



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos

Baigiamasis magistro projektas

Paulius Urbonavičius

Projekto autorius

Doc. Dr. L. Miknius

Projekto vadovas

Kaunas, 2025



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos

Baigiamasis magistro projektas
Chemijos inžinerija (6211EX020)

Lekt. dr. Odeta Viliūnienė

Statybinių sprendimų dalies
konsultantė

Paulius Urbonavičius

Projekto autorius

Prof. dr. Irena Pekarskienė

Finansinių ir ekonominių
skaičiavimų dalies
konsultantė

Doc. dr. Linas Miknius

Vadovas

Prof. dr. Gintaras Denafas

Aplinkosauginio vertinimo
konsultantas

**Prof. habil. dr. Vytautas
Mickevičius**

Recenzentas

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

Darbuotojų saugos ir
sveikatos dalies konsultantė

Kaunas, 2025



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Paulius Urbonavičius

Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos

Akademinių sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdamas kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasis Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs;
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalintas iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Paulius Urbonavičius

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:

Cheminės technologijos fakulteto dekanė
prof. dr. V. Kitrytė-Syrpa

Suderinta:

Organinės chemijos katedros
vedėja prof. dr. E. Arbačiauskienė

Dekano potvarkis Nr. V25-02-22
2025 m. gegužės 20 d.

2025 m. vasario mėn. 12d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos

Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas: suprojektuoti bitumo modifikatorių gamybos įrenginį dirbantį nuolatiniaame režime, kurio metinis našumas 4000 tonų.

Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

1. Apžvelgti mokslinę ir technologinę literatūrą polimerais modifikuotų bitumų tyrimų ir taikymo srityse.
2. Ištirti skirtingų bitumo modifikatorių fizikines ir eksploatacines savybes, nustatyti optimalias savybes bitumui suteikiantį modifikatorių bei jo reikiamą kiekį bitume.
3. Sudaryti gamybos įrenginio masės balansą ir atlikti šiluminius skaičiavimus.
4. Parinkti technologinę įrangą su konkrečiais gamintojais.
5. Pateikti statybinius sprendimus.
6. Atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus.
7. Aptarti saugaus darbo priemones, atlikti aplinkosauginį vertinimą.
8. A1 formate pateikti: sklypo planą, technologinę schemą, statybinius brėžinius.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2024 m. kovo 6 d. potvarkiu Nr. V25-02-10 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	2025-02-01
	(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)	(data)
Užduotį gavau:	Paulius Urbonavičius	2025-02-21
	(studento vardas, pavardė, parašas)	(data)

Urbonavičius, Paulius. Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos . Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Linas Miknius; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: bitumas, padangos, guma, devulkanizacija, dviejų sraigtų ekstruderis.

Kaunas, 2025. 70p.

Santrauka

Baigiamojo darbo tikslas yra suprojektuoti bitumo modifikatorių gamybos įrenginį dirbantį nuolatiniam režimui ir galintį pagaminti 4000 tonų modifikatoriaus per metus. Šiam tikslui pasiekti buvo atlikta mokslinių straipsnių ir tyrimų literatūros analizė. Buvo apžvelgti skirtingų tipų polimeriniai modifikatoriai, technologiniai procesai ir naujovės. Bendradarbiaujant su partneriais, atlikti tyrimai, kurių metu buvo išbandomi skirtingos sudėties modifikatoriai, taip pat buvo nustatytas optimalus kiekis norint pasiekti pagrindinių parametru, tokiu kaip adatos penetracijos, trapumo pagal Frasą, minkštėjimo temperatūros ir elastinio atsistatymo, ribines vertes. Suprojektuota technologinė linija bei nubraižyta jos schema, kurioje parodyta, kaip pasinaudojant dviejų sraigtų ekstruderiu bus vykdoma bitumo modifikacija iš panaudotų padangų gumos miltų juos devulkanizuojant. Buvo aprašyti statybiniai pastato sprendimai, atitinkantys reikalavimus. Atlikti skaičiavimai, prognozuojantys pagrindinius finansinius ir ekonominius rodiklius. Įvertintos investicijos ir atsipirkimo galimybės. Taip pat, aptarti saugos ir higienos reikalavimai ir sudarytas planas jiems įgyvendinti, atliktas profesinės rizikos vertinimas. Parengtas įmonės aplinkosauginis vertinimas, apžvelgtos naudos susijusios su CO₂ ir aplinkos taršos mažinimu.

Urbonavičius, Paulius. Production of Bitumen Modifiers from Used Tyre Rubber. 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: bitumen, tyres, rubber, devulcanisation, twin screw extruder.

Kaunas, 2025. 70 p.

Summary

The aim of the thesis is to design a continuous bitumen modifier production plant capable of producing 4000 tonnes of modifier per year. To achieve this objective, a literature analysis of scientific articles and studies was carried out. Different types of polymeric modifiers, technological processes and innovations have been reviewed. In collaboration with partners, studies were done to test different modifier formulations and to determine the optimum quantity to reach the threshold values for key parameters such as needle penetration, Fraser brittleness, softening point and elastic recovery. A process line has been designed and a schematic diagram has been drawn showing how the modification of bitumen from used tyre rubber by devulcanisation will be achieved by means of a twin-screw extruder. The structural solutions for the building that meet the requirements were described. Calculations have been made, predicting the main financial and economic indicators. The investment and payback options were assessed. In addition, health and safety requirements were discussed and a plan was drawn up to implement them, and an occupational risk assessment was conducted. An environmental assessment of the company has been prepared, looking at the associated benefits in terms of reducing CO₂ and environmental pollution.

Turinys

Lentelių sąrašas	10
Įvadas.....	12
1. Literatūros apžvalga	13
1.1. Bitumas.....	13
1.2. Modifikuotas bitumas.....	14
1.2.1. Polimerais modifikuotas bitumas:	15
1.2.2. Panaudotų padangų gumos miltų naudojimas bitumui modifikuoti.....	17
1.2.3. Panaudotų padangų gumos devulkanizavimas	17
2. Tiriamoji dalis.....	20
2.1. Tyrimo tikslas.....	20
2.2. Medžiagos ir metodai	20
2.3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas	24
3. Inžinerinė dalis.....	29
3.1. Technologinė dalis.....	29
3.1.1. Vibrostalas (klasifikatorius)	29
3.1.2. Povandeninis granuliatorius	29
3.1.3. Ekstruderis padangų miltų devulkanizacijai.....	30
3.1.4. Ekstruderis bitumo modifikavimui.....	31
3.1.5. Žaliavos bei produktų reikalavimai	32
3.1.6. Bitumo modifikatorių gamybos medžiagų masės balansas.....	33
3.1.7. Šiluminiai skaičiavimai	33
3.1.8. Technologinės schemos aprašymas	34
3.2. Statybiniai sprendimai	36
3.2.1. Sklypo planas.....	36
3.2.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	36
3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	38
3.3.1. Makro aplinkos analizė ir aplinkos stabilumo nustatymas bei projektuojamos įmonės finansinio pajėgumo vertinimas	38
3.3.2. Projekto investicijos ir jų investavimo šaltiniai.....	39
3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	40
3.3.4. Trumpalaikio turto skaičiavimas	40
3.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	41
3.3.6. Netiesioginiai gamybos kaštai	43
3.3.7. Gamybos kaštų skaičiavimas.....	46
3.3.8. Veiklos kaštai	46
3.3.9. Gaminio kainos skaičiavimas	47
3.3.10. Projekto pelnas ir grynąjų pinigų srautai.....	47
3.3.11. Projekto investicijų efektyvumo vertinimas.....	49
3.3.12. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai	51
3.4. Aplinkosauginis projekto vertinimas.....	53
3.4.1. Bendrieji duomenys.....	53
3.4.2. Atliekos.....	54
3.4.3. Aplinkos oro tarša.....	56

3.4.4. Vandens suvartojimas ir nuotekos	56
3.5. Darbuotojų sauga ir sveikata	58
3.5.1. Projektuojamojo objekto charakteristika	58
3.5.2. Profesinės rizikos vertinimas	58
3.5.3. Saugi gamyba	60
3.5.4. Darbo higiena	62
3.5.5. Gaisrinė sauga	62
Išvados	65
Literatūros sąrašas	66
Priedai.....	70
1 priedas. Sklypo planas	70
2 priedas. Pastato planas	70
3 priedas. Pjūviai A-A ir B-B	70
4 priedas. Technologinės linijos schema	70
5 priedas. Darbo apimtys patvirtinimas	70

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Kelių bitumas	14
2 lentelė. Padangų sudėtis priklausomai nuo transporto priemonės tipo Europoje [23]	17
3 lentelė. Bitumo rūšies 70/100 charakteristikos [33]	20
4 lentelė. Vibrostalo pagrindiniai parametrai	29
5 lentelė. Povandeninio granulatoriaus UWP500 pagrindiniai parametrai	30
6 lentelė. Ekstruderio SAT75 pagrindiniai parametrai	31
7 lentelė. Ekstruderio SAT95 pagrindiniai parametrai	32
8 lentelė. Bitumo modifikatorių gamybos medžiagų masės balansas	33
9 lentelė. Šilumos masės balansas bei galios sąnaudos norint pašildyti žaliavas.....	34
10 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai.....	36
11 lentelė. PEST metodo analizė.....	38
12 lentelė. Įmonės finansinis pajėgumas	39
13 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai [36]	39
14 lentelė. Ilgalaikio turto kaštų suvestinė [36].....	40
15 lentelė. Bitumo modifikatoriaus gamybos linijos įrenginių vertė [36].....	40
16 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis [36].....	40
17 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos [36]	41
18 lentelė. Išlaidos reikalingoms žaliavoms [36]	41
19 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui (operatorių darbo užmokesčiui) [36]	42
20 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai [36].....	43
21 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui [36].....	43
22 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija) [36]	44
23 lentelė. Netiesioginės išlaidos elektros energijai [36]	45
24 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata [36]	45
25 lentelė. Gamybos kaštai [36]	46
26 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas [36].....	46
27 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas [36]	47
28 lentelė. Pelno (nuostolio) ataskaita [36]	47
29 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita [36]	48
30 lentelė. Diskonto normos nustatymas [36]	49
31 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS), tūkst. Eur [36].....	49
32 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai [36]	49
33 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas [36].....	50
34 lentelė. Projekto balansas [36].....	51
35 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai [36]	51
36 lentelė. Elektros sunaudojimas [37].....	53
37 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus [37].....	53
38 lentelė. Žaliavų bei produktų sandėliavimas.....	54
39 lentelė. Pavojingų atliekų tvarkymas [38,39]	55
40 lentelė. Aplinkos oro tarša	56
41 lentelė. Naudojamo vandens balansas	56
42 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas	56
43 lentelė. Identifikuoti rizikos veiksniai ir jų prevencinės priemonės [43,44,45,46,47]	58
44 lentelė. Sunaudojamų bei pagaminamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai	60

Paveikslų sąrašas

1 pav. bitumo molekulinė struktūra pagal frakcinę sudėtis: a) asfaltenai; b) dervos; c)aromatiniai junginiai; d)sočiosios riebalų rūgštys.	13
2 pav. SBS struktūros [3].....	16
3 pav. Devulkanizacijos mechanizmas su CBS [30].	18
4 pav. Pradinių duomenys bandiniams paruošti	21
5 pav. Modifikatoriaus granulės	22
6 pav. Kaitinimo krosnis.....	22
7 pav. Didelės šlyties maišyklė	23
8 pav. Minštėjimo temperatūra.....	24
9 pav. Adatos penetracija.....	25
10 pav. Trapumas pagal Frasą	26
11 pav. DSC elastingumo nustatymas	27
12 pav. Technologinė schema	35
13 pav. Diskontuoti pinigų srautai su atsipirkimo laiku	50
14 pav. Pagrindinio produkto lūžio taškas.....	51
15 pav. Evakuacijos planas.....	64

Ivadas

Kiekvienais metais Lietuvoje, Europoje ir pasaulyje susidaro dideli panaudotų padangų kiekiai. Dalis jų yra perdirbami, tačiau nemaža dalis lieka nepanaudota – išmetama gamtoje ar paliekama savaime suirti. Lietuvoje apie 24 tūkstančiai tonų naudoti nebetinkamų padangų kasmet yra surenkama ir perdirbama, tačiau apie 2–3 tūkstančius tonų vis dar patenka į miškus ar nelegalius sąvartynus. Europoje skaičiai dar didesni, tačiau paraleliai matomas ir didesnis perdirbimo procentas, kuris siekia 94 %. Dažniausias padangų perdirbimo būdas yra mechaninis perdirbimas iki nedidelių vulkanizuotos gumos gabaliukų, padangų miltų, tai apima apie 75 % visų Europoje perdirbamų padangų kiekio. Kita dalis yra panaudojama energijai gauti pasinaudojant pirolizės procesu, gaunama pirolizinė alyva, padangos deginamos cemento gamybos krosnyse. Atsižvelgiant į šiuos faktus akivaizdu, kad padangų perdirbimas yra labai svarbus procesas, sprendžiantis daug taršos problemų.

Norint būti inovatyviems, reikia prisitaikyti ir nuolatos ieškoti naujovių, kurios spręstų opias problemas. Bendradarbiaujant su įmone UAB „Polylema“, kuri surenka ir mechaniškai bei chemiškai perdirba panaudotas padangas, išsikeltas tikslas sukurti bei ištirti naujos kartos bitumo modifikatorius, pagamintus naudotų padangų miltų pagrindu. Šis modifikatorius galėtų pakeistų bent dalį rinkoje jau įsitvirtinusio SBS (stireno-butadieno-stireno) polimero, kuris nors ir suteikia bitumui geras savybes, jo gamybos metu yra išskiriama daug šiltnamio efektą sukeliančių dujų ir kitų kenksmingų medžiagų. Taip pat, nors SBS kaina rinkoje svyruoja, šiuo metu ji yra beveik du kartus didesnė nei šiame darbe aprašomų modifikatorių. Todėl sukūrus modifikatorių, kuris suteiktų bitumui tokias pačias arba geresnes savybes nei SBS, būtų išsprendžiamos kelios problemos vienu metu. Šis modifikatorius bus gaminamas pasitelkiant dviejų sraigtų ekstruderį, ekstruzija vykdoma dviem etapais. Prieš pirmąjį etapą, padangų miltai yra paruošiami, sumaišant juos su katalizatoriumi ir kompatibilizatoriumi bei kitais priedais. Tada pradedamas pirmasis etapas: ruošinys paduodamas į ekstruderį, jame guma devulkanizuojasi ir yra paduodama į antrąją ekstruderio dalį, kur prasideda kitas etapas. Šiame etape devulkanizuota guma sumaišoma su perdirbtu plastikumu ir kitais polimerais. Praėjus ekstruderį, šis junginys granuliuojamas povandeniniu būdu, norint išvengti oksidacijos, ir tiekiamas džiovinti. Siekiant surasti geriausias receptūras, gautas skirtingų sudėčių modifikatorius bus maišomas su bitumu ir tiriamos pagrindinės modifikuoto bitumo savybės.

Magistro baigiamojo darbo tikslas yra suprojektuoti bitumo modifikatorių gamybos įrenginį dirbantį nuolatiniaje režime, kurio metinis našumas 4000 tonų.

Norint gauti tinkamus rezultatus ir pasiekti užsibrėžtą tikslą, sugeneruoti uždaviniai ir reikalavimai:

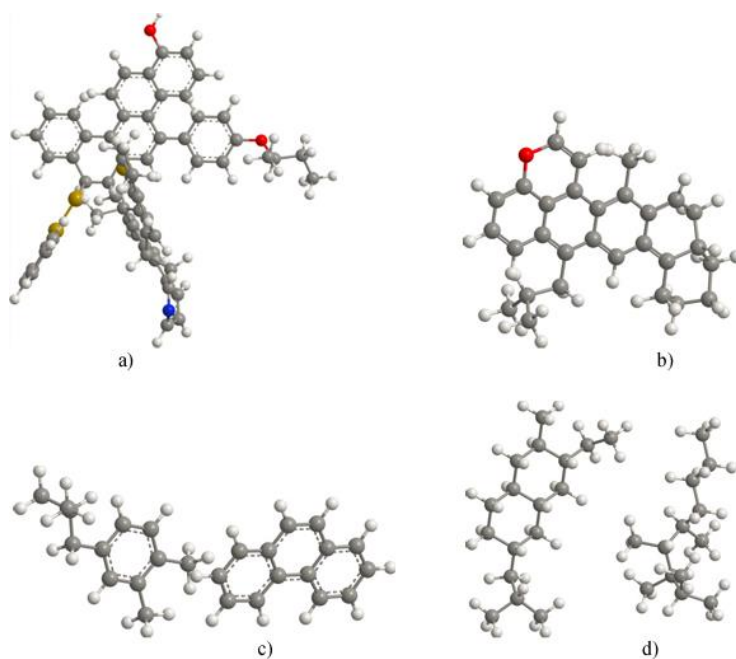
1. Apžvelgti mokslinę ir technologinę literatūrą polimerais modifikuotų bitumų tyrimų ir taikymo srityse
2. Ištirti skirtingų bitumo modifikatorių fizikines ir eksploatacines savybes, nustatyti optimalias savybes bitumui suteikiantį modifikatorių bei jo reikiamą kiekį bitume.
3. Sudaryti gamybos įrenginio masės balansą ir atlikti šiluminius skaičiavimus.
4. Parinkti technologinę įrangą su konkrečiais gamintojais.
5. Pateikti statybinius sprendimus.
6. Atlikti finansinius ir ekonominius skaičiavimus.
7. Aptarti saugaus darbo priemones, atlikti aplinkosauginį vertinimą.
8. A1 formate pateikti sklypo planą, technologinę schemą, statybinius brėžinius.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Bitumas

Bitumas gaunamas, kaip šalutinis produktas vykdant iškastinio kuro, dažniausiai naftos distiliacijos-perdirbimo, procesus. Bitumas yra klampus skystis (kambario temperatūroje), beveik nelakus bei vandeniui atsparus junginys, sudarytas iš angliavandenilių ir jų darinių [1]. Jo fizikinės ir mechaninės savybės priklauso nuo žaliavinės naftos sudėties, – ypač nuo to, kokio tipo angliavandenilių grandinės (aromatinės, nafteninės ar parafininės) joje dominuoja.

Aukščiausios kokybės bitumas dažniausiai gaunamas iš nafteninės arba nafteninės-parafininės bazės naftos ir dėmesys yra atkreipiamas į asfaltenų, dervų, aromatinių junginių, sočiųjų rūgščių kiekį naftoje. Asfaltenai daro įtaką bitumo struktūrai, nuo to priklauso bitumo stiprumas ir standumas. Dervos lemia plastiškumą ir sukibimą, o sočiosios rūgštys ir aromatiniai junginiai klampumą. Ne mažiau svarbūs yra ir naftos perdirbimo procesai, tokie kaip atmosferinė ar vakuuminė distiliacija, oksidacija, ekstrakcija tirpikliais ir kiti metodai. [2,3].



1 pav. bitumo molekulinė struktūra pagal frakcinę sudėtį: a) asfaltenai; b) dervos; c) aromatiniai junginiai; d) sočiosios riebalų rūgštys.

Bitumas plačiai naudojamas kelių pramonėje, o pagal savo savybes skirstomas į rūšis, kurios žymimos skaičiais pavyzdžiui: 20/30; 35/50; 50/70; 70/100. Šie skaičiai nurodo adatos penetracijos (įsiskverbimo) verčių intervalą gautą atliekant standartizuotą bandymą LST EN 1426, esant 25 °C temperatūrai.

Be penetracijos rodiklio, kiekvienai bitumo rūšiai keliami ir kiti techniniai reikalavimai (1 lent.), tokie kaip minkštėjimo temperatūra, trapumo temperatūra pagal Frasą ir kiti parametrai [4].

1 lentelė. Kelių bitumas[4]

Savybė	Matavimo vienetas	Bandymo metodas	Rūšys					
			20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Penetracija, kai yra 25°C	0,1 mm	LST EN 1426	20–30	35–50	50–70	70–100	100–150	160–220
Minkštėjimo temperatūra pagal žiedo ir rutulio metodą	°C	LST EN 1427	55,0–63,0	50,0–58,0	46,0–54,0	43,0–51,0	39,0–47,0	35,0–43,0
Pliūpsnio temperatūra	°C	LST EN ISO 2592	240	240	230	230	230	230
Tirpumas	%	LST EN 12592	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Penetracijos indeksas	-	LST EN 12591, A priedas	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Kinematinė klampa, kai yra 135°C	mm ² /s	LST EN 12595	530	370	295	230	175	135
Dinaminė klampa, kai yra 60°C	Pa·s	LST EN 12596	440	225	145	90	55	30
Trapumo temperatūra pagal Frasą	°C	LST EN 12593	–	≤ - 5	≤ - 8	≤ - 10	≤ - 12	≤ - 15

1.2. Modifikuotas bitumas

Bitumas pradėtas modifikuoti padidėjus bitumo paklausai kelių, statybų ir kitose pramonės šakose. Modifikacija tikslas – pagerinti bitumo savybes, padidinti atsparumą temperatūrų pokyčiams, deformacijoms bei prailginti eksploataavimo trukmę. Kelių pramonėje bitumas pagrinde naudojamas asfaltbetonio gamyboje ir kelio dangų tiesimui.

Didėjant automobilių kiekiui bei intensyvėjant lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių eismui, asfaltbetonio kelio dangos yra veikiamos intensyviau bei didesnėmis apkrovomis. Dėl to atsiranda negrįžtamos deformacijos, provėžos, duobės ir kiti dangos defektai [5]. Nemodifikuotas bitumas yra neatsparus intensyviai transporto srautui, besikeičiančioms oro sąlygoms, todėl jį būtina modifikuoti [6].

Sėkmingam bitumo modifikavimui būtina, kad naudojamos pridėtinės medžiagos atitiktų šiuos kriterijus:

- Medžiagos neturi irti ar neprasideda jų destrukcija temperatūrose, kuriose vykdomi asfaltbetonio paruošimo procesai;

- Medžiagos yra tinkamos ir gali būti maišomos ar apdirbamos su įprasta asfaltbetonio paruošimo įranga;
- Medžiagos išlaiko gerą cheminį sąryšį su bitumu;
- Jos turi pagerinti bitumo atsparumą deformacijoms ir temperatūros pakyčiams;
- Medžiagos turi išlikti chemiškai ir fiziškai stabilios bei nepakeisti savo savybių transportuojant, sandėliuojant, gaminant ar atliekant kitus veiksmus [6,7].

Bitumo modifikatoriai pagal veikimo pobūdį klasifikuojami į adhezinius, plastifikuojančius, struktūrizuojančius ir kompleksinius. Pagal modifikatoriaus prigimtį polimerinius ir nepolimerinius. Polimeriniai toliau skirstomi į termoplastikus, termoplastinius elastomerus ir kt [6,8-10].

1.2.1. Polimerais modifikuotas bitumas:

Polimerais modifikuotas bitumas yra vienas iš dažniausiai sutinkamų modifikuotų bitumų. Polimerų kiekis, sudaromas cheminis ryšys ir stabilumas turi esminės įtakos galutinio produkto savybėms. Polimerų cheminė struktūra ir reaktyvumas lemia stabilumą bei suderinamumą su bitumo matrica. Norint pagerinti bitumo savybes, būtina užtikrinti mišinio homogeniškumą ir išvengti fazių atsiskyrimo transportavimo bei sandėliavimo metu. Fazių separaciją gali atsirasti dėl didelės polimerų molekulinės masės ir mažos molekulinės masės maltenų frakcijų tirpimo skirtumų [11].

Homogeninis mišinys, kuriame nevyksta fazių atsiskyrimas, yra lengviau apdorojamas gamybos metu. Tam pasiekti polimerai turi atitikti šiuos reikalavimus:

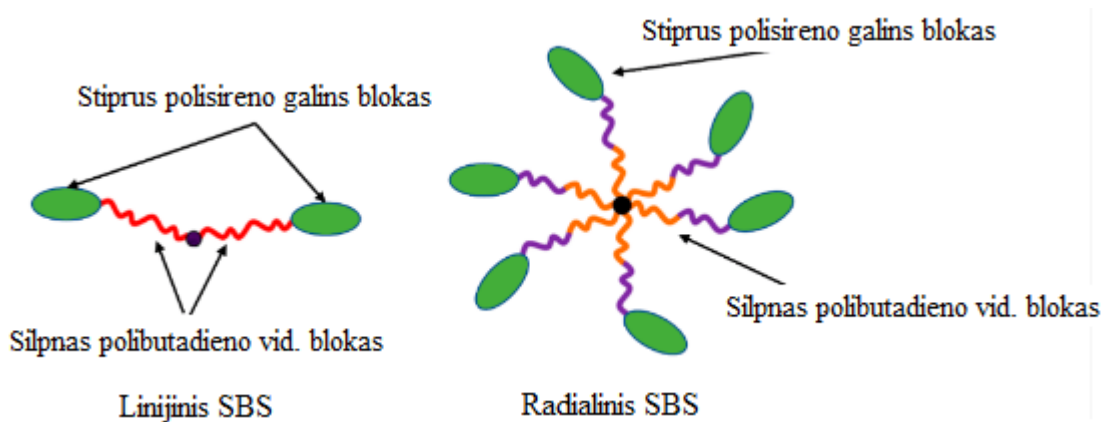
- Būti tirpūs bitumo mišiniuose bei sudarantys klampų tirpalą, kuris išlieka homogeninis;
- Būti hidrofobiniai, atsparūs kritiniams temperatūrų pokyčiams ir ultravioletinei spinduliuotei;
- Būti netoksiški, nekenksmingi aplinkai ir lengvai prieinami [12][13].

