sukurtas standartas ASTM - F2519, anglų standartas prEN – 16282-6 ir vokiečių standartas VDI 2052.

#### **ASTM - F2519 Standartas**

Šiame standarte tikslai ir išsamiai pateikiama tyrimui atlikti reikalinga įranga leistinos jos paklaidos bei gabaritiniai matmenys. Bandymo stendo schema pateikiama (3.1 pav.). Tyrimui atlikti naudojamas pramoninis, dėžės formos, priesienis garų surinkėjas, kurio ilgis 1200 mm, plotis 1200 mm, ir aukštis 610 mm. Garų surinkėjo apatinė dalis turi būti 2000 mm aukštyje nuo grindų. Tarpas tarp kaitvieties ir garų rinktuvo apatinės dalies turi būti 1170 mm. Riebalų filtras garų rinktuve turi stovėti kaip natūraliomis eksploataavimo sąlygomis. Mėginai iš tiesios ortakio dalies imami per 7 ortakio diametrus nuo alkūnės galo (šio atveju 2134 mm). Naudojamas ventiliatorius turi gebėti palaikyti 1600 m<sup>3</sup>/h oro debitą viso tyrimo metu. Į bandymų patalpą tiekiamas oras turi būti 21 °C temperatūros ir 50 ± 20 % santykinio drėgnumo. Kaitvietė statoma ties gaubto centru ir turi gebėti

palaikyti  $191 \pm 3$  °C pastovią temperatūrą. Gaubtas prijungiamas prie 305 mm apvalaus ortakio. Tyrimo metu naudojamas oro srauto debitas 1393,54 m<sup>3</sup>/h, tenkantis vienam metrui gaubto ilgio arba naudojamos pateiktos gamintojo rekomendacijos. Filtru efektyvumas nustatomas lyginant kietųjų dalelių koncentracijų skirtumus. Bandymas atliekamas su riebalų filtrais ir be filtrų. Tyrimo metu naudojamos kietosios 0,3 μm iki 10 μm diametro oleino rūgšties dalelės. Dalelės registruojamos naudojant optinius arba aerodinaminius dalelių skaitytuvus. Taip pat tyrimo metu turi būti fiksuojamas aplinkos slėgis, temperatūra, drėgnumas, tiekiamo į patalpą oro greitis ir temperatūra.



3.1 pav. Bandymo stendo schema [13].

Tyrimo pradžioje ventiliatorius sureguliuojamas taip, kad trauktų reikalingą oro srauto debitą. Tuomet nustatomas slėgių skirtumas tarp atmosferos slėgio ir slėgio susidarancio ortakyje. Dalelių sulaikymo efektyvumas nustatomas atlikus seriją bandymų be riebalų filtro ir su filtrais. Pagal gautus rezultatus apskaičiuojamas dalelių sulaikymo efektyvumo priklausomybė skirtingiems dalelių dydžiams (%) [13].

$$\text{Sugavimo efektyvumas} = \left( 1 - \frac{\text{Dalelių koncentracija su riebalų filtru}}{\text{Dalelių koncentracija be riebalų filtro}} \right) \times 100$$

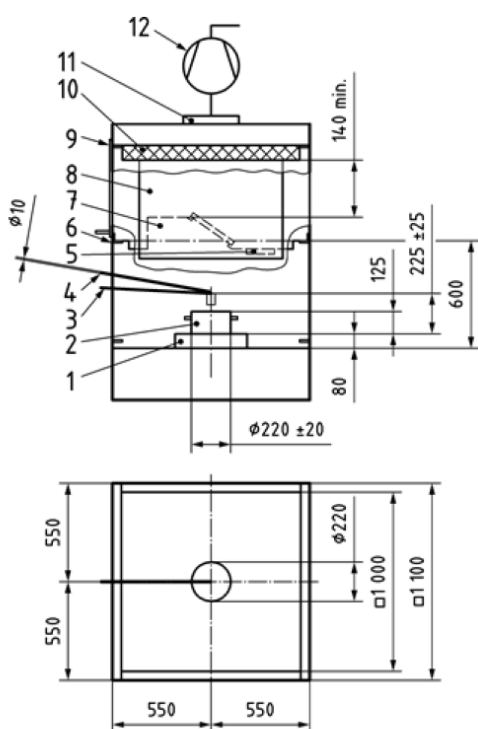
## VDI 2052 Standartas

Šio standarto tyrimo metodologijoje nėra nurodomi tikslūs stendo matmenys ir forma. Tyrimo metu bandomas filtras įstatomas kaip ir realiame gaubte į specialią kabiną. Kabinoje per dalelių skirstytuvą pradedamas leisti švarus oro srautas, kuris privalo būti  $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , o santykinis oro drėgnumas  $50 \pm 10 \%$ . Sureguliuavus oro srautą tolygiai per visą filtro paviršių su didžiausiu 10% nuokrypiu pradedamas purkšti riebalinis aerosolis. Aerosolis matavimo metu tiekiamas  $100 \text{ mg/m}^3$  koncentracijai. Aerosolis tolygiai paskirstomas remiantis vienu iš VDI 3491 skysčių purškimo standartų. Kiekvienas bandymas trunka po 20 min..

Matavimams atlikti gali būti naudojami optiniai dalelių skaitikliai arba kaskadiniai dalelių skaitikliai. Matavimai atliekami pagal gamintojo rekomendacijas esant didžiausio, mažiausio ir vidutiniam oro srauto debitui. Dalelių dydžių pasiskirstymas išmatuojamas prieš bandomą filtrą ir už bandomojo filtro. Atlikus šiuos matavimus galime apskaičiuoti filtro efektyvumą esant tam tikro dydžio dalelėms [14].

$$\text{Sugavimo efektyvumas} = \left(1 - \frac{\text{Dalelių koncentracija už riebalų filtro}}{\text{Dalelių koncentracija prieš riebalų filtrą}}\right) \times 100$$

## prEN-16282-6 Standartas



xxx pav. tiriamojo stendo išdėstymas:

1. kaitvietė;
2. puodas;
3. distiliuoto vandens dozatorius;
4. aliejaus dozatorius;
5. riebalų surinkimo talpykla;
6. atraminis elementas;
7. bandomasis filtras;
8. bandymo stebėjimo langas;
9. užsandinamas dangtelis;
10. absoliutinis filtras su nuimamu filtro įdėklu;
11. ortakio pajungimo atšaka;
12. ventiliatorius.

3.2 pav. Bandymo stendo schema [15].

Schemoje (žr. 3.2 pav.) nurodomi tiriamojo stendo matmenys turi būti išlaikomi viso tyrimo metu. Filtras tyrimo metu įstatomas atitinkamu kampu, kaip realiomis darbo sąlygomis.

Tyrimo metu, į įkaitusi puodą (2) naudojant dvejus atskirus peristaltinius siurblius (3 ir 4) lašinamas kukurūzų aliejus ir distiliuotas vanduo. Naudojamas kukurūzų aliejus turi būti  $80 \pm 5$  mm<sup>2</sup>/s klampos (20 °C temperatūroje) ir į puodą (2) lašinamas 1,6 ml/min (apie 45 lašeliai per minutę) dažniu. Distiliuotas vanduo 2,3 ml/min (80 lašelių per minutę) dažniu. Aliejaus ir vandens lašinimo į puodą (2) vietas turi būti nutolusios viena nuo kitos per  $10 \pm 0,5$  mm.

Prieš atliekant tyrimą, naudojama įranga, t.y riebalų filtras, riebalų sulaikymo talpa, sandarinimo detalės, papildomi filtrai ir t.t., privalo būti džiovinama vieną valandą 50°C temperatūroje. Po džiovinimo įranga pasverinama. Naudojamas puodas turi būti pagamintas iš nerūdijančio plieno,  $220 \pm 20$  mm diametro ir 125 mm aukščio. Kaitvietė tyrimo metu privalo palaikyti pastovią  $250 \pm 5$  °C puodo dugno temperatūrą. Oro srauto debitas parenkamas pagal gamintojo rekomendacijas.

Bandymas atliekamas 30 min. Po to sustabdomas vandens ir aliejaus tiekimas. Praėjus 10 min. po bandymo sustabdymo, išjungiamas ventiliatorius. Bandymo įranga išrenkama ir džiovinama valandą laiko 50°C temperatūroje. Po džiovinimo komponentai pasveriami. Bandymas kartojamas du arba daugiau kartų, iš gautų rezultatu atimamas įrangos svoris ir gaunamas nusėdusių riebalų svoris filtre [15].

Filtro efektyvumas nustatomas pagal formulę:

$$Ektyvumas = \left( \frac{\text{Aliejus, nusėdęs ant riebalų filtro ir surinkimo talpos}}{\text{Aliejus, panaudotas bandymo metu}} \right) \times 100$$

### **Filtrų lyginamasis metodas**

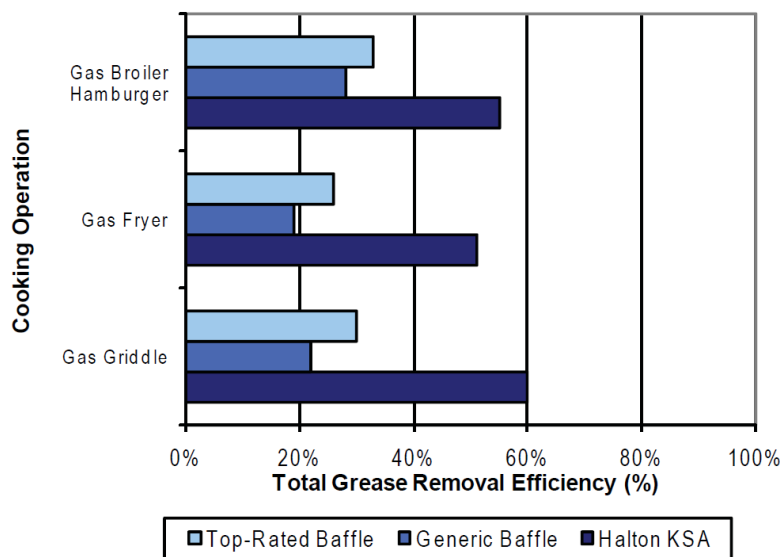
Žinodami filtro efektyvumo priklausomybę nuo dalelių dydžio, galime apskaičiuoti filtro efektyvumą tam tikro kepimo / virimo proceso metu, t.y. galime nustatyti kaip efektyviai pasirinktas filtras dirbs prie tam tikrų maisto ruošimo sąlygų. Šis metodas susideda iš 3 dalių:

- Apskaičiuojamas išmetamų teršalų kiekis (garai ir kietosios dalelės) kepimo proceso metu, įskaitant dalelių dydžių pasiskirstymą išmetamuose teršaluose;
- Sudaroma filtro kietųjų dalelių sulaikymo nuo praeinančio oro srauto efektyvumo funkcija;

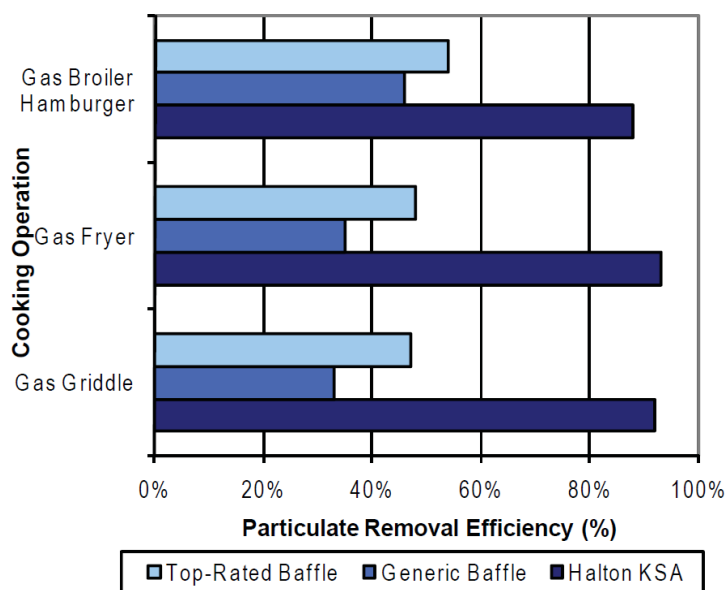
- Apskaičiuojamas filtro efektyvumas pasirinktam gamybos procesui. Filtro efektyvumo skalė prilyginama oro srautui, susidarančiam pasirinkto maisto gamybos metu.

Šis metodas pranašus tuo, kad pirmas ir antras žingsniai gali būti atlikti nepriklausomai vienas nuo kito t.y. nereikia daryti atskirų bandymų, siekiant išsiaiškinti filtro efektyvumą tam tikro maisto ruošimo proceso metu. Tačiau šis metodas veiksmingas, jeigu yra žinoma filtro kietųjų dalelių efektyvumo funkcija ir maisto gamybos proceso metu susidarančių dalelių kiekiai ir dydžiai.

