



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Vilma Ulanavičiūtė**

**MAZUTO VAKUUMINĖS REKTIFIKACIJOS DISTILIATŲ**  
**IŠEIGOS DIDINIMAS AB „ORLEN LIETUVA“**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Doc. dr. L. Miknius

**KAUNAS, 2018**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**MAZUTO VAKUUMINĖS REKTIFIKACIJOS DISTILIATŲ**  
**IŠEIGOS DIDINIMAS AB „ORLEN LIETUVA“**

Baigiamasis magistro projektas

**Chemijos inžinerija (621H81004)**

**Vadovas**

Doc. dr. Linas Miknius

**Recenzentas**

Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius

**Projektą atliko**

Vilma Ulanavičiūtė

**Konsultantai**

Statybinių sprendimų

Lekt. dr. Odetė Viliūnienė

Ekonominių skaičiavimų

Asist. Viktorija Varaniūtė

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Aplinkosauginio vertinimo

Doc. dr. Inga Stasiulaitienė

**KAUNAS, 2018**

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:  
Cheminės technologijos fakulteto dekanas  
Prof. E. Valatka  
Dekano įsakymas Nr.  
2018 m. balandio mėn. 11 d.

Suderinta:  
Organinės chemijos katedros vedėjas  
Prof. dr. V. Martynaitis  
2018 m. gegužės mėn. 31 d.

***Tiriamąjio-taikomąjio pobūdžio MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS***

Išduota studentei Vilmai Ulanavičiūtei

1. Projekto tema: Mazuto vakuuminės rektifikacijos distiliatų išėigos didinimas AB „Orlen Lietuva“.

2. Darbo tikslas ir uždaviniai.

Darbo tikslas: Padidinti distiliato frakcijų išėigą rektifikuojant mazutą, esant sumažintam slėgiui.

Darbo uždaviniai: Ištirti mazuto fizikines savybes ir sudaryti distiliacijos charakteristiką, esant sumažintam slėgiui ASTM metodu. Sudaryti tiriamąjio mazuto vienkartinio išgarinimo kreivę. Ištirti mazuto distiliaciją molekulinio garinimo metodu. Modernizuoti mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginį, esamame naftos antrinio perdirbimo komplekse. Atlikti įrenginio statybinius, technologinius ir ekonominius skaičiavimus, numatyti priemonės saugiam darbui užtikrinti.

3. Projekto sudėtinės dalys:

Skaičiuojamasis – aiškinamasis raštas: Bendroji dalis; Mokslinio tiriamąjio darbo rezultatai; Technologinė dalis; Statybiniai sprendimai; Darbuotojų sauga ir sveikata; Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai; Aplinkosauginis vertinimas.

Grafinė medžiaga: Technologinė schema; Statybos teritorijos planas (generalinis planas); Įrenginio valdymo operatorinės planas.

Užduoties išdavimo data 2017 m. vasario mėn. 22 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas 2018 m. birželio 1 d.

Vadovas: doc. dr. Linas Miknius

2017 02 22  
(parašas, data)

Užduotį gavau: Vilma Ulanavičiūtė

2017 02 22  
(parašas, data)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

(Fakultetas)

**Vilma Ulanavičiūtė**

(Studento Vardas, Pavardė)

Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Mazuto vakuuminės rektifikacijos distiliatų išeigos didinimas AB „Orlen Lietuva“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

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

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Vilmos Ulanavičiūtės**, baigiamasis projektas tema „Mazuto vakuuminės rektifikacijos distiliatų išeigos didinimas AB „Orlen Lietuva“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Ulanavičiūtė, Vilma. Mazuto vakuuminės rektifikacijos distiliatų išėigos didinimas AB „Orlen Lietuva“. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. L. Miknius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Organinės chemijos katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: technologijos mokslai, chemijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: *vakuuminė, mazuto, rektifikacija, vakuuminis, distiliatas.*

Kaunas, 2018. 74 p.

## SANTRAUKA

Šiame magistro baigiamajame projekte atlikta mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginio modernizacija esamame naftos antrinio perdirbimo komplekse „ORLEN Lietuva“ Juodeikių k., Mažeikių r. Šiame įrenginyje rekonstruota pagrindinė kolona, kurioje naujų įdiegimų pagalba vykstant mazuto distiliacijai sumažintame slėgyje, gaunamas papildomas šviesiųjų naftos frakcijų kiekis. Projekte atlikti įrenginio medžiagų balansai, technologiniai išcentrinio siurblio, šilumokaičio ir trijų fazių separatoriaus skaičiavimai.

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginys įvertintas aplinkosauginiu požiūriu. Didžiausią poveikį aplinkai daro į orą degimo metu patekę sieros, azoto, anglies oksidai, taip pat lakieji organiniai junginiai. Ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai buvo atliekami, siekiant įvertinti projekto investicijų ir gaunamą pelno kiekį po modernizacijos. Taip pat dėmesys skirtas darbuotojų saugai ir sveikatai, apžvelgta profesinė rizika, įvertintos kenksmingos medžiagos, darbo higiena, gaisrinė sauga. Apžvelgti pastato architektūriniai ir konstrukciniai sprendimai.

Ulanavičiūtė, Vilma. *Enhancement of Vacuum Distillate yield increase of Long Residue at AB „ORLEN Lietuva“*: *Master's thesis* / supervisor assoc. prof. L. Miknius. The Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Engineering and Technologies, Chemical and Process Engineering.

Key words: vacuum, long residue, distillation, vacuum distillate.

Kaunas, 2018. 74 p.

## SUMMARY

In this final master's project, the renovation of the long residue vacuum distillation unit was made at the existing oil refinery complex, "ORLEN Lietuva", located in Juodeikiai village, Mažeikiai district. In this unit the main column was reconstructed, by new devices installations which increases light oil fractions during atmospheric residue distillation at low pressure. Technological calculations of centrifugal pump, heat exchanger and three-phase separator were made.

Vacuum distillation unit was evaluated from an environmental problems point of view. The most environmental impact is due to the release of sulfur, nitro, carbon oxides and volatile organic compounds in the air during combustion. Economic and financial calculations have been carried out to assess the project's investment and the amount of profit received after the modernization. Attention is also paid to occupational safety and health, occupational risk, hygiene, fire safety. The architectural and structural design of the building was reviewed.

# TURINYS

ĮVADAS .....	13
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	14
1.1. Vakuuminė rektifikacija .....	14
1.2. Temperatūros įtaka rektifikacijai .....	15
1.3. Vakuuminė sistema.....	16
1.4. Molekulinės distiliacijos pritaikymas mazuto vakuuminės .....	17
rektifikacijos įrenginyje .....	17
2. TIRIAMOJI DALIS .....	19
2.1. Mazuto distiliacija ASTM D1160 metodu.....	19
2.2. Eksperimentinė mazuto vakuuminė molekulinė distiliacija .....	22
3. TECHNOLOGINĖS SCHEMOS APRAŠYMAS .....	25
4. TECHNOLOGINĖ DALIS.....	27
4.1. Vakuuminio įrenginio skaičiavimai .....	27
4.1.1. Medžiagų balansas .....	27
4.2. Separatoriaus skaičiavimai .....	29
4.3. Siurblio skaičiavimai .....	32
4.4. Šilumokaičio skaičiavimas .....	36
4.4.1. Konstrukciniai šilumokaičio skaičiavimai.....	38
5. DARBŲ SAUGA IR SVEIKATA.....	41
5.1. Projektuojamo objekto charakteristika .....	41
5.2. Profesinės rizikos vertinimas .....	41
5.3. Saugi gamyba.....	44
5.3.1. Produktų nukenksminimas avariniais atvejais.....	44
5.3.2. Apsauga nuo tiesioginių žaibo smūgių ir statinės elektros .....	45
5.4. Darbo higiena.....	46
5.4.1. Darbuotojų individualios saugos priemonės.....	46
5.4.2. Darbuotojų kolektyvinės apsaugos priemonės .....	46

5.4.3. Triukšmas.....	47
5.5. Gaisrinė sauga.....	47
5.5.1. Gaisro gesinimo būdai ir priemonės .....	47
6. STATYBINIAI SPRENDIMAI.....	49
6.1. Bendroji dalis.....	49
6.2. Architektūrinė dalis.....	50
6.3. Konstrukcinė dalis .....	50
7. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI.....	51
7.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai.....	51
7.1.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas .....	53
7.2. Gamybos kaštai.....	53
7.2.1. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	55
7.3. Veiklos kaštai.....	59
7.4. Gaminių kainos skaičiavimas .....	59
7.5. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	59
7.5.1. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos (modernizacijos) atveju.....	60
7.6. Investicijų efektyvumo vertinimas.....	61
7.7. Lūžio taško skaičiavimas .....	61
7.8. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas .....	62
7.9. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas.....	63
7.10. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai .....	63
8. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS.....	64
8.1. Bendrieji duomenys .....	64
8.1.1. Šilumos energija .....	64
8.1.2. Elektros energija .....	66
8.1.3. Kuras .....	66
8.2. Nuotekos ir jų tvarkymas .....	66
8.3. Poveikis aplinkos orui.....	69



IŠVADOS .....	72
LITERATŪRA .....	73
PRIEDAI.....	75

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

<b>3.1 lentelė.</b> Mazuto distiliacijos pradiniai duomenys .....	20
<b>3.2 lentelė.</b> ASTM D1160 metodu gauti distiliacijos rezultatai .....	20
<b>3.2 lentelės tęsinys.</b> ASTM metodu gauti distiliacijos rezultatai.....	21
<b>3.3 lentelė.</b> Mazuto vakuuminės molekulinės distiliacijos rezultatai .....	24
<b>4.1 lentelė.</b> Vakuuminio įrenginio metinis laiko balansas.....	27
<b>4.2 lentelė.</b> Vakuuminio įrenginio medžiagų balansas prieš ir po modernizacijos .....	27
<b>4.1 lentelė.</b> Pradiniai duomenys siurblio skaičiavimams .....	32
<b>4.2 lentelė.</b> Pradiniai duomenys šilumokaičio skaičiavimams .....	36
<b>5.1 lentelė.</b> Rizikos veiksnių indentifikavimas ir kiekybinis vertinimas.....	41
<b>5.2 lentelė.</b> Žaliavos, gaminamų produktų ir naudojamų medžiagų toksinės bei gaisro atžvilgiu pavojingos savybės.....	43
<b>5.3 lentelė.</b> Gamybinių patalpų, pastatų, išorinių įrengimų ir įrangos charakteristika gaisro ir sprogo atžvilgiu .....	44
<b>5.4 lentelė.</b> Elektros įrangos parinkimas sprogiosioms zonoms.....	45
<b>5.5 lentelė.</b> Darbo patalpos komfortinės sąlygos.....	47
<b>6.1 lentelė.</b> Bendrieji statinio techniniai rodikliai .....	49
<b>7.1 lentelė.</b> Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai .....	51
<b>7.2 lentelė.</b> Technologinių įrengimų vertė.....	52
<b>7.3 lentelė.</b> Suvestinė statybos kainos skaičiavimas.....	52
<b>7.4 lentelė.</b> Išlaidos baldams.....	53
<b>7.6 lentelė.</b> Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms .....	53
<b>7.7 lentelė.</b> Tiesioginės išlaidos elektros energijai .....	54
<b>7.8 lentelė.</b> Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui .....	55
<b>7.9 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui .....	55
<b>7.10 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos vandeniui prieš ir po modernizacijos [27] .....	56
<b>7.11 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos šildymui [28].....	56
<b>7.12 lentelė.</b> Netiesioginės išlaidos apšvietimui.....	57
<b>7.13 lentelė.</b> Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	57
<b>7.14 lentelė.</b> Gamybos kaštai.....	58
<b>7.15 lentelė.</b> Veiklos kaštai.....	59
<b>7.16 lentelė.</b> Gaminių kainų apskaičiavimas .....	59
<b>7.17 lentelė.</b> Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	60

<b>7.18 lentelė.</b> Sąnaudų pasikeitimas, įgyvendinus projektą.....	60
<b>7.19 lentelė.</b> Efektyvumo ir efekto skaičiavimas .....	61
<b>7.20 lentelė.</b> Lūžio taško skaičiavimas .....	62
<b>7.21 lentelė.</b> Diskontuotų pinigų srautų skaičiavimas .....	62
<b>8.1 lentelė.</b> Duomenys apie naudojamą žaliavą, chemines medžiagas ar preparatus.....	64
<b>8.2 lentelė.</b> Duomenys apie gaminius (produkciją) .....	64
<b>8.3 lentelė.</b> Kuro ir energijos vartojimas .....	66
<b>8.4 lentelė.</b> Naudojamo vandens balansas .....	67
<b>8.5 lentelė.</b> Nuotekų ir teršalų balansas .....	67
<b>8.6 lentelė.</b> Tarša į aplinkos orą.....	69
<b>8.7 lentelė.</b> Tarša į aplinkos orą.....	70

## ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

<b>1.1 pav.</b> Vakuuminės rektifikacijos proceso schema	14
<b>1.2 pav.</b> Naftos angliavandenilių skilimo priklausomybė nuo temperatūros ir Watson faktoriaus.	15
<b>1.3 pav.</b> Vakuumo sudarymo įranga	16
<b>1.4 pav.</b> Molekulinės distiliacijos įrenginys su vertikaliu kondensatoriumi	18
<b>3.1 pav.</b> Mazuto vakuuminio distiliavimo įrenginys	19
<b>3.3 pav.</b> Mazuto distiliacijos charakteristika ASTM D1160 metodu	22
<b>3.4 pav.</b> Molekulinės distiliacijos aparatas	23
<b>3.5 pav.</b> Mazuto ASTM D1160 ir molekulinės distiliacijos charakteristikų palyginimas	24
<b>5.1 pav.</b> Operatorinės evakuacijos planas	48

## IVADAS

Per pastarąjį šimtmetį, naftos perdirbimo technologijos buvo išstobulintos praktiškai iki teorinės siekiamybės. Šiuolaikinės gamyklos gali perdirbti bet kokios sudėties ir kokybės naftą ir gaminti paklausą rinkoje turinčius produktus. Tačiau griežtėjant reikalavimams naftos produktų kokybei ir aštrėjant konkurencijai tarp įmonių, naftos rinkoje išlieka tik moderniškų procesų technologinį tinklą turinčios gamyklos, sugebančios prisitaikyti prie pastarojo laikmečio sunkiai prognozuojamo žaliavos sudėties ir pasiūlos bei produktų asortimento svyravimo. AB „ORLEN Lietuva“ yra viena moderniškiausių kuro tipo naftos perdirbimo gamyklų, per paskutinius dešimtmečius įdiegus eilę svarbių naujų procesų, o tai leido atlaikyti pasaulinę krizę ir šiuo metu sėkmingai konkuruoti su elitinėmis Europos naftos perdirbimo gamyklomis.

Kuro tipo naftos perdirbimo gamyklose, vakuuminės rektifikacijos įrenginys iš mazuto gamina žaliavą katalizinio kregingo procesui. Pastarajame įrenginyje gaunamos didžiausią pelningumą turinčių prekinį benzino ir dyzelino komponentai. Bendras naftos gamyklos rentabilumas labai priklauso nuo išgaunamų distiliato frakcijų kiekio. Vakuuminės rektifikacijos įrenginys yra paskutinis technologinėje fizikinių procesų sekoje, kurio teisingas suprojektavimas ir valdymas ženkliai įtakoja gamyklos ekonominius rodiklius. Distiliato frakcijų išėiga ir kokybė priklauso nuo rektifikacijos kolonoje sudaryto vakuumo gylio, žaliavos įvado zonos įrangos, skystos ir garų fazių pusiausvyrą užtikrinančių elementų konstrukcijos bei nugarinimo dalies technologinio sprendimo. Kadangi į rektifikacijos koloną tiekiamos žaliavos dėl terminio kregingo daugiau neįmanoma įkaitinti, o vakuumo gylis pagrindinėje kolonos dalyje taipogi pasiekęs savo ribą, todėl kolonos koncentracijos dalies modifikavimas gali leisti išgauti papildomą kiekį didelės molekulinės masės distiliato frakcijos.

**Šio baigiamojo magistro projekto tikslas** – modernizuoti mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginį, siekiant padidinti didelę pridėtinę vertę turinčių distiliato frakcijų išėigą.

**Šiam tikslui įgyventi keliami šie uždaviniai:**

Sudaryti mazuto distiliacijos charakteristiką, esant sumažintam slėgiui ASTM metodu. Sudaryti tiriamojo mazuto vienkartinio išgarinimo kreivę; Iširti mazuto distiliaciją molekulinio garinimo metodu; Atlikti įrenginio technologinius skaičiavimus; Atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus; Numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti; Atlikti proceso aplinkosauginį vertinimą; Sudaryti proceso technologinę schemą; Padaryti įrenginio teritorijos planą, įrenginio valdymo operatorinės planą.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Vakuuminė rektifikacija

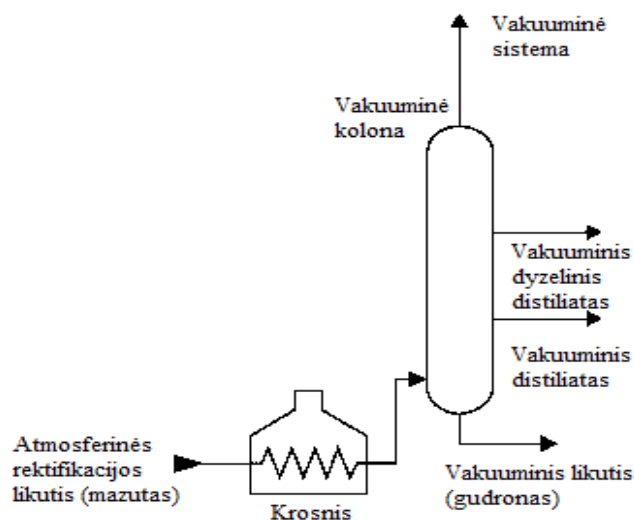
Vakuuminė rektifikacija – difuzinis sunkiųjų naftos angliavandenilių, kurie verda esant gana aukštai temperatūrai, mišinio atskyrimo procesas į frakcijas pagal skirtingas jų virimo temperatūras esant labai mažam slėgiui (vakuumui).