Termoplastikais modifikuotas bitumas – vienas iš plačiai naudojamų bitumo modifikacijos būdų. Tam gali būti naudojamos tiek grynos, tiek perdirbtos medžiagos, tokios kaip: polipropilenas (PP), polietilenas (PE), polivinilchloridas (PVC), etileno vinilacetatas (EVA) ir kt. [14]. Pastebėta, kad termoplastiniai modifikatoriai padidina bitumo stiprumą ir atsparumą deformacijoms. Asfaltbetonis, pagamintas naudojant šį bitumą, pasižymi geresniu atsparumu provėžoms esant aukštomis temperatūroms ir mažesniu polinkiu į trūkinėjimą veikiant nuolatinei apkrovai. Tačiau jie taip pat didina standumą ir trapumą, kas gali turėti įtakos įtrūkimų atsiradimui esant žemoms temperatūroms [6].

Be to, termoplastikai sukelia problemų dėl fazių atsiskyrimo, jie dažnai yra blogai suderinami su bitumu. Paprastai tai galima paaiškinti taip, jog modifikuojant bitumą susidaro kinetiškai stabili sistema, polimeras sugeria malteno frakciją ir išbrinksta, dėl termodinaminio nestabilumo ir gravitacijos, šios išbrinkusios dalelės nusėda mišinio apačioje, taip sudarydamos dvi fazes. Dėl šios priežasties mokslinėje literatūroje rekomenduojama termoplastikų koncentraciją riboti iki 1–6 % nuo bendros mišinio masės [7,14]. Termoplastiniai polimerai taip pat nepagerina elastinio atsistatymo savybių, kurioms šiuo metu skiriama vis daugiau dėmesio [15].

Termoplastiniai elastomerai – dar viena modifikatorių grupė, naudojama siekiant pagerinti bitumo savybes. Jie suteikia bitumui atsparumo ilgalaikėms tempimo deformacijoms bei pagerina elastingumo atstatymą po apkrovų. Dažniausiai naudojami elastomeriniai modifikatoriai: stireno-izopreno-stireno (SIS), stireno-etileno-butileno-stireno (SEBS) ir stireno-butadieno-stireno (SBS) kopolimerai [3,16]. Iš jų SBS yra pačiausiai naudojamas asfaltbetonio modifikatorius visame pasaulyje, pasižymintis savybėmis, artimomis natūraliam kaučiukui. Jis sumažina provėžų atsiradimą, pagerina atsparumą trūkių atsiradimui žemose temperatūrose, prailgina dangos ilgamžiskumą ir padidina hidrofobiškumą, apsaugant nuo drėgmės sukeltų pažeidimų [17,18].

Tačiau susiduriama su ta pačia problema, sandėliuojant bei transportuojant palaikoma aukšta temperatūra, kuri skatina fazių atsiskyrimą. Taip pat, vykstant asfaltbetonio apdorojimui, palaikomos aukštos proceso temperatūros ir tai gali sukelti SBS molekulių destrukciją [19]. SBS gali būti linijinės ir radialinės struktūros (2 pav.).



2 pav. SBS struktūros [3]

Linijinėje struktūroje polistireno blokai yra sujungti dviem polibutadienu blokais, o radialinėje struktūroje polistireno segmentai išsidėsto žiedišškai aplink centrinį polibutadieno bloką. Tokia radialinė SBS kopolimero konfigūracija užtikrina didesnę stabilumą bei tolygesnę elastingų ir klampių komponentų pasiskirstymą [3].

Elastomerams priskiriami tokie junginiai kaip natūralus kaučiukas, stireno-butadieno kaučiukas (SBR), įvairios gumos ir kt. [6]. Ištirtose šaltiniuose teigiama, kad natūralus kaučiukas dėl gero atsparumo nuovargiui bei didesnio struktūrinio stabilumo prisideda prie asfaltbetonio dangų ilgaamžiškumo ir mechaninio atsparumo didinimo. Kiti tyrimai rodo, jog šis priedas taip pat padidina atsparumą žemai temperatūrai bei prailgina dangos eksploatacijos trukmę [20]. Stireno-butadieno kaučiukas (SBR) taip pat pagerina bitumo savybes – tyrimų duomenimis, jis sumažina provėžų formavimąsi esant aukštai temperatūrai ir pagerina elastinio atsistatymo rodiklius. Vis dėlto, SBR naudojimas gali kelti iššūkių gamybos proceso metu dėl padidėjusio bitumo klampumo [22].

Nepolimeriniai modifikatoriai – tai cheminiai junginiai arba medžiagos, galinčios suteikti papildomų privalumų bitumui, pagerindamos jo savybes arba didindamos bitumo ir kitų modifikatorių suderinamumą, taip palengvindamos modifikavimo procesus. Tarp dažniausiai naudojamų junginių galima paminėti sierą, kuri didina bitumo atsparumą gniuždymui ir lenkimui bei pagerina cheminį atsparumą. Maleino rūgšties anhidridas naudojamas siekiant pagerinti bitumo ir polimerų

suderinamumą. Taip pat gali būti taikomos mineralinės medžiagos, tačiau jos dažniausiai atlieka užpildo funkciją ir nėra laikomos tiesioginiais modifikatoriais[3,6,7].

1.2.2. Panaudotų padangų gumos miltų naudojimas bitumui modifikuoti

„Kasmet susidaro vis daugiau polimerinių atliekų, tarp kurių vienos pagrindinių – naudojimui nebetinkamos automobilių padangos. Siekiant spręsti šią aplinkosauginę problemą, pradėta ieškoti būdų, kaip šio tipo atliekas būtų galima perdirbti ir panaudoti pakartotinai. Vienas iš efektyviausių sprendimų – padangų mechaninis perdirbimas, kurio metu atskiriami tekstilės pluoštai, metalas bei vulkanizuota guma. Išgauta guma yra smulkinama iki miltelių pavidalo ir gali būti naudojama kaip bitumo modifikatorius [21]. Padangų sudėtis skiriasi priklausomai nuo jų paskirties – lengvųjų automobilių ar sunkiojo transporto (2 lent.). Visgi jose esančios sudedamosios medžiagos, tokios kaip vulkanizuota guma, elastomerai ir kiti pavieniai junginiai, gali būti sėkmingai taikomi bitumo modifikavimo procesuose.

2 lentelė. Padangų sudėtis priklausomai nuo transporto priemonės tipo Europoje [23]

Medžiaga	Automobilių padangos	Sunkiojo transporto, autobusų padangos
	Kiekis, (%)	Kiekis, (%)
Guma/elastomerai	48	45
Suodžiai	22	22
Metalas	15	25
Tekstilė	5	-
Cinko oksidas	1	2
Siera	1	1
Priemaišos	8	5

Šio tipo modifikatoriai pagerina bitumo atsparumą nuovargiui, provėžų susidarymui bei trūkių formavimuisi esant žemoms temperatūroms. Taip pat pastebimi ir kiti pokyčiai – padidėja bitumo minkštėjimo temperatūra, sumažėja prasiskverbimo (penetracijos) reikšmės, pagerėja asfalto ir transporto priemonių padangų sukibimas, sumažėja eismo sukeliamas triukšmas. Nepaisant šių privalumų, viena pagrindinių problemų išlieka šių medžiagų nesuderinamumas su bitumu bei fazių atsiskyrimas sandėliavimo metu. Šiai problemai spręsti gali būti naudojami papildomi cheminiai junginiai, kurie pagerina modifikatorių suderinamumą su bitumo matrica [21,24,25].

Tyrimų duomenimis, devulkanizuojant perdirbtą padangų gumą galima pagerinti mišinio stabilumą ir išvengti fazių atsiskyrimo sandėliuojant. Devulkanizuota guma pasižymi geresniu suderinamumu su bitumu ir yra lengviau įtraukiama į asfalto gamybos procesus [26].

1.2.3. Panaudotų padangų gumos devulkanizavimas

Dažniausiai taikomi padangų gumos devulkanizacijos metodai yra:

- cheminis,
- mechaninis

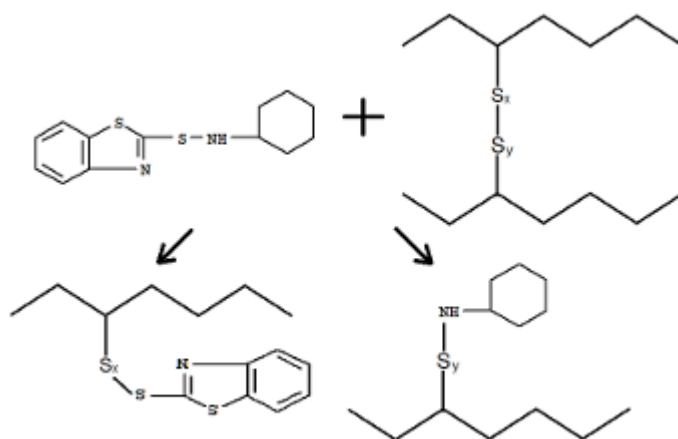
- ultragarsinis
- mikrobangų ir kiti [27].

Vienas iš efektyviausių pramoninių būdų – tai padangų gumos devulkanizacija naudojant dviejų sraigčių ekstruderį. Šis termomechaninis procesas pasižymi galimybe būti vykdomas nuolatinio režimu, todėl leidžia perdirbti didelius gumos kiekius, kas yra itin aktualu pramoninėje gamyboje. Svarbu pabrėžti, kad ekstruderio technologiniai parametrai, tokie kaip sraigčių sukimosi greitis, temperatūra skirtingose ekstruderio zonose bei žaliavos padavimo greitis, turi esminę įtaką galutinio produkto kokybei. Šių parametrų valdymas leidžia selektyviai ardyti sulfidinius tiltelius, nepažeidžiant pagrindinės polimero grandinės [28].

Kitas svarbus veiksnys – sraigčių konfigūracija. Keičiant sraigčių segmentų tarpusavio padėtį, galima reguliuoti trinties jėgas, kurios veikia žaliavą ekstruderyje. Tai leidžia tiksliau valdyti devulkanizacijos procesą ir pasiekti pageidaujamą rezultatą [28].

Norint palengvinti procesą, į ekstruderį gali būti tiekama alyva – ji gali būti aromatinės, nafteninės ar kitokios kilmės, priklausomai nuo naudojamos gumos sudėties bei prieinamų žaliavų. Alyva atlieka keletą funkcijų: ji padeda tolygiai paskirstyti devulkanizaciją spartinančias medžiagas (katalizatorius) gumos masėje, taip pat veikia kaip šilumos nešiklis ir žaliavos plastifikatorius. Iš pradžių alyva padengia gumos paviršių, o laikui bėgant prasiskverbia į jos vidų [29,30].

Kaip jau minėta, devulkanizacijos efektyvumui padidinti gali būti naudojami specifiniai katalizatoriai ar cheminės medžiagos. Vienas iš tokių – N-cikloheksilbenzotiazol-2-sulfenamidas (CBS). Jam skilus, susidarę tarpiniai junginiai reaguoja su sieros tilteliais gumos matricoje ir inicijuoja selektyvią devulkanizaciją, suformuodami stabilias, nepertrauktas polimerines grandines (3 pav.) [30].



3 pav. Devulkanizacijos mechanizmas su CBS [30].

Norint dar labiau pagerinti bitumo savybes bei sumažinti fazių atsiskyrimo riziką, pastaruoju metu pradėta eksperimentuoti kuriant devulkanizuotos gumos ir termoplastikų kompozitus. Šių kompozitų gamybai dažnai pasirenkami antriniai plastikai, tokie kaip polietilenas (PE) ar polipropilenas (PP). Tokį pasirinkimą lemia dvi pagrindinės priežastys: pirma, šie termoplastikai jau yra taikomi bitumo modifikavimui ir jų poveikis yra gerai ištirtas; antra – jie yra palyginti pigūs ir lengvai prieinami.

Kompozitų gamybos procesas vykdomas dviejų sraigtų ekstruderyje, kur į devulkanizuotos gumos masę dozuojamas tiksliai nustatytas polimerinių medžiagų kiekis. Tyrimų duomenimis, tokie hibridiniai kompozitai suteikia asfaltbetoniui geras savybes esant aukštomis temperatūroms. Kai kuriuose šaltiniuose nurodoma, kad tokiu bitumu modifikuoto asfaltbetonio savybės, kai kuriais aspektais, yra netgi pranašesnės už SBS modifikuoto bitumo savybes. Tačiau pastebima, jog esant žemoms temperatūroms šių kompozitų mechaninės charakteristikos gali prastėti [31].

Kiti literatūros šaltiniai taip pat pažymi, kad tokie kompozitai pagerina komponentų suderinamumą bei prisideda prie mišinio stabilumo aukštų temperatūrų sandėliavimo metu [32]. Remiantis kai kuriais tyrimais, optimalus gumos ir plastiko santykis kompozite yra 7:3 – toks santykis užtikrina gerą tarpusavio suderinamumą ir suderinamumą su bitumu, o tai teigiamai veikia pagrindines asfaltbetonio savybes [33].

Viename iš naujausių tyrimų buvo aprašytas šių kompozitų gamybos procesas bei atlikti tyrimai su kompozitu modifikuotu bitumu. Tyrime naudotos kompozitinės granulės, sudarytos iš devulkanizuotos gumos ir termoplastikų, kurios buvo pagamintos įmonėje „Polylema“, taikant patentuotą „Rubbintec“ Ltd. technologiją. Šios technologijos esmė – selektyvus sieros jungčių ardymas, naudojant specialų katalizatorių, kuris leidžia tai atlikti pakankamai žemose temperatūrose, nepažeidžiant pagrindinės polimero grandinės. Katalizatorius naudojamas kartu su suderinamumą gerinančia medžiaga, kuri pagerina katalizatoriaus prasiskverbimą į gumos miltus bei padeda nutraukti sulfidinius tiltelius. Be to, ši medžiaga padeda formuotis naujiems ryšiams tarp gumos ir polimerų arba kitų organinių junginių [33]. Visas procesas vykdomas termomechaniniame devulkanizacijos ekstruderyje–reaktoriuje su dviem sraigtais. [33].

2. Tiriamoji dalis

Praktikos metu UAB „Polylema“ įmonėje, buvo vykdyti tyrimai siekiant ištirti bendrovėje gaminamų devulkanizuotos gumos ir polimerų kompozitų tinkamumą bitumo modifikavimui. Įmonėje gaminamos kompozitinės granulės gali būti skirtingos sudėties, tačiau bendrai jas apibūdina šios savybės: juoda spalva, 2–3 mm dydžio, sąlyginai minkštos (priklausomai nuo naudoto polimero tipo ir jo kiekio), o drėgmės kiekis neviršija 0,5 %.

UAB „Polylema“ taikomas literatūroje aprašytas termomechaninis devulkanizacijos procesas, kuris vykdomas naudojant eksperimentinį dviejų sraigtų ekstruderį. Šio ekstruderio sraigtai sukasi priešingomis kryptimis, o įrenginio gamybinis našumas siekia apie 100 kg/h – priklausomai nuo naudojamų žaliavų ir nustatytų proceso parametrų.

Siekiant užtikrinti efektyvią devulkanizaciją, procese naudojamas devulkanizacijos katalizatorius ir suderinamumą gerinanti (kompatibilizuojanti) medžiaga. Šių priedų paskirtis – selektyviai nutraukti sieros cheminius ryšius (sulfidinius tiltelius) ir iškiepyti naujus polimerus ar kitus organinius junginius iš devulkanizuotos gumos makromolekules. Devulkanizacija vyksta ir nenaudojant katalizatoriaus, tačiau jos selektyvumas ir gumos kokybė suprastėja.

2.1. Tyrimo tikslas

Ištirti skirtingų bitumo modifikatorių fizikines ir eksploatacines savybes, nustatyti optimalias savybes bitumui suteikiantį modifikatorių bei jo reikiamą kiekį bitume.

2.2. Medžiagos ir metodai

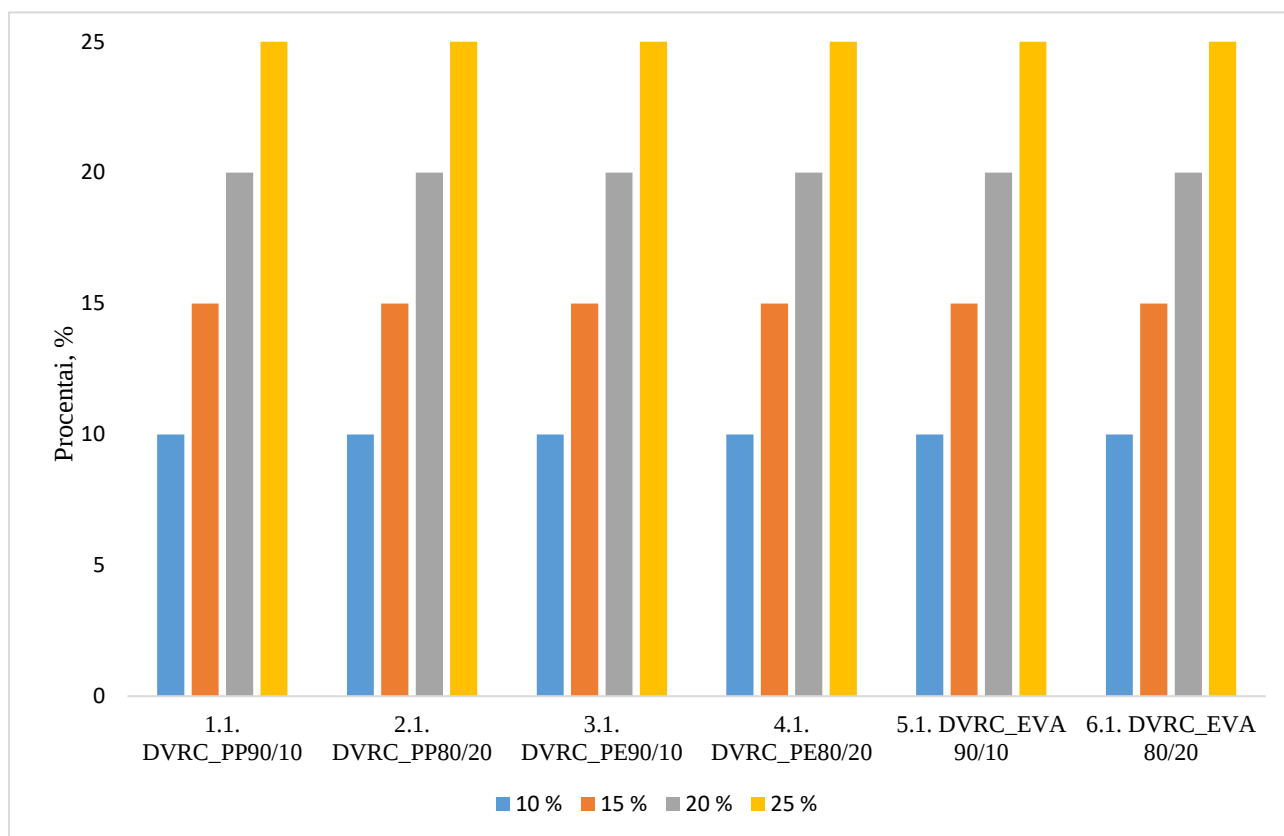
Tyrimas buvo atliekamas sunumeruojant bandinius pagal jų sudėtį bei modifikatoriaus kiekį bitume. Tyrimui naudotos devulkanizuotos gumos ir polimero granulės, pažymėtos santrumpa DVRC (*angl.* Devulcanized Rubber Composites).

Bitumo modifikavimui buvo pasirinkta 70/100 klasės bitumo rūšis, kadangi tai viena iš dažniausiai kelių pramonėje naudojamų bitumo rūšių (3 lent.).

3 lentelė. Bitumo rūšies 70/100 charakteristikos [33]

Bitumo savybės	Normatyvinės reikšmės	Esamos reikšmės
Penetracija, kai yra 25 °C, mm	87 ± 5	87,2
Minkštėjimo temperatūra pagal žiedo ir rutulio metodą, °C	45,8 ± 1,6	45,85
Trapumo temperatūra pagal Frasą, °C	-21 ± 3	-21
Tirpumas, %	99,75 ± 0,1	99,75
Plūpsnio temperatūra, °C	334 ± 4	335

Pradinių bandinių receptūros pateikiamos histogramoje apačioje:



4 pav. Pradinių duomenys bandiniams paruošti

Tyrimo metu buvo naudojamos šešios skirtingos devulkanizuotos gumos granulių receptūros (4 pav.). Šių granulių sudėtis buvo tokia::

- Mechanškai apdorota padangų guma (miltelių pavidalu) 56–75%;
- Polimerai (PP, PE, EVA) 10–20%;
- Pridėtinės medžiagos (katalizatorius, suderinamumą gerinančios medžiagos ir kt.) 13–24%.



5 pav. Modifikatoriaus granulės

Bandinių paruošimas – Kaitinimo krosnis (6 pav.), joje bitumas pašildomas iki 140 °C temperatūros, tada perkeliamas į maišyklę.



6 pav. Kaitinimo krosnis

Modifikuoto bitumo paruošimui naudojama didelės šlyties maišyklė (7 pav.), skirta mišinio homogenizavimui. Maišyklėje bitumas sumaišomas su gumos granulėmis, maišymo sąlygos 170–190 °C, 5000–6000 aps/min. Maišoma tol, kol mišinys pasidaro vientisas.



7 pav. Didelės šlyties maišyklė

Gavus modifikuotą bitumą, atliekami bandymai jo fizikinėms savybėms nustatyti. Nustatoma minkštėjimo temperatūra pagal LST EN 1427 žiedo ir rutulio metodą, penetracija – adatos įsiskverbimo metodu pagal atitinkamus standartus, trapumo temperatūra – pagal Fraso bandymą, taip pat viršutinė kritinė temperatūra – pagal EN 14770 standartą.

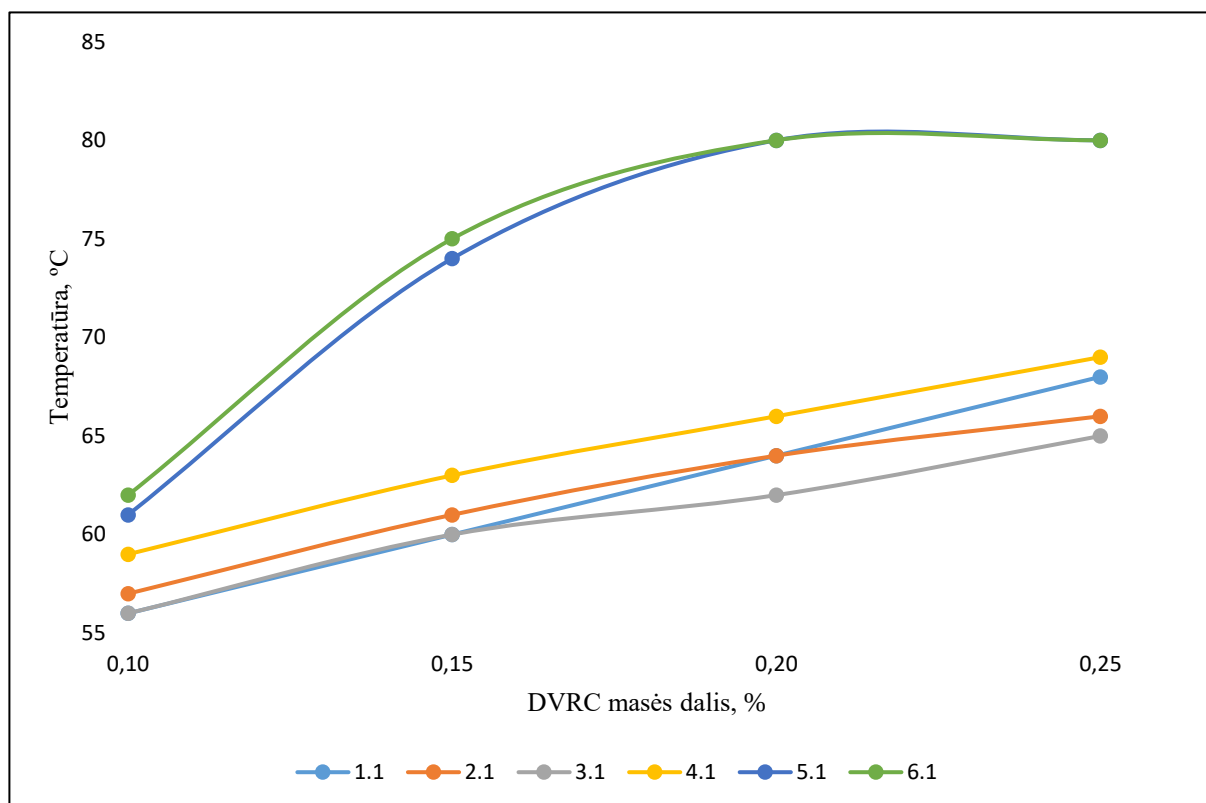
Minkštėjimo temperatūra nustatoma žiedo ir rutulio metodu: du metaliniai žiedai užpildomi karštu bitumu ir palaukiama, kol bitumas sukietėja. Ant kiekvieno žiedo uždedamas plieninis rutuliukas. Bandiniai dedami į specialią vonią, užpildytą termofikatu (šiuo atveju – glicerinu). Vonelė šildoma tol, kol bitumas suminkštėja ir ištįsta iki nustatytos ribos [34].

