



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas

Baigiamasis magistro projektas

Tadas Juknius

Projekto autorius

Doc. dr. Linas Miknius

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Didesnio oktominio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Konsultantai

Dr. Irena Pekarskienė

Ekonominiai skaičiavimai

Tadas Juknius

Projekto autorius

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų sauga ir sveikata

Doc. dr. Linas Miknius

Vadovas

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginis vertinimas

Prof. dr. Virginijus Valeika

Recenzentas

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybiniai sprendimai

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tadas Juknius

Didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Tado Jukniaus, baigiamasis projektas tema „Didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas“ 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)



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
Prof. dr. K. Baltakys
Dekano potvarkis Nr. ST18-F-02-03
2021 m. balandžio mėn. 15 d.

Suderinta:
Organinės chemijos katedros vedėja
Dr. E. Arbačiauskienė
2021 m. sausio mėn. 21 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Projekto tema Didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas

Darbo tikslas ir uždaviniai

Išanalizuoti naftos perdirbimo įmonės esamų procesų potencialą ir integruotų naujų aukštą oktaninių benzino komponentų gamybos įrenginių įtaką didesnio oktaninio skaičiaus benzino frakcijų išėigai. Suprojektuoti didelio oktaninio skaičiaus benzino komponentės gamybos įrenginį. Atlikti statybinius, technologinius ir ekonominius įrenginio skaičiavimus, numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti, atlikti aplinkosauginį vertinimą.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanu 2021 m. vasario 24 d. potvarkiu Nr. V25-02-03 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovas

Doc. dr. Linas Miknius 2021-01-20
(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas) (data)

Užduotį gavau:

Tadas Juknius 2021-01-20
(studento vardas, pavardė, parašas) (data)

Juknius, Tadas. Didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Linas Miknius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakulteto fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis: Inžinerijos mokslai, Chemijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: benzinas, oktaninis skaičius, alkilavimo įrenginys, benzino gamyba.

Kaunas, 2021. 76 p.

Santrauka

Šiame baigiamajame magistro projekte suprojektuotas benzino gamybos įrenginys, kurio našumas 525 000 t žaliavos per metus. Vandens adsorberiuose žaliava yra išvaloma nuo laisvojo ir ištirpusio vandens. Toliau srautas tiekiamas į reaktoriaus zoną, kurioje žaliava sumaišoma su koncentruota sieros rūgštimi. Gautas produktas tiekiamas per rūgštinių junginių adsorberį ir distiliacijos kolonas. Galutinis įrenginio produktas – alkilatas tiekiamas į produkto rezervuarus.

Darbe atlikti reaktoriaus-šilumokaičio, išcentrinio siurblio ir kolonų technologiniai skaičiavimai, sudaryti medžiagų balansai. Ypatingas dėmesys skirtas darbuotojų saugai ir sveikatai, įvertinta profesinė rizika, darbo higiena ir gaisrinė sauga. Įvertinti fizikiniai, cheminiai, ergonominiai ir psichosocialiniai veiksniai darbo vietoje, parinktos asmeninės apsaugos priemonės. Atlikti ekonominiai ir finansiniai skaičiavimai, aplinkos analizė, atlikti statybiniai ir konstrukcinės sandaros sprendimai, numatomos veiklos tarša ir tvarkymo galimybės, pateikta įrenginio technologinė schema.

Juknius, Tadas. Productivity Improvement of Higher Octane Number Gasoline. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Linas Miknius; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

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

Keywords: Gasoline, octane number, alkylation unit, gasoline production.

Kaunas, 2021. 77 p.

Summary

This is the final master project of alkylation unit, which has the input of 525 000 tons per year. The feed in order to avoid catalyst losses is supplied through water adsorbers in which moisture is removed. Downstream of adsorbers is supplied to reaction zone where stream is mixed with concentrated sulphuric acid. Product from reaction zone further flows through adsorbers in which all of acidic compound is removed. Final unit product – alkylate flows directly to the storage tanks.

The work either summarizes the technological calculations of the reactor-heat exchanger, centrifugal pump and columns, the material balances were made. Particular attention was paid to the safety and health of works, occupational risks, occupational hygiene and fire safety were assessed. Physical, chemical, ergonomic and psychosocial factors in the workplace were assessed, and personal protective equipment was selected. Moreover, economic and financial calculations were evaluated, environmental analysis was performed, construction and structural design solutions were designed, possibilities of pollution and reduction of waste were considered, and the technological scheme of the unit was presented.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	11
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Benzinas	14
1.1.1. Prekinio benzino sudėtis.....	14
1.2. Prekinio benzino kokybės specifikacijos.....	14
1.3. Prekinio benzino (komponentų) gamyba.....	15
1.3.1. Pirminės distiliacijos benzinas	16
1.3.2. Reformato gamyba	17
1.3.3. Izomerizato gamyba	18
1.3.4. Oligomerizato gamyba	20
1.3.5. Oksigenatų gamyba	20
1.3.6. Alkilato gamyba	21
1.4. Oktaninis skaičius pagal angliavandenilius.....	25
1.5. Benzino produkto priedai	25
1.6. Benzino produkto paruošimas (maišymas)	27
2. Tiriamoji dalis.....	28
2.1. Benzino komponentų savybės	28
2.2. Prekinis benzinas. 92, 95 ir 98 oktaninio skaičiaus paruošimas.....	29
2.3. Tankio nustatymas.....	30
2.4. Alkilato gamyba	30
2.5. Rezultatų aptarimas	31
3. Inžinerinė dalis.....	33
3.1. Technologinės schemos aprašymas	33
3.2. Statybiniai sprendimai	34
3.2.1. Bendrieji duomenys.....	34
3.2.2. Statinio architektūrinė dalis	35
3.2.3. Konstrukcinė dalis	35
3.3. Ekonominiai, finansiniai ir technologiniai skaičiavimai	36
3.3.1. Technologiniai skaičiavimai.....	36
3.4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	47
3.4.1. Projekto investicijos	48
3.4.2. Gamybos kaštai	49
3.4.3. Veiklos kaštai	53
3.4.4. Gaminių kainos skaičiavimas	53
3.4.5. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas	54
3.4.6. Apyvartinės lėšos.....	55
3.4.7. Grynieji pinigų srautai	55
3.4.8. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas	56
3.4.9. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas	56
3.4.10. Vidinės pelno normos skaičiavimas (IRR).....	56
3.4.11. Pelningumo indekso skaičiavimas.....	56

3.4.12. Lūžio taško skaičiavimas.....	56
3.4.13. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai	57
3.5. Aplinkosauginis vertinimas	58
3.5.1. Vandens tarša.....	58
3.5.2. Aplinkos oras.....	60
3.5.3. Žemės ir dirvožemio tarša	61
3.5.4. Statybinių atliekų tvarkymas	61
3.5.5. Įtaka visuomenės sveikatai	61
3.5.6. Įtaka nekilnojamosios kultūros paveldo vertybėms	62
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	63
4.1. Darbuotojų saugos ir sveikatos garantijos.....	63
4.2. Profesinės rizikos vertinimas.....	63
4.3. Darbo vietų ir jų įrengimo bendrieji reikalavimai	66
4.4. Saugi gamyba	67
4.5. Įmonės vidaus eismas	67
4.6. Privalomi sveikatos patikrinimai	67
4.7. Darbo higiena	68
4.7.1. Darbuotojų asmens apsaugos priemonės.....	68
4.7.2. Darbuotojų kolektyvinės apsaugos priemonės	68
4.7.3. Bendrieji darbo higienos reikalavimai.....	69
4.7.4. Darbo patalpų apšvietimas	70
4.8. Darbuotojų evakuacijos planas ir gaisrinė sauga.....	70
4.9. Darbdavio ir darbuotojų veiksmai pavojaus atvejais.....	71
Išvados	73
Literatūros sąrašas	74
Priedai.....	77

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Naftos elementinė sudėtis [5, 6]	13
2 lentelė. Naftos frakcijos [5 – 8].....	13
3 lentelė. Organinių junginių dalis komerciniame benzine [15]	14
4 lentelė. Reikalavimai ir tyrimo metodai, kurie taikomi bešviniam benziniui, turinčiam ne daugiau kaip 10 % (tūrio) deguonies [6].....	15
5 lentelė. Angliavandenilių tiriamasis oktaninis skaičius (TOS) [16]	25
6 lentelė. Benzino parametrų atsakas	27
7 lentelė. Sumaišymo proporcijos pokytis, kuomet pradedamas gaminti alkilato produktas	32
8 lentelė. Bendrieji statinio rodikliai	34
9 lentelė. Numatomas įrenginio darbas	36
10 lentelė. Įrenginio medžiagų balansas	36
11 lentelė. Olefinų srauto parametrai	36
12 lentelė. Trinties nuostoliams skaičiuoti duomenys	37
13 lentelė. Išcentrinio siurblio įsiurbimo ir slėgimo linijų kliūtys	38
14 lentelė. Apskaičiuota siurblių galia	39
15 lentelė. Šilumokaičio skaičiavimai.....	40
16 lentelė. Šilumokaičio parametrai.....	43
17 lentelė. Pasirenkami duomenys iš žinytų	44
18 lentelė. Kolonos viršutinio srauto skaičiavimų rezultatai	44
19 lentelė. Kolonos apatinio srauto skaičiavimų rezultatai.....	44
20 lentelė. Debutanizatoriaus perskyrimo kolonos šilumos balansas	46
21 lentelė. Kolonų geometriniai duomenys	47
22 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai	48
23 lentelė. Technologinių įrengimų vertė	49
24 lentelė. Suvestinė statybos kainų skaičiuotė	49
25 lentelė. Išlaidos baldams	49
26 lentelė. Pagrindinių medžiagų poreikio ir išlaidų planas	50
27 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai.....	50
28 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui.....	50
29 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	51
30 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai darbo užmokesčiui.....	51
31 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	52
32 lentelė. Netiesioginės išlaidos šildymui	52
33 lentelė. Gamybos kaštų suvestinė	53
34 lentelė. Veiklos kaštų suvestinė	53
35 lentelė. Gaminio kainos skaičiavimo suvestinė	54
36 lentelė. Pelno (nuostolio) ataskaita	54
37 lentelė. Amortizacinių (nusidėvėjimų) suvestinė	54
38 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	55
39 lentelė. Gryųjų pinigų srautų suvestinė.....	55
40 lentelė. Diskontuoti gryniesi pinigų srautai	55
41 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	56
42 lentelė. Projekto balansas	57
43 lentelė. Pagrindinių ekonominių rodiklių suvestinė.....	57

44 lentelė. Naudojamo vandens balansas.....	59
45 lentelė. Neorganizuoti LOJ išmetimai.....	60
46 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [40].....	63
47 lentelė. Pavojingumo zonos gaisro atžvilgiu [40, 45].....	65
48 lentelė. Įrenginyje naudojamų medžiagų degumo-sprogumo rodikliai ir toksinės savybės [40].	65
49 lentelė. Sveikatos patikrinimo grafikas	67
50 lentelė. Įpareigojamieji ženklai [41].	68
51 lentelė. Prasto apšvietimo valdymas	70

Paveikslų sąrašas

1 pav. Sulfidų pašalinimas	16
2 pav. Disulfidų pašalinimas	16
3 pav. Tiofeno šalinimas	16
4 pav. Aminų pašalinimas	17
5 pav. Piridino pašalinimas	17
6 pav. Oksigenatų šalinimas	17
7 pav. Parafinų reformingas į ciklopentaną ir cikloheksaną	17
8 pav. N-heksano izomerizacija į 2-metilpentaną	18
9 pav. N-heksano izomerizacija į 3-metilpentaną	18
10 pav. N-heksanos izomerizacija į 2,2-dimetilbutaną	18
11 pav. N-pentano izomerizacija į 2-metilbutaną	18
12 pav. Izomerizacijos reaktoriaus temperatūros įtaka oktaniniam skaičiui [18]	19
13 pav. Žaliavos tūrinio greičio įtaka izomerų susidarymui [18]	19
14 pav. Pradinių butenų oligomerizacijos reakcijos	20
15 pav. Aukštesnės molekulės masės junginių virsmas į alkenus	20
16 pav. Daugiaoktaninių junginių susidarymas	20
17 pav. MTBE sintezė	21
18 pav. ETBE sintezė	21
19 pav. TAME Sintezė	21
20 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant 2-butenui	21
21 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant 1-butenui	22
22 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant izobutenui	22
23 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant propenui	22
24 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant 2-metil-2-butenui	22
25 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo I/O santykio [21]	23
26 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo olefinų tiekimo greičio [21]	23
27 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo temperatūros reaktoriuje [21]	24
28 pav. STRATCO® alkilnimo reaktoriaus [22]	24
29 pav. Poli-izo-butano aminas [23]	26
30 pav. Dodecenilo gintaro rūgštis [23]	26
31 pav. Komponentų tankis	28
32 pav. Benzino komponentų tiriamasis oktaninis skaičius	29
33 pav. Benzino komponentų variklinis oktaninis skaičius	29
34 pav. Prekinio benzino paruošimas	30
35 pav. Prekinio benzino (92, 95 ir 98) tankio palyginimas	30
36 pav. Alkilato ir oligomerizato oktaninio skaičiaus palyginimas	30
37 pav. Alkilato ir oligomerizato tankio palyginimas	31
38 pav. Prekinio benzino paruošimas, kuomet pradedamas gaminti alkilatas	31
39 pav. Šaldalo ir šildalo temperatūros pokytis	41
40 pav. Lūžio taško grafikas	57
41 pav. Numatomas ūkinės veiklos vieta [38]	59
42 pav. Poveikis visuomenei įvykus blogiausiam scenarijui [38]	62
43 pav. Alkilinimo įrenginio sklypas ir artimiausios kultūros vertybės [38]	62
44 pav. Evakuacijos planas	71

Įvadas

Auganti energijos paklausa, didėjantys naftos produktų kokybės reikalavimai ir naujausių procesų gausa įpareigoja naftos perdirbimo įmones investuoti į technologijas. Investicijos būtinos siekiant gaminti aukštos klasės produkciją, atitinkančią naujausius standartus, ir išlaikyti konkurencingumą rinkoje. Vienas iš aukštos klasės naftos produktų gamybos įrenginių – alkilavimo įrenginys, kurio gamybos produktas yra mažasieris, didesnį oktanių skaičių turintis benzino komponentas alkilatas.

Iki pat XIX a. nafta ir naftos produktų panaudojimas buvo ribotas. 1856 metais Rumunijoje, buvo įdiegta pirmoji kompleksinė naftos perdirbimo įmonė, tačiau naftos ir jos produktų pritaikymas buvo ne toks platus, koks yra šiandien. Pirmosios kompleksinės naftos perdirbimo įmonės našumas siekė tik 275 tonas per metus, o atskiro benzino produkto nebuvo pagaminama.

Komercinio benzino istorija prasidėjo 1889 metais, kuomet Karl Benz'as sukūrė pirmąjį benzinu varomą automobilį. Pirmasis benzininis karbiuratorinis variklis turėjo labai žemą efektyvumą, o tuometinio benzino kokybė buvo labai prasta – didelis sieros junginių, didelis benzeno ir kitų teršalų kiekis. Tobulėjant vidaus degimo varikliui didėjo benzino paklausa ir benzino oktanių skaičius. Siekiant užpildyti padidėjusią paklausą 1912 metais buvo sukurtas terminis krekingas, o 1929 metais buvo skurtas olefinų katalizinis oligomerizacijos įrenginys (dar vadinamas lengvųjų angliavandenilių junginių kondensacija). Vėliau sukurti katalizinis krekingo (1934 m.) ir reformingo (1949 m.) procesai, kurie padidino benzino išėigą ir oktanių skaičių iš vieno perdirbamo naftos barelio.

Benzino gamyba XX a. antroje pusėje įgavo neregėtą pagreitį, o naftos perdirbimas ir jos produktų vartojimas sudarė apie 40 % viso pasaulio energijos suvartojimo. Tačiau didėjantys aplinkosauginiai reikalavimai skatino atrasti pažangesnių ir mažiau taršių benzino komponentus gaminančių procesų. Vienas iš tokių pažangiausių procesų yra alkilavimo technologinis įrenginys, kurio pagrindinis produktas – alkilatas (benzino komponentas). Šis įrenginys leidžia ne tik sumažinti perteklinę lengvųjų angliavandenilių dalį naftos perdirbimo įmonėje, padidinti benzino išėigą iš vieno naftos barelio, bet ir pagaminti aukštą oktanių skaičiaus komponentą, kuris pasižymi mažu teršalų kiekiu (neturi sieros, neturi aromatinių junginių ir kt.).

Pasaulyniame energijos suvartojime, naftos ir naftos produktų (mazuto, dyzelino) vartojimą vidaus degimo varikliuose skatinama mažinti, tačiau naftos perdirbimas kasmet didėja [1]. Taip pat didėja ir aukštos klasės mažasierio didesnio oktanių skaičiaus benzino paklausa, nes kas antras naujas nupirkta automobilis turi benzininį variklį [2], o vidutis automobilio amžius Europoje yra apie 11,5 metų [3]. Prognozuojama, kad naftos produktų vartojimas vidaus degimo varikliams išliks iki 2040 – 2050 metų [4].

Šio baigiamojo magistro projekto tikslas – išanalizuoti naftos perdirbimo įmonės esamų procesų potencialą ir integruotų naujų aukštą oktanių benzino komponentų gamybos įrenginių įtaką didesnio oktanių skaičiaus benzino frakcijų išėigai.

Šiam tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

- a) Išanalizuoti naftos perdirbimo įmonės integruotų aukštą oktanių benzino komponentų gamybos įrenginių įtaką didesnio oktanių skaičiaus benzino frakcijų išėigai;
- b) Suprojektuoti didelio oktanių skaičiaus benzino komponentės gamybos įrenginį;
- c) Atlikti statybinius, technologinius ir ekonominius įrenginio skaičiavimus, numatyti priemones saugiam darbui užtikrinti, atlikti aplinkosauginį vertinimą

1. Literatūros apžvalga

Naftą sudaro įvairios struktūros organiniai junginiai, daugiausiai angliavandeniliai, ir nepageidaujami junginiai, kartais vadinami teršalais – azoto, sieros ir deguonies organiniai junginiai bei metalai (nikelis ir vanadis). Naftos savybės priklauso nuo regiono, kuriame telkinys buvo, o ją sudarančių elementų kiekis kinta plačiame intervale (žr. 1 lent.).

1 lentelė. Naftos elementinė sudėtis [5, 6]

Elementas	Masės % naftoje
Anglis (C)	83,0 – 87,0
Vandenilis (H)	10,0 – 14,0
Azotas (N)	0,1 – 2,0
Deguonis (O)	0,05 – 1,5
Siera (S)	0,05 – 6,0
Metalai (Ni ir V)	<1000 ppm

Angliavandeniliai yra organiniai junginiai sudaryti iš anglies ir vandenilio atomų, kurie skiriasi vienas nuo kito molekuline mase, tankiu, anglies grandinės struktūra ir skirtinga virimo temperatūra. Dėl angliavandenilių skirtingos virimo temperatūros, nafta yra perdirbama naudojant daugkartinį distiliacijos procesą (rektifikaciją), kurio metu angliavandeniliai yra suskirstomi į frakcijas pagal virimo temperatūras. Naftos frakcijų virimo temperatūros intervalai dažniausiai persidengia (žr. 2 lent.), o tai leidžia gamyklai lanksčiau prisiderinti prie rinkos poreikių.

2 lentelė. Naftos frakcijos [5 – 8]

Frakcija	Frakcijos virimo temperatūros intervalas, °C
Naftos dujos	<30
Benzinas	30 – 210
Žibalas	140 – 320
Dyzelinas	150 – 360
Mazutas	>350
Tepalai/alyvos	>400

Nafta yra naudojama aukštos kokybės polimeriniams produktams gaminti (polipropilenas, kevlaras, neperšaunamas stiklas ir kt.) [9, 10]. Tepalai ir alyvos, gauti perdirbant naftą, yra naudojami trinties porų tepimui, apsaugant detales nuo greito nusidėvėjimo. Tačiau daugiausiai iš naftos produktų (žr. 2 lent.) yra išskiriama energija, kuri sudaro apie 30 % viso pasaulio energijos suvartojimo [11]. Naftos dujos, benzinas, žibalas, dyzelinas ir mazutas naudojami kaip vidaus degimo variklių degalai visoms egzistuojančioms transporto rūšims ir stacionariems įrenginiams. Degalų degimo produktų tarša yra tiesioginiai proporcinga jų virimo temperatūrai, kuo aukštesnė virimo temperatūra – tuo didesnė anglies dvideginio emisija. Aukštesnės virimo temperatūros komponentai turi mažesnę vandenilio ir anglies santykį bei daugiau alkenų ir arenų.

Degalų suvartojimas nuo 2000-ųjų metų padidėjo 25 % [12], tačiau globaliai griežtėjantys reikalavimai taršai [4] skatina automobilių gamintojus kurti mažiau taršius vidaus degimo variklius ir vartoti švaresnius kuro produktus (pvz. dyzelinu varomi automobiliai keičiami benziniais). Benzinu ir dyzelinu varomų automobilių variklių gamybos standartai, taršos mažinimo atžvilgiu, yra nuolatos griežtinami. Automobiliai su dyzeliniais varikliais yra kur kas taršesni nei lengvesnės naftos frakcijas naudojantys automobiliai (pvz. benzina), taip pat hibridiniai automobiliai (pvz. benzinas-elektra), kurie pasižymi išskirtinai maža tarša [13]. Dyzelinu varomų automobilių gamintojų klaidos

[14], dėl neteisingai įvertintų automobilių emisijų, skatina pirkėjus rinktis automobilius su benzino vidaus degimo varikliais arba hibridiniais varikliais (pvz. benzinas-elektra). Todėl didžiąją dalį rinkos sudaro benzinu varomi automobiliai [2].

1.1. Benzinas

Benzinas, naudojamas kaip kuras vidaus degimo varikliuose, yra sudarytas iš lakiųjų skystųjų angliavandenilių mišinio. Angliavandenilių grandinėlių ilgis yra 4 – 12 anglies atomų, kurie dažniausiai suskirstomi į tris klases: parafinai (įskaitant ciklinius ir šakotuosius parafinus), olefinai ir aromatiniai angliavandeniliai [15]. Prekinio benzino gamybos metu yra maišomi skirtingi komponentai. Gautas benzino produktas turi atitikti prekinio benzino standartą realizuojamoje rinkoje. Europos Sąjungoje prekiniam benzinui yra taikomas EN 228 standartas. Šis standartas apibrėžia benzino savybėms ir sudėčiai keliamus reikalavimus [6].

1.1.1. Prekinio benzino sudėtis

Automobilinis benzinas yra mišinys sudarytas iš 200 – 300 skirtingų angliavandenilių, kurių virimo temperatūra žemesnė nei 210 °C. Šio mišinio oktaninis skaičius yra ne mažesnis nei 60 vienetų. Komercinio benzino gamyboje naudojami priedai, gerinantys produkto eksploatacines savybes (pvz. antioksidantai, inhibitoriai, tepimą gerinančios medžiagos ir kt.).

Kadangi komercinis benzinas yra sudėtinis angliavandenilių mišinys, jo sudėtis niekuomet nebūna vienoda. Dėl didėjančio skatinimo naudoto atsinaujinančius išteklius bei keliamų aplinkosaugos reikalavimų, vis daugiau etanolio yra maišoma į prekinį benziną. Etanolio kiekis mišinyje negali viršyti 10 tūrio proc. Toliau pateikiamas junginių pasiskirstymas benzino produkte [15]:

3 lentelė. Organinių junginių dalis komerciniame benzine [15]

Medžiaga	Dalis komerciniame benzine, tūrio %
Alkanai	4 – 8
Alkenai	2 – 5
Izo-alkanai	25 – 40
Cikliniai alkanai	3 – 7
Cikliniai alkenai	1 – 4
Aromatiniai junginiai	20 – 50
Etanolis	Iki 10

1.2. Prekinio benzino kokybės specifikacijos

Benzino kokybės specifikacijos, kaip ir visų kitų produktų, turi atitikti tam tikrus reglamentuojamus standartus. Šie parametrai apibrėžia vertes atsižvelgiant į aplinkosaugos, finansinius ir gamybos reikalavimus. Nors benzino produktas turi keletą rūšių (vasarinis, žieminis ir pereinamasis), tačiau visos benzino produkto rūšis Lietuvoje turi atitikti vieną ir tą patį standartą – LST EN 228 [6].

Specifikacijose nurodomi šie parametrai: tankis, oktaninis skaičius, sieros junginių kiekis, benzeno kiekis ir kt. Kiekvienas nurodytas parametras nustatomas pagal iš anksto reglamentuojamas metodikas. Centralizavus vienodas tyrimų metodikas, gamintojai gali užtikrinti standartą atitinkančių produktų gamybą. Toliau pateikiamas benzino skirstymas:

- a) pagal oktaninį skaičių – 92 (E92), 95 (E95) ir 98 (E98);
- b) pagal lakumą – A klasė, B klasė, C/C1 klasė, D/D1 klasė, E/E1 klasė ir F/F1 klasė;

c) pagal sezoniškumą – vasarinis, pereinamojo periodo ir žieminis.

Toliau pateikiamas benzinui taikomas standartas LST EN 228. Benzinas negali būti realizuotas rinkoje jei neatitinka standarte numatomų parametų.

4 lentelė. Reikalavimai ir tyrimo metodai, kurie taikomi bešviniam benzinui, turinčiam ne daugiau kaip 10 % (tūrio) deguonies [6]

Savybė	Matavimo vienetai	Ribinės vertės		Tyrimo metodikos
		Min.	Maks.	
Tiriamasis oktaninis skaičius, TOS		95	-	EN ISO 5164
Variklinis oktaninis skaičius, VOS		85	-	EN ISO 5163
Švino kiekis	mg/l	-	6	EN 237
Tankis, 15 °C	kg/m ³	720	775	LST EN ISO 12185
Sieros kiekis	mg/kg		10	LST EN 20846
Mangano kiekis	mg/l	-	2	EN 16136
Oksidacinis stabilumas	minutėmis	360	-	EN ISO 7536
Esamų dervų kiekis	mg/100ml	-	5	EN ISO 6246
Vario plokštelės korozija (3 h, esant 50 °C)	korozijos laipsnis	1 klasė		EN ISO 2160
Išvaizda		Skaidrus ir šviesus		Vizualusis tikrinimas
Angliavandenilių kiekis pagal tipą - alkenų (olefinų) - arenų (aromatinių)	% (tūrio)	-	18 35	EN 15553 EN ISO 22854
Benzeno kiekis	% (tūrio)	-	1	EN ISO 22854
Deguonies kiekis	% (tūrio)	-	10	EN ISO 22854
Organinių deguoninių junginių (oksigenatų) kiekis - metanolio - etanolio - izopropilo alkoholio - izopropilo alkoholio - tret-butilo alkoholio - eterių (5 ar daugiau C atomų) - kitų oksigenatų	% (tūrio)	-	3 10 12 15 15 22 15	EN ISO 22854

1.3. Prekinio benzino (komponentų) gamyba

Prekinis benziną yra gaminamas sumaišant skirtingus benzino komponentus, kurie yra pagaminami skirtingų procesų metu, pvz. reformingo, izomerizacijos, polimerizacijos, alkilavimo, katalizinio krekingo, hidrokrekingo ir t.t. Visi benzino komponentai turi savitas specifikacijas ir naftos

perdirbimo įmonės, spręsdamos benzino kokybės klausimus, maišo šiuos produktus pagal įvairias proporcijas, užtikrinant parduodamo benzino kokybę.

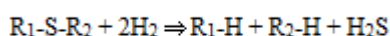
1.3.1. Pirminės distiliacijos benzinas

Naftos perdirbimo įmonėse pirmasis naftos perdirbimo įrenginys dažniausiai yra atmosferinės rektifikacijos įrenginys (atmosferinė rektifikacija). Šiame įrenginyje nafta yra suskirstoma pagal skirtingas komponentų virimo temperatūras (frakcijas), o viena iš frakcijų yra pirminis benzinas (vir. temp. 30 – 210 °C). Šis benzinas nėra tinkamas komponentas benzino produkto maišymui, nes jame yra didelis sieros ir kitų junginių kiekis. Todėl pirminis benzinas yra tiekiamas į benzino hidrovalymo įrenginį, kuriame pašalinami visi kenksmingi junginiai (sieros, azoto ir deguonies junginiai, metalai ir nesotieji angliavandeniliai).

Benzino hidrovalymo procesas atliekamas kompleksiniame įrenginyje, kurio pagrindinė šerdis yra specialiu katalizatoriumi užkrautas reaktorius. Dažniausiai tai kobalto molibdeno arba/ir nikelio molibdeno katalizatoriai. Šių katalizatorių kiekis (iki 1 proc.) yra užnešamas ant didelį savitąjį paviršių turinčių aliuminio oksido granuliu. Aliuminio oksidas yra šių katalizatorių nešiklis ir sudaro didžiąją dalį viso katalizatoriaus masės.

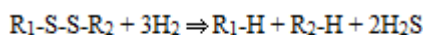
Kobalto molibdeno (CoMo) katalizatorius stipriau veikia sieros junginius, pašalindamas juos aukštesnėje temperatūroje ir mažesniame slėgyje nei NiMo, o nikelio molibdeno (NiMo) labiau veikia azoto junginius, tačiau šiam katalizatoriui reikalingas didesnis slėgis ir mažesnė temperatūra, lyginant su CoMo. Benzino hidrovalymo procesas dažniausia atliekamas 205 – 260 °C temperatūroje ir 25 – 45 bar(g) slėgyje [16]. Šiam procesui yra reikalingas vandenilis, kuris pagaminamas reformingo ir vandenilio gamybos įrenginiuose.

Vandenilis dalyvauja pagrindinėse sieros, azoto ir deguonies šalinimo reakcijose. Prie vandenilio prisijungia sieros, azoto ir deguonies atomai, taip sudarydami patvarius junginius pvz. sieros vandenilį (H₂S). Šie vandeniliniai junginiai absorbuojami absorbcijos kolonoje monoetanolamino tirpalu. Toliau pateikiamos pagrindinės benzino hidrovalymo proceso reakcijos.