Kaip pavyzdys 3.3 pav. ir 3.4 pav. pateikiami kelių filtrų efektyvumo priklausomybė nuo tam tikro maisto ruošimo proceso.



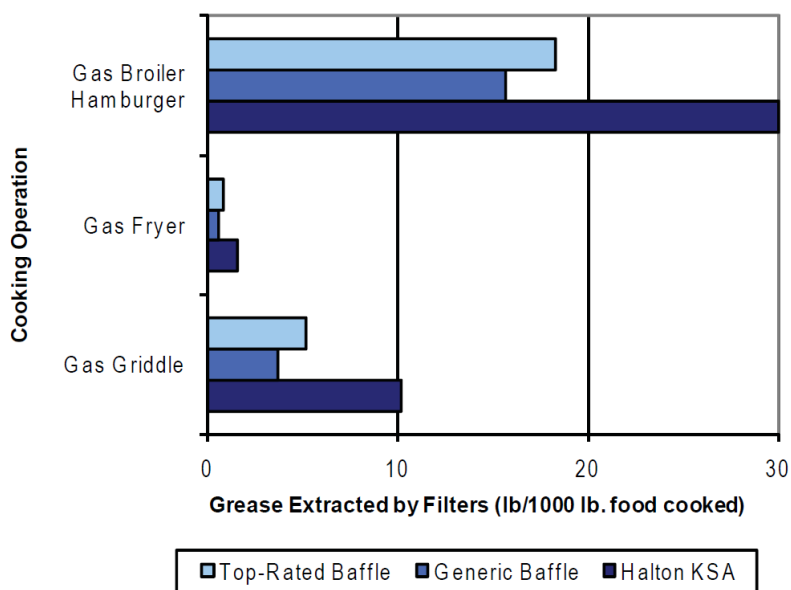
3.3 pav. Bendras trijų skirtingų filtrų riebalų šalinimo efektyvumo priklausomybė nuo gaminamo produkto [13].



3.4 pav. Skirtingų filtrų kietųjų dalelių šalinimo efektyvumo priklausomybė nuo gaminamo produkto [13].

Tačiau galutinį vartotoją dažiausiai domina ne filtro efektyvumas, o kiek išsiskiriančių riebalų apeis filtras ir nusės ventiliacijos sistemoje ir gartraukyje. Sulygindami filtro bendrą riebalų

sugaudymo efektyvumą su išsiskiriančių riebalų kiekiu gamybos proceso metu, galime apskaičiuoti riebalų kiekį, kuris apeina filtras (žr. 3.5 pav.).



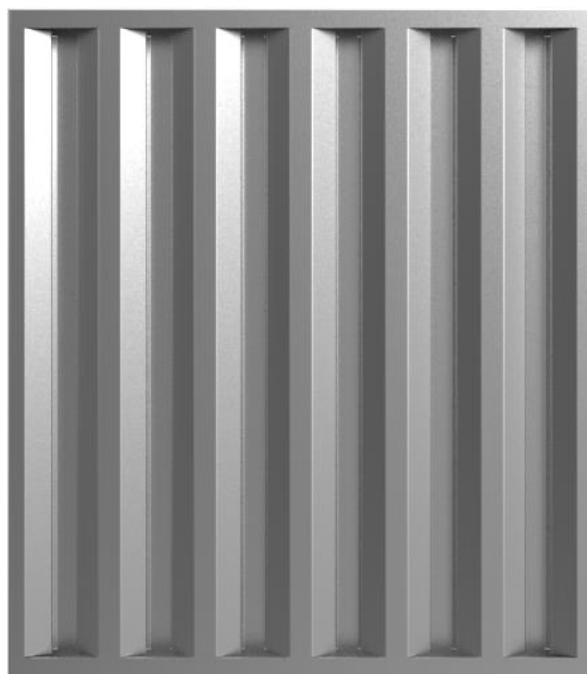
3.5 pav. Trijų skirtingų filtrų riebalų masės sulaikymo priklausomybe nuo gaminamo produkto [13].

Peržvelgia rezultatus matom, kad esant tokiom pačiom gamybos sąlygom „Halton KSA“ filtras apytiksliai sulaiko 14,5 svarų daugiau riebalų masės nei „Generic Baffle“ filtras, kuri susidaro iškepus 1000 svarų mėšainių. Nesugaudyti riebalai nusėda ventiliacijos sistemoje, varikliuose ir garų išmetimo sistemoje, ko pasiekoje padidėja priežiūros išlaidos ir gaisro tikimybė [13].

#### 4. Garų rinktuvo filtro efektyvumo eksperimentinis tyrimas

Šiuo tyrimu norima nustatyti įmonės UAB „AK Consult“ gaminamų daugkartinio naudojimo riebalų filtrų „FLLB“ (žr.4.1 pav.) kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumą, priklausomai nuo dalelių diametro. Grafiškai pavaizduoti slėgo pokyčius, srauto judėjimo greitį ir kietųjų dalelių koncentracijas.

Filtrų gamybai naudojamas 0,5 mm, 0,8 mm storio AISI 304 arba AISI 430 plienas, kurio kokybės, kainos ir mechaninių savybių santykis yra geriausias. Dėka paviršiaus glotnumo, filtrai reikalauja mažiau priežiūros ir ilgiau išlaiko netik savo estetinę išvaizdą, bet ir darbo našumą. Ant filtro sienelių besikaupiantys riebalai greičiau patenka į riebalų surinkimo kanalą. Įmonės siūlomi filtrai yra vienodų išmatavimų 350 mm pločio 400 mm aukščio ir 20 mm storio. Filtro „FLLB“ konstrukcija susideda iš dviejų lakštinio plieno detalių. Lakštinės detalės pradžioje išpjaunamos CO<sub>2</sub> tipo lazeriu, po to atitinkamai sulenkiamos specialiomis metalo lankstymo staklėmis. Vieno filtro gamybai reikia atlikti penkiasdešimt dvi metalo lenkimo operacijas. Gautos detalės surenkamos tarpusavyje, taip filtro viduje suformuodamos labirintinę sistemą (žr. 4.2 pav.). Filtro viršutinėje ir apatinėje dalyje, gamybos metu paliekamos nedidelio diametro ovalios kiaurymės. Pro kiaurymes iš filtro į teršalų surinkimo rezervuarą, veikiamos gravitacijos, subėga kepimo proceso metu sugaudytos kenksmingosios dalelės.



4.1 pav. Filtro „FLLB“ bendras vaizdas



4.2 pav. „FLLB“ filtro pjūvis

Šio tyrimo darbo eiga ir eksperimentinio stendo konstrukcija parinkti atsižvelgiant į ASTM F2519 ir VDI 2052 standartus. Riebalinių dalelių generavimui, dėl techninių galimybių stokos pasirinktas naujausias prEN 16282-6 standartas. Tyrimo metu bus gauta kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo kreivė. Ši kreivė parodys dalelių sulaikymo efektyvumo diapazonus pagal dalelių diametrus (nuo 0,01  $\mu\text{m}$  iki 10  $\mu\text{m}$ ). Žinant tikslius dalelių sulaikymo efektyvumo diapazonus, naudojant lyginamąjį metodą, galima tiksliau įvertinti filtro efektyvumą konkreto maisto gamybos proceso metu.

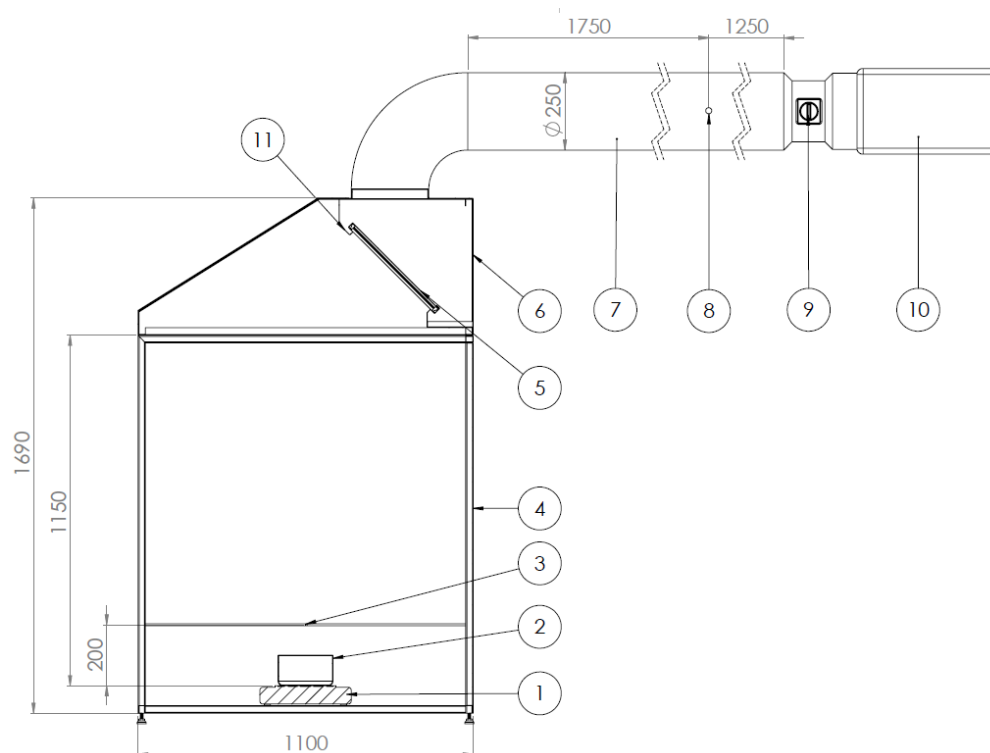
#### **4.1. Bandymo metodika ir tyrimo stendas**

Eksperimentas atliekamas įmonės UAB „AK Consult“ gamybos patalpose. Siekiant išsiaiškinti riebalų filtro efektyvumo priklausomybę nuo dalelių diametro bus atliekami trys bandymai su riebalų filtrais ir be filtrų. Šiam tyrimui atlikti bus reikalinga:

- Garų surinkėjas 1100x1100x450 mm (žr. 4.3 pav.);
- Specialus stovas (žr. 4.3 pav.);
- Elektrinė kaitvietė, gebanti palaikyti 200 °C temperatūrą (žr. 4.3 pav.);
- Nerūdijančio plieno indas (žr. 4.3 pav.);
- Išcentrinis ventiliatorius „Oerre CB230/2M“ (žr. 4.3 pav.);
- IP55 ventiliatoriaus greičių regulatoriai RGM 4 (žr. 4.3 pav.);
- Ortakis (žr. 4.3 pav.);
- Ortakio sklendė (žr. 4.3 pav.);
- Riebalų filtrai 18 vnt.;
- Manometras „Systronik-S2601“;
- Srauto matuoklis „KURZ Series 2440“ (žr. 4.4 pav.);
- Kaskadinis dalelių impaktorius „Dekati PM10“ (žr. 4.5 pav.);
- Alyvuogių aliejus;
- Distiliuotas vanduo;
- Stikliniai skysčių dozavimo indai;

Vadovaujantis prieš tai apžvelgtais metodais (ASTM F2519, VDI 2052), tyrimui atlikti suprojektuotas specialus stendas (žr. 4.3 pav.).





4.3 pav. Tyrimo stendo schema: 1 - elektrinė kaitvietė; 2 – nerūdijančio plieno puodas; 3 - alyvuogių aliejaus ir distiliuoto vandens dozavimo vieta; 4 – stovas; 5 – riebalų filtras; 6 – gartraukis (1100x1100x450 mm); 7 – apvalus ortakis; 8 - Kontrolinis taškas 2; 9 – srauto reguliavimo sklendė; 10 – variklis; 11 – Kontrolinis taškas 1.