Penetracijos matuojamas adatos įsiskverbimo bandymu 25 °C temperatūroje. Bandinys supilamas į specialų indą, atvėsinaamas iki 25 °C ir šioje temperatūroje laikomas ne mažiau kaip vieną valandą. Virš indo įtaisoma adata taip, kad jos apatinė dalis būtų prie pat, bet neliėtų bitumo. Ant adatos uždedamas 100 g svoris ir pradedamas bandymas, trunkantis penkias sekundes. Po to matuojamas adatos įsiskverbimas į bitumą milimetrais [35].

Trapumo riba nustatoma pagal Fraso bandymą: metalinė plokštelė padengiama plonu bitumo sluoksniu ir atvėsinama. Plokštelė dedama į specialią šaldymo kamerą, kur temperatūra mažinama po 1 °C intervalais, o plokštelė lenkiama. Nustatoma temperatūra, kurią pasiekus atsiranda pirmieji įtrūkimai – tai ir yra trapumo riba [35].

Viršutinė kritinė temperatūra nustatoma naudojant dinaminį šlyties reometrą (DSR – Dynamic Shear Rheometer). Karšti bandiniai supilami į formas, atvėsunami iki sukietėjimo ir dedami į įrenginį. Viena iš DSR plokštelių juda sinusiniu judesiu, kita lieka stacionari. Bandymas tęsiamas, kol pasiekama temperatūra, kurioje modifikuotas bitumas praranda elastingumą ir tampa takus [35].

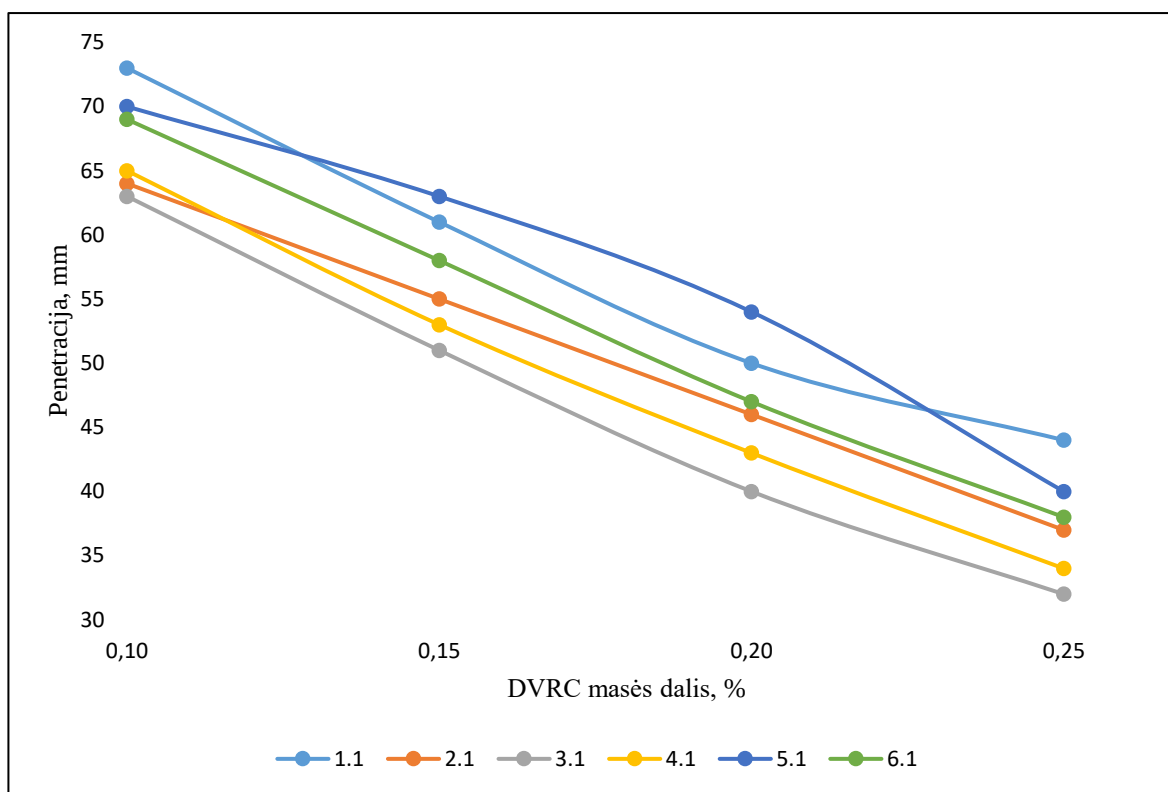
2.3. Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas



8 pav. Minkštėjimo temperatūra

Pirmos diagramos duomenys atskleidžia minkštėjimo temperatūros priklausomybę nuo DVRC (devulkanizuotos gumos ir polimerų kompozito) kiekio modifikuotame bitume. Pastebėtina, kad žemutinė priimtina minkštėjimo temperatūros riba yra 60 °C – bandiniai, kurių rezultatai yra žemiau šios ribos, laikomi netinkamais pagal keliamus reikalavimus.

Bendroje duomenų analizėje matoma aiški tendencija – didėjant DVRC masės daliai bitumo mišinyje, minkštėjimo temperatūra taip pat didėja. Didžiausias temperatūros padidėjimas fiksuotas 5.1 ir 6.1 bandiniuose, o mažiausias – 3.1 bandinyje. Bandiniai 1.1, 2.1, 3.1 ir 4.1, kurių sudėtyje buvo tik 10 % DVRC, nepasiekė nustatytos žemutinės temperatūros ribos, todėl laikytini netinkamais naudojimui pagal išsikeltus kriterijus.

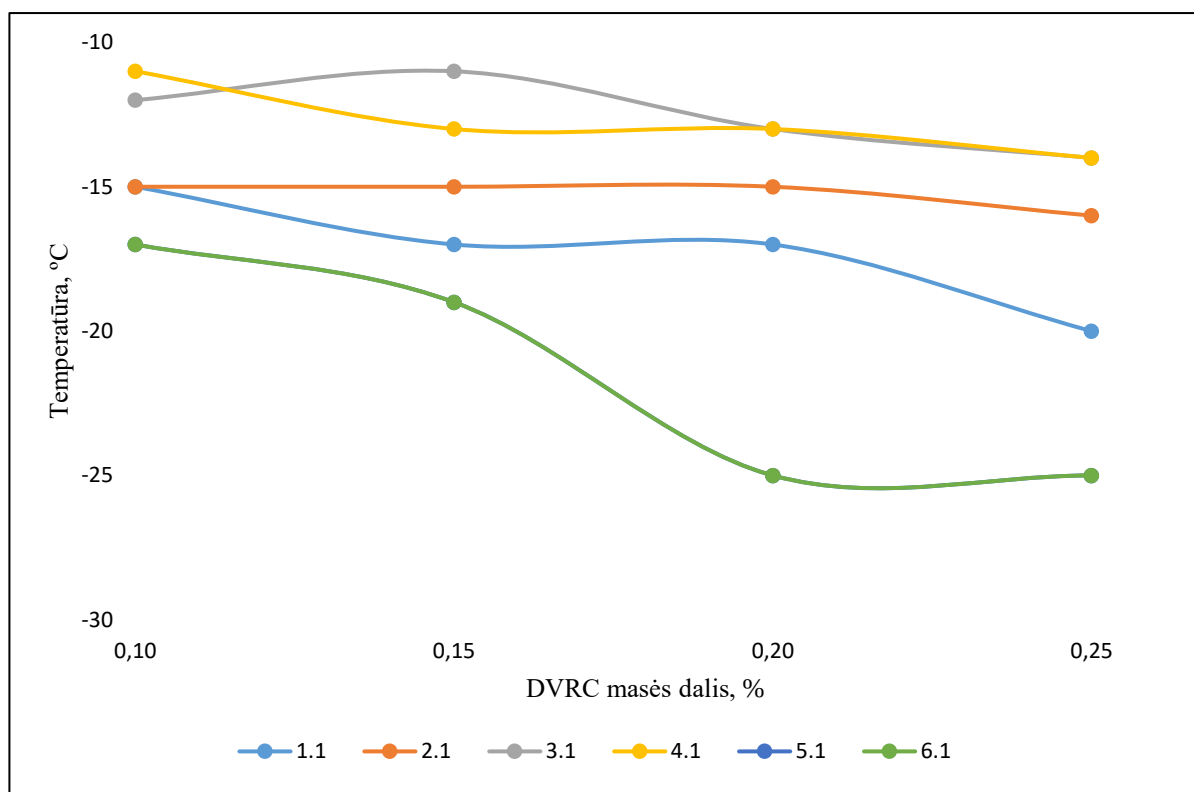


9 pav. Adatos penetracija

Antroje diagramos duomenys rodo modifikuoto bitumo penetracijos priklausomybę nuo DVRC masės dalies procentais bitume. Vertinant gautus rezultatus, būtina atsižvelgti į modifikuoto bitumo skirstymą į kategorijas pagal penetracijos rodiklius – dažniausiai taikomos yra 25/55 ir 45/80 kategorijos. Šios reikšmės atitinka bitumo klasifikaciją pagal jo minkštumą, o Lietuvos bei didžiosios dalies Europos klimato sąlygoms labiausiai tinkamas yra 45/80 klasės bitumas. Kuo aukštesnės skaičių vertės intervale, tuo bitumas yra minkštesnis.

Analizuojant rezultatus, matoma, kad didėjant DVRC kiekiui modifikuotame bitume, adatos įsiskverbimo gylis tolydžiai mažėja visuose bandiniuose. Didžiausias penetracijos vertės sumažėjimas fiksuotas 3.1, 4.1 ir 6.1 bandiniuose, o mažiausias – 2.1 bandinyje.

Kai DVRC masės dalis sudaro 10 % arba 15 %, beveik visi bandiniai patenka į 45/80 kategoriją, išskyrus 3.1 ir 4.1 bandinius. Esant 20 % DVRC kiekiui, visi bandiniai peržengia į 25/55 kategoriją, kas reiškia mažesnę bitumo minkštumą ir didesnę atsparumą deformacijoms aukštesnėje temperatūroje.



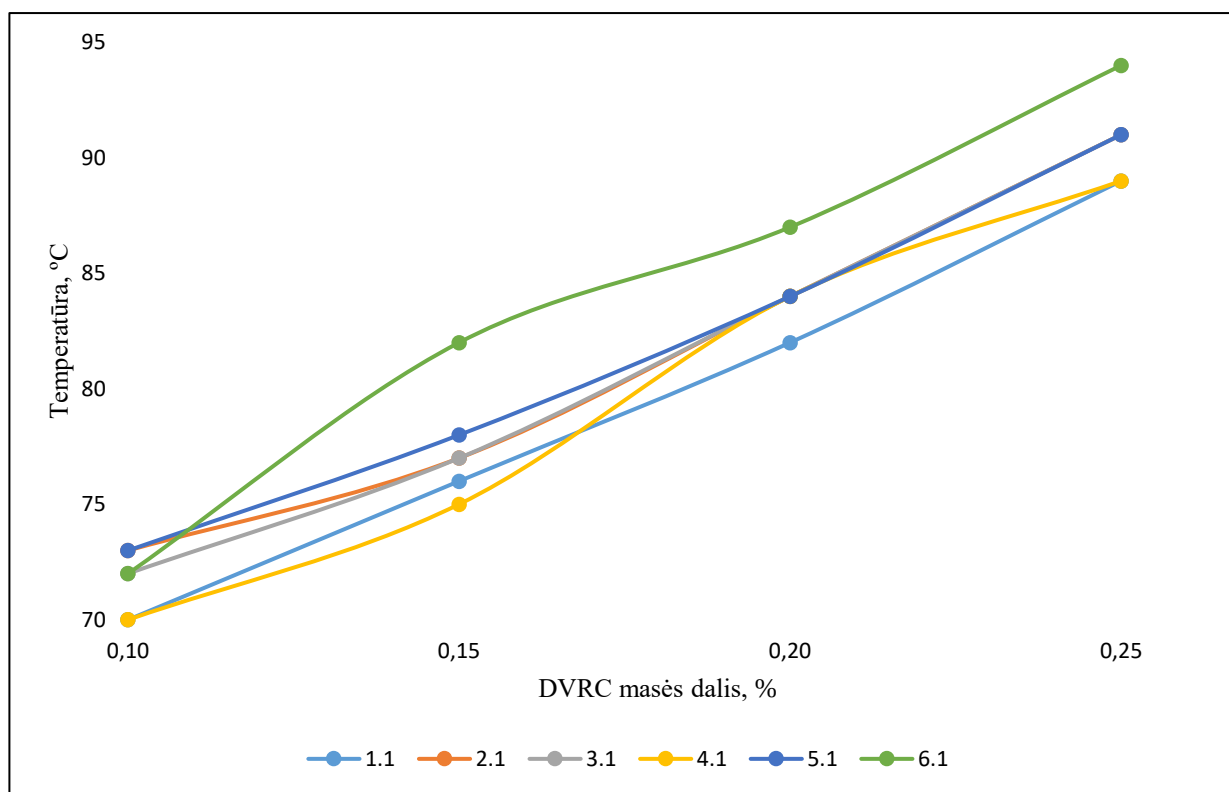
10 pav. Trapumas pagal Frasą

Trapumo riba pagal Frasą yra vienas svarbiausių parametru, apibūdinančių modifikuoto bitumo atsparumą žemai temperatūrai. Šis rodiklis yra ypač reikšmingas regionuose, kuriuose žiemos pasižymi žemomis oro temperatūromis, pavyzdžiui, Rytų Europoje. Bitumo trapumo riba turi būti ne aukštesnė nei $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, kad būtų užtikrintas pakankamas elastingumas esant neigiamai temperatūrai ir išvengta dangos įtrūkimų.

Analizuojant 3 diagramoje pateiktus duomenis, matyti, kad bandiniai 3.1 ir 4.1 nepasiekia nustatytos normatyvinės ribos $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Šiuose bandiniuose pirmieji trūkiai atsiranda atitinkamai esant $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ir $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai. Nors didinant DVRC kiekį pastebimas tam tikras atsparumo pagerėjimas, tačiau minimali reikalaujama riba nepasiekama.

Tuo tarpu bandiniai 1.1 ir 1.2 atitinka keliamus reikalavimus ir pasiekia normatyvinę $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ribą. Pastebėtina, kad 1.2 bandinyje modifikatoriaus kiekio padidinimas nuo 10 % iki 25 % trapumo ribai įtakos beveik neturėjo – temperatūros skirtumas sudarė tik $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Geriausią atsparumą žemai temperatūrai pademonstravo 5.1 ir 6.1 bandiniai, kuriuose trūkiai atsirado žemiausioje temperatūroje. Prasčiausią rezultatą parodė 3.1 bandinys, kuriame trapumo riba buvo aukščiausia, t. y. artimiausia $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, kas rodo prastą elastingumą šalčio sąlygomis.



11 pav. DSC elastingumo nustatymas

DSR (angl. *Dynamic Shear Rheometer*) metodas yra vienas iš pagrindinių būdų įvertinti bitumo elastingumą ir atsparumą deformacijai esant aukštai temperatūrai. Šis parametras svarbus siekiant užtikrinti, kad asfaltbetonio danga nesideformuos karštuojų metų laikotarpiu ir išlaikys mechaninį stabilumą esant didelėms apkrovoms.

Remiantis 4 diagramoje pateiktais duomenimis, pastebima aiški tendencija – didinant modifikatoriaus (DVRC) kiekį bitume, didėja ir viršutinė kritinė temperatūra. Tai reiškia, kad visiškai suvienodinus kitus veiksnius, modifikuotas bitumas tampa atsparesnis plastiškai deformacijai ir srauto pokyčiams aukštos temperatūros sąlygomis. Ši savybė yra ypač svarbi intensyvaus eismo keliuose, kuriuose veikia ne tik temperatūriniai, bet ir mechaniniai krūviai.

Visi tiriamieji bandiniai atitiko keliamas normatyvines viršutinės kritinės temperatūros reikalavimų vertes. Didžiausias viršutinės kritinės temperatūros padidėjimas užfiksuotas 6.1 bandinyje, o mažiausias – 2.1 ir 5.1 bandiniuose.

Atlikus eksperimentinius tyrimus su skirtingos sudėties modifikatoriais, pagamintais UAB „Polylema“, įvertinta jų įtaka bitumo fizikinėms ir eksploatacinėms savybėms. Remiantis gautais rezultatais, sudarytos diagramos, kurios parodo atskirų savybių priklausomybę nuo modifikatoriaus tipo ir jo kiekio bitumo masėje.

Gauti duomenys rodo, kad beveik visais atvejais, didinant modifikatoriaus (DVRC) kiekį bitume, pagerėja bitumo charakteristikos: pakyla minkštėjimo temperatūra, sumažėja penetracija, padidėja viršutinė kritinė temperatūra ir, daugeliu atvejų, pagerėja atsparumas žemai temperatūrai (trapumo riba pagal Frasą).

Geriausi rezultatai gauti naudojant modifikatorių, kurio sudėtyje yra EVA polimeras – šie bandiniai pasižymėjo geriausiu fizikinių savybių balansu. Taip pat tinkamomis savybėmis pasižymėjo modifikatoriai su PP polimeru – jų rezultatai atitiko visus normatyvinius reikalavimus. Tuo tarpu modifikatoriai, kurių sudėtyje buvo PE polimeras, neatitiko normatyvinės trapumo ribos pagal Frasą, tačiau stebima teigiama tendencija – didinant šio modifikatoriaus kiekį, atsparumas žemai temperatūrai gerėja. Todėl galima teigti, kad padidinus PE pagrindu pagaminto modifikatoriaus koncentraciją, būtų galima pasiekti reikiamas eksploatacines charakteristikas.

Remiantis tyrimo duomenimis bei įvertinant optimalų kiekį, tinkamiausi modifikatoriai yra:

- Optimalus kiekis ir tinkamos savybės: DVRC_EVA 90/10 10 %; DVRC_PP 90/10 15 %.
- Labai geros savybės: DVRC_EVA 90/10 25 %; DVRC_EVA 80/20 25 %.

3. Inžinerinė dalis

3.1. Technologinė dalis

Projektuojama gamybinė linija dirbs nuolatiniu režimu. Planuojama, kad ekstruderis veiks dviem pamainomis po 12 valandų per parą, todėl per parą bus pagaminama apie 12 tonų granulių. Atsižvelgiant į planuojamus technologinius stabdymus, techninės priežiūros bei remonto laiką, metinis gamyklos našumas sieks apie 4000 tonų. Nustačius planuojamos gamyklos gamybinį pajėgumą, buvo atlikta pagrindinių įrenginių, reikalingų procesui įgyvendinti, atranka ir pritaikymas. Įrenginiai parinkti iš esamų rinkoje gaminamų modelių, tačiau, siekiant užtikrinti optimalų veikimą ir integraciją į projektuojamą gamybos liniją, numatoma jų individualizacija pagal specifinius technologinius reikalavimus.

3.1.1. Vibrostalas (klasifikatorius)

Gamybos linijoje modifikatoriaus granulių frakcionavimui, t. y. netinkamai suformuotų granulių bei priemaišų atskyrimui, naudojamas vibrostalas (klasifikatorius). Granulės, praėjusios granuliavimo procesą ir pirminį atskyrimą išcentriniam separatoriuje, toliau patenka ant vibrostalo, kuriame vykdomas galutinis frakcionavimas.

Klasifikatorius susideda iš maždaug 2 m ilgio ir 0,5 m pločio stalo (talpos), kuris padalintas sietu. Tinkamo dydžio granulės perkrenta per sietą į apatinę talpos dalį, o netinkamos formos granulės bei šiukšlės lieka viršuje. Papildomai virš vibrostalo gali būti sumontuoti ventiliatoriai, skirti galutiniam granulių atvėsinimui prieš pakavimą ar tolimesnį apdorojimą. Frakcionavimui pasirinktas KARP gamintojo vibrostalas ZS520 (Kinija). Šis modelis atitinka CE reikalavimus, gamintojas suteikia vienerių metų garantiją bei užtikrina techninį aptarnavimą ir atsarginių detalių tiekimą.

4 lentelė. Vibrostalo pagrindiniai parametrai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Vertė
Instaliuota galia	kW	2×0,75
Tinklo dažnis	Hz	50
Įtampa	V AC	400
Našumas	Kg/h	500-700
Gaunamų frakcijų skaičius	Vnt.	2
Sieto matmenys (ilgis ir plotis)	m	2×0,5
Masė	Kg	250
Vibracijų dažnumas	aps/min	960
Sieto darbinis plotas	m ²	1
Sieto medžiaga (plieno klasė)	ASTM	316L
Triukšmo lygis	dB	56

3.1.2. Povandeninis granulatorius

Povandeninio granulatoriaus pasirinkimas buvo nulemtas siekio užtikrinti nenutrūkstamą darbo režimą, aukštą gamybos našumą bei vienodą, taisyklingą granulių formą. Šio tipo granulatorius ypač tinkamas darbui su termoplastiniais mišiniais, kai reikalaujama efektyvaus aušinimo ir granuliavimo toje pačioje technologinėje operacijoje.

Ekstruzijos metu ištirpusi medžiaga tiesiogiai iš ekstruderio galvos paduodama į granulatoriaus smulkinimo zoną. Ten įrengti rotaciniai peiliai, judantys prieš ekstruderio plokštumoje suformuotus angų paviršius, supjausto plastinę masę į mažas, taisyklingas granules. Supjaustytos granulės iš karto nunešamos vandeniu, kuris cirkuliuoja uždaro ciklo sistemoje. Tokiu būdu užtikrinamas greitas ir tolygus granulių aušinimas. Vandens ir granulių mišinys keliauja į išcentrinį separatorių, kuriame granulės yra atskiriamos nuo vandens. Atskirtos sausos granulės toliau transportuojamos į vibrostalą galutiniam frakcionavimui ir atvėsitimui. Siekiant užtikrinti pilną procesų valdymo integraciją, buvo keliamas reikalavimas, kad granulatoriaus valdymo sistema būtų suderinama su ekstruderio programine įranga ir leistų operatoriui lengvai stebėti bei reguliuoti pagrindinius technologinius parametrus – tokius kaip vandens temperatūra, peilių sukimosi greitis, srauto greitis ir kt.

Atsižvelgiant į šiuos techninius ir technologinius kriterijus, pasirinktas UWP500 modelio povandeninis granuliatorius, kurį gamina Kinijos bendrovė USEON, turinti specializaciją ekstruzijos pramonėje. Šis įrenginys pasižymi patikimu veikimu, kompaktišku dizainu, kompiuterizuotu valdymu bei lengva integracija į automatizuotą gamybos liniją.

5 lentelė. Povandeninio granulatoriaus UWP500 pagrindiniai parametrai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Vertė
Instaliuota galia	kW	15
Tinklo dažnis	Hz	50
Įtampa	V AC	380-660
Srovės stipris	A	17,4-30,3
Sūkiai	aps/min	1470
Našumas	Kg/h	200-700
Peilių skaičius	Vnt.	6-8
Peilių padėtis	-	Nuožulni
Peilių judėjimo režimas	-	Automatinis
Automatinis peilių aštrinimas	-	Taip
Vandens sistema	-	W500
Veikimo režimų skaičius	Vnt.	3

3.1.3. Ekstruderis padangų miltų devulkanizacijai

Projektuojamos gamybinės linijos pagrindinis įrenginys – ekstruderis, kurio pasirinkimą lėmė keli esminiai veiksniai:

- sraigčių skaičius;
- sraigčių konfigūracija;
- įrenginio našumas.