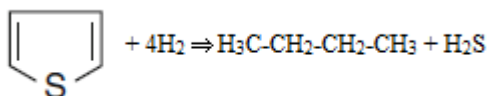
R - angliavandenilių molekulės

1 pav. Sulfidų pašalinimas

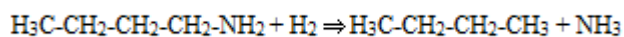


R - angliavandenilių molekulės

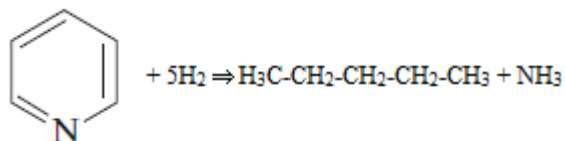
2 pav. Disulfidų pašalinimas



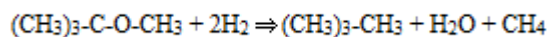
3 pav. Tiofeno šalinimas



4 pav. Aminų pašalinimas



5 pav. Piridino pašalinimas



6 pav. Oksigenatų šalinimas

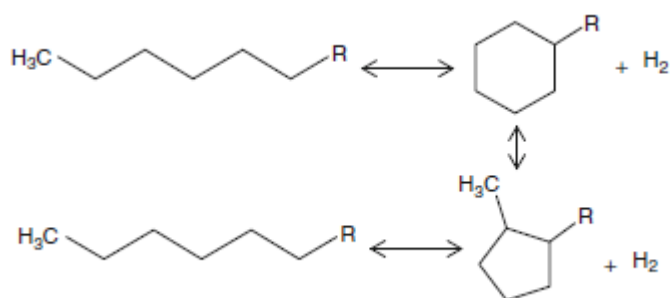
1.3.2. Reformato gamyba

Reformatas yra gaminamas reformingo įrenginyje, kuris perdirba hidrovalytą pirminį benzina. Žemą oktanių skaičių turintys angliavandeniliai, veikiami platinos turinčio katalizatoriaus, yra reformuojami į didesnį oktanių skaičių turinčius angliavandenilius.

Reformingo įrenginio konfigūracija, pagal katalizatoriaus regeneraciją, gali būti dviejų tipų:

1. periodinės regeneracijos. Trys nuosekliai sujungti ir katalizatoriumi užkrauti reaktoriai yra periodiškai regeneruojami.
2. nuolatinės regeneracijos. Katalizatoriaus aktyvumas yra išlaikomas ilgą laiką, šiam nuolat cirkuliuojant tarp reaktoriaus ir regeneratoriaus.

Įprastai, reformingo proceso katalizatoriai yra gaminami iš platinos, renio ir iridžio metalų, kurie užnešami ant aliuminio oksido. Šie katalizatoriai yra užkraunami į reformingo reaktorius, tuomet aktyvuojami specialiu aktyvatoriumi (pvz. perchloretilenu). Kad įvyktų reakcijos, reikia palaikyti tam tikras reaktoriaus darbo sąlygas – temperatūra 490 – 525 °C, turi būti išlaikomas 10 – 30 bar (g) slėgis. Prie šių sąlygų vyksta parafinų reformingas į ciklinius angliavandenilius, išskiriant vandenilį.



7 pav. Parafinų reformingas į ciklopentaną ir cikloheksaną

Mažėjant reakcijos slėgiui, norimų produktų išeiga didėja, tačiau prasideda labai greitas katalizatoriaus užsikoksavimas, kurio metu yra užblokuojama angliavandenilių difuzija prie katalizatoriaus aktyviųjų centrų. Kadangi procesas yra endoterminis ir reakcijai reikalinga šiluma,

tam yra projektuojami įvairūs temperatūrai palaikyti procesai (pvz. dideliems reformato kiekiam gaminti yra statomos krosnys po kiekvieno reaktoriaus) [17].

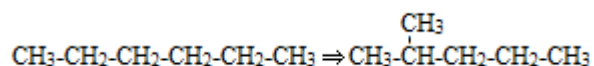
Nepaisant ilgametės naftos perdirbimo įmonių ir katalizatorių gamintojų patirties, reformingo katalizatoriai vis tiek užsikoksuoja, jiems reikalinga atlikti regeneraciją. Katalizatoriaus regeneracija, priklausomai nuo reformingo įrenginio tipo, yra atliekama 5 – 6 % tūrio deguonies aplinkoje, esant 400 – 500 °C laipsnių temperatūrai. Esant didesnei temperatūrai prasidės negrįžtamas katalizatoriaus deaktyvavimas.

Baigus kokso išdeginimą, katalizatorius atkyvojamasis rūgštiniais junginiais (organiniais chloridais). Atlikus katalizatoriaus aktyvavimą, siekiant pašalinti vandenį, sistema yra prapučiamas vandenilinėmis dujomis.

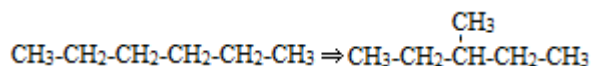
1.3.3. Izomerizato gamyba

Izomerizatas yra gaminamas izomerizacijos įrenginyje, kurio pagrindinis aparatas – platinos turinčiu katalizatoriumi užkrautas reaktorius. Izomerizacijos žaliava yra C₅ – C₆ linijinės struktūros angliavandeniliai, kurie neturi dvigubųjų jungčių. Izomerizacijos žaliavos angliavandeniliai pasižymi žemu oktaniniu skaičiumi.

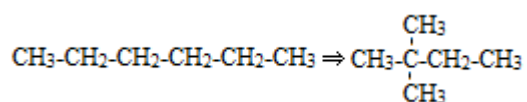
Vykstant izomerizacijos reakcijoms, šie angliavandeniliai yra paverčiami į didesnę oktaninį skaičių turinčius angliavandenilius (pvz. izo-alkanus) [18]. Toliau pateikiamos pagrindinės izomerizacijos procese vykstančios reakcijos.



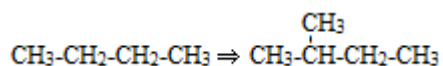
8 pav. N-heksano izomerizacija į 2-metilpentaną



9 pav. N-heksano izomerizacija į 3-metilpentaną



10 pav. N-heksanos izomerizacija į 2,2-dimetilbutaną



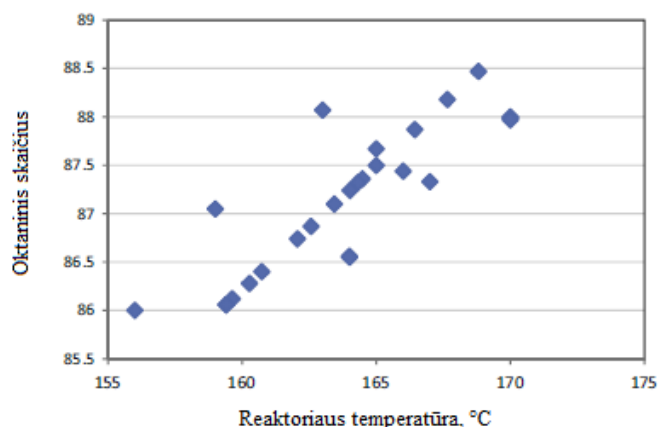
11 pav. N-pentano izomerizacija į 2-metilbutaną

Stabili sintezė priklauso nuo:

- temperatūros;
- žaliavos tiekimo tūrinio greičio
- vandenilio/angliavandenilių molinio santykio;
- katalizatoriaus aktyvatoriaus tiekimo.

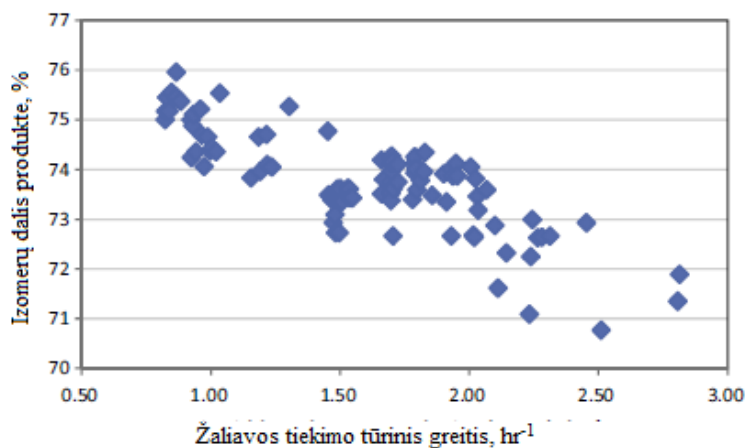
Normalios struktūros alkanų izomerizacija yra apribota termodinamine pusiausvyra, kuri palankesnė esant žemoms temperatūroms. Tačiau šis procesas yra egzoterminis (išsiskiria šiluma). Šių reakcijų metu išsiskyrusi šiluma veikia katalizatorių kaip inhibitorius. Nevaldant reakcijos, temperatūra gali pakilti iki kokso susidarymui tinkamos temperatūros, todėl svarbu išlaikyti stabilų ir optimalų temperatūrinį režimą. Įprastai, reaktoriaus temperatūra negali viršyti 210 °C, bet praktikoje pasitaiko ir aukštesnių temperatūrų (priklausomai nuo žaliavos sudėties, naudojamo katalizatoriaus ir įrenginio tipo) [18].

Toliau pateiktame grafike galima pamatyti, kad didžiausias oktaninis skaičius yra pasiekiamas temperatūroje iki 170 °C, o prie 170 °C ir aukštesnėje temperatūroje oktaninio skaičiaus vertės mažėja (žr. 12 pav.).



12 pav. Izomerizacijos reaktoriaus temperatūros įtaka oktaniniam skaičiui [18]

Žaliavos tiekimo tūrinis greitis yra išreiškiamas žaliavos tiekimo greičiu ir reaktoriuje užkrautu katalizatoriaus tūriu. Kuo žaliavos greitis mažesnis – tuo angliavandeniliai ilgiau užlaikomi reaktoriuje ir tuo didesnis izomerizacijos reakcijų laipsnis. Tačiau, pernelyg sumažinus žaliavos tiekimo greitį, katalizatoriaus aktyvieji centrai yra naudojami netolygiai. Aktyvumas mažėja neproporcingai visame katalizatoriaus tūryje. Didinant žaliavos tiekimo greitį yra sumažinamas žaliavos laikas reaktoriuje, todėl izomerizacijos reakcijų laipsnis mažėja [18]. Toliau pateiktame grafike pavaizduota, kaip didėjant žaliavos tiekimo greičiui, izomerinių junginių skaičius produkte mažėja (žr. 13 pav.)



13 pav. Žaliavos tūrinio greičio įtaka izomerų susidarymui [18]

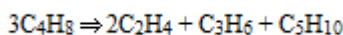
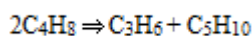
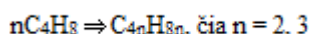
Vandenilio/angliavandenilių molinis santykis yra vienas iš svarbiausių parametru, kuris apsaugo katalizatorių nuo užsikoksavimo. Siekiant palaikyti reikiama katalizatoriaus aktyvumą, į žaliavos srautą yra tiekiamas aktyvatorius – rūgšinis chlorido junginys, dažniausiai tai – perchloretilenas. Įrenginys be aktyvatoriaus gali dirbti tik ribotą laiką, o jo trūkumas turi įtakos oktaniniam skaičiui produkte ir įrenginio darbo efektyvumui.

Izomerizacijos įrenginio katalizatoriaus didžiausi inhibitoriai yra: sieros, deguonies ir azoto junginiai. Sieros junginiai blokuoja angliavandenilių difuziją prie katalizatoriaus aktyviųjų centrų, sumažindami katalizatoriaus aktyvumą ir įrenginio naudingumą. Deguonies junginiai (pvz. vanduo) negrįžtamai deaktyvuoja katalizatorių, o azoto junginiai, sudarydami stabilias druskas su chloridų junginiais, visiškai ir negrįžtamai užblokuoja katalizatoriaus aktyviuosius centrus [18].

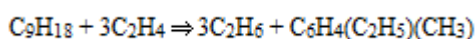
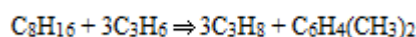
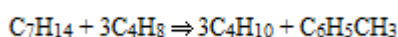
1.3.4. Oligomerizato gamyba

Oligomerizatas yra gaminamas oligomerizacijos įrenginyje, kuriame pagrindinis aparatas yra specialiu katalizatoriumi užkrautas reaktorius. Naftos produktų gamybos įmonėse oligomerizacijos procesas yra vadinamas lengvųjų alfa C₂ – C₄ olefinų kondensacija į aukštesnės molekulinės masės turinčius ir aukštesnį oktaninį skaičių turinčius skystuosius produktus.

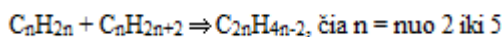
Dažniausiai naudojami katalizatoriai yra kietosios fosforo rūgšties, nikelio ir ceolitiniai katalizatoriai. Reakcijos vyksmui būtina palaikyti 280 – 400 °C temperatūrą ir apie 30 – 40 bar(g) slėgį [19]. Toliau pateikiamos pagrindinės oligomerizacijos reakcijos.



14 pav. Pradinių butenų oligomerizacijos reakcijos



15 pav. Aukštesnės molekulinės masės junginių sintezė į alkenus



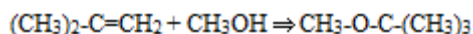
16 pav. Daugiaoktaninių junginių susidarymas

1.3.5. Oksigenatų gamyba

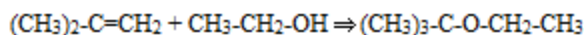
Oksigenatai yra eteriniai junginiai, gauti iš alkoholinių ir olefininių junginių. Yra gaminami trys oksigenatai, kurie naudojami naftos perdirbimo įmonėse, kaip oktaninį skaičių didinantys benzino komponentai. Šie trys oksigenatai yra: metiltretilbutil eteris (MTBE), etiltretilbutil eteris (ETBE) ir tretilamilmetil eteris (TAME). MTBE yra gaminamas iš olefinų ir metanolio, ETBE iš etanolio ir olefinų, o TAME yra gaminamas iš metanolio ir 2-metil-2-butenų. Visų šių produktų oktaniniai skaičiai yra virš 100 ir gerai maišosi benzino mišinyje. Europos naftos perdirbimo įmonėse šie junginiai yra nepamainomi gaminant 98 markės benzina.

Oksigenatai yra gaminami MTBE, ETBE ir TAME įrenginiuose, kurių pagrindinis aparatas yra specialiu katalizatoriumi užkrautas reaktorius. Šių įrenginių žaliava dažniausiai yra katalizinio

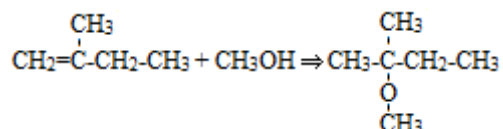
krekingo butanų – butenų produktas. Oksigenatų gamybai dažniausiai naudojami katalizatoriai yra sudaryti iš ceolitų ir dervų. Šioms reakcijos reikia palaikyti 60 – 100 °C temperatūrą ir apie 5 – 10 bar(g) slėgį. Toliau pateikiamos pagrindinės reakcijos, kurių metu susidaro minėti oksigenatų junginiai.



17 pav. MTBE sintezė



18 pav. ETBE sintezė



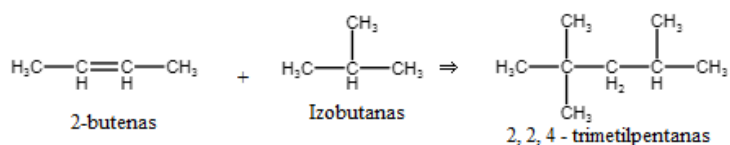
19 pav. TAME Sintezė

1.3.6. Alkilato gamyba

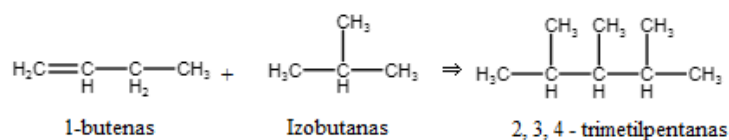
Naftos perdirbimo ir naftos produktų gamyboje, alkilavimo įrenginys yra apibrėžiamas kaip reakcija tarp C₃ – C₅ angliavandenilių junginių ir izo-butano. Šiam procesui naudojami rūgštiniai katalizatoriai, kurių pagalba yra gaunami C₅ – C₁₂ izo-parafininiai junginiai. Vertingiausias šios reakcijos produktas yra 2,2,4-trimetilpentanas, kurio oktaninis skaičius lygus 100. Tačiau dėl žaliavos pokyčių ir sąlygų nestabilumo, reakcijos metu yra gaunami šalutiniai produktai. Alkilato produktas yra aukšto oktaninio skaičiaus, žemo tankio, mažai sieros ir aromatinių junginių savyje turintis angliavandenilių mišinys, kurį sudaro daugiau kaip 200 skirtingų angliavandenilių [8].

Alkilavimo reakcijos vykdomos tiek skystoje, tiek kietoje katalizatoriaus aplinkoje. Literatūroje žinomi ir alkilavimo įrenginiui pritaikomi katalizatoriai yra: koncentruota sieros rūgštis, aliuminio ir vandenilio chloridų mišinys, koncentruota vandenilio fluorida rūgštis, vandenilio fluorida ir boro trifluorida mišinys, metalinė platina ir kt. Tačiau praktikoje, alkilavimo įrenginyje, dažniausiai naudojamas koncentruotos vandenilio fluorida rūgšties katalizatorius arba koncentruotos sieros rūgšties katalizatorius [15].

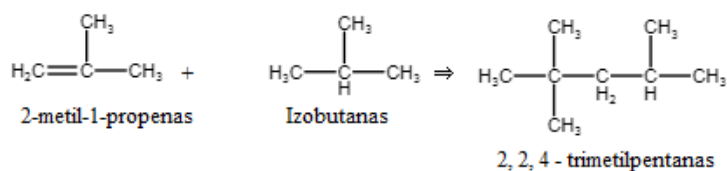
Pirminių reakcijų metu vienas molis olefinų reaguoja su vienu moliu izo-butano. Šių reakcijų metu pasigamina įvairūs izo-parafininiai junginiai, toliau pateikiamos preliminarios reakcijos.



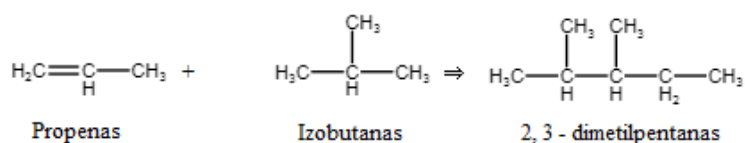
20 pav. Alkilavimo reakcija dalyvaujant 2-butenui



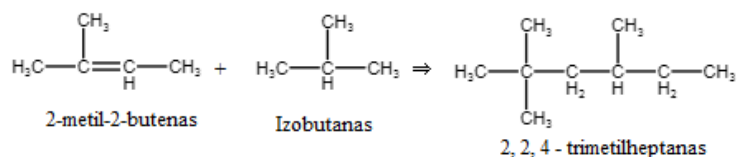
21 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant 1-buteniui



22 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant izobuteniui



23 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant propeniui



24 pav. Alkilinimo reakcija dalyvaujant 2-metil-2-buteniui

Alkilinimo reakcijos mechanizmas gali būti suskirstomas į tris etapus. Pirmas etapas – olefinai pasiskirsto koncentruotos rūgšties masėje, suformuodami katijoninius junginius. Antras etapas – izobutanas reaguoja su katijoniniu junginiu, sudarydamas alkilato katijoną. Trečias etapas – alkilato katijonas prisijungia kitos molekulės anijoną, sudarydamas stabilų alkilatą, arba jungiasi į stambiamolekulinį junginį [24].

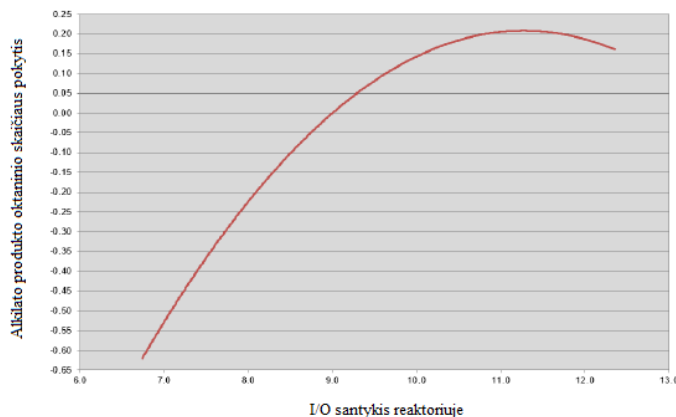
Alkilinimo įrenginyje, kuriame naudojama koncentruota sieros rūgštis, reakcijos mechanizmas priklauso nuo:

1. izo-butano ir olefinų santykio;
2. olefinų tiekimo greičio;
3. reaktoriaus temperatūros;
4. maišymo intensyvumo;
5. sieros rūgšties koncentracijos;
6. žaliavoje esančių priemaišų kiekio.

Pageidaujamų reakcijų išeigą užtikrina izo-butano ir olefinų santykis reaktoriuje. Kadangi izo-butano tirpumas koncentruotoje sieros rūgštyje yra prastesnis nei olefinų, būtinas didesnis nei 1:1 izo-butano ir olefinų santykis reaktoriuje. Realus izo-butano ir olefinų santykis reaktoriuje svyruoja tarp 8:1 ir

11:1. Taip išvengiama šalutinių reakcijų susidarymo ir oktaninio skaičiaus praradimo. Izo-butano ir olefinų santykis apskaičiuojamas pagal toliau pateikiamą formulę (žr. 1.3.7.1 formulę).

$$\frac{I}{O} \text{ santykis} = \frac{\text{Bendras izobutano kiekis}}{\text{Bendras olefinų kiekis}} \quad 1.3.7.1$$

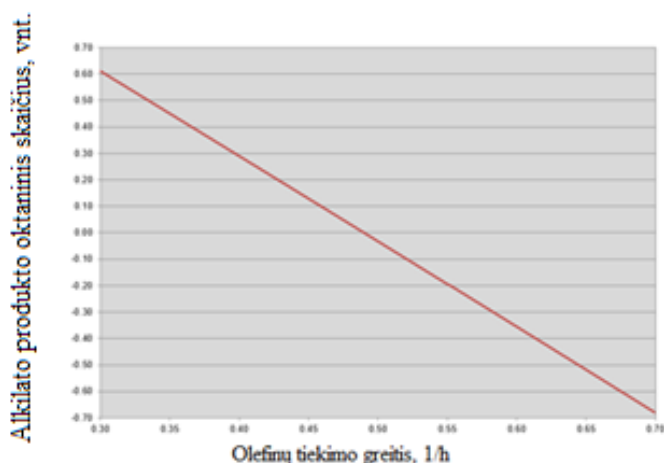


25 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo I/O santykio [21]

Olefinų tiekimo greitis yra apibūdinamas santykiu tarp kiek olefinų (tūrio vnt.) yra tiekama per valandą į reaktorių ir vidutinio koncentruotos sieros rūgšties kiekio (tūrio vnt.) reaktoriuje. Šis parametras įprastai nurodo kiek olefinų yra ištirpę koncentruotoje sieros rūgštyje. Dažniausiai išlaikomi $0,3 \text{ h}^{-1}$ ir $0,55 \text{ h}^{-1}$ parametrai. Toliau pateikiama formulė skirta apskaičiuoti olefinų tiekimo greičiui.

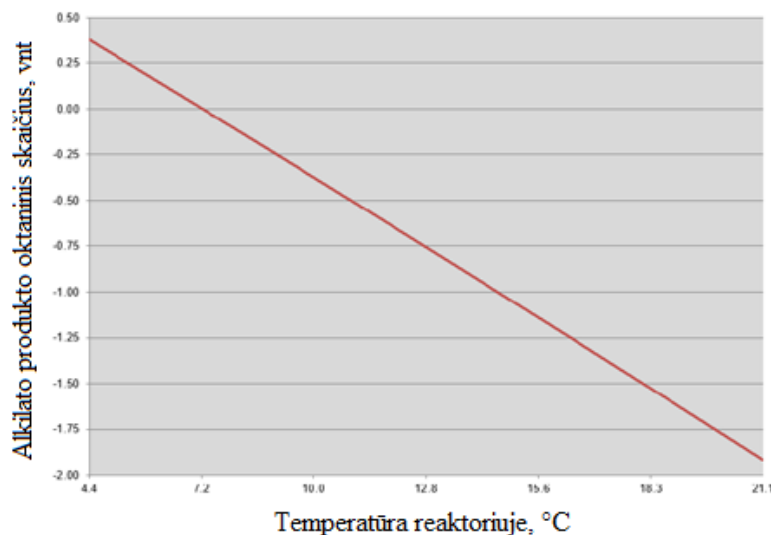
$$\text{OSV} (\text{h}^{-1}) = \frac{\text{Olefinų tiekimas į reaktorių, m}^3/\text{h}}{\text{Koncentruotos sieros rūgšties kiekis reaktoriuje, m}^3} \quad 1.3.7.2$$

Mažinant olefinų tiekimo greitį yra pagerinama olefinų ir izo-butanų reakcijos tikimybė. Tačiau jei olefinų tiekimo greitis yra padidintas, olefinų ir izo-butanų reakcijų tikimybė yra sumažinama. Padidėjus olefinų tiekimo greičiui, padidėja ir koncentruotos sieros rūgšties suvartojimas bei sumažėja oktaninis skaičius (žr. 26 pav.).



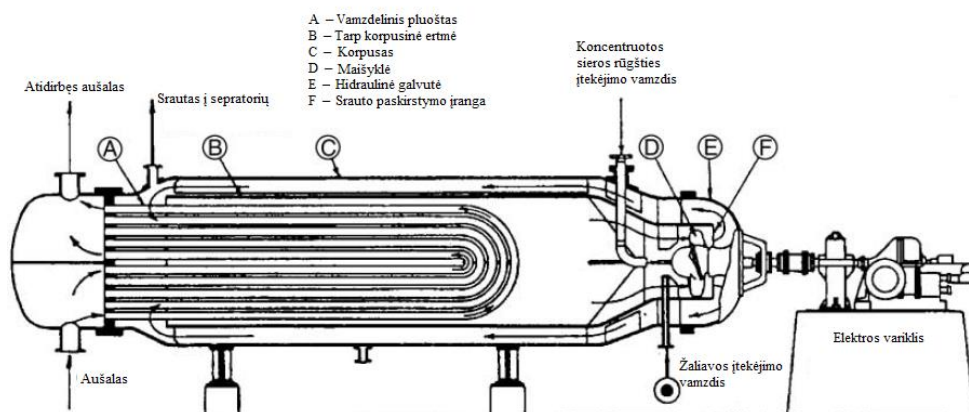
26 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo olefinų tiekimo greičio [21]

Alkilinimo reaktoriuje svarbu palaikyti tinkamą temperatūrą, išvengiant polimerizacijos reakcijų ir reaktoriaus korozijos. Alkilinimo įrenginyje, kuomet alkilatas yra gaminamas iš C₄ olefinų, reaktoriuje palaikoma 5,5 – 13 °C temperatūra. Pasiekus aukštesnę nei 15 °C temperatūrą, prasideda labai stipri metalo korozija, o pasiekus aukštesnę nei 18,3 °C temperatūrą, prasideda polimerizacijos reakcijos ir visa įrenginyje esanti medija tampa klampi. Tačiau pasiekus žemesnę nei 4,4 °C temperatūrą, koncentruotos sieros rūgštis ir angliavandenilių perskyrimas tampa sudėtingas. Taip pat prie 4,4 °C temperatūros, koncentruota sieros rūgštis pradeda sudaryti kietą fazinę būseną aplink reaktoriaus gyvatuką.



27 pav. Alkilato produkto oktaninio skaičiaus priklausomybė nuo temperatūros reaktoriuje [21]

Alkilinimo įrenginio reaktorių yra dvigubo korpuso šilumokaitis, kurio vamzdinis pluoštas yra „U“ formos. Redukuotas angliavandenilių srautas tekėdamas vamzdeliais (A) palaiko tinkamą reakcijos temperatūrą. Žaliava įteka per žaliavos įtekėjimo vamzdį ir toliau teka į maišyklės darbinę zoną. Žaliavos srautas ir reaktoriuje esanti medija yra maišoma maišykle (D). Maišyklė nukreipia srautą per srauto paskirstymo įrangą (F) į tarp korpusinę ertmę (B), taip sudaromas srauto cirkuliacijos ratas. Šiame cirkuliacijos rate vyksta alkilavimo ir šalutinės reakcijos, kurių metu pagaminamas alkilatas. Srautas įgavęs kinetinės energijos veikia hidraulinę galvutę (E), kuri neproporcingai greitai koroduoja [21].



28 pav. STRATCO® alkilavimo reaktorių [22]

1.4. Oktaninis skaičius pagal angliavandenilius

Benzino produktą sudaro skirtingi angliavandeniliai, kurių oktaninis skaičius yra skirtingas. Numatyta, kad 100 TOS sudaro i-oktanas, o 0 TOS sudaro n-heptanas. Pramonėje sudėtinga pagaminti benzino komponentą sudarytą tik iš vieno angliavandenilio junginio. Prieš ruošiant benzino komponentą, matematinio modeliavimo yra įvertinamas produktų oktaninis skaičius. Atlikus teorinius skaičiavimus, atliekami oktaninio skaičiaus laboratoriniai tyrimai. Toliau pateiktoje lentelėje pateikiami angliavandeniliai ir jų oktaniniai skaičiai.