Tyrimo stendo (žr. 4.3 pav.) darbui sureguliuoti naudojamas „KURZ“ (žr. 4.4 pav.) firmos oro srauto matuoklis, gebantis fiksuoti netik srauto greitį, bet ir temperatūrą. Srauto matuoklio techniniai parametrai:

- temperatūrinio jutiklio darbinis intervalas nuo -40°C iki 125°C;
- įrenginio eksploatacinis temperatūros intervalas nuo -25 °C iki 65 °C;
- temperatūros fiksavimo paklaida  $\pm 0,5\%$  kai srauto greitis virš 0.5 m/s;
- srauto greičio fiksavimo intervalas nuo 0 iki 60 m/s [16];



4.4 Pav. Oro srauto matuoklis „KURZ Series 2440“

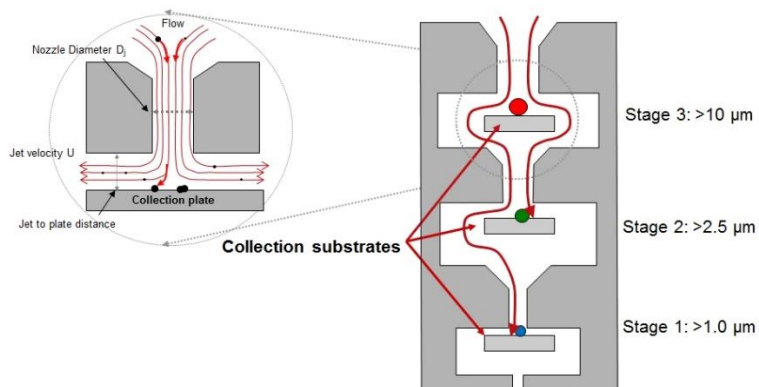
Kietųjų dalelių koncentracijai ištraukiamame ore išmatuoti naudojamas „Dekati PM10“ kaskadinis impaktorius (žr. 4.5 pav.). Impaktorius yra skirtas išmatuoti patalpose ar lauke esančių dalelių masių koncentracijas PM10, PM2.5, PM1 ir PM 0.1. Matuojamas dalelių srautas patenka į impaktorių, kuriame dėl specialios konstrukcijos (žr. 4.6 pav.) dalelės pasiskirsto pagal masę ir nusėda ant specialių filtrų (žr. 4.7 pav.). Atlikus matavimą filtrai išimami ir pasveriami. Iš gautų masių skirtumų apskaičiuojama dalelių koncentraciją [17].



a)

b)

4.5 pav. Kaskadinis dalelių impaktorius „Dekati PM10“: a) bendras vaizdas; b) išrinktas vaizdas.



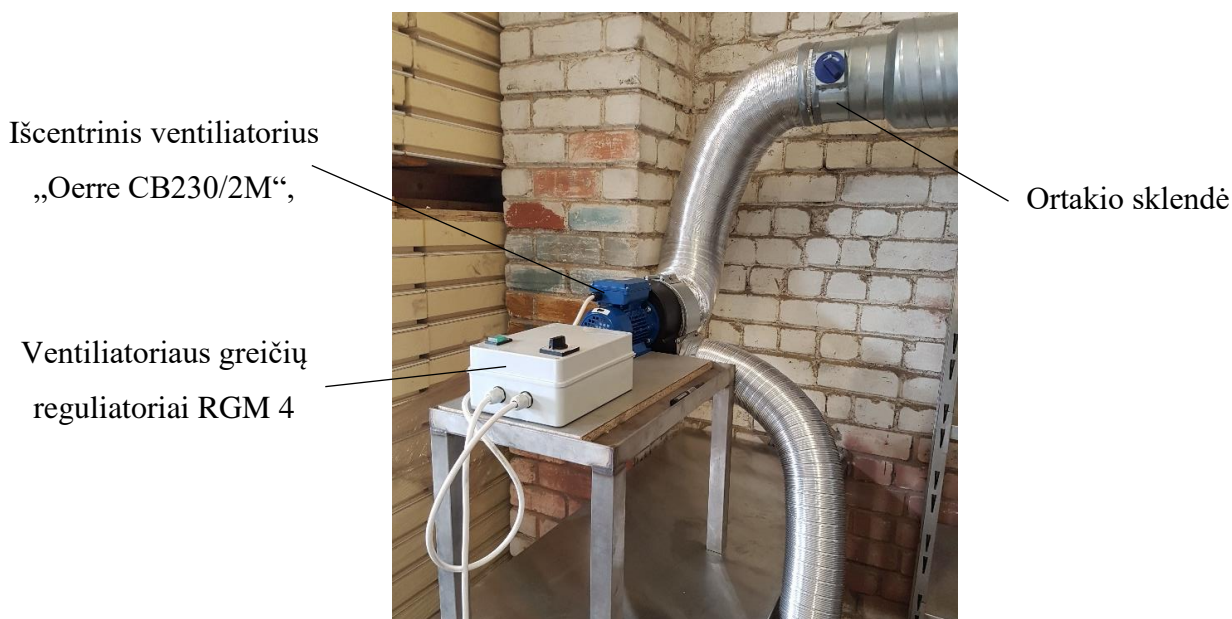
4.6 pav. Kaskadinio dalelių impaktoriaus „Dekati PM10“ darbo schema [17].



4.7 pav. Kaskadinio dalelių impaktoriaus „Dekati PM10“ filtrai

Garų rinktuvo filtro efektyvumo eksperimentinio tyrimo eiga:

- 1) Kontrolinio taško 2 vietoje (žr. 4.3 pav.) į ortakį įstatomas srauto matuoklis „KURZ Series 2440“. Įjungiamas išcentrinis ventiliatorius „Oerre CB230/2M“, keičiant greičio reguliatoriaus RGM 4 ir ortakio sklendės padėtis (žr. 4.8 pav.) atliekami matavimai, vadovaujantis Lietuvos Respublikos dujų srauto greičio ir tūrio debito ortakyje matavimo standartu LAND 27-98/M-07, nustatytuose ortakio skerspjūvio vietose, kol pasiekiamas srauto debitas ( $800 \text{ m}^3/\text{val.}$ ).
- 2) Kontrolinio taško 2 vietoje atliekami slėgio pokyčio matavimai manometru „Systronik-S2601“.
- 3) Kontrolinio taško 1 vietoje (žr. 4.3 pav.) naudojantis srauto matuokliu „KURZ Series 2440“ ir manometru „Systronik-S2601“ fiksuojami slėgio ir traukiamo oro srauto duomenys.
- 4) Įjungiamas elektrinė kaitvietė (žr. 4.9 pav.) ir pastatomas nerūdijančio plieno indas (žr. 4.9 pav.). Kaitvietei pasiekus  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūrą iš specialių dozavimo indų kapiliariniais variniais vamzdeliais pradedamas dozuoti alyvuogių aliejus ir distiliuotas vanduo (žr. 4.3 pav.). Aliejus dozuojamas  $3,5 \text{ ml/min}$  greičiu (100 lašukų per minute), distiliuotas vanduo tiekiamas  $5 \text{ ml/min}$  greičiu (176 lašukų per minute).
- 5) Į kontrolinio taško 2 vietą įstatomas kaskadinio dalelių impaktoriaus „Dekati PM10“ (žr. 4.5 pav.) matavimo antgalis. Prie impaktoriaus prijungtas įsiurbimo variklis sureguliuojamas traukti  $10 \text{ l/min}$  greičiu;
- 6) Matavimas kaskadiniu dalelių impaktoriumi trunka 20 min. Atlikus matavimą sustabdomas alyvuogių aliejaus ir distiliuoto vandens tiekimas. Po kiekvieno bandymo garų surinkėjuje pakeičiami riebalų filtrai. Taip pat kaskadiniame dalelių impaktoriuje „Dekati PM10“ pakeičiami sužymėti stiklo pluošto ir aliumini plėvelės filtrai (žr. 4.7 pav.).
- 7) Atlikus visus matavimus, aliejaus ir vandens dozavimas sustabdomi. Išjungiami elektriniai įrenginiai.



4.8 pav. Eksperimentinio stendo oro srauto greičio reguliavimo dalis



4.9 pav. Eksperimentinio stendo oro srauto įtraukimo dalis

#### 4.2. Garų rinktuvo filtro efektyvumo tyrimo rezultatai

Atlikus matavimus impaktoriuje „Dekati PM10“, naudoti filtrai (žr.4.7 pav.) surūšiuojami pagal frakcijas:  $<0,1 \mu\text{m}$ ;  $>1 \mu\text{m}$ ;  $>2,5 \mu\text{m}$ ;  $>10 \mu\text{m}$ . Frakcijos rodo iki kokio dydžio daleles sulaiko naudojamas filtras. Suskirstyti filtrai pasveriami, o gauti rezultatai surašomi į lentelę Nr. 2. Gauti filtrų svorių skirtumai parodo sugaudytų riebalinių dalelių masę, kurios surašomos į lentelę Nr. 3. Atlikus lyginamuosius riebalų masių skaičiavimus, naudojant ir nenaudojant riebalų filtrus, gaunama eksperimentinė riebalų filtro efektyvumo priklausomybė nuo dalelių diametro kreivė (žr. 4.8 pav.). Kontroliniame taške 2 naudojantis manometru „Systronik-S2601“ išmatuotas vidutinis slėgio nuokrytis 37 Pa. Taip pat atlikti srauto greičio matavimai kontroliniuose taškuose 1 ir 2:

- Vidutinis srauto greitis kontroliniame taške 2, naudojant riebalų filtrą – 4,8 m/s;
- Vidutinis srauto greitis kontroliniame taške 1, naudojant riebalų filtrą – 0.25 m/s;
- Vidutinis srauto greitis kontroliniame taške 2, be riebalų filtro – 5,05 m/s;
- Vidutinis srauto greitis kontroliniame taške 1, be riebalų filtrą – 0.9 m/s.

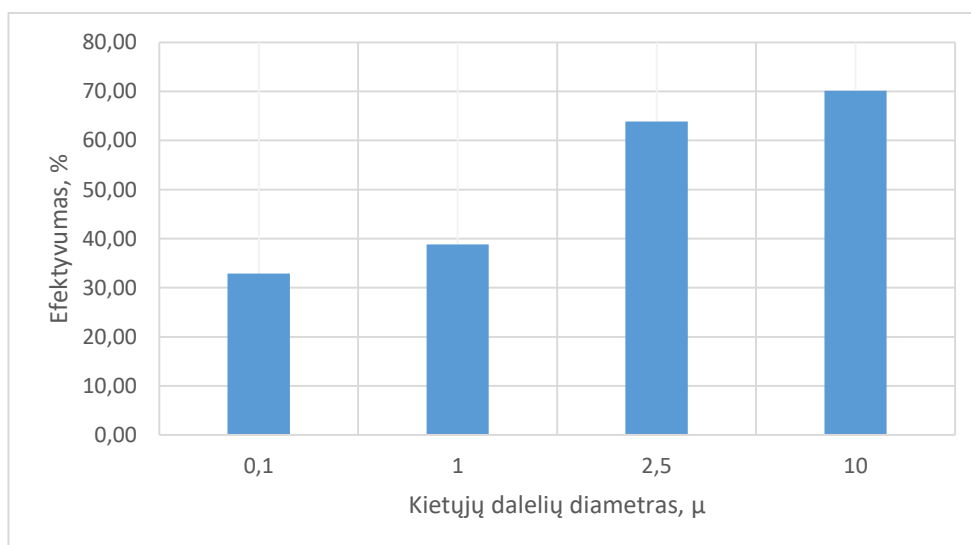


Lentelė Nr.2 Kaskadinio dalelių impaktoriaus filtrų svoriai prieš ir po bandymų.

Bandymas su riebalų filtrų "FLLB"								
Impaktoriaus filtrų svoriai, g								
Bandymo nr.	Prieš	Po	Prieš	Po	Prieš	Po	Prieš	Po
	<0.1 μm	<0.1 μm	>1 μm	>1 μm	>2.5 μm	>2.5 μm	>10 μm	>10 μm
1	0.027279	0.027316	0.012837	0.012855	0.012832	0.012863	0.012854	0.012862
2	0.026935	0.026996	0.01282	0.012867	0.012817	0.01287	0.01279	0.0128
3	0.027021	0.027076	0.01282425	0.012864	0.01282075	0.01286825	0.012806	0.0128155
Bandymas be riebalų filtrų "FLLB"								
Impaktoriaus filtrų svoriai, g								
Bandymo nr.	Prieš	Po	Prieš	Po	Prieš	Po	Prieš	Po
	<0.1 μm	<0.1 μm	>1 μm	>1 μm	>2.5 μm	>2.5 μm	>10 μm	>10 μm
4	0.027264	0.027333	0.012806	0.01288	0.012768	0.012929	0.012744	0.012773
5	0.026672	0.026753	0.012813	0.012858	0.012797	0.01289	0.012872	0.012905
6	0.02682	0.026898	0.01281125	0.0128635	0.01278975	0.01289975	0.01284	0.01287

Lentelė Nr.3 Kaskadinio dalelių impaktoriaus filtrų svoriai prieš ir po bandymų .