Pirmasis ekstruderis numatytas padangų gumos miltelių devulkanizacijos procesui vykdyti, todėl itin svarbu, kad būtų galima preciziškai reguliuoti temperatūrą skirtingose ekstruderio zonose. Tokie reikalavimai kyla dėl termomechaninės devulkanizacijos pobūdžio, kai šiluminė energija, slėgis ir šlytis turi būti tiksliai kontroliuojami, siekiant selektyviai nutraukti sulfidinius ryšius. Pasirinktas dviejų kartu besisukančių sraigčių (co-rotating twin screw) ekstruderis, kuris leidžia užtikrinti efektyvų

medžiagų maišymą, šlyties jėgų generavimą bei kontroliuojamą dispersiją. Šios konstrukcijos ekstruderis pasižymi lankstumu: esant poreikiui, galima keisti žaliavų sudėtį, įterpti įvairius priedus ar modifikuoti gaminamų granulių savybes. Toks funkcionalumas ypač svarbus vykdant eksperimentinę ir mažaserijinę gamybą, kai technologiniai parametrai gali būti nuolat optimizuojami. Atsižvelgiant į projektinį našumą, parinktas ekstruderis, kurio sraigtų skersmuo siekia 68–73 mm, o bendras sraigtų ilgis – apie 2300 mm. Tokie matmenys užtikrina pakankamą talpą ir medžiagų apdorojimo laiką, reikalingą pilnavertei devulkanizacijai. Taip pat atsižvelgta į įrenginio suderinamumą su kitais gamybos linijos komponentais bei galimybę integruoti automatizuoto valdymo sistemas.

Įvertinus techninius reikalavimus, pasirinktas SAT75 modelio ekstruderis, kurį gamina Kinijos bendrovė USEON. Šis gamintojas specializuojasi aukštos kokybės ekstruzijos įrengimų gamyboje ir siūlo sprendimus, kuriuos galima individualizuoti pagal kliento poreikius. SAT75 modelis atitinka visus keliamus parametrus ir užtikrina integraciją su kitais technologinės grandinės įrenginiais.

6 lentelė. Ekstruderio SAT75 pagrindiniai parametrai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Vertė
Variklio galia	kW	315
Tinklo dažnis	Hz	50
Įtampa	V AC	400
Srovės stipris	A	30,3
Našumas	kg/h	250-650
Ekstruderio vidinis diametras	mm	71
Sraigtų sukimosi greitis	aps/min	60-500
Specifinis sukimo momentas	Nm/cm ³	10,3
Ilgio ir skersmens santykis	-	32
Svoris	kg	~4500
Išmatavimai	mm	~5500×1080×1150

3.1.4. Ekstruderis bitumo modifikavimui

Galutinio produkto, modifikuoto bitumo, paruošimui planuojama eksploatuoti antrąjį ekstruderį, kuris konstrukciniu bei veikimo principu yra artimas pirmajam, tačiau pasižymi didesniais matmenimis ir našumu. Šio įrenginio paskirtis – užtikrinti devulkanizuotos gumos mišinio homogenizavimą kartu su polimeriniais priedais, todėl techniniai parametrai turi atitikti didesnius darbo intensyvumo ir maišymo efektyvumo reikalavimus.

Svarbu pabrėžti, kad į šį ekstruderį patenka jau dalinai apdorota medžiaga – devulkanizuota guma iš pirmojo ekstruderio. Be to, šiame etape į mišinį įvedami papildomi komponentai (polimeriniai priedai, suderinamumą gerinančios medžiagos ir kt.), todėl būtina užtikrinti pakankamą įrenginio ilgį, kad būtų pasiektas reikiamas homogenizacijos laipsnis ir norimos galutinio produkto savybės. Atsižvelgiant į šiuos reikalavimus, pasirinktas didesnio našumo dviejų kartu besisukančių sraigtų ekstruderis SAT95, kurį gamina tas pats tiekėjas – USEON. Šis modelis pasižymi padidintu darbinės

kameros ilgiu (4000 mm) ir didesniu sraigtų skersmeniu (88–93 mm), leidžiančiu apdoroti didesnius žaliavos kiekius per vieną laiką ir užtikrinti reikiamą termomechaninį poveikį mišiniui.

Pasirinktas ekstruderis taip pat suderinamas su likusia gamybos linijos įranga ir automatizuoto valdymo sistema, kas leidžia tiksliai kontroliuoti temperatūrų profilius, sraigtų sukimosi greitį bei įprastinių procesų parametrus. Tokiu būdu užtikrinamas aukštas technologinio proceso stabilumas ir gaminamo produkto kokybė.

7 lentelė. Ekstruderio SAT95 pagrindiniai parametrai

Pavadinimas	Matavimo vienetas	Vertė
Variklio galia	kW	315
Tinklo dažnis	Hz	50
Įtampa	V AC	400
Srovės stipris	A	30,3
Našumas	kg/h	750-1500
Ekstruderio vidinis diametras	mm	93
Sraigtų sukimosi greitis	aps/min	60-330
Specifinis sukimo momentas	Nm/cm ³	10
Ilgio ir skersmens santykis	-	42
Svoris	kg	~6000
Išmatavimai	mm	~7000×800×1400

Pasirinkimai atlikti atsižvelgiant į rinkoje esančius analogus bei jų technines charakteristikas. USEON kompanijos įranga pasižymi patikimumu, o gamintojas užtikrina ilgametį serviso aptarnavimą ir atsarginių detalių tiekimą, taip pat turi reikiamus CE sertifikatus, patvirtinančius atitikimą Europos Sąjungos standartams.

Svarbu pažymėti, kad kiekvieno įrenginio programinė įranga yra suderinta tarpusavyje, todėl užtikrinamas sklandus ir automatizuotas gamybos linijos valdymas, palengvinantis įrangos eksploatavimą bei procesų kontrolę.

Papildomi pagalbiniai įrenginiai bei jų parametrai bus parenkami ir derinami atsižvelgiant į pagrindinės įrangos techninius reikalavimus bei numatomus gamybos našumus.

3.1.5. Žaliavos bei produktų reikalavimai

Šiai gamybai reikalinga kelių rūšių žaliavos:

- Automobilių ir sunkvežimių padangų miltai;
- Skirtingi antriniai arba pirminiai polimerai (PP, PE, EVA, SBS ir t.t.);
- Pramoninė alyva;
- Priedai, antioksidantai, katalizatoriai.

Visos naudojamos medžiagos turi atitikti norminius reikalavimus ir užtikrinti saugų darbą. Padangų miltai privalo būti be priemaišų, tokių kaip metalas ar tekstilė. Bitumo modifikatoriaus granulėse drėgmės kiekis neturi viršyti nustatytų ribų, taip pat neturi būti metalinių ar kitokių pašalinių priemaišų. Be to, galutinis produktas turi atitikti klientų keliamus kokybės reikalavimus.

3.1.6. Bitumo modifikatorių gamybos medžiagų masės balansas

Apskaičiuojamas žaliavų ir produktų medžiagų masės balansas.

8 lentelė. Bitumo modifikatorių gamybos medžiagų masės balansas

Įtekantys srautai	Valandai	Parai	Metams	Masės dalis
	Masė, kg.			
Alyva	34,3	823,5	280000	0,07
Priedai	44,1	1058,8	360000	0,09
Gumos miltai	362,7	8705,9	2960000	0,74
Polimerai	49,0	1176,5	400000	0,1
Iš viso:	490,2	11764,7	4000000	1,00
Ištekantys srautai				
Bitumo modifikatorius	465,7	11176,5	3800000	0,95
Šalutinis produktas	24,5	588,2	200000	0,05
Iš viso:	490,2	11764,7	4000000	1,00

Pagrindinio produkto gaunama 3800 tonų per metus, o šalutinio 200 tonų. Šalutinis produktas yra netinkamai suformuota granulė, todėl ji yra neišmetama, o parduodama taip pat kaip ir pagrindinis produktas.

3.1.7. Šiluminiai skaičiavimai

Apskaičiuojamas šilumos masės balansas, vertinama kiek kilovatų reikia pašildyti medžiagą srautiniame procese iki reikiamos temperatūros.

Pirmiausiai skaičiuojamas šilumos kiekis reikalingas per valandą:

$$Q = CG\Delta T = 1,7 \cdot 490,2 \cdot 180 = 150001,2 \frac{kJ}{val} \quad (3.1.1.)$$

Čia:

C - specifinė žaliavos šiluma, kJ/(kg·K), šiuo atveju priimame, kad specifinė šiluma yra 1,7 kJ/(kg·K);

G – žaliavos masės debitas, kg/val;

Δt - temperatūros skirtumas, K (tarp pakaitintos ir patenkančios į kaitinimo zoną žaliavos), šiuo atveju priimama, kad medžiaga šildoma nuo 20 °C iki 200 °C.

Toliau skaičiuojama:

Galios sąnaudos, norint pašildyti medžiagą per valandą:

$$Galios = \frac{Q}{3,6} = 41667 W = 41,67 kW \quad (3.1.2.)$$

Čia:

Q – šilumos kiekis, kJ/val;

1 W yra lygus 3,6 kJ/val.

Lentelėje pateikiami duomenys apie šilumos masės poreikį per valandą, parą ir metus.

9 lentelė. Šilumos masės balansas bei galios sąnaudos norint pašildyti žaliavas

Įtekantys srautai	Valandai	Parai	Metams
	kJ		
Šilumos kiekis	150 001,2	3600028,8	1224 009 792
	kW		
Galios kiekis	41,67	1000,08	340327,2

3.1.8. Technologinės schemos aprašymas

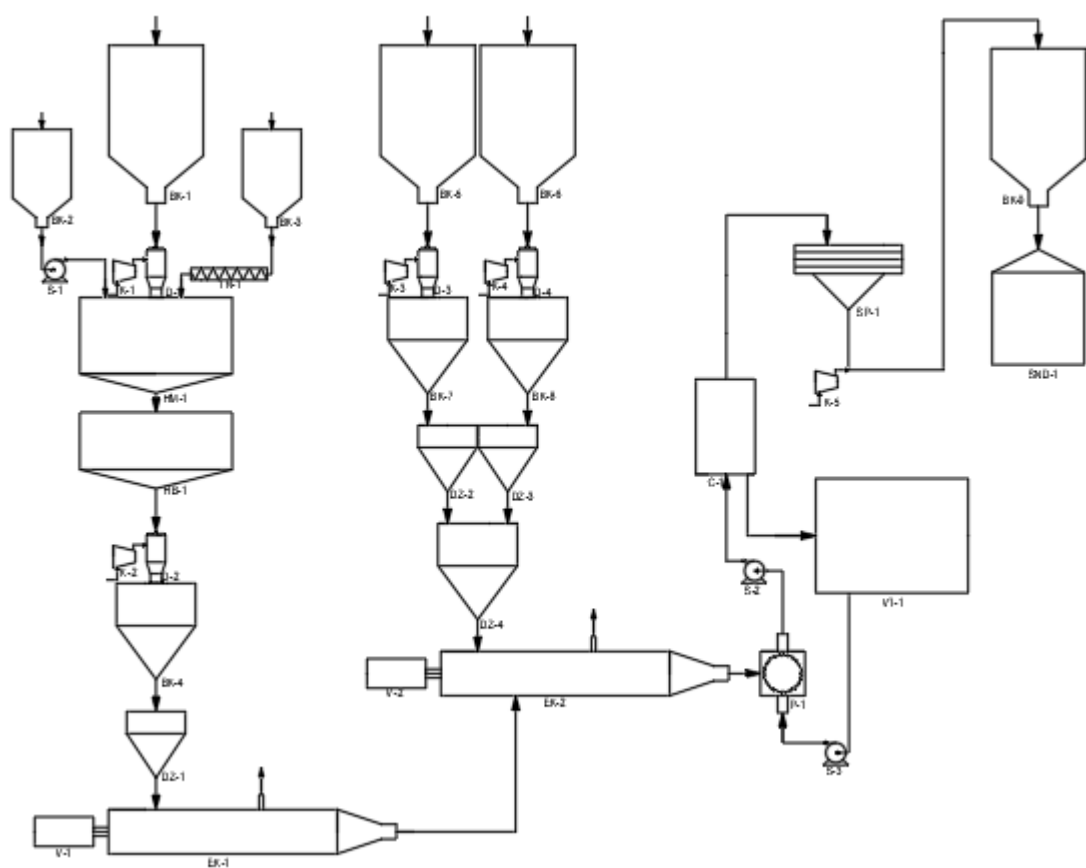
Technologinėje schemoje (12 pav.) vaizduojama gamybos linija bitumo modifikatoriui iš panaudotų padangų miltų. Padangų miltai iš didmaišio tiekiami į bunkerį BK-1, o iš ten, naudojant vakuuminį siurbį K-1 ir pneumatinius transporterius, pakeliami į tarpinę talpą D-1 bei toliau – į horizontalų maišytuvą HM-1. Maišytuve žaliavai pridedamas tepalas, kuris iš talpos BK-2 į maišytuvą tiekiamas per išcentrinį siurbį S-1. Maišant užtikrinamas tolygus tepalo pasiskirstymas ant miltų paviršiaus. Šio proceso pabaigoje iš talpos BK-3 per šneką TR-1 į maišytuvą įmaišomos papildomos medžiagos. Baigus paruošimą, žaliava iš maišytuvo išpilama į horizontalų bunkerį HB-1.

Toliau, naudojant vakuuminį siurbį K-2, žaliava pneumatiniu transportu pakeliami į tarpinę talpą, o per sklendę užpildo bunkerį BK-4. Iš BK-4 medžiaga gravitacijos būdu patenka į dozatorių DZ-1, kuris tiksliai dozuoja ją į pirmąjį ekstruderį EK-1 (varomą elektriniu varikliu V-1). Pirmame ekstruderyje padangų miltai kaitinami ir transportuojami dviejų sraigtų sistema, kur vyksta devulkanizacijos procesas, po kurio masė perduodama antrajam ekstruderui.

Polimeriniai priedai tiekiami iš didmaišių į bunkerius BK-5 ir BK-6, o vakuuminių siurbių K-3 ir K-4 pagalba pakeliami į tarpinės talpas D-3 ir D-4. Atidarius sklendes, polimerai gravitacijos būdu patenka į tarpinius bunkerius BK-7 ir BK-8 bei dozatorius DZ-2 ir DZ-3. Pagal reikiamą receptūrą medžiagos dozuojamos į bendrą dozatorių DZ-4, iš kurio tiekiamos į antrąjį ekstruderį EK-2. Kaip parodyta schemoje, polimerai į ekstruderį patenka anksčiau nei devulkanizuota guma, siekiant užtikrinti jų visišką ištirpimą prieš maišymą.

Abiejuose ekstruderiuose įrengtos angos susidariusių dujų pašalinimui. Devulkanizuotos gumos ir polimerų masė sumaišoma ir transportuojama ekstruderio sraigtais, po ko vientisa masė išspaudžiama per ekstruderio galvą, kurioje yra apskritimu išdėstytos skylutės. Toliau masė patenka į povandeninį granuliatorių P-1, kuriame ji šiek tiek atvėsinama ir suformuojama į nustatyto dydžio granules.

Granulės transportuojamos vamzdžiais į išcentrinį separatorių C-1, kuris jas atskiria nuo vandens ir perduoda ant vibrostalo SP-1. Vibrostalas pašalina netinkamai suformuotas granules, o likusios granulės džiovinamos. Galutinės kokybės granulės patenka į bunkerį BK-9, iš kur jas kompresorius K-5 perkelia į didmaišius ir toliau į sandėlį SND-1.



12 pav. Technologinė schema

3.2. Statybiniai sprendimai

Planuojama įrengti bitumo modifikavimo gamyklą, kurios pagrindinė veikla – gaminti bitumo modifikatorių iš nebetinkamų naudoti transporto priemonių padangų miltų, juos devulkanizuojant. Gamybos vieta numatyta maždaug 30 km į pietvakarius nuo Mažeikių miesto, netoli Mažeikių gatvės. Sklypo plotas siekia apie 1 hektarą. Projektuojamas pastatas bus statomas ant lygios vietovės ir užims apie 0,1 ha ploto. Vanduo, dujos ir elektros energija bus tiekiami iš netoliese esančių prijungimo vietų. Ateityje, šalia pastato esančioje žaliojoje zonoje, planuojama įrengti saulės kolektorių parką, kuris padės aprūpinti dalį gamyklos elektros poreikių.

10 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS 1.1. sklypo plotas 1.2. statinio užimtas žemės plotas 1.3. apželdintas žemės plotas (žaliasis plotas) 1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius 1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	ha m ² m ² vnt. m	1 1008 4576,1 9 0
2	II. PASTATAI 2.1. paskirties rodikliai 2.2. bendrasis plotas: 2.2.1. pagrindinis 2.2.2. pagalbinis 2.3. aukštų skaičius 2.4. pastato aukštis 2.5. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	 m ² m ² m ² vnt. m MJ/m ²	Bitumo modifikatoriaus gamyba – 4000t per metus, 24 darbuotojai. 980,2 773,2 207,3 1 9 I

3.2.1. Sklypo planas

Planuojama statyti bitumo modifikacijos gamyklą, kurios pagrindinė veikla – bitumo modifikatoriaus gamyba iš nebetinkamų naudoti transporto priemonių padangų miltų, juos devulkanizuojant. Sklypas yra apie 30 km į pietvakarius nuo Mažeikių miesto, šalia Mažeikių gatvės. Jo plotas – apie 1 ha. Projektuojamas pastatas bus statomas ant lygios reljefo vietovės ir užims apie 0,1 ha ploto. Vanduo, dujos ir elektros energija bus tiekiami iš netoliese esančių prijungimo taškų. Ateityje, šalia pastato esančioje žaliojoje zonoje, planuojama įrengti saulės energijos kolektorių parką, kuris užtikrins dalį naudojamos elektros energijos poreikio.

3.2.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Projektuojamas pastatas bus statomas įmonės teritorijoje, o jo fasadas orientuotas į šiaurės rytus. Pastato ilgis – 42 m, plotis – 24 m, o aukštis – 8,4 m. Nors pastatas yra vienaaukštis, toks aukštis pasirinktas dėl įrenginių dydžio. Statybai bus naudojamos metalinės kraštinės ir vidurinės kolonos konstrukcijos, kurių storis siekia 200 mm, betoninė danga, poliniai pamatai, pamatų sijos ir kitos konstrukcinės dalys. Išorinėms sienoms bus montuojamos 120 mm storio daugiasluoksnės, lygaus profilio plokštės su poliuretano (PIR) užpildu. Langai bus trijų kamerų.

Patalpa bus šildoma pramoniniu oro kondicionieriumi, tačiau dažniausiai šilumos šaltiniu taps pagrindinis įrenginys – ekstruderis – ir jo aušinimo sistema, kuri aušinimo metu išskiria šilumą į aplinką. Taip pat įrengta vėdinimo sistema, kurioje sumontuoti pramoniniai rekuperatoriai ir ventiliatoriai. Vėdinimo sistema skirstoma į pagrindinę ir koncentruotą.

Pastate numatytos dvi zonos – gamybinė ir pagalbinė poilsio zona. Poilsio zonoje įrengti atskiri tualetai, dušai bei persirengimo kambariai vyrams ir moterims. Taip pat yra bendra poilsio patalpa, valgomasis ir kabinetai vadovaujančias pareigas užimantiems darbuotojams. Abi zonos yra atskirtos siena iki pat stogo, siekiant užtikrinti, kad nebūtų tiesioginio kontakto su gamybine zona. Gamybinę zoną sudaro įrenginių patalpa, operatorinė ir sanitarinis mazgas.

Lauko vartai bus apšiltinti, pakeliami, segmentiniai, su sandarikliais. Pastato patalpų apšvietimui bus naudojamas tiek natūralus, tiek dirbtinis apšvietimas.

Pastato grindys sudarytos iš:

- Grindų danga, d=20 mm
- Klijų sluoksnis, d=5 mm
- Armuotas išlyginamasis sluoksnis, d=65 mm
- Skiriamasis sluoksnis
- PAROC GRS 20, d=300 mm
- Drenuojantis sluoksnis, d=80
- Gruntas

Stogo danga sudaryta iš:

- Hidroizoliacinė stogo danga
- PAROC ROB 80, d=30 mm
- PAROC ROS 30, d=250 mm
- Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 200 bas
- PAROC ROB 80, d=30 mm
- Profiliuotos skardos paklotas
- Stogą laikanti metalinė konstrukcija

Šalia pastato bus įrengta automobilių stovėjimo aikštelė darbuotojams. Ją sudarys devynios parkavimo vietos, iš kurių 2 bus skirtos negalią turintiems žmonėms.

3.3. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

Tokio tipo technologija bitumo modifikatorių gamyboje nėra plačiai paplitusi. Šiuo metu vykdomi tyrimai, siekiama atrasti tinkamiausią technologiją, katalizatorius ir priedus, kurie užtikrintų efektyvesnį procesą bei aukštos kokybės galutinį produktą. Nepaisant to, ši technologija yra labai perspektyvi, o jos produktas ne tik atitinka kokybės reikalavimus, bet ir gali prisidėti prie globalių aplinkosaugos problemų sprendimo. Mano žiniomis, Lietuvoje veikia vos viena tokio tipo gamykla, su kuria vyksta bendradarbiavimas siekiant tobulinti šią technologiją. Konkurentų trūkumas projektuojamai įmonei yra svarbus privalumas, tačiau tai kelia sunkumų renkantis papildomą informaciją.

Norint įvertinti, ar ši technologija ir projektuojama įmonė turi realias perspektyvas tapti konkurencinga rinkoje, kurioje dominuoja jau įsitvirtinę bitumo modifikatorių gamintojai, būtina atlikti finansinę analizę, įvertinti kaštus ir rentabilumą. Dėl šios priežasties atliekami finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai, kuriuose naudojamos įrangos ir žaliavų kainos yra apytikslės, taikoma 30 % paklaida.

Projekto metu planuojama įsigyti žemės sklypą, pastatyti gamyklos pastatą bei įrengti gamybinę liniją, skirtą padangų gumos miltų devulkanizacijai ir bitumo modifikavimui. Gamyklos vieta ir gamybos įrenginiai parinkti atsižvelgiant į norimą gamybos našumą bei patogią logistiką. Taip pat įvertintos projekto finansavimo galimybės bei investicijų pritraukimo perspektyvos..

3.3.1. Makro aplinkos analizė ir aplinkos stabilumo nustatymas bei projektuojamos įmonės finansinio pajėgumo vertinimas

Analizei pasitelkiamas PEST metodas, jo rezultatai pateikiami lentelėje:

11 lentelė. PEST metodo analizė.

Nr.	Valdymo veiksniai	Įvertinimo skalė (balais)								
			0	1	2	3	4	5	6	
Politinė situacija										
1	Tarptautinė politinė situacija	Nepalanki							x	Palanki
2	Santykiai su valdžios institucijomis	Nepalankūs							x	Palankūs
3	Mokesčių politika	Nepalanki					x			Palanki
Ekonominė situacija										
4	Ekonominis augimas	Mažas						x		Didelis
5	Užimtumas	Didelis				x				Mažas
6	Investicijų klimatas	Nepalankūs					x			Palankūs
7	Gamybinių veiksnių kainos	Didelės					x			Mažos
Socialinė situacija										
8	Gyventojų vartojimų pokyčiai	Nepalankūs				x				Palankūs
9	Švietimo sistema	Nepalanki				x				Palanki
Technologinė situacija										
10	Valstybės technologijos politika	Nepalanki							x	Palanki

11	Naujos technologijos galimybės	Mažos							x	Didelės
						3	3	1	4	

Turint rezultatus galima apskaičiuoti aplinkos stabilumo lygį:

$$\text{Aplinkos stabilumo lygis} = \frac{3 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + 5 + 4 \cdot 6}{11} = 4,45 ; \quad (3.3.1.)$$

12 lentelė. Įmonės finansinis pajėgumas

Valdymo veiksniai/Vadybos Kriterijai		Įvertinimo skalė (balais)							
			0	1	2	3	4	5	6
1	Turimi finansiniai resursai	Maži		x					Dideli
2	Investicijų poreikis	Didelis		x					Mažas
3	Investicijų apsimokėjimas	Mažas					x		Didelis
4	Finansinė rizika	Didelė			x				Mažas
5	Investicijų gavimo šaltinis	Mažas						x	Dideli
Suma:			0	2	1	0	1	1	0

Apskaičiuotas projektuojamos įmonės finansinis pajėgumas pradiniam momente:

$$\text{Finansinis pajėgumas} = \frac{2 \cdot 1 + 2 + 4 + 5}{5} = 2,6; \quad (3.3.2.)$$

3.3.2. Projekto investicijos ir jų investavimo šaltiniai

Projektas yra įgyvendinamas nuo nulio, remiantis eksperimentiniais bei tyrimų duomenimis, sprendžiant ekologines problemas. Tikimasi, kad projekto vizija ir perspektyvos pritrauks investuotojus, iš kurių bus gauta apie 50 % visų reikalingų lėšų. Likusi lėšų dalis planuojama gauti pasitelkiant Europos Sąjungos finansavimą, MTEP (mokslo, tyrimų ir eksperimentinės plėtros) programas, Žaliojo kurso iniciatyvas bei subsidijas ir paramą, skirtą darbo vietų kūrimui.