5 lentelė. Angliavandenilių tiriamasis oktaninis skaičius (TOS) [16]

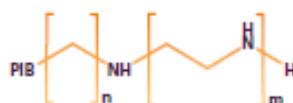
Angliavandenilio pavadinimas, IUPAC	Molekulinė formulė	TOS
n-heptanas	nC_4H_{16}	0
i-oktanas	C_8H_{18}	100
Toluenas	$C_6H_5CH_3$	113
Etanolis	C_2H_5OH	108,5
Metilcikloheksanas	C_7H_{14}	74,1
1-heksenas	C_6H_{12}	74,9
2-metilbutanas	C_5H_{12}	92
2-metilheptanas	C_6H_{14}	73,4
3-metilpentanas	C_6H_{14}	74,5
2-metilheksanas	C_7H_{16}	42
3-metilheksanas	C_7H_{16}	52
2,4-dimetilpentanas	C_7H_{16}	83,1
2,3-dimetilpentanas	C_7H_{16}	91,1
2,5-dimetilheksanas	C_8H_{18}	55,3
2,4-dimetilheksanas	C_8H_{18}	65,2
3-etil-2-metilpentanas	C_8H_{18}	87,3
Ksilenas	C_8H_{10}	114
1,2,3-trimetilbenzenas	C_9H_{12}	100,5
4-etil-m-ksilenas	$C_{10}H_{14}$	100,6
2-etil-p-ksilenas	$C_{10}H_{14}$	100,6
1,2,4-trimetilbenzenas	C_9H_{12}	101,4
Kumenas	C_9H_{12}	102,1
1,3,5-trimetilbenzenas	C_9H_{12}	106
1,2,3,4-tetrahidronaftalenas	$C_{10}H_{12}$	96,4
2-propiltouenas	$C_{10}H_{14}$	100,3
1,2,3,4-tetrametilbenzenas	$C_{10}H_{14}$	100,5
Ciklopentanas	$C_{10}H_{14}$	100,1
Cikloheksanas	C_5H_{10}	80,7
Butilcikloheksanas	$C_{10}H_{20}$	63,8
1-pentenas	C_5H_{10}	90
2-metil-2-butenas	C_5H_{10}	97,3
2-pentenas	C_5H_{10}	98
2-metil-1-butenas	C_5H_{10}	100,2

1.5. Benzino produkto priedai

Į benzino produktą įmaišomi įvairūs benzino produkto ir vidaus degimo variklių savybes gerinantys priedai. Vieni priedai gerina atsparumą priešlaikinei detonacijai, kiti – termines savybes, o dar kiti didina oktaninį skaičių ir atsparumą uždelstam uždegimui. Nors priedų gamintojai neatskleidžia priedų sudėties, tačiau yra žinoma, kad priedai yra gaminami iš angliavandenilių darinių. Priedai gerai maišosi su benzino produktu ir tolygiai pasiskirsto visame jo tūryje.

Priedų kiekis benzino produkte yra milijoninės dalys (ppm), tačiau moksliniais tyrimais įrodyta, kad net ir toks priedų kiekis gerina vidaus degimo variklių darbą. Toliau pateikiama keletas priedų pavyzdžių, kurie gerina benzino produkto savybes.

Nuosėdų ir nuodėgulių prevencijos priedai yra naudojami apsaugant tiek vidaus degimo variklio, tiek visą benzino tiekimo sistemą nuo nuosėdų susidarymo. Nuosėdų ir/ar nuodėgulių susidarymas mažina variklio efektyvumą ir norint išvengti jų susidarymo, ant purkštukų ir vidaus degimo variklio kameros sienelių, yra maišomi priedai. Priedai yra gaminami iš amidų, aminių, polibuteno sukcinimido, polieterinių aminių ir poliolefininių aminių. Poli-izo-butenas (PIB) yra dažniausiai naudojamas dėl savo maišymosi su degalais ir terminio stabilumo savybių bei dėl šio priedo gamybos paprastumo [23].



29 pav. Poli-izo-butano aminos [23]

Benzino produkte esantys priedai sudaro tam tikrą plėvelę ant automobilinių kuro sistemos paviršių. Plėvelė sumažina nuodėgulių adheziją prie detalių bei sumažina kristalinių kokso centrų susidarymą. Šių priedų patikimumas priklauso nuo vidaus degimo variklio darbo temperatūros, oro ir benzino santykio, vidaus degimo detalių ir priedo koncentracijos benzino produkte. Didžiausias priedų efektyvumas yra pastebimas tuomet, kada šie priedai yra naudojami nuolatos, jie saugo ir „taiso“ apsaugančiąją plėvelę [24].

Korozijos proceso inhibitoriai yra įmaišomi į benzino produktą, kad apsaugotų vidaus degimo variklių metalines detales. Proceso inhibitoriai – junginiai, kurie pagaminami derinant polinius ir nepolinius sąryšius. Priedo molekulinė galvutė sudaryta iš polinės dalies, kuri leidžia junginiui prikibti prie metalinės detalės, ir nepolinės dalies, kuri užtikrina tinkamą priedo pasiskirstymą benzino produkte bei vandens „slydimą“ metalinės detalės paviršiumi. Šie priedai dažniausiai yra gaminami iš karboksirūgčių, anhidridų ir karboksirūgščių aminių druskų.



30 pav. Dodecenilo gintaro rūgštis [23]

Benzine esant vandens ir deguonies priemaišoms, kurios susidaro dėl išorinių veiksnių, prasideda stipri kuro tiekimo sistemos metalinių paviršių korozija. Metaliniai paviršiai koroduoja ir taip gali būti pažeidžiami rotaciniai įrenginiai (pvz. benzino tiekimo siurblys), atskilusios rūdys gali užkimšti filtrus. Į komercinį benziną įmaišant 5 – 100 mg/kg dodecenilo gintaro rūgšties priedo, automobilių kuro tiekimo sistemos metalinės detalės yra padengiamos vandeniui atsparia plėvele, kuri stabdo metalinių detalių koroziją.

Benzino produkto kuro tiekimo sistemoje gali susidaryti žalingas ir kibirkštį sukeliantis statinis krūvis. Statinis krūvis gali atsirasti dėl rotacinių įrenginių judėjimo ir benzino produkto tiekimo į

tuščią rezervuarą (talpą). Norint išvengti šio žalingo statinio krūvio, į benzino produktą yra įmaišoma apie 10 – 40 mg/kg priedo (pagaminto iš chromo ir organinių alkoholių) [23].

1.6. Benzino produkto paruošimas (maišymas)

Benzino produktas yra sudarytas iš skirtingų angliavandenilių junginių. Šių junginių savybės ir gamybos būdai yra skirtingi, skiriasi aktyvieji katalizatoriai, proceso sąlygos ir technologijos [25].

Ruošiant prekinį benziną, naftos perdirbimo ir naftos produktų gamybos įmonės naudoja pažangias kompiuterines programas. Šios programos, įvertindamos komponentų laboratorinių tyrimų rezultatus, nustato teisingas komponentų sumaišymo proporcijas. Tokiu būdu yra greitai įvertinama angliavandenilių sąveika, nes ne visi parametrai yra pasiekiami adityvumo principu (žr. 6 lent.). Toliau pateikiami parametrai, kurie pasiekiami proporcingai maišant komponentus – pagal masines arba tūrines vertes (paklūsta adityvumo principui). Taip pat pateikiami parametrai, kurie pasiekiami tik įvertinus komponentų sudėtį – ne adityvūs (nepaklūsta adityvumo principui) [26].

6 lentelė. Benzino parametrų atsakas

Parametras	Maišymosi atsakas
Tiriamasis oktaninis skaičius	Ne adityvus
Variklinis oktaninis skaičius	Ne adityvus
Garų slėgis	Ne adityvus
Distiliacija	Ne adityvus
Tankis	Adityvus
Sieros kiekis	Adityvus
Deguonies kiekis	Adityvus
Aromatinių junginių kiekis	Adityvus
Alkenų kiekis	Adityvus
Benzeno kiekis	Adityvus

Užtikrinant tinkamą ir stabilų prekinio benzino paruošimą yra išvengiami nuostoliai dėl benzino kokybės neatitikimo specifikacijai bei išvengiamas vertingų produktų eikvojimas. Pavyzdžiui, ruošiant didesnio oktaninio skaičiaus benziną, išlieka tikimybė įmaišyti per didelį kiekį aukštą oktaninį skaičių turinčio komponento. Tokiu atveju, įmonė praranda dalį pelno, nes parduodamas benzinai su aukštesniu oktaniniu skaičiumi nei nurodyta. Kuo aukštesnis benzino oktaninis skaičius – tuo benzino kaina yra didesnė [26].

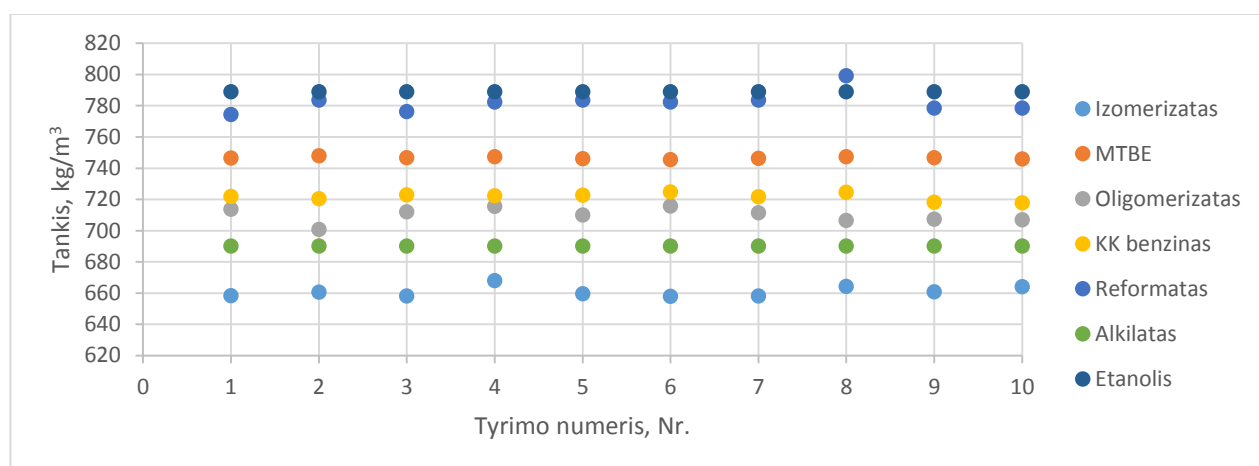
2. Tiriamoji dalis

Komercinis benzinas turi atitikti rinkoje nustatytus reikalavimus, kitaip benzinas negalės būti realizuotas. Toliau pateikiami atlikto tyrimo rezultatai ir naudotos metodikos, analizuojant 92, 95 ir 98 benzino markės produktus.

Tyrime analizuojami mėginiai paimti iš skirtingų rezervuarų, skirtingu laiku. Mėginiai imti iš tokio pačio rezervuaro gylio, o mėginių ėmimas buvo atliekamas remiantis ISO 3170 mėginių paėmimo standartu.

2.1. Benzino komponentų savybės

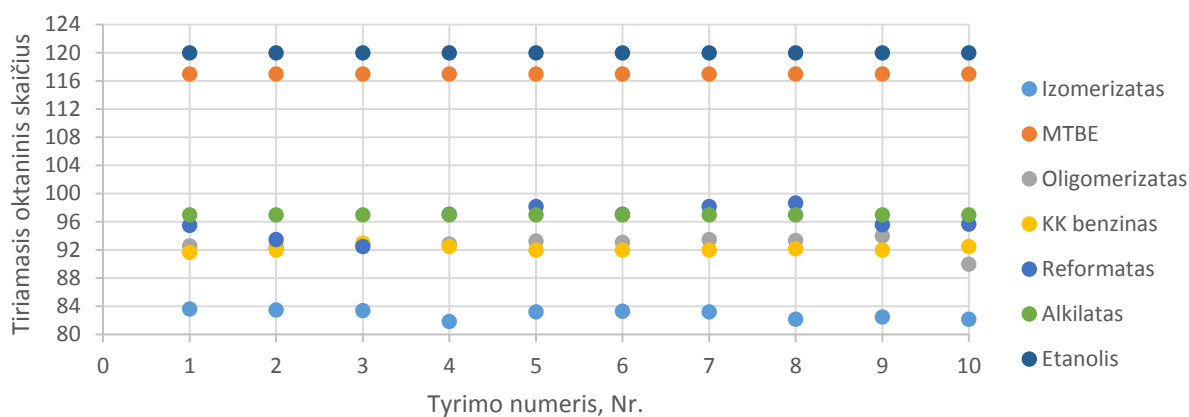
Literatūros apžvalgoje aprašyti komponentai (oligomerizatas, MTBE, reformatas ir kt.) yra naudojami prekinio benzino paruošimui. Toliau pateikiami komponentų tankio nustatymo rezultatai (žr. 31 pav.).



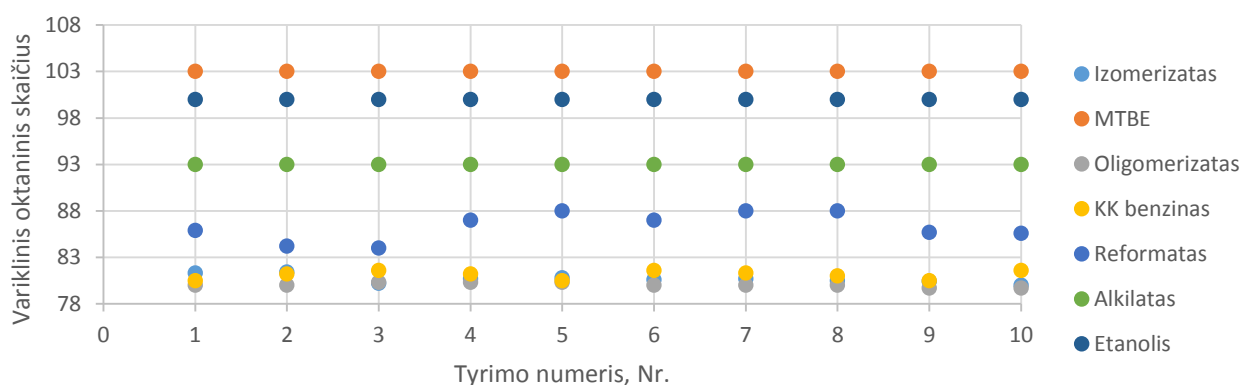
31 pav. Komponentų tankis

Nustatymui naudotas LST EN ISO 12185 standartas. Šis standartas yra taikomas vienfaziams skysčiams, kurių tankis $600 - 1100 \text{ kg/m}^3$. Metodika paremta vibracinio U formos vamzdelio naudojimu. Veikimo principas – maža (paprastai $< 1 \text{ ml}$) mėginio dalis įleidžiama į kontroliuojamos temperatūros kiuvetę. Pažymimas virpesių dažnis ir įvertinamas mėginio tankis prie darbinių sąlygų. Tankio perskaičiavimui prie standartinių sąlygų, aparatas naudoja aparato atmintyje esančias standartines konstantas. Šios konstantos kiekvienai medžiagai priskiriamos atskirai [27].

Atlikus tankio nustatymą benzino komponentams, toliau atliekamas oktaninio skaičiaus nustatymas (tiriamuoju ir varikliniu metodu). Rezultatai pateikiami toliau (žr. 32 pav. ir 33 pav.).



32 pav. Benzino komponentų tiriamasis oktaninis skaičius

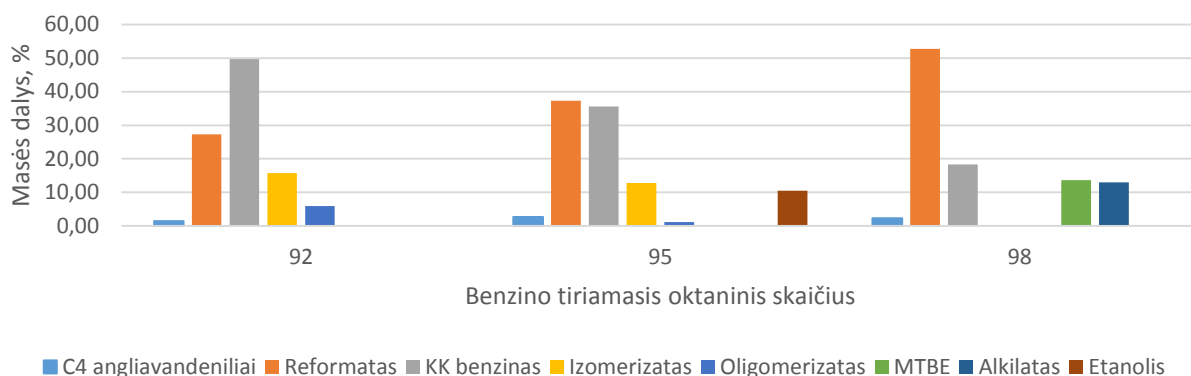


33 pav. Benzino komponentų variklinis oktaninis skaičius

Šiam tyrimui buvo naudoti LST EN ISO 5164 ir LST EN ISO 5163 standartai, kurie tiksliai ir išsamiai aprašo procedūras, skirtas tiriamojo ir variklio oktaninio skaičiaus nustatymui. Tiek tiriamasis, tiek variklinis oktaninis skaičius nustatomi tuo pačiu įrenginiu, tačiau skiriasi eksperimento atlikimo sąlygos. Tiriamasis oktaninis skaičius yra nustatomas naudojant vien-cilindrinį, keturių taktų, skirtingo suslėgimo santykio, karbiuratorinį vidaus degimo variklį, kuris dirba prie pastovaus apsisukimų skaičiaus. Variklinis oktaninis skaičius yra nustatomas naudojant vien-cilindrinį, keturių taktų, skirtingo suslėgimo santykio, karbiuratorinį vidaus degimo variklį, kuris dirba prie skirtingų darbo sąlygų [28, 29].

2.2. Prekinis benzinas. 92, 95 ir 98 oktaninio skaičiaus paruošimas

Remiantis literatūra ir atsižvelgiant į gautus komponentų kokybės tyrimo rezultatus, matomi benzino komponentų savybės skirtumai. Pastoviam skirtumui įtakos turi daug faktorių – technologiniai parametrai, katalizatoriaus rūšis ir kt. Atlikus savybių tyrimus, nuspręsta paimti gautų rezultatų aritmetinius vidurkius, kurie toliau naudoti komercinio benzino sumaišymui.

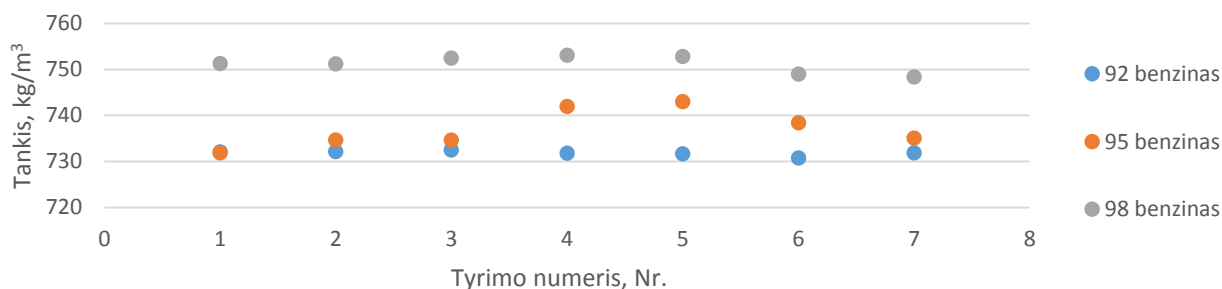


34 pav. Prekinio benzino paruošimas

Prekinio benzino paruošimo diagramoje (žr. 34 pav.) matoma, kokią dalį sudaro tam tikras benzino komponentas, kuomet ruošiamas 92, 95 ar 98 oktaninio skaičiaus komercinis benzinas.

2.3. Tankio nustatymas

Prekinio benzino tankio nustatymui naudojamas LST EN ISO 12185 standartas. Metodikos aprašymas pateikiamas 2.1. skyriuje.

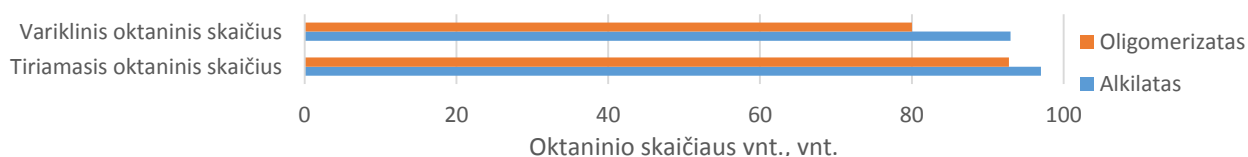


35 pav. Prekinio benzino (92, 95 ir 98) tankio palyginimas

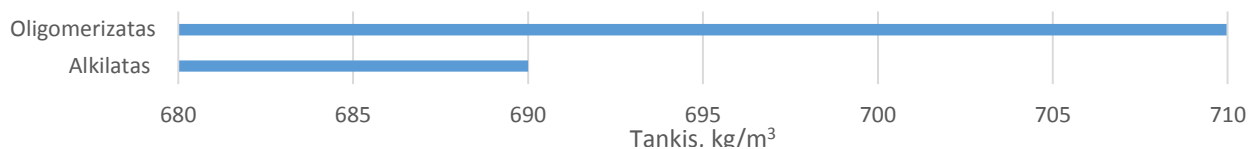
Pagal aukščiau pateiktus rezultatus (žr. 35 pav.), 92 oktaninio skaičiaus benzinas turi žemiausią tankį, o 98 benzinas turi didžiausią tankį. 95 benzinas pasižymi didžiausiu tankio pokyčiu, kurio intervalas 731 – 744 kg/m³,

2.4. Alkilato gamyba

Alkilatas turi aukštą oktaninį skaičių, žemą tankį ir beveik neturi sieros ir aromatinių junginių. Įprastai alkilato gamybai yra naudojama butanų-butenų žaliava, kuri tiekama iš katalizinio krekimo įrenginio. Tačiau naftos produktų ruošimo įmonėse, kuriose nėra įdiegto alkilavimo įrenginio, minėta butanų-butenų žaliava yra naudojama oligomerizato gamybai. Toliau pateikiami pagrindiniai skirtumai tarp alkilato ir oligomerizato produktų.

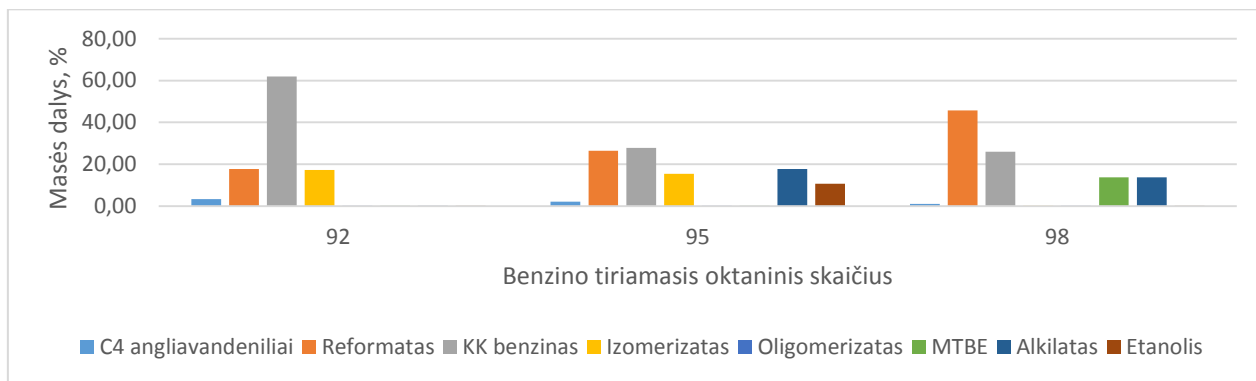


36 pav. Alkilato ir oligomerizato oktaninio skaičiaus palyginimas



37 pav. Alkilato ir oligomerizato tankio palyginimas

Toliau pateiktoje diagramoje (žr. 38 pav.) yra pateikiami pokyčiai, kuomet oligomerizatas yra pakeičiamas alkilato produktu.



38 pav. Prekinio benzino paruošimas, kuomet pradedamas gaminti alkilatas

2.5. Rezultatų aptarimas

Atlikti kiekvieno benzino komponento oktaninio skaičiaus, tiriamuoju ir varikliniu metodu, ir tankio tyrimai. Tyrimams naudoti 10 vnt. kiekvieno benzino komponento mėginiai. Visi komponentai skiriasi savo savybėmis, nes kiekvienas iš tirtų komponentų yra gaminamas naudojant skirtingą katalizatorių (platinos, renio ir kt.). Taip pat komponentai yra gaminami esant skirtingoms darbo sąlygoms (pvz. MTBE įrenginyje slėgis apie 7 bar(g) ir temperatūra apie 70 °C, o reformingo įrenginyje slėgis apie 25 bar(g) ir temperatūra apie 500 °C) bei naudojamos skirtingos procesų žaliavos. Tačiau didžiausią įtaką komponentų savybėms turi angliavandenilių sudėtis produkte pvz. reformate yra didesnė dalis aukštą oktaninį skaičių turinčių angliavandenilių (ksilenų, tolueno ir kt.), kurių nėra izomerizato produkte (izomerizato produkte didžiąją dalį sudaro izo-parafinai). KK pasižymi išskirtine sudėtimi, kurią sudaro olefinai (apie 30 % tūrio), arenai (apie 14 %) ir likusią dalį sudaro izo-alkanai ir izo-alkenai. Taip pat oligomerizatą sudaro aukštesnės molekulinės masės angliavandeniliai (pvz. 3-etil-2-metilpentanas, 2,4-dimetilheksanas ir kt.), kurie yra gaunami propeno ir buteno sintezės metu. Angliavandenilių oktaniniai skaičiai pateikiami 5-toje lentelėje, o detalesni skirtumai tarp komponentų ir procesų pateikiami literatūros apžvalgoje.

Atlikus tyrimus pastebėta, kad gryųjų sintetinių jungių (MTBE ir etanolis) savybės yra nekintančios visame atlikto mėginių tyrimo spektre. Abu šie junginiai yra sudaryti iš bemaž vieno junginio (MTBE komponentą sudaro ne mažiau kaip 98 % gryno metil-tret-butilo eterio, o etanolio komponentą sudaro ne mažiau kaip 99,5 % etanolio), todėl tankis ir oktaninis skaičius (tiriamuoju ir varikliniu metodu) yra vienodi. Tačiau kiti benzino komponentai (reformatas, izomerizatas, oligomerizatas it kt.) yra angliavandenilių mišiniai, kurie nebūna identiškos sudėties, todėl šių komponentų fizikinės savybės kinta platesniame intervale.

Analizuojant komponentų tyrimų rezultatus pastebimas ketvirtojo izomerizato mėginio tankio ir oktaninio skaičiaus išskirtinumas. Šį rezultatą galima sieti su izomerizacijos proceso nukrypimu nuo

optimalaus darbo, kuomet dėl sumažėjusios pentano ir heksano konversijos, minėtų angliavandenilių kiekis izomerizato produkte padidėjo. Tai lėmė didesnę izomerizato tankį bei mažesnę oktaninį skaičių. Taip pat pastebimas aštunto reformato mėginio tankio ir oktaninio skaičiaus išsiskyrimas iš kitų reformato mėginių. Šie skirtumai gali būti siejami su didesne parafinų konversija, kuri padidėjo dėl optimalaus darbo pokyčių, kuomet didesnė parafinų dalis buvo reformuota į aromatinius junginius (ksilenus, tolueną ir kt.), o šių junginių tankis ir oktaninis skaičius yra didesni už parafinų.

Lyginant visų trijų benzino markių tankius, atpažinta aukštą oktaninį skaičių turinčių komponentų ir palyginti mažą tankį turinčių komponentų trūkumas, ruošiant 98 markės benziną. Įprastai šių komponentų trūkumas pakeičiamas didesnę tankį turinčiais oksigenatų komponentais (MTBE, ETBE ar TAME), kurie padidina bendrąjį oktaninį skaičių, tačiau tuo pačiu padidina ir tankį. Padidėjus tankiui, sumažėja prekinio benzino grąža (prekinio benzino kaina perskaičiuojama prie rinkoje nustatyto tankio, kuo mažesnis faktinis tankis – tuo didesnę vertę turi prekinis benzinas).

Atliktos kiekvienos prekinio benzino markės sumaišymo proporcijos. Ruošiant 98 oktaninio skaičiaus benziną, daugiausia naudojama reformato komponento (net 52 %), o gaminant 95 oktaninio skaičiaus benziną reformato įmaišoma 38 %. Tačiau reformato tankis yra vienas didžiausių iš visų komponentų ir įmaišant tokią gan aukštą dalį reformato bei papildomai įmaišant MTBE (skirtas padidinti oktaninį skaičių), yra prarandama dalis pelno, nes kuo mažesnis galutinio tankis, tuo didesnę pridėtinę vertę suteikia galutinis produktas.

Atliktas alkilato ir oligomerizato produktų palyginimas bei atliktas alkilato produkto įtakos tyrimas, kuomet oligomerizatas yra pakeičiamas alkilatu. Remiantis gautais rezultatai, alkilatas yra visais aspektais pranašesnis už oligomerizatą. Alkilato tankis 20 kg/m^3 yra mažesnis, tiriamasis oktaninis skaičius yra didesnis 4,5 punktais, o variklinis oktaninis skaičius yra net 13 punktais didesnis už oligomerizato produktą. Alkilatas pasižymi žemesniu kenksmingumu nei reformatas ir KK benzinas, kurie angliavandenilių mišinyje turi aromatinių žiedų, o didžiąją dalį alkilato sudaro izo-alkanai. Įtraukiant alkilato produktą į benzino paruošimą yra sumažinama sunkiųjų komponentų dalis galutiniame produkte, skirtumai pateikti lentelėje (žr. 7 lent.).

7 lentelė. Sumaišymo proporcijos pokytis, kuomet pradamas gaminti alkilato produktas

Δ, masės %	92	95	98
C4 angliavandeniliai	+1,84	-0,58	-1,30
Reformatas	-9,59	-10,94	-7,10
KK benzinas	+12,19	-7,83	+7,61
Izomerizatas	+1,45	2,62	0,00
Oligomerizatas	-5,89	-1,20	0,00
MTBE	0,00	0,00	0,00
Alkilatas	0,00	+17,76	+0,79
Etanolis	0,00	+0,17	0,00

Nustatyta, kad prekinio benzino markės atitinka keliamus reikalavimus ir yra tinkamos parduoti Europoje. Naftos perdirbimo ir naftos produktų gamybos įmonės paruošia prekinės benzino markės su šiek didesnėmis oktaninio skaičiaus vertėmis, taip yra užtikrinama, kad oktaninio skaičiaus vertės atitiks reikalavimus, tačiau taip pat yra prarandama ir dalis pelno.