Riebalų dalelių svoris, μg				
Bandymo Nr.	<0.1 μg	>1 μg	>2.5 μg	>10 μg
1	37	18	31	8
2	61	47	53	10
3	55	39.75	47.5	9.5
Vidurkis	51	34.92	43.83	9.17
Riebalų dalelių svoris, μg				
Bandymo Nr.	<0.1 μg	>1 μg	>2.5 μg	>10 μg
4	69	74	161	29
5	81	45	93	33
6	78	52.25	110	30
Vidurkis	76	57.08	121.33	30.67



4.8 pav. Eksperimentiškai gauta „FLLB“ filtro efektyvumo priklausomybė nuo dalelių diametro

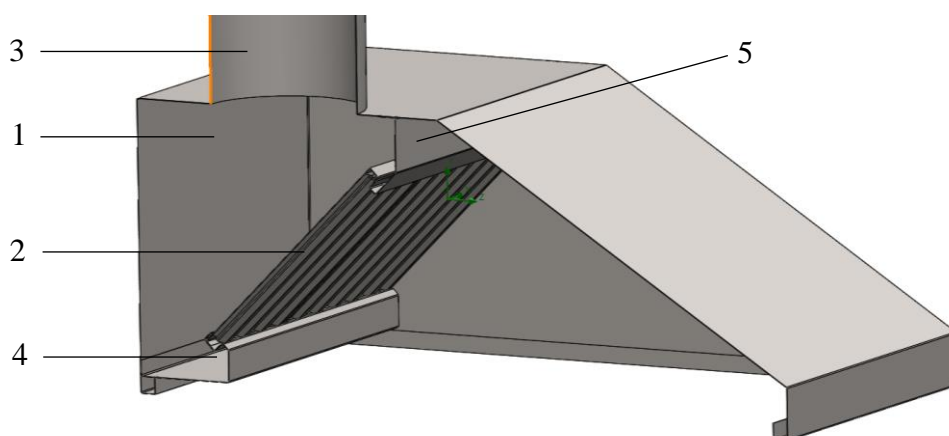
## 5. Garų rinktuvo filtrų efektyvumo tyrimas skaičiuojamuoju metodu

Šiuo tyrimu norima nustatyti įmonės UAB „AK Consult“ gaminamų daugkartinio naudojimo riebalų filtrų „FLLB“ (žr.4.1 pav.) kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumą, oro slėgio pokyčius, srauto judėjimo greitį ir kietųjų dalelių koncentracijas garų rinktuve su tokiu riebalų filtru.

Baigtinių tūrių metodas – skaitinis metodas, leidžiantis rasti apytikslius diferencialinių lygčių dalinėmis išvestinėmis ar integralinių lygčių sprendinius. Metodo esmė – sritis, kurioje ieškomas sprendimas, suskaidoma į dalis (baigtinius elementus). Tada daroma prielaida, kad kiekviename elemente nagrinėjamas nežinomasis kinta nesudėtingu dėsnio ir diferencialinė lygtis jame pakeičiama į algebrinių lygčių sistemą. Sujungus visų elementų sistemas gaunama sistema, kurią išsprendus gaunamas atsakymas. Šio darbo metu skaičiavimams atlikti bus naudojamas „Solidworks“ programos paketas „Flow Simulation“. Pradžioje bus parengti skaičiuojamieji modeliai ir atlikti oro srautų gartraukyje su filtru skaičiavimai, kurie aprašomi 5.1 poskyryje. Atlikus skaičiavimus bus sudaryta kietųjų dalelių sulaikymo studija (*Particle Study*), kuri aprašoma 5.3 poskyryje.

### 5.1. Skaičiuojamojo modelio sudarymas

Skaičiavimams atlikti pirmiausia „Solidworks“ erdvinio projektavimo programine įranga buvo sukurti gartraukio ir filtro erdviniai CAD modeliai (žr. 5.1 pav.), atitinkantys realius gartraukio ir filtro geometrinius parametrus (gabaritiniai matmenys (1100x1100x450)). Jų pagrindu skaičiuojamosios fluidų dinamikos (*Computational Fluid Dynamics, CFD*) programine įranga Solidworks „Flow Simulation“ parengti skaičiuojamieji modeliai ir atlikti oro srautų gartraukyje su filtru skaičiavimai.

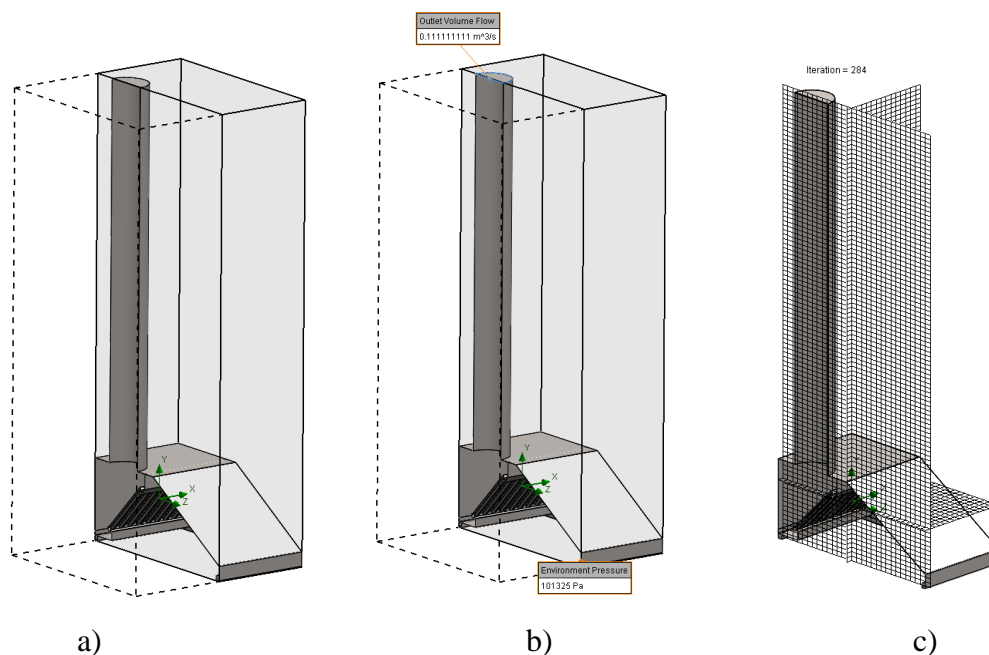


5.1 pav. Skaičiuojamojo modelio schema: 1 – korpusas; 2 – filtras; 3 – garų ištraukimo anga; 4 – riebalų surinkimo latakas; 5 – viršutinis filtro laikiklis.

Kadangi realus ventiliacijos gaubtas sudarytas iš atskirų lakštinio plieno detalių, jo konstrukcija nėra visiškai sandari. Teoriškai vietose, kuriose gaubtas sujungiamas tiktais taškinėmis siūlėmis yra

galimas minimalus oro srauto nuotėkis, kuris neturi įtakos įrenginio darbo našumui. Siekiant sutrumpinti skaičiavimų trukmę, priimame, kad tiriamasis gaubtas yra visiškai sandarus.

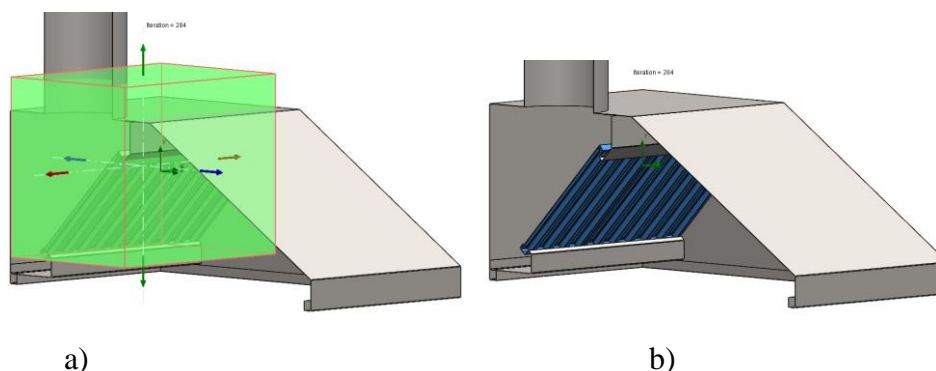
Naudojant „Flow Simulation“ paketą, buvo sukurta nauja vidinių srautų skaičiuojamoji studija. Siekiant sutrumpinti skaičiavimo trukmę ir galimų klaidų tikimybę, modelis buvo padalintas pusiau ir priskirta simetrijos sąlyga. Apatinėje gaubto dalyje buvo užduotas atmosferos slėgis 101325 Pa (5.2 pav. (a)). Ištraukimo vamzdžio viršutinėje dalyje buvo priskirtas  $400 \text{ m}^3/\text{h} = 0.1(1) \text{ m}^3/\text{s}$  ištraukimo debitas (5.2 pav. (b)).



5.2 pav. Skaičiuojamojo modelio: a) bendras vaizdas; b) kraštinės sąlygos; c) globalus baigtinių tūrių tinklelis.

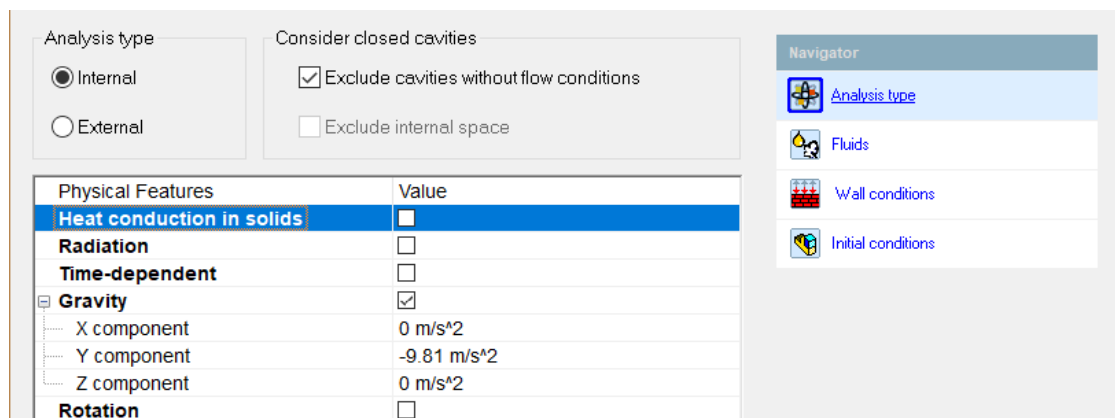
Siekiant pagerinti rezultatų tikslumą, buvo sutankintos atskiros skaičiuojamojo modelio vietos:

- skaičiuojamosios srities globalusis tinklelis (žr. 5.2 pav.(c));
- tinklelis yra sutankinamas tris kartus daugiau nei globalus, riebalų filtro ir ištraukimo flanšo zonoje (žr. 5.3 pav.(a));
- atskiras riebalų filtrų tinklelis yra tankesnis keturis kartus daugiau nei globalus (žr. 5.3 pav.(b)).

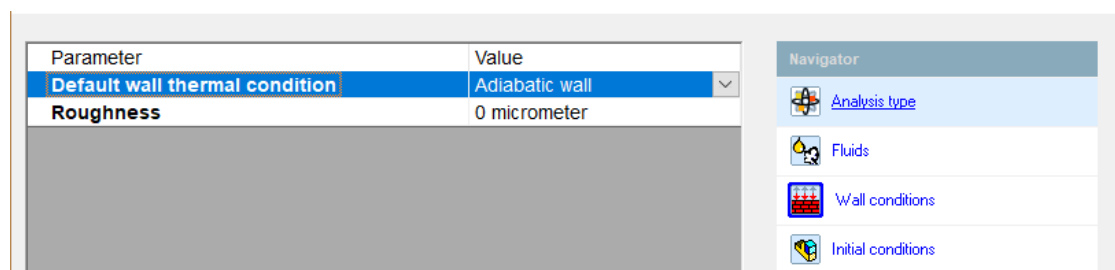


5.3 pav. Tinklelio sutankinimas modelio zonose: a) riebalų filtro ir ortakio tinklelis; b) riebalų filtrų tinklelis