13 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai [36]

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	tūkst. Eur	Struktūra	tūkst. Eur
1. Ilgalaiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonės	2060	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	1148,352
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	46,70	2. Europos sąjungos finansavimas projektams	1148,352
3. Kiti kaštai	190		
Viso kaštų:	2296,70	Viso šaltinių:	2296,70

3.3.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Gamyklos statyboms, pastato įrengimui ir paruošimui eksploatuoti, investicijos apskaičiuojamos remiantis panašių projektų sąmatomis ir rinkoje vyraujančiomis kainomis. Pateikiama preliminarinė suma.

14 lentelė. Ilgalaikio turto kaštų suvestinė [36]

Išlaidų aprašymas	Kaina, tūkst. Eur.			Iš viso (su PVM), tūkst. Eur.
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai,	Kitos išlaidos,	
I. Statybos sklypas			40	40
II. Statybos sklypo paruošimas	35			35
III. Statinio statyba ir įrengimas	640			640
IV. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos	25			25
V. Gamybinė linija		1 360		1 360
VI. Kitos išlaidos			150	150
Iš viso pagal I–VI skyrius	700	1 360	190	2250

Toliau lentelėje Nr. 15 pateikiama gamybos linijos vertė, kurios kaina yra gauta iš įrangos gamintojų.

15 lentelė. Bitumo modifikatoriaus gamybos linijos įrenginių vertė [36]

Eil. Nr.	Įrenginys	Vienetų sk.	Vertė, tūkst. Eur.
1	Ekstruderis (T75)	1	420
2	Ekstruderis (T95)	1	470
3	Povandeninis granuliatorius	1	300
4	Visi pagalbiniai įrengimai gamybos linijai	1	170
Iš viso:		4	1360

3.3.4. Trumpalaikio turto skaičiavimas

Apyvartinio kapitalo pirmiems metams apskaičiavimas:

$$AL_{1m} = \frac{B_{pard}}{360} \cdot n_{ap} = \frac{2401,96}{360} \cdot 14 = 96,41 \text{ tūkst. Eur}; \quad (3.3.3.)$$

čia: n_{ap} – apyvartos trukmė dienomis; B_{pard} – produkcijos pardavimo apimtis (realizacinės pajamos) arba šiuo atveju gamybos kaštai, tūkst. EUR.

Gamyklos įrangos pajėgumas yra ribotas, todėl sunku prognozuoti apimties didėjimą. Norint ją didinti, reikėtų modifikuoti gamybos liniją arba įrengti antrą, todėl priimama, kad gamybos apimtis per 5 metus bus be prieaugio, keičiasi tik kaštai.

16 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis [36]

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai
----------	-------------------------

	0	1	2	3	4	5
Gamybos kaštai, tūkst. Eur.	-	2401,96	2919,02	2919,02	3000,16	3087,44
Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. Eur	-	93,41	113,52	113,52	116,67	120,07
Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, tūkst. Eur	-	46,70	20,11	0,00	3,16	3,39
Apyvartinės lėšos, tūkst. Eur	46,71	93,41	113,52	113,52	116,67	120,07

* Apyvartinis kapitalas formuojamas baziniais (investicijų) metais: tam skiriama 50 % apyvartinių lėšų sumos, reikalingos pirmaisiais projekto gyvavimo metais.

Planuojant gamybos planavimo procesą yra nustatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais prekės gyvavimo ciklui (vidutiniškai penkerių metų laikotarpiui). Brandos stadijoje gamybos įsisavinimo koeficientas lygus 1.

Planuojamas gamybos našumas yra apie 4000 tonų bitumo modifikatoriaus per metus. Pagrindinio produkto išeiga yra apie 95%, taip pat susidaro šalutinis produktas (netinkamos formos, dydžio gaminiai). Tačiau šiuos gaminius galima panaudoti kaip pigesnę alternatyvą ar panaudoti kitų produktų gamybai, kaip žaliavas. Gauti produktai, pakuojami didmaisiais po vieną toną, tai ir yra gamybinis vienetas.

17 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos [36]

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, t/metus	
		Pagrindinis produktas	Šalutinis produktas
1	0,8	3040	160
2	1	3800	200
3	1	3800	200
4	1	3800	200
5	1	3800	200

3.3.5. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Planuojant sklandžią gamybą reikia įvertinti žaliavų kaštus, tai parodyta 18 lentelėje.

18 lentelė. Išlaidos reikalingoms žaliavoms [36]

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, t.	Medžiagų sunaudojimo norma giminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina, Eur/t.	Medžiagos poreikis, t metam	Medžiagų kaštai	
					gaminio, Eur/t.	viso, tūkst. Eur.
1 metai						

Alyva	3200	0,07	1100	224	77	246,40
Priedai		0,09	200	288	18	57,60
Gumos miltai		0,74	250	2368	185	592,00
Polimerai		0,1	900	320	90	288,00
Viso	-	-	-	-	370	1184
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Alyva	4000	0,07	1133	280	79,31	317,24
Priedai		0,09	206	360	18,54	74,16
Gumos miltai		0,74	258	2960	190,55	762,20
Polimerai		0,1	927	400	92,7	370,80
Viso	-	-	-	-	381,1	1524,40
4 metai						
Alyva	4000	0,07	1167	280	81,69	326,76
Priedai		0,09	212	360	19,10	76,38
Gumos miltai		0,74	265	2960	196,27	785,07
Polimerai		0,1	955	400	95,48	381,92
Viso	-	-	-	-	392,53	1570,13
5 metai						
Alyva	4000	0,07	1202	280	84,14	336,56
Priedai		0,09	219	360	19,67	78,68
Gumos miltai		0,74	273	2960	202,15	808,62
Polimerai		0,1	983	400	98,35	393,38
Viso	-	-	-	-	404,31	1617,24

Toliau apskaičiuojamos tiesioginės išlaidos darbuotojų (operatorių), dirbančių prie gamybos linijos, darbo užmokesčiui. Pagalbinių darbuotojų, vadovų ir kt. darbuotojų uždarbiai bus apskaičiuojami toliau. Čia įvertinamas darbo užmokestis tiesiogiai susijęs su produkto gamyba.

19 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui (operatorių darbo užmokesčiui) [36]

Gaminiai	Gamybos apimtis, t	Atskirų produktų dalis nuo bendros gamybos apimties	Operatorių skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur	Darbo užmokestis, tūkst. Eur	Atskaitymai VSD, GF, IDIF, tūkst. Eur
1 metai						
Pagrindinis	3200	1	12	1500	216	3,82
Iš viso	3200	-	-	-	216	3,82
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Pagrindinis	4000	1	12	1600	230,4	4,08
Iš viso	4000	-	-	-	230,4	4,08

4 metai						
Pagrindinis	4000	1	12	1700	244,8	4,33
Iš viso	4000	-	-	-	244,8	4,33
5 metai						
Pagrindinis	4000	1	12	1800	259,2	4,59
Iš viso	4000	-	-	-	259,2	4,59

Toliau skaičiuojamas išlaidos elektros energijai tiesiogiai susijusiai su gamyba.

20 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai [36]

Įrengimų variklių suminis aktyvinis galingumas, kW,	Variklių galingumo panaudojimo koeficientas	Įrengimų metinis efektyvus darbo laikas, h	Elektros energijos poreikis jėgai, kWh	Elektros 1 kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	$4 = 1 \times 2 \times 3$	5	$6 = 4 \times 5$
1 metai					
700	0,6	8160	3427200	0,127	435,25
Brandos metai (2, 3 metai)					
700	0,80	8160	4569600	0,130	594,05
4 metai					
700	0,80	8160	4569600	0,133	607,76
5 metai					
700	0,80	8160	4569600	0,137	626,00

Gamybos linijos ir pagalbinių įrenginių, tiesiogiai susijusių su produktų gamyba, suminis variklių galingumas yra apytikslis, pagal tiekėjų gamybos linijos pasiūlymo techninius lapus. Efektyvus darbo laikas apskaičiuotas priimant, kad gamykloje darbas vyksta 340 dienų per metus po 24 valandas per parą. Atlikus skaičiavimus, galima apskaičiuoti kiek elektros energijos sunaudojama vienai tonai produkto pagaminti ir kiek ji kainuotų (apie 145 eurai/tonai).

3.3.6. Netiesioginiai gamybos kaštai

Netiesioginiai gamybos kaštai yra tie, kurie nėra susiję su gamyba, bet jie padeda palaikyti produkcijos gamybą. Dažniausiai tai yra išlaidos, kurios susidaro iš darbuotojų algų, įrenginių amortizacijos bei papildomai sunaudojamų energijos (šiluminės ir elektros) ar vandens sąnaudų, kurios nėra tiesiogiai susijusios su gamyba.

21 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui [36]

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, Eur.	Pagrindinis DU fondas, Eur.	Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, Eur.	Su darbuotojais susijusios išlaidos, tūkst., Eur.
-----------	---------------------	----------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	---

1	2	3	4 = 2*3*12 mėn.	5 = 1,77 % nuo 4	6 = 4+5
1 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	1200	86 400	1529,28	87,93
Inžinieriai	2	2600	62 400	1104,48	63,50
Technologas	2	2200	52 800	934,56	53,73
Viso:			201 600	3568,32	205,17
Brandos metai (2 ir 3 metai)					
Pagalbiniai darbininkai	6	1300	93600	1656,72	95,26
Inžinieriai	2	2700	64800	1146,96	65,95
Technologas	2	1900	45 600	807,12	46,41
Viso:			204 000	3610,8	207,61
4 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	1350	97 200	1720,44	98,92
Inžinieriai	2	2750	66 000	1168,2	67,17
Technologas	2	1950	46 800	828,36	47,63
Viso:			210 000	3717	213,71
5 metai					
Pagalbiniai darbininkai	6	1400	100 800	1784,16	102,58
Inžinieriai	2	2800	67 200	1189,44	68,39
Technologas	2	2000	48 000	849,6	48,85
Viso:			216 000	3823,2	219,82

Lentelės antroje eilutėje parodyta, kaip apskaičiuojamos stulpelių vertės.

22 lentelės. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija) [36]

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, tūkst. Eur	Normatyvinė eksploataavimo trukmė, metai	Nusidėvėjimo suma, tūkst. Eur metams					Likutinė vertė, tūkst. Eur
			1	2	3	4	5	
Ekstruderis (T75)	420	5	75,6	75,6	75,6	75,6	75,6	42
Ekstruderis (T95)	470	5	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	47
Povandeninis granulatorius	300	5	54	54	54	54	54	30
Visi pagalbiniai įrengimai gamybos linijai	170	5	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	17
Veiklai naudojami pastatai	700	25	28	28	28	28	28	560
Kiti įrengimai, įranga	50	5	5	5	5	5	5	5
Viso:	2110		277,8	277,8	277,8	277,8	277,8	721

Nusidėvėjimas (amortizacija) apskaičiuojama pagal formulę:

$$A_m = \frac{V_1 - V_2}{T}; \quad (3.3.3.)$$

Čia:

A_m – metinė nusidėvėjimo vertė, Eur;

V_1 – pradinė vertė, Eur;

V_2 – likvidacinė vertė, Eur (neturi viršyti 10 % pradinės vertės, taigi, priimama 10 %);

T – normatyvinė pagrindinių priemonių eksploatavimo trukmė, metais.

23 lentelė. Netiesioginės išlaidos elektros energijai [36]

Netiesioginės elektros išlaidos, apšvietimas ir kitoms reikmėms kW.	Įrenginių galingumo panaudojimo koeficientas	Įrengimų metinis efektyvus darbo laikas, h	Elektros energijos poreikis jėgai, kWh	Elektros kWh kaina, Eur	Išlaidos elektros energijai, tūkst. Eur
1	2	3	4 = 1 × 2 × 3	5	6 = 4 × 5
1 metai					
50	0,50	8160	204000	0,127	25,91
Brandos metai (2, 3 metai)					
50	0,50	8160	204000	0,13	26,52
4 metai					
50	0,50	8160	204000	0,133	27,13
5 metai					
50	0,50	8160	204000	0,137	27,95

Netiesioginiuose kaštuose yra įvertintas apšvietimas ir kondicionavimo ar kitų sistemų reikalingų gerbūvio užtikrinimui. Įrenginių galingumo koeficientas įvertina tai, kad įrenginiai nevisą laiką bus naudojami pilnu pajėgumu.

Visi apskaičiuoti kaštai pateikiami netiesioginių išlaidų lentelėje apačioje. Taip pat, įrengimų remontui skiriama suma yra 2% nuo pradinės įrangos kainos, o kitoms išlaidoms skiriama 5% nuo visų netiesioginių išlaidų.

24 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų sąmata [36]

Išlaidų rūšys	Projekto metai				
	1 metai, Eur.	2 metai, Eur.	3 metai, Eur.	4 metai, Eur.	5 metai, Eur.
Darbo užmokestis	201600	204000	204000	210000	216000
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF	3568,32	3610,8	3610,8	3717	3823,2
Amortizaciniai atskaitymai	277800	277800	277800	277800	277800
Įrengimų remontas	27200,0	27200,0	27200,0	27200,0	27200,0
Elektros išlaidos apšvietimui ir kitoms reikmėms	25910,0	26520,0	26520,0	27130,0	27950,0
Kitos išlaidos	26803,9	26956,5	26956,5	27292,4	27638,7
Iš viso:	562882,2	566087,3	566087,3	573139,4	580411,9

3.3.7. Gamybos kaštų skaičiavimas

Gaminių tiesioginiai ir netiesioginiai kaštai surašomi į lentelę, bei apskaičiuojama gaminio vienos tonos savikaina.

25 lentelė. Gamybos kaštai [36]

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, tūkst. Eur			
	Bitumo modifikatorius			
	1 metai	Brandos laikotarpis (1 ir 2 metai)	4 metai	5 metai
Pagrindinės medžiagos, tūkst. Eur	1184,00	1524,40	1570,13	1617,24
Energija (šiluminė, elektros), tūkst. Eur	435,25	594,05	607,76	626,00
Gamybinių darbininkų (pagrindinių) darbo užmokestis, tūkst. Eur	216,00	230,40	244,80	259,20
Atskaitymai VSD, GF ir IDIF, tūkst. Eur	3,82	4,08	4,33	4,59
Gamybinės netiesioginės išlaidos, tūkst. Eur	562,88	566,09	573,14	580,41
Viso gamybos kaštų, %	100,00	100,00	100,00	100,00
Viso gamybos kaštų, tūkst. Eur	2401,96	2919,02	3000,16	3087,44
Produkcijos gamybos planas, t/metus	3200,00	4000,00	4000,00	4000,00
Gaminio gamybinė savikaina, Eur	750,61	729,75	750,04	771,86

3.3.8. Veiklos kaštai

Veiklos kaštai: išlaidos susijusios su administracinių patalpų aptarnavimu ir aprūpinimu, administracijos darbuotojų darbo užmokesčiu, produkcijos realizavimo (reklamos, rinkliavos ir kt.), taip pat amortizaciniai atskaitymai, ryšio paslaugos ir t.t.

Šiuo atveju jos bus priimamos kaip 5% pirmųjų metų gamybos kaštų ir apskaičiuojamos.

$$2401,96 \cdot 0,05 = 120,10 \text{ tūkst. Eur.}$$

Toliau lentelėje pateikiami penkerių metų veiklos kaštų, tenkančių vienai tonai gaminio, skaičiavimų rezultatai.

$$\frac{120,10 \text{ tūkst. Eur}}{3,2 \text{ tūkst. t}} = 37,53 \text{ Eur.}$$

26 lentelė. Veiklos sąnaudų paskirstymas [36]

Rodikliai	Viso	Bitumo modifikatorius
Gamybos kaštai, %	100	100
Veiklos sąnaudos, tūkst. Eur	120,10	120,10

1 metai		
Pardavimo planas, tūkst. t	3,2	3,2
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	37,53
Brandos metai (2, 3 metai)		
Pardavimo planas, tūkst. t	4	4
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	30,02
4 metai		
Pardavimo planas, tūkst. t	4	4
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	30,02
5 metai		
Pardavimo planas, tūkst. t	4	4
Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	-	30,02

3.3.9. Gaminio kainos skaičiavimas

Toliau skaičiuojama produktų kaina, visas reikiamas dedamąsias apskaičiavome praeituose poskyriuose. Prie apskaičiuotos savikainos yra pridedamas pelno procentas, išreikštas pinigine išraiška, kuri kiekvienais metais kinta. Kainos rezultatai pateikiami lentelėje apačioje.

27 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas [36]

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, Eur	Gaminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, Eur	Gaminio pilnoji savikaina, Eur	Pelnas		Kaina
				%	Eur/t	Eur/t
1 metai						
Bitumo modifikatorius	750,61	37,53	788,14	40	315,26	1103,40
Brandos metai (2 ir 3 metai)						
Bitumo modifikatorius	729,75	30,02	759,78	47,00	357,10	1116,87
4 metai						
Bitumo modifikatorius	750,04	30,02	780,07	50,00	390,03	1170,10
5 metai						
Bitumo modifikatorius	771,86	30,02	801,88	50,00	400,94	1202,83

3.3.10. Projekto pelnas ir gryųjų pinigų srautai

Šiame poskyryje sudaroma planuojamos įmonės pelno (nuostolių) ataskaita.

28 lentelė. Pelno (nuostolio) ataskaita [36]

Rodiklis, tūkst. Eur	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5

Pardavimų pajamos	3480,44	4396,08	4396,08	4602,39	4731,11
Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	2401,96	2919,02	2919,02	3000,16	3087,44
Bendras pelnas (nuostolis)	1078,48	1477,06	1477,06	1602,22	1643,68
Veiklos sąnaudos	120,1	120,1	120,1	120,1	120,1
Veiklos pelnas (nuostolis)	958,38	1356,96	1356,96	1482,12	1523,58
Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	958,38	1356,96	1356,96	1482,12	1523,58
Pelno mokestis	143,76	203,54	203,54	222,32	228,54
Grynasis pelnas (nuostolis)	814,62	1153,42	1153,42	1259,80	1295,04

Pajamos gaunamos iš pardavimų yra apskaičiuojamos pagrindinio ir šalutinio produktų vienos tonos kainas padauginus iš gamybos apimtys. Susidarantis šalutinis produktas yra netinkamo dydžio suformuota granulė (brokas), tačiau jo savybės, kaip bitumo modifikatoriaus yra tokios pačios, todėl šalutinis produktas yra parduodamas už vienos tonos pagrindinio produkto savikainą atitinkamais metais. Produkcijos kaštai ir veiklos sąnaudos yra apskaičiuotos viršuje esančiuose poskyriuose. Bendras pelnas (nuostolis) yra apskaičiuojamas iš pardavimo pajamų atimant produkcijos kaštus, o grynasis pelnas iš bendrojo pelno atimant veiklos sąnaudas ir pelno mokesčio vertę (15 procentų).

Sekantis žingsnis yra apskaičiuoti pinigų srautus, kurių skaičiavimo rezultatai pateikti **29 lentelėje**.

29 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita [36]

Rodikliai	Projekto metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Pinigų srautai iš įmonės veiklos, tūkst. Eur:						
1.1. Grynasis pelnas (nuostolis)	0	814,62	1153,42	1153,42	1259,80	1295,04
1.2. Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	0	277,8	277,8	277,8	277,8	277,8
1.3. Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	46,70	20,11	0,00	3,16	3,39	0,00
Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1+ 1.2 - 1.3)	-46,70	1072,32	1431,22	1428,06	1534,21	1572,84
2. Pinigų srautai iš investicinės veiklos, tūkst. Eur:						
2.1. Ilgalaikio turto perleidimas (įsigijimas)	2250	0	0	0	0	721
Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-2250	0	0	0	0	721
3. Bendri metiniai pinigų srautai	-2296,70	1072,32	1431,22	1428,06	1534,21	2293,84

Šioje lentelėje pateikti duomenys yra paimti iš (16, 22 ir 28 lentelėse) esančių duomenų. Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos apskaičiuoti sudedant 1.1. ir 1.2. gautas vertes ir iš jų atimant 1.3. vertę. Bendri metiniai pinigų srautai gaunami sudedant 1 ir 2 dalių vertes kiekvienais ataskaitiniais metais. Paskutiniaisiais metais grynujų pinigų srautai iš investicinės veiklos lygus ilgalaikio turto likutinei vertei. Taip pat, pasirošimo metai (0 metai) prie ilgalaikio turto vertės pridedama sklypo įsigijimo vertė ir rezervinė dalis kitoms ilgalaikio turto išlaidoms, kurioms nusidėvėjimas negali būti pritaikytas.

3.3.11. Projekto investicijų efektyvumo vertinimas

Šiame poskyryje vertinamas projekto investicijų efektyvumas. Norint geriau suprasti projekto efektyvumą, galima įvertinti laiko įtaką, o tai padaryti galima diskontuojant pinigų srautus.

Skaičiavimams reikalinga nusistatyti diskonto normą, kuri yra skirtinga bei priklauso nuo investicinių šaltinių. Šios normos pateikiamos **30 lentelėje**.

30 lentelė. Diskonto normos nustatymas [36]

Kapitalo kaštų skaičiavimas		
	proc.	koef.
Nuosavo kapitalo kaštai (NK)	14,00	0,14
Europos sąjungos paramos kaštai (ESPK)	0	0,00
diskonto norma (kapitalo kaštai)	7,00	0,07

Nuosavo kapitalo kaštai priimami 14 %, šis skaičius parodo investuotojų norimą gauti grąžą.

Pasinaudojant *Microsoft Excel* programos funkcijomis atliekamas diskontavimas. Duomenys pateikiami **31 lentelėje**.

31 lentelė. Projekto paprasti ir diskontuoti grynieji pinigų srautai (GPS), tūkst. Eur [36]

GPS diskontavimas				
Metai	Projekto GPS		Diskontuoti projekto GPS	
	Metiniai GPS	Bendri GPS	Metiniai GPS	Bendri GPS
0	-2296,70	-2296,70	-2296,70	-2296,70
1	1045,72	-1250,99	977,31	-1319,40
2	1411,11	160,12	1232,52	-86,88
3	1431,22	1591,34	1168,30	1081,42
4	1534,45	3125,79	1170,62	2252,04
5	2290,45	5416,24	1633,06	3885,10

Bendros GPS (BGPS) vertės apskaičiuojamos prie BGPS praeitų metų pridedant einamųjų.

Toliau skaičiuojami ekonominiai projekto vertinimo rodikliai (diskontuotas atsipirkimo laikas, GEV, IRR MIRR, PI). Diskontuotas atsipirkimo laikas apskaičiuojamas:

$$2 - \left| \frac{-86,88}{1232,52} \right| = 2,07 \text{ metų}$$

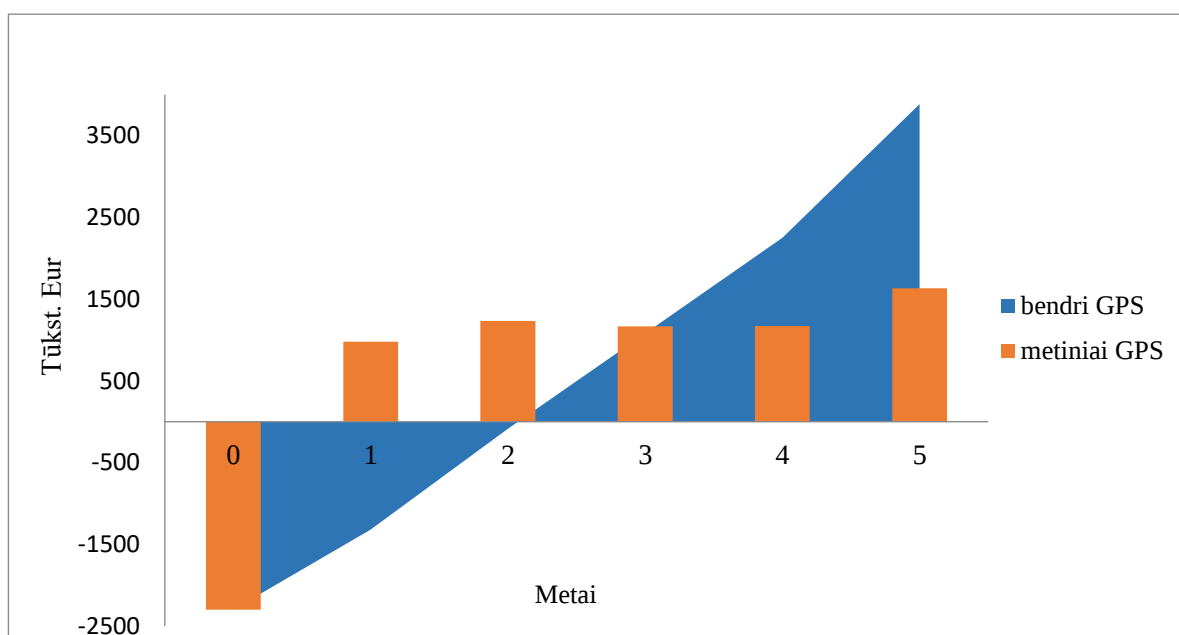
GEV yra suma penkerių metų diskontuotų BGPS, MIRR ir IRR apskaičiuojami naudojant *Excel* funkcijas iš ne diskontuotų GPS metinių intervalų. PI apskaičiuojamas teigiamų diskontuotų GPS suma iš neigiamų sumos.

