

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Asta Vaitkutė**

**INJEKCIŅO LIEJIMO POLIMERINIŲ DETALIŲ GAMYBOS  
ĮMONĖ**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas  
Prof. Dr. Saulius Grigalevičius

**KAUNAS, 2016**

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

**INJEKCIŅIO LIEJIMO POLIMERINIŲ DETALIŲ GAMYBOS**  
**ĮMONĖ**

Baigiamasis magistro projektas  
**Chemijos inžinerija(kodas 621H81004)**

**Vadovas**

(parašas) Prof. dr. Saulius Grigalevičius

(data)

**Recenzentas**

(parašas) Dr. Jūratė Simokaitienė

(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Asta Vaitkutė

(data)

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

Asta Vaitkutė

(Studento vardas, pavardė)

Chemijos inžinerija, 621H81004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Injekcinio liejimo polimerinių detalių gamybos įmonė“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

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

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Astos Vaitkutės, baigiamasis projektas tema „INJEKCIŅO LIEJIMO POLIMERINIŲ DETALIŲ GAMYBOS ĮMONĖ“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

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

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## **Turinys**

SANTRAUKA.....	7
SUMMARY.....	8
PAVEIKSLŲ SAŖAŠAS .....	9
LENTELIŲ SAŖAŠAS .....	10
Įvadas .....	12
1.1    Aiškinamasis raštas.....	13
2.    Techninis – ekonominis pagrindimas .....	14
2.1    Pradinė padėtis.....	14
2.2    Statybos rajono charakteristika ir pagrindimas .....	14
2.3    Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas .....	16
2.4    Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas .....	16
2.5    Statybos teritorijos charakteristika ir pagrindimas .....	17
3.    Literatūrinė apžvalga ir mokslinio tiriamojo darbo rezultatai .....	18
3.1    Literatūros apžvalga .....	18
3.1.1    Poliamidas 6 .....	18
3.1.2    Polistirenas .....	20
3.2    Tiriamoji dalis.....	22
3.2.1    Suspensinė stireno ir divinilbenzeno kopolimerizacija .....	22
3.2.2    Tirpumo tyrimas .....	24
3.2.3    Molekulinės masės nustatymas .....	25
3.2.4    Stiklėjimo temperatūros nustatymas.....	26
3.2.5    Tyrimo rezultatai .....	27
4.    Technologinė dalis .....	28
4.1    Injekcinis liejimas.....	28
4.1.1    Injekcinio liejimo mašinos .....	28
4.1.2    Injekcinio liejimo mašinos sraigtai.....	29
4.2    Injekcinio liejimo mašinų ciklai .....	30
4.3    Injekcinio liejimo technologiniai parametrai.....	33
5.    Polimerinių detalių formavimo linijos projektavimas .....	34
5.1    Poliamido 6 granulių perdirbimo į gaminius linijos projektavimas .....	34

5.1.1	Žaliavos džiovinimo įrenginio projektavimas .....	34
5.1.2	Žaliavos pakrovimo bunkerio projektavimas .....	36
5.1.3	Liejimo mašinos ekstruderio su slankiojančiu sraigtu projektavimas .....	37
5.1.4	Presformos aušinimo parametrų skaičiavimai .....	39
5.1.5	Detalių aušinimo laiko apskaičiavimas .....	41
5.2	Polistireno granulių perdirbimo į gaminius linijos projektavimas .....	42
5.2.1	Granulių maišymo su pigmentu įrenginio projektavimas.....	42
5.2.2	Žaliavos pakrovimo bunkerio projektavimas .....	43
5.2.3	Liejimo mašinos ekstruderio su slankiojančiu sraigtu projektavimas .....	44
5.2.4	Presformos aušinimo parametrų skaičiavimai .....	45
5.2.5	Detalių aušinimo laiko apskaičiavimas .....	46
6.	Technologinių procesų energetinis aprūpinimas .....	47
6.1	Jėgos įrenginių galios skaičiavimas.....	47
7.	Darbuotojų sauga ir sveikata.....	49
7.1	Projektuojamo objekto charakteristika .....	49
7.2	Profesinės rizikos vertinimas.....	49
7.3	Saugi gamyba .....	52
7.4	Pastato apsaugos nuo žaibo įrenginio skaičiavimas .....	54
7.5	Darbo higiena .....	56
7.6	Gaisrinė sauga.....	58
8.	Statybiniai sprendimai .....	60
8.1	Bendrieji duomenys.....	60
8.2	Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	61
8.3	Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos apibendrinimas ...	62
8.4	Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas.....	62
9.	Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai .....	64
9.1	Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas.....	64
9.1.1	Inovacijos charakteristika.....	64
9.1.2	Inovacinės aplinkos kūrimo analizė, problemų įvardijimas .....	65
9.2	Projektuojamos įmonės finansinis – ekonominis pagrindimas.....	67

9.2.1	Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas .....	67
9.2.2	Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas.....	70
9.2.3	Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai .....	71
9.2.4	Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos .....	71
9.3	Gamybos kaštai.....	72
9.3.1	Tiesioginės gamybos išlaidų skaičiavimas .....	72
9.3.2	Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	77
9.3.3	Veiklos sąnaudos .....	86
9.3.4	Finansinės ir investicinės sąnaudos .....	86
9.3.5	Gaminių kainos skaičiavimas .....	88
9.3.6	Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautas .....	90
9.3.7	Projekto balansas .....	93
10.	Aplinkosauginis vertinimas .....	94
	Literatūros sąrašas.....	98
	PRIEDAI.....	102

Vaitkutė, Asta. Injekcinio liejimo polimerinių detalių gamybos įmonė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Saulius Grigalevičius; Kauno technologijos universitetas, cheminės technologijos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis:

Reikšminiai žodžiai: *injekcinis, liejimas, polimerai, detalės, gamyba.*

Kaunas, 2016. 102 p.