Taip pat „Flow Simulation“ aplinkoje, modelio studijai buvo parrinkti papildomi veiksniai, kurie imituoja bandymą realiomis sąlygomis. Siekiant įvertinti dujų srauto šilumos perdavimo parametrus (konvekciją) buvo priskirta gravitacija. Tiekiamų dujų srautas buvo parinktas kaip oras, kurio temperatūra  $293,2\text{ K} - 20\text{ C}^0$ , o drėgnumas 50%. Konvekcija – šilumos perdavimas judančiomis skysčių ar dujų srovėmis. Konvekcija būna laisvoji ir priverstinė. Laisvoji konvekcija skysčiuose arba dujose atsiranda, kai jų dalelės juda dėl skirtingos vienos ar kitos medžiagos temperatūros ir tankio įvairiose vietose. Šiai konvekcijai labai svarbi gravitacija. Konvekcija yra priverstinė, kai medžiagos dalelės (atomai, molekulės) juda dėl kokio nors išorinio poveikio, pavyzdžiui siurblio, maišytuvo. Kietuosiuose kūnuose, net ir šildomuose, konvekcija negali vykti – juose srovės nesusidaro [18]. Skaičiavimams parinktas metodas, įvertinantis laminarinius ir turbulencinius srautų tekėjimus, kas leis tiksliau įvertinti realesnį srauto bei riebalinių dalelių pasiskirstymą (žr. 5.4 pav). Turbulencija – skysčių ir dujų tekėjimo/judėjimo būdas, kuriam yra būdingas chaotiškumas, sūkurių buvimas. Kitas skysčių ir dujų tekėjimo būdas yra vadinamas sluoksniu tekėjimu (arba laminariuoju tekėjimu). Perėjimą tarp šių dviejų tekėjimo būdų nusako bedimensinis dydis Reinoldso skaičius. Eksperimentai rodo, kad laminarusis tekėjimas vamzdyje būna tada, kuomet Reinoldso skaičius yra mažesnis nei 2100, o tekėjimas vamzdyje taps pilnai turbulenciniu, kai Reinoldso skaičius viršys 4000 vertę. Žinoma, šios vertės dar priklauso ir nuo tekėjimo kanalo geometrijos bei pradinių sąlygų. Šilumos pernešime konvekcijos būdu paprastai visada pasireiškia turbulencija [19].



a)



b)



Parameter	Value
<b>Parameter Definition</b>	User Defined
<b>Thermodynamic Parameters</b>	
Parameters	Pressure, temperature
Pressure	101325 Pa
Pressure potential	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperature	293.2 K
<b>Velocity Parameters</b>	
Parameter	Velocity
Velocity in X direction	0 m/s
Velocity in Y direction	0 m/s
Velocity in Z direction	0 m/s
<b>Turbulence Parameters</b>	
<b>Humidity</b>	

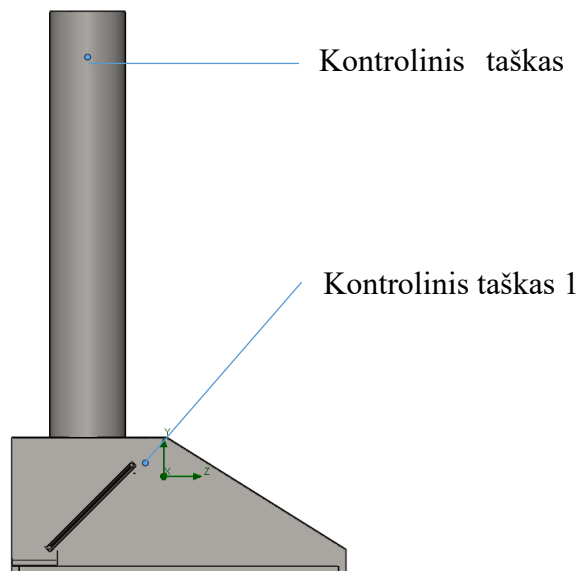
Navigator

- Analysis type
- Fluids
- Wall conditions
- Initial conditions

c)

5.4 pav. Bendrieji skaičiuojamojo modelio parametrai: a) gravitacija; b) srauto kontaktas su modeliu c) slėgis ir temperatūra modelyje.

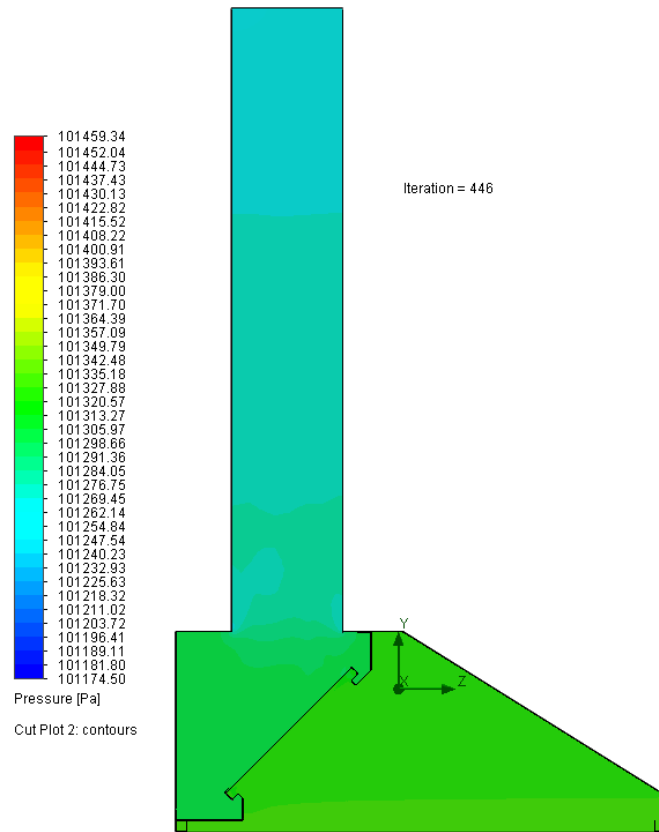
Norint įvertinti oro srauto ir slėgių skirtumą, kuris atsiranda dėl naudojamo riebalų filtro, modelyje buvo pasirinkti kontroliniai taškai 1 ir 2 (žr. 5.5 pav.). Pirmasis matavimo taškas pasirinktas priešais riebalų filtrą. Šiame taške bus fiksuojamas įeinančio oro srauto greitis ir slėgis. Antrasis taškas buvo sukurtas ventiliacijos vamzdyje, nutolęs nuo ventiliacijos gaubto korpuso per 7 vamzdžio diametrus. Šiame taške bus fiksuojamas nusistovėjęs srauto judėjimo greitis ir susidaręs slėgis. Taškai sudėti ties gaubto viduriu. Skaičiavimų metu taškų koordinatės buvo išlaikytos vienodos.



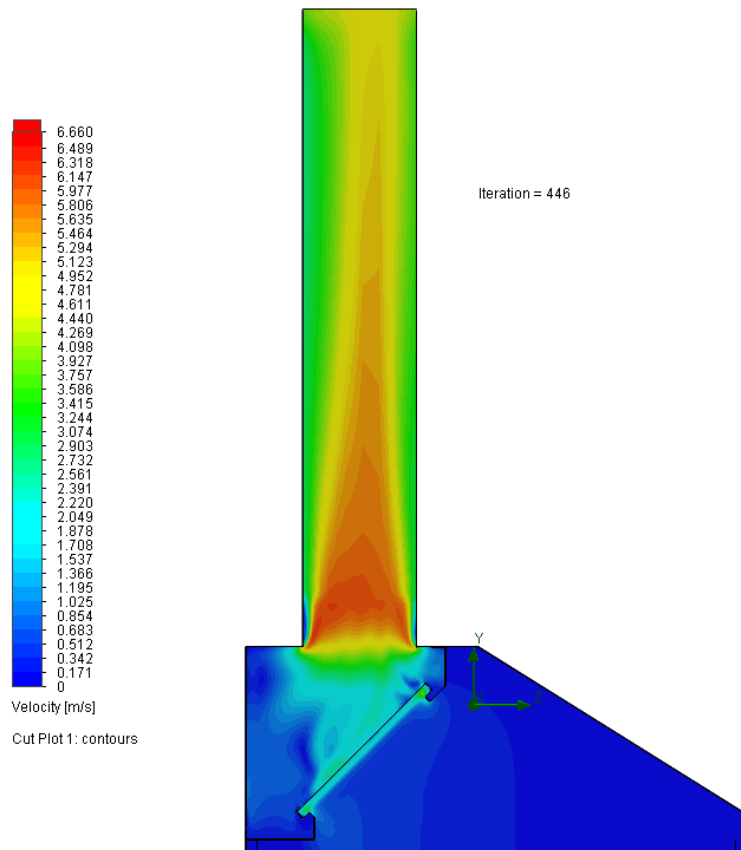
5.5 pav. Kontrolinių taškų 1 ir 2 vieta modelyje

## 5.2. Oro srautų garų rinktuve skaičiuojamojo tyrimo rezultatai

Skaičiavimams pasirinkta laike nekintanti studija, t.y. gauti rezultatai rodo nusistovėjusio oro srauto duomenis. Atlikus skaičiavimus, buvo gautas bendras slėgio pasiskirstymas modelyje (žr. 5.6 pav.), oro srauto greičio garų surinktuve pasiskirstymas (žr. 5.7 pav.) ir pasirinktų kontrolinių taškų 1 ir 2 rezultatai (žr. 4 lentelę).



5.6 pav. Skaičiuojamojo modelio slėgio garų rinktuve pasiskirstymas



5.7 pav. Skaičiuojamojo modelio oro srauto greičio garų surinktuve pasiskirstymas

Lentelė Nr.4 Skaičiuojamojo modelio su „FLLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai

Kontrolinio taško NR.	Vienetai	Vidutinė vertė	Gauta mažiausia vertė	Gauta didžiausia vertė
2. Aplinkos slėgis ventiliaciniame vamzdyje	[Pa]	101279.314	101279.000	101279.532
1. Aplinkos slėgis prieš filtrą	[Pa]	101324.506	101324.504	101324.507
3. Srauto greitis ventiliaciniame vamzdyje	[m/s]	4.768	4.713	4.810
1. Srauto greitis prieš filtrą	[m/s]	0.229	0.228	0.230

### 5.3. Kietųjų dalelių sulaikymo studija (*Particle Study*)

Šio skaičiavimo tikslas – apskaičiuoti ir sudaryti tiriamojo filtro „FLLB“ kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo priklausomybę nuo kietųjų dalelių diametro. Šiam tikslui pasiekti reikia:

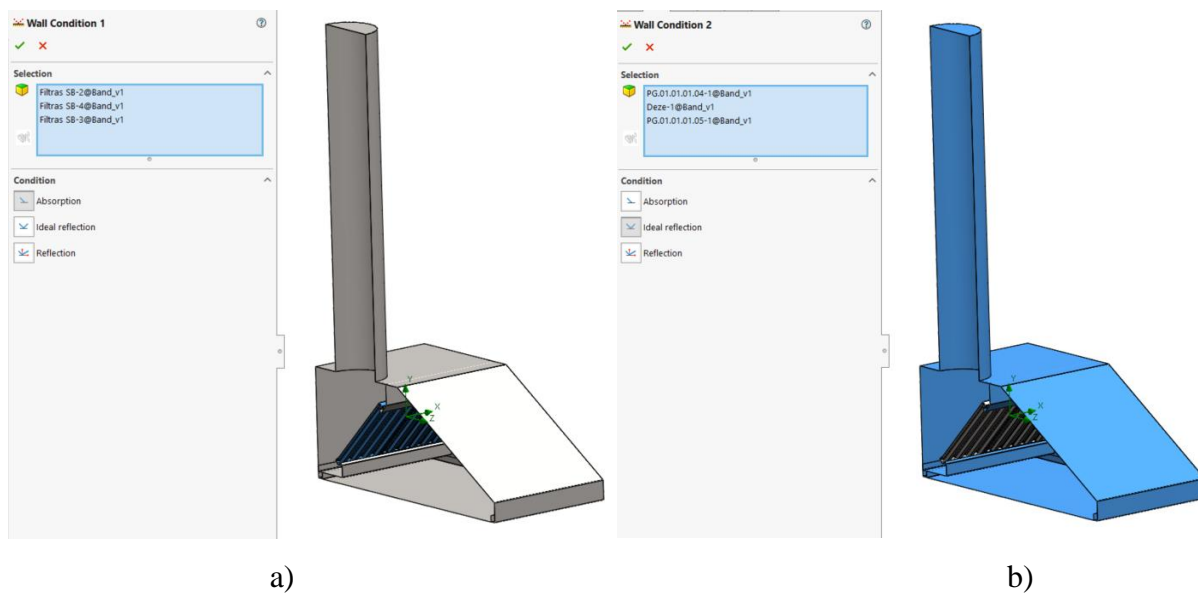
- sukurti dalelių studiją jau atliktame skaičiuojamojo stendo (žr. 5.1 pav.) srautų skaičiavime;
- atlikti naują skaičiuojamojo stendo srautų studiją be riebalų filtrų „FLLB“ ir sukurti dalelių studiją.