32 lentelė. Projekto ekonominio vertinimo rodikliai [36]

Rodikliai	Matavimo vienetai	Reikšmės
-----------	-------------------	----------

Diskontuotas atsipirkimo laikas	metai	2,07
Grynoji esamoji vertė (GEV)	tūkst. Eur	3885,1
Vidinė pelno norma (IRR)	%	51,5
Modifikuota vidinė pelno norma (MIRR)	%	30,4
Pelningumo indeksas (PI)	koeficientas	2,69

Atsipirkimo laikotarpį galima pavaizduoti grafiškai.



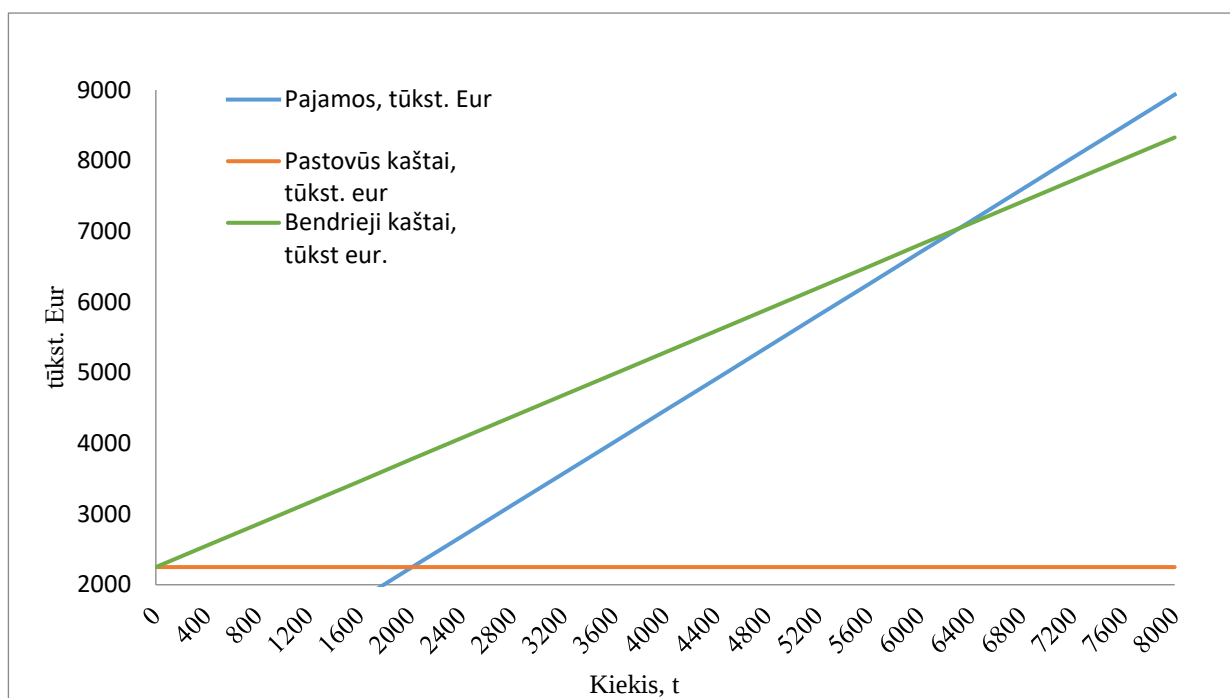
13 pav. Diskontuoti pinigų srautai su atsipirkimo laiku

Norint sužinoti, kada bendrosios pajamos ir bendrosios išlaidos susilygina, skaičiuojamas lūžio taškas pagrindiniam produktui. Lūžio taške pelnas yra 0. Šis taškas skaičiuojamas, vertinant parduotos produkcijos kiekio ir gauto pelno priklausomybę. Kai šis taškas pasiekiamas toliau parduodamas produktas pradeda nešti pelną. Lūžio taškas skaičiuojamas brandos metais.

33 lentelė. Lūžio taško skaičiavimas [36]

Rodikliai	Pagrindinis Produktas
Pastoviųjų kaštų suma, priskirta gaminiui, Eur	2250000
Gaminio kaina, Eur	1116,86
Gaminio kintamieji kaštai, Eur	759,78
Lūžio taškas, t	6301
Pardavimų planas, t	3800

Pastovieji kaštai laikomi ilgalaikio turto kaštai. Kintamieji kaštai ir gaminio kaina bei pardavimų planas apskaičiuota viršuje esančiose lentelėse ir yra perrašomi į 32 lentelę. Lūžio taškas apskaičiuojamas pastovius kaštus dalinant iš savikainos ir gaminio kainos skirtumo.



14 pav. Pagrindinio produkto lūžio taškas

Apskaičiavus lūžio tašką, apskaičiuojamas projekto balansas, jame matomi visų metų grynujų pinigų srautai.

34 lentelė. Projekto balansas [36]

Projekto gyvavimo metai	0	1	2	3	4	5
0	-2296,705	-2296,705	-2296,705	-2296,705	-2296,705	-2296,705
1		1045,718	1045,718	1045,718	1045,718	1045,718
2			1411,110	1411,110	1411,110	1411,110
3				1431,218	1431,218	1431,218
4					1534,448	1534,448
5						2290,446
Būsimieji GPS	-2296,705	-1250,987	160,124	1591,341	3125,790	5416,236

3.3.12. Pagrindiniai ekonominiai rodikliai

Šiame poskyryje yra pateikiama lentelė, kurioje yra apibendrinti visų skaičiavimų duomenys.

35 lentelė. Pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai [36]

Rodikliai	Projekte
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:	
1 gaminy	3800,00
2 gaminy	200,00
2. Pardavimų pajamos, tūkst. Eur	4396,08

3. Įmonės personalas, žmonėmis	24,00
tame skaičiuje darbininkai	22,00
4. Darbo našumas, tūkst. Eur	
Darbuotojo	183,17
Darbininko	199,82
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, Eur	
Darbuotojo	2083,00
Darbininko	1645,00
6. Gamybos kaštai, tūkst. Eur	2919,02
7. Gaminio pilnoji savikaina, Eur	
Pagrindinis gaminy	759,78
Šalutinis gaminy	759,78
8. Grynasis pelnas, tūkst. Eur	1153,42
9. Investicijų apimtis, tūkst. Eur	2296,70
10. Bendrasis pelningumas, %	33,60
11. Veiklos pelningumas, %	30,87
12. Grynasis pelningumas, %	26,24
13. Investicijų grąža (ROI) %	50,22
14. Veiklos rentabilumas, %	37,95
15. Apyvartų skaičius per metus	25,71
16. Apyvartos trukmė, dienomis	14,00
17. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, Eur	0,03
18. Projekto kapitalo kaštai, %	7,00
19. Projekto investicijų diskontuotas atsipirkimo laikas, metais	2,07
20. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. Eur	3885,10
21. Vidinė pelno norma, %	51,5
22. Modifikuota vidinė pelno norma, %	30,4
23. Pelningumo indeksas	2,69

3.4. Aplinkosauginis projekto vertinimas

Šis skyrius skirtas aptarti naudojamų medžiagų ekologinius bei aplinkosauginius aspektus, naudojamus energetinius išteklius, fizikinę bei biologinę taršą. Taip pat, bus pateikti duomenys apie atliekų tvarkymą, oro taršą.

3.4.1. Bendrieji duomenys

Projektuojamoje bitumo modifikatorių gamykloje, bus vykdoma eksploatuoti nebetinkamų padangų gumos miltų devulkanizacija ir devulkanizuotos gumos ekstruzija. Gamykla per metus perdirba apie 2960 tonų padangų miltų ir pagamina apie 4000 tonų bitumo modifikatoriaus, kuris skirtas pakeisti labiau taršesnius, rinkoje jau įsitvirtinusius, modifikatorius.

36 lentelė. Elektros sunaudojimas [37]

Energijos rūšis	Per metus suvartojamas energijos kiekis, kWh	Energijos tiekėjas
Elektros energija	4773600	UAB „Ignitis“

Bitumo modifikatorių gamybai naudojamos kelios žaliavos (padangų guma, polimerai, industrinė alyva, priedai) ir pagaminamas vienas pagrindinis produktas - bitumo modifikatorius. Lentelėje apačioje pateikiami duomenys apie žaliavas ir produktus.

37 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas, chemines medžiagas ar preparatus [37]

Žaliavos, cheminės medžiagos ar preparato pavadinimas	Kiekis per metus, t	Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklinimas		
		Kategorija	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės
Panaudotų padangų guma	2960	Kancerogenas – 2 Odos dirginimas – 2 Akių dirginimas – 2A Pavojus aplinkai – 2	H400 H410 H350 H317	Labai toksiška vandens organizmams Labai toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus Gali sukelti vėžį Gali sukelti alerginę odos reakciją
PP (Polipropilenas)	400	Akių/odos dirginimas – 2	H335 H280	Gali dirginti kvėpavimo takus Turi slėgio veikiamų dujų, kaitinant gali sprogti
Industrinė alyva	280	Kancerogenas – 1B Reprodukcinė toksikacija – 2 Odos dirginimas – 2 Pavojus aplinkai – 2 Toksiškumas – 1 ar 4 (įkvėpus garų ar miglos)	H304 H351 H411	Prarijus ir patekus į kvėpavimo takus, gali sukelti mirtį Įtariama, kad sukelia vėžį
Priedai (kalcio karbonatas)	360	Neklasifikuojamas	H335	Gali dirginti kvėpavimo takus
Bitumo modifikatorius	4000	Akių dirginimas – 2	H350	Gali sukelti vėžį

		Odos dirginimas – 2 Ikvėpimo pavojus – STOT SE 3	H411 H317 H304	Toksiška vandens organizmams, sukelia ilgalaikius pakitimus Gali sukelti alerginę odos reakciją Prarijus ir patekus į kvėpavimo takus, gali sukelti mirtį
--	--	--	----------------------	---

Panaudotų padangų guma sandėliuojama gamybinio cecho patalpose, kur laikomas kiekis siekia apie 40 tonų, supakuota 1 tonos didmaišiuose. Iš didmaišių medžiaga į gamybą transportuojama vakuuminiais siurbliais. Patalpos yra gerai vėdinamos, užtikrinamas nustatytas drėgmės lygis. Taip pat reguliariai atliekamos periodinės patikros.

Polipropilenas sandėliuojamas analogiškomis sąlygomis: supakuotas į 1 tonos didmaišius ir vakuuminiu transportu tiekiamas į gamybos linijos bunkerį. Industrinė alyva laikoma gamybinėse patalpose IBC talpose, kurių tūris yra 1000 litrų, ir transportuojama vamzdžiais, naudojant išcentrinį siurblį. Kalcio karbonatas sandėliuojamas ant paletės, kurioje yra 50 maišų po 25 kg, ir į gamybos liniją tiekiamas specialiu transportu.

Pagamintas bitumo modifikatorius sandėliuojamas bunkeriuose, o vėliau išpilstomas į didmaišius. Sandėliavimo metu užtikrinamas tinkamas oro drėgmės lygis, o produkcija laikoma gamybinio cecho sandėlyje. Produkcija klientams išvežama kas dvi dienas, todėl sandėliavimo patalpos yra pakankamai mažos.

Informacija apie medžiagų laikymą pateikiama 37 lentelėje.

38 lentelė. Žaliavų bei produktų sandėliavimas

Eil. Nr.	Žaliavos, cheminės medžiagos, preparato pavadinimas	Transportavimo būdas	Kiekis, saugomas vietoje, t	Saugojimo būdas
1	Panaudotų padangų guma	Vamzdžiais	40	Nerūdijančio plieno specialios talpyklos, didmaišiai
2	PP (Polipropilenas)	Vamzdžiais	10	Nerūdijančio plieno specialios talpyklos, didmaišiai
3	Industrinė alyva	Vamzdžiais	10	Nerūdijančio plieno specialios talpyklos, IBC talpos
4	Priedai	Spec. transportu	10	Nerūdijančio plieno specialios talpyklos, didmaišiai
6	Bitumo modifikatorius	Vamzdžiais	36	Nerūdijančio plieno specialios talpyklos, didmaišiai

3.4.2. Atliekos

Vykdamas bitumo modifikatoriaus gamybą susidaro šalutinis produktas – brokas. Šis produktas yra laikomas atlieka, tačiau brokas susidaro iš blogai suformuotų granuliu, kurių dydis viršija klientų pageidaujamus parametrus, tačiau cheminė sudėtis atitinka reikalavimus. Todėl šias granules galima parduoti, o ne utilizuoti kaip nereikalingas atliekas.

Įmonėje taip pat susidaro alyvos atliekos, kurios atsiranda vykdant periodinę įrengimų priežiūrą. Šios atliekos yra perduodamos specializuotoms įmonėms, kurios surenka naudojimui nebetinkančią alyvą ir ją utilizuoja arba perdirba. Be to, įmonėje naudojamas vanduo, kuris paprastai cirkuliuoja uždarose sistemoje granulėms atvėsinti. Vanduo periodiškai keičiama. Jis yra valomas specialiais filtrais, kuriuose naudojami absorbentai, o išvalytas vanduo gali būti pakartotinai panaudojamas arba išleidžiamas į kanalizaciją. Įmonėje taip pat susidaro komunalinės atliekos, kurios pagal sudarytas sutartis šalinamos periodiškai, bei statybinės atliekos.

39 lentelė. Pavojingų atliekų tvarkymas [38,39]

Technologinis procesas	Atliekos						Numatomi atliekų tvarkymo būdai
	pavadinimas	Kiekis		Agregatinis būvis (kietas, skystas, pastos)	Kodas pagal atliekų sąrašą	Pavojingumas	
		t/dieną	t/metus				
Vandens skirto granulių vėsinimui valymas	Vanduo užterštas naftos produktais	0,8	272	Skystas	13 05 07	Toksiškas vandens organizmams Gali kelti pavojų tam tikriems organams, jei veikia ilgai ar pasikartojančiai	Išvalomas ir tiekiamas į kanalizaciją
Vandens valymas	kiti filtrų papločiai, panaudoti absorbentai	-	1	Kietos, pastos	07 02 10	Toksiškas vandens organizmams Gali kelti pavojų tam tikriems organams, jei veikia ilgai ar pasikartojančiai	Tvarkomos pagal LR nustatytą Tvarką Priduodamos į specialias įmones utilizavimui
Bitumo modifikatoriaus gamyba	Plastmasė ir guma	0,01	3,65	Kietos	12 01 05	Degus Toksiškas	Tvarkomos pagal LR nustatytą Tvarką Priduodamos į specialias įmones utilizavimui
Įrangos aptarnavimas	Atidirbta alyva	-	0,2	Skystas	13 02 03	Toksiškas vandens organizmams Gali kelti pavojų tam tikriems organams, jei veikia ilgai ar pasikartojančiai Degus	Tvarkomos pagal LR nustatytą Tvarką Priduodamos į specialias įmones utilizavimui
Statybos	Statybinės atliekos	-	2	Kietas	17 01	Medžiagos, kurios dulka ir gali sukelti sprogimo pavojų	Tvarkomos pagal LR statybinių atliekų

							tvarkymo taisyklės
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

3.4.3. Aplinkos oro tarša

Proceso gamybos metu išsiskiria lakieji organiniai junginiai, anglies monoksidas, sieros junginiai.

40 lentelė. Aplinkos oro tarša

Proceso (taršos šaltinio) pavadinimas	Teršalo pavadinimas	Išmetamųjų dujų temperatūra, °C	Išmetamųjų dujų kiekis, t/m
Devulkanizavimas	Sieros junginiai	180	11,84
Devulkanizavimas	Lakieji organiniai junginiai	180	8
Ekstruzija	Anglies monoksidas	200	0,8

Priklausomai nuo sąlygų ir nenumatytų situacijų dažnumo, per metus išsiskiria palyginus nedideli kiekiai orą teršiančių medžiagų. Šiems išsiskyrusiems teršalams surinkti yra sumontuota ventiliacijos sistema su atitinkančiais organinius lakiuosius, sieros ir anglies monoksido junginius gebančiais sugerti ir neutralizuoti filtrais ir tik išvalytas oras išleidžiamas į atmosferą. Taip pat, vietose, kuriose yra didelė tikimybė šių medžiagų išsiskyrimui yra įrengti papildomi vietiniai gartraukiai ir sistemos skirtos valyti didesnes koncentracijas oro teršalų.

3.4.4. Vandens suvartojimas ir nuotekos

Sunaudojamo vandens ir susidarančių nuotekų kiekis pateikiami lentelėse.

41 lentelė. Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojimo sritys	Didžiausias paros debitas, m ³	Vidutinis metinis kiekis, m ³	Taupymo ir apsaugos priemonės
UAB „Mažeikių vandenys“	Gamybos procesams	1	340	Proceso metu vanduo taupomas jį išvalant ir recirkuliuojant
UAB „Mažeikių vandenys“	Buitinėms reikmėms	1,3	480	

Vanduo tiekiamas iš Židikių miestelyje esančios paskirstymo stoties, kuri priklauso UAB „Mažeikių vandenys“. Technologiniuose procesuose vanduo naudojamas kaip vėsinimo agentas, tačiau jis gali būti išvalomas ir pakartotinai panaudojamas, taip mažinant bendrą vandens suvartojimą. Buitinėms reikmėms naudojamas vanduo nėra recirkuliuojamas, todėl jo sunaudojimas yra mažesnis. Buitinėms reikmėms priskiriamas geriamasis vanduo, taip pat vanduo, skirtas praustis, plauti indus, valyti patalpas ir kt. Visų šių procesų metu siekiama taupyti vandenį – nepalikti jo bėgančio ir naudoti atsakingai.

42 lentelė. Nuotekų ir teršalų balansas

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Teršalo pavadinimas	Didžiausias paros debitas, m³	Vidutinis metinis kiekis, m³	Teršalo kiekis, t/m
Gamybinio proceso nuotekos	Proceso technologinis vanduo su priemaišomis	1	340	34
Buitinės nuotekos		1	400	100

Nuotekos, susidarantių proceso metu, valomos pačioje gamykloje. Nuotekos šiuo atveju yra vanduo su kietomis ir skystomis priemaišomis, aukščiau yra aprašyta, kaip šis vanduo yra valomas. Kai jis jau yra nebetinkamas naudoti, gali būti išleistas į bendrą nuotekų sistemą. Buitinės nuotekos išleidžiamos, taip pat į bendrą nuotekų sistemą.

3.5. Darbuotojų sauga ir sveikata

Šiame skyriuje įvertinsime projektuojamos įmonės darbuotojų saugą, sveikatą ir gaisrinę saugą. Apžvelgsime objekto charakteristiką, saugios gamybos principus, darbo higieną, įvertinsime rizikos veiksnius bei gaisrinę saugą.

3.5.1. Projektuojamojo objekto charakteristika

Projektuojama įmonė bus statoma buvusio aerodromo teritorijoje, aplink šią teritoriją apie 500 metrų spinduliu nėra gyvenamųjų pastatų. Šios įmonės paskirtis - bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos. Gamybai naudojamos eksploatuoti netinkamų padangų gumos miltai, antriniai ir nauji polimeriniai priedai, alyva. Gamybos metu gaunamas produktas yra granulės pavidalo naujos kartos bitumo modifikatorius. Technologiniame procese naudojamos hidraulinės sistemos, keltuvai, susidaro dideli slėgiai. Ekstruderui veikiant skirtingose zonose yra palaikoma didelė temperatūra išsiskiria nedidelis kiekis kenksmingų dujų, taip pat gali atsirasti dūmų ar karštų garų.

Įstatymuose nustatytas sanitarinės apsaugos dydis guminių padangų ir kamerų gamybai, guminių padangų restauravimui ir atnaujinimui, kitų guminių gaminių gamybai, kai gamybos pajėgumas – nuo vienos iki 15 tonų per parą, šio tipo gamybiniai įmonei yra 100 metrų [40].

Įmonė priklauso I grupės ekonominės veiklos rūšiai, joje dirbs 24 darbuotojai. Atsižvelgiant į šiuos duomenis, įmonėje bus 1 darbuotojų saugos ir sveikatos specialistas, jis samdomas iš kitos įmonės. Įmonėje nebus saugos ir sveikatos komiteto, nes to nereikalauja įstatymai, jei įmonėje yra mažiau nei 50 darbuotojų. Bus renkami darbuotojų atstovai [41].

3.5.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas norint įvertinti kylančias rizikas ir kiek įmanoma jas sumažinti. Rizikos veiksniai gali būti cheminiai, fizikiniai, ergonominiai, biologiniai, fiziniai ar psichosocialiniai. Žemiau lentelėje yra pateikiamos profesinės rizikos veiksnių ir prevencinių veiksmų apibendrinimas bitumo modifikatoriaus gamybos įmonėje [42].

43 lentelė. Identifikuoti rizikos veiksniai ir jų prevencinės priemonės [43,44,45,46,47]

Rizikos veiksnys	Rizikos veiksnio lokacija	Rizikos veiksnio dydis, matavimo vienetas	Ribinė rizikos veiksnio vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė	Profesinės rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės
Cheminiai veiksniai					
Padangų gumos miltai	Sandėlis ir žaliavų padavimo zona	-	-IPRD 5 mg/m ³ (dulkėms)	1-2 valandos	Respiratoriai ir apsauginės priemonės
Kalcio karbonatas	Sandėlis ir pradinio sumaišymo zona	< 2 mg/m ³	IPRD – 2 mg/m ³	1-2 valandos	Respiratoriai ir apsauginės priemonės
Polipropilenas	Sandėlis ir žaliavų padavimo zona	< 10 mg/m ³	IPRD – 10 mg/m ³	1-2 valandos per pamainą	Respiratoriai ir apsauginės priemonės

Alyvos rūkas, įskaitant dūmus	Ekstruderis	< 1 mg/m ³	IPRD – 1 mg/m ³ TPRD – 3 mg/m ³	1-2 valandos per pamainą	Darbiniai rūbai, batai, naftos produktams atsparios pirštinės, akiniai, respiratoriai
Ergonominiai veiksniai					
Vienkartinio rankomis keliamo krovinio masė, kai krovinys keliamas sulenkus rankas į aukštį nuo blauzdos vidurio iki žemyn nuleistos rankos krumplių	Visa įmonės teritorija	vyr. < 20 kg mot. < 13 kg	Ne daugiau kaip: vyr. – 20 kg mot. – 13 kg	3 – 4 kartus per pamainą	Krovinių svorio kontrolė, darbuotojų instruktavimas, informaciniai ženklai bei naudojama krovinių kėlimo įranga, pertraukėlės 15 min kas 2 valandas.
Statinis darbas per pamainą prilaikant svorį dviem rankomis ir dalyvaujant liemens ir kojų raumenims	Visa įmonės teritorija	vyr. < 130 000 kg·s mot. < 65 000 kg·s	Ne daugiau kaip: vyr. – 130 000 kg·s mot. – 65 000 kg·s	2 – 3 kartus per pamainą	Krovinių svorio kontrolė, darbuotojų instruktavimas bei naudojama krovinių kėlimo įranga
Darbo poza	Visa įmonės teritorija	-	-	6 valandos	Darbuotojų mokymas apie tinkamą darbo pozą stovint ir sėdint
Darbo monotonija	Operatorinė, ofiso patalpos	-	-	6 valandos	Pertraukos 5 – 10 min ir monotoniškų darbų keitimas į dinamiškus keičiant pozicijas
Fizikiniai veiksniai					
Triukšmas	Gamybos linija	< 80 dBA	87 dBA	12 valandos per pamainą	Ausų apsaugos priemonės (apsauginės ausinės, kištukai), įspėjamieji ženklai
Fiziniai veiksniai					
Elektros įtampa	Gamybos linija	-	-	5 valandos per pamainą	Darbiniai antistatiniai rūbai, dielektrinei batai, elektros įtampai atsparios pirštinės, įrengti įspėjamieji ženklai, įžeminimas.
Karštos medžiagos ir/ar paviršiai	Gamybos linija	-	-	5 valandos per pamainą	Tinkamai izoliuoti karšti paviršiai, dirbant naudojamos karščiui atsparios pirštinės, įrengti gerai matomi įspėjamieji ženklai
Aukštai esantys įrengimai	Gamybos linija	-	-	1 valandos	Saugos atitvarai, gerai matomose vietose įspėjamieji ženklai

Slėginiai indai	Ekstruderis	-	-	1-2 valandos	Periodinė patikra
Psichosocialiniai veiksniai					
Dieninės ir naktinės pamainos, trunkančios 12 valandų	Gamybos zona, operatorinė.	-	-	12 valandų	Pertraukos kas valandą, kurių trukmė 10 minučių, poilsio zonos.
Darbas izoliuotoje vietoje (kai darbuotojas dirba vienas arba izoliuotoje patalpoje)	Visa gamyklos teritorija	-	-	12 valandų	Pertraukos kas valandą, kurių trukmė 10 minučių, poilsio zonos.