Mazuto vakuuminės rektifikacijos proceso tikslas, atmosferinės rektifikacijos likučio – atmosferinio mazuto tolesnis perdirbimas, gaunant pagrindines žaliavas: [1]

- vakuuminį dyzelinį distiliatą (frakcija iki 360 °C),
- vakuuminį distiliatą (frakcija 350–540 °C),
- užtamsintas produktas
- gudroną (frakcija daugiau 540 °C);

Kai distiliuojamos medžiagos verda labai sunkiai ar yra labai nestabilios ir skyla prieš užvirdamos, tuomet geriau yra naudoti vakuuminį distiliavimą. Šis metodas pagrįstas tuo, kad kuo žemesnis slėgis, tuo lengviau verda skysčiai. [3,6]

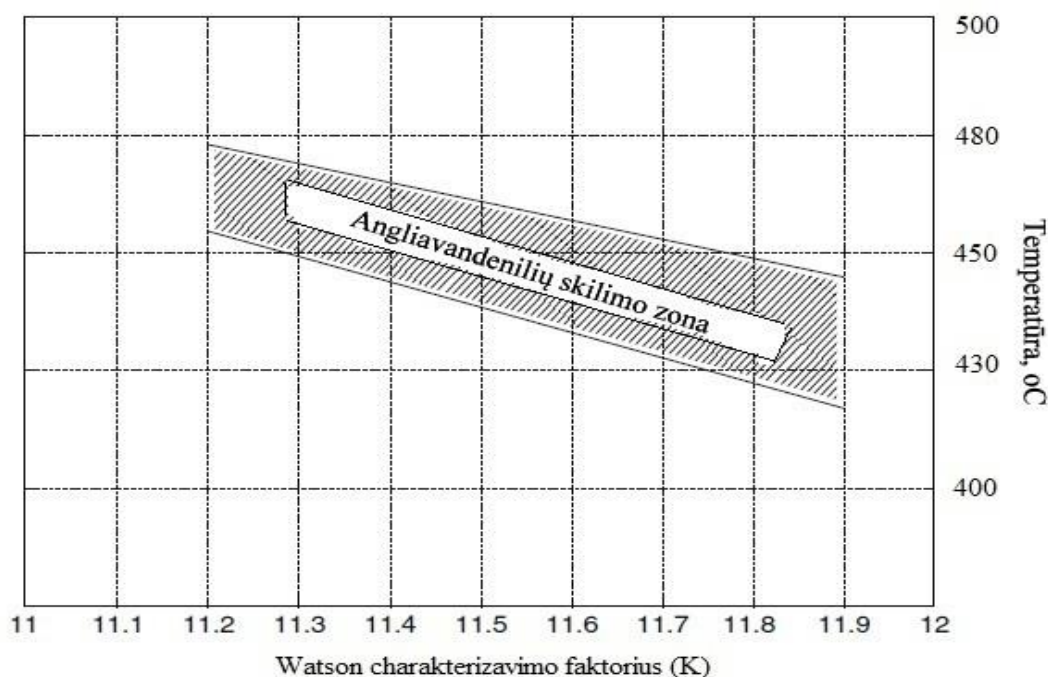
Atmosferinio mazuto vakuuminė rektifikacija vykdoma specialiaame aparate – vakuuminėje kolonoje esant 410–420 °C temperatūrai ir 20–60 mmHg slėgiui. Vykdam tokiam slėgyje ir temperatūroje yra nudistiliuojama apie 50 % mazuto angliavandenilių, gaunama didesnė šviesiųjų naftos produktų išeiga. Didesnio vakuumo sudarymas kolonoje gali sąlygoti angliavandenilių oksidacines ir skilimo reakcijas. Esant didesniam vakuumui padidėja oro patekimo į koloną galimybė, gali susidaryti oksidacinis pavojus. [1,6]



1.1 pav. Vakuuminės rektifikacijos proceso schema

## 1.2. Temperatūros įtaka rektifikacijai

Esant atmosferiniam slėgiui ir norint pasiekti, kad skystis užvirtų, jam reikalinga gan aukšta temperatūra (daugiau kaip 480 °C). Skysčiai pradeda virti temperatūroje, kurioje jų slėgis susilygina su aplinkos slėgiu. Slėgis, kurį turi pasiekti skysčio garai tam, kad jis užvirtų esant tam tikrai temperatūrai, vadinamas sočiųjų garų slėgiu. Sumažinus virš skysčio slėgį, sumažėja ir jam išgarinti reikalingas sočiųjų garų slėgis – jis pasiekiamas pakaitinant skystį iki žemesnės nei atmosferos slėgyje temperatūros. Organiniai junginiai skyla esant aukštesnei nei 360 °C temperatūrai, o dėl aukštos mazuto virimo temperatūros (daugiau kaip 350 °C) prasideda naftos angliavandenilių skilimas, susidaro nesotieji angliavandeniliai ir koksas, kurie pablogina naftos produktų savybes ir apsunkina tolimesnį žaliavos perdirbimą. Naftos angliavandenilių skilimo priklausomybė nuo temperatūros pavaizduotas (1.1pav.). Kontaktuojant su aplinkos oru, aukštesnėje temperatūroje suintensyvėja ir angliavandenilių oksidacijos reakcijos. [4,5,6]



**1.2 pav.** Naftos angliavandenilių skilimo priklausomybė nuo temperatūros ir Watson faktoriaus.

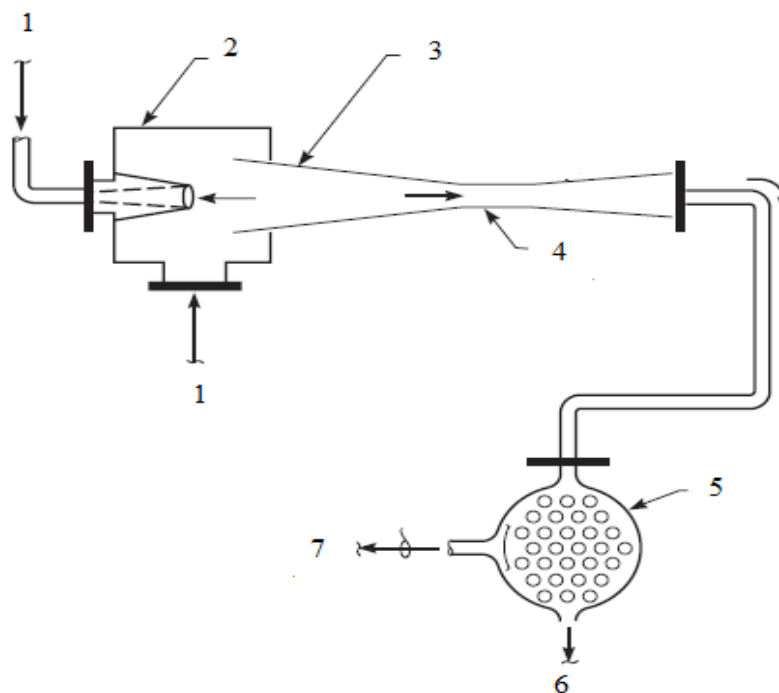
Vykstant mazuto rektifikacijai ir norint išvengti organinių junginių skilimo, pasinaudojama virimo temperatūros priklausomybe nuo slėgio: sumažinus slėgį, sumažėja ir medžiagos virimo temperatūra, todėl esant 360 °C temperatūrai, išdistiliuojamas vakuuminis distiliatas, kurio virimo temperatūros ribos nuo 360–560 laipsnių. Visas distiliavimo aparatas yra hermetizuojamas ir prijungiamas prie vakuuminio siurblio. Iš įrangos pašalinus didesnę dalį oro,

siurblys išjungiamas ir pradedamas kaitinimas. Tuomet stebimi du svarbūs parametrai: slėgis ir temperatūra. Slėgiui esant pakankamai mažam, kaitinti kartais gali ir visai nereikti.

Vakuomo panaudojimas sumažina frakcijų virimo temperatūrą ir išvengiama angliavandenilių terminės destrukcijos bei skilimo. Gautos vakuuminės frakcijos yra panaudojamos tolesniam perdirbimui į šviesius produktus ir tokiu būdu yra padidinama šviesiųjų naftos produktų išeiga. [4,6]

### 1.3. Vakuuminė sistema

Daugelyje mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginiuose vakuuminė sistema yra panaši, kurią sudaro barometriniai ar paviršiniai kondensatoriai ir ežekciniai siurbliai. Vakuumas sudaromas kondensuojant iš kolonos ištekančius vandens garus. Garai kondensuojami barometriniuose ar paviršiniuose kondensatoriuose. Didesnį vakuumą pavyksta pasiekti dujų ir garų likutį išsiurbiant gariniais ar kitokiais ežekciniais siurbliais. Vakuomo sudarymo įranga pavaizduota (1.3pav.). [5,6]



1.3 pav. Vakuomo sudarymo įranga

1 – garų ir dujų įtekėjimo atvamzdis, 2 – maišymo kamera, 3 – mišinio srautas, 4 – difuzorius, 5 – kondensatorius, 6 – kondensato išleidimas, 7 – garo išleidimas į antrąjį ežektorių;



Paviršinis vandens kondensatorius yra tiesiogiai sujungtas su ežekciniu siurbliu, dažniausiai yra naudojami dviejų ar trijų pakopų ežekciniai siurbliai, tokiu būdu yra pasiekiamas didesnis vakuumas. Aukšto slėgio ateinančių vandens garų srautas yra tiesiogiai aušinamas per metalinę sienelę paviršiniuose vandens kondensatoriuose, taip yra išvengiama naftos produktais užteršto vandens, kuris vėliau turėtų būti valomas valymo įrenginiuose. Dėl aukšto barometrinio slėgio ir susidariusios kinetinės energijos, tekančių garų mišinio greitis per atvamzdį gerokai padidėja, srautas patenka į kondensatorių ir kondensuojamas esant žemai temperatūrai ir slėgiui, tokiu būdu gaunamas didesnis kondensato kiekis. Likęs nesusikondensavusių garų ir dujų kiekis yra išsiurbiamas ežekciniais siurbliais (1.3 pav) ir ataušinami kondensatoriuose. Susidaręs kondensatas yra surenkamas į tam specialias laikymo vietas. [2,6]

#### **1.4. Molekulinės distiliacijos pritaikymas mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginyje**

Molekulinė distiliacija naudojama gana aukštos virimo temperatūros termiškai neatspariems mišiniams, perskirti. Molekulinis distiliavimas dažnai yra lyginamas su įvairiais įprasto distiliavimo procesais, tačiau molekulinė distiliacija turi savų puikių techninių charakteristikų, o šios charakteristikos neįgyvendinamos įprastu distiliavimu. [18]

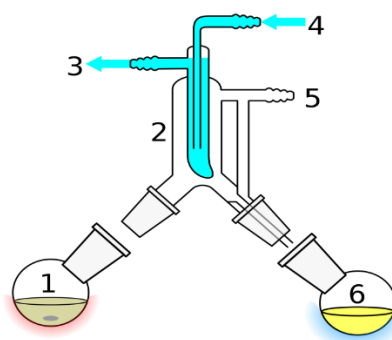
Molekulinė distiliacija – tai skysčių plėvelės paviršiaus laisvas išgaravimas. Procesas atliekamas temperatūrose, žemesnėse už perskiriamojo mišinio temperatūrą, dideliame vakuume, kuriame darbinis slėgis yra labai mažas. Distiliuojant mišinį virimo temperatūra sumažėja, sumažinant darbinį slėgį. Tokiomis sąlygomis garų tankis labai sumažėja, o molekulių laisvo judėjimo kelias gerokai pailgėja. Jeigu atstumas tarp garavimo ir kondensavimo paviršių trumpesnis už laisvo judėjimo kelią, tai nuo garavimo paviršiaus atitrūkusios molekulės patenka tiesiog ant kondensavimo paviršiaus ir čia pasilieka. Taigi, garų ir skysčio tarpusavio pusiausvyra nenusistovi, kadangi susidarę garai tuojau pat pasišalina nuo garavimo paviršiaus.

Įprastos distiliacijos garavimas ir kondensavimas yra grįžtami procesai, o skystoji fazė ir dujų fazė yra dinaminės fazinės pusiausvyros. Molekulinio distiliavimo proceso metu molekulės, išeinančios iš šildymo paviršiaus, sklinda tiesiai į kondensacijos paviršių ir nėra galimybės grįžti į šildymo paviršių, tai yra pagrindinė priežastis, kodėl molekuliniame distiliacijos procese nėra lengvo medžiagos atskyrimo. [17,18]

Šio proceso privalumas tas, kad skysčio perskyrimas gali būti atliekamas žymiai mažesnėje temperatūroje (sumažintame slėgyje), lyginant su standartine skysčiui užvirti reikalinga temperatūra, atmosferiniame slėgyje. Pagrindinis distiliavimo įrenginys pavaizduotas (1.4pav.).

Susidaręs kondensatas – distiliatas pasišalina iš aparato pro antgalį, o virintuvo likutis – pro piltuvą. Atstumas tarp garavimo ir kondensavimo paviršių turi būti nuo 20 iki 30 mm, jų temperatūra turi skirtis ne mažiau kaip 100 °C. Dauguma standartinių distiliacijų, mišinių atskyrimas priklauso nuo virimo temperatūros, o molekulinė distiliacija gali būti atskirta bet kurioje temperatūroje, jei ji pasiekia pakankamą temperatūros skirtumą tarp karštų ir šaltų paviršių. [17]

Akivaizdu, kad molekulinė distiliacija gali būti naudojama daug plačiau nei įprasta distiliacija. Dėl šios priežasties, mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginyje šviesiųjų naftos produktų išeiga padidinama papildomai įdiegiant į rektifikacijos kolonos apatinę dalį kelis molekulinės distiliacijos įrenginius. [17,18]



**1.4 pav.** Molekulinės distiliacijos įrenginys su vertikaliu kondensatoriumi

1 – sunkiosios frakcijos likutis, 2 – kondensatorius, 3 – išeinantis vandens srautas, 4–  
įeinantis vandens srautas, 5 – vakuumo sudarymas, 6 – surinktas distiliato kiekis.

## 2. TIRIAMOJI DALIS

### 2.1. Mazuto distiliacija ASTM D1160 metodu

#### Darbo metodas ir aparatūra:

Šis tyrimo metodas naudojamas nustatyti naftos produktų distiliacijos charakteristikas, kurių komponentai gali būti išgarinti, esant ne didesnei kaip 400 °C skysčio temperatūrai. Procesas vykdomas esant sumažintam slėgiui, o tai leidžia tikrąją virimo temperatūrą sumažinti virš 150 °C. Distiliacija vykdoma, esant vienai išgarinimo pakopai ir be deflegmacijos. Eksperimentas vykdomas ASTM D1160 metodu, kurio metu mazutas distiliuojamas, esant sumažintam slėgiui ir sudaroma jo distiliacijos charakteristika, perskaičiuota į atmosferinį slėgį.

Mazuto distiliacija vykdoma vakuuminio distiliavimo įrenginyje, kuris pavaizduotas (3.1pav.) [19]



**3.1 pav.** Mazuto vakuuminio distiliavimo įrenginys

Distiliacijai naudojama laboratorinė įranga sudaryta iš:

1. 500 ml talpos, borosilikatinio stiklo distiliavimo kolbos;
2. platinos termojutiklio;
3. vakuumavimo sistemos, kurią sudaro vakuuminis siurblys, užtikrinantis slėgio pastovumą 1 % tikslumu visame darbinių slėgių intervale ir žematemperatūrinės garų gaudyklės;
4. kondensatoriaus;
5. distiliato surinkimo indo.

### Eksperimentinė dalis

Reagentai ir medžiagos:

Eksperimentiniam tyrimui atlikti naudojama „ORLEN Lietuva“ gamykloje išgautas atmosferinės rektifikacijos likutis – mazutas.

Eksperimentui paruošiamas 200 ml mazuto mėginys, kuris supilamas į distiliavimo kolbą. Surinkus ir užhermetinus aparatūrą, reguliuojant kaitintuvo intensyvumą, nustatomas 5-8 ml/min. distiliavimo greitis. Distiliacijos metu, fiksuojama surinkto distiliato tūrio procentinės dalies garų temperatūra virinamo skysčio temperatūra ir slėgis sistemoje.

Mazuto tankis nustatomas naudojant D 1298 areometrą.

### Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas:

Iš vakuuminės distiliacijos duomenų buvo sudaryta mazuto distiliacijos charakteristika. Eksperimento duomenys pateikti 3.2 lentelėje.