Skaičiuojamojo stendo (žr. 5.1 pav.) srautų studijoje, aktyvavus dalelių studiją (*Particle Study*), nustatomos kraštinės sąlygos:

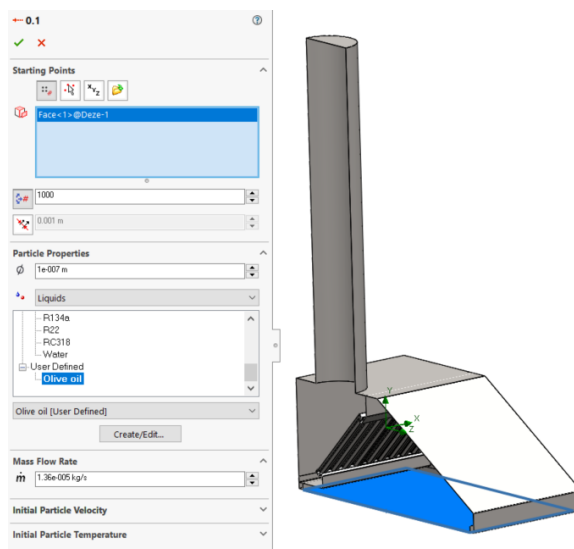
- skaičiuojamasis plotas nustatomas pusei skaičiuojamojo modelio;
- nustatomas gravitacijos ir dalelių prieaugio įvertinimas;
- filtras nustatomas, kaip absorbuojantis paviršius (žr. 5.8 pav. a)) t.y. kontakto vietoje dalelės yra absorbuojamos ir nebegali judėti toliau;
- likusios stendo dalys (žr. 5.8 pav. b)) (be filtro) nustatomos kaip neabsorbuojantys paviršiai, t.y. kontakto vietoje dalelės atsimuša ir keliauja toliau;
- tikslesniam dalelių efektyvumui nustatyti sukurtos dešimt skirtingų diametrų dalelių (0,1 $\mu$ ; 0.5 $\mu$ ; 1 $\mu$ ; 4 $\mu$ ; 8 $\mu$ ; 12 $\mu$ ; 16 $\mu$ ; 20 $\mu$ ; 50 $\mu$ ; 100 $\mu$ );
- dalelių įėjimo tašku pasirinktas garų surinkėjo apatinė plokštuma (žr. 5.9 pav.);
- skaičiavimui atlikti pasirenkamos alyvuogių aliejaus dalelės (žr. 5.10 pav.), ir užduodamas 1.36e-005 kg/s masės srautas. Dalelių temperatūra ir savitasis judėjimo greitis nevertinamas.

Atlikus skaičiuojamojo stendo su filtrais „FLLB“ dalelių studiją ir gavus rezultatus, analogiška tvarka atliekama skaičiuojamojo stendo srautų studija be riebalų filtrų. Naujoje studijoje išlaikomos tokios pat kraštinės sąlygos. Sukuriama nauja dalelių studija ir užduodamos vienodos kraštinės sąlygos, kaip ir prieš tai buvusiam skaičiavime. Gauti rezultatai išvedami pasirinkus paviršiaus

parametrų skiltį „*Surface Parameters*“. Atskaitos tašku pasirenkamas ortakio kanalo viršus (žr. 5.11 pav.). Pasirenkami parametrai: masės srautas ir dalelių skaičius. Abiejų dalelių studijų rezultatai surašomi į lentelę Nr.5. Gauti rezultatai pavaizduojami grafiškai (žr. 5.12 pav.).



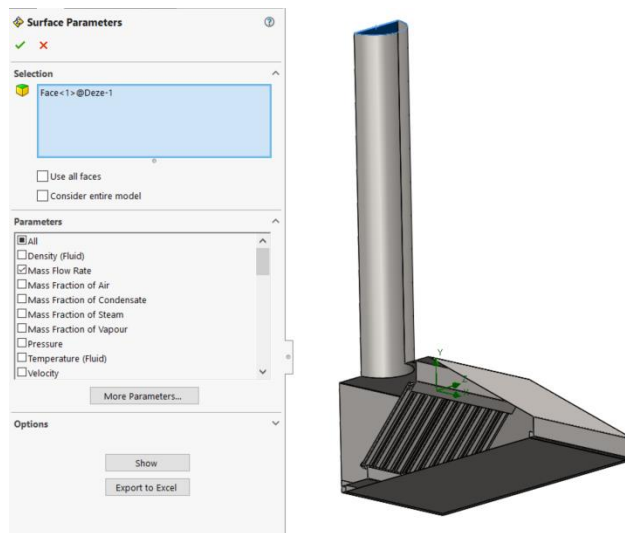
5.8 pav. Dalelių studijos kraštinės sąlygos: a) absorbuojantis paviršius b) neabsorbuojantis paviršius.



5.9 pav. Dalelių studijos, dalelių judėjimo pradžios paviršiaus parinkimas

Property Name	Value
Name	Olive oil
Comments	
Density	917.53 kg/m <sup>3</sup>
Dynamic viscosity	1 Pa*s
Specific heat (Cp)	1971.8 J/(kg*K)
Thermal conductivity	0.17 W/(m*K)
Cavitation effect	<input type="checkbox"/>
Radiation properties	<input type="checkbox"/>

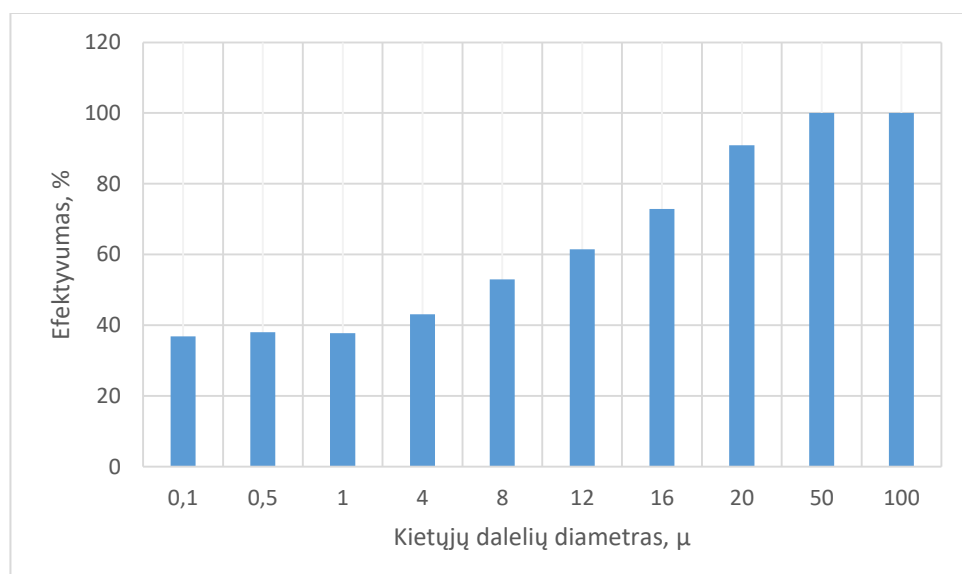
5.10 pav. Alyvuogių aliejaus techninės charakteristikos



5.11 pav. Dalelių studijos, dalelių sulaikymo efektyvumo kontrolinio paviršiaus parinkimas

Lentelė Nr.5 Filto „FLLB“ kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumo skaičiavimo rezultatai

Filtro "FLLB" kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumas				
Dalelių diametras, $\mu$	Praėjusių dalelių skaičius, vnt.	Bendras dalelių kiekis, vnt.	Sulaikytų dalelių skaičius, vnt.	Efektyvumas, %
0.1	574	909	335	36.854
0.5	564	909	345	37.954
1	566	909	343	37.734
4	518	910	392	43.077
8	428	910	482	52.967
12	352	913	561	61.446
16	248	915	667	72.896
20	84	918	834	90.850
50	0	657	657	100.000
100	0	287	287	100.000



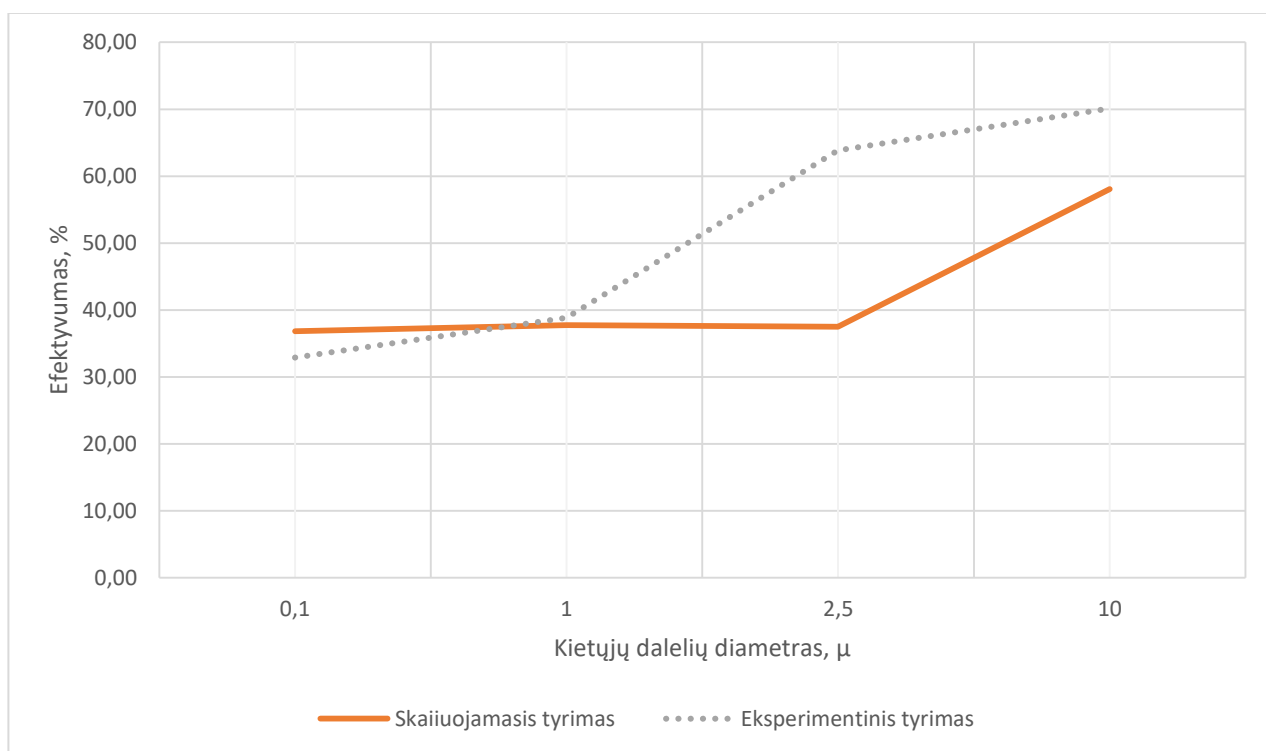
5.12 pav. Filto „FLLB“ sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelio diametro

#### 5.4. Garų rinktuvo filtrų efektyvumo eksperimentinio ir skaičiuojamojo tyrimų rezultatų palyginimas

Atlikus įmonės UAB „AK Consult“ riebalų filtro „FLLB“ eksperimentinį tyrimą ir skaičiuojamąją analizę, gavome rezultatus, kurie leidžia įvertinti skaičiavimų neatitikimus. Pagal kraštines tyrimų sąlygas matyti, kad buvo pasiektas reikiamas ištraukiamo oro debitas ir slėgių perkričio skirtumas tarp metodų yra minimalus (8 Pa).

Lentelė Nr.6 Eksperimentinio ir skaičiuojamojo modelio sulaikymo efektyvumo rezultatų palyginimas

Dalelių diametras, $\mu$	Dalelių sulaikymo efektyvumas, %		
	Skaičiuojamasis tyrimas	Eksperimentinis tyrimas	Skirtumas, %
<b>0.1</b>	36.85	32.90	3.96
<b>1</b>	37.73	38.83	1.10
<b>2.5</b>	37.51	63.87	26.36
<b>10</b>	58.07	70.11	12.04
		<b>Vidurkis</b>	10.86



5.13 pav. Filtro „FLLB“ eksperimentinio ir skaičiuojamojo tyrimų rezultatų palyginimas

Gauti dalelių sulaikymo efektyvumo rodikliai eksperimentiniu ir skaičiuojamuoju metodu pateikiami lentelėje Nr. 6. Iš gautų duomenų vaizdžiai matyti (žr. 5.13 pav.), kad rezultatų nuokrypos yra minimalios (iki 11%) ir tolimesni skaičiavimai gali būti tęsiami naudojant skaičiuojamąjį modelį.

## 6. Efektyviausios riebalų filtro konstrukcijos nustatymas

Atlikta eksperimentinio tyrimo ir skaičiuojamojo metodo lyginamoji rezultatų analizę parodė, kad sukurtas skaičiuojamasis modelis yra teisingas ir gali būti naudojamas tolimesniems riebalų filtrų tyrimams atlikti.