Toliau vertinamas įmonės sprogo ir gaisro pavojus įmonėje, pagal naudojamų medžiagų kiekius ir charakteristikas. Rezultatai surašomi į 43 lentelę.

44 lentelė. Sunaudojamų bei pagaminamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

Medžiagos pavadinimas	Pagaminama ar sunaudojama per pamainą, t	Pliūpsnio temperatūra, °C	Sprogumo ribos, %		Savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra, °C	Užsiliepsnojimo temperatūra, °C
			Apatinė	Viršutinė		
Alyva	0,41	214	-	-	251	410
Polipropilenas	0,59	330	-	-	>400	350-400
Panaudotų padangų gumos miltai	4,12	-	-	-	500-550	260-320

Naudojamos medžiagos bei pagaminamas produktas, nėra savaime sprogūs. Jų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros yra aukštos, todėl nekelia didelės gaisrinės ar sprogo grėsmės. Sprogimo ribos nėra nustatomos, nes šie junginiai ar medžiagos nėra klasifikuojamos, kaip sprogios.

Įvertinus medžiagas, galima paskirstyti patalpas ir pastatą į tam tikras kategorijas, pagal sprogo ir gaisro pavojų. Pagal turimas medžiagų charakteristikas, gamyklos dalis, kurioje yra gamybos linija priskiriama C_g kategorijai. Šioje patalpoje yra vykdoma gamyba ir joje yra eksploatuojamos 43 lentelėje aprašytos medžiagos, taip pat kartas nuo karto gali susidaryti degių dujų, tačiau jos lokaliai yra šalinamos ir sprogo ar gaisro pavojus yra mažas. Sandėlio patalpa gali būti priskirta C_g kategorijai, joje gali susidaryti gumos dulkių ar polimero plaušelių, tačiau gaisro ar sprogo rizika yra maža. Operatorinė ir administracinės patalpos gali būti priskirtos E_g kategorijai, nes jose nėra degių medžiagų. Pats įmonės pastatas, priskirtas C_g kategorijai [48].

Įmonės patalpos taip pat skirstomos į zonas pagal sprogo aplinkos susidarymo dažnumą ir trukmę. Zoną aplink gamybos liniją galima priskirti 2 zonos apibrėžimui, nes joje labai retai susidaro degių dujų, skysčių ar garų aplinka. O sandėlio zoną galima priskirti į 22 zoną, nes sandėlyje gali susidaryti dulkių ir plaušelių, tačiau retai ir trumpą laiko tarpą.

3.5.3. Saugi gamyba

Labai svarbu, kad projektuojamos įmonės darbuotojai būtų saugūs įmonėje bei tinkamai instruktuoti. Dėl to būtina įvertinti fizinius rizikos veiksnius, juos mažinti ir naudotis tinkamomis prevencinėmis priemonėmis. Svarbu gerai suprasti rizikas, kylančias technologinio proceso metu.

Darbuotojų instruktavimas vyks periodiškai. Priimant naujus darbuotojus reikia vykdyti jų įvadinį ir pirminį instruktavimą, kad jie suprastų visus kylančius pavojus ir būti jiems pasiruošę arba sugebėtų numatyti ir užkirsti kelią avarinių situacijų atsiradimui. Sandėlio darbuotojai turi būti instruktuojami apie saugų darbą su sunkiais daiktais bei suprasti, kaip veikia transportavimo mechanizmai. Darbuotojai, dirbantys prie gamybos linijos, turi būti instruktuojami ir mokomi, kaip elgtis su cheminėmis medžiagomis, karštais paviršiais. Darbuotojai bei operatoriai, dirbantys tiesiogiai su ekstruzija, privalo būti išklause mokymo medžiagą apie slėginius indus ir turėti sertifikuotus pažymėjimus, darbdavys privalo užtikrinti šių darbuotojų instruktavimą ir įvertinti tinkamą kvalifikaciją. Periodiniai mokymai turi vykti kas dvylika mėnesių, tačiau atsiradus poreikiui, instruktavimą galima vykdyti ir dažniau. Visi darbuotojai turi būti supažindinami su gaisrinės saugos instruktavimo medžiaga. Darbuotojai pakeitę darbo poziciją turi būti iš naujo instruktuojami apie šios darbo vietos rizikas ir pavojus.

Įmonėje turi būti tinkamai ir gerai paruoštos darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijos bei instruktavimo tvarka. Šios instrukcijos yra vietinis lokalinis norminis teisės aktas, suderintas su darbuotojų atstovais ir patvirtintas direktoriaus, kuriame apibrėžiamos visos rizikos, kurios gali kelti grėsmę darbuotojų saugai ir sveikatai ir prevencinės priemonės.

Žmonės, dirbantys kenksmingų sąlygų aplinkoje, šiuo atveju prie gamybos linijos ir sandėlyje, privalo periodiškai, kas 6 mėnesius tikrintis sveikatą. Ir jei darbuotojai atsisako tai daryti, nedelsiant turi būti nušalinami nuo darbo kenksmingoje aplinkoje.

Gamykloje įrenginiai bus išdėstomi tokia tvarka, kuri leistų atlikti eksploatacinius ar periodinius darbus, nesukeliant sunkumų. Aplink įrangą turi būti paliekamas 1 metro pločio ir 1,9-2 metrų aukščio erdvės, kuriomis vaikščiojant, nebūtų nuolatos sukliamas diskomfortas.

Darbo prie ekstruderio zonoje darbuotojai turi mūvėti asmeninės apsaugos priemones, tokias kaip kombinezonas, pirštinės, akiniai, specialūs batai ir jei reikia respiratoriai. Karšti paviršiai turi būti izoliuoti ir kiek įmanoma sumažinta galimybė prie jų prisiliesti. Hidrauliniai ir kiti pagalbiniai įrenginiai bei jų besisukančios dalys turi būti pažymėti įspėjamaisiais ženklais, bei jei įmanoma uždengti metaliniais gaubtais ar kitomis barjerą sukuriančiomis priemonėmis. Metalinės detalės ar įrenginiai tinkamai izoliuojami ir įžeminami. Visa ekstruzijos linija turi įdiegtas prevencines saugos priemones (automatinius perkrovos jutiklius, ribinio slėgio ir temperatūros jutiklius), kurios padeda sumažinti pavojaus riziką.

Medžiagos iš sandėlio keliauja vamzdynais, kurie yra sandarūs ir neleidžia medžiagoms pasklisti į aplinką. Bunkeriai, kuriuose yra laikomos birios ar dulkančios medžiagos užsandarinami hermetiškais dangčiais. Atliekamos periodinės patikros. Jei bus naudojamas auto-krautuvas darbuotojas, dirbantis prie šio krautuvo, privalės įgyti teisę jį vairuoti ir bus instruktuojamas, kaip elgtis ir manevruoti gamyklos teritorijoje. Įrenginių aptarnavimo bokšteliai bus su atitvarais ir įspėjamaisiais ženklais, norint sumažinti nukritimo rizikas.

Įmonės gamybinės patalpos, atitinka normalios (nepavojingos) patalpos reikalavimus, pagal elektroaugos reikalavimus. Ši patalpa yra pakankamai sausa, jos drėgnis neviršija $\phi > 75 \%$ joje nėra elektrai laidžių dulkių. Naudojami elektriniai įrenginiai, kurių įtampa tiek nuolatinės, tiek kintamosios yra 400-440 V ir aukštesnė yra įnulinami [49,50].

3.5.4. Darbo higiena

Projektuojamoje įmonėje darbuotojai bus veikiami cheminių, fizikinių, fizinių, ergonominių rizikos veiksnių, labai svarbu juos identifikuoti ir parinkti reikiamas prevencines priemones šių veiksnių įtakos mažinimui. Darbdavys privalo suteikti visas reikiamas sąlygas, kurios padėtų išvengti šių veiksnių pavojaus darbuotojams. Jei šio pavojaus neįmanoma pašalinti, tai turi bent sumažinti riziką kiek įmanoma daugiau. Dėl šios priežasties darbuotojams suteikiamos pertraukėlės tarp darbo valandų, jie skatinami atlikti mankštas, pailsinti akis. Jiems suteikiamos reikiamos apsauginės darbo priemonės. Palaikomos higienos normose ribinės apšvietimo, šilumos ir ore esančios drėgmės normos. Palaikoma gryno oro cirkuliacija gamybos patalpose ir administracijos korpuse.

Sandėlyje dirbančių pagalbinių darbuotojų darbas priskiriamas IIb (vidutinio sunkumo) kategorijai [51]. Jų darbas yra užtikrinti sklandų medžiagų padavimą, darbas dažniausiai atliekamas automatizuotai, dėl šios priežasties jiems nereikia nešioti sunkių daiktų ar maišų, o iškilus poreikiui naudojami krautuvai medžiagoms transportuoti. Pagal reikalavimus sandėlyje yra dirbtinė vėdinimo sistema, kurią galima paleisti bet kuriuo metu. Taip pat, turi būti užtikrinamos aplinkos oro sąlygos šaltuoju ir šiltuoju metų laikotarpiais. Šaltuoju oro temperatūra turi būti 17-19 °C, santykinis oro drėgnis 40-60 %, oro judėjimo greitis nedidesnis nei 0,2 m/s. Šiltuoju atitinkamai oro temperatūra turi būti 20-22 °C, santykinis oro drėgnis 40-60 %, oro judėjimo greitis nedidesnis nei 0,3 m/s. Apšvietimas šioje zonoje yra kombinuotas (natūralus ir dirbtinis). Stengiamasi užtikrinti reikalavimus, regos darbų kategorija V, mažiausia ribinė vertė 200 lx, natūralus apšvietimas 3 % [51,52].

Operatorinėje ir prie gamybos linijos dirbančių darbuotojų darbas priskiriamas IIa (Vidutinio sunkumo) kategorijai. Šie darbuotojai dirba stebimą darbą, bei reguliuoja srautus kompiuterinių programų pagalba. Šaltuoju oro temperatūra turi būti 18-20 °C, santykinis oro drėgnis 40-60 %, oro judėjimo greitis nedidesnis nei 0,2 m/s. Šiltuoju atitinkamai oro temperatūra turi būti 21-23 °C, santykinis oro drėgnis 40-60 %, oro judėjimo greitis nedidesnis nei 0,3 m/s. Dažniausiai šie darbuotojai yra operatorinėje (atskiroje patalpoje), tačiau iškilus darbų poreikiui aplink ekstruderį, jie privalo dėvėti asmenines apsaugos priemones. Apšvietimas šioje zonoje yra kombinuotas (natūralus ir dirbtinis). Stengiamasi užtikrinti reikalavimus, regos darbų kategorija V, mažiausia ribinė vertė 200 lx, natūralus apšvietimas 3 % [51,52].

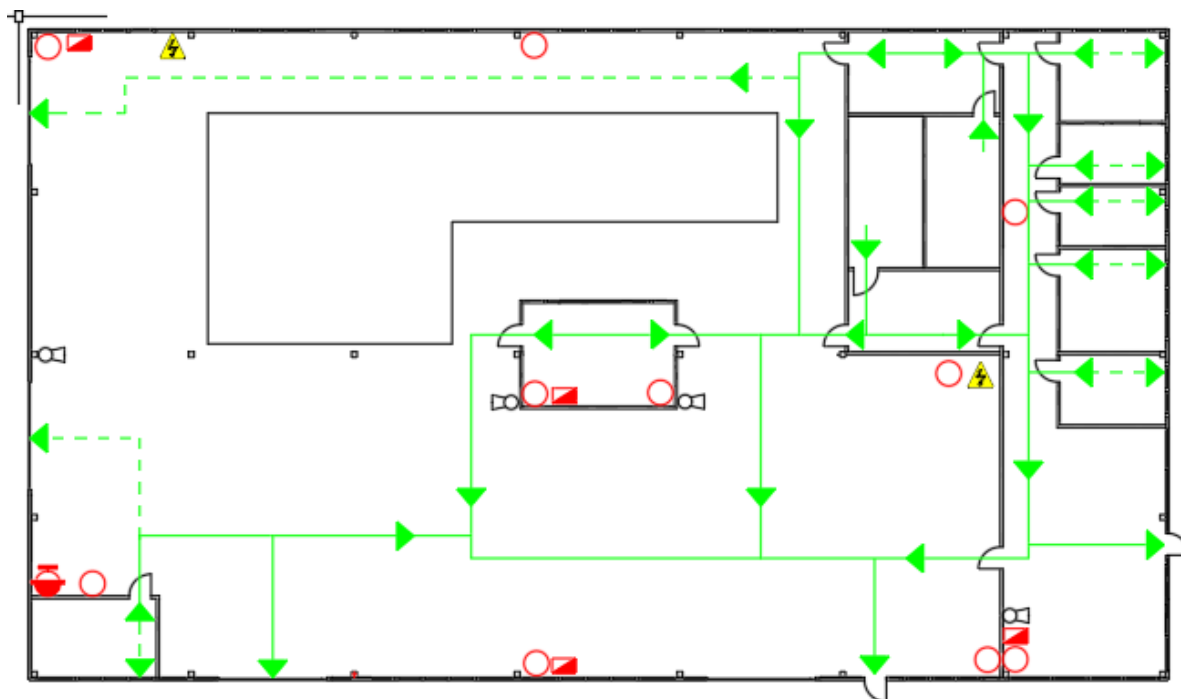
Triukšmas sandėlyje bei operatorinėje yra žemiau ribinės normos apie 40-50 dBA, todėl šiose zonose nėra privaloma naudoti papildomų apsaugos priemonių nuo garso. Tačiau gamybinėje zonoje pastovus garso lygis jau siekia ribines vertes, dėl šios priežasties reikia naudoti asmenines apsaugos priemones (ausines, ausų kištukus) [49,53].

3.5.5. Gaisrinė sauga

Projektuojamoje gamybinėje įmonėje svarbu užtikrinti gaisrinę saugą. Svarbu, kad darbuotojai būtų instruktuoti ir išmokomi, o kilus avarinei situacijai, mokėtų efektyviai evakuotis iš pastato. Šiam tikslui pasiekti bus pateiktos prevencinės ir apsaugos priemonės bei veiksmai, kurie turi būti atlikti norint užtikrinti saugumą, planas.

Projektuojant gamybos liniją ir pastatą buvo pasirinktas toks įrengimų ir patalpų išdėstymas, kad kilus gaisrui būtų galima greitai evakuotis. Atskirtos gamybinės ir administracinės bei operatorinės patalpos. Statyboms, kur įmanoma ir yra tikslinga, pasirinktos nedegančios arba gaisro izoliaciją turinčios medžiagos. Lauke bus paskirta susirinkimo vieta, kurioje kilus pavojui turi susirinkti visas gamykloje dirbantis personalas, o tai padeda išsiaiškinti ar visi spėjo evakuotis. Stacionariųjų gaisro gesinimo sistemų šio tipo pastatui įvertinus gamybos žaliavas, produktus ir patalpų plotą teisės aktai nereikalauja.

Įmonės bendras plotas užima apie 1000 m², apie 200 m² yra administracinės patalpos, persirengimo kambariai, dušai ir sanitarinės patalpos. Gamybinės patalpos užima apie 800 m², įvertinus patalpų plotą bei, kad dalis patalpų priklauso C_g kategorijai atitinkamai parenkamas gesintuvų kiekis. Gesintuvai pasirinkti su ABC miltelių užpildu, 6 gesintuvai yra 4 kg ir 4 yra 6 kg. Gesintuvų pasirinkimui įtakos turi ir tai, kad patalpoje yra elektrinių įrenginių, dėl šios priežasties 50 % patalpose esančių gesintuvų turi būti užpildyti milteliais, kurie efektyviausiai veikia gaisro gesinimo atveju. Taip pat, yra įrengta gaisro signalizacija, kurią sudaro gaisro pavojaus mygtukai, sumontuoti vietose, iš kurių galima lengvai matyti pavojingas ir gaisro riziką keliančias vietas. Virš durų yra gerai matomi įspėjamieji ženklai, nurodantys kelio kryptį link evakuacinių išėjimų. Sudarytas evakuacijos planas (15 pav.), kuriame parodyti pagrindinis ir atsarginis evakuaciniai keliai, bei sutartiniais ženklais pažymėtos gesintuvų, gaisro signalizacijos mygtukų, čiaupų vietos [54].



Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1.	Gesintuvas	○	10
2.	Čiaupas	🔥	1
3.	Elektros skydas	⚠️	2
4.	Gaisrosignalizacijos mygtukas	🔴	4
5.	Gaisro signalizacijos garsiakalbis	🔊	4
6.	Evakuacinis kelias	—	-
7.	Atsarginis evakuacinis kelias	- - -	-

15 pav. Evakuacijos planas

Išvados

1. Atlikus mokslinės ir technologinės literatūros apžvalgą nustatyta, kad informacijos apie polimerinius bitumo modifikatorius yra pakankamai daug, tačiau išlieka duomenų trūkumas apie jų taikymo technologinius procesus. Panaudotų padangų gumos devulkanizavimas vis dar sukelia sunkumų norint vykdyti pramoninę modifikatorių gamybą, tačiau naudojant šiame darbe ištirtus ir pasiūlytus katalizatorius, suderinamumą didinančius priedus bei procesą vykdant dviejų sraigčių ekstruderyje, galima pasiekti užsibrėžtus rezultatus.
2. Eksperimentinių tyrimų metu ištirtos bitumo modifikatorių savybės bei jų priklausomybė nuo kiekio ir nustatyti, keli potencialūs bitumo modifikatoriai, kurie atitinka reikiamas savybes:
 - DVRC_EVA 90/10 10%; DVRC_PP 90/10 10-15 % (optimalus kiekis ir savybės).
 - DVRC_EVA 90/10 25%; DVRC_EVA 80/20 25 % (labai geros savybės).
3. Sudarytas bitumo modifikatoriaus gamybos įrenginio masės balansas ir šiluminiai skaičiavimai:
 - Pagrindinio produkto per metus pagaminama 3800 tonų, o šalutinio (netinkamai suformuotos granulės) 200 tonų.
 - Produktų gamybai sunaudojama 2960 tonų eksploatacijai netinkamų padangų gumos miltų ir apie 400 tonų polimerinių medžiagų, likusią dalį sudaro priedai ir alyva.
 - Ekstruderyje esančiai žaliava pašildyti iki procesui reikiamos temperatūros per metus sunaudojama 1224009,8 MJ šiluminės energijos, o tai atitinka 340327,7 kW elektros
4. Parinkta tinkama technologinės linijos įranga su konkrečiais gamintojais, užtikrinanti 4000 tonų per metus našumą:
 - Dviejų sraigčių ekstruderis skirtas devulkanizacijai SAT75, gamintojas USEON. Darbinės kameros plotis 68-73 mm, o ilgis 2300 mm.
 - Dviejų sraigčių ekstruderis skirtas bitumo modifikavimui SAT95, gamintojas USEON. Darbinės kameros skersmuo 88-93 mm, o ilgis apie 4000 mm.
 - Povandeninis granuliatorius UWP500, gamintojas USEON. Našumas 200-700 kg per valandą.
5. Aprašyti statybiniai sprendimai, apžvelgti statybinių medžiagų, pastato dydžio, patalpų išdėstymo ir vietos pasirinkimai.
6. Atlikti finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai:
 - Atsipirkimo laikas 2,07 metų.
 - Grynoji esamoji vertė (GEV) 3885,1 tūkstančių eurų.
 - Vidutinė pelno norma (IRR) 51,5 procentų.
 - Modifikuota vidutinė pelno norma (MIRR) 30,4 procentų.
 - Pelningumo indeksas (PI) 2,69.
7. Aptartas įmonėje taikomas saugaus darbo planas ir nustatytos būtinos darbuotojų apsaugos priemonės jo įgyvendinimui. Taip pat atliktas planuojamos veiklos aplinkosauginis vertinimas.
8. Nubraižyti A1 formato brėžiniai apimantys sklypo planą, technologinę schemą bei pagrindinius statybinius brėžinius.

Literatūros sąrašas

- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION European Committee for Standardization EN 12597: Bitumen and Bituminous Binders-Terminology. . 2000.
- PALIUKAITĖ, M.; VAITKUS, A.; ZOFKA, A. Evaluation of bitumen fractional composition depending on the crude oil type and production technology. *9th International Conference on Environmental Engineering, ICEE 2014* . [s.l.]: Dept. of Mathematical Modelling, 2014. . DOI:10.3846/enviro.2014.162
- PORTO, M. ir kt. Bitumen and Bitumen Modification: A Review on Latest Advances. *Applied Sciences* 2019, Vol. 9, Page 742 [interaktyvus]. 2019. Vol. 9, no. 4, p. 742. [žiūrėta 2025-02-17]. Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/4/742/htm>>. DOI:10.3390/APP9040742
- V-13 Dėl Automobilių kelių bitumų ir polimerais modifikuotų bitumų techninių reikalavimų aprašo TRA BI... [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-02-17]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.335935>>
- TAYFUR, S.; OZEN, H.; AKSOY, A. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. *Construction and Building Materials* . 2007. Vol. 21, no. 2, p. 328–337. [žiūrėta 2025-02-18]. . DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2005.08.014
- PYSHYEV, S.; GUNKA, V.; GRYTSENKO, Y.; BRATYCHAK, M. Polymer modified bitumen: Review. *Chemistry and Chemical Technology* [interaktyvus]. 2016. Vol. 10, no. 4, p. 631–636. [žiūrėta 2025-02-18]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/publication/313332631_Polymer_Modified_Bitumen_Review>. DOI:10.23939/CHCHT10.04SI.631
- NIZAMUDDIN, S.; BOOM, Y.J.; GIUSTOZZI, F. Sustainable Polymers from Recycled Waste Plastics and Their Virgin Counterparts as Bitumen Modifiers: A Comprehensive Review. *Polymers* 2021, Vol. 13, Page 3242 [interaktyvus]. 2021. Vol. 13, no. 19, p. 3242. [žiūrėta 2025-02-18]. Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2073-4360/13/19/3242/htm>>. DOI:10.3390/POLYM13193242
- VALENTOVÁ, T.; ALTMAN, J.; VALENTIN, J. Impact of Asphalt Ageing on the Activity of Adhesion Promoters and the Moisture Susceptibility. *Transportation Research Procedia* . 2016. Vol. 14, p. 768–777. [žiūrėta 2025-02-18]. . DOI:10.1016/J.TRPRO.2016.05.066
- ZHU, J.; BIRGISSON, B.; KRINGOS, N. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges. *European Polymer Journal* . 2014. Vol. 54, no. 1, p. 18–38. [žiūrėta 2025-02-18]. . DOI:10.1016/J.EURPOLYMJ.2014.02.005
- POLACCO, G. ir kt. Rheology of asphalts modified with glycidylmethacrylate functionalized polymers. *Journal of Colloid and Interface Science* . 2004. Vol. 280, no. 2, p. 366–373. . DOI:10.1016/j.jcis.2004.08.043
- WANG, T.; YI, T.; YUZHEN, Z. The compatibility of SBS-modified asphalt. *Petroleum Science and Technology* . 2010. Vol. 28, no. 7, p. 764–772. . DOI:10.1080/10916460902937026
- GARCÍA-MORALES, M. ir kt. Viscous properties and microstructure of recycled eva modified bitumen. *Fuel* . 2004. Vol. 83, no. 1, p. 31–38. . DOI:10.1016/S0016-2361(03)00217-5
- COOK, C.R.; HALDEN, R.U. Ecological and health issues of plastic waste. *Plastic Waste and Recycling: Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions* . [s.l.]: Elsevier, 2020. p. 513–527. ISBN 9780128178805. DOI:10.1016/B978-0-12-817880-5.00020-7
- NIZAMUDDIN, S.; JAMAL, M.; GRAVINA, R.; GIUSTOZZI, F. Recycled plastic as bitumen modifier: The role of recycled linear low-density polyethylene in the modification of physical,

chemical and rheological properties of bitumen. *Journal of Cleaner Production* . 2020. Vol. 266. . DOI:10.1016/j.jclepro.2020.121988

BECKER, Y.; MÉNDEZ, M.P.; RODRÍGUEZ, Y.