3. Inžinerinė dalis

Toliau pateikiamas technologinės schemos aprašymas, taip pat pateikti statybiniai sprendimai, finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai, aplinkosauginis vertinimas ir įvertinta darbuotojų sauga ir sveikata

3.1. Technologinės schemos aprašymas

Technologinė schema yra pateikiama prieduose. Angliavandenilių srautas į alkilinio įrenginio žaliavos buferinę talpą T-1 reguliuojamas srauto reguliavimo vožtuvu (SRV-1). Angliavandenilių srautą, priklausomai nuo įrenginio projektavimo, gali sudaryti C3 – C4 angliavandeniliai, kuriuose didžioji dalis yra olefinai. Kadangi alkilinio įrenginiui, kurio katalizatorius yra koncentruoto sieros rūgštis, vanduo yra katalizatoriaus inhibitorius ir vamzdinių koroziją greitinantis teršalas, todėl talpa T-1 veikia kaip separatorius atskiriantis laisvąjį srauto vandenį. Susikaupęs vanduo T-1, srauto vožtuvu SV-1 pagalba yra tiekiamas į vandens valymo sistemą. Angliavandenilių srautą iš talpos T-1 į įrenginį tiekia siurblys S-1 (S-2), kurio srautas reguliuojamas SRV-3. Užtikrinant siurblio darbą, yra sumontuotas grįžtamasis srautas į T-1. SRV-2 ir SRV-2 vožtuvų atsidarymo laipsnis yra proporcingas vienas kitam t.y. jei SRV-3 atsidaręs pilnai, tuomet SRV-2 pilnai užsidaręs. Jei talpoje pasiekiamas kritinis medijos lygis, srauto vožtuvu SV-2 srautas į siurbių įvadą yra blokuojamas. Alkilinio procesui reikalingas grynas izo-butano srautas, kuris papildomas tiekiant i-C4 į talpą T-2. Šis srautas reguliuojamas srauto reguliavimo vožtuvu SRV-4. Taip pat šio srauto laisvasis vanduo yra atskiriamas talpoje ir srauto vožtuvu SV-7 yra tiekiamas į vandens valymo sistemą. Izo-butano srautas į įrenginį yra tiekiamas siurbliu S-3 (S-4), o šis srautas yra reguliuojamas srauto reguliavimo vožtuvu SRV-6. Siurblio S-3 (S-4) darbo užtikrinimui yra įrengtas grįžtamasis srautas į talpą T-2. Srauto reguliavimo vožtuvai SRV-5 ir SRV-6 dirba priklausomai vieno kito t.y. jei SRV-6 pilnai atsidaręs, tuomet SRV-5 pilnai užsidaręs ir pan. Sumažėjus medijos lygiui talpoje T-2 iki kritinės reikšmės, srauto vožtuvas SV-8 užsidaro apsaugodamas siurblius nuo tuščios eigos. Angliavandeniliai iš T-1 ir izo-butanas iš T-2 tiekiamas į sumaišymą (maišymas vyksta vamzdis vamzdyje), o toliau tiekiamas į likutinio vandens adsorberį AD-1 (AD-2). Šis adsorberis užtikrina, kad vandens kiekis į reaktorių būtų minimalus. Taip išvalytas srautas nuo vandens tiekiamas į reaktorių R-1 (R-2) per plokštelinį šilumokaitį TK-4. Šis šilumokaitis atšaldo žaliavos srautą, kuris toliau yra sumaišomas su šaltu grįžtamuoju angliavandenilių srautu iš talpos T-8. Reaktorius R-1 (R-2) yra sudarytas iš dvigubo korpuso vamzdelinio šilumokaičio, kuriame maišyklės pagalba yra maišomas angliavandenilių ir sieros rūgšties mišinys. Toks mišinys cirkuliuodamas per šilumokaitį yra atšaldomas (alkilinio reakcija yra egzoterminė) ir jame vyksta alkilinio reakcijos. Toks, pusiau aktyvus srautas, teka išilgai reaktoriui į talpą T-3 (T-4), kurioje atsiskiria sieros rūgštis, sieros rūgštis – angliavandeniliai ir angliavandeniliai. Pirmieji per srauto vožtuvą SV-9 tiekiami atgal į reaktorių, o angliavandeniliai per srauto reguliavimo vožtuvą SRV-8 yra redukuojami reaktoriaus vamzdeliuose (besiplečiančios dujos sumažina srauto temperatūrą), kurie atšaldo visą srautą. Šis srautas veikia kaip reaktoriaus šaldalas. Talpoje T-3 susikaupusi naudota sieros rūgštis tiekiamas į sieros rūgšties regeneravimo sekciją (arba atskyrimą). Srautas iš reaktoriaus vamzdelių yra tiekiamas į talpą T-8, kurioje yra atskiriama skystoji ir dujinė fazė. Dujinė fazė yra tiekiamas į kompresorių K-1, kuriame dujos yra suslegiamos ir tiekiamas per SRV-9 ir/ar SRV-10. Dujos tekėdamos per SRV-9 yra kondensuojamos šilumokaityje TK-1, o kondensatas surenkamas talpoje T-6. Talpos T-6 temperatūra ir slėgis yra reguliuojamas dujinį srautą tiekiant per SRV-10. Srautas iš talpos T-6 yra tiekiamas siurbliu S-5 (S-6) į depropanizatoriaus koloną K-1, propano atskyrimui. Kolonoje K-1 yra sumontuotos vienosrautės, vožtuvėlių tipo distiliacijos lėkštės. Šioje kolonoje yra atskiriamas

propanas, kuris yra tiekiamas į produkto rezervuarus siurbliu S-9 (S-10) per SRV-33. Šios kolonos energijos šaltinis yra šilumokaitis TK-3, kuriame vyksta šilumos mainai tarp vandens garo ir angliavandenilių. Kolonoje K-1 susidariusios angliavandenilių dujos kyla aukštyn į kolonos viršų kontaktuojamos su žemyn tekančiu refliuksu srautu, kuris tiekiamas siurbliu S-9 (S-10) per SRV-32. Apatinis kolonos produktas siurbliu S-7 (S-8) yra tiekiamas į talpą T-8 per vožtuvą SRV-35 arba atgal į koloną per SRV-34 apsaugant siurblius nuo tuščios eigos ir kolonos lygio palaikymui. Iš talpos T-6 srautas tekėdamas per SRV-11 yra redukuojamas, o susidariusios dujos tiekiamos į kompresorių K-1, per SRV-36. Skystis, iš talpos T-5, tiekiamas per SRV-12 į talpą T-8. Šis srautas yra redukuojamas, o susidariusios dujos ataušina visą talpos T-8 esantį skystį. Į talpą T-8 tiekiamas srautas per SRV-35 yra atšaldomas ir siurbliu S-13 (S-14) per šilumokaitį TK-4 yra tiekiamas į sieros junginių adsorberius AD-3 (AD-4). Sieros junginių adsorberiuose yra adsorbuojami likutiniai sieros junginiai. Taip išvalytas srautas nuo sieros junginių yra tiekiamas į deizobutanizatorių K-2. Deizobutanizotoriuje yra viensrautės vožtuvinės lėkštės. Šilumokaityje TK-5 angliavandeniliai yra šildomi ir dalis srauto garuoja. Kylantys garai į kolonos viršų kontaktuoja su žemyn tekančiu srautu (refliuksas). Tekantys toliau garai per SRV-16 ir/ar SRV-17 yra atšaldomi ir surenkami talpoje T-9. SRV-16 reguliuoja srautą į šilumokaitį, kuriame garai yra kondensuojami ir surenkami T-9, o su SRV-17 reguliuojama T-9 temperatūra. Surinktas kondensatas tiekiamas siurbliu S-16 (S-17) atgal į koloną ir į talpą T-2 per SRV-18 ir SRV-19. Kolonos K-2 apačioje surinktas skystis siurbliu S-18 (S-19) tiekiamas į debutanizatorių K-3 per SRV-20. Kolonoje K-3 yra sumontuotos viensrautės vožtuvinės lėkštės. Kolonos apačios srautas pašildomas šilumokaityje TK-8, o susidarę garai gražinami į koloną, kurie kyla į kolonos viršų. Kildami garai kontaktuoja su žemyn tekančiu srautu (refliuksiu) teka per šilumokaitį į talpą T-10. Šilumokaityje TK-7 garai yra kondensuojami. Surinktas kondensatas iš talpos T-10 siurbliais yra tiekiamas atgal į koloną K-3 arba į butano produkto rezervuarus. Kolonos apačioje surinktas skystis siurbliu S-22 (S-23) tiekiamas į alkilato produkto rezervuarus. Atitinkamai K-1 vandens garą į šilumokaitį reguliuojama SRV-29, K-2 vandens garas reguliuojamas SRV-15, o K-3 reguliuojamas SRV-21. Reguluojant šiuos vandens garų srautus yra kontroliuojama kolonos temperatūra.

3.2. Statybiniai sprendimai

3.2.1. Bendrieji duomenys

Alkilinimo įrenginys tiesioginiai ryšiais yra susietas su naftos perdirbimo įrenginiais (pvz. katalizinio krekingo, MTBE įrenginių ir kt.), todėl įrenginio projektas yra įgyvendinamas naftos perdirbimo ir naftos produktų gamybos teritorijoje. Projekto statybiniai sprendimai atlikti atsižvelgiant į sprogimo, gaisro ir saugios evakuacijos aspektus, o įrenginio pultinė suprojektuota saugiam ir ergonomiškam darbui (žr. 8 lent.).

8 lentelė. Bendrieji statinio rodikliai

Segmento Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Vertė
1. Sklypas	Sklypo plotas	m ²	9600
	Statinio užimtas žemės plotas	m ²	1125
	Apželdintas žemės plotas (žalasis plotas)	m ²	0
	Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	0
2. Pastatai	Paskirties rodikliai (gamybos, kitos veiklos)		24 žmonės (4 žmonės įrenginiui)

Segmento Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Vertė
	Bendrasis plotas	m ²	800
	a) pagrindinis	m ²	400
	b) pagalbinis	m ²	400
	Pastato tūris	m ³	3200
	Aukštų skaičius		1
	Pastato aukštis	m	6 (4)
	Pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)		II, nuo 600 iki 1200 MJ/kv. m

3.2.2. Statinio architektūrinė dalis

Įrenginio valdymui skirtą pultinę planuojama įgyvendinti šalia technologinio įrenginio greitai ir saugiai įrenginio priežiūrai. Kadangi gaisro metu susidarę degimo produktai (smalkės) kyla pastato viršų ir kaupiasi prie pastato lubų, pastato lubos yra projektuojamos 4 m aukščio saugiai evakuacijai. Apsaugant elektroninę įrangą yra numatyti trys angliarūgštiniai gesintuvai po 5 kg angliarūgštės. Išlaikant higienos ir darbo psichologijos reikalavimus yra numatomi dveji dušai, dvejios persirengimo erdvės ir keturi tualetai.

Reikalingą šilumą žiemos periodu numatoma tiekti iš elektrinio šilumos siurblio oras-oras, elektrinio kaloriferio ir iš centrinės įmonės šildymo sistemos. **Elektros energiją** elektros prietaisams numatoma tiekti iš 10 kV transformatorinės pastotės, kurioje elektra yra transformuojama iki tinkamos elektros įtampos elektroniniams prietaisams. **Geriamąjį vandenį** numatoma tiekti iš įmonės centralizuoto geriamojo vandens tinklo. **Vėdinimas** numatomas priverstiniu cirkuliavimu per oro valymo filtras. Atsižvelgianti į darbo saugą, pastatas yra priskiriamas II atsparumo ugniai ir „D_g“ sprogimo kategorijoms.

3.2.3. Konstrukcinė dalis

Toliau pateikiama pastato konstrukcinės dalies sprendiniai.

Pastato stogo karkasas – metalinių kolonų, metalinių sijų ir metalinių santvarų.

Pamatai – statybinis betonas ir metalinė armavimo konstrukcija.

Grindys – betoninės monolitinės grindys, kurio pagrindas tarpinis sluoksnis, smėlbetonis, izoliacinis sluoksnis, šilumos izoliacija.

Sienos – keramikiniai blokėliai, skirti apsaugai nuo ugnies.

Kolonos – sustiprintas statybinis betonas ir metalinės armavimo konstrukcija.

Šiltinimas – nedegi akmens vata A1 klasė.

Stogas – dvišlaitis, 7° nuolydis. Padengtas aliuminine skarda.

Langai – sustiprintas polipropileno plastiko profilis padengtas nedegia medžiaga. Skaidrus sustiprintas stiklo paketas.

Durys – nedegiu apšiltinimu apšiltintos plieninės išorinės durys. Medinės vidinės durys padengtos nedegia medžiaga.

Evakuacijos keliai suprojektuoti greitam ir saugiam pasišalinimui iš įrenginiui skirtos pultinės.

3.3. Ekonominiai, finansiniai ir technologiniai skaičiavimai

Įrenginio finansiniam atsiperkamumui įvertinti atliekami tiek technologiniai, tiek ekonominiai skaičiavimai. Inžinerinių sprendinių rezultatai reikalingi, kad įvertinti įrenginio ir susijusių pastatų įrengimo kainai, o ekonominių sprendinių rezultatai įvertinti įrenginio ekonominį atsiperkamumą.

3.3.1. Technologiniai skaičiavimai

Susidarius metinį alkilinio įrenginio apkrovimą, turint praktinius duomenis ir teisingai parinktus literatūroje rastus duomenis, galima sudaryti medžiagų balansą.

9 lentelė. Numatomas įrenginio darbas

Rodikliai	Matavimo vienetas	Vertė
Numatomas įrenginio darbas	Paros	365
Numatomas įrenginio sustojimas	Kartai per 5 metus	1
Numatomas įrenginio sustojimas	Paros	30
Numatomas laikas nenumatytam įrangos gedimui tvarkyti	Paros	10
Viso darbo dienos	Paros	349

Įvertinus numatomus įrenginio stabdymo paras, priimama, kad įrenginys 5 metų periode dirbs 349 dienas per metus. Toliau paruošiamas medžiagų balansas (žr. 10 lent.).

10 lentelė. Įrenginio medžiagų balansas

Įtekantis srautas							
Srautas	Santykinis tankis ρ_{15}^{15} , kg/m ³	Molinė masė M, g/mol	Kiekis				
			% nuo žaliavos	Tonos per metus t/metai	Tonos per parą t/para	Masinis debitas G, kg/h	Masinis debitas G, kg/s
Olefinai	590	57,31	83	418800,00	1200,00	50000,00	13,88
Izo-butano srautas	560	58,00	17	83760	240	10000,00	2,77
Σ	–	–	100	502560,00	1440,00	60000,00	16,66
Ištekantis srautas							
Alkilatas	710	110	82,15	412853,00	1182,96	49290,00	13,69
Propanas	500	44,00	4,33	21778,00	62,40	2600,00	0,72
Butanas	580	58,00	13,33	67008,00	192,00	8000,00	2,22
Nuostoliai, rūgštusis šlamos	-		0,18	921,00	2,64	110,00	0,03
Σ	–	–	100	502560	1440,00	60000,00	16,66

Skaičiuojamas išcentrinio siurblio galia. Šio siurblio paskirtis tiekti olefinų srautą į įrenginį, užtikrinant nepertraukiama žaliavos tiekimą. Analogiškai apskaičiuojami ir kiti siurbliai (žr. 11 lent.).

11 lentelė. Olefinų srauto parametrai

Komponentas	Tankis ρ , kg/m ³ 15,6 °C	Geometrinis aukštis H_{geom} , m	Slėgis įsiurbimo linijoje p_0 , Pa	Slėgis slėgimo linijoje p_1 , Pa	Masinis debitas G, kg/h
Olefinai	590	68	62000	140000	50000

Išcentrinio siurblio skaičiavimuose reikalingas tūrinis debitas, skaičiuojamas tūrinis debitas V:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{50000}{590} = 84,74 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (} 0,02353 \text{ m}^3/\text{s}\text{);} \quad (3.3.1.1.)$$

čia V – tūrinis debitas;
G – masinis debitas;
 ρ – tankis.

Siurblio įsiurbimo liniją ir slėgimo liniją sudaro vamzdynai, todėl skaičiuojamas trinties nuostoliai h_{tr} :

$$h_{tr} = \lambda \frac{l}{d} \times \frac{w^2}{2g}; \quad (3.3.1.2.)$$

čia h_{tr} – trinties nuostoliai;
 λ – trinties koeficientas;
l – įsiurbiamo arba slėgimo vamzdžio ilgis;
d – įsiurbimo arba slėgimo vamzdžio skersmuo;
w – srauto tekėjimo greitis;
g – laisvo kritimo pagreitis.

12 lentelė. Trinties nuostoliams skaičiuoti duomenys

Siurblio srautas	Vamzdyno ilgis l, m	Srautų greitis w, m/s	Dinaminė klampa μ , Pa·s	Laisvasis kritimo pagreitis g, m/s ²	Ekvivalentinis šurkštumas Δe , mm
Įsiurbimo l_{is}	20	1	0,001	9,8	0,2
Slėgimo l_{sl}	50	2			

Įsiurbimo ir slėgimo vamzdynai yra skirtingų skersmenų.

Skaičiuojamas vamzdynų skersmuo d_{is} ir d_{sl} :

$$d_{is} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \times w_{is}}} = \sqrt{\frac{0,023}{0,785 \times 1}} = 0,17 \text{ m} \quad (3.3.1.3.)$$

$$d_{sl} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \times w_{sl}}} = \sqrt{\frac{0,023}{0,785 \times 2}} = 0,12 \text{ m} \quad (3.3.1.4.)$$

Skaičiuojami įsiurbimo ir slėgimo vamzdynų linijų Reinoldso kriterijai Re_{is} ir Re_{sl} :

$$Re_{is} = \frac{w_{is} \rho}{\mu} = \frac{1 \times 0,2 \times 590}{0,01} = 11800 \quad (3.3.1.5.)$$

$$Re_{sl} = \frac{w_{sl} \rho}{\mu} = \frac{1 \times 0,15 \times 590}{0,01} = 17700; \quad (3.3.1.6.)$$

čia Re – Reilnodso kriterijus;
 μ – srauto klampa.

Vamzdynai turi savitą šurkštumą, šurkštumas naudojamas trinties nuostoliams įvertinti. Skaičiuojamas vamzdynų šurkštumas ε_{is} ir ε_{sl} :

$$\varepsilon_{is} = \frac{d_{is}}{\Delta e} = \frac{200}{0,2} = 1000; \quad (3.3.1.7.)$$

$$\varepsilon_{sl} = \frac{d_{sl}}{\Delta e} = \frac{150}{0,2} = 750; \quad (3.3.1.8.)$$

čia ε – laisvasis medžiagos tūris slėgimo ir įsiurbimo linijose;
 Δe – vidutinis šurkštumo dydis.

Skaičiuojami trinties koeficientai λ_{is} ir λ_{sl} :

$$\lambda_{is} = \frac{1}{\left(2 \lg \left(\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re_{is}} \right)^{0,9} \right) \right)^2} = \frac{1}{\left(2 \lg \left(\frac{1000}{3,7} + \left(\frac{6,81}{11800} \right)^{0,9} \right) \right)^2} = 0,0422 \quad (3.3.1.9.)$$

$$\lambda_{sl} = \frac{1}{\left(2 \lg \left(\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re_{sl}} \right)^{0,9} \right) \right)^2} = \frac{1}{\left(2 \lg \left(\frac{750}{3,7} + \left(\frac{6,81}{17700} \right)^{0,9} \right) \right)^2} = 0,0469 \quad (3.3.1.10.)$$

Įvertinus trinties koeficientus, apskaičiuojami trinties slėgio nuostoliai dėl trinties įsiurbimo ir slėgimo vamzdynuose $h_{tr.is}$ ir $h_{tr.sl}$:

$$h_{tr.is} = \lambda_{is} \times \frac{l_{is}}{d_{is}} \times \frac{w_{is}^2}{2g} = 0,0422 \times \frac{20}{0,17} \times \frac{1^2}{2 \times 9,8} = 0,215 \text{ m} \quad (3.3.1.11.)$$

$$h_{tr.sl} = \lambda_{sl} \times \frac{l_{sl}}{d_{sl}} \times \frac{w_{sl}^2}{2g} = 0,0469 \times \frac{50}{0,12} \times \frac{2^2}{2 \times 9,8} = 3,195 \text{ m} \quad (3.3.1.12.)$$

Apskaičiuojamas suminis slėgio nuostolis dėl trinties h_{tr} :

$$h_{tr} = h_{tr.is} + h_{tr.sl} = 0,215 + 3,195 = 3,410 \text{ m} \quad (3.3.1.13.)$$

13 lentelė. Išcentrinio siurblio įsiurbimo ir slėgimo linijų kliūtys

Kliūtis	Koeficientas	Įsiurbimo vamzdynas		Slėgimo vamzdynas	
		Kiekis	Suma	Kiekis	Suma
90 °	1,19	7	8,33	7	8,33
Sklandė	0,4	2	0,8	2	0,8
Įtekėjimas į vamzdį	0,2	1	0,2	–	–
Ištekėjimas iš vamzdžio	1	–	–	1	1
Suma	–	–	9,33	–	10,13

Vamzdynuose esanti armatūra turi savitus slėgio nuostolius, todėl toliau apskaičiuojami slėgio nuostoliai dėl kliūčių $h_{vk.is}$ ir $h_{vk.sl}$:

$$h_{vk.is} = \zeta_{is} \times \frac{w_{is}^2}{2 \times g} = 9,33 \times \frac{1^2}{2 \times 9,8} = 0,476 \text{ m}; \quad (3.3.1.14)$$

$$h_{vk,sl} = \zeta_{sl} \times \frac{w_{sl}^2}{2 \times g} = 10,13 \frac{2^2}{2 \times 9,8} = 2,067 \text{ m}; \quad (3.3.1.15)$$

čia ζ – įsiurbimo ir slėgimo linijų trinties koeficientas

Skaičiuojamas bendras slėgio nuostolis dėl kliūčių h_{vk} :

$$h_{vk} = h_{vk,js} + h_{vk,sl} = 0,476 + 2,067 = 2,173 \text{ m} \quad (3.3.1.16)$$

Skaičiuojami bendri slėgio nuostoliai h_n :

$$h_n = h_{tr} + h_{vk} = 3,410 + 2,173 = 5,583 \text{ m} \quad (3.3.1.17)$$

Įvertinus bendrus išcentrinio slėgio nuostolius, apskaičiuojamas siurblio slėgio aukštis H :

$$H = H_{geom} + \frac{p_1 - p_0}{\rho \times g} + h_n = 80 + \frac{17700 - 11800}{560 \times 9,8} + 5,583 = 99,44 \text{ m}; \quad (3.3.1.18)$$

čia H_{geom} – geometrinis aukštis;
 p_1 – slėgis slėgimo linijoje;
 p_0 – slėgis įsiurbimo linijoje.

Apskaičiavus išvystomą slėgio aukštį, skaičiuojama siurblio atiduodama galia N_s :

$$N_s = \frac{V \times \rho \times g \times H}{1000} = \frac{0,0235 \times 560 \times 9,8 \times 99,44}{1000} = 13,53 \text{ kW} \quad (3.3.1.19.)$$

Apskaičiuojama siurblio veleno galia N_{vel} :

$$N_{vel} = \frac{N_s}{\eta_{vel}} = \frac{13,53}{0,8} = 16,91 \text{ kW}; \quad (3.3.1.20.)$$

čia η_{vel} – siurblio elektrinio variklio naudingumo koeficientas.

Apskaičiavus siurblio variklio galiai reikalingus duomenis, skaičiuojama siurblio variklio galia N_v :

$$N_v = \beta \times \frac{N_{vel}}{\eta_v \times \eta_p} = 1,3 \times \frac{16,91}{0,8 \times 0,95} = 28,94 \text{ kW}; \quad (3.3.1.21.)$$

čia β – elektros variklio galios atsargos koeficientas;
 η_p – pavaros naudingumo koeficientas.

Toliau pateikiami rezultatai skaičiuojant srauto tikimui skirtu siurblius (žr. 14 lent.).

14 lentelė. Apskaičiuota siurblių galia

Siurblio numeris	Galia, kW	Fluido debitas, m ³ /h	Fluidas	Fluido tankis, kg/m ³
S-1 (S-2)	28,94	84,41	Olefinai	590
S-3 (S-4)	6,99	17,85	Izo-butanas	560
S-5 (S-6)	41,96	93,83	C ₃ – C ₈ angliavandeniliai	650
S-7 (S-8)	39,36	85,67	C ₄ – C ₈ angliavandeniliai	670
S-9 (S-10)	8,93	25,2	C ₃ angliavandeniliai	500

Siurblio numeris	Galia, kW	Fluido debitas, m ³ /h	Fluidas	Fluido tankis, kg/m ³
S-11 (S-12)	41,96	93,83	C ₄ – C ₈ angliavandeniliai	650
S-13 (S-14)	41,96	93,83	C ₄ – C ₈ angliavandeniliai	650
S-15 (S-16)	11,89	12,5	Izo-butanais	560
S-17 (S-18)	39,23	84,25	C ₄ – C ₈ angliavandeniliai	680
S-19 (S-20)	12,53	13,79	Butanas	580
S-21 (S-22)	33,61	69,42	Alkilatas	710

Toliau atliekami šilumokaičio skaičiavimai, kitiems šilumokaičiams skaičiavimai atliekami analogiškai. Toliau pateikiamas reaktoriaus-šilumokaičio skaičiavimai (žr. 15 lent.).

15 lentelė. Šilumokaičio skaičiavimai

Rodiklis	Matavimo vienetas	Vertė
Šaldalo masinis debitas G _s	kg/h	60000
Šildalo temperatūra t _{k1}	°C	25
Šildalo temperatūra t _{k2}	°C	14
Šildalo temperatūra t _{k3}	°C	7
Šaldalo temperatūra t _{s1}	°C	-4
Šaldalo temperatūra t _{s2}	°C	6
Šaldalo tankis ρ ₁₅ ¹⁵	kg/m ³	560
Šildalo tankis ρ ₁₅ ¹⁵	kg/m ³	1650
Šilumos perdavimo koeficientas k	W/(m ² *K)	2000
Pasirenkamas vamzdelių ilgis L	m	6
Vamzdelių vidinis skersmuo d ₁	m	0,03
Vamzdelių išorinis skersmuo d ₂	m	0,035
Skersinių pertvarų skaičius	vienetai	2
Šaldalo greitis virintuve w ₁	m/s	3
Šildalo greitis virintuve w ₂	m/s	0,2

Apskaičiuojamos abiejų srautų entalpijos h:

$$h = \frac{0,0017 \times T^2 + 0,762 \times T - 334,25}{\sqrt{\rho}}, \quad (3.3.1.22)$$

čia T – temperatūra Kelvinais;
ρ – tankis.

$$h = (129,58 + 0,134 \times T + 0,00059 \times T^2) \times (4 - \rho_{15}^{15}) - 308,99 \quad (3.3.1.23)$$

Karšto srauto entalpijos h_{k1}, h_{k2} ir h_{k3}:

$$h_{k1} = (129,58 + 0,134 \times 298 + 0,00059 \times 298^2) \times (4 - 1,65) - 308,99 = 356,72 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.24)$$

$$h_{k2} = (129,58 + 0,134 \times 287 + 0,00059 \times 287^2) \times (4 - 1,65) - 308,99 = 340,91 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.25)$$

$$h_{k3} = \frac{0,0017 \times (273+7)^2 + 0,762 \times (273+7) - 334,25}{\sqrt{1,65}} = 0,305 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.26)$$

Šaltojo srauto entalpijos h_{s1} , h_{s2} ir h_{s3} :

$$h_{s1} = \frac{0,0017 \times (273 + (-4))^2 + 0,762 \times (273 + (-4)) - 334,25}{\sqrt{0,56}} = -0,264 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.26)$$

$$h_{s2} = \frac{0,0017 \times (273 + (-1))^2 + 0,762 \times (273 + (-1)) - 334,25}{\sqrt{0,56}} = -0,05 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.27)$$

$$h_{s3} = (129,58 + 0,134 \times 272 + 0,00059 \times 272^2) \times (4 - 0,56) - 308,99 = 425,93 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.28)$$

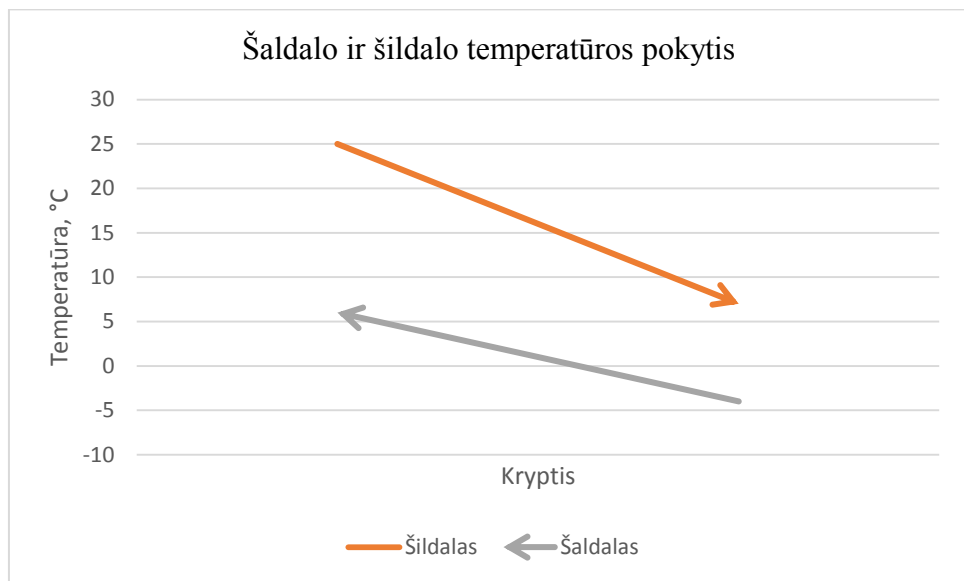
Skaičiuojama reikalinga šiluma, kurią reikia pašalinti, kad srautas būtų atšaldytas iki reikiamos temperatūros, Q:

$$Q = G_s \times (h_{s3} - h_{s1}) \times \eta = 60000 \times (425,93 - (-0,264)) \times 1,05 = 25571868,85 \text{ kJ}; \quad (3.3.1.29)$$

čia G_s – šildalo debitas;
 η – šilumos perdavimo koeficientas.

Skaičiuojamas reikalingas šaldalo debitas, G_v :

$$G_v = \frac{Q}{(h_{k1} + h_{k2} + h_{k3})} = \frac{25571868,85,5}{356,72 + 340,91 + 0,305} = 36638 \text{ kg/h} \quad (3.3.1.30)$$



39 pav. Šaldalo ir šildalo temperatūros pokytis

Skaičiuojamas logaritminis temperatūros skirtumas, $\Delta\tau_v$, kuris reikalingas šildomojo paviršiaus ploto skaičiavimui:

$$\Delta\tau_v = \frac{\Delta t_d - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_d}{\Delta t_m}} = \frac{18 - 3}{\ln \frac{18}{3}} = 8,37 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.3.1.31)$$

$$\Delta t_d = t_{k1} - t_{k3} = 25 - 7 = 18 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.3.1.32)$$

$$\Delta t_m = t_{s2} - t_{s1} = (-1) - (-4) = 3 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.3.1.33)$$

čia Δt_d – šildalo temperatūrų skirtumas;
 Δt_m – Šaldalo temperatūrų skirtumas.