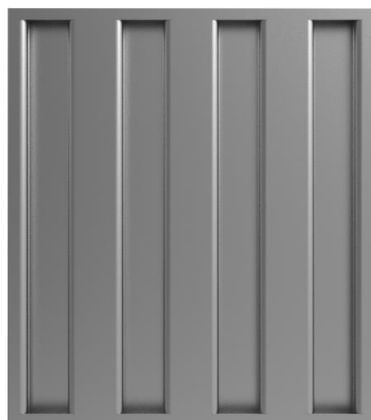
Kuriamiems filtrams buvo iškelti reikalavimai: 1) filtrų gabaritiniai matmenys, išskyrus jų plotį, turi išlikti nepakitę, t.y. 350 mm ilgio ir 400 mm aukščio; 2) filtro konstrukciją turi sudaryti kaip įmanoma mažiau detalių; 3) naudojamų lakštinių detalių storis gali svyruoti nuo 0,5 mm iki 1 mm; 4) konstrukcija turi būti realiai ir nebrangiai pagaminama; 5) gamybai naudojamas AISI 304 arba AISI 430 plienas;

Kaip galimos alternatyvos buvo pasiūlyti trys riebalų filtrų variantai „FLCCLB“ (žr. 6.1 pav.), „FLCLB“ (žr. 6.2 pav.) ir „FLCC“ (žr. 6.3 pav.). Konstrukcijų skerspjūviai parinkti siekiant gauti ilgesnį filtro it kietųjų dalelių srauto kontaktinį paviršių. Ko pasekoje, buvo tikimasi sukurių susidarymo filtro viduje.

„FLCCLB“ filtro konstrukcijai (žr. 6.1 pav.) pasirinkta labirintinė struktūra. Priekinėje dalyje įtraukiamas oro srautas patenka į labirintinę struktūrą, kurioje kelis kartus pakeičia savo judėjimo kryptį ir yra ištraukiamas per galinę filtro dalį. Filtrą sudaro penkios atskiros detalės, iš kurių dvi simetriškos. Vieno filtro gamybai reikalinga atlikti dvidešimt lenkimų metalo lankstymo staklėmis.

„FLCLB“ filtro konstrukcijai (žr. 6.2 pav.) pasirinkta cikloninė struktūra. Per priekinę dalį įtraukiamas dalelių srautas patenka į uždara kanalą. Kanalu srautas keliauja iki filtro viršutinės dalies, kuri yra atvira. Filtrą sudaro šešios atskiros detalės, iš kurių trys pasikartojančios. Vieno filtro gamybai reikalinga atlikti dvidešimt keturi lenkimai metalo lankstymo staklėmis.

„FLCC“ filtro konstrukcijai (žr. 6.3 pav.) pasirinkta cikloninė struktūra. Per priekinėje dalyje esančias kiaurymes įtraukiamas dalelių srautas patenka į cilindro formos kanalą. Kanale esantis srautas užlaikomas ir ištraukiamas pro nugarinėje dalyje esančias kiaurymes. Filtrą sudaro keturios atskiros detalės, iš kurių viena pasikartojanti. Vieno filtro gamybai reikalinga atlikti dvidešimt šešis sudėtingus lenkimus metalo lankstymo staklėmis.



a)

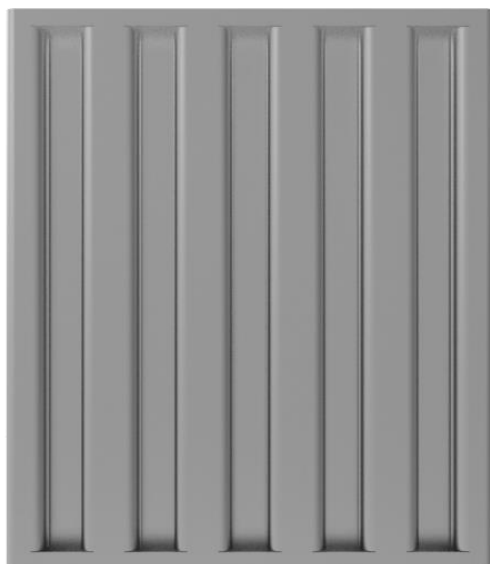


b)



c)

6.1 pav. Filtras „FLCCLB“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis;



a)

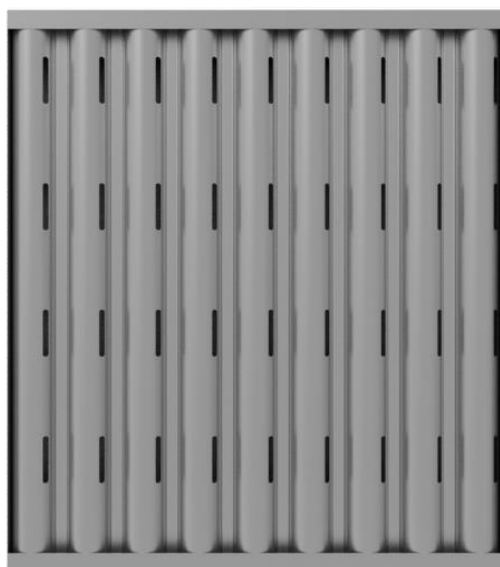


b)

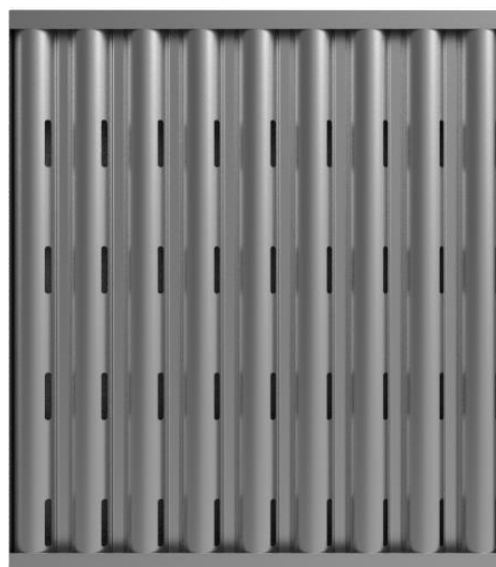


c)

6.2 pav. Filtras „FLCLB“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis;

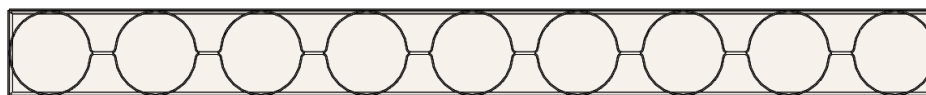


a)



b)





c)

6.3 pav. Filtras „FLCC“: a) vaizdas iš priekio; b) vaizdas iš galo; c) skerspjūvis;

Kiekvienai filtrų grupei buvo sudarytos naujos srautų (*Flow Simulation*) ir dalelių (*Particle Study*) studijos. Skaičiavimų kraštinės sąlygos buvo išlaikytos identiškios filtro „FLLB“ skaičiavimams. Atlikus skaičiavimus buvo gauti kontrolinių taškų 1,2 (žr. 7 ,8, 9 lenteles) ir dalelių sulaikymo efektyvumo rezultatai (žr. 6.4; 6.5; ir 6.6 pav.).

Lentelė Nr.7 Skaičiuojamojo modelio su „FLCCLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai

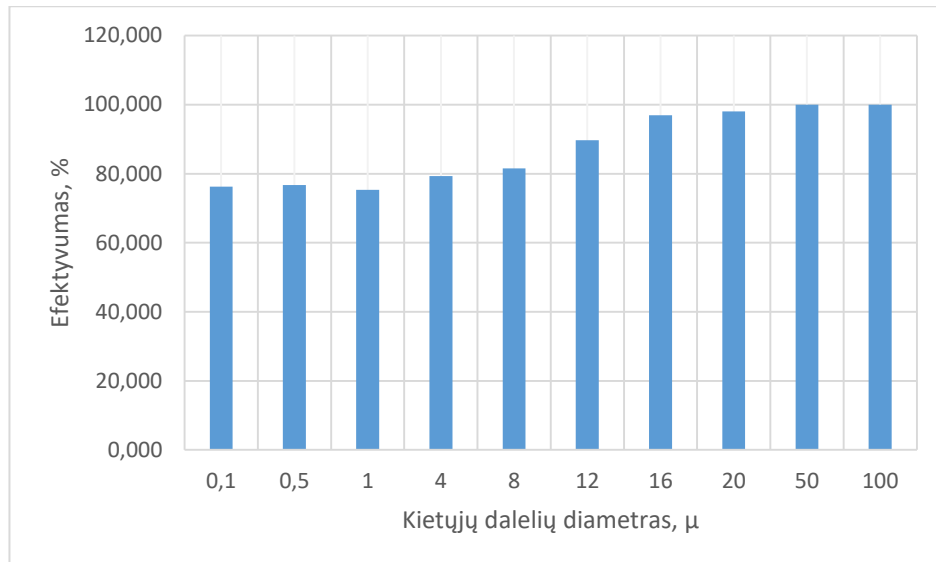
Kontrolinio taško Nr.	Vienetai	Vidutinė vertė	Gauta mažiausia vertė	Gauta didžiausia vertė
2. Aplinkos slėgis ventiliaciniame vamzdyje	[Pa]	101187.36	101186.05	101189.94
1. Aplinkos slėgis prieš filtrą	[Pa]	101324.50	101324.50	101324.50
2. Srauto greitis ventiliaciniame vamzdyje	[m/s]	4.439	4.209	4.900
1. Srauto greitis prieš filtrą	[m/s]	0.139	0.138	0.139

Lentelė Nr.8 Skaičiuojamojo modelio su „FLCLB“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai

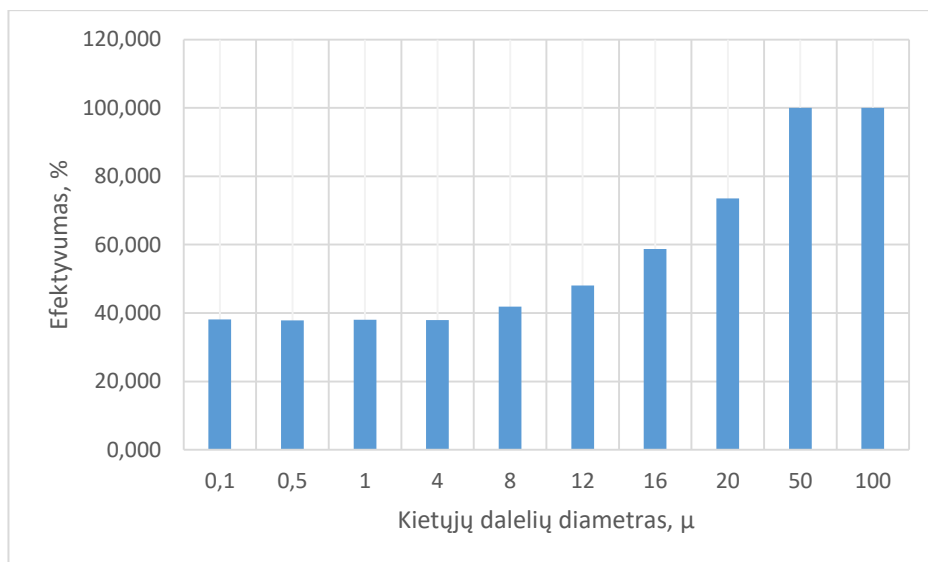
Kontrolinio taško Nr.	Vienetai	Vidutinė vertė	Gauta mažiausia vertė	Gauta didžiausia vertė
2. Aplinkos slėgis ventiliaciniame vamzdyje	[Pa]	101156.45	101149.33	101159.57
1. Aplinkos slėgis prieš filtrą	[Pa]	101324.55	101324.54	101324.55
2. Srauto greitis ventiliaciniame vamzdyje	[m/s]	5.282	4.790	5.620
1. Srauto greitis prieš filtrą	[m/s]	0.526	0.525	0.528

Lentelė Nr.9 Skaičiuojamojo modelio su „FLCC“ tipo filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 matavimo rezultatai