#### **3.1 lentelė.** Mazuto distiliacijos pradiniai duomenys

Metodika	ASTM D1160
Bandinys	Mazutas
Bandinio tūris	200 ml
Tankis	926, 5 kg/m <sup>3</sup>
Bandinio masė	185,3 g

#### **3.2 lentelė.** ASTM D1160 metodu gauti distiliacijos rezultatai

Distiliacijos išeiga	Distiliacijos greitis	Garų temperatūra, °C	Slėgis, mbar	AET, °C	Skysčio temperatūra, °C
DPT	1024 sec	146,2	5,31	324	200,6
0,24 %	5,1 ml/min	182,7	5,31	341,2	216,1
0,48 %	6,4 ml/min	201,9	5,32	342,8	232,2
1,44 %	7,0 ml/min	230,8	5,31	351,3	259,9
1,58 %	6,8 ml/min	256,8	5,31	360	285,0

### 3.2 lentelės tęsinys. ASTM metodu gauti distiliacijos rezultatai

Distiliacijos išeiga	Distiliacijos greitis	Garų temperatūra, °C	Slėgis, mbar	AET, °C	Skysčio temperatūra, °C
2,40 %	6,2 ml/min	266,8	5,31	369,4	295,5
4,8 %	5,8 ml/min	295,5	5,32	390,1	325,6
9,6 %	5,5 ml/min	326,2	5,31	422,2	358,5
14,4 %	4,8 ml/min	346,4	5,32	450,8	377,2
19,2 %	4,7 ml/min	367,2	5,31	483,4	401,2
24,0 %	5,3 ml/min	400,1	5,31	516,3	438,4
28,8 %	4,8 ml/min	430,6	5,32	542,9	469,7
33,6 %	4,5 ml/min	444,9	5,32	556,5	477,8
48 %	3,8 ml/min	451,8	5,31	563	488,2

Pagal lentėje pateiktus duomenis, matyti, kad didžiausia gauta distiliato išeiga – 48 %. Distiliacijos likučio(gudrono) kiekis – 52 % (80 ml).

Matuojamos garų temperatūros vertės perskaičiuojamos į atmosferinio slėgio ekvivalentinę temperatūrą (AET): [19]

$$AET = \frac{748,1 \cdot A}{[1/(T + 273,1)] + 0,3861 \cdot A - 0,00051606} - 273,1;$$

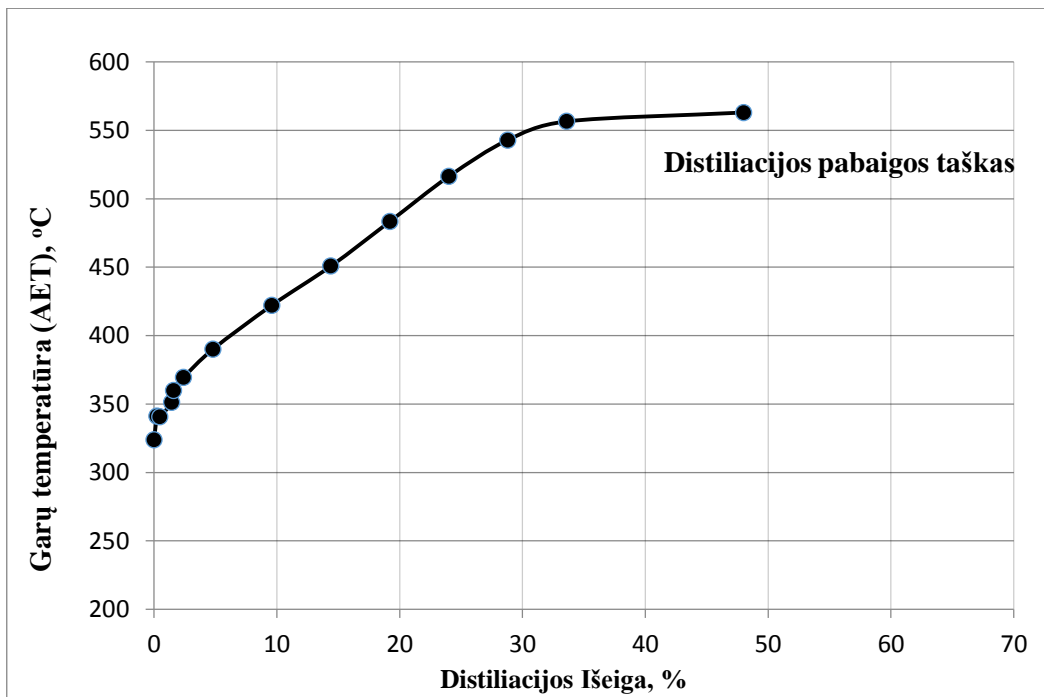
čia: T – matuojama garų temperatūra distiliacijos metu, °C;

Apskaičiuojamas A koef. pagal lygtį :

$$A = \frac{5,143222 - 0,972546 \cdot \log_{10} P}{2579,329 - 95,76 \cdot \log_{10} P};$$

čia: p –slėgis sistemoje distiliacijos metu, kPa,

Iš gautų duomenų braižoma mazuto distiliacijos charakteriska, esant atmosferiniam slėgiui (3.3 pav):



**3.3 pav.** Mazuto distiliacijos charakteristika ASTM D1160 metodu

Eksperimento rezultatai rodo, kad distiliacijos pradžios garų temperatūra yra 146,2 °C, o pabaigos 451,8 °C. Jas perskaičiavus į atmosferos ekvivalentę temperatūrą gauname, kad distiliacijos pradžios temperatūra yra 324 °C, pabaigos – 563 °C.

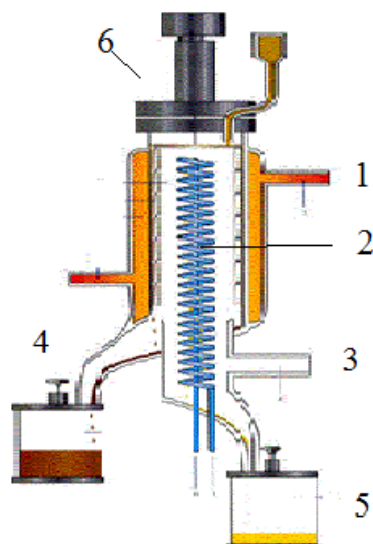
## **2.2. Eksperimentinė mazuto vakuuminė molekulinė distiliacija**

### *Darbo metodas ir aparatūra:*

Šis tyrimo metodas naudojamas aukštos virimo temperatūros termiškai neatspariems mišiniams, perskirti. Molekulinės distiliacijos metodo išskirtinumas – labai trumpas distiluojamos medžiagos garų kelias tarp garinimo ir kondensacijos paviršių. Eksperimentas atliekamas, esant 0,5 mbar slėgiui ir pasirinktai temperatūrai (3.4 pav.). Skirtingai nei ASTM D1160 metodas, molekulinė vakuuminė distiliacija yra nuolatinis procesas, todėl distiliacijos charakteristikos sudarymas yra labai imlus laiko atžvilgiu. Įrenginys sudarytas iš cilindro, kurio viršuje yra rotorius su mentelėmis, gandančiomis vidinį kaitinamojo (garinamojo) cilindro paviršių, o cilindro ašyje yra kondensatorius, kurio viduje cirkuliuoja aušinantysis fluidas. Cilindro korpusą dengia šildymo apvalkalas, pro kurį cirkuliuoja nustatytos temperatūros termoskystis.. Mazutas per cilindro viršų patenka ant vidinės kaitinamojo cilindro sienelės, kuris

beisukančio rotoriaus yra paskirstomas plona plėvele ant vidinio cilindro paviršiaus. Lengviausieji mazuto komponentai išgaravę juda link kondensatoriaus, kur ataušę susikondensuoja ir nuvarva kaip distiliatas į rinktuvą (5). Distiliacijos likutis, nuo kaitinamojo paviršiaus surenkamas į atskirą rinktuvą

(4).



**3.4 pav.** Molekulinės distiliacijos aparatas

1–žaliavos įtekėjimo atvamzdis, 2–kondensatorius, 3–atvamzdis vakuuminei sistemai prijungti, 4– likučio rinktuvas, 5– distiliato rinktuvas, 6– variklis su rotoriaus pavara.

Nusistovėjus temperatūrai bei žaliavos ir distiliacijos produktų srautams, paruoštuose induose pradedama rinkti frakcijos (distiliato ir likučio). Fiksuojuama distiliacijos pradžios laikas, slėgis ir temperatūros. Paskaičiuojama distiliato išeiga. Tokiu būdu yra gaunamas vienas mazuto vakuuminės distiliacijos charakteristikos taškas. Baigus distiliaciją, aparatūra ataušinama, išvaloma ir eksperimentas kartojamas, pasirenkant kitą kaitinamojo paviršiaus temperatūrą. Mazuto distiliacijos charakteristikai sudaryti, buvo atlikta 14 vakuuminės molekulinės distiliacijos eksperimentų.

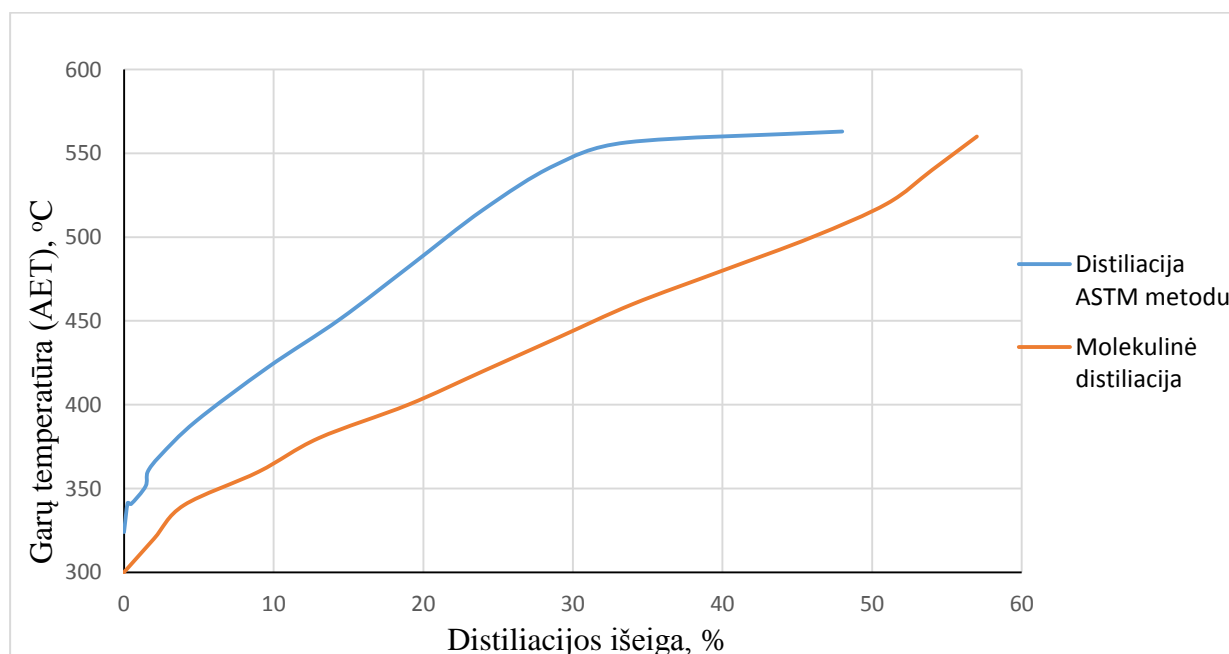
#### Tyrimo rezultatai:

Mazuto molekulinė distiliacija vykdyta, esant 0,5 mbar slėgiui ir skirtingai temperatūrai (3.3 lent.).

### 3.3 lentelė. Mazuto vakuuminės molekulinės distiliacijos rezultatai

Distiliacijos išeiga	AET, °C	Distiliacijos išeiga	AET, °C
0 %	300	29 %	440
2 %	320	34 %	460
4 %	340	40 %	480
9 %	360	46 %	500
13 %	380	51 %	520
19 %	400	54 %	540
24 %	420	57 %	560

Iš gautų duomenų braižoma mazuto distiliacijos charakteriska molekulinio išgarinimo metodu (3.5 pav.):



3.5 pav. Mazuto ASTM D1160 ir molekulinės distiliacijos charakteristikų palyginimas

Gauti rezultatai rodo, kad eksperimentinė vakuuminė molekulinė distiliacija (ruda kreivė) duoda tą pačią distiliato išeią, esant mažesnei distiliacijos temperatūrai. Didžiausia distiliato išeią, distiliuojant šiuo metodu yra 57%, o tai yra 9-iais % daugiau, nei pasiekama distiliuojant standartiniu ASTM metodu (žydra kreivė).



### 3. TECHNOLOGINĖS SCHEMOS APRAŠYMAS

Iš atmosferinės rektifikacijos kolonos apačios ištekėjęs mazutas siurbliu S-1 paduodamas dviem lygiagrečiais srautais į šilumokaičius, kuriuose žaliava pašildoma iki 300 °C, ateinančiais dyzelino, vakuuminio distiliato, užtamsinto produkto ir gudrono srautais. Prieš patekdama į šilumokaičius, žaliava padalinama į du srautus, kurie nukreipiami šilumokaičių grupes. Šilumokaičiuose TK-2, TK-3, TK-4, TK-10, TK-11 ir TK-12 žaliavą šildo iš kolonos išvestas dyzelinas, TK-5, TK-6, TK-13, TK-14 – vakuuminis distiliatas, TK-7 ir TK-15 – užtamsintas produktas, o TK-8 ir TK-16 – gudronas, TK-1, TK-9 – distiliatas.

Abu mazuto srautai po šilumokaičių sujungiami į vieną 270–320 °C temperatūros srautą ir tiekiami į dvi vamzdines krosnis, kuriose pašildomas iki 390 °C. Prieš patenkant į krosnis, žaliavos srautas paskirstomas į du srautus ir paduodamas kaitinimui į KR-1 ir KR-2. Į krosnių gyvatukus, su žaliavos srautu koksavimosi mažinimui paduodami vandens garai.

Krosnyse pakaitintas mazutas vamzdynais patenka į vakuuminę rektifikacijos koloną K-1. Į kolonos apačią produktų išėigos didinimui paduodamas vandens garas, kurio debitą galima reguliuoti vožtuvu TV-21. Gudronas išteka per kolonos apačią ir siurbliu S-2 pumpuojamas į TK-16 ir TK-8, iš kurių teka į gudrono visbrekingo sekciją. Gudrono debitas reguliuojamas vožtuvais TV-9 ir TV-15. Iš kolonos išvestas užtamsintas produktas siurbliu S-3 pumpuojamas į TK-15 ir TK-7. Jo debitas reguliuojamas TV-10 ir TV-16. Vakuuminio distiliato frakcija (350–540 °C temperatūros) nuo apatinės aklinosios lėkštės perskiriama į du srautus ir siurbliais S-4 ir S-5 pumpuojama į šilumokaičius TK-14, TK-6, TK-13 ir TK-5. Jos debitas reguliuojamas vožtuvais TV-11, TV-12, TV-17 ir TV-18. Iš TK-5 išėjęs vakuuminis distiliatas išvedamas iš įrenginio, o iš TK-4 naudojamas cirkuliaciniam vakuuminio distiliato sekcijos ir cirkuliaciniam užtamsinto produkto sekcijos drėkinimui ir grąžinamas į koloną. Jų debitai reguliuojami TV-1 ir TV-24. Iš kolonos nuo aklinosios lėkštės išėjęs dyzelinas (frakcija iki 360 °C) padalinamas į du srautus ir siurbliais S-6 ir S-7 pumpuojamas į šilumokaičių poras TK-12 ir TK-4, TK-11 ir TK-3, TK-2 ir TK-10. Iš S-7 išėjęs srautas dar kartą perskiriamas. Srautų debitai reguliuojami vožtuvais TV-13, TV-14, TV-19, TV-20, TV-21 ir TV-23. Iš TK-4 išėjęs srautas išvedamas iš įrenginio, iš TK-3 naudojamas aštriam dyzelino sekcijos drėkinimui ir grąžinamas į koloną, iš TK-2 naudojamas dyzelino sekcijos cirkuliaciniam drėkinimui ir grąžinamas į koloną. Cirkuliacinio drėkinimo ir aštraus drėkinimo debitai reguliuojami vožtuvais TV-1, TV-2 ir TV-3. Iš kolonos apačios išėjęs distiliatas nuvedamas siurbliu S-9 ir patenka į šilumokaičius TK-9 ir TK-1. Distiliatas išvedamas iš įrenginio į tolimesnį perdirbimą.

Kolonoje vakuumas sudaromas vakuumą sudaranciais įrenginiais VS-1, VS-2. Vandens garai, skilimo dujos ir naftos produktai panaudojant vakuumą sudarančio įrenginio sistemoje sukurtą vakuumą, išvedami iš kolonos viršaus dviem nuvedimo vamzdynais patenka į vandens aušintuvus AV-1 ir AV-2, kur ataušinami iki 50 °C ir kondensuojami. Dujų debitas reguliuojamas vožtuvais TV-4 ir TV-5. Dujų ir garų mišinys iš aušintuvų išsiurbiami ežektoriuose VS-1 ir VS-2, kur kaip darbinis agentas naudojamas dyzelinis distiliatas. Iš VS-1 ir VS-2 išėję srautai sujungiami į vieną ir nukreipiami į separatorių SP-1. kuriame mišinio srautas išskiriamas į skilimo dujas, vandens garus ir dyzeliną. Srautų debitai reguliuojami vožtuvais TV-6, TV-7, TV-8 ir TV-22. Iš SP-1 išvestas dyzelinas patenka į siurblių S-8, kuris jį pumpuoja atgal į ežektorius VS-1 ir VS-2. [1, 26]

Technologinė schema pateikta 4 lape (prieduose).