Skaičiuojamas šildomojo paviršiaus plotas F:

$$F = \frac{G_v \times (h_{k1} - h_{k3})}{k \times \Delta t_v} = \frac{36638,47 \times (356,72 - 0,305)}{2000 \times 8,37} = 818 \text{ m}^2; \quad (3.3.1.34)$$

$$Q = 26850462 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 7458467 \text{ W}; \quad (3.3.1.35)$$

čia Šilumos perdavimo koeficientas $k = 700 - 2800 \text{ W}/(\text{m} \times \text{K})$.

Nustatomas šilumokaičio naudingumas, skaičiuojamas per šildomojo paviršiaus plotą gautą šilumos srautą:

$$\frac{Q}{F} = \frac{7458467}{818} = 9107,46 \text{ W}/\text{m}^2 \quad (3.3.1.36)$$

Šilumokačio darbas naudingas, nes $9104,46 \text{ W}/\text{m}^2 > 2328 \text{ W}/\text{m}^2$, $2328 \text{ W}/\text{m}^2$ vertė parenkama iš literatūros.

Toliau atliekami konstrukciniai šilumokaičio skaičiavimai.

Skaičiuojamas tekamasis skerspjuvio plotas f_1 :

$$f_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \times w_1} = \frac{\frac{60000}{3600}}{560 \times 2,5} = 0,0119 \text{ m}^2 \quad (3.3.1.37)$$

Skaičiuojamas vamzdžių skaičiuotinas skersmuo d_s :

$$d_s = 0,5 \times (d_1 + d_2) = 0,5 \times (0,03 + 0,035) = 0,0325 \text{ m}; \quad (3.3.1.38)$$

čia d_1 – vidinis vamzdžio skersmuo;
 d_2 – išorinis vamzdžio skersmuo.

Skaičiuojamas vienos vamzdžių skaičius z_1 :

$$z_1 = \frac{F}{\pi \times d_s \times L} = \frac{818}{3,14 \times 0,0325 \times 6} = 1141 \text{ vnt.}; \quad (3.3.1.39)$$

čia π – pi, apskritimo konstanta;
L – vamzdžių ilgis.

Vamzdžiai išdėstyti taisyklingu šešiakampiu. Tikrinamas vamzdžių skaičius pagal tokį išdėstymą, kad užimtų visą naudingą plotą, perskaičiuojamas vamzdžių skaičius:

$$z = 3a \times (a - 1) + 1; \quad (3.3.1.40)$$

čia z – vamzdžių skaičius virintuve;
 a – vamzdžių skaičius didžiausioje kraštinėje.

Ši lygtis sprendžiama su MS „EXCEL“ programa. Panaudojus komanda „Solver“ gaunama $a = 20,912$ vamzdžiai, todėl apvalinama iki sveiką skaičių – 21. Pagal pataisą perskaičiuojamas vamzdžių skaičius šilumokaityje z :

$$z = 3 \times a \times (a - 1) + 1 = 3 \times 21 \times (21 - 1) + 1 = 1261 \text{ vnt.} \quad (3.3.1.41)$$

Perskaičiuotas vamzdžių skaičius apvalinamas iki lyginio skaičiaus, kuris lygus 1262 vnt.

Skaičiuojamas vidinis šilumokaičio skersmuo D:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F_a}{\pi}} + D_1 = \sqrt{\frac{4 \times 1,19}{3,14}} + 1,64 = 3,38 \text{ m} \quad (3.3.1.42)$$

D₁ apskaičiuojamas pagal toliau pateikta formulę.

$$D_1 = \sqrt{\frac{V_1}{L \times \pi}} = \sqrt{\frac{100}{12 \times 3,14}} = 1,64 \text{ m;} \quad (3.3.1.43)$$

čia V₁ – priimamas reikalingas sieros rūgšties kiekis reaktoriuje (100 m³/h > 84,41 m³/h).

Skaičiuojamas aktyvusis rėtinės plokštės plotas F_a:

$$F_a = F_n + F_1 = 1,08 + 0,11 = 1,19 \text{ m}^2 \quad (3.3.1.44)$$

Skaičiuojamas užimamas vamzdžių plotas F_n:

$$F_n = z \times F_0 = 1262 \times 0,00085 = 1,08 \text{ m}^2 \quad (3.3.1.44)$$

Skaičiuojamas vienam vamzdžiui reikalingas plotas F₀:

$$F_0 = \sin \gamma \times t^2 = \sin(37,94) \times 0,06^2 = 0,00085 \text{ m}^2 \quad (3.3.1.45)$$

Tarp vamzdiniame sraute, skystis teka išilgai šilumokaičio, kuriame įrengiamos 4 skersinės pertvaros. Skaičiuojamas tekamasis skerspjūvio plotas f₂:

$$f_2 = z \times \left(\frac{t^2 \times \sin(\gamma)}{\varphi} - \frac{\pi \times d^2}{4} \right) = 1262 \times \left(\frac{0,06^2 \times \sin(37,94)}{0,8} - \frac{3,14 \times 0,0325^2}{4} \right) = 0,141 \text{ m}^2; \quad (3.3.1.46)$$

čia φ – rėtinės plokštės užpildymo koeficientas (priimamas φ=0,8).

Gauti konstrukciniai parametrai surašomi į lentelę (žr. 16 lent.).

16 lentelė. Šilumokaičio parametrai

Vamzdžių skaičius, vnt.	Korpuso vidinis skersmuo D, m	Korpuso ilgis, L m	Skersinių pertvarų skaičius
1262	3,4	12	4

Alkilinimo įrenginyje numatomos trys kolonos – deizopropanizatorius, deizobutanizatorius ir debutanizatorius. Pirmieji skaičiavimai atliekami debutanizatoriui ir analogiškai skaičiavimai atliekami kitoms kolonom.

Kolonos viršaus išvedimo sraute yra butano dujos (99 %), kolonos apatiniame išvedimo vamzdyje sudaro 99 % skystas alkilatas. Viršaus ir apačios kolonos temperatūroms apskaičiuoti naudojama Antuano lygtis (žr. 3.3.1.47 lygtį).

$$\ln P = A - \frac{B}{T+C}; \quad (3.3.1.47)$$

čia A, B ir C – analizuojamos medžiagos konstantos;
T – temperatūra Kelvais.

17 lentelė. Pasirenkami duomenys iš žinyių.

Viršaus temperatūrai					
Komponentas	A	B	C	y _i	x _i
Butanas	9	2154	239,15	0,9926	0,99
Alkilatas	9,0825	3035	216,15	0,0074	0,01
Apačios temperatūrai					
Alkilatas	9,1058	1872,46	248	0,6218	0,99
Butanas	9,0825	1807,53	247	0,3782	0,01

Kolonos viršutinio srauto temperatūra randama apskaičiuojant Antuano lygtį. Temperatūrinės reikšmės nuspėjamos naudojantis Antuano lygtimi, skaičiavimai atliekami MS „EXCEL“ programa. Slėgis ir koeficientai pasirenkami iš literatūrinių šaltinių. Skaičiuojama kolonos viršaus temperatūra:

Surandamas savitasis sočiųjų garų slėgis:

$$P_1 = 2,7^{A - \frac{B}{T+C}} \times 101325 = 2,7^{9 - \frac{2154}{39+239,15}} \times 101325 = 352776 \text{ Pa (butano)} \quad (3.3.1.48)$$

$$P_2 = 2,7^{A - \frac{B}{T+C}} \times 101325 = 2,7^{9,0825 - \frac{3035}{39+216,15}} \times 101325 = 5713 \text{ Pa (alkilato)} \quad (3.3.1.49)$$

Kolonos viršaus slėgis 332000 Pa. Apskaičiuojamas, kuris komponentas yra dujų agregatinėje būsenoje minėtomis sąlygomis:

$$k_{i1} = \frac{P_1}{332000} = 1,06 \quad (3.3.1.50)$$

$$k_{i2} = \frac{P_2}{332000} = 0,017 \quad (3.3.1.51)$$

Prie šių sąlygų, dujų agregatinėje būsenoje bus butanas, viršaus temperatūra 39 °C.

18 lentelė. Kolonos viršutinio srauto skaičiavimų rezultatai

Komponentai	t _v , °C	t, °C	y _i	P _i , Pa	k _i = P _i /π	y _i /k _i
Butanas	-1	39	0,9981	352776	1,006	0,6868
Alkilatas	50		0,0019	5713	0,017	0,3190
Σ			1			1

Taip pat atliekami kolonos apatinio srauto temperatūros skaičiavimai, kolonos apačios temperatūra 150 °C.

19 lentelė. Kolonos apatinio srauto skaičiavimų rezultatai

Komponentai	t _v , °C	t, °C	x _i	P _i , Pa	k _i = P _i /π	k _i *x _i
Butanas	-1	150	0,01	452776	1,2	0,11
Alkilatas	50		0,99	222856	0,017	0,89
Σ			1			1

Skaičiuojamos srautų savitosios entalpijos

$$h = \frac{0,0017 \times T^2 + 0,762 \times T - 334,25}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} \quad (3.3.1.52)$$

$$h = (129,58 + 0,134 \times T + 0,00059 \times T^2) \times (4 - \rho_{15}^{15}) - 308,99 \quad (3.3.1.53)$$

Skaičiuojama žaliavos entalpija $h_{z(s)}$:

$$h_{z(s)} = \frac{0,0017 \times 303^2 + 0,762 \times 303 - 334,25}{\sqrt{0,68}} = 63,92 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.54)$$

Skaičiuojama įtekančio recirkulianto entalpija $h_{R1(s)}$:

$$h_{R1(s)} = \frac{0,0017 \times 413^2 + 0,762 \times 413 - 334,25}{\sqrt{0,65}} = 335,41 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.55)$$

Skaičiuojama įtekančio išgarinto recirkulianto entalpija $h_{R1(d)}$:

$$h_{R1(d)} = (129,58 + 0,134 \times 413 + 0,00059 \times 413^2) \times (4 - 0,08) - 308,99 = 810,39 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.56)$$

Skaičiuojama ištekančio recirkulianto entalpija $h_{R2(s)}$:

$$h_{R2(s)} = \frac{0,0017 \times 403^2 + 0,762 \times 403 - 334,25}{\sqrt{0,65}} = 308,761 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.57)$$

Skaičiuojama ištekančio skysto butano entalpija $h_{H6(s)}$:

$$h_{H6(s)} = \frac{0,0017 \times 313^2 + 0,762 \times 313 - 334,25}{\sqrt{0,54}} = 96,35 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.58)$$

Skaičiuojama ištekančio alkilato entalpija $h_{H8(s)}$:

$$h_{H8(s)} = \frac{0,0017 \times 415^2 + 0,762 \times 415 - 334,25}{\sqrt{0,7}} = 328,404 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.59)$$

Skaičiuojama ištekančių butano garų entalpija $h_{H8(d)}$:

$$h_{H8(d)} = (129,58 + 0,134 \times 316 + 0,00059 \times 316^2) \times (4 - 0,08) - 308,99 = 595,899 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.60)$$

Įvertinamos srautų šiluminės vertės:

$$Q = h \times G \quad (3.3.1.61)$$

Skaičiuojama žaliavos šiluminė vertė $Q_{z(s)}$:

$$Q_{z(s)} = 63,92 \times 60000 = 3835310 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.62)$$

Skaičiuojama įtekančio neišgarinto recirkulianto šiluminė vertė $Q_{R1(s)}$:

$$Q_{R1(s)} = 335,41 \times 35000 = 11739659 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.63)$$

Skaičiuojama įtekančio išgarinto recirkulianto šiluminė vertė $Q_{R1(d)}$:

$$Q_{R1(d)} = 810,39 \times 20000 = 16207924 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.64)$$

Skaičiuojama ištekančio skysto recirkulianto šiluminė vertė $Q_{R2(s)}$:

$$Q_{R2(s)} = 308,76 \times 55000 = 16981870 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.65)$$

Skaičiuojama ištekancio alkilato šiluminė vertė $Q_{H8(s)}$:

$$Q_{H8(s)} = 328 \times 49290 = 16187033 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.67)$$

Skaičiuojama ištekanciu butano garų šiluminė vertė $Q_{H8(d)}$:

$$Q_{H6(s)} = 96,35 \times 8000 = 770808 \text{ kJ/h} \quad (3.3.1.68)$$

20 lentelė. Debutanizatoriaus perskyrimo kolonos šilumos balansas

Įtekantis srautas					
Srautas	Žymėjimas	Temperatūra t, °C	Debitas G, kg/h	Entalpija h, kJ/h	Šiluma Q, kJ
Žaliava	ž(s)	30	60000	63,92	3835310
Recirkuliatas	R _{1(s)}	140	35000	335,41	11739658
Recirkuliatas	R _{1(d)}	140	20000	810,39	16207924
Recirkuliatas	R _{3(s)}	42	69558	101,33	7048355
Σ					38831249
Ištekantis srautas					
Alkilatas	H _{8(s)}	142	49290	328,40	16187033
Butanas	H _{6(s)}	40	8000	96,35	770808
Recirkuliatas	R _{2(s)}	130	55000	308,76	16981870
Butanas	H _{6(d)}	43	8000	595,899	4767192
Šilumos nuostoliai	Q _n				100000
Σ					38806904

Šiluminiai nuostoliai Q_n priimami iš praktinių žinių

Skaičiuojamas flegmos skaičius (R):

$$R = \frac{G_D}{H_{6(s)}} = \frac{59558}{8000} = 8,69; \quad (3.3.1.69)$$

čia G_D – srauto debitas, kuris gražinamas į koloną;
 $H_{6(s)}$ – srautas tiekiamas į rezervuarus.

Skaičiuojami kolonos geometriniai matmenys:

Garų slėgis yra didesnis kaip 0,4 MPa. Garų debito (V) skaičiavimui naudojama lygtis su tamprumo faktoriumi (z):

$$V = 22,4 \times \frac{T}{273} \times \frac{101325}{P} \times z \times \sum \frac{G_i}{M_i}; \quad (3.3.1.70)$$

$$V = 22,4 \times \frac{316}{273} \times \frac{101325}{350000} \times 0,8 \times \sum \frac{13,69}{108} + \frac{2,22}{58} = 0,97 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \quad (3.3.1.71)$$

čia z – tamprumo faktorius kuris parenkamas iš literatūros.

Skaičiuojamas kolonos skersmuo (d):

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times w}}; \quad (3.3.1.72)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,97}{3,14 \times 0,4}} = 1,76 \text{ m}; \quad (3.3.1.73)$$

čia w – didžiausias leistinas garų greitis kuris parenkamas iš praktinių žinių.

Skaičiuojamas aukštis H:

$$h_1 = 0,5 \times d = 0,88 \text{ m} \quad (3.3.1.74)$$

$$h_2 = (n - 1) \times a = (20 - 1) \times 0,6 = 11,4 \text{ m} \quad (3.3.1.75)$$

$$h_3 = 3 \times a = 3 \times 0,6 = 1,6 \text{ m}$$

$$h_4 = (n - 1) \times a = (20 - 1) \times 0,6 = 11,4 \text{ m} \quad (3.3.1.76)$$

čia: a – atstumas tarp lėkščių; n – lėkščių skaičius lėkščių.

$$h_5 = 2 \text{ m (priimamas)}$$

$$h_6 = r + \frac{V_{\text{likučio}} - V_{\text{pusferinės}}}{F_{\text{skerspjūvio}}} = 1,3 \times \frac{6 - 3,86}{4,48} = 0,62 \text{ m} \quad (3.3.1.76)$$

$$V_{\text{likučio}} = \frac{G_{\text{likučio}} \times 600}{\rho_{\text{likučio}}} = \frac{7 \times 600}{700} = 6 \text{ m}^3 \quad (3.3.1.77)$$

$$V_{\text{pusferinės}} = \frac{2}{3} \times \pi \times r^3 = \frac{2}{3} \times 3,14 \times 1,3^3 = 3,86 \text{ m}^3 \quad (3.3.1.78)$$

$$F_{\text{skerspjūvio}} = \pi \times r^2 = 3,14 \times 1,3^2 = 4,48 \text{ m}^2 \quad (3.3.1.79)$$

$$h_7 = 2 \text{ m (priimamas)}$$

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 = 0,9 + 11,4 + 1,6 + 11,4 + 2 + 0,6 + 2 \approx 30 \text{ m} \quad (3.3.1.80)$$

21 lentelė. Kolonų geometriniai duomenys

Geometriniai duomenys	K-1	K-2	K-3
d, m	1,6	2,2	1,8
h ₁ , m	0,9	1,3	0,9
h ₂ , m	11,4	30,0	11,4
h ₃ , m	1,6	1,5	1,6
h ₄ , m	13,4	10	11,4
h ₅ , m	2,00	2	2,00
h ₆ , m	0,6	1,7	0,6
h ₇ , m	2	3,5	2
Σ, m	32	50	30

3.4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Naujo įrenginio įgyvendinimas numatomas naftos perdirbimo ir naftos produktų gamybos įmonėje – AB „ORLEN Lietuva“, kuri savo veiklą vykdo nuo 1980 metų. Įmonėje įdiegti pirminės distiliacijos (atmosferinės reaktifikacijos), vakuuminės distiliacijos, visbrekingo ir katalizinio krekingo procesai padidina išgaunamų šviesiųjų produktų kiekį. O įrengti produktų paruošimo procesai (benzino hidrovalymo, žibalo hidrovalymo ir dyzelino hidrovalymo) užtikrina geriausią produktų kokybę. Taip

pat AB „ORLEN Lietuva“ 2019 metais pradėjo gaminti naftos chemijos pramonei skirtą propileną, kurio koncentraciją didesnė nei 99,5 % (polimerinės klasės).

AB „ORLEN Lietuva“ esantis katalizinio krekingo procesas pagamina didesnį kiekį šviesiųjų produktų iš vakuuminės distiliacijos vakuuminio distiliato produkto. Dalį šių šviesiųjų produktų, butanų ir butenų mišinį, numatoma tiekti į naujai įrengiamą alkilinio įrenginį, benzino komponento gamybai. Alkilinio įrenginio pagalba butanų ir butenų mišinys, paverstas į benzino komponentą, užtikrins didesnį naftos perdirbimo ir naftos produktų paruošimo įmonės grynojo pelno augimą.

Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai atliekami priimant, kad alkilinio įrenginys įgyvendinamas AB „ORLEN Lietuva“ teritorijoje, todėl nenumatomos investicijos naujo sklypo įsigijimui. Taip pat įrenginio žaliavą tiekia katalizinio krekingo įrenginys, o visą reikalingą vamzdynų komunikaciją numatoma įrengti iš jau esamos AB „ORLEN Lietuva“ tarp cechines komunikacijos sistemos. Skaičiavimais priimamos realios įrenginių, bei statybos paslaugų kainos $\pm 50\%$ tikslumu [37].

3.4.1. Projekto investicijos

Toliau pateikiama informacija susijusi su projektui numatomomis statybinėmis, technologinėmis ir ilgalaikėmis investicijomis. Numatoma, kad didžioji dalis pirminių žaliavų bus tiekama iš įmonės resursų, lentelėje pateikiami duomenys trumpalaikiam turtui įsigyti (tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms). Duomenys pateikiami remiantis galimomis produkcijos (žaliavos) vertėmis (t. y. gauti įmonės produktai nėra realizuojami tiesiogiai, iš jų negaunama grąža, tačiau siunčiami į naują įrenginį kaip žaliava ir pagaminamas naujas produktas).

22 lentelė. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	Tūkst. Eur	Struktūra	Tūkst. Eur
a) Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	102875,5	a) Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	109475,5
b) Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	185491	b) Paskolos: - ilgalaikės - trumpalaikės	-
c) Statybos, montavimo darbų kaštai	66000	c) Kiti finansavimo šaltiniai	-
Viso kaštų:	109475,5	Viso šaltinių:	109475,5

Statant naują įrenginį yra numatoma įdiegti įvairius technologinius įrenginius, aparatus, srautų valdymui skirtus vožtuvus, matavimo prietaisus ir kt.

23 lentelė. Technologinių įrengimų vertė

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vertė, tūkst. Eur.
1.	Technologiniai įrengimai	54103,77
2.	Kėlimo ir transportavimo įrengimai	13526,01
3.	Vertingas inventorius	10144,48
4.	Kiti įrenginiai	777,74
5.	Nenumatytos išlaidos	15710,04
Viso:		94262

Toliau pateikiama statytos kaštų suvestinė. Sklypo kaina neįtraukiama, nes įrenginys įgyvendinamas jau esamoje AB „ORLEN Lietuva“ teritorijoje.

24 lentelė. Suvestinė statybos kainų skaičiuotė

Objekto, darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, Eur		Viso
	Statybos ir montavimo darbų	Kitos išlaidos	
1. Statybinės teritorijos paruošimas			
1.2 Esamų pastatų nugriovimas	300000	150000	450000
1.3 Aikštelės paruošimas	1000000	500000	1500000
2. Statybos darbai ir objektai			
2.1. Gamybinių įrenginių ir aparatų įrengimo išlaidos	94262383	4713119	98975501,64
2.2. Įrenginio pultinės statyba	6000000	600000	6600000
2.2. Vandentiekio sistemos įrengimas	300000	150000	450000
2.3. Elektros sistemos įrengimas	300000	150000	450000
2.4. Priešgaisrinės sistemos įrengimas	1000000	50000	1050000
3. Kitos išlaidos	-	-	6313119

Įrenginio pultinėje numatomas žmonių skaičius – 24. Toliau pateikiama kaštų, skirtų darbo baldams įsigyti, suvestinė.

25 lentelė. Išlaidos baldams

Pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, tūkst. Eur	
		Vieno	Visų
1	2	3	4 = 2 x 3
Darbo stalas	12	372	4,464
Darbo kėdė	24	172	4,128
Darbo rūbų spinta	5	196	0,98
Suolelis	2	92	0,184
Tualetas	4	400	1,6
Kriauklė	4	130	0,52
Šaldytuvas	1	929	0,929
Sofa	2	509	1,018
Rūbų spintelė	70	73	5,11
Dušo kabina	24	100	2,4
Kompiuteris	15	500	7,5
Videoterminalas	60	120	7,2
Viso:	-	-	36,033

3.4.2. Gamybos kaštai

Alkilinimo įrenginio numatoma žaliava butanų ir butenų mišinys iš katalizinio krekingo įrenginio. Taip alkilnimo įrenginiui reikalingas izo-butano kiekis tiekiamas iš naftos dujų frakcionavimo įrenginio. Priimama, kad didžiąją dalį medžiagų tiekama iš AB „ORLEN Lietuva“ produktų resursų,

tačiau įvertinama, kiek pajamų prarandama nerealizavus medžiagų rinkoje. Toliau pateiktose lentelėse pateikiama informacija susijusi su tiesioginėmis ir netiesioginėmis išlaidomis.

26 lentelė. Pagrindinių medžiagų poreikio ir išlaidų planas

Medžiagos pavadinimas	Gamybos planas, t/metus	Medžiagos kaina, Eur/t	Medžiagos sunaudojimas vienai tonai pagrindinio produkto, t/t	Medžiagų kaštai	
				Viso tūkst. Eur	Vienai tonai pagrindinio gaminio, Eur/t
Olefinai	418800	365	1,0144046	152862	370,26
Izo-butanas	83760	365	0,2028809	30572	74,05
Koncentruota sieros rūgštis	35040	43	0,0848728	1507	3,65
Natrio šarmas	360,5	853	0,0008732	308	0,74
Vandens adsorbentas	40	1450	0,0000969	58	0,14
Rūgštinių junginių adsorbentas	100	1850	0,0002422	185	0,45
Suma:				185491,63	449,29

Įrenginio stabiliam darbui užtikrinti yra sunaudojama elektros energija. Ši energija naudojama elektrinių siurblių, kompresoriaus ir kitų prietaisų darbui. Toliau pateiktoje lentelėje atlikta procesui reikalingos elektros energijos suvartojimo suvestinė.

27 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas ir markė	Įrengimų skaičius, vnt.	Galios poreikis, kW	Darbo valandų skaičius metuose, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1kWh kaina, Eur ¹	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5 = 2 x 3 x 4	6	7 = 5 x 6
SiurbLIAI	11	368,832	8760	3230968,32	0,1	323,1
Kompresorius	1	2750	8760	24090000	0,1	2409,0
Kita elektroninė įranga	-	26	8760	227760	0,1	22,8
Viso:						2754,9

Alkilinimo įrenginio procesui yra numatoma tiekti aušinimui skirtas vanduo ir šildymui skirtas vandens garą. Toliau pateikto lentelėje įvertinami procesui reikalingo vandens kaštai.

28 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

Gaminio pavadinimas	Didžiausias paros debitas, m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur/m ³	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
1	2	3	4	5 = 2 x 3 x 4
Vanduo procesui	4800	876000	0,2	175,2
Vandens garas procesui	720	10950	20	219
Viso:	5520	886950	20,2	394,4

¹ <https://ignitis.lt/lt/elektra-namams/elektros-kainu-planai-nuo-2021-m> [žiūrėta 2021-04-24]

Numatoma, kad įrenginys bus stabdomas kas penkerius metus planiniam remontui. Šios planinės ir tiesioginės darbo užmokesčio išlaidos pateikiamos sekančioje lentelėje (žr. 31 lent.).

29 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Projekto gyvavimo metai	Gamybos planas	Valandinis atlyginimas, Eur/h		Mėnesinis darbo užmokestis vienam darbuotojui, eur/mėn.	Reikalingas darbuotojų skaičius per mėnesį	Darbo užmokestis, tūkst. Eur/mėn	Atskaitymai VSD, GF, IDIF tūkst. Eur	Viso, tūkst. Eur
		Dieninis tarifas	Naktinis tarifas					
5	460680	20	30	2880	75	216	3,8232	219,8232
10	460680	20	30	2880	75	216	3,8232	219,8232
15	460680	20	30	2880	75	216	3,8232	219,8232

3.4.2.1. Netiesioginiai gamybos kaštai

Netiesioginiai gamybos kaštai yra nesusiję su gamybos apimtimis, įrenginio darbo valandomis ir kitomis su procesu susijusiomis sąlygomis.

Nepriklausomai nuo ar įrenginys dirba ar ne (pvz. yra remontuojamas), darbo užmokestis mokamas įrenginio operatoriams, įrenginio administraciniam personalui, valymo paslaugas atliekantiems darbuotojams. Nuo 2019 metų įvestas įstatymas, kad 1,77 % atskaičiuojama atimant iš bruto darbuotojo darbo užmokesčio. Įrenginio pultinė projektuota 24 asmenims, tačiau alkilinimo įrenginio palaikymui reikalingą personalą sudaro 15,5 operatorių, 0,3 administracijos personalo dabuotojas, 5 mėginių ėmėjai ir viena valytoja (darbuotojų skaičius pateikiamas ne pilnais sveikaisiais skaičiais, pabrėžiant jog įrenginio personalas dirba ir su kitais gamybos įrenginiais). Toliau pateiktoje lentelėje pateikiama bruto darbo užmokesčio suvestinė.

30 lentelė. Netiesioginiai gamybos kaštai darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Pagrindinis fondas, tūks. Eur	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, tūkst. Eur	Su darbuotojais susijusios išlaidos, tūkst. Eur
1	2	3	4 = 2 x 3 x 12 mėn.	5 = 1,77 % nuo 4	6 = 4 + 5
Gamybos padalinio direktoriaus pavaduotojas	0,1	6000	7,2	0,12	7,32
Įrenginių viršininkas	0,2	4000	9,6	0,16	9,76
Įrenginių vyr. operatorius	0,5	2600	15,6	0,27	15,87
Įrengimų operatorius	15	2100	378	6,69	384,69
Mėginių ėmėjas	5	1200	72	1,27	73,27
Valytoja	1	800	9,6	0,16	9,76
Viso:			492	8,70	500,70

Įrenginio darbuotojams numatomas tiek šilto, tiek šalto vandens tiekimas asmens higienai palaikyti. Toliau pateiktoje lentelėje nurodomi numatomi vandens kiekiai.

31 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 darb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, Eur ²	Išlaidos vandeniui, tūkst. Eur
1	2	3	4	5 = 3 x 4
Šaltam vandeniui	40	728,83	1,2	0,87
Šiltam vandeniui	20	364,41	3,5	1,27
Viso:	60	1093,24	-	2,15
Eksploatacinės išlaidos				0,32
Iš viso:				2,47

Numatomas įrenginio pultinės šildomasis plotas sudaro 800 m². Numatoma, kad pultinės šildymus bus reikalinga 12,8 MWh per mėnesį, toliau pateiktoje lentelėje pateikiama suvestinė skirta šildymui.

32 lentelė. Netiesioginės išlaidos šildymui

Išlaidų pavadinimas	Šildomas plotas, m ²	Šildymui reikalingas šilumos kiekis, kWh/mėn	šildymo kaina, Eur /kWh ³	Šildymo sezonas, mėn.	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	5 = 2 x 3 x 4
Patalpų šildymas	800	12800	0,1	6	7,68
Eksploatacinės išlaidos	80	1280	0,1	0,6	0,76
Viso	880	14080	0,2	6,6	8,44

Įrenginio pultinėje ir įrenginio teritorijoje reikalingas apšvietimas. Pultinėje apšvietimas reikalingas darbui su videoterminalais, o įrenginio teritorijoje apšvietimas reikalingas aplinkos stebėjimui ir saugiam darbuotojų darbui. Toliau pateiktoje lentelėje pateikiama kaštų suvestinė už elektros energiją apšvietimui.

Išlaidų pavadinimas	Patalpų plotas, m ²	Apšvietimo norma, W/m ²	Energijos kiekis, kWh/metus	1 kWh kaina, Eur ⁴	Išlaidos elektrai, tūkst. Eur
1	2	3	4	5	6 = 2 x 3 x 4 x 5
Patalpų apšvietimas	500	10	43800	0,1	4,38
Elektros prietaisams	-	-	28504	0,1	2,85
Eksploatacinės išlaidos	-	-	7230	0,1	0,72
Viso	-	-	79533,93	-	7,95

Įvertinus gamybos kaštus toliau skaičiuojama produkcijos savikaina. Pagrindinio produkto savikaina apskaičiuojama viso gamybos kaštus dalinant iš numatomos produkcijos apimtys. Numatoma šalutinių produktų savikaina tokia pati kaip ir žaliavų. Toliau lentelėje pateikiama gaminių savikaina ir gamybos kaštų suvestinė.