YAN, X. ir kt. The Modification Mechanism, Evaluation Method, and Construction Technology of Direct-to-Plant SBS Modifiers in Asphalt Mixture: A Review. *Polymers* 2023, Vol. 15, Page 2768 [interaktyvus]. 2023. Vol. 15, no. 13, p. 2768. [žiūrėta 2025-02-19]. Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2073-4360/15/13/2768/htm>>. DOI:10.3390/POLYM15132768

MODARRES, A. Investigating the toughness and fatigue behavior of conventional and SBS modified asphalt mixes. *Construction and Building Materials* . 2013. Vol. 47, p. 218–222. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.05.044

KIM, T.W.; BAEK, J.; LEE, H.J.; CHOI, J.Y. Fatigue performance evaluation of SBS modified mastic asphalt mixtures. *Construction and Building Materials* . 2013. Vol. 48, p. 908–916. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2013.07.100

HOSSAIN, R.; WASIUDDIN, N.M. Degradation of SBS Polymer during Laboratory Aging of Asphalt Mixture. *Airfield and Highway Pavements 2021: Pavement Materials and Sustainability - Selected Papers from the International Airfield and Highway Pavements Conference 2021* [interaktyvus]. 2021. p. 135–146. [žiūrėta 2025-02-19]. Prieiga per internetą: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784483510.013>>. DOI:10.1061/9780784483510.013

ANSARI, A.H.; JAKARNI, F.M.; MUNIANDY, R.; HASSIM, S.; ELAHI, Z. Natural rubber as a renewable and sustainable bio-modifier for pavement applications: A review. *Journal of Cleaner Production* . 2021. Vol. 289, p. 125727. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.JCLEPRO.2020.125727

SIENKIEWICZ, M.; BORZĘDOWSKA-LABUDA, K.; WOJTKIEWICZ, A.; JANIK, H. Development of methods improving storage stability of bitumen modified with ground tire rubber: A review. *Fuel Processing Technology* . 2017. Vol. 159, p. 272–279. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.FUPROC.2017.01.049

HEMMATI, N.; YUN, J.; MAZUMDER, M.; LEE, M.S.; LEE, S.J. Laboratory Characterization of Asphalt Binders Modified with Styrene Butadiene Rubber (SBR). *Materials* 2021, Vol. 14, Page 7666 [interaktyvus]. 2021. Vol. 14, no. 24, p. 7666. [žiūrėta 2025-02-19]. Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/1996-1944/14/24/7666/htm>>. DOI:10.3390/MA14247666

RAHMAN, M. 2004.

PRESTI, D. LO Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials* . 2013. Vol. 49, p. 863–881. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007

BRESSI, S.; FIORENTINI, N.; HUANG, J.; LOSA, M. Crumb rubber modifier in road asphalt pavements: State of the art and statistics. *Coatings* . 2019. Vol. 9, no. 6. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.3390/COATINGS9060384

LI, Y. ir kt. Ground tire rubber thermo-mechanically devulcanized in the presence of waste engine oil as asphalt modifier. *Construction and Building Materials* . 2019. Vol. 222, p. 588–600. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.06.162

SI, H.; CHEN, T.; ZHANG, Y. Effects of high shear stress on the devulcanization of ground tire rubber in a twin-screw extruder. *Journal of Applied Polymer Science* . 2013. Vol. 128, no. 4, p. 2307–2318. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1002/APP.38170

SIMON, D.Á.; BÁRÁNY, T. Effective thermomechanical devulcanization of ground tire rubber with a co-rotating twin-screw extruder. *Polymer Degradation and Stability* . 2021. Vol. 190, p. 109626. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2021.109626

SABZEKAR, M. ir kt. Influence of process variables on chemical devulcanization of sulfur-cured natural rubber. *Polymer Degradation and Stability* . 2015. Vol. 118, p. 88–95. [žiūrėta 2025-02-19]. . DOI:10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2015.04.013

ROUNAK GHOSH DESIGN OF A DEVULCANIZATION PROCESS FOR TIRE MATERIAL IN A TWIN SCREW EXTRUDER. . 2021.

FATHY, E.S.; ELNAGGAR, M.Y.; RASLAN, H.A. Thermoplastic elastomer based on waste polyethylene/waste rubber containing activated carbon black: Impact of gamma irradiation. *Journal of Vinyl and Additive Technology* . 2019. Vol. 25, p. E166–E173. [žiūrėta 2025-02-20]. . DOI:10.1002/VNL.21675

NIZAMUDDIN, S.; GIUSTOZZI, F. The role of new compatibilizers in hybrid combinations of waste plastics and waste vehicle tyres crumb rubber-modified bitumen. *Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads* . 2022. p. 165–178. [žiūrėta 2025-02-20]. . DOI:10.1016/B978-0-323-85789-5.00009-5

AKKENZHEYEVA, A. ir kt. The Use of Rubber-Polymer Composites in Bitumen Modification for the Disposal of Rubber and Polymer Waste. *Polymers 2024, Vol. 16, Page 3177* [interaktyvus]. 2024. Vol. 16, no. 22, p. 3177. [žiūrėta 2025-02-20]. Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2073-4360/16/22/3177/htm>>. DOI:10.3390/POLYM16223177

Softening Point - an overview | ScienceDirect Topics. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-03-27]Prieiga per internetą: <<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/softening-point>>

SOUTHERN, M. A perspective of bituminous binder specifications. *Advances in Asphalt Materials: Road and Pavement Construction* . 2015. p. 1–27. [žiūrėta 2025-03-27]. . DOI:10.1016/B978-0-08-100269-8.00001-5

PEKARSKIENĖ IRENA 2024.

VALANČIUS, Z.; NIZEVIČIENĖ, D.; VILIŪNIENĖ, O.; SOLNYŠKINIENĖ, J.; STASIULAITIENĖ, I. Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams. *Magistro baigiamojo darbo metodiniai nurodymai. Cheminės technologijos fakulteto Chemijos inžinerijos studijų programos magistrantams* . 2014. [žiūrėta 2025-05-08]. . DOI:10.5755/E01.9786090210451

217 Dėl Atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-08]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.84302>>

D1-637 Dėl Statybinių atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-08]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.291562>>

XIII-2166 Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/46c841f290cf11e98a8298567570d639>>

A1-266/V-575 Dėl Įmonių darbuotojų saugos ir sveikatos tarnybų pavyzdinių nuostatų patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.400565>>

A1-457/V-961 Dėl Profesinės rizikos vertinimo bendrųjų nuostatų patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.435935?jfwid=32wf948v>>

V-592/A1-210 Dėl Ergonominių profesinės rizikos veiksnių tyrimo metodinių nurodymų patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260443?jfwid=32wf948v>>

V-824/A1-389 Dėl Lietuvos higienos normos HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. ... [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.405920>>

1-22 Dėl Elektros įrenginių įrengimo bendrųjų taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124>>

403 Dėl Slėginių indų priežiūros taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.196494?jfwid>>

1-100 Dėl Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActEditions/lt/TAD/TAIS.368840>>

1-338 Dėl Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.388658/asr>>

NIZEVIČIENĖ DALIA 2024.

1-22 Dėl Elektros įrenginių įrengimo bendrųjų taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-20]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124>>

V-770 Dėl Lietuvos higienos normos HN 69:2003 "Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo ... [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.230880>>

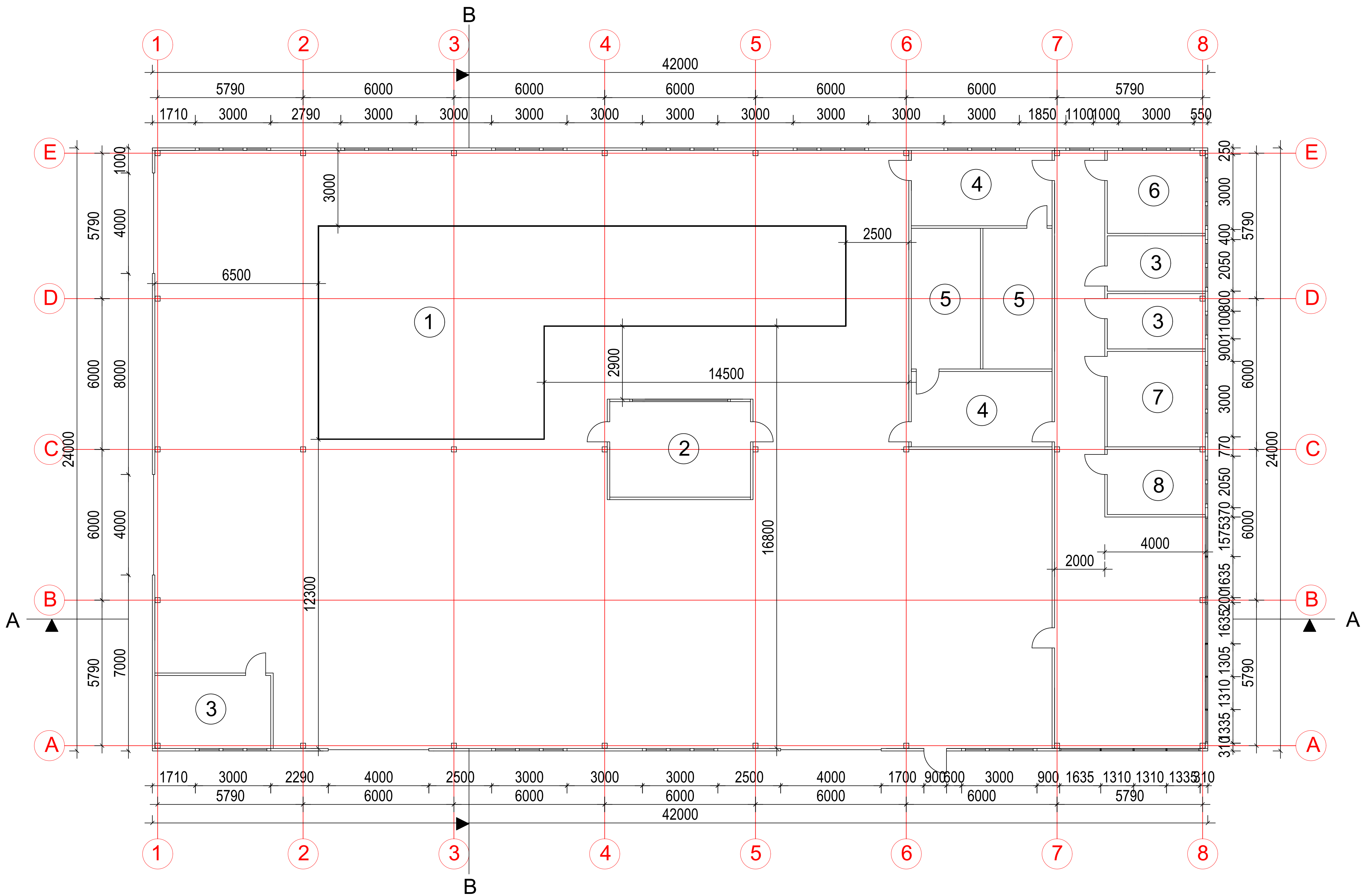
277 Dėl Lietuvos higienos normos HN 98 : 2000 "Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvie... [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.101854/asr>>

A1-103/V-265 Dėl Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-18]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.254877/asr>>

64 Dėl Bendrųjų gaisrinės saugos taisyklių patvirtinimo. [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-20]Prieiga per internetą: <<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.250714/asr>>

Priedai

- 1 priedas. Sklypo planas**
- 2 priedas. Pastato planas**
- 3 priedas. Pjūviai A-A ir B-B**
- 4 priedas. Technoloģinās linijas schema**
- 5 priedas. Darbo apimties patvirtinimas**



Eksplikacija

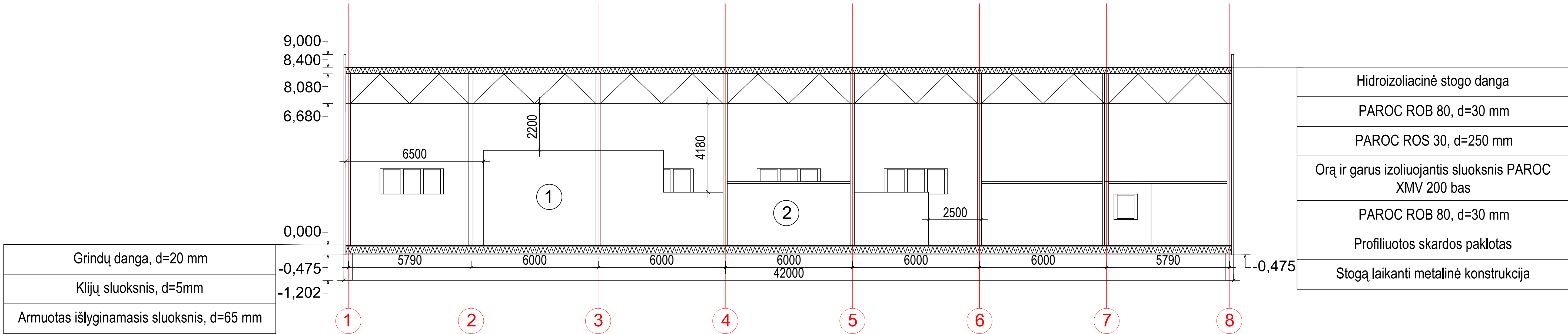
Nr.	Pavadinimas	Plotas, m2
1.	Projektuojama įmonė	1008

Pastato specifikacija

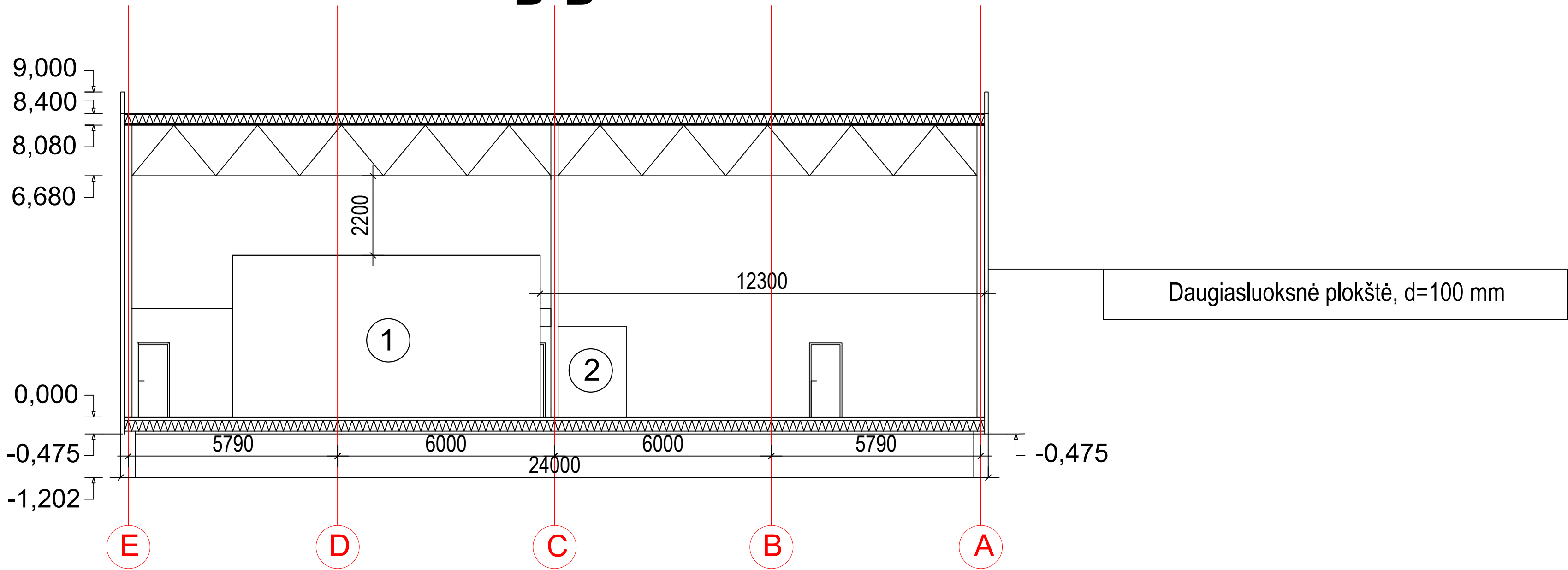
Nr.	Pavadinimas	Žymuo	Kiekis
1.	Pagrindinis įrenginys (ekstruderis)	1	1
2.	Operatorinė	2	1
3.	Tuometai-sanitarinės patalpos	3	3
4.	Persirengimo kambariai	4	2
5.	Duškai	5	2
6.	Vadovo kabinetas	6	1
7.	Poilsio kambarys	7	1
8.	Virtuvė	8	1

Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis darbas		
TMC-3	Studentas	Paulius Urbonavičius			Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos		Laida
	Konsultantas	Lekt. dr. Odeta Viliūnienė					0
	Recenzentas	Prof.habil. dr. Vytautas Mickevičius					
Mastelis	Vadovas	Doc. dr. Linas Miknius			Pastato planas		Lapas
1:100	Organinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 , Kaunas						1

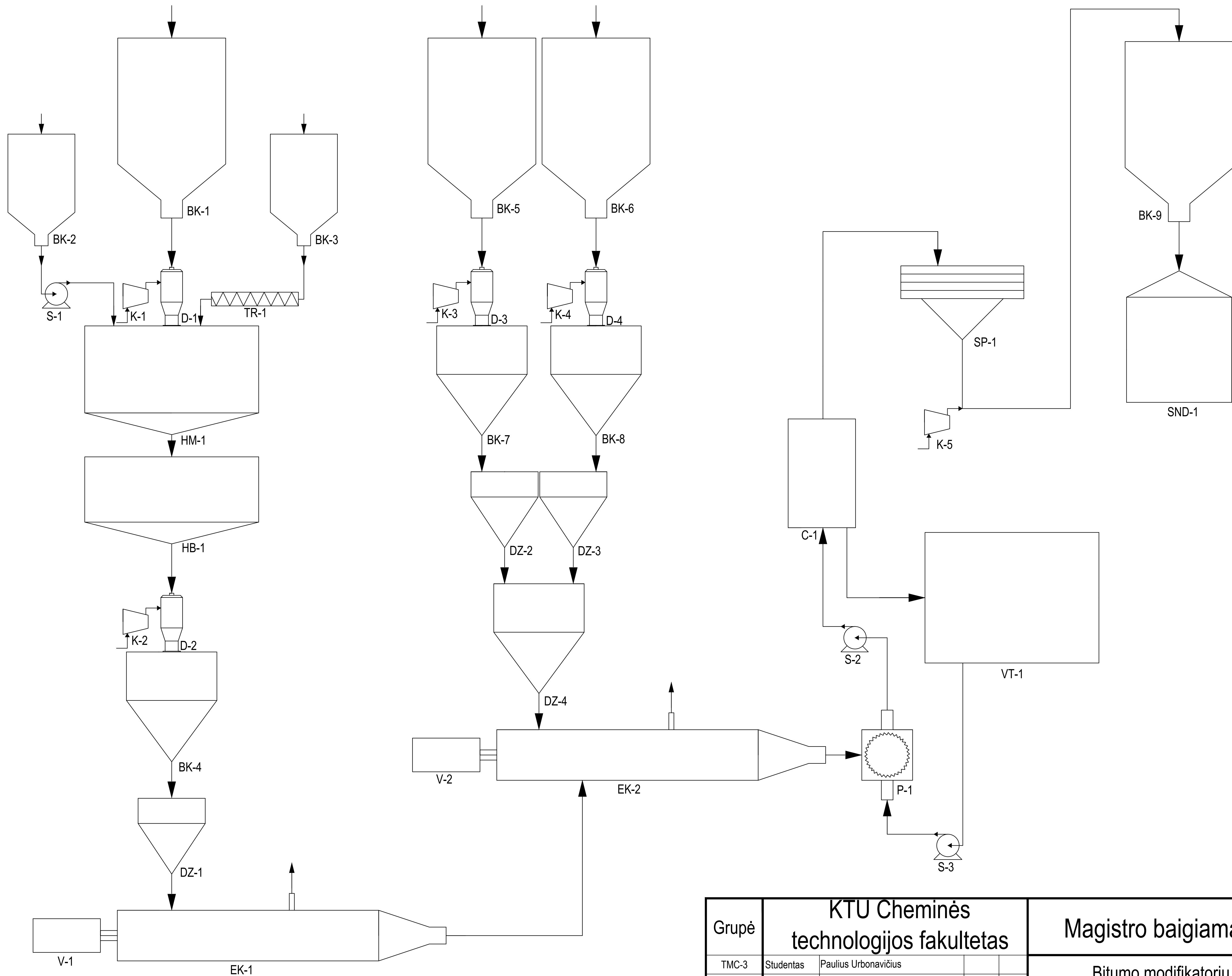
A-A



B-B



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis darbas		
TMC-3	Studentas	Paulius Urbonavičius			Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos	Laida	
	Konsultantas	Lekt. dr. Odeta Viliūnienė				0	
	Recenzentas	Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius					
Mastelis	Vadovas	Doc. dr. Linas Miknius			Pastato pjūvis	Lapas	Lapų
1:100	Organinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 , Kaunas					1	1



Grupė	KTU Cheminės technologijos fakultetas				Magistro baigiamasis darbas		
TMC-3	Studentas	Paulius Urbonavičius			Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos	Laida	
	Konsultantas	Lekt. dr. Odeta Viliūnienė				0	
	Recenzentas	Prof.habil. dr. Vytautas Mickevičius					
Pr. etapas	Vadovas	Doc. dr. Linas Miknius			Technologinė schema	Lapas	Lapų
MBP	Organinės chemijos katedra Radvilėnų pl. 19 , Kaunas					1	1

5 priedas. Darbo apimties patvirtinimas



Gintaras Denafas

Kam: Paulius Urbonavičius; Linas Miknius

Kopija: Andrius Jaskūnas



← Atsakyti

↩ Atsakyti visiems

→ Persiųsti



2025-05-27, An 01:22

Studento **Pauliaus Urbonavičiaus** baigiamojo magistro projekto „**Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos**“ skyrius „**Aplinkosauginis vertinimas**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.

Konsultantas **Gintaras Denafas**

Pagarbiai / Sincerely

Prof. dr. Gintaras Denafas
Kauno technologijos universitetas / Kaunas University of Technology
Cheminės technologijos fakultetas / Faculty of Chemical Technology
Aplinkosaugos technologijos katedra / Department of Environmental Technology
Radvilėnų pl. 19, LT-50254, Kaunas, Lietuva / Lithuania
Tel. / mob. +370-698-70760
Fax. +370-37-300152
E-mail: gintaras.denafas@ktu.lt
<https://fct.ktu.edu/departament-of-environmental-technologies/>



Irena Pekarskienė

Kam: Paulius Urbonavičius



← Atsakyti

↩ Atsakyti visiems

→ Persiųsti



2025-05-27, An 03:04

Laba diena,
šiuo laišku patvirtinu, kad studento **Pauliaus Urbonavičiaus** baigiamojo magistro projekto „**Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos**“ skyrius „**Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.

Konsultantė Irena Pekarskienė

Pagarbiai / Best regards

dr. Irena Pekarskienė
Profesorė / Professor

Kauno technologijos universitetas / Kaunas university of technology
Ekonomikos ir verslo fakultetas / School of Economics and Business
Gedimino g. 50-507, LT-44239 Kaunas
irena.pekarskiene@ktu.lt / evf.ktu.edu



Odeta Viliūnienė

Kam: Paulius Urbonavičius



← Atsakyti

↩ Atsakyti visiems

→ Persiųsti



2025-05-28, Tr 22:35

Studento **Pauliaus Urbonavičiaus** baigiamojo magistro projekto „**Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos**“ skyrius „**Statybiniai sprendimai**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.
Konsultantas Odeta Viliūnienė

← Atsakyti

→ Persiųsti

Studento **Pauliaus Urbonavičiaus** baigiamojo magistro projekto „**Bitumo modifikatorių gamyba iš panaudotų padangų gumos**“ skyrius „**Darbuotojų sauga ir sveikata**“ yra pilnos apimties ir parengtas pagal nustatytus reikalavimus.

Konsultantas **doc. dr. Dalia Nizevičienė**