## 4. TECHNOLOGINĖ DALIS

### 4.1. Vakuuminio įrenginio skaičiavimai

#### 4.1.1. Medžiagų balansas

Prieš atliekant medžiagų balanso ir technologinius skaičiavimus, reikia įvertinti įrenginio metinį veikimo režimą, kuris yra pateikiamas 4.1 lentelėje. Įrenginio veikimas prieš ir po modernizacijos lieka nepakitęs.

**4.1 lentelė.** Vakuuminio įrenginio metinis laiko balansas.

Vakuuminio mazuto rektifikacijos įrenginio pajėgumas, paros/metus	300
Įrenginių remontas, paros	65
Viso darbo dienos	300

Sudaromas medžiagų balansas prieš įrenginio modernizaciją ir po. Prieš modernizaciją, produktų išėigos priimamos naudojantis gamyklos patirtimi.

**4.2 lentelė.** Vakuuminio įrenginio medžiagų balansas prieš ir po modernizacijos

Komponentas	% masės	t/m	t/p	kg/h
<b>Prieš modernizaciją</b>				
<i>Įteka</i>				
Mazutas	100	5 000 000	16 393,4	5416,6
<i>Išteka</i>				
Dyzelinas	7,8	390 000	1 300	54 644,8
Vakuuminis distiliatas	78,4	3 920 000	13066,6	544 444,4
Užtamsintas produktas	2,5	125 000	416,6	17 358,3
Gudronas	11,3	565 000	1 883,3	78 472,2
Viso produktų	100	5 000 000,0	16 393,4	683 060,1
<b>Po modernizacijos</b>				
<i>Įteka</i>				
Mazutas	100,0	5 000 000,0	16 393,4	683 060,1
<i>Išteka</i>				
<b>Distiliatas</b>	9	450 000	1 500	62 500

**4.2 lentelės tęsinys. Vakuuminio įrenginio medžiagų balansas prieš ir po modernizacijos**

Dyzelinas	7,8	390 000	1 300	54 644,8
Vakuuminis distiliatas	78,4	3 920 000	13066,6	544 444,4
Užtamsintas produktas	2,5	12 5000	416,6	17 358,3
Gudronas	2,1	105 000	350	1 458,3
Viso produktų	100,0	5 000 000,0	16 393,4	683 060,1

Iš įrenginio bendro medžiagų balanso matome, kad po modernizacijos gaunama papildoma žaliava – distiliatas, kurios našumas yra 450 000 t/metus.

## 4.2. Separatoriaus skaičiavimai

Projekte perskiriamas skilimo dujų, vandens garų ir dyzelino mišinys trijų fazių vertikaliai separatoriuje. Skysto srauto greitis  $u_s = 0,3$  m/s. Temperatūra įrenginyje  $T = 50 + 273 = 323$  K, o slėgis lygus  $P = 100\,000$  Pa.

Apskaičiuojamas leistinas garų fazės srauto greitis [5]:

$$u_g \approx 0,0334 \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_g}} \approx 0,0334 \sqrt{\frac{0,907}{0,001}} = 0,88 \text{ m/s} \quad (4.2.1)$$

čia:  $\rho_s, \rho_g$  – skysto ir garų fazių tankis,  $\text{kg/m}^3$

Apskaičiuojami garų fazės, dyzelinio ir vandens tūriniai debitai [5]:

$$V_g = 22,4 \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101325}{P} \cdot \frac{G_g}{M_g} = 22,4 \cdot \frac{323}{273,15} \cdot \frac{101325}{100000} \cdot \frac{1,897}{32,8} = 1,55 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.2.2)$$

$$V_{dyz} = \frac{G_{dyz}}{\rho_{dyz}} = \frac{0,569}{0,860 \cdot 1000} = 0,000653 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.2.3)$$

$$V_v = \frac{G_v}{\rho_v} = \frac{0,949}{0,988 \cdot 1000} = 0,000961 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.2.4)$$

čia:  $T$  – temperatūra aparate, K;

$P$  – slėgis aparate, MPa ;

$G$  – debitas, kg/h;

$M_g$  – komponentų vidutinės molinės masės, kg/mol;

Separatoriaus skerspjūvio plotas, apskaičiuotas pagal garų ir skystos fazės debitą [5]:

$$S_g = \frac{V_g}{u_g} = \frac{1,55}{0,88} = 1,76 \text{ m}^2 \quad (4.2.5)$$

$$S_s = \frac{V_{dyz} + V_v}{u_s} = \frac{0,000653 + 0,000961}{0,003} = 0,53 \text{ m}^2 \quad (4.2.6)$$

čia:  $V_s$  – skysčio fazės tūrinis debitas,  $m^3/s$

$u_s$  – skysčio tekėjimo greitis aparate,  $m/s$ . Priimtas  $u_{sk} = 0.003 m/s$

Apskaičiuojamas separatoriaus skersmuo [5]:

$$D = 2\sqrt{\frac{S_s}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{1,76}{3,14}} = 1,57 m \quad (4.2.7)$$

Trijų fazių separatoriaus aukščio  $H$  skaičiavimas

Apskaičiuojamas nusistovėjimo zonos  $H_n$  aukštis [5]:

$$0,785 \cdot D^2 \cdot 0,7 \cdot H_n + S_g \cdot 0,3 \cdot H_n \approx \tau \cdot 60 \cdot V_s \quad (4.2.8)$$

$$H_n = \frac{15 \cdot 60 \cdot 0,0036}{0,785 \cdot 1,57^2 \cdot 0,7 \cdot 1,76 \cdot 0,3} = 0,24 m \quad (4.2.9)$$

Priimamas vandens ištekėjimo vamzdžio aukštis  $h_2 = 0,3 m$ .

Nustatomas dyzelino sluoksnio aukštis:

$$0,5 \leq H_{dyz} \geq \frac{G_v \tau}{3600 \rho_v \frac{\pi D^2}{4}} \quad (4.2.10)$$

$$H_{dyz} = \frac{3415,301 \cdot 1,5}{3600 \cdot 0,988 \cdot \frac{\pi \cdot 1,57^2}{4}} = 0,81 m \quad (4.2.11)$$

Apskaičiuojame aukštį tarp naftos produkto laistymo ir ištekėjimo į talpyklą atvamzdžių  $h_3$  [3]:

$$h_3 = \frac{600 G_{dyz}}{3600 \rho_{dyz} S_g} = \frac{600 \cdot 2049,17}{3600 \cdot 0,861 \cdot 1,76} = 0,23 m \quad (4.2.12)$$

Priimame aukščius  $h_4 = 0,2 m$ ,  $h_5 = 0,1 m$  ir  $h_6 = 0,1 m$ .

Nustatome laisvosios erdvės aukštį tarp atraminės pertvaros ir lašų gaudyklės  $h_7$  pagal lygtį [3]:

$$0,5 \leq h_7 \geq \frac{(V_{d_{yz}} + V_v)\tau}{0,785D^2} + 0,5 - (h_5 + h_6) \quad (4.2.13)$$

$$h_7 = \frac{(0,000653 + 0,000961) \cdot 1,5 \cdot 3600}{0,785 \cdot 1,57^2} + 0,5 - (0,4 + 0,6) = 2,78 \text{ m} \quad (4.2.14)$$

Priimamas aukštis  $h_8 = 0,6 \text{ m}$ .

Laisvosios erdvės aukštis virš lašų gaudyklės priimamas  $h_9 = 0,5 \text{ m}$ .

Apskaičiuojamas suminis cilindrinės dalies separatoriaus aukštis  $H$  [5]:

$$H_{cil} = H_n + H_v + H_{d_{yz}} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9 \quad (4.2.15)$$

$$\begin{aligned} H_{cil} &= 0,24 + 0,5 + 0,81 + 0,3 + 0,23 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 2,48 + 0,6 + 0,5 = \\ &= 4,7 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.2.16)$$

Apskaičiuojamas apatinės ir viršutinės sferinių separatoriaus dalių aukštis  $h_s$  [5]:

$$h_s = 0,09D = 0,09 \cdot 1,57 = 0,14 \text{ m} \quad (4.2.17)$$

Bendras separatoriaus aukštis  $H$ :

$$H = H_{cil} + 2h_s = 4,7 + 2 \cdot 0,14 = 4,98 \text{ m} \quad (4.2.18)$$

### 4.3. Siurblio skaičiavimai

Įrenginyje naudojami išcentriniai siurbliai, kadangi yra paprastos konstrukcijos, užima mažai vietos, jungiami tiesiogiai su varikliu, neturi vožtuvų, tolygiai veikia. Išcentrinių siurblių našumą galima lengvai reguliuoti slėgimo vamzdyje įmontuotu čiaupu.

Skaičiuojamas išcentrinis siurblys, kuris cirkuliaciniam drėkinimui skirtą dyzeliną iš vamzdyno per šilumokaičius tiekia į laistymo įvadą kolonoje.

**4.1 lentelė.** Pradiniai duomenys siurblio skaičiavimams

Drekinlio tankis $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Debitas $G$ , kg/val	Dinaminė klampa $\mu$ , Pa·s	$H_{\text{geom.}}$ , m	Slėgis įsiurbimo linijoje $p_1$ , Pa	Slėgis slėgimo linijoje $p_2$ , Pa	Įsiurbimo linijos ilgis $L_{\text{įs.}}$ , m	Slėgimo linijos ilgis $L_{\text{slėg.}}$ , m	Laisvojo kritimo pagreitis $g$ , m/s <sup>2</sup>
861	437766	0,006	30	4833	4657	20	50	9,81

Apskaičiuojamas tūrinis dyzelino debitas, naudojantis lygtimi [8]:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{437766}{861 \cdot 3600} = 141,42 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.3.1)$$

Užsiduodama produkto greičiai įsiurbimo ir slėgimo vamzdynuose [8]:

$$w_{\text{įs}} = 0,8 \text{ m/s}; \quad w_{\text{slėg}} = 2,1 \text{ m/s}. \quad (4.3.2)$$

Apskaičiuojami įsiurbimo ir slėgimo linijų vamzdžių diametrai pagal lygtį [8]:

$$d = \frac{V}{0,785 \cdot \omega} \quad (4.3.3)$$



$$d_{is} = \sqrt{\frac{0,1414}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,48 \text{ m} \quad (4.3.4)$$

$$d_{slél} = \sqrt{\frac{0,1414}{0,785 \cdot 2,1}} = 0,23 \text{ m} \quad (4.3.5)$$

Užsiduodamos vietinės kliūtys: įsiurbimo vamzdis turi 4 alkūnes, 1 sklendė, skystis į teka į vamzdį su suapvalinta briauna.

Slėgimo vamzdis nuo siurblio iki kolonos – 3 alkūnes, 1 sklendes, skystis išteka iš vamzdžio [10].

Apskaičiuojamas vietinių kliūčių koeficientus įsiurbimo linijai [10]:

- skystis įtekantis į vamzdį suapvalinta briauna – 0,2;
- vamzdžio alkūnėms – 1,19;
- sklendėms – 0,5;

Suminis vietinių kliūčių koeficientas [10]:

$$\sum_1^{is} \zeta = 4 \cdot 1,19 + 0,5 + 0,2 = 5,46 \quad (4.3.6)$$

Apskaičiuojamas vietinių kliūčių koeficientus slėgimo linijai [10]:

- skystis ištekantis iš vamzdžio – 1;
- vamzdžio alkūnėms – 1,19;
- sklendėms – 0,5;

Suminis vietinių kliūčių koeficientas [8]:

$$\sum_1 \zeta = 3 \cdot 1,19 + 0,5 + 1 = 5,07 \quad (4.3.7)$$

**Apskaičiuojami parametrai įsiurbimo linijai:**

Apskaičiuojamas Reinoldso kriterijus [8]:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,2 \cdot 861}{0,006} = 28700 \quad (4.3.8)$$

čia:  $\mu$  — dinaminė klampa, Pa·s;

$\rho$  — dyzelino tankis, kg/m<sup>3</sup>;

Kai  $\text{Re} > 2300$ , tai trinties koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę [11]:

$$\lambda = \frac{1}{\left(2\lg\left(\frac{\varepsilon}{3,7}\right) + \left(\frac{6,81}{\text{Re}}\right)^{0,9}\right)^2} = \frac{1}{\left(2\lg\left(\frac{0,0025}{3,7}\right) + \left(\frac{6,81}{28700}\right)^{0,9}\right)^2} = 0,028 \quad (4.3.9)$$

Ekvivalentinė vamzdžio šiurkštumo vidutinė reikšmė, apskaičiuojama pagal formulę [8,10]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta e}{d_e} = \frac{0,0005}{0,2} = 0,0025 \quad (4.3.10)$$

čia:  $\Delta e$  — ekvivalentinis šiurkštumas, m. Randamas literatūroje [10]  $\Delta e = 0,0005$ .

Apskaičiuojami įsiurbimo linijos aukščio nuostoliai [11]:

$$\Delta h_{is} = \left(\lambda \frac{1}{d} \cdot \sum_1^{is} \zeta\right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} = \left(0,028 \cdot \frac{20}{0,48} + 5,46\right) \cdot \frac{0,8}{2 \cdot 9,81} = 0,21 \text{ m} \quad (4.3.11)$$

**Analogiškai apskaičiuojami parametrai slėgimo linijai [11]:**

$$\Delta h_{slėl} = \left(\lambda \frac{1}{d} \cdot \sum_1^{slėl} \zeta\right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} = \left(0,028 \cdot \frac{20}{0,23} + 5,07\right) \cdot \frac{2,1}{2 \cdot 9,81} = 1,84 \text{ m} \quad (4.3.12)$$

Aukščio nuostoliai hidraulinėje sistemoje apskaičiuojami pagal formulę [11]:

$$\Delta h = \Delta h_{is} + \Delta h_{slėg} = 2,05 \text{ m} \quad (4.3.13)$$

Siurblio išvystomas slėgio aukštis apskaičiuojamas pagal šią formulę [11]:

$$H = H_{\text{geom}} + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \Delta h = 30 + \frac{4833 - 4657}{861 \cdot 9,81} + 2,05 = 32,08 \text{ m} \quad (4.3.14)$$

Siurblio atiduodama galia skysčiui apskaičiuojama pagal šią formulę [11]:

$$N_s = \frac{V \rho g H}{1000} = \frac{0,141 \cdot 861 \cdot 32,08}{1000} = 38,26 \text{ kW} \quad (4.3.15)$$

Siurblio gaunama galia iš variklio apskaičiuojama [11]:

$$N_s = \frac{V \rho g H}{1000 \eta} = \frac{0,141 \cdot 861 \cdot 32,08}{1000 \cdot 0,7} = 34,66 \text{ kW} \quad (4.3.16)$$

čia:  $\eta_s$  — siurblio naudingumo koeficientas;

Siurblio variklio galia [11]:

$$N_v = \beta \frac{N_{\text{vel}}}{\eta_p \cdot \eta_v} = 1,3 \cdot \frac{34,66}{0,95 \cdot 0,7} = 70,5 \text{ kW} \quad (4.3.17)$$

čia:  $\eta_p$  — pavaros naudingumo koeficientas;

$\eta_v$  — variklio naudingumo koeficientas;

$\beta$  — elektros variklio galios atsargos koeficientas, priklausantis nuo variklio galios;

#### 4.4. Šilumokaičio skaičiavimas

Cheminėje technologijoje apdorojamas medžiagas dažnai reikia šildyti. Medžiagos pašildymas vyksta specialiuose prietaisuose, vadinamuose šilumokaičiais. Šilumokaičiai - tai tokie aparatai, kuriuose šiluma iš vienos medžiagos perduodama kitai. Jei medžiagą reikia pašildyti iki reikiamos temperatūros, tai toks šilumokaitis vadinamas – šildytuvu, jeigu išgarinti, – garintuvu, jeigu kondensuoti, – kondensatoriumi ir t.t.

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginyje suprojektuoti korpusiniai šilumokaičiai. Šilumokaita tarp agentų ir sienelės vyksta per savus atskirus paviršius, vykstant priešsroviniam tekėjimui, šilumnešiams tekant lygiagrečiai, priešingomis kryptimis. Juose vamzdžių pluoštas yra įtvirtintas į suvirintą iš geležies lakštų cilindrinį korpusą. Skaičiavimams parenkamas šilumokaitis, į kurį patenka dyzelinas, kuris šildo žaliavą cirkuliaciniam drėkinimui.

#### 4.2 lentelė. Pradiniai duomenys šilumokaičio skaičiavimams

Srautas		Debitas	Tankis
		G, kg/h	
Įeinantis (karštas)	Dyzelinas	442 160	0,861
Išeinantis (šaltas)	Žaliava	353 130	0,910

Dyzelino srautas atšaldomas nuo  $t_1 = 140 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros, žaliava į šilumokaitį patenka  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tuomet apskaičiuojamos šio srauto entalpijos [9]:

$$h_{k1} = \frac{0,0017 \cdot T^2 + 0,762 \cdot T - 334,25}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} = \frac{0,0017 \cdot (140 + 273)^2 + 0,762 \cdot (140 + 273) - 334,25}{\sqrt{0,861}} = 291,61 \text{ kJ/kg} \quad (4.4.1)$$

$$h_{k2} = 137,08 \text{ kJ/kg};$$

$$h_{s1} = 238,98 \text{ kJ/kg};$$

Pagal šilumos balanso lygtį [9] apskaičiuojama iki kiek pašildoma žaliava:

$$h_{k2} = h_{s1} - \frac{G_k \cdot (h_{k1} - h_{k2})}{G_s \cdot 0,95} = 238,98 - \frac{442160 \cdot (291,61 - 137,08)}{353130 \cdot 0,95} = 406,13 \text{ kJ/kg} \quad (4.4.2)$$

Naudojant Excel komandą Solve iš gautos entalpijos randame, kad srautas pašildomas iki 189 °C temperatūros.