² <http://www.mvandenys.lt/index.php/gyventojams/paslaugos-tarifai> [žiūrėta 2021-04-23]

³ <http://www.mst.lt/2021-04.html> [žiūrėta 2021-04-23]

⁴ <https://ignitis.lt/lt/elektra-namams/elektros-kainu-planai-nuo-2021-m> [žiūrėta 2021-04-24]

33 lentelė. Gamybos kaštų suvestinė

Pavadinimas	Vertė, tūkst. Eur
1. Pagrindinės medžiagos	185491,63
2. Energija (šiluminė, elektros)	2754,9
3. Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis	544,67
4. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	12,5316
5. Netiesioginės gamybos išlaidos	18,87
6. Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	188822,58
7. Alkilato produkcijos planas, t/metus	412853
8. Kitų produktų, t/metus	88786
9. Pagrindinio produkto gamybinė savikaina, Eur/t	457
10. Kitų produktų savikaina, Eur/t	365

3.4.3. Veiklos kaštai

Pagaminta produkcija turi būti pelningai parduota ir pristatyta pirkėjui. Į veiklos sąnaudas įtraukiami logistikos kaštai, administravimo kaštai ir kitos išlaidos susijusios su administracija. Veiklos sąnaudos pateikiamos lentelėje (žr. 35 lent.).

34 lentelė. Veiklos kaštų suvestinė

Išlaidų rūšys	Suma, tūkst. Eur
1. Pardavimų sąnaudos	
1.1. Prekių išvežimas	501,63
2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos	
2.1. Išlaidos darbo saugai	0,72
2.2. Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	10
2.3. Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	0,17
2.4. Energija	4,38
Viso	516,48

Apskaičiuoti veiklos kaštai sudaro mažiau nei 5 % nuo visų gamybos kaštų, todėl veiklos sąnaudų sumą priimama 5 % nuo visų gamybos kaštų – 9441,12 tūkst. Eur.

3.4.4. Gaminių kainos skaičiavimas

Atlikus visus sąnaudų skaičiavimus, įvertinamos gaminių kainos. Gaminių kainą ($G1$) susideda iš pilnosios savikainos (PSi) ir pelno (Pi), kuris įvertinamas rentabilumu (Ri).

$$G1 = PSi + Pi \quad (3.4.4.1.)$$

$$Ri = \frac{Pi}{PSi} \times 100 \quad (3.4.4.2.)$$

$$Pi = Ri \times \frac{PSi}{100} \quad (3.4.4.3.)$$

35 lentelė. Gaminio kainos skaičiavimo suvestinė

Pavadinimas	Vienetai	Alkilatas	Kiti produktai
Gamybinė savikaina	Eur	457,36	365
Veiklos sąnaudos vienai produkto tonai,	Eur/t	22,87	0
Pilnoji savikaina, P <i>S</i> i	Eur	480,23	365
Pelnas, P <i>i</i>	%	30,00	5
	Eur	144,07	18,25
Kaina, G1	Eur/t	624,30	383,25
Akcizo kaina, kurią sumoka pirkėjas	Eur/t	466	304
PVM, kurį sumoka pirkėjas	Eur/t	228,96	144,32
Pelno dalis, kurią gauna degalinių operatorius	%	15	5
	Eur/t	197,89	41,58
Galutinė kainą, kuri tiekama galutiniam pirkėjui	Eur/t	1517,15	873,15
	Eur/l	1122,68	646,13

Atliktus gaminio kainos ir pelno skaičiavimus pateikiama pelno ataskaita. Skaičiavimams naudotas 15 % pelno mokestis ir kiekvienais metais 2 % mažėjanti pardavimo apimtis.

36 lentelė. Pelno (nuostolio) ataskaita

Rodiklis, tūkst. Eur	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimo apimtis, tūkst. Eur	257954,20	252795,12	247739,21	242784,43	237928,74
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai, tūkst. Eur	188874,96	186041,83	183251,20	180502,44	177794,90
3. Bendras pelnas, tūkst. Eur	69079,25	66753,29	64488,01	62281,99	60133,84
4. Veiklos sąnaudos, tūkst. Eur	9443,75	9302,09	9162,56	9025,12	8889,74
5. Veiklos pelnas, tūkst. Eur	59635,49	57451,19	55325,45	53256,87	51244,09
6. Pelnas prieš apmokestinimą, tūkst. Eur	59635,49	57451,19	55325,45	53256,87	51244,09
7. Pelno mokestis, tūkst. Eur.	8945,32	8617,67	8298,81	7988,53	7686,61
8. Grynas pelnas, tūkst. Eur	50690,17	48833,51	47026,63	45268,34	43557,48

3.4.5. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas

Amortizacijai (nusidėvėjimui) įvertinti naudojamas tiesiogiai proporcingas (tiesinis) metodas. Šiuo metodu metinė nusidėvėjimo suma (NS) apskaičiuojama toliau pateikta formule. Iš priemonių įsigijimo vertės (PF) atimama likvidacinė vertė (LV), kuri lygi 10 %, ir dalinama iš eksploataavimo trukmės (T).

$$NS = (PF - LV)/T \quad (3.4.5.1.)$$

37 lentelė. Amortizacinių (nusidėvėjimų) suvestinė

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
1. Pastatai	6600,00	50	118,8	118,8	118,8	118,8	118,8	6006,0
2. Įrengimai	98975,5	15	5938,5	5938,5	5938,5	5938,5	5938,5	69282,8
3. Kiti įrengimai	3900	15	234	234	234	234	234	2730,0
Viso	109475,50	–	6291,3	6291,3	6291,3	6291,3	6291,3	78018,8

3.4.6. Apyvartinės lėšos

Apyvartinės lėšos reikalingos skirtumui tarp pardavimų ir kaštų panaikinti. Šios lėšos leidžia vykdyti įmonės kasdieninę veiklą ir užtikrina verslo augimą. Nulinių metų apyvartinės lėšos priimamos 60 % pirmųjų apyvartinių metų, apyvarta trunka 35 dienas. Apyvartinių lėšų suvestinė pateikiama lentelėje (žr. 38 lent.).

38 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, tūkst. Eur.	-	188874,9	186041,8	183251,2	180502,4	177794,9
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	18362,8	18087,4	17816,0	17548,8	17285,6
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	7345,1	-275,4	-271,3	-267,2	-263,2
4. Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur	11017,7	18362,8	18087,4	17816,0	17548,8	17285,6

3.4.7. Grynieji pinigų srautai

Įgyvendinus projektą apskaičiuojami grynieji pinigų srautai pirmiesiems penkeriems metams.

39 lentelė. Grynųjų pinigų srautų suvestinė

Eil. Nr.	Rodikliai, tūkst. Eur.	Projekto gyvavimo metai					
		0	1	2	3	4	5
1.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1.	Grynasis pelnas (nuostolis)	-	50690,1	48833,5	47026,6	45268,3	43557,4
1.2.	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	-	6291,3	6291,3	6291,3	6291,3	6291,3
1.3.	Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	11017,7	7345,1	(275,3)	(271,3)	(267,2)	(263,2)
1.4.	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos	(11017,7)	49636,3	55400,2	53589,2	51826,9	50112,0
2.	Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
2.1.	Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	109475,5	-	-	-	-	78018,8
	Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	(109475,5)	-	-	-	-	78018,8
3.	Bendri metiniai pinigų srautai (1+2)	(120493,2)	49636,3	55400,2	53589,2	51826,9	128130,9

Kadangi visa suma yra imama iš įmonės veiklos, akcininkai numato 10 % grąžos. Perskaičiuojami grynieji pinigų srautai diskontuojant su 10 % diskonto norma. Rezultatai pateikiami toliau (žr. 40 lent.).

40 lentelė. Diskontuoti grynieji pinigų srautai

Projekto gyvavimo metai	Projekto GPS		Diskontuoti projekto GPS	
	Metiniai GPS	Bendri GPS	Metiniai GPS	Bendri GPS
0	-120493,2	-120493,2	-120493,2	-120493,2
1	49636,3	-70856,8	45123,9	-75369,2
2	55400,2	-15456,5	45785,3	-29583,8
3	53589,2	38132,7	40262,4	10678,5
4	51826,9	89959,6	35398,4	46077,0
5	128130,9	218090,5	79559,2	125636,2

3.4.8. Diskontuotas investicijų atsipirkimo laikotarpio skaičiavimas

Apskaičiavus diskontuotas grynuosius pinigų srautus apskaičiuojamas diskontuotas atsipirkimo laikotarpis (T). Remiantis 40 lentelės duomenimis, atsipirkimas numatomas tarp antrųjų ir trečiųjų projekto gyvavimo metų.

$$T = 2 + \left(- \left(- \frac{29583,8}{40262,4} \right) \right) = 2,73 \text{ metai} \quad (3.4.8.1)$$

Projekto atsiperkamumas teigiamas nes $T < 5$ metus.

3.4.9. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Remiantis 40 lentelės duomenimis sudedami visi bendrieji grynieji pinigų srautai.

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + KK)^t} = 125636,2 \text{ tūkst. Eur.} \quad (3.4.9.1)$$

Projektas priimtinas nes $GEV > 0$ Eur. Tai reiškia, kad 125636,2 tūkst. Eur. Padidės įmonės turtas.

3.4.10. Vidinės pelno normos skaičiavimas (IRR)

Atliekant skaičiavimus MS „EXCEL“ programinė įranga apskaičiuojama IRR vertė, kuri lygi 40 %. Šis skaičius yra didesnis nei užsiduotas dėl akcininkų reikalaujamos grąžos (> 10 %), todėl projektas yra priimtinas.

3.4.11. Pelningumo indekso skaičiavimas

Pelningumo indeksas (PI) tai pelno ir išlaidų santykis.

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{GPS_i}{(1 + KK)^i} \frac{1}{GPS_0} = \frac{45123 + 45785 + 40262 + 35398 + 79559}{120493} = 2,04 \quad (3.4.9.1)$$

Projektas priimtinas nes $PI > 1$.

3.4.12. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taškas įidentifikuoja kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti, kad įmonės veikla būtų pelninga. Lūžio taškas apskaičiuojamas pagal pelningiausią produkciją ir šios produkcijos gaunamas pajamas. Lūžio taškas apskaičiuojamas pagal formulę (žr. 3.4.9.1. formulę).

41 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

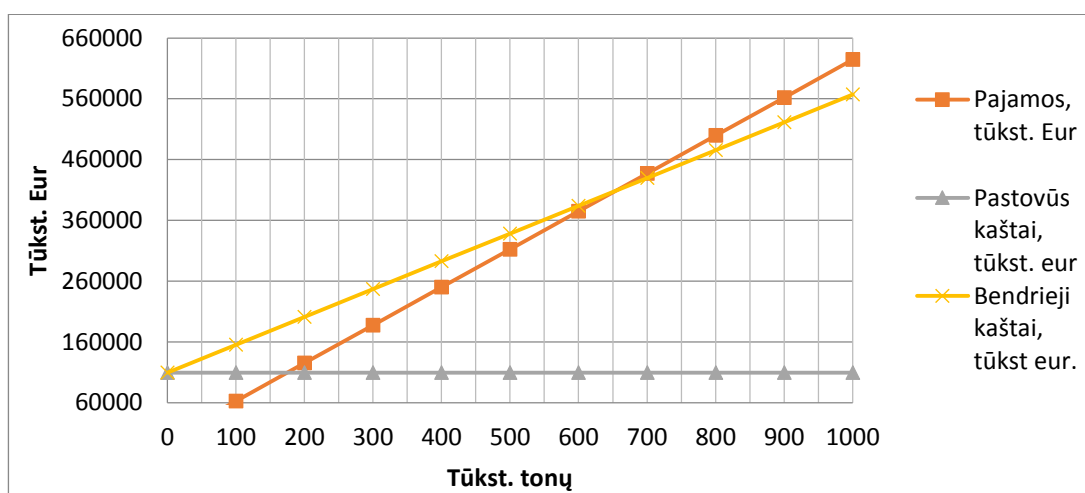
Rodikliai	Vertė
Pastoviųjų kaštų suma, tūkst. Eur	109416,08
Gaminio kaina, Eur	624,47
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	457,48
Lūžio taškas, tūkst. tonų	655
Pardavimų planas, tūkst. tonų	258

$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - kk_j} = \frac{109416,08}{(624,47 - 457,48)} = 655 \text{ tūkst. tonų}; \quad (3.4.9.1)$$

- čia B_{Lj} – j-ojo gaminio pardavimo apimtis lūžio taške;
 PK_j – j-ajam gaminiui priskiriama visa pastoviuųjų kaštų suma;
 c_j – j-ojo gaminio vienos tonos kaina;
 kk_j – j-ojo gaminio vieneto kintamieji kaštai.

42 lentelė. Projekto balansas

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4	5
0	-120493,2	-120493,2	-120493,2	-120493,2	-120493,2	-120493,2
1	-	49636,3	49636,3	49636,3	49636,3	49636,3
2	-	-	55400,2	55400,2	55400,2	55400,2
3	-	-	-	53589,2	53589,2	53589,2
4	-	-	-	-	51826,9	51826,9
5	-	-	-	-	-	128130,8
Būsimieji pinigų srautai	-120493,2	-70856,8	-15456,5	38132,7	89959,6	218090,5



40 pav. Lūžio taško grafikas

3.4.13. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai

Toliau pateikiama suvestinė pagrindinių ekonominių rodiklių suvestinė (žr. 43 lent.).

43 lentelė. Pagrindinių ekonominių rodiklių suvestinė

Rodikliai	Projekte
1. Produkcijos pardavimo apimtis, t/metus	
1.1. Alkilato	412853
1.2. Kiti produktai	88786
2. Realizacinės pajamos, tūkst. Eur	257882,7
3. Įmonės personalas, žmonėmis:	24
4. Darbo našumas, tūkst. Eur:	544,6
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur:	22968,0
6. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	188822,5
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur/t	
7.1 Alkilato	480

Rodikliai	Projekte
7.2 Kiti produktai	365
8. Grynasis pelnas, tūkst. Eur	51212,7
10. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	109475,5
11. Bendrasis pelningumas, %	26,7
12. Veiklos pelningumas, %	19,6
13. Grynasis pelningumas, %	19,8
14. Investicijų grąža (rentabilumas) %	27,6
15. Veiklos rentabilumas, %	25,8
16. Apyvartos trukmė, dienos	35
17. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	0,07
18. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	2,73
19. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	125636,22
20. Pelningumo indeksas	2,04

3.5. Aplinkosauginis vertinimas

Remiantis Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymu, planuojamas statyti alkilinio įrenginys patenka į įstatymo 1 priedo 2.8. punktą [39]:

- „2.8 tradicinių angliavandenilių (naftos) perdirbimas (išskyrus tepalo gamybą iš nevalytos naftos).“

Atliekant poveikio aplinkai vertinimą keliami šie tikslai:

1. įvertinti vandens taršą;
2. įvertinti aplinkos oro taršą;
3. įvertinti žemės ir dirvožemio taršą;
4. įvertinti įtaką visuomenės sveikatai;
5. įvertinti įtaką nekilnojamosios kultūros paveldo vertybėms.

Alkilinio įrenginys gali būti įgyvendinamas tik jau esančioje naftos perdirbimo įmonėje, kurioje naftos perdirbimas yra stabilus visus metus. Artimiausia naftos perdirbimo įmonė yra AB „ORLEN Lietuva“, kurioje yra galimybė įgyvendinti alkilinio įrenginį ir užtikrinti efektyvų, saugų šio įrenginio darbą. Todėl įrenginys siūlomas būtent šiai įmonei su tikslia įrenginio įgyvendinimo vieta.

3.5.1. Vandens tarša

Planuojama ūkinė veikla (toliau – PŪV) nutolusi nuo artimiausio paviršinio vandens telkinio (Juodeikių tvenkinys 30050282) per 506 m ir 704 m (žr. 41 pav.). PŪV patenka į pakrantės apsaugos juostą ir telkinių apsaugos juostą. Tačiau, užtikrinus lietaus vandens, gamybinių nuotekų ir avarijos atveju galimo išsiliejimo surinkimą bei tinkamą šių nuotekų valymą (naudojantis bendragamyklinę vandens ir nuotekų valymo sistemą), ši ūkinė veikla nėra draudžiama.



41 pav. Numatomas ūkinės veiklos vieta [38]

Siekiant maksimalios prevencijos vandens taršai ir tam, kad išsiliejęs rūgštusis produktas nepasklistų po visą teritoriją ir neužterštų gruntinio vandens esančio už įrenginio ribų, alkilinio įrenginio statybos plane numatoma įrengti betonines 150 mm pertvaras su 1° nuolydžių į surinkimo tranšėjas.

Produktų aušinimui skirto vandens (apie 100 m³/h) valymas numatomas AB „ORLEN Lietuva“ vandens paruošimo ir valymo ceche.

Numatoma, kad gamybinės nuotekos ir aušinimui skirtas vanduo tekės bendru gamykliniu kolektoriumi į vandens valymo cechą. Pirminiame valymo etape, nusodintuvuose, iš srauto pašalinamos stambios priemaišos (stambieji maisto likučiai, ekskrementai ir t.t.). Antriniame valymo etape srautas yra valomas biologiniu valymu, kuomet mikroorganizmų pagalba iš srauto yra pašalinami organiniai teršalai (pvz. maisto likučiai). O tretiniame, paskutiniame valymo etape, yra naudojamas gruntinis filtras, kuris skirtas iš srauto išskirti dumblą. Taip išvalytas vanduo tiekiamas atgal į sistemą.

Buitinės nuotekos tvarkomos AB „ORLEN Lietuva“ buitinių nuotekų valymo įrenginiuose. Šiuose įrenginiuose išvalomas vanduo, o išvalytas vanduo atitinka ir netgi viršija nustatytus aplinkosauginius reikalavimus. Išvalytas vanduo išleidžiama į Ventos upę.

44 lentelė. Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojamo sritis	Didžiausias paros debitas, m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, m ³	Taupymo ir apsaugos priemonės
Vandens valymo ir paruošimo įrenginiai	Šildantysis agentas, priešgaisrinėse sistemose	4 800	876 000	Mechaninis ir cheminis valymas. Vanduo iš sistemos išleidžiamas tik įrenginių stabdymo ir atidarymo metu. Siekiama maksimali vandens cirkuliacija
Vandens garo paruošimo ir tiekimo sistema	Šildantysis agentas lakiųjų junginių išgarinimui	720	10 950	Projektuojami šilumokaičiai, kurie pasiekia savo šilumos perdavimo maksimumą. Tokiu būdu sumažinamas vandens garo naudojimas. Vandens garo kondensatas grąžinamas į sistemą siekiant maksimalios cirkuliacijos.
Geriamasis vanduo	Žmogaus organizmo skysčių kiekiui	4	1 095	Naudotas vanduo valomas mechaniniais ir biologiniais procesais. Išvalyto vandens

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojamo sritis	Didžiausias paros debitas, m ³ /d	Vidutinis metinis kiekis, m ³	Taupymo ir apsaugos priemonės
	papildyti, praustis ir kt.			kokybė atitinka ir viršija nustatytus reikalavimus.

3.5.2. Aplinkos oras

Artimiausias aplinkos kokybės tyrimų taškas yra nutolęs 12 km⁵ atstumu nuo planuojamos PŪV. Šis taškas vertiną Mažeikių miesto aplinkos oro kokybę. Remiantis už 2020 metus pateiktais statistiniais duomenimis, Mažeikių miesto aplinkos oro kokybė viršijo tik kietų dalelių koncentraciją⁶ (ribinė vertė – 50 µg/m³, faktinė vertė 6 paras – 116 µg/m³). Tačiau kietų dalelių koncentracija buvo viršijama visoje Lietuvoje ir išskirtinio aplinkos oro užterštumo nepastebėta.

Degimo produktų ir tiesioginių išmetamųjų teršalų nenumatoma, tačiau numatoma neorganizuotas lakiųjų organinių junginių (LOJ) praleidimas dėl sandarinimo trūkumų. Lentelėje (žr. 45 lent.) pateikiami numatomi teršalų praleidimai.

45 lentelė. Neorganizuoti LOJ išmetimai

Proceso taršos šaltinis	Teršalo pavadinimas	Išmetamųjų dujų debitas, kg/val.	Išmetamųjų dujų temperatūra, °C	Teršalo išmetimo trukmė, val./metus
Iš kolonų	Lakieji organiniai junginiai (LOJ)	18,1	180	Nuolat
Iš talpų		10,9	100	
Iš šilumokaičių		8,3	180	
Iš siurblių ir kompresoriaus		5,9	180	
Iš adsorberių		3,9	50	
Iš reaktoriaus		0,9	30	

Įdiegus pažangiausią apskaitos sistemą ir įdiegus pažangiausius aparatus numatoma, kad viso neorganizuotų išmetimų per metus bus – 420 tonų. Toks kiekis yra priimtinas, įtakos aplinkos oro kokybei nenumatoma.

Numatoma, kad alkilimo įrenginys vartos elektros ir vandens garo energiją. Pagal AB „ORLEN Lietuva“ pateiktą informaciją, 40 % elektros ir 90 % vandens garo energijos yra pagaminama šiluminėje elektrinėje. Padidėjęs bendrasis gamyklos energijos suvartojimas, padidins kuro dujų suvartojimą (gamtinių ir gamybinių dujų mišinys). Padidėjęs kuro suvartojimas, padidins anglies dvideginio emisiją. Atsižvelgus į griežtėjančius aplinkosaugininkus reikalavimus ir didėjančią atsinaujinančios (žalios) energijos pasiūlą, vienas iš būdų sumažinti oro taršą yra naudoti elektrinius šilumokaičius. Šie šilumokaičiai galėtų naudoti žaliąją energiją (naudojant žaliuosius sertifikatus, kurie užtikrintų, kad elektros energija yra žalia).

⁵ Atstumas įvertintas remiantis Aplinkos apsaugos agentūros pateikiama informacija internetiniame puslapyje <https://oras.gamta.lt>

⁶ Duomenys pateikiami remiantis https://oras.gamta.lt/files/STATISTINIAI_ORO_KOKYBES_RODIKLIAI_2020_1_2.pdf

3.5.3. Žemės ir dirvožemio tarša

Numatomos PŪV sklypas priklauso pramonės ir sandėliavimo objektų teritorijos kategorijai. Vertinant Valstybinės geologijos pateiktą informaciją (GEOLIS), numatomame sklype geologinių reiškinių ir procesų nėra. Dirvožemis sudarytas iš durpių, moreninio priemolio ir priesmėlio.

Įdiegus alkilinio įrenginį žemės ir dirvožemio tarša nenumatoma, tačiau statant įrenginį dėl sunkiosios transporto technikos eismo ir dėl paviršinio grunto išjudinimo gali susidaryti dulkių kamuoliai, debesys ir pan. Šių dulkių susidarymo prevencijai numatoma purkšti vandenį į grunto kilnojimo vietą.

3.5.4. Statybinių atliekų tvarkymas

Numatoma statybines atliekas tvarkyti pagal Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministerijos išleistus galiojančius įstatymus⁷. Perdirbimui tinkamos atliekos ir pakartotiniam naudojimui tinkamos medžiagos bus rūšiuojamos ir smulkinamos vietoje (patogesniai transportavimui).

Dirbant su asbesto turinčiomis statybinėmis atliekoms, dirbančiam personalui bus įteiktos specialios, aplinkos orą valančios apsaugos kaukės. Asbesto turinčios atliekos rūšiuojamos atskirai ir perduodamos specialioms statybos atliekų surinkimo punktam.

Dulkančios statybinės atliekos bus transportuojamos uždengtomis vilkikų priekabomis, užtikrinant minimalų dulkių pasklidimą transportavimo metu. O pavojingų atliekų – tirpiklių, dažų ir kitos kenksmingos, degios, toksiškos ar galinčios neigiamai įtakoti aplinką ir žmonių sveikatą medžiagos bus utilizuojamos laikantis atliekų tvarkymo taisyklėms;

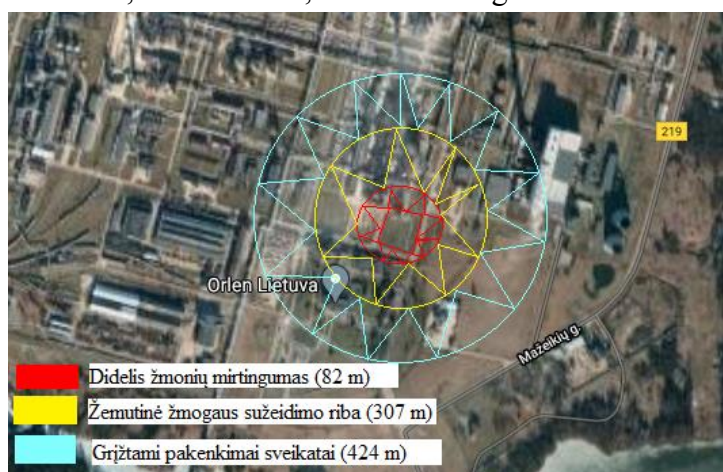
3.5.5. Įtaka visuomenės sveikatai

Toliau vertinamas poveikis visuomenės sveikatai. 36 paveiksle pateikiama preliminari schema įvykus blogiausiam scenarijui, kuomet vienas iš įrenginio aparatų yra pažeidžiamas ir prasideda grandininė angliavandenilių degimo reakcija. Raudonai pažymėta teritorija (82 m skersmens apskritimas aplink įrenginį) yra priskiriama zonai, kurioje yra visiškai sugriaujami statiniai ir žmonių mirtingumo tikimybė yra labai didelė. Įvertinant galimą sprogimo-ugnies zoną, įrenginio pultinė įrengiama su sutvirtintomis sijomis, apsaugant ją nuo sugriovimo. Darbai šioje zonoje privalo būti organizuoti ir suderinti su įrenginio viršininku, su priešgaisrinės gelbėjimo tarnyba. Atliekami darbai privalo būti oficialiai fiksuojami, įtraukiant reikalingą žmonių skaičių ir pobūdį. Taip pat šioje zonoje dirbantis inžinerinis personalas privalo mūvėti nedegius rūbus, nedegų pošalmį, nedegų ir mechaniniams pažeidimams atsparų šalną, nedūžtančius, karščiui atsparius akinius, su savimi nešiotis sprogųjų medžiagų ir deguonies koncentracijos analizatorių.

Geltona teritorija yra priskiriama prie žemutinės sužeidimo ribos (apskritimas 307 m skersmens aplink įrenginį). Saugumo reikalavimai šiai zonai taikomi tokie patys kaip ir raudonajai zonai (dėl aplink esančių įrenginių), tačiau alkilinio įrenginio sprogimo įtaka neturi įtakos aplinkiniams statiniams. Šioje zonoje žmonių sveikatai pavojus minimalus.

⁷ <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.291562/WsSbfMfzAq>

Žydra teritorija (didžiausiu apskritimu) yra priskiriama prie žemiausios pavojaus zonos (apskritimas 424 m skersmens), kuomet įrenginio blogiausiam scenarijui žmonių įtaka sveikatai yra grįžtama. Galimi smulkūs nubrozdinimai, nubloškimas, susižeidimas griūvant.



42 pav. Poveikis visuomenei įvykus blogiausiam scenarijui [38]

3.5.6. Įtaka nekilnojamosios kultūros paveldo vertybėms

Ūkinei veiklai planuojama teritorija nėra priskiriama prie kultūros paveldo objektų ir jos artimoje aplinkoje kultūros paveldo objektų nėra. Artimiausias kultūrinis objektas yra Žibininkų akmuo (1,9 km į rytus). Už 3,1 km į šiaurės rytus yra kitas kultūrinis objektas – Griežės kapinynas. O už 3,8 km į šiaurės rytus yra Griežės piliakalnis su priešpiliu. Toliau pateikiamas artimiausiu kultūrinių objektų išdėstymas (žr. 43 pav.).

Atsižvelgiant į atstumą nuo numatomo ūkinės veiklos sklypo iki artimiausio kultūrinio paveldo ir atsižvelgiant į kultūrinio paveldo tipą (akmuo), įtaka nekilnojamo kultūros paveldo vertybėms nenumatoma.



43 pav. Alkalinimo įrenginio sklypas ir artimiausios kultūros vertybės [38]

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Naujo įrenginio ir naujos įrenginio pultinės statybos ir įrengimas atitinka Lietuvos Respublikoje taikomus darbuotojų saugai ir sveikatai įstatymus⁸. Įstatymai įteisina priemones, kurios užtikrina žmonių sveikatai nepavojingą ir žmonių sveikatai saugią darbo aplinką. Numatoma, kad alkilinio įrenginys bus įgyvendintas naftos perdirbimo ir naftos produktų gamykloje, Juodekių k., Mažeikiai.

Remiantis sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir rezimino taisyklių pateiktu priedu, sanitarinės zonos riba – 500 m [38].

4.1. Darbuotojų saugos ir sveikatos garantijos

Visi įrenginyje dirbantys asmenys turi teisę į saugią, sveikatos nežalojančią, ergonomišką ir švarią darbo aplinką. Vietose, kuriose darbo aplinka yra nesaugi, ar kaip nors kitaip gali žaloti dirbančių asmenų sveikatą, darbuotojams turi būti suteiktos asmens apsaugos priemonės šiai žalai sumažinti arba dalinai pašalinti. Potencialiai sprogioje aplinkoje nėra būdų, kurie visiškai likviduotų galimą riziką, tačiau toliau pateiktose skyriuose apibendrinama profesinės rizikos sumažinimo būdai.

4.2. Profesinės rizikos vertinimas

Vienas svarbiausių uždavinių naftos perdirbimo ir naftos produktų gamybos įmonėse yra įvertinti ir sumažinti profesinės riziką. Įprastu įrenginio darbo režimu dirbantys asmenys gali susidurti su cheminiais, fizikiniais ir ergonominiais veiksniais⁹. Toliau pateiktose lentelėse pateikiamos rizikos veiksniai ir rizikos veiksnių ribinės reikšmės.