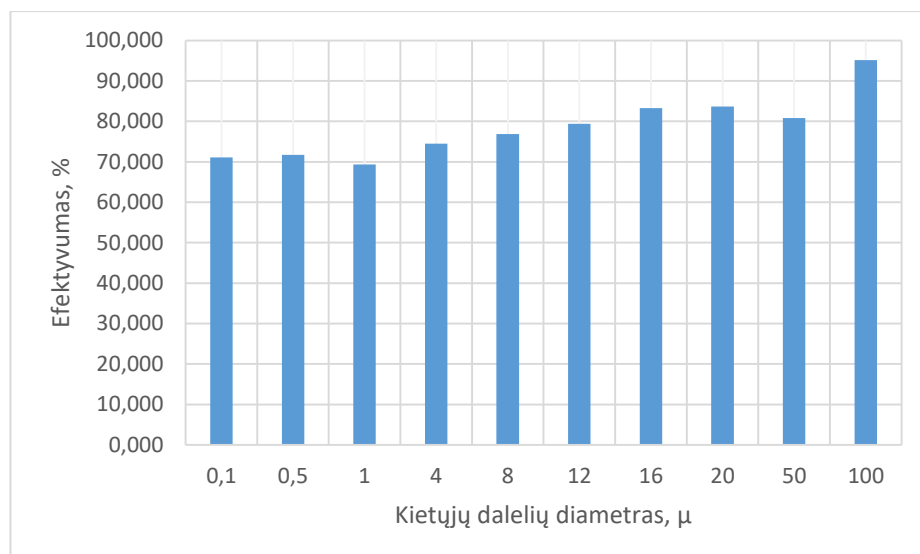
Kontrolinio taško Nr.	Vienetai	Vidutinė vertė	Gauta mažiausia vertė	Gauta didžiausia vertė
2. Aplinkos slėgis ventiliaciniame vamzdyje	[Pa]	101202.52	101200.82	101203.40
1. Aplinkos slėgis prieš filtrą	[Pa]	101324.50	101324.50	101324.50
2. Srauto greitis ventiliaciniame vamzdyje	[m/s]	4.875	4.573	5.022
1. Srauto greitis prieš filtrą	[m/s]	0.140	0.139	0.140



6.4 pav. Filto "FLCCLB" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro



6.5 pav. Filto "FLCLB" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro



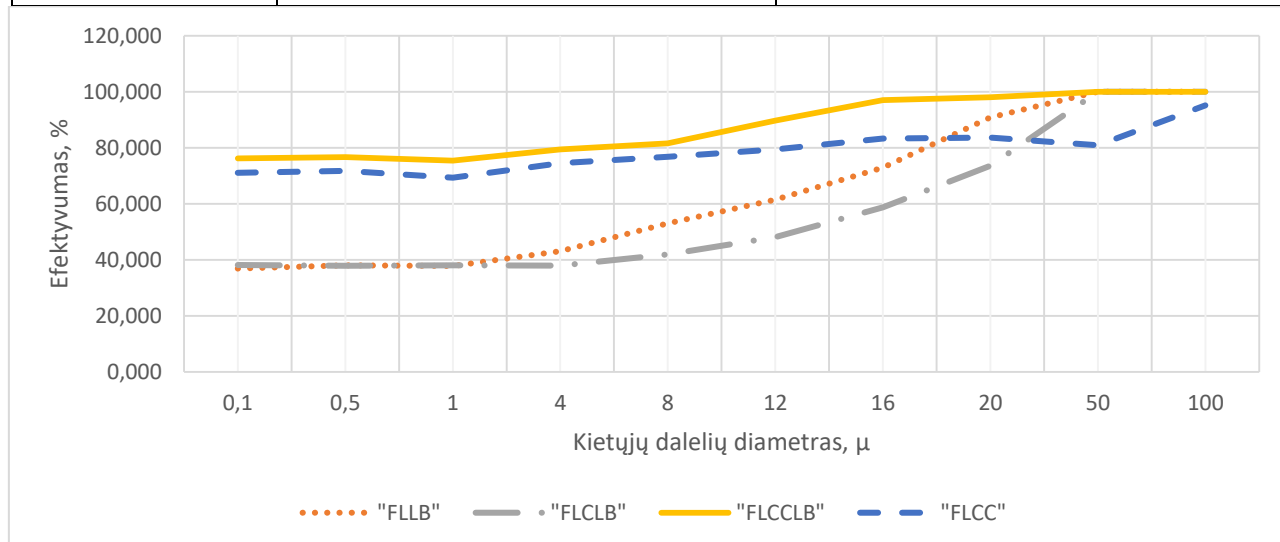
6.6 pav. Filto "FLCC" sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo kietųjų dalelių diametro

### Riebalų filtrų efektyvumo skaičiavimų rezultatų palyginimas

Išanalizavus siūlomų ir tiriamojo riebalų filtrų funkcinius parametrus matyti, kad didžiausią pasipriešinimą traukiamam oro srautui ir didžiausias dalelių judėjimo greitis pasiekiamas su „FLCLB“ tipo filtru (žr. lentelę Nr. 10). Tačiau atlikti dalelių studijos skaičiavimai rodo, kad „FLCLB“ tipo filtro kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumas yra 8% žemesnis, lyginant su tiriamuoju „FLLB“ tipo filtru. (žr. 6.7 pav.). Pagal dalelių studijos (*Particle Study*) gautus rezultatus matyti, kad su „FLCCLB“ tipo filtru pasiekiamas 24% didesni dalelių sulaikymo efektyvumas, nei su tiriamuoju filtru „FLLB“ (žr. 6.7 pav.).

Lentelė Nr.10 Visų filtru kontrolinių taškų 1 ir 2 rezultatai

Filtro pavadinimas	Filtro sukeliamas slėgių skirtumas, Pa	Dalelių judėjimo greičio skirtumas, m/s
"FLLB"	45.192	4.539
"FLCCLB"	137.14	4.3
"FLCLB"	168.1	4.756
"FLCC"	121.98	4.735



6.7 pav. Filtrų "FLLB", "FLCCLB", "FLCLB", "FLCC" kietųjų dalelių sulaikymo efektyvumas

Žvelgiant iš gamybinės pusės, net 2,5 karto mažiau darbo operacijų (metalo lankstymo ir virinimo) ir sudedamųjų detalių turintis filtras yra „FLCCLB“. Praktiniu požiūriu dėl savo konstrukcijos lengviausiai valomi ir mažiausiai ertmių, kuriose gali kauptis nešvarumai yra „FLCCLB“ ir „FLLB“ tipo filtrai. Priešingai nei „FLCLB“ ir „FLCC“ filtrai, kurie turi daugiau sudedamųjų dalių, jų gamybos procesas užtruktu ilgiau. Siauros ertmės „FLCLB“ ir „FLCC“ filtruose apsunkina jų priežiūrą ir padidina smalkių ir riebalų nuosėdų susidarymo tikimybę, ko pasekoje padidėja gaisro susidarymo tikimybė. Taip pat verta paminėti, kad garų rinktuvai, su didesnę slėgių perkritį sudarančiais filtrais, turės būti prijungiami prie didesnio našumo oro vedinimo sistemų, siekiant išlaikyti vienodą ištraukiamo oro debitą. Tyrimų rezultatai leidžia teigti, kad iš siūlomų riebalų filtrų efektyvumo reikalavimus geriausiai atitinka „FLCCLB“ tipo filtras.

## Išvados

- Pramoninių garų rinktuvų filtravimo elementų funkcines savybes nusako: priešgaisrinė apsauga, t.y. filtro gebėjimas užkirsti kelią liepsnoms patekti į išmetimo gaubtą ir ventiliacijos kanalus; riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumas; filtro gebėjimas priešintis per jį einančiam oro srautui, t.y. slėgio perkryčio sukėlimas vėdinimo sistemoje bei oro išvalymo efektyvumas;
- Vadovaujantis F2519 ir prEN 16282-6 standartais sukonstruotas eksperimentinis stendas. Atliktas UAB „AK Consult“ gaminamo pramoninių garų rinktuvo riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo tyrimas bei gauta riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo priklausomybė nuo dalelių diametro;
- Sudarius UAB „AK Consult“ gaminamo pramoninio garų rinktuvo su riebalų filtru skaičiuojamąjį modelį atlikta skaičiuojamoji jo funkciškumo analizė. Skaičiavimo rezultatus palyginus su eksperimentinio tyrimo rezultatais gautas iki 11% skirtumas, kas leidžia daryti išvadą, jog skaičiuojamasis modelis sudarytas teisingai, o gauta filtravimo efektyvumo priklausomybė nuo riebalų dalelių dydžio galima naudotis tolimesniuose skaičiavimuose;
- Sudaryti pramoninio garų rinktuvo su trijų skirtingų konstrukcijų riebalų filtrais skaičiuojamieji modeliai ir atlikta palyginamoji filtravimo elementų riebalinių dalelių sulaikymo efektyvumo analizė, kuri parodė, kad geriausiai riebalus surenka „FLCCLB“, o prasčiausiai „FLCLB“ filtrai. „FLCCLB“ filtrui pagaminti reikia 2,5 karto mažiau laiko ir žmoniškųjų išteklių. Esant vienodam oro srauto debitui pasiekiamas net 24% didesnis efektyvumas, nei bandomojo UAB „AK Consult“ „FLLB“ filtro. Tačiau naudojant „FLCCLB“ filtrą tam pačiam debitui ortakyje palaikyti reikalingas galingesnis ventiliatorius ir didesnės energetinės sąnaudos.

## Literatūros sąrašas

1. Higienos norma HN 69: 2003. Internetinė prieiga: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.39061F53794A>. Žiūrėta [2017-06-10];
2. Darbo aplinka. Internetinė prieiga: <http://www.statybajums.lt/temos/darbo-gaisrine-sauga/darbo-aplinka-darbo-higienos-reikalavimai>. Žiūrėta [2017-06-10];
3. Maisto sauga. Internetinė prieiga: <http://vmvt.lt/maisto-sauga/verslui/transportavimas/higienos-reikalavimai> Žiūrėta [2017-06-11];
4. Nerūdijantis plienas. Internetinė prieiga: <http://www.amarimetals.lt/nerudijantis-plienas> Žiūrėta [2017-06-11];
5. Nerūdijančio plieno priežiūra. Internetinė prieiga: <http://novameta.lt/gaminiai/nerudijancio-plieno-valymas-ir-prieziura/> Žiūrėta [2017-06-11];
6. Ventiliacijos gaubtas. Internetinė prieiga: <http://akconsult.lt/wp-content/uploads/2015/07/332.png> Žiūrėta [2018-05-05];
7. Ventiliacijos gaubtų klasifikacija. Internetinė prieiga: <http://www.nuventas.lt/> [2018-04-22];
8. Oro filtravimas. Internetinė prieiga: <http://www.ygla.lt/> Žiūrėta [2017-06-14];
9. Ventiliacijos gaubtai. Internetinė prieiga: [http://www.arvitra.lt/new/ventiliaciniai\\_gaubtai\\_ir\\_kitos\\_konstrukcijos\\_0\\_serija/](http://www.arvitra.lt/new/ventiliaciniai_gaubtai_ir_kitos_konstrukcijos_0_serija/) [2017-06-11];
10. Gartraukių filtrai. Internetinė prieiga: <http://www.gartraukis.lt/gartraukiu-filtrai/> [2017-06-14];
11. Tinklelinis riebalų filtras. Internetinė prieiga: <http://www.akdyusa.com/baffle-vs-mesh-filter-which-should-you-choose/> Žiūrėta [2018-05-30];
12. Grease Extraction – Myth and Reality. Internetinė prieiga: [http://c.ymcdn.com/sites/www.fcsi.org/resource/resmgr/americas\\_quizes/fcsi\\_quiz\\_halton\\_grease\\_ex.pdf](http://c.ymcdn.com/sites/www.fcsi.org/resource/resmgr/americas_quizes/fcsi_quiz_halton_grease_ex.pdf) Žiūrėta [2017-06-14];
13. ASTM F2519. Standard Test Method for Grease Particle Capture Efficiency of Commercial Kitchen Filters and Extractors, 2011.
14. Verein Deutcher Ingenieure VDI, Standard 2052. Ventilation Equipment for Kitchens, 2006
15. prEN 16282 (Part 1-9). Equipment for commercial kitchens. Components for ventilation of commercial kitchens, 2011.
16. Oro srauto matuoklio techninė specifikacija. Internetinė prieiga: <http://www.kurzinstruments.com/downloads/2440/Kurz-Series-2440-Technical-Specifications.pdf> Žiūrėta[2018-05-26];
17. Kaskadinis dalelių impaktorius „Dekati PM10“. Internetinė prieiga: <https://www.dekati.com/products/Fine%20Particle%20Measurement/Dekati%C2%AE%20PM10%20Impactor> Žiūrėta[2018-05-26];

18. Konvekcija. Internetinė prieiga: <http://fizikavisiems.lt/2016/9/9-KonvekcijaPPT-5.pptx> [2018-05-05];
19. Skysčių ir dujų tekėjimas. Internetinė prieiga: <https://laurnasshark.wordpress.com/2014/12/11/skysciu-ir-duju-tekejimas/> Žiūrėta [2018-05-05];

# Priedai

1 priedas

## Kietųjų dalelių dydis $\mu\text{m}$ [8]