Apskaičiuojamas šilumos balansas. Šilumos panaudojimo koeficientą priimame  $\eta = 0,95$  [9]:

$$Q = G_k (h_{k1} - h_{k2}) \eta = 442160 \cdot (291,61 - 137,08) = 64264159,59 \quad (4.3.1)$$

$$Q_k = \frac{Q}{\eta} = \frac{64264159,59}{0,95} = 67646483,86 \text{ kJ/h} \quad (4.4.3)$$

$$Q_s = Q = 64264159,59 \text{ kJ/h} \quad (4.4.4)$$

$$Q_n = (1 - \eta) Q_k = 0,05 \cdot 67646483,86 = 43382324,45 \text{ kJ/h} \quad (4.4.5)$$

Apskaičiuojamas vidutinis logaritminis temperatūros skirtumas [9,10]:

$$\Delta \tau_v = \frac{\Delta t_d - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_d}{\Delta t_m}} \quad (4.4.6)$$

$$\Delta t_d = t_{s2} - t_{s1} = 189 - 110 = 79 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.4.7)$$

$$\Delta t_m = t_{k1} - t_{k2} = 140 - 70 = 70 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.4.8)$$

$$\Delta \tau_v = \frac{82 - 70}{\ln \frac{82}{70}} = 75,93 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.4.9)$$

čia:  $t_d$  – didesnis srautų temperatūros skirtumas,

$t_m$  – mažesnis srautų temperatūros skirtumas;

Apskaičiuojamas šilumokaičio šildomo paviršiaus plotas [10]:

$$F = \frac{Q}{K \cdot t_{vid}} = \frac{64264159,86}{190 \cdot 75,93} = 4459,75 \text{ m}^2 \quad (4.4.10)$$

čia:  $K$  – šilumos perdavimo koeficientas  $W/(m^2 \times K)$ , kurį priimam  $K = 190$ ;

Šilumokaitis laikomas naudinga, nes šilumos srautas per šildomojo paviršiaus plotą yra ne mažesnis kaip  $2328 W/m^2$ .

#### 4.4.1. Konstrukciniai šilumokaičio skaičiavimai

Įrenginyje parenkami 5 šilumokaičiai, kurių kiekvieno šildomojo paviršiaus plotas  $F_o = 800 m^2$ . Priimamas dyzelino tekėjimo greitis yra  $w_1 = 0,2 m/s$ .

Apskaičiuojamas tekamasis skerspjūvio plotas [11]:

$$f_1 = \frac{G_1}{\rho_1 w_1} = \frac{442160}{861 \cdot 0,2} = 0,71 m^2 \quad (4.4.11)$$

čia:  $G_1$  – masinis dyzelino debitas,  $kg/s$ .

Toliau priimami šilumokaičio vamzdžių vidinis ir išorinis skersmenys  $d_1 = 0,1 m$  ir  $d_2 = 0,2 m$ .

Apskaičiuojamas vamzdžių skersmuo  $d_s$  [11]:

$$d_s = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot (0,1 + 0,2) = 0,2 m. \quad (4.4.12)$$

Apskaičiuojamas vienos ėjos vamzdžių skaičius  $z_1$  [11]:

$$z_1 = \frac{4f_1}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,71}{3,14 \cdot 0,2^2} = 22,61 \approx 22 \text{ vamzdžiai.} \quad (4.4.13)$$

Apskaičiuojame vamzdžių ilgį  $L_1$  [11]:

$$L_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_s \cdot z_1} = \frac{800}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 22} = 57,92 m \quad (4.4.14)$$

Kadangi, vamzdžių ilgis gaunasi labai didelis, nes vienos vamzdžių ėjos skaičius yra labai mažas, tai priimamas  $z_1 = 100$ . Perskaičiuojamas vamzdžių ilgis: [11]:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_s \cdot z_1} = \frac{800}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 100} = 4,74 \text{ m} \quad (4.4.15)$$

Apskaičiuojamas ėjų skaičius  $e_1$  [11]:

$$e_1 = \frac{L_1}{L} = \frac{57,92}{7,74} = 7,5 \approx 7 \text{ ėjos} \quad (4.4.16)$$

Apskaičiuojamas bendras vamzdžių skaičius [11]:

$$z = z_1 \cdot e = 22 \cdot 7,5 \approx 236,59 \approx 237 \text{ vamzdžiai.} \quad (4.4.17)$$

Vamzdžiai šilumokaityje išdėstomi taisyklingais šešiakampiais. Apskaičiuojama kiek vamzdžių bus didžiausio šešiakampio kraštinėje [11]:

$$z = 3a(a - 1) + 1 = 3 \cdot 5 \cdot (5 - 1) + 1 = 61 \quad (4.4.18)$$

čia:  $z$  – vamzdžių skaičius šilumokaityje;

$a$  – vamzdžių skaičius didžiausio šešiakampio kraštinėje, priimtas 5

Apskaičiuojamas korpuso skersmuo [11]:

$$D = 0,6635 \cdot \beta \cdot \sqrt{\frac{F \cdot d_2}{L \cdot \gamma}} = 0,6635 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{\frac{4459,75 \cdot 0,2}{7,74 \cdot 0,8}} = 2,56 \text{ m} \quad (4.4.19)$$

čia:  $\beta$  – priimtas 0,25.

$\gamma$  – priimtas 0,8.

Tarpvamzdinės dalies skaičiavimas (4.4.20)

Priimamas tekėjimo greitis  $w_2 = 0,18$  m/s. Tuomet tekamasis skerspjūvis [11]:

$$f_2 = \frac{G_2}{\rho_2 w_2} = \frac{353130}{910 \cdot 0,18} = 0,75 \text{ m}^2 \quad (4.4.21)$$

Apskaičiuojame pertvaros ilgį  $l$  [11]:

$$l = L - \frac{f_2}{D - b \cdot d_2} = 4,74 - \frac{0,75}{2,56 - (1 - 0,8)} = 4,34 \text{ m} \quad (4.4.22)$$

čia:  $b$  – priimtas 0,9.

Analogiškai apskaičiuojami kiti šilumokaičiai įrenginyje.



## 5. DARBŲ SAUGA IR SVEIKATA

### 5.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginys yra projektuojamas naftos perdirbimo gamykloje, Juodeikių k., Mažeikiuose. Visi perdirbami, gaunami, naudojami įrenginyje naftos produktai ir reagentai pagal savo fizikines ir chemines savybes yra gaisro, sprogimo atžvilgiu pavojingos ir žmogaus organizmui kenksmingos medžiagos.

Remiantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių pateiktu priedu, sanitarinės zonos riba yra 500m. [1,20]

### 5.2. Profesinės rizikos vertinimas

Technologinis procesas yra pavojinga darbo vieta gaisro, sprogumo pavojingumo, kenksmingumo atžvilgiu. Pavojingi procesai, vykstantys įrenginyje, charakterizuojami:

- Toksinių, gaisro ir sprogimo atžvilgiu pavojingų žaliavų naudojimu (mazuto, kuro dujų). Gaunami produktai – vakuuminis distiliatas, dyzelinis distiliatas, gudronas yra pavojingi vykdomam procesui.
- Vakuuminės rektifikacijos proceso vykdymas esant vakuuminiam (iki 10 mm Hg st.) slėgiui ir padidintai (iki 430 °C) temperatūrai;
- Įtampa įrenginio elektros tinkluose;
- Darbai aukštyje;

Įrenginiui dirbant, ruošiant atskirus aparatus arba blokus remontui į aplinką gali išsiskirti šios gaisro ir sprogimo atžvilgiu pavojingos medžiagos: Vandensulfidas, angliavandenilinės dujos ir naftos produktų garai. Dėl pavojingos darbo aplinkos ir kenksmingų medžiagų yra atliekamas profesinės rizikos vertinimas. Rizikos veiksniai ir jų prevencijos priemonės pateikti 5.1 lentelėje. [1,20]

#### 5.1 lentelė. Rizikos veiksnių indentifikavimas ir kiekybinis vertinimas

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vnt.	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vnt.	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencinės priemonės
<b>Cheminiai veiksniai</b>					

**5.1 lentelė tęsinys.** Rizikos veiksnių indentifikavimas ir kiekybinis vertinimas [1,20]

<b>Cheminiai veiksniai</b>					
Mazutas	Technologiniai įrengimai	300 mg/m <sup>3</sup>	300 mg/m <sup>3</sup>	8 h	Apsauginiai rūbai, batai
Vakuuminis distiliatas	Technologiniai įrengimai	300 mg/m <sup>3</sup>	300 mg/m <sup>3</sup>	8 h	Apsauginiai rūbai, batai
Dyzelinis distiliatas	Technologiniai įrengimai	300 mg/m <sup>3</sup>	300 mg/m <sup>3</sup>	8 h	Apsauginiai rūbai, batai
Angliavandenilinės dujos	Technologiniai įrengimai	300 mg/m <sup>3</sup>	300 mg/m <sup>3</sup>	8 h	Respiratorius
Vandenilio sulfidas	Technologiniai įrengimai	300 mg/m <sup>3</sup>	7 mg/m <sup>3</sup>	8 h	Respiratorius
<b>Fizikiniai veiksniai</b>					
Triukšmas	Technologiniai įrengimai	75 dBA	87 dBA	8 h	Ausinės
Apšvieta	Technologiniai įrengimai, operatorinė	300 lx	300 lx	8 h	-
Statinės elektros pavojus	Technologiniai įrengimai, operatorinė	-	-	8 h	Ižeminimas Įnulinimas, apsauginiai batai
Šiluminė aplinka, oro drėgnis	Technologiniai įrengimai	45 %	iki 75 %	8 h	-
Aukšta temperatūra	Technologiniai įrengimai	iki 430 °C	50 °C	8 h	Izoliacija
<b>Ergonominiai veiksniai</b>					
Nuovargis	Operatorinė	-	-	500	Trumpos pertraukos darbo metu
Darbo poza		Sėdimas darbas, 10 % darbo laiko	Sėdimas darbas, 25 % darbo laiko	8 h	

Medžiagų toksiniai ir gaisrinio pavojingumo rodikliai pateikti 5.2 lentelėje. [1,20]

**5.2 lentelė.** Žaliavos, gaminamų produktų ir naudojamų medžiagų toksinės bei gaisro atžvilgiu pavojingos savybės

Medžiagos pavadinimas	Pavojingumo klasė	Temperatūra, °C			Koncentracinės užsiliepsnojimo (sprogumo) ribos		Poveikio žmogaus organizmui toksiškumo charakteristika	Medžiagos koncentracijos ribinė vertė darbo aplinkos ore, mg/m <sup>3</sup>
		pliūpsnio	užsiliepsnojimo	savaiminio užsiliepsnojimo	apatinė riba	viršutinė riba		
Mazutas	4	> 140	91-155	350	1,4	8,0	Mazutas dirgina akių gleivinę ir odą. Ilgalaikis mazuto sąlytis su oda, dėl jame esančių policiklinių aromatinių angliavandenilių, gali sukelti dermatitą ir kitas odos ligas, įskaitant odos vėžį. Karštas mazutas patekęs į akis ar ant odos sukelia terminį nudegimą. Iš karšto produkto išsiskyrę garai ir dujos dirgina akis ir kvėpavimo takus. Jei garuose yra vandenilio sulfido, įkvėptos dujos turės toksišią poveikį	300
Vakuuminis distiliatas	4	> 120	91-155	350	-	-	Vakuuminio distiliato alifatinių angliavandenilių garai pasižymi silpnu narkotiniu poveikiu. Vakuuminis distiliatas ir jo garai gali sudirginti kvėpavimo takų ir akių gleivines, odą.	300
Dyzelinis distiliatas	4	> 45	60-120	> 300	2	3	Dyzelinio distiliato garai pasižymi narkotiniu poveikiu. Dyzelinis distiliatas ir jo garai dirgina kvėpavimo takų ir akių gleivines, odą. Ilgalaikis dyzelinio distiliato sąlytis su oda gali sukelti dermatitą.	300
Angliavandenilinės dujos	4	-	-	> 537	3,3	22,6	Sukelia dusinimą dėl deguonies trūkumo aplinkos ore. Žmogų pykina, pasunkėja kvėpavimas, netenka sąmonės, veikia kaip narkotinė medžiaga.	200

Įvertinus medžiagų pavojingumą gaisro atžvilgiu, nustatoma patalpos, pastato ir išorinio įrenginio kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų. Rezultatai pateikti 5.3 lentelėje. [1,20]

**5.3 lentelė.** Gamybinių patalpų, pastatų, išorinių įrengimų ir įrangos charakteristika gaisro ir sprogo atžvilgiu

Technologinio bloko, įrangos, patalpų pavadinimas	Pavojingumo kategorija gaisro atžvilgiu	Medžiagos grupė, temperatūrinė klasė pagal CEI IEC 79-20	Pavojingos zonos tipas sprogo atžvilgiu
Siurblinė	A <sub>sg</sub>	IIA T3	2
Siurbliai	A <sub>sgi</sub>	IIA T3	2
Vamzdynų įvadų / išvadų apskaitos mazgai	A <sub>sgi</sub>	IIA T3	1
Ventiliacinės patalpos	E <sub>g</sub>	-	-
Elektros pastotė	C <sub>g</sub>	-	-
Šilumokaičiai	A <sub>sg</sub>	IIA T3	1
Aušintuvai	A <sub>sg</sub>	IIA T3	1
Krosnys	A <sub>sgi</sub>	IIA T3	2

### 5.3. Saugi gamyba

#### 5.3.1. Produktų nukenksminimas avariniais atvejais

Išsiliejus stingstantiems produktams [vakuuminis distiliatas, (fr. daugiau 350 °C) ir kt.] išsiliejimo vieta apibarstoma smėliu. Užterštas naftos produktu smėlis išgabenamas į saugią tam skirtą vietą. Aptarnaujantysis personalas, likviduojantis išsiliejusį produktą, turi būti su dujokaukėmis arba respiratoriais. Jeigu išsiliejusio naftos produkto vietoje deguonies koncentracija aplinkos ore gali būti mažesnė kaip 19,5 % tūrio arba angliavandenilių koncentracija didelė (daugiau kaip 0,5 % tūrio), personalas privalo naudoti suspausto oro kvėpavimo aparatus. Išsiliejęs dyzelinis distiliatas nuplaunamas dideliu vandens kiekiu į pramoninę kanalizaciją, kol ant nuotekų paviršiaus nebelieka naftos produkto plėvelės. Išsiliejus

reagentui teritorija nuplaunama gausiu vandens kiekiu arba užpilama smėliu, kuris po to išgabenamas į tam skirtą vietą.

### 5.3.2. Apsauga nuo tiesioginių žaibo smūgių ir statinės elektros

**5.4 lentelė.** Elektros įrangos parinkimas sprogiosioms zonoms

Sprogiosios zonos tipas	Reikiamas apsaugos tipas	Įrangos grupė ir kategorija	Pastabos
Sprogiosios zonos, kur susidaro oro ir dujų arba skysčių garų ir lašelių mišiniai			
0	Labai aukštas	II 1 G	G – skirta naudoti užsiliepsnojančių dujų, skysčių garų arba lašelių ir oro mišinių aplinkoje

Apsaugą nuo tiesioginių žaibo smūgių užtikrina ant kamino sumontuoti žaibolaidžiai, kurie prijungti prie įžeminimo įrenginio. Taip pat nuo statinės elektros metalinės ir nemetalinės elektrai laidžios technologinės įrangos dalys turi būti įžemintos, neatsižvelgiant į tai, ar naudojamos kitos apsaugos nuo statinių elektros krūvių priemonės. Metaliniai ir nemetaliniai elektrai laidūs įrengimai, vamzdynai, ventiliacijos sistemų įranga ir vamzdynų bei aparatų šiluminės izoliacijos apvalkalai turi sudaryti vientisą nepertraukiamą elektros grandinę, kuri komplekso (sekcijos) ribose turi būti prijungta prie įžeminimo kontūro ne mažiau kaip dviejuose taškuose. Perkūnijos metu draudžiama gaisro ir sprogimo atžvilgiu pavojingas medžiagas išleisti į atmosferą per dujų išleidimo vamzdynus. [1,16,20]

Taip pat, siekiant išvengti statinės elektros elektrostatiinių krūvių susidarymo, numatytos tokios priemonės:

Visų vamzdynų skersmenys apskaičiuoti įvertinant leistinus skysčių judėjimo vamzdynuose greičius pagal projektinius reikalavimus. Naudojami plūdūriniai lygmačiai, kurie montuojami ant išorinių kamerų flanšų arba tik ant įžemintų technologinių aparatų. Siekiant užtikrinti pastovų elektrostatiinių krūvių nutekėjimą nuo žmogaus kūno sprogimui pavojingose patalpose (kompresorinėse ir kt.) numatytos grindys iš elektrai laidžios medžiagos, kurios specifinė varža eksploatacijos sąlygomis neviršija  $10^6$  omo metrui. Aptarnaujantis personalas aprūpinamas drabužiais, kurie nekaupia statinės elektros krūvių. [1,20]

## **5.4. Darbo higiena**

### **5.4.1. Darbuotojų individualios saugos priemonės**

Siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų, susirgimų ir apsinuodijimų, susijusių su gamyba, visas įrenginio personalas įmonėje nustatyta tvarka aprūpinamas saugos priemonėmis, numatytomis nemokamai išduodamų darbuotojams asmeninių apsaugos priemonių sąrašė, taip pat atsižvelgiant į atliekamų darbų rizikas ir pobūdį, įrenginyje nustatytoje prieinamoje vietoje turi būti:

1. Suspausto oro kvėpavimo aparatai, kurie naudojami avarijos atveju esant deguonies koncentracijai ore mažiau kaip 19,5 % tūrio ir kai kenksmingųjų medžiagų koncentracija aplinkos ore daugiau kaip 0,5 % tūrio. Taip pat dirbant aparatų, talpų viduje, šuliniuose ir kitose įgilintose vietose.
2. Filtruojančios dujokaukės.
3. Įrenginys aprūpinamas vaistinėle, kuri komplektuojama pagal sveikatos apsaugos ministro patvirtintą tvarką.