46 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas [40]

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonės
Cheminiai veiksniai ¹⁰					
Angliavandenilinės dujos	Technologinio įrenginio riba	300 mg/m ³	300 mg/m ³	8h	Patalpų vėdinimas ir rankinis respiratorius
Benzinas		300 mg/m ³	300 mg/m ³	8 h	Patalpų vėdinimas ir apsauginiai darbo rūbai, sustiprinta darbo avalynė
Koncentruota sieros rūgštis		200 mg/m ³	510 mg/m ³	8 h	Patalpų vėdinimas ir apsauginiai darbo rūbai, chemiškai atsparios pirštinės, akiniai

⁸ IX-1672 Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas (Irs.lt)

⁹ A1-457/V-961 Dėl Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo (Irs.lt)

¹⁰ V-824/A1-389 Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. ... (Irs.lt)

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonės
Adsorbentas (dulkės)		10 mg/m ³	10 mg/m ³	8 h	Patalpų vėdinimas ir respiratorius, apsauginiai darbo rūbai
Vandenilio sulfido dujos		10 mg/m ³	7 mg/m ³	8 h	Vėdinimas ir rankinis respiratorius
Fizikiniai veiksniai					
Regimoji apšvieta ¹¹	Technologinio įrenginio riba, pultinė	300 lx	>200 lx	8 h	-
Statinės elektros išlydis	Technologinio įrenginio riba, pultinė	-	-	8 h	Įžeminimas ir apsauginiai darbo rūbai nesukeliantys elektrostatinio krūvio
Šiluminė aplinka ¹²	Technologinio įrenginio riba	Iki 180 °C	50 °C	8 h	Karštų įrenginių ir vamzdynų šiluminė izoliacija, apsauginiai darbo rūbai
Adsorbentas (gabalinė medžiaga)	Technologinio įrenginio riba	-	-	8 h	Pirštinės, avalynė
Triukšmas ¹³	Technologinio įrenginio riba	< 85 dBA	87 dBA	8 h	Ausinės
Fiziniai veiksniai					
Sunkių detalių užkritimas	Technologinio įrenginio riba	-	-	8h	Sustiprinta avalinė, šalmas, darbuotojų instruktažas
Sezoninio oras (paslydimas, perkaitimas)	Technologinio įrenginio riba	-	-	8 h	Neslidi patogi avalynė ir patogus prakaitavimo neskatinantys rūbai, darbuotojų instruktavimas
Ergonominiai veiksniai¹⁴					
Netaisyklinga sėdėjimo poza	Įrenginio pultinė	-	-		Patogi, reguliuojamo aukščio kompiuterinė kėdė ir reguliuojamojo aukščio stolas.

¹¹ 277 Dėl Lietuvos higienos normos HN 98 : 2000 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvie... (Irs.lt)

¹² V-770 Dėl Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo ... (Irs.lt)

¹³ A1-103/V-265 Dėl Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo (Irs.lt)

¹⁴ V-65 Dėl Lietuvos higienos normos HN 32:2004 "Darbas su videoterminalais. Saugos ir sveikatos reikalav... (Irs.lt)

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonės
Natūralios šviesos trūkumas		-	-		Pakankamas skaičius sustiprinto stiklų langų
Naktinio darbo nuovargis		-	-		Darbo pertraukos skirtos mankštai atlikti ne dažniau nei vieną kartą per 1 val. 5 – 10 min. pertraukėlės.
Per mažas atstumas tarp videotermiuojamo ir darbuotojo		>40 cm	-		Darbuotojų instruktavimas dėl tinkamos atstumo laikymosi

Pagal fluido tipą kiekviena įrenginio zona (arba visa) yra priskiriama pavojingumo kategorijai. Ši kategorija nurodo tinkamą įrenginių pritaikymą ir apsaugos priemones saugiam įrenginių darbui. Toliau pateiktoje lentelėje nurodomos kiekvienos įrenginio darbo zonos gaisro pavojingumo atžvilgiu.

47 lentelė. Pavojingumo zonos gaisro atžvilgiu [40, 45]

Zonos pavadinimas	Pavojingumo kategorija	Temperatūrinė klasė	Sprogimo klasė
Angliavandenilinės talpos	A _{sgi}	IIA T2	0
Angliavandenilių tiekimo siurbliai	A _{sgi}	IIA T2	2
Vamzdynų apskaitos ir sujungimų taškai	A _{sgi}	IIA T2	2
Ventiliacijos patalpos	E _g	-	-
Elektros pastotė	C _{gi}	-	-
Šilumokaičiai	A _{sgi}	IIA T2	1
Kolonos	A _{sgi}	IIA T2	1
Kompresorius	A _{sgi}	IIA T2	1

Kiekvienas įrenginyje dirbantis asmuo privalo būti susipažinęs su įrenginyje naudojamų medžiagų toksiškumu. Toliau pateiktoje lentelėje yra aprašomas kiekvienos medžiagos toksiškumas.

48 lentelė. Įrenginyje naudojamų medžiagų degumo-sprogumo rodikliai ir toksinės savybės [40].

Medžiaga	Temperatūra, °C			Sprogimo ribos, tūrio %		Toksiškumo aprašymas
	Pilūpsnio	Užsiliepsnojimo	Savaiminio užsiliepsnojimo	apatine	viršutine	
Angliavandenilinės dujos	-	-	> 537	3,3	8,0	Pavojingumo klasė – 4. Ypač degus angliavandenilių mišinys, aplinkos temperatūroje sudaro sprogius oro ir angliavandenilių mišinius. Įkvėpus organizmą veikia kaip narkotikas, sukeldami nervų sistemos ir

Medžiaga	Temperatūra, °C			Sprogimo ribos, tūrio %		Toksiškumo aprašymas
	Pliūpsnio	Užsiliepsnojimo	Savaiminio užsiliepsnojimo	apatine	viršutinė	
						širdies veiklos sutrikimus, sudirgina kvėpavimo takus ir akis. Įkvėpus didelės koncentracijos dujų galima netekti sąmonės ar uždusti. Aplinkos temperatūroje neturi savybių sudaryti toksiškų junginių su kitomis medžiagomis vandenyje ir ore.
Benzinas (alkilatas)	< 40	< -20	> 290	1,0	6,0	Automobilinis benzinas yra ypač lengvai užsidegantis skystis, kuris aplinkos temperatūroje sudaro sprogius oro ir angliavandenilinių garų mišinius. Garai dirgina odą, akis ir kvėpavimo organus. Užtiškus skystam produktui, akys ir oda sudirginama. Įkvėpti produkto garai gali sukelti mieguistumą ir svaigulį. Toksiškas vandens organizmams. Gali sukelti ilgalaikius nepageidautinus poveikius vandens aplinkai. Egzistuoja rizika užteršti dirvožemį ir gruntinius vandenį.
Koncentruota sieros rūgštis	-	-	-	-	-	Smarkiai nudegina odą ir pažeidžia akis. Ypatingai reaguoja su vandeniu išskirdamas šilumą. Ardo nitrilines ir medžiaginės pirštines, bei daugelį polimerinių junginių.
Adsorbentas	-	-	-	-	-	Adsorbento dulkės gali nusėsti ant vidaus takų gleivinės, užkimšti plaučių alveoles ir sukelti vežinius susirgimus. Kietas, nedulkantis adsorbentas nepavojingas.
Vandenilio sulfido dujos	-	-	270	3,9	45,5	Įkvėpus gali sukelti mirtį. Įvykus sąlyčiui su suskystintomis dujomis galimi pažeidimai (nušalimas) dėl atšalimo, vykstančio greito garavimo metu. Kenkia vidaus organams.
Siurblių ir kompresoriaus alyva	> 204	-	-	0,9	7,0	Karšta alyva gali stipriai nudeginti odą.

4.3. Darbo vietų ir jų įrengimo bendrieji reikalavimai

Visos įrenginiui/įrenginio valdymo pultinei numatomos įsigyti darbo priemonės atitinka privalomuosius saugos reikalavimus. Tačiau, jei darbo priemonei netaikomas joks nustatytas reikalavimas, ši darbo priemonė nėra naudojama. Aukštos temperatūros vamzdynai projektuojami termiškai izoluoti, darbo valdymo prietaisai nustatomi atitinkantys ergonominius reikalavimus. Įrenginys, mechanizmas ar kita įrenginio dalis negali būti atsitiktinai įjungiamas, o įrenginio išjungimui numatoma įrengti atskirą mygtuką su nurodyta funkcija.

Įrenginio teritorijoje esančius slėginius indus, angliavandenilių talpas, vamzdynus ir kitas pavojingas sistemas remontuoja, tikrina ir pertvarko tik tam specializuoti žmonės, kurie turi jų kompetenciją

įrodančius dokumentus. Priešingu atveju, įrenginio viršininkas privalo informuoti valstybines institucijas apie neteisėtą veiklą atliekančius žmones. Priežiūros tvarką nustato pavojingų įrenginių priežiūros įstatymas.

4.4. Saugi gamyba

Alkilinimo technologinio įrenginio ribos yra sprogios aplinkos zonoje, kurioje numatoma elektros įrenginius (metalinius ir nemetalinius) numatoma įnulinti, apsaugauntant nuo elektros išlydžio ar elektros sukeltos kibirkšties. Visa įrenginyje naudojama įranga priskiriama antrai apsaugos grupei. Toliau pateikiami įrenginiai ir aparatai, kurie įnulinami ir turi vientisą nepertraukiamą elektros grandinę, nukreipiant elektros išlydį į saugią vietą [41]:

- a) visi įrenginyje naudojami siurbliai;
- b) visos įrenginyje įrengtos kolonos;
- c) kompresorius;
- d) talpos;
- e) šilumokaičiai;
- f) adsorberiai;
- g) vamzdynai;
- h) reaktoriai.

4.5. Įmonės vidaus eismas

Transporto priemonių eismas įmonės viduje organizuojamas pagal Lietuvos kelių eismo taisykles. Tačiau, žiemos periodu dėl slidžios kelio dangos draudžiama naudotis dviračiais, o eismas įrenginių teritorijoje leidžiamas tik su spec. leidimais. Leidimą išduodantis asmuo privalo būti įsitikinęs, kad teritorijoje, kurioje numatomas transporto judėjimas, yra leidžiami ugnies darbai. Priešingu atveju, transporto priemonė gali sukelti kibirkštį ar elektrostatinę krūvio išlydį, o tai sprogyje aplinkoje gali būti sprogyje prižasti.

4.6. Privalomi sveikatos patikrinimai

Darbuotojų sveikatos užtikrinimui numatoma organizuoti kasmetinius sveikatos patikrinimus. Nemažai laiko įrenginio darbuotojai (operatoriai) dirba su videoterminalais, todėl siūloma regėjimą tikrinti kas metus, o klausos organų veiklą kas dvejus metus. Toliau pateiktoje lentelėje pateikiamas sveikatos patikrinimo tvarkaraštis.

49 lentelė. Sveikatos patikrinimo grafikas

Pavadinimas	Laikotarpis tarp patikrinimo, metais
Rega	1
Klausa	2
Plaučių rentgenograma	2
Širdies darbo ritmas	2
Fizinis parengtumas	3
Šlapimo tyrimas	2
Bendrasis kraujo tyrimas	2
Kūno svoris	3
Apgamų skaičius	2
Psichologinis stabilumas	1
Miego lygis	2

4.7. Darbo higiena

Atlikus įrenginio projektavimo darbus yra numatomos priemonės sumažinti galimą cheminę ir fizikinę riziką įrenginio zonoje. Toliau pateiktose skyreliuose nurodomos darbuotojų asmens apsaugos ir darbuotojų kolektyvinės darbo priemonės skirtos sumažinti darbuotojų žalą sveikatai.

4.7.1. Darbuotojų asmens apsaugos priemonės

Technologiniame procese gali susidaryti sprogusis angliavandenilių ir oro mišinys, kuriam pasiekus apatinę koncentracinę užsiliepsnojimo ribą, mišinys (medžiaga) gali sprogti. Todėl visoje įrenginio teritorijoje privaloma mūvēti asmens apsaugos priemonės, kurios pateikiamos lentelėje (žr. 50 lent.). Šios darbo priemonės sumažins galimą riziką sveikatai avarijos atveju. Įpareigojamieji ženklai montuojami prie įėjimų į įrenginio zoną ir prie išėjimų iš įrenginio zonoje esančių pastatų.

50 lentelė. Įpareigojamieji ženklai [41].

				
Būtina dėvėti apsauginį šalną	Būtina naudoti apsauginius akinius	Būtina mūvēti apsaugines pirštines	Būtina avėti apsauginius batus	Būtina naudoti apsaugines ausines

4.7.2. Darbuotojų kolektyvinės apsaugos priemonės

A įrenginio zonoje taip pat numatomos kolektyvinės apsaugos priemonės, kurios mažina profesinės rizikos veiksnius. Toliau pateikiamos kolektyvinės apsaugos priemonės:

- a) įrenginio pultinėje įrengiami dujų detektoriai (2vnt.) Nedis DTCTG10CWT Dujų nuotėkio detektorius – LPG, gamtinių dujų, anglies dujų 230V/85dB¹⁵;
- b) įrenginio pultinėje įrengiami dūmų detektoriai (4 vnt.) Autonominis fotoelektrinis dūmų detektorius LM-102D¹⁶;
- c) į įrenginio pultinę tiekiamas oras yra išvalomas „Air Care“ sistema¹⁷;
- d) ugnies darbų vietos aptveriamos su geltona-raudona „STOP“ juosta;
- e) visi nauji darbuotojai išklauso saugaus darbo instruktažą ir atlieka įvertinimo testą;
- f) visi nauji darbuotojai apmokomi atlikti pirmąją pagalbą;
- g) visi nauji darbuotojai apmokomi atlikti ugnies gesinimą gesintuvu;
- h) visi nauji darbuotojai išklauso saugios evakuacijos avarijos metu instruktažą;
- i) visi esami darbuotojai kas 2 metus atlieka darbo saugos pakartotinius testus;
- j) visi esami darbuotojai kas 2 metus pakartotinai išklauso pirmosios pagalbos suteikimo instruktažą;
- k) visi esami darbuotojai kas 2 metus pakartotinai apmokomi atlikti ugnies gesinimą gesintuvu;
- l) visi esami darbuotojai 2 metus atlieka avarinės situacijos pratybas;
- m) įrenginio pultinėje palaikomas 40 – 60 % santykinis oro drėgnumas;
- n) oro judėjimas greitis ne daugiau kaip 0,2 m/s.

¹⁵ Nedis DTCTG10CWT - Dujų nuotėkio detektorius - LPG, gamtinių dujų, anglies dujų 230V/85dB | Lempuman (lempumanija.lt)

¹⁶ <https://www.lempumanija.lt/autonominis-fotoelektrinis-dumu-detektorius-lm-102d/>

¹⁷ Išmanioji oro valymo sistema „AirCare“ | Lindström Lietuva (lindstromgroup.com)

Numatomas asmenų skaičius pultinės patalpoje – 24. AB „ORLEN Lietuva“ informavo, kad įmonėje nėra rasinės diskriminacijos ir lyčių nelygybės, todėl pultinėje gali dirbti užsieniečiai mokantys rusų ir/ar anglų kalbas bei moteriškos lyties asmenys.

Tam, kad būtų sudarytos patogios darbo sąlygos visiems darbuotojams, numatomos šios darbo higienos priemonės:

- a) darbuotojai, atvykę iš kitų šalių, privalo būti paskiepyti nuo gripo, COVID-19, praėję medicininę patikrą Lietuvoje;
- b) darbuotojams atliekamas kalbos (anglų, rusų k.) patikrinimo testas;
- c) ant tualetų durų priklijuojami lyties ženklai;
- d) pultinės pastate numatytos dvejios dušų erdvės, viena erdvė priskiriama moteriškai lyčiai, kita vyriškai lyčiai (jei pultinėje yra ir moteriškos lyties ir vyriškos lyties darbuotojai).

4.7.3. Bendrieji darbo higienos reikalavimai

Darbdavys ir darbuotojas privalo užtikrinti ir palaikyti tinkamą darbo higienos lygį. Toliau pateikiamos darbo higienos taisyklės, kurios skirtos darbdaviui (šių taisyklių privalo laikytis, bet neapsiriboti, darbdavys):

- 1) bendrųjų patalpų grindys plaunamos kartą per dieną. Jeigu reikia dezinfekuojamos;
- 2) bendrojo naudojimo tualetai, kriauklės, durų rankenos, darbo stalai ir kiti stalai plaunami / valomi kartą per dieną. Jeigu reikia dezinfekuojami;
- 3) patalpose numatoma palaikyti 22 – 24 °C temperatūrą;
- 4) tiekiamas švarus oras į patalpas (be mechaninių ir be cheminių priemaišų);
- 5) įrengtas vandens gėrimo aparatas su nuolat pasipildančiu šviežiu geriamuoju vandeniu;
- 6) įrengtas kavos aparatas, tam, kad naktinį darbą dirbantys asmenys palaikytų budrumo lygį;
- 7) vandens temperatūra vandentiekyje 50 – 60 °C;
- 8) suteikti darbuotojui saugias, patogias ir tvarkingas asmens apsaugos priemones;
- 9) organizuoti asmens sveikatos patikrinimą (aukščiau nurodytu grafiku);
- 10) suteikti darbuotojui asmenines darbo rūbams ir kasdieniams rūbams skirtas rūbų spinteles;
- 11) organizuoti skiepimą nuo erkinio encefalito ir COVID-19;
- 12) suteikti galimybę dirbti papildomai už padidintą valandinį tarifą – 1,5 karto dienomis ir 2 kartais naktimis (kuomet pakeičiamas kitoje pamainoje dirbantis asmuo);
- 13) organizuoti kasmetines evakuacijos pratybas;

Darbuotojui skirtos darbo higienos taisyklės:

- 1) laikytis bendrovėje nustatytų taisyklių;
- 2) saugoti ir tyčiniaus veiksmais negadinti bendrovės turto;
- 3) palaikyti švarą savo darbo vietoje ir asmeninėse darbo rūbams skirtose spintelėse;
- 4) stebėti asmens apsaugos priemonių būklę ir pranešti savo tiesioginiam vadovui apie nusidėvėjimą;
- 5) plauti rankas po naudojimosi tualetu, prieš valgant ar esant poreikiui. Jeigu reikia dezinfekuoti;
- 6) valgyti tik tam skirtose patalpose (neturėti jokio maisto ant darbo stalo);

- 7) gerbti kitus įrenginio pultinėje dirbančius darbuotojus;
- 8) šiukšles mesti į tam skirtas vietas, neteršti bendrųjų patalpų;
- 9) stebėti elektroninės įrangos būklę ir pranešti tiesioginiam vadovui apie prastą elektroninės įrangos būklę.

4.7.4. Darbo patalpų apšvietimas

Darbo patalpų apšvietimas privalo atitikti Lietuvoje reglamentuojamus standartus. Prastai ar nepilnai įrengtas, standartų neatitinkantis ir neaptarnaujamas apšvietimas darbo aplinkoje gali sutrikdyti darbuotojų sveikatą bei turėti įtakos darbo efektyvumui, padidinti nelaimingų įvykių darbo aplinkoje skaičių ir kitaip mažinti efektyvų darbą. Nepaisant plačios apšvietimui taikomos reikalavimų gamos, apšvietimo problemos, įrengimas nereikalauja labai didelių investicijų. Remiantis įvairiais atliktais tyrimais, įdiegtas pakankamas apšvietimas gali padidinti darbo našumą net 10 – 50 proc. bei padidinti dirbančio personalo bendrąjį energingumo lygį.

Nepakankamas apšvietimo lygis sukelia dirglumą, galvos skausmus, regos įtampą ir trikdo dėmesį. Tai atskiras rizikos veiksnys, kuris privalo būti koordinuojamas ir tikrinamas: atlikti rizikos vertinimą (įvertinant šaltinius, priežastis ir galimas prevencines priemones) ir identifikuoti tinkamas priemones rizikos likvidavimui. Toliau pateikiamos galimos blogo apšvietimo priežastys [43, 44].

51 lentelė. Prasto apšvietimo valdymas

Pavadinimas	Rekomendacijos
Netinkamas šviestuvų išdėstymas	Identifikuoti darbo vietas, kuriose apšvietimas privalo būti neprikaištingas
Ne laiku keičiamos lempos	Organizuoti nuolatinį lempų patikrinimą
Netinkamo galingumo lempos	Įvertinti visoje patalpoje esančių lempų galingumą ir sudaromą apšvietimo lygį
Netinkamai įrengtos darbo vietos	Identifikuoti geriausias patalpoje vietas konkrečiai darbo specifikai
Netinkama patalpos apdaila (pvz. blizgantis paviršius)	Netinkamą apdailą pakeisti mažiau dirginančia
Netinkamas natūralus apšvietimas	Organizuoti periodinį valymą, įrengti gero pralaidumo šviesai langus
Kitos priežastys	Atlikti darbuotojų apklausą apie apšvietimo lygį ir tinkamumą

4.8. Darbuotojų evakuacijos planas ir gaisrinė sauga

Įrenginio teritorijoje dėl nenumatytų avarinių situacijų gali kilti A, B, C ir D klasių gaisrai, todėl privaloma iš anksto paruošti gaisro užgesinimo priemones. A klasės gaisro metu degimo metu degant kitoms medžiagoms susidaro anglis, B klasės gaisro metu dega skystos arba galinčios suskystėti medžiagos, C klasės gaisro metu dega dujos, o D klasės gaisro metu dega metalai. Technologinio įrenginio ribose numatomos šios priemonės [41, 45]:

- a) vandens/garo uždangos;
- b) gaisrinio vandens švirkštai;
- c) priešgaisriniai skydai su smėlio dėžėmis;
- d) nedegūs audeklai;
- e) jungtis gaisriniam automobiliui.

Vandens/garo uždangos įrengiamos aplink distiliacijos kolonas ir adsorberius. Įvykus gaisrui ir suveikus gaisro signalizacijai, purkštukai purškia vandens/garo uždanga, kuri sumažina deguonies

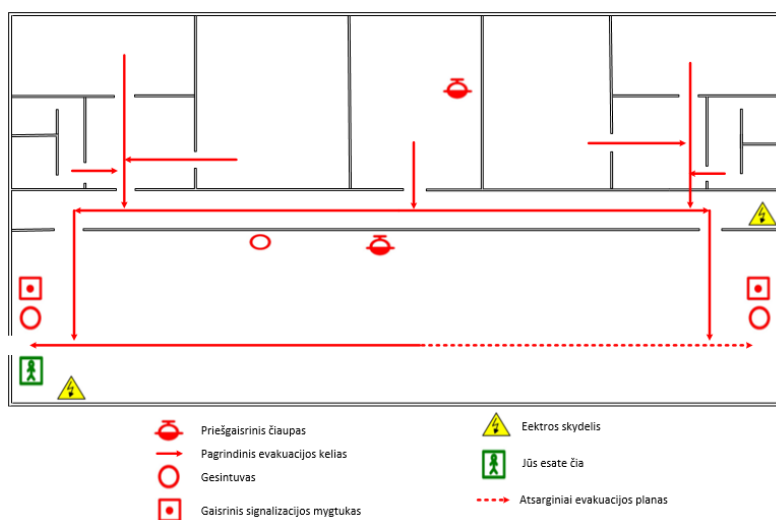
kiekį aplink kolonas. Taip pat šios uždangos mažina kolonų paviršiaus temperatūrą ir neleidžia korpusui perkaisti.

Gaisrinio vandens švirkštai suteikia galimybę įrenginyje dirbančiam personalui greitai likviduoti gaisro židinį esantį aukštyje. Iš gaisrinio švirkšto ištrauktas kaitis įjungia gaisrinio vandens tiekimo siurbį, o asmuo valdydamas švirkštą nukreipia vandens srovę į gaisro židinį. Užgesinus gaisrą kaitis grąžinamas į savo padėtį.

Priešgaisrinis skydas su smėlio dėžė susideda iš smėlio dėžės, priešgaisrinio kirvio, gesintuvo, kibiro ir kastuvo. Šis skydas skirtas užgesinti pirminį gaisrą, skyde esanti įranga kibiras, kastuvus, smėlis ir nedegus audeklas padeda užgesinti pirminį gaisrą. Taip teritorija apsaugoma nuo gaisro išplėtimo [45].

Įvykus dideliame gaisrui, įrenginyje dirbantis personalas evakuojamas, o atvykęs gaisro gesinimo personalas su spec. automobiliu užgesina gaisrą. Vandens papildymui skirta jungtis prijungiama prie automobilio.

Įrenginio valdymo pultinėje įvykus gaisrui ir numatomi saugiai evakuacijai yra numatomas evakuacijos planas, kuris pateikiamos toliau. Taip pat įrengti du angliarūgštės gesintuvai (elektroninės įrangos apsaugai) turintys po 20 kg gesinimo medžiagos ir vienas 40 kg turintis angliarūgštinės gesinimo medžiagos, gaisrinis signalizacijos mygtukas ir atsarginis evakuacijos kelias. Įvykus dideliame ir nevaldomam gaisrui, greitam gaisro likvidavimui, yra įrengtas priešgaisrinis čiaupas [45].



44 pav. Evakuacijos planas

Visi įrenginyje naudojami įrenginiai numatomi žymėti II 2G E(Ex) ed IIB T4 – sertifikuota, II grupės 2 kategorijos įranga, skirtą dujų (ne šachtų dujų), skysčių garų arba lašelių ir oro mišinių aplinkai, panaudoti apsaugos būdai nurodyti Europos standartuose tinka naudoti nuo 135 °C iki 200 °C mišinių temperatūrų aplinkoje.

4.9. Darbdavio ir darbuotojų veiksmai pavojaus atvejais

Įvykus įrenginio avarijai ar gaisrui, per bendrąją įmonės radijo tašką visiems bendrovės darbuotojams pranešama apie avariją. Aiškiu ir ramiu balsu išsakomi nurodymai ir tolimesnis veiksmai. Įmonėje

dirbantis personalas nepanikuodamas išklauso nurodymus ir pasibaigus pranešimui vykdo nurodymus, susirenka į evakuacijos vietas (jeigu tai nurodo pranešėjas).

Avarijos vietoje (įrenginio teritorijoje) dirbantis personalas, jei avarija ne įrenginio pultinėje, saugiai sustabdo įrenginio darbą ir saugiai evakuojasi iš įrenginio. Tačiau, įvykus didėliai avarijai visi įrenginyje dirbantys asmenys nedelsiant evakuojasi iš įrenginio teritorijos. Saugiai evakuacijai iš anksto paruošiamos dujokaukės ir separatoriai, apsaugai nuo smalkių ir kitų dujinių kenksmingų medžiagų.

Išvados

Atliktas didesnio oktaninio skaičiaus benzino gamybos apimčių didinimo projektas, toliau pateikiami gauti rezultatai:

1. Nustatyta, kad reformingo komponento tankiui padidėjus $7,5 \text{ kg/m}^3$, jo oktaninis skaičius padidėja 5,7 vienetų, o izomerizacijos komponento tankiui sumažėjus $9,9 \text{ kg/m}^3$, jo oktaninis skaičius padidėja 1,39 vienetų. Ši priešinga priklausomybė stebima dėl skirtingų procesų gaminamų skirtingos struktūros aukšta oktaninių angliavandenilių, turinčių skirtingas fizikines savybes.
2. Nustatyta, kad ruošiant 95 oktaninį skaičių turintį benziną yra įmaišoma etanolio (10,5 % (masės)), o ruošiant 98 oktaninį skaičių turintį benziną yra įmaišomi MTBE (13,63 % (masės)) bei reformato komponentai (papildomai 15 % (masės)). Etanolio, MTBE ir reformato komponentų dalies didinimas, ruošiant prekinį benziną, padidina oktaninį skaičių 3 ir 5 punktais. Tačiau šie komponentai padidina ir galutinio produkto tankį $10,2 \text{ kg/m}^3$ (ruošiant 95 benziną) ir $21,2 \text{ kg/m}^3$ (ruošiant 98 benziną). Galutinio produkto tankio didėjimas proporcingai mažina pridėtinę produkto vertę.
3. Nustatyta, kad ruošiant prekinį benziną, kuomet tik oligomerizato komponentas yra pakeičiamas alkilato komponentu, sunkiųjų, su didesniu oktaniniu skaičiumi, komponentų (pvz. reformato) dalis galutiniame benzino produkte sumažėja vidutiniškai 9,21 % (masės).
4. Atliktas alkilavimo įrenginio medžiagų balansas. Bendras įtekančių medžiagų srautas 502560 tonų per metus, viso pagaminamo alkilato kiekis 412853 tonų per metus. Bendroji išėiga 82 % (pagal pelningiausią produktą).
5. Atlikti technologiniai skaičiavimai: Apskaičiuotas reaktorius-šilumokaitis, kurio ilgis – 12 m, o skersmuo 3,4 m; distiliacijos kolonų geometriniai matmenys – K-2 m (aukštis) ir 1,6 m (skersmuo), K-2 50 m (aukštis) ir 2,2 m (skersmuo) ir K-3 30 m (aukštis) ir 1,8 m (skersmuo); srautų tiekimo siurblių galios 6,99 – 41,96 kW.
6. Atlikti finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai, alkilavimo įrenginys yra atsiperkantis ir teikiantis pridėtinę vertę. Grynasis pelnas – 51212,7 tūkst. Eur, bendrasis pelningumas – 19,8 % ir pelningumo indeksas – 2,04.
7. Išanalizuoti ir įvertinti aplinkosauginiai reikalavimai, atliktas aplinkosauginis vertinimas.
8. Įvertinti galimi rizikos veiksniai ir išspręstos darbo saugo problemos.
9. Nubraižyta alkilavimo įrenginio technologinė schema.
10. Nubraižyti ir atlikti statybiniai brėžiniai (sklypo planas, įrenginio valdymo pultinės planas, įrenginio valdymo pultinės pjūviai).