Avarinių apsaugos priemonių kiekis įrenginyje nustatomas atsižvelgiant į galimus pavojus, numatomus padarinius, nustatytus atliekant objekto rizikos vertinimą, ir įrenginyje dirbančių darbuotojų skaičių. Aptarnaujantis įrenginio personalas privalo darbo rūbus ir saugos priemones laikyti švarius ir tvarkingus, naudoti pagal AAP instrukcijų nustatytus reikalavimus. [1,16,20]

### **5.4.2. Darbuotojų kolektyvinės apsaugos priemonės**

Kolektyvinės apsaugos priemonės pagal paskirtį yra skirstomos į grupes:

- Priemonės užtikrinančios tinkamą darbo aplinkos orą;
- Priemonės užtikrinančios tinkamą darbo vietų apšvietimą;
- Apsaugos priemonės nuo elektros srovės poveikio, triukšmo, elektrostatinio krūvio, žemų ir aukštų supančios aplinkos temperatūrų ir cheminių faktorių poveikio.

Gamybinių patalpų ir darbo vietų aplinkos oro užtikrinimo priemonėms priskiriami:

- Ventiliacijos įrengimai;
- Oro valymo įrengimai;
- Apšildymo, kondicionavimo įranga;
- Automatinė kontrolė ir signalizacija. [1,16]

Gamybinių patalpų ir darbo vietų apšvietimo priemonėms priskiriami apšvietimo prietaisai ir angos šviesos patekimui.

Apsaugos priemonės nuo elektros srovės poveikio:

Aptvėrimo įrengimai, izoliuojantys įrengimai, apsauginio įžeminimo ir įnulinimo įrengimai, apsauginiai įrengimai, žaibolaidžiai, saugos ženklai. Apsaugai nuo aukštų ir žemų aplinkos temperatūrų naudojami aptvėrimo įrengimai. [1,16,20]

Darbo patalpos šiluminiai parametrai yra šie: oro temperatūra, santykinis oro drėgnumas bei oro judėjimo greitis. Atsižvelgus į metų laikotarpį: šiltasis ar šaltasis, darbų kategoriją bei darbo patalpos šiluminius parametrus, sudaromos darbo patalpos komfortinės sąlygos:

**5.5 lentelė.** Darbo patalpos komfortinės sąlygos

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
Šaltasis	Ia	18 – 20	40 – 60	0,2
Šiltasis	Ib	21 – 23	40 – 60	0,1

#### 5.4.3. Triukšmas

Įrenginyje triukšmas į aplinką sklinda veikiant įvairiems technologiniams įrenginiams (pvz. nuo: kompresorių, siurblių, krosnių, oro aušintuvų, šilumokaičių, reaktorių). Visi triukšmą skleidžiantys įrenginiai yra suprojektuoti ir įrengti taip, kad kuo mažiau į aplinką būtų skleidžiamas triukšmas. [1,20]

**Apsaugai nuo triukšmo numatyta:**

- Ventiliacinės kameros įrengtos atskirose patalpose;
- Ventiliatoriai sumontuoti ant vibraciją gesinančių atramų. [1,20]

### 5.5. Gaisrinė sauga

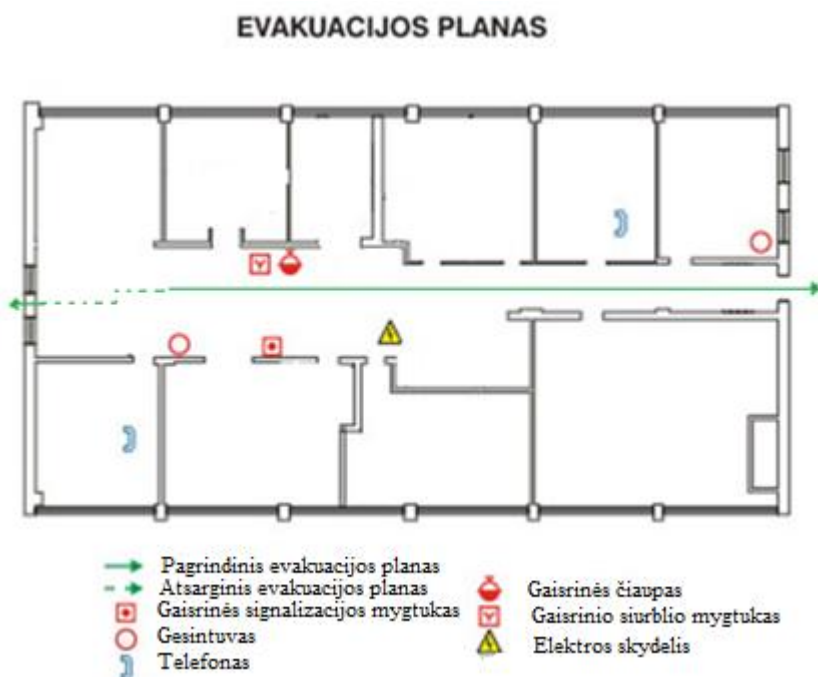
#### 5.5.1. Gaisro gesinimo būdai ir priemonės

Įrenginyje gali vykti A,B, C ir D klasės gaisrai, todėl būtina užtikrinti gaisro gesinimo priemones.

Technologinis įrenginys turi būti aprūpintas šiomis gaisro gesinimo priemonėmis:

- Vandeniui;
- Vandens garu;
- Gesintuvais;
- Priešgaisrinėmis dėžėmis su smėliu;
- Neštuvais;
- Kastuvais.

Prie reaktorių, kolonų yra sumontuoti priešgaisriniai garo stovai, turintys prijungimo atvamzdžius. Prie jų yra prijungiamos garo žarnos. Stovai sumontuoti taip, kad kiekvieno aptarnavimo zona būtų ne didesnė kaip 15 m spinduliu. Temperatūrai sumažinti ir konstrukcijų bei aparatų apsaugai nuo sugriuvimo gaisro atveju yra numatyti aušinimo vandeniu žiedai. Jie sumontuoti ant aparatų aukštesnių kaip 30 m. Operatorinėje esančioje mašinos salėje, aparatinėje numatytas gesinimas angliarūgšte. Gaisro gesinimo priemonės, priešgaisrinis inventorių turi būti tvarkingi ir nudažyti raudona spalva. [1,16,20] Operatorinėje yra galima gaisro tikimybė, todėl yra numatytas evakuacijos planas, kuris pateiktas 5.1 pav.



**5.1 pav.** Operatorinės evakuacijos planas



## 6. STATYBINIAI SPRENDIMAI

### 6.1. Bendroji dalis

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginio operatorinė teritorijoje adresu Mažeikių g. 75, Juodeikių k., Mažeikiuose. Objektas yra suformuoto gamybinių, sandėliavimo ir kitokių negyvenamosios statinių paskirties teritorijoje. Operatorinėje yra valdoma naftos produktų gamybos technologija. [1,20]

**6.1 lentelė.** Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	<b>I. SKLYPAS</b>		
	1.1. sklypo plotas	m <sup>2</sup>	2328
	1.2. statinio užimtas žemės plotas	m <sup>2</sup>	350
	1.3. apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m <sup>2</sup>	200
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	13
	1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	7,01
2	<b>II. PASTATAI</b>		
	2.1. paskirties rodikliai ( gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		Operatorinė Aptarnauja 30 žmonės
	2.2. bendrasis plotas:	m <sup>2</sup>	262
	2.2.1. pagrindinis	m <sup>2</sup>	262
	2.2.2. pagalbinis	m <sup>2</sup>	-
	2.3. pastato tūris	m <sup>3</sup>	
	2.4. aukštų skaičius	vnt.	1
2.5. pastato aukštis	m		
	2.6. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m <sup>2</sup>	

## 6.2. Architektūrinė dalis

**Projektuojamo pastato išdėstymas sklype, funkcinis ryšys.** Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginio operatorinės sklypo pastatas yra Lietuvos šiaurinėje dalyje. Sklype esantys paviršių lygiai išlieka esami, skypo plotą sudaro pastatas, pieva ir automobilių stovėjimo aikštelė su 13 stovėjimo vietomis, iš kurių 2 neįgaliesiems

**Šiluminės energijos tiekimas.** Dujinio kuro katilas.

**Elektra.** Elektrinėje pagamina apie 10–20 % reikalingos įmonei elektros energijos. Trūkstamas elektros energijos kiekis yra gaunamas iš bendro Lietuvos elektros tinklo.

**Vėdinimas.** Įrengtas natūralus ir mechaninis vėdinimas su rekuperacija- oras tiekiamas ir šalinamas iš patalpų priverstinai, ventiliatorių pagalba.

**Vanduo.** Tiekiamas iš centralizuoto vandentiekio tinklo.

**Gaisrinė sauga.** Pastatas yra III atsparumo ugniai laipsnio. Pagal gaisro ir sprogimo kategoriją priskiriama „D<sub>g</sub>“ kategorijai. Įrengti autonominiai dūmų signalizatoriai. [20,21,22]

## 6.3. Konstrukcinė dalis

Pastato karkasas – metalinių kolonų, metalinių santvarų.

*Pamatai* – gręžtiniai, parinkti gelžbetoniniai pamatai. Išorinėms ir laikančioms sienoms atremti įrengtos monolitinės gelžbetoninės pamatinės sijos.

*Grindys* – betoninės monolitinės grindys. Ant pagrindo pilmas 2-6 cm storio smėlio sluoksnis.

*Sienos* – vidinėms sienoms įrengti naudojami keramikiniai blokeliai.

*Kolonos* – gelžbetoninės.

*Santvaros ir sijos* – plieninė santvara su pažeminta iš stačiakampių profilių. Sijos – plieninės.

*Šiltinimas* – sienų, denginio: akmens vata; grindų ir pamatų: polistirinis putplastis.

*Stogas* – dvišlaitis, nuolydis 7°. Padengtas aliuminė skarda.

*Langai ir vitrinos* – balto plastiko profilio rėmų. Skaidraus stiklo paketas, užtikrina natūralios šviesos srautą ir atitinka natūralaus apšvietimo poreikio reikalavimus.

*Durys* – išorinės durys plieninės, apšiltintos metalinės konstrukcijos. Vidinės – balto plastiko rėmų ir stiklo. Pagrindiniai patekimai į pastatą suprojektuoti iš vidinio kiemo pusės. Evakuaciniai išėjimai suprojektuoti tolygiai visose išorinėse pastato sienose. [20,21,22]

## 7. FINANSINIAI IR EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI

Projektinis AB „ORLEN Lietuva“ mazuto rektifikacijos įrenginio pajėgumas – 5 mln. t mazuto per metus. Šiuo metu įrenginyje yra išgaunama itin didelė dalis tamsiųjų naftos produktų, kurie gamyklai yra nepelningi, didelę dalį jų parduoda negaudami pelno, kadangi tamsiųjų naftos produktų ir naftos kainų skirtumas visada yra neigiamas. Ilgalaikės prognozės dar niūresnės, rodančios dar mažesnę gudrono vertę. [1]

Siekiant pagerinti gamybinius pajėgumus, efektyvumą, gaminti rinkoje paklausius produktus, sumažinti kaštus ir pasiekti geresnę produkcijos kokybę, padidinti jų išėigą, pradėta įgyvendinti modernizacijos programa, kurios pagalba yra išgaunamas papildomas šviesusis naftos roduktas – distiliatas, taip yra padidinama šviesiųjų naftos produktų išėiga.

Ekonominiai skaičiavimai atliekami priėmus prielaidą, kad modernizacija yra atliekama jau esamam įrenginyje naftos perdirbimo komplekse, todėl investicijos nebus atliekamos naujo sklypo pirkimui ir naujo įrenginio statybai, tik įrenginio atliekamai modernizacijai. Pradžioje yra atliekami įrenginio modernizacijos statybų darbų vertė, naujų įdiegiamų technologinių įrengimų, baldų ir inventoriaus vertė, po to duomenys perkialiami į suvestinę lentelę. Projekte naudojamos realios naujų įrengimų, bet statybos paslaugų kainos.

### 7.1. Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

7.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst, Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	881,567	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	1 115,421
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	188,231	2. Paskolos: - ilgalaikės, - - trumpalaikės	-
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	45,631	3. kiti finansinių lėšų	
Viso kaštų:	1 115,421	Viso šaltinių:	1 115,421

Visas finansavimas skirtas įrenginio modernizavimui yra nuosavomis įmonės lėšomis, be bankų ar kitų investuotojų paskolos. [1,32]

### 7.2 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina, eur.	Kiekis	Vertė, tūkst.eur.
1.	Technologiniai įrengimai	65,000	10	650,000
2.	Kėlimo ir transportavimo įrenginiai	19,800	1	19,800
3.	Vertingas inventorius	20,600	1	20,600
4.	Kiti įrengimai	37,000	1	37,000

Technologiniai įrengimai mazuto vakuuminės rektifikacijos procesui yra distiliacijos aparatai, surinkimo lėkštės, vakuumo sudarymo įranga. [1]

### 7.3 lentelė. Suvestinė statybos kainos skaičiavimas

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, tūkst. Eur			Viso, tūkst. Eur
	Statybos ir montavimo darbų	Įrenginių baldų inventorius	Kitos išlaidos	
1. Statybos teritorijos paruošimo išlaidos				
1.1. Sklypo kaina	22,500	7,500	6,000	36,000
1.2. Aikštelės paruošimo išlaidos	7,800	4,000	5,000	14,800
2. Statybos objektai ir darbai				
2.1. Gamybinis korpuso statybos išlaidos	25,675	10,561	1,100	37,336
2.2. Kitų objektų statybos darbų išlaidos	20,380	10,560	-	61,880
3. Kitos išlaidos	5,870	1,800	-	7,670
Viso (ilgalaikio turto)				157,686

Priimama, kad sklypo kaina neįskaičiuota, kadangi įrenginys yra modernizuojamas esamoje nuosavoje įmonės teritorijoje. [32]

### 7.1.1. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

7.4 lentelė. Išlaidos baldams

Pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, tūkst. Eur.	
		Vieno	Visų
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4=2 × 3</i>
Stalas	10	100	1 000
Kėdė	20	20	400
Spintelė	30	250	7 500
Tualetas	3	400	1 200
Dušas	2	500	1000
Viso:			8,9

Pagrindiniai baldai yra naudojami vykdant įrenginio modernizaciją, reikalingų baldų statybos aikštelės paruošimui, statybos darbų vykdymui.

### 7.2. Gamybos kaštai

*Išlaidos pagrindinėms žaliavoms ir medžiagoms.*

Apskaičiuojamas medžiagų poreikis, kuris reikalingas gamybos aprūpinimui žaliavomis ir pagrindinėmis medžiagomis.

Technologiniame procese perdirbimui naudojamos dvi papildomos medžiagos: vanduo ir kaip žaliava yra naudojamas mazutas. [1]

7.6 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Projekto metai	Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt.	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina, Eur/m <sup>3</sup>	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
						gaminio, Eur/m <sup>3</sup>	viso, tūkst. Eur
	G <sub>1</sub>						
I	Vanduo	9280	1	0,65	155678	522,4	603,25
	Mazutas	155	3,4	359,98	52430	522,4	555,6
	Viso:						1158,85

### *Išlaidos technologinių procesų energijai*

Įrenginyje naudojama elektros energija dešimties 40 kW išcentrinių siurblių sukimui, taip pat apšvietimui, apšildymui. Šiluminę energiją naudojama įrenginio šiluminiam balansui palaikyti. Lentelėje pateiktos energetinės išlaidos ir išlaidos vandeniui. [1]

**7.7 lentelė.** Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6	7=2x3x4x5x6
Išcentrinis siurblys	10	40	6720	85160	0,088	118,32
<b>Viso:</b>	10	40	6720	85160	0,088	118,32
<b>Po modernizacijos</b>						
Išcentrinis siurblys	11	40	6720	95347	0,088	120,78
<b>Viso:</b>	10	40	6720	95347	0,088	120,78

### *Išlaidos pagrindinių gamybinių darbininkų darbo užmokesčiui*

Įrenginyje dirba 30 žmonių, o jų valandinis atlyginimas yra 6 eur/h. Apie 30 % kiekvienam darbuotojui atskaitoma nuo atlyginimo už socialinį draudimą. Įrenginyje dirbama apie 320 dienų per metus. Kelios dienos gali būti taikomos įrenginio remonto darbams. Darbo imlumas yra:

$$n = 320 \cdot 24;$$

$$n = 7680h.$$

Po įrenginio modernizacijos nei darbuotojų skaičius, nei užmokestis nesiskiria.