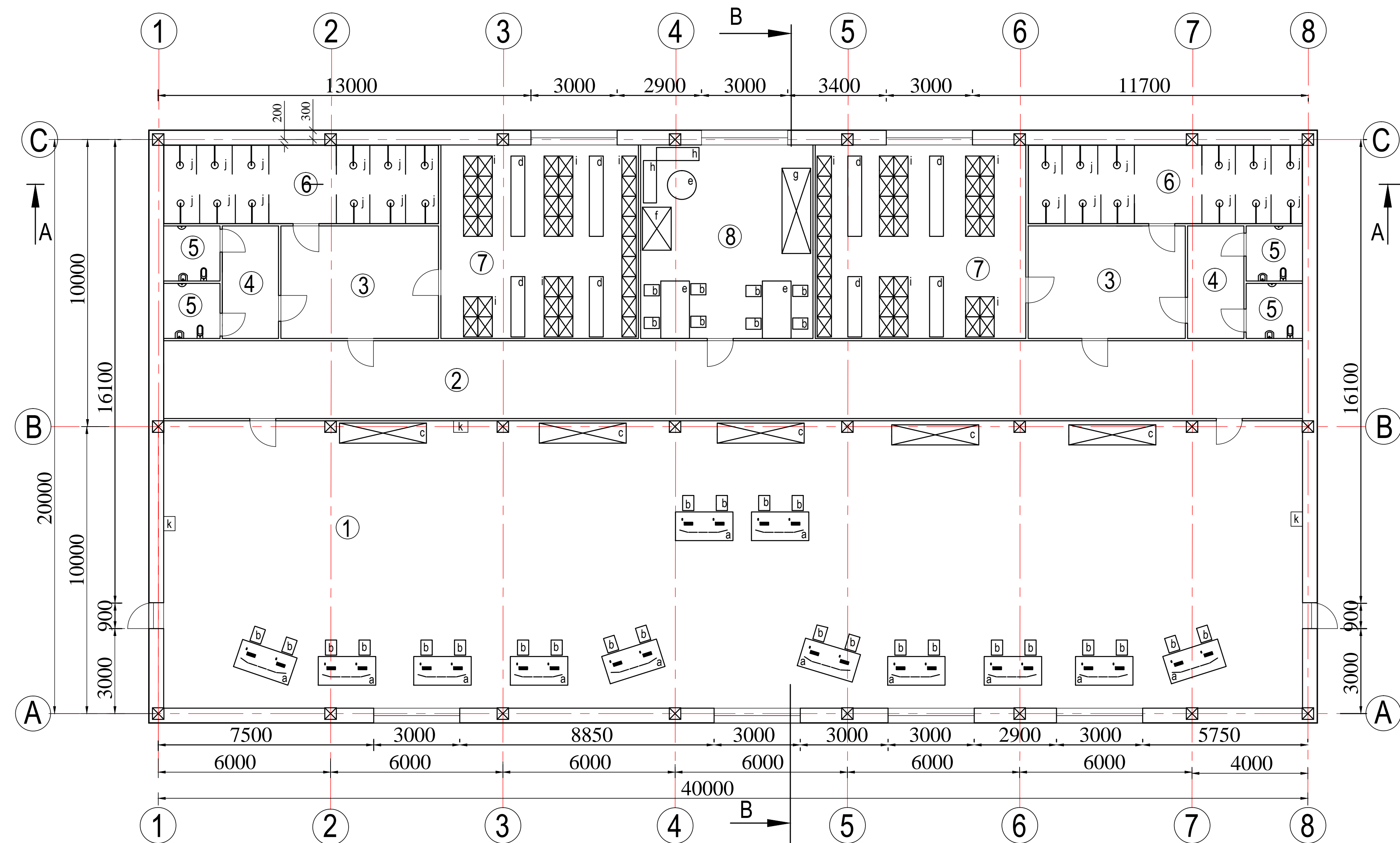
Literatūros sąrašas

1. Oficialus elektroninis tinklalapis, kuriame pateikiama informacija apie pasaulio energijos suvartojimą, *Global direct primary energy consumption* [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy?time=earliest..latest>.
2. Oficialus elektroninis tinklalapis, kuriame pateikiama Europoje parduodamu automobilių statistika, *Fuel types of new cars: petrol 51.9%, diesel 29.4%, electric 7.2% market share second quarter 2020* [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą <https://www.acea.be/press-releases/article/fuel-types-of-new-cars-petrol-51.9-diesel-29.4-electric-7.2-market-share-se>
3. Oficialus elektroninis tinklalapis, kuriame pateikiama Europoje naudojamu automobilių amžiaus vidurkio statistika, *Average vehicle age* [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą <https://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age>
4. Europos komisija, *Europos žaliąsias kursas*, Briuselis [žiūrėta 2019-12-11]. Prieiga per internetą <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=LT>
5. JAME, Speight, *The chemistry and technology of petroleum* Third edition. New York, 1999.
6. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 228] Automobiliai degalai. Bešvinis benzinas. Reikalavimai ir tyrimo metodai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
7. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 590] Automobiliai degalai. Dyzelinas. Reikalavimai ir tyrimo metodai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
8. FAHIM Mohamed, *Fundamentals of Petroleum Refining*. 2009,
9. *The Definitive Guide to Polypropylene (PP)* [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>
10. ZEAID Hasan. *Tooling for Composite Aerospace Structures: Manufacturing and Applications*, Jungtinės Amerikos valstijos, 2020.
11. *Global Energy Review* [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2019>
12. *Oil production* [žiūrėta 2021-02-07]. Prieiga per internetą <https://ourworldindata.org/grapher/oil-production-by-country?time=earliest..latest>
13. Rosalind O'Driscoll, Marc E.J. Stettler, Nick Moldenc, Tim Oxley, Helen M. ApSimon *Real world CO₂ and NO_x emissions from 149 Euro 5 and 6 diesel, gasoline and hybrid passenger cars*, mokslinis straipsnis. Jungtinė karalystė, 2018 [žiūrėta 2021-01-30].
14. *Volkswagen: The scandal explained* [žiūrėta 2021-01-30]. Prieiga per internetą <https://www.bbc.com/news/business-34324772>
15. JAMES Speight *The Chemistry and Technology of Petroleum*. New York 2014.
16. SHANE Daly *Predicting fuel research octane number using Fourier-transform infrared absorption spectra of neat hydrocarbons* mokslinis straipsnis, JAV 2016 [žiūrėta 2021-03-02]
17. STEVEN A. Teese *Handbook of petroleum Processing*, antra dalis, Kanada 2006.
18. SHEHATA Walaa *Monitoring and modelling of variables affecting isomerate octane number produced from an industrial isomerization process* mokslinis straipsnis, Egiptas 2018 [žiūrėta 2021.03.11]
19. BOURBIGOU Olivier *Nickel Catalysed Olefin Oligomerization and Dimerization* mokslinis straipsnis, JAV 2020 [žiūrėta 2021.03.13]

20. YING LIU Reaction mechanism of ionic liquid catalysed alkylation: Alkylation of 2-butene with deuterated isobutene, mokslinis straipsnis, Kinija 2016 [žiūrėta 2021-01-14]
21. WEIZHEN Sun Alkylation Kinetics of Isobutane by C4 Olefins Using Sulfuric Acid as Catalyst, mokslinis straipsnis, Kinija 2002 [žiūrėta 2021-01-24]
22. ROBINSON Ken Reactor engineering, mokslinis straipsnis, JAV 2005 [žiūrėta 2021-03-02]
23. The Technical Committee of petroleum Additive Manufacturers in Europe. ATC document 113, 2013.
24. TUPA R. C., Koehler D. E., Gasoline Port Fuel Injectors – Keep Clean/Clean up With Additives, mokslinis straipsnis, Saudo Arabų Emyratai 1986
25. <https://www.orlenlietuva.lt/LT/Wholesale/Puslapiai/Produktu-kainos.aspx> [žiūrėta 2021.02.28]
26. CURCIO Elised Linear vs. nonlinear: Calculate gasoline component properties mokslinis straipsnis, JAV [žiūrėta 2021.03.11]
27. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 12185] Žalia nafta ir naftos produktai. Tankio nustatymas. Vibracinis U vamzdelio metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
28. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 5164] Naftos produktai. Variklinių degalų antidetonacinių charakteristikų nustatymas. Tiriamasis metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
29. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 5163] Naftos produktai. Variklinių degalų antidetonacinių charakteristikų nustatymas. Tiriamasis metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
30. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 20846] Naftos produktai. Sieros kiekio automobiliniuose degaluose nustatymas. Ultravioletinės fluorescencijos metodas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas.
31. AL-ABBAD Mohammed. Antiknock quality and ignition kinetics of 2-phenylethanol, a novel lignocellulosic octane booster, mokslinis straipsnis. Saudo Arabija, 2016 [žiūrėta 2021-02-07]
32. В.С. Суханов (RU)В.С. Суханова.О. Кожевников (RU)А.О. Кожевникова.Н. Утробин (RU)А.Н. УтробинС.В. Власов (RU)С.В. Власовгин С.Ю. Дерев (RU)С.Ю. ДеревягинБ.Н. Горбунов (RU)Б.Н. Горбунов Multifunctional gasoline additive. Patentas, Rusija [žiūrėta 2021-02-07]. Prieiga per internetą <https://patents.google.com/patent/RU2256694C1/en>
33. M.A. Deyab Adsorption and inhibition effect of Ascorbyl palmitate on corrosion of carbon steel in ethanol blended gasoline containing water as a contaminant, mokslinis straipsnis, Egiptas 2014 [žiūrėta 2021-02-07]
34. MALLETT Howland Gasoline anti-icing additives, patentas. Jungtinės Amerikos valstijos, 1970 [žiūrėta 2021-02-07]. Prieiga per internetą <https://patentimages.storage.googleapis.com/6a/0b/77/ee0f91e46368cf/US3717446.pdf>
35. Thomas E. Hayden, Charles A. Ropes and Michael G. Rawdon The Performance of a Gasoline Friction Modifier Fuel Additive, mokslinis straipsnis. Jungtinės Amerikos valstijos 2001 [žiūrėta 2021-02-07]
36. STRATIEV Dicho Opportunity to Produce Near Zero Sulphur Gasoline and Improve Refining Profitability by Combining FCC Feed Hydrotreatment and Gasoline Post Treatment mokslinis straipsnis, Bulgarija 2013 [žiūrėta 2021-03-11]

37. Norton Engineering, Alkylation Technology study Final Report, galimybių studija, JAV 2016 [žiūrėta 2021-04-01]
38. Nomine Consult, UAB Naujo alkilimo įrenginio statyba AB “ORLEN Lietuva” naftos perdirbimo produktų gamykloje. Lietuva 2020 prieiga http://nomineconsult.com/wp-content/uploads/2021/01/ORLEN_Lietuva_PAV-programa_NC.pdf
39. Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymo Nr. I-1495 pakeitimo įstatymas
40. Informacija apie pavojingas medžiagas, pavojingų medžiagų riziką ir apie reikalinga asmens apsaugos priemonės pateikta remiantis <https://echa.europa.eu/lt/> duomenimis
41. Specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2013, Nr. 27-1299
42. Darbovietėse naudojami saugos ir sveikatos ženklai <https://www.vdi.lt/AtmUploads/DarbovieteseNaudojamiSaugosIrSveikatosZenklai.pdf>
43. LST EN 12464-1:2011 „Šviesa ir apšvietimas. Darbo vietų apšvietimas. 1 dalis. Darbo vietos patalpų viduje“.
44. LST EN 12464-2:2014 „Šviesa ir apšvietimas. Darbo vietų apšvietimas. 2 dalis. Darbo vietos statinių išorėje“
45. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
46. WAUQUIER J. P. Separation processes. Prancūzija. 2000. (ISBN 2-7108-0761-0)
47. Balandis A., Kantautas A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija 2 knyga. Kaunas, 2006. (ISBN 978-9955-25-397-6)
48. STANIŠAUSKAITĖ Albina Organinė chemija. Kaunas, 2021 (ISBN 995-09-129-0)

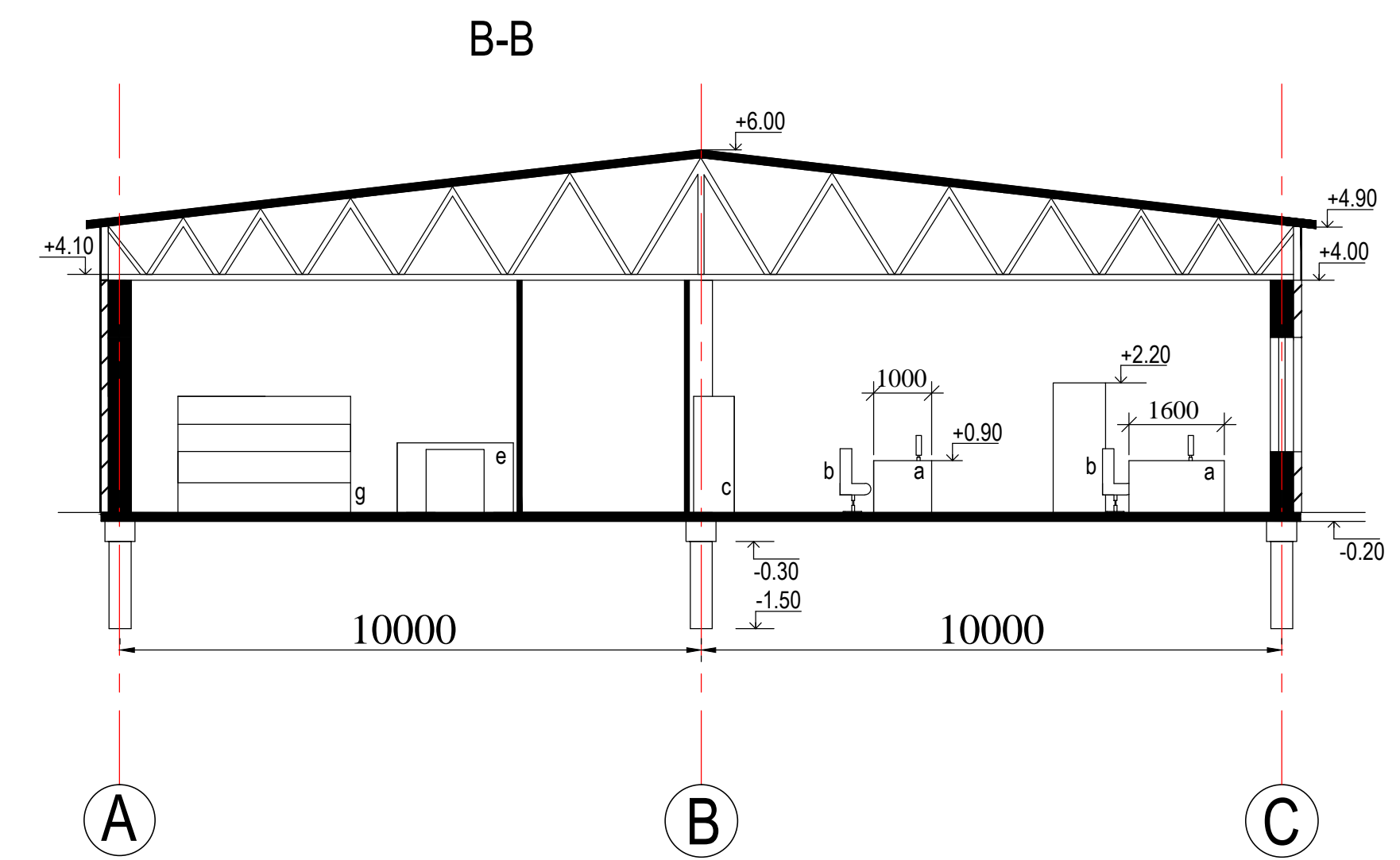
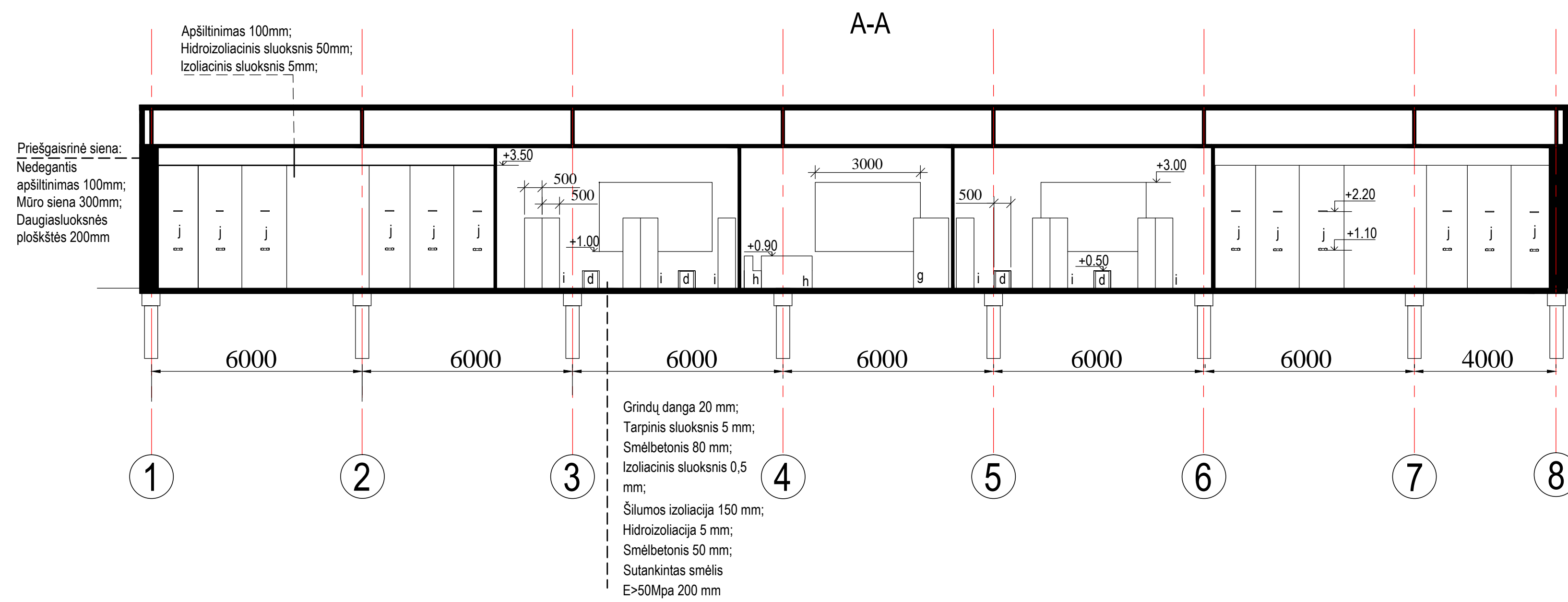
Priedai



Sutartiniai ženklai			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Darbo stalias	a	12
2	Darbo kėdė	b	24
3	Darbo rūbų spinta	c	5
4	Suoletis	d	2
5	Tualetas	e	4
6	Šaldytuvas	f	1
7	Sofa	h	2
8	Rūbų spintelė	i	70
9	Dušo kabina	j	24
10	Miltelinis gesintuvas	k	3

Sutartiniai ženklai			
Nr.	Pavadinimas	Kiekis	Patalpos plotas, m²
1	Pultinė	1	399
2	Koridūrius	1	107
3	Holas	2	21
4	Prieškambaris	2	8
5	Tualetas	4	4
6	Dušai	2	26
7	Persirengimo kambarys	2	49
8	Virtuvė ir poilsio erdvė	2	40

Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
Pareigos	V. Pavardė	Paršas	Data	Pultinės planas (1:100)	
TMC-9/1	Studentas	T. Juškus			
	Vadovas	L. Miknius			
	Recenzentas	V. Valeika			
	Studentas	O. Viliūnienė		Detalūs brėžiniai	
				Laida	0
Pr. etapas	Polimerų chemijos ir technologijos katedra katedra			Lapas Lapų	
MBP	LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas			2021-MBP-OCH	1 2



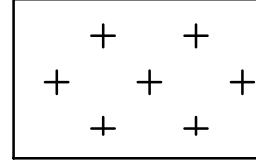
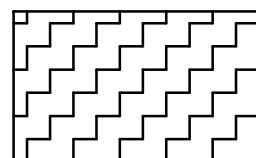
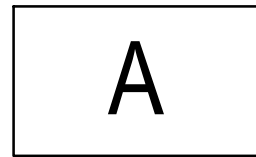
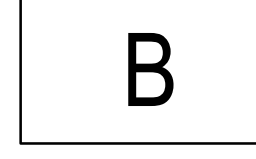
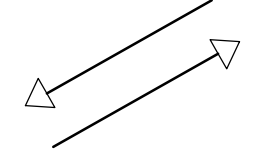
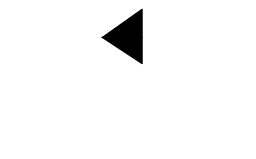
Sutartiniai ženklai			
Eil. Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1	Darbo stalias	a	12
2	Darbo kėdė	b	24
3	Darbo rūbų spinta	c	5
4	Suolelis	d	2
5	Tualetas	e	4
6	Šaldytuvas	f	1
7	Sofa	h	2
8	Rūbų spintelė	i	70
9	Dušo kabina	j	24
10	Miltelinis gesintuvas	k	3

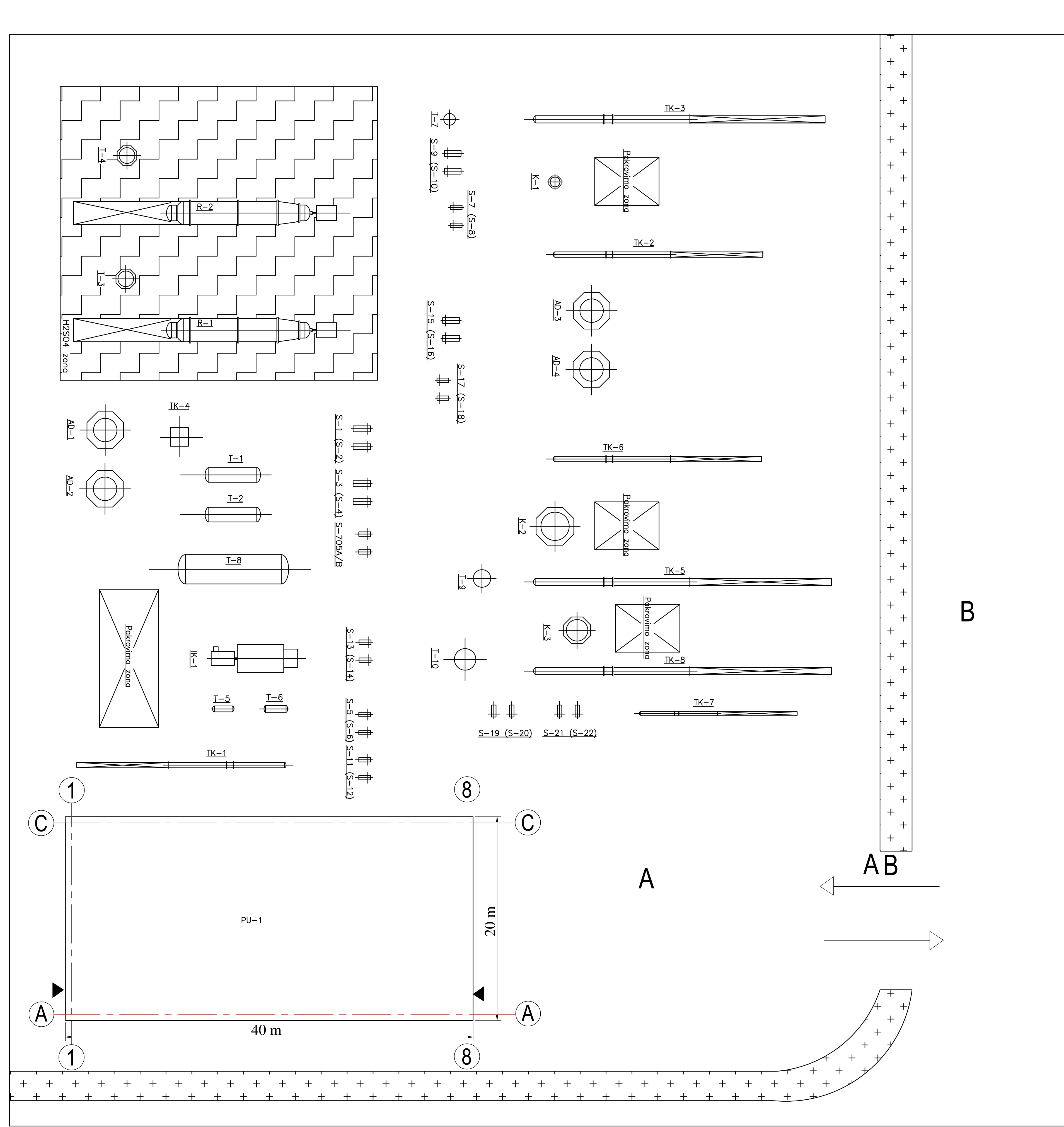
Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
Pareigos	V. Pavardė	Parašas	Data	Pultinės planas (A-A ir B-B pjūviai) (1:100)	
Studentas	T. Juknius				
Vadovas	L. Mėnius				
Recenzentas	V. Vileika				
Sudėminta	O. Viliūnienė				
Pr. etapas				Laida	
MBP				0	
Polimerų chemijos ir technologijos katedra katedra LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas				2021-MBP-OCH	
				Lapas	Lapų
				2	2



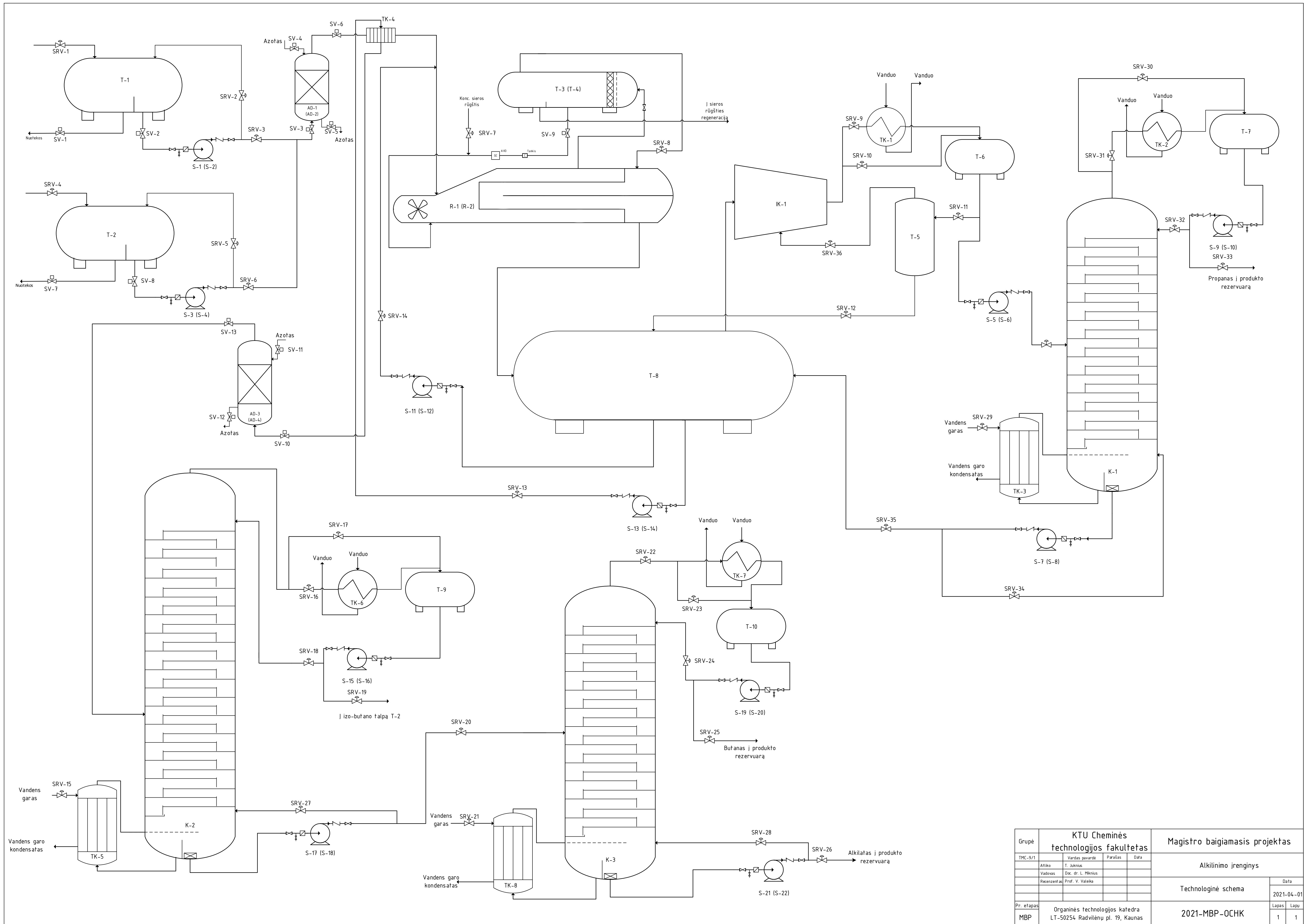
Eil. Nr	Pavadinimas	Žymuo
1	Olefinų žaliavos talpa	T-1
2	Izo-butano talpa	T-2
3	Vandens adsorberis	AD-1
4	Vandens adsorberis	AD-2
5	Reaktorius	R-1
6	Reaktorius	R-2
7	Talpa-separatorius	T-3
8	Talpa-separatorius	T-4
9	Fazių atskyrimo talpa-separatorius	T-8
10	Išcentrinis kompresorius	IK-1
11	Šilumokaitis aušintuvas	TK-1
12	Talpa	T-6
13	Talpa	T-5
14	Propano atskyrimo kolona	K-1
15	Šilumokaitis aušintuvas	TK-2
16	Talpa	T-7
17	Šilumokaitis pašildytuvas	TK-3
18	Šilumokaitis temperatūros optimizavimui	TK-4
19	Rūgštinių junginių adsorberis	AD-3
20	Rūgštinių junginių adsorberis	AD-4
21	Izo-butano atskyrimo kolona	K-2
22	Šilumokaitis pašildytuvas	TK-5
23	Šilumokaitis aušintuvas	TK-6
24	Talpa	T-9
25	Butano atskyrimo kolona	K-3
26	Šilumokaitis pašildytuvas	TK-8
27	Šilumokaitis aušintuvas	TK-7
28	Talpa	T-10
29	Srautų tiekimo siurbiai (22 vnt.)	S-
30	Inžinierinio pulltinė	PU-1

Sutartinis žymėjimas

-  Žolė
-  Sieros rūgščiai atsparus betonas
-  Betonas
-  Asfaltas
-  [važiavimo išvažiavimo kryptys]
-  [lėjimo kryptys]



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
Pr etapas	Polimerų chemijos ir technologijos katedra katedra LT - 50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas	2021-MBP-OCH	
TMC/9/1	Studentas T. Juškus	Skylo planas (1:200)	
Vadovas L. Miknius	Recenzentas V. Valeika	Detalus brėžiniai	
Suderinta O. Viliūnienė		Laida	Lapų
		0	1



Grupė		KTU Cheminės technologijos fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
TMC-9/1	Vardas pavardė	Parašas	Data	Alkilavimo įrenginys	
Afiliu	T. Juknius				
Vadovas	Doc. dr. L. Miknius				
Recenzentas	Prof. V. Valeika				
Pr. etapas		Organinės technologijos katedra LT-50254 Radvilėnų pl. 19, Kaunas		Technologinė schema	Data
MBP				2021-MBP-0CHK	2021-04-01
				Lapas	Lapu
				1	1