**7.8 lentelė.** Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminys, profesijos	Metinė gamybos apimtis, t/metus.	Laiko norma arba išdirbio norma	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlygis, Eur/val.	Pagrindinis darbo užmokestis, tūkst. Eur	Papildomas darbo užmokestis, tūkst. Eur	Bendras darbo užmokestis, tūkst. Eur	Atskaitymai soc. draudimui, tūkst. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
G <sub>1</sub>	450 000	-	7,680	30	6	1,130	50,56	1,180	307,45
<b>Iš viso:</b>	450 000	-	7,680	30	6	1,130	50,56	1,180	307,45

Tiesiogiai su gamyba susijusių yra 13 darbuotojų, iš kurių yra visi įrenginio operatoriai.

### 7.2.1. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos tiesiogiai su gamyba nesusijusios, bet sudarančios sąlygas gamybai (viršininkai, valytojai).

**7.9 lentelė.** Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis fondas, tūkst. Eur	Atskaitymai soc. draudimui, tūkst. Eur	Metinės išlaidos atlyginimams, tūkst. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4=2×3×12 mėn.</i>	<i>5=30,98 % nuo 4</i>	<i>6=4+5</i>
Vadovai	3	2,000	72,000	49,680	121,780
Valytoja	1	0,700	8,400	5,796	14,196
<b>Viso:</b>	4	4,600	195,600	134,964	310,792

Į netiesiogines išlaidas energijai įtraukiamos išlaidos vandeniui (buičiai), apšildymui ir apšvietimui. Eksploatacinės išlaidos sudaro 15-20 % nuo bendrų išlaidų. Vandens sunaudojimą per parą priimamas 30 l vienam darbuotojui. Iš viso 4 darbuotojai. Įrenginyje vandens naudojimas yra 360 dienų per metus. Po modernizacijos bus sunaudojamas didesnis vandens kiekis, kuris bus naudojamas distiliacijos aparatuose kaip šaldymo agentas. [27]

**7.10 lentelė.** Netiesioginės išlaidos vandeniui prieš ir po modernizacijos [27]

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> vandens kaina, Eur	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2×3×4</i>
Šaltam vandeniui	16	172 800	1,05	149,940
Šiltam vandeniui	14	151 200	1,2	181,440
<b>Viso:</b>	30	324 000	-	331,380
Eksploatacinės išlaidos	150	54 000	1,05	56,700
<b>Iš viso:</b>				338,080
<b>Po modernizacijos</b>				
Šaltam vandeniui	17	186 700	1,05	178,840
Šiltam vandeniui	14	151 200	1,2	181,440
<b>Viso:</b>	30	324 000	-	331,380
Eksploatacinės išlaidos	150	54 000	1,05	74,700
<b>Iš viso:</b>				338,080

Apšildomas pastatas yra įrenginio operatorinė, kuri yra 226,21 m<sup>2</sup> ploto. Šildymo kaina 5,23 eur/ m<sup>2</sup>. Po modernizacijos išlaidos šildymui nekinta. [28]

**7.11 lentelė.** Netiesioginės išlaidos šildymui [28]

Išlaidų pavadinimas	Šildomas plotas, m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> ploto šildymo kaina, Eur/mėn.	Šildymo sezonas, mėn.	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2×3×4</i>
Patalpų šildymas	226,21	5,23	6	7098,5
Eksploatacinės išlaidos	-	-	-	
<b>Viso:</b>				7098,5

Technologiniame procese apšvietimas yra naudojamas operatorinėje ir įrenginio aikštelėje. Po modernizacijos išlaidos apšvietimui nekinta. [29] [30] [31]



**7.12 lentelė.** Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Išlaidų pavadinimas	Patalpų plotas	Apšvietimo norma, W/m <sup>2</sup>	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6=2×3×4×5</i>
Patalpų apšvietimas	226,21	30	100	0,133	90,250
Eksploatacinės išlaidos	30,2	20	200	0,133	160,66
<b>Viso:</b>					106,616

*Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)*

Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiogiai proporcingu (tiesiniu) metodu. Tuomet amortizaciniai atsiskaitymai nusidėvėjimo padengimui kiekvienais metais bus vienodi:

Šiuo atveju metinė nusidėvėjimo suma NS apskaičiuojama, remiantis pagrindinių priemonių eksploataavimo trukme T:

$$N = \frac{V_1 - V_2}{T}$$

čia:

N – metinė nusidėvėjimo vertė, Eur

V<sub>1</sub> – turto pradinė vertė, Eur

V<sub>2</sub> – turto likvidacinė vertė, Eur (neturi viršyti 10 proc. pradinės vertės)

T – numatytas naudojimo laikas, metais

**7.13 lentelė.** Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			I	II	III	IV	V	
1. Vertingas inventorius	19,000	10	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000
2. Įrengimai	650,000	20	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	625,000
3. Kėlimo ir transporto priemonės	10,000	8	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000

**7.13 lentelės tęsinys.** Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			I	II	III	IV	V	
4.Kiti įrengimai	100,000	15	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Viso:	779,000	-	11,000					636,000

Apskaičiuotos gamybos išlaidos (tiesioginės, netiesioginės) surašomos į suvestinę gamybos kaštų lentelę. [1]

**7.14 lentelė.** Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst. Eur	
	Gaminys	
	Distiliatas	
<b>Prieš modernizaciją</b>		
Pagrindinės medžiagos	1158,85	
Elekros energija technologijai	118,32	
Gamybos darbininkų užmokestis	1,180	
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	307,45	
Gamybinės netiesioginės išlaidos	1 567,567	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	235	
Produkcijos gamybos planas, t/metus	450 000	
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	522,4	
<b>Po modernizacijos</b>		
Pagrindinės medžiagos	1158,85	
Elektros energija technologijai	120,78	
Gamybos darbininkų užmokestis	1,180	
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	307,45	
Gamybinės netiesioginės išlaidos	1 674,521	
Iš viso gamybos kaštų, mln. Eur	235	
Produkcijos gamybos planas, t/metus	450 000	
Gaminio gamybinė savikaina, Eur/t	522,4	

### 7.3. Veiklos kaštai

Veiklos kaštai, tai išlaidos būtiniems reikmėms, pagalbinių medžiagų ir administracinių patalpų išlaikymas, produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai. Norint nustatyti jų apimtį, galima remtis faktiniais įmonės duomenimis arba priimti, jog jos gali būti nuo 5 iki 30 %.

Priimame, kad veiklos kaštai sudaro 10 % gamybos kaštų.

$$n_{\text{veiklos.kaštai}} = 0,10 \cdot n_{\text{gamybos}};$$

$$235 \cdot 0,1 = 23,5 \text{ mln. Eur}$$

7.15 lentelė. Veiklos kaštai

Kaštų rūšis	Suma, mln. Eur
Po modernizacijos	
Veiklos kaštai	23,5

### 7.4. Gaminių kainos skaičiavimas

7.16 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Viso
					%	Eur/vnt.	Eur
Distiliatas	522,4	52	85,56	659,96	10	65,96	725,92

Veiklos sąnaudos gaminiui:

$$n_{\text{veiklos}} = \frac{23,5 \cdot 10^6}{450000};$$

$$n_{\text{veiklos}} = 52 \text{ Eur}.$$

Rentabilumo vertė parinkta 11% gaminiui po modernizacijos. Prieš modernizaciją rentabilumo vertė nevertinama.

### 7.5. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Projekto pelno ir grynujų pinigų srautų dalyje pateikiama pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuoti grynujų pinigų srautai. Jie vertinami prieš ir po modernizacijos:

**7.17 lentelė.** Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Rodiklis	Po modernizacijos
	Suma, mln. Eur
Pardavimo apimtis	316,88
Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	235
Bendrasis pelnas (nuostolis)	81,88
Veiklos sąnaudos	23,5
Veiklos pelnas (nuostoliai)	58,38
Finansinė ir investicinė veikla: Pajamos Sąnaudos	0,1007
Pelnas (nuostoliai) prieš apmokestinimą	58,38
Pelno mokestis	7,35
Grynasis pelnas (nuostoliai)	51,03

Bendrasis pelnas (nuostolis) gaunamas iš pardavimo apimties atimant parduodamos produkcijos gamybos kaštus, o veiklos pelnas (nuostoliai) – iš bendrojo pelno (nuostolio) atimant veiklos sąnaudas. Atlikus modernizaciją gaunamas papildomas 51,03 mln. eurų pelnas.

**7.5.1. Grynujų pinigų srautų ir pelno skaičiavimas rekonstrukcijos (modernizacijos) atveju**

**7.18 lentelė.** Sąnaudų pasikeitimas, įgyvendinus projektą

Sąnaudų rūšis	Išlaidos/sąnaudos prieš modernizaciją		Išlaidos/sąnaudos po modernizacijos		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t.
	Iš viso sąnaudų, tūkst. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	
Išlaidos pagrindinėms medžiagoms	1158,85	43,46	1158,85	43,46	0
Išlaidos pagalbinėms medžiagoms	-	-	-	-	-
Energijos išlaidos	118,32	1,9	120,78	2,1	0,2
Amortizacija	636,000	-	636,000	-	0
Darbo užmokesčio išlaidos	310,7	8,000	310,7	1,05	8,000
Soc.draudimo išlaidos	134,964	3600	134,964	3600	0

**7.18 lentelės tęsinys. Sąnaudų pasikeitimas, įgyvendinus projektą**

Sąnaudų rūšis	Išlaidos/sąnaudos prieš modernizaciją		Išlaidos/sąnaudos po modernizacijos		Išlaidų/sąnaudų pokytis gaminio vienetui, Eur/t.
	Iš viso sąnaudų, tūkst. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	Iš viso sąnaudų, mln. Eur	Sąnaudos, tenkančios produkcijos vienetui, Eur/t.	
Bazinė gamybos apimtis, t	450 000				
Gamybos apimtis projekte, t	3600				
Iš viso išlaidų ekonomija gaminio vienetui (be amortizacijos), Eur/t.					716,5
Iš viso išlaidų ekonomija (nuostoliai), mln.Eur					11,72

**7.6. Investicijų efektyvumo vertinimas**

Efektyvumas yra pagrindinis kriterijus vertinant investicinius projektus, kurį nustatyti naudojami šie rodikliai:

Efektyvumas = Rezultatai/Sąnaudos;

Efektas = Rezultatai – Sąnaudos.

**7.19 lentelė. Efektyvumo ir efekto skaičiavimas**

Metai	2017	2018	2019	2020	2021
	Prieš modernizaciją	Po modernizacijos			
Efektyvumas	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1
Efektas	-458,6	-392,2	-421,3	-430,1	-451,5

**7.7. Lūžio taško skaičiavimas**

Lūžio taškas randamas pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK}{c_j - kk_j};$$

$$B_{Lj} = \frac{235 \cdot 10^6}{522,4 - 112,8} = 45950t$$

čia  $B_{Lj}$  – j – ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške, t.;  $c_j$  – j – ojo gaminio tonos kaina, Eur;  $kk_j$  – j – ojo gaminio tonos kintamieji kaštai, Eur.

Gaminio pastovieji kaštai yra lygūs veiklos ir investicinių sąnaudų sumai

$$PK = 235 + 0,075 = 235 \text{ mln. Eur}$$

**7.20 lentelė.** Lūžio taško skaičiavimas

Rodikliai	Distiliatas
Pastoviųjų kaštų suma, mln.Eur	235
Gaminio kaina, Eur	725,92
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	522,4
Lūžio taškas, t.	459501
Pardavimo planas, t.	450 000

### 7.8. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpis yra labai svarbus rodiklis. Jis nusako laiko tarpą, per kurį ekonominė nauda padengia išlaidas.

**7.21 lentelė.** Diskontuotų pinigų srautų skaičiavimas

Metai	2017	2018	2019	2020	2021
	<b>Prieš modernizaciją</b>	<b>Po modernizacijos</b>			
Diskonto koeficientas	1.00	0.95	0.89	0.84	0.80
Diskontuotas grynasis pinigų srautas	-1.80	-47.56	125.95	181.21	179.28
Suminis diskontuotas pinigų srautas	-1.80	-37.21	79.61	289.90	455.89

Investicijų atsipirkimo laikotarpis lygus:

$$T = 3 + (-1) \cdot \frac{(-37,21)}{125,95} = 2,1.$$

Investicijos atsipirks trečiais metais. Jeigu  $T < 5$ , tuomet jos efektyvios. Šioje dalyje atlikti skaičiavimai tinka grynosios esamosios vertės radimui. Ji lygi 455,89 mln. Eur. Suminė

diskontuotų projekto generuojamų įplaukų suma viršija investicijas, tad galima teigti, jog projektą įgyvendinti tikslinga.

### 7.9. Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas yra pelno ir išlaidų santykis. Jis randamas:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left( \frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0};$$

čia  $\left( \frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)$  – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais;  $GPS_0$  – nulinių metų GPS.

$$PI = \frac{17,48}{1,7} = 10,3.$$

Šio rodiklio reikšmė parodo, jog kiekvienas investuotas euras, nagrinėjamo projekto atveju, generuos daugiau nei 10 kartus didesnes pajamas.

### 7.10. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai

Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai: pelno, darbo, našumo, produkcijos ir kapitalo rentabilumo rodikliai. Jie randami:

$$R_{prod} = \frac{(P \cdot 100)}{(GK + VS)} = \frac{25,62 \cdot 100}{192,78 + 28,9} = 10\%$$

$$R_{ap} = \frac{(P \cdot 100)}{B_{pard}} = \frac{25,62 \cdot 100}{247,3} = 10\%$$

$$R_k = \frac{(P \cdot 100)}{(PF + AL)}.$$

čia GK ir VS – atitinkamai: parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos, mln. Eur;  $B_{pard}$  – pardavimo apimtis, mln. Eur; PF ir AL – atitinkamai: pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė, mln. Eur.

Iš finansinių ir ekonominių skaičiavimų matome, kad įgyvendinant mazuto vakuuminės rektifikacijos modernizaciją, galime teigti, kad investavus 1,115 mln eur į šį projektą, pirmaisiais metais grynojo pelno gaunama 51,03 mln, o investicijos atsipirks mažiau nei po 1 metų.

## 8. APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS

### 8.1. Bendrieji duomenys

Pramonės vystymasis pasaulyje lemia vis intensyvesnę gamtos išteklių naudojimą, naujų technologijų įdiegimą ir aplinkos taršą. Žmonių veikla daro poveikį aplinkai, kuris dažnai būna neigiamas, ir šios veiklos padariniai ne visada nuspėjami. Didžiausios aplinkosaugos problemos yra atliekų metimas į gamtą, vandens telkinių teršimas, į orą išmetami kenksmingi teršalų kiekiai.

Šio proceso tikslas yra įvertinti mazuto vakuuminės rektifikacijos metu panaudotų žaliavų ir gautų distiliatų neigiamą poveikį aplinkai. Pagrindinė žaliava procese – atmosferinis mazutas, o gaunami produktai yra vakuuminis distiliatas, dyzelinis distiliatas, distiliats, gudronas. [1,20,25]

#### 8.1 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis, t/metus	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas		
		kategorijs	pavojaus nuoroda	rizikos frazės
Mazutas	5 mln.	pavojingas	Deji	R15, R11, R17

#### 8.2 lentelė. Duomenys apie gaminius (produkciją)

Pavadinimas (asortimentas)	Mato vnt., t, m <sup>3</sup> , vnt. ir kt.	Kiekis per metus
vakuuminis distiliatas	t	2 042 000
dyzelinis distiliatas	t	1 295 000
gudronas	t	2 624 000

#### 8.1.1. Šilumos energija

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginys technologiniam procesui naudoja šios rūšies šilumos energiją: garą, termofikacinį vandenį, nudruskintą bei pramoninį šildymo vandenį bei kondensatą.

Garas įrenginyje yra naudojamas:



- produktų, garo katilų vandens šildymui šilumokaičiuose ir produktų temperatūros palaikymui talpose ir rezervuaruose;
- garo palydovuose (technologinių vamzdynų ir prietaisų šildymui); mazuto išpurškimui į degiklius (įrenginyje yra sumontuoti po 22 dujų/mazuto degikliai).

Termofikacinis vanduo naudojamas įmonės pastatam šildyti.

Pramoninis šildymo vanduo – naudojamas pastatam šildyti, naftos produktų temperatūros palaikymui talpose ir vandens palydovuose technologinių vamzdynų šildymui.

Kondensato šiluma – naudojama pramoninio šildymo vandens paruošti. Ataušintas, švarus kondensatas dar naudojamas kaip katilų maitinimo vanduo, o užterštas – papildomai išvalomas šiluminėje elektrinėje ir naudojamas kaip žaliava nudruskintam vandeniui ruošti.

Termofikacinis vanduo ruošiamas šiluminėje elektrinėje, naudojant žemo slėgio garą iš garo turbinos. Šio vandens žiemos metu šilumos kiekis sudaro 10–15 % bendro kiekio patiekiamo iš elektrinės.

Pramoninis šildymo vanduo ruošiamas naudojant antrinę, grąžinamo kondensato arba naftos produktų šilumą. [1,20,23]

Šilumos energijos (garo) tiekimo šaltiniai:

- šiluminė elektrinė;
- įmonės garo gamybos katilai–utilizatoriai ir išgarintuvai (toliau KU ir TK);

Didžioji dalis garo, naudojamo įmonėje, yra pagaminama katiluose utilizatoriuose. KU pagaminta šiluma sudaro 80–90 % nuo bendrai sunaudotos šilumos. KU garo gamybai yra naudojama dūmų šiluma liekanti už technologinių krosnių. TK garo gamybai yra naudojama technologinių produktų šiluma.

Įrenginiui, trūkstamas šilumos energijos (garo, termofikacinio bei nudruskinto vandens) kiekis yra tiekiamas iš šiluminės elektrinės. Iš elektrinės per metus yra patiekama 10–20 % visos sunaudotos šilumos energijos (tai priklauso nuo perdirbamos žaliavos kiekio ir sezono). Iš elektrinės yra tiekiamas dviejų rūšių garas: garas 9 bar slėgio ir garas 37 bar slėgio. [1,20,23,24]

### 8.1.2. Elektros energija

Elektros energija įrenginyje naudojama siurblių, kompresorių, oro aušintuvų, dūmsiurblių pavaroms, apšvietimui, elektriniuose palydovuose (technologinių vamzdynų ir talpų šildymui), įvairių valdymo aparatų elektros schemų maitinimui. [1,20,23]

Elektros energijos tiekimo šaltiniai:

- iš šiluminės elektrinės;
- iš Lietuvos elektros tinklo;

### 8.3 lentelė. Kuro ir energijos vartojimas

Energetiniai ir technologiniai išteklių	Matavimo vnt., t, m <sup>3</sup> , kWh ir kt.	Sunaudojamas kiekis per metus	Išteklių gavimo šaltiniai
Elektros energija	MW	651,23	Šiluminė elektrinė
Šiluminė energija	MJ	533446200	Šiluminė elektrinė
Mazutas	t	525,28	Bendrovės tinklas

Elektrinėje pagamina apie 10–20 % reikalingos įmonei elektros energijos. Trūkstamas elektros energijos kiekis yra gaunamas iš bendro Lietuvos elektros tinklo. [23,24]

### 8.1.3. Kuras

Įrenginyje yra naudojamas skystas kuras (mazutas). Kuras yra naudojamas technologinėse krosnyse, naftos produktam pašildyti ir cheminei reakcijai vykdyti bei elektrinės garui gaminti gamybos katiluose. [1]

Kuro tiekimo šaltiniai:

- Visas sunaudotas kuras yra pagaminamas pačioje įmonėje. Jis gaunamas sumaišius atitinkamas naftos produktų sunkiąsias frakcijas ir likučius. [1,23]

## 8.2. Nuotekos ir jų tvarkymas

Technologinio proceso specifika yra ta, kad naftos produktų gamybos neatsiejama dalimi yra atliekų susidarymas, jų naudojimas ir šalinimas. Atliekos susidaro gamybinių procesų metu, ūkinės-buitinės veiklos metu, bei atliekant įvairius remonto-rekonstrukcijų darbus. Susidarančios atliekos tvarkomos vadovaujantis įmonėje patvirtintais atliekų tvarkymo taisyklių reikalavimais, įpareigojančios atsakingai tvarkyti susidariusias atliekas, siekiant išvengti pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai. Visos susidarančios atliekos maksimaliai rūšiuojamos jų susidarymo vietoje. [1,20,23,24]

Mazuto vakuuminės rektifikacijos įrenginyje susidaro tokios atliekos:

- pramoninės vandens nuotekos;
- technologinis kondensatas.

Proceso metu kietosios atliekos nesusidaro.

#### 8.4 lentelė. Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo (gavybos) šaltinis	Vandens naudojimo sritys	Didžiausias paros debitas m <sup>3</sup> /d	Vidutinis metinis kiekis, m <sup>3</sup>	Taupymo ir apsaugos priemonės
Iš valymo įrenginių	Garų gamybai ir kaip šaldantysis agentas šilumokaičiuose, priešgaisrinėse sistemose	5552	346 536	Mechaninio valymo įrenginiai, dviejų pakopų biologinio valymo įrenginiai, papildomo valymo įrenginiai, sukauptimo tvenkiniai

#### 8.5 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Nuotekų kiekis, t/d	Teršalo kiekis, mg/l	Vidutinis metinis kiekis, m <sup>3</sup> /metus	Teršalo pavadinimas
Mažo užterštumo gamybinės nuotekos	15	250÷300	59 000	gamybinėse nuotekose esantys naftos produktai
Buitinės ir lietaus nuotekos	11	100÷250	56 786	Sulfidai (H <sub>2</sub> S), Fenoliai, Amonio junginiai

Atliekų mažinimui yra išskirti tokie pagrindiniai būdai:

- Siekiant mažiau sunaudoti vandens ir kondensato nuotekų kiekį iš įrenginio numatyta vandens recirkuliacija.
- Naftingas šlammas, perdirbamas centrifugavimo įrenginiais. Atskirta nafta grąžinama perdirbimui. Likęs šlammas valomas užteršto grunto regeneravimo aikštelėje.
- Naudojamas technologinį kondensatas iš kitų įrenginių vietoje priešgaisrinio vandens kaip praplovimo vandenį druskų šalinimo bloke.
- Susidariusios nuotekos yra valomos mechaniniuose valymo įrenginiuose ir kondensato valymo bloke. Išvalytos nuotekos išleidžiamos į gamybinę kanalizaciją.
- Įrenginyje naudojami oriniai aušintuvai mažina apytakinio vandens sąnaudas produktams aušinti. [1,23]

Taip pat yra taikomas biologinio valymo metodas naudojant aktyvųjį dumblą.

Įmonės valymo įrengimuose išvalytos gamybinės nuotekos neišleidžiamos tiesiai į aplinką, o išpumpuojamos į tvenkinius sukauptuvus, kuriuose vyksta savaiminis apšalimas, ir iš jų periodiškai išleidžiamos į Dubulio upelį. Bendras tvenkinių sukauptuvų tūris apie 2,8 mln. m<sup>3</sup>. Nuotekos išleidžiamos į aplinką, tik esant aukštam vandens lygiui tvenkiniuose.

Išvalytos nuotekos iš tvenkinių sukauptuvų teka 1,1 km. ilgio atviru grioviu ir įteka į Dubulio upelį (2 km. iki Dubulio įtekėjimo į Varduvos upę).

Tirti imami iš šulinio vienkartiniai mėginiai rankiniu būdu 2 kartus per mėnesį. Tiriama teršalai: pH, nafta ir jos produktai (naftos angliavandeniliai), sulfidai (mineraliniai), amonio azotas (NH<sub>4</sub>-N), nitritinis azotas (NO<sub>2</sub>-N), nitratinis azotas (NO<sub>3</sub>-N), bendrasis azotas, fosfatinis fosforas (PO<sub>4</sub>-P), bendrasis fosforas, fenoliai, ChDS, BDS7, chloridai, apskaičiuojamas bendras organinis anglingumas ir matuojama nuotekų temperatūra. Tame pačiame šulinyje ultragarsiniu skaitikliu matuojamas išleidžiamų nuotekų debitas. [23,24]

### 8.3. Poveikis aplinkos orui

Produktų gamybinių procesų metu iš įrenginio į atmosferą, vandenį ir dirvą patenka nemažas teršalų kiekis. Mazuto vakuuminės rektifikacijos proceso pagrindinis taršos šaltinis yra vamzdinė krosnis, kurioje į atmosferą teršalai skiriasi deginant kurą, kurių degimo temperatūra reikalinga endoterminei reakcijai. Taip pat technologiniuose aparatuose (kompresoriai, siurbliai), vamzdynuose dėl nesandarumo yra išmetamas teršalų kiekis.

Vienas iš pagrindinių oro teršalų – tai anglies, sieros, azoto oksidai, kietosios dalelės (daugiausia susidarančios iš degimo procesų) bei lakieji organiniai junginiai. Pagrindinės išrūkos yra išmetamos per 120 m aukščio kaminą. [1,24]

Įrenginyje organizuoti ir neorganizuoti yra reguliuojami teršalų išmetimai į aplinką. Organizuoti kenksmingųjų medžiagų išmetimai yra pateikti lentelėje: [1,20,24]

**8.6 lentelė.** Tarša į aplinkos orą

Proceso (taršos šaltinio pavadinimas)	Teršalo pavadinimas	Išmetamų dujų tūrio debitas, kg/val	Išmetamų dujų temperatūra, °C	Teršalo išmetimo trukmė, val./m
Dūmai į atmosferą iš krosnių	Sieros anhidridas krosnių dūmuose	200	420	nuolat
	Sieros anhidridas dūmuose iš katilų utilizatorių	45		
	Anglies monoksidas (CO)	17,9		
	Metanas	1,79		
	Azoto oksidai (NO <sub>x</sub> )	0,001		
	Kietosios dalelės (Kd)	0,0005		
	Lakieji organiniai junginiai (LOJ)	0,0005		

Neorganizuoti angliavandenilinių garų ir dujų išmetimai pateikiami lentelėje:

**8.7 lentelė.** Tarša į aplinkos orą

Proceso (taršos šaltinio pavadinimas)	Teršalo pavadinimas	Išmetamų dujų tūrio debitas, kg/val	Išmetamų dujų temperatūra, °C	Teršalo išmetimo trukmė, val./m
Iš kolonų	Lakieji organiniai junginiai (LOJ)	146,7	420	nuolat
Iš talpų		34,8		
Iš šilumokaičių		26,7		
Iš siurblių ir kompresorių		5,0		
Neorganizuoti vandenilio sulfido išmetimai	Sieros vandenilis (H <sub>2</sub> S)	0,5		
Oras iš gamybinių patalpų ventiliacijos angų	Lakieji organiniai junginiai (LOJ)	2,5	-28	nuolat

Įrenginyje yra naudojama pažangi monitoringo sistema. Yra naudojami modernūs prietaisai, kurie kontroliuoja išmetamų teršalų kiekį tiek įmonės teritorijoje, tiek už jos ribų. Aplinkos apsaugai yra numatytos šios priemonės:

- apsauginių vožtuvų, išskyrus vandens garų išmetimų nuvedimas per uždara vamzdynų sistemą į fakelų ūkį.
- technologinis procesas vyksta hermetiškai uždaroje aparatūroje, todėl nėra galimybės vyksti nuolatiniais naftos produktų išmetimams į aplinką. [23]

Išmetamosioms dujoms valyti naudojamas Fakelų ūkis, skirtas angliavandenilinių fakelinių dujų maksimaliai utilizacijai, kaip saugos sistema įrenginio paleidimo, stabdymo ir avarijų atveju.

Į fakelinę sistemą gali patekti:

- angliavandenilinės dujos. Jos iš technologinių objektų patenka per fakelų ūkio talpa-at skirtuvą sudeginimui fakelinėje žvakėje.

-avariniu būdu išvedamos angliavandenilinės dujos iš aparatų, vamzdynų apsauginių vožtuvų, naftos produktų garai (dujinė fazė) iš atskirų aparatų arba sistemų prieš jų drenavimą. [23]

Konkrečiau įrenginio kamine ar dūmų kanale yra sumontuoti temperatūros, absoliutinio slėgio, kietų dalelių koncentracijos matavimo prietaisai bei dujų paėmimo zondas, per kurį iš technologinio proceso yra traukiamos dujos, toliau šios dujos yra leidžiamos per dujų paruošimo sistemą, kurioje iš dujų šalinamos kietosios dalelės, aerozoliai ir drėgmė. Taip paruoštose dujose analizatoriais yra matuojama CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> koncentracija. [24]

Aplinkos tyrimų laboratorijoje oro taršai nustatyti naudojami pasyvieji sorbentai, gebantys savyje sukaupti teršalus iš aplinkos oro be papildomo oro siurbimo aktyviai. Įmonėje tokiu būdu tiriami NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ir LOJ išmetimai. Atitinkamai šiems teršalams absorbuoti naudojami sorbentai: trietanolaminas, kalio karbonato ir glicerino mišinys, aktyvuota medžio anglis. [24]

## IŠVADOS

Įvykdžius projektą, modernizavus mazuto rektifikacijos įrenginį buvo gauti tokie rezultatai:

1. Atlikus laboratorinius tyrimus, buvo sudaryta mazuto distiliacijos charakteristika ASTM D1160 metodu. Eksperimento rezultatai rodo, kad distiliacijos pradžios temperatūra yra 324 °C, pabaigos – 563 °C, o gautas distiliatas kiekis 48 %.
2. Ištyrus mazuto distiliaciją molekulinio garinimo metodu, gauta didžiausia distiliato išeiga yra 57%, tai yra 9-iais % daugiau, nei pasiekama distiliuojant standartiniu ASTM metodu.
3. Atlikti technologiniai skaičiavimai: Buvo sudarytas įrenginio medžiagų balansas prieš ir po modernizacijos. Matome, kad prieš modernizaciją buvo gauta šviesių naftos frakcijų 4 310 000 t/metus, o po modernizacijos 4 760 000 t/metus, tai sudaro prieš 86,2 %, o po 95,2 %. Apskaičiuotas šilumokaitis, kurio išilginės pertvaros ilgis – 4,34 m. Separatoriaus matmenys: skersmuo – 1,57 m, aukštis – 4,98 m. Apskaičiuotas siurblio variklio galia 70,5 kW.
4. Atlikti finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai, įrenginio modernizacija efektyvi, gaunamas projekto pelnas 51,03 mln per metus.
5. Išspręstos darbuotojų saugos problemos.
6. Atliktas aplinkosauginis vertinimas.
7. Nubraižyta įrenginio technologinė schema.
8. Padarytas įrenginio teritorijos, valdymo operatorinės planas ir pjūviai.



## LITERATŪRA

1. AB „ORLEN Lietuva“ Gamybos padalinio nr. 2 technologinis reglamentas.
2. Norman P. Lieberman, Elizabeth T. Lieberman, A Working Guide to Process Equipment 3rd Edition. USA, 587 p. (vakumine sistema)
3. Norman P. Lieberman, Elizabeth T. Lieberman, A Working Guide to Process Equipment 4rd Edition. USA, 752 p.
4. Steven A. Treese, Peter R. Pujado, David S. J. Jones, Handbook of Petroleum processing 2rd Edition. USA, 1923 p. (Grafikas angl ski)
5. James G. Speight, Handbook of Petroleum refining. USA, 704 p.
6. Barkauskas, V. J. Naftos perdirbimo technologija 1. Kaunas, 2008. 78 p.
7. Mickevičius V., Miknius L. Naftos chemija. Kaunas, 2009. 123 p.
8. Balandis A., Kantautas A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija. 1 knyga. Kaunas, 2006.
9. Balandis A., Kantautas A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija. 2 knyga. Kaunas, 2007.
10. Balandis A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija. Kaunas, 2000.
11. Ciparis J., Daumantas E., Drobavičius A., Novodvorskis A., Sasnauskas K. Cheminės technologijos procesai ir aparatai. Vilnius, 1984.
12. Mickevičius V., Miknius L. Naftos chemija. Kaunas, 2009.
13. Švenčianas P., Adomavičius A. „Inžinerinė termodinamika“. Kaunas, 2011.
14. Wauquier, J. P. Petroleum Refining 2. Separation Processes. Paris, 2000.
15. R. Adaškevičius, V. Barkauskienė, R. Kurila, G. Seniūnas, S. Stašienė, A. Vegys. Žmogaus sauga ir sveikata. Kaunas, 2004.
16. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai  
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.61BD22D4FB5B>
17. <https://www.rootsciences.com/short-path-distillation>
18. <https://mokslai.lt/referatai/maisto-pramone/etanolio-tersalai.html>
19. ASTM metodika
20. Z. Valančius, D. Nizevičienė, O. Viliūnienė, J. Solnyškinienė, I. Stasiulaitienė. Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams. Kaunas, 2013.

21. B. Juodagalvienė, P. Gerdžiūnas, R. Kvietkauskas. Statybinė braižyba. Užduotis ir metodikos nurodymai. Vilnius: Technika, 2001. 24 p.
22. V. Mokšins, V. Striška. Įmonių projektavimas. VGTU leidykla Technika, 2006
23. <http://gamta.lt/files/Orlen%20parai%C5%A1ka.docx>
24. [http://www.mazeikiai.lt/media/4865/12-2012\\_vgtu\\_ab-mazeikiu-nafta-poveikio-orui-vertinimas.pdf](http://www.mazeikiai.lt/media/4865/12-2012_vgtu_ab-mazeikiu-nafta-poveikio-orui-vertinimas.pdf)
25. <http://www.orlenlietuva.lt/LT/OurOffer/Products/Documents/Kurenamasis%20mazutas%20%20SDL%20%202014%20%20ORLEN%20%20Lietuva%20.pdf>
26. [http://www.orlenlietuva.lt/LT/Company/Reports/Documents/Kitos%20ataskaitos/16\\_priedas\\_Grafine\\_technologine\\_schema.pdf](http://www.orlenlietuva.lt/LT/Company/Reports/Documents/Kitos%20ataskaitos/16_priedas_Grafine_technologine_schema.pdf) [Žiūrėta 2018 05 25]
27. <http://www.sstinklai.lt/silumos-ir-karsto-vandens-kainos/>
28. <http://www.mst.lt/>
29. <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/kiek-kainuoja-elektra-2017-m..html>
30. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.858BE3CF2762>
31. [http://www.ena.lt/pat\\_el\\_fakt.htm](http://www.ena.lt/pat_el_fakt.htm)
32. <http://infostatyba.lt/statybos-darbu-rinkos-kainos/>

# **PRIEDAI**