## **SANTRAUKA**

Magistro baigiamajame darbe projektuojama nauja injekcinio liejimo polimerinių detalių gamybos įmonė. Įmonė kuriama Kauno Laisvojoje Ekonominėje Zonoje. Gamyklos sklypo plotas užima 0,816 ha, pastato užimamas plotas - 4853,64 m<sup>2</sup>. Gamyboje veiks 2 technologinės linijos. Vienoje linijoje bus gaminamos detalės iš poliamido 6, kitoje linijoje – iš polistireno. Gamyboje veiks 18 injekcinio liejimo mašinų. Detalės bus naudojamos automobilių pramonėje.

Įvertinus perdirbamų polimerų savybes ir gamybos apimtį, suprojektuotos injekcinio liejimo mašinos su slankiojančiu sraigtu. Pasirinktos injekcinio liejimo mašinos Classic series TR140 B ir Classic series TR100 B, atitinkamai, poliamido 6,6 ir polistireno granulių perdirbimui.

Magistro baigiamajame darbe atliktas tiriamasis darbas. Buvo atlikta stireno ir divinilbenzeno kopolimerizacija ir gauto kopolimero savybių analizė.

Atsižvelgus į gamybos technologiją, buvo atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė. Atliktas profesinės rizikos vertinimas, pritaikyta saugi gamyba, apskaičiuota pastato apsauga nuo žaibų, parinkta įmonės gaisrinė sauga. Parinkta naujo pastato architektūrinė, konstrukcinė sandara. Atlikti projektuojamos įmonės finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.

Vaitkutė, Asta. *Factory of production polymeric details by injection moulding*: Chemical Technology and Engineering *Master's* thesis in / supervisor assoc. prof. dr. Saulius Grigalevičius. The Faculty of Cheminės technologijos Kaunas University of Technology.

Research area and field:

Key words: injection, moulding, polymers, details, manufacturing

Kaunas, 2016. 102 p.

## **SUMMARY**

New factory of polymer details production by injection moulding is projected in this master's thesis. The enterprise is established in Kaunas Free Economic Zone (KFEZ). Total site area is 0,816 ha, size and the building area is 4853,64 m<sup>2</sup>. There are operating two lines in the factory. The details of polyamide are produced in one of those line and details of polystyrene in another. 18 machines of injection molding are operating in production process. The details will be used in the automotive industry.

The machines of injection mold with sliding screw are projected analyzing the properties of used polymers and the production output. Classic series TR140 B and Classic series TR100 B machines of injection molding are selected respectively for details of polyamide and details of polystyrene.

The research is done in this master's thesis. In this research there was done the copolymerization of styrene and divinylbenzene. In addition to this, the analysis of polystyrene was exercised.

Moreover, considering the technology of the production, the analysis of employees' health and security was done. In this analysis professional risk is assessed, safe production conditions applied, the lightning protection calculated and the fire protection chosen for the factory.

The architectural and constructional structure are selected for new building.

The economic and financial calculation of projected factory are done.



## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

3.1.1.1 paveikslas. Poliamido 6 formulė	18
3.1.2.1 paveikslas. Polistireno formulė	20
4.1.1.1 paveikslas. Injekcinio liejimo mašina	29
4.1.2.1 paveikslas. Sraigto geometriniai parametrai	30
4.1.2.2 paveikslas. Sraigto zonos	30
4.2.1 paveikslas. Injekcija	31
4.2.2 paveikslas. Išlaikymas slegiant	32
4.2.3 paveikslas. Aušinimas	32
4.2.4 paveikslas. Sraigto grįžimas	32
4.2.5 paveikslas. Detalės išstūmimas	33

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Projekto finansiniai rodikliai	13,14
2.5.1 lentelė. Kauno miesto klimatiniai duomenys 2012 m.	17
3.1.1.1 lentelė. Poliamido 6 formavimo duomenys	19,20
3.1.2.1 lentelė. Polistireno formavimo duomenys	21
3.2.2.1 lentelė. Tirpumo tyrimo rezultatai	24
3.2.3.1 lentelė. Susintetintų kopolimerų molekulinės masės rezultatai	25
3.2.4.1 lentelė. Bandinių stiklėjimo temperatūros	27
4.3.1 lentelė. Injekcinio liejimo technologiniai parametrai	33
5.1.1.1 lentelė. XINDONG džiovyklos parametrai	36
5.1.3.1 lentelė. Classic series TR140 B liejimo mašinos techniniai duomenys	39
5.1.4.1 lentelė. Aušinimo įrengimų techniniai duomenys	41
5.2.1.1 lentelė. Mitex MTV-150 maišyklės techniniai parametrai	43
5.2.3.1 lentelė. Classic series TR100 B liejimo mašinos techniniai duomenys	45
6.1.1 lentelė. Technologinių įrenginių galios duomenys	47
7.2.1 lentelė. Profesinės rizikos indentifikavimo ir kiekybinio įvertinimo rezultatai	50,51
7.2.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai	52
7.4.1 lentelė. Pagrindiniai pastato duomenys	54
7.5.1 lentelė. Šiluminės aplinkos parametrai	57
7.5.2 lentelė. Parinktų gesintuvų charakteristika	59
8.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai	60
8.4.1 lentelė. Statinių statybos 1m <sup>3</sup> statinio kaina	62
8.4.2 lentelė. Suvestinė statybos kainos lentelė	63
9.1.2.1 lentelė. SWOT įmonės analizė	65
9.1.2.2 lentelė. Gamyklos UAB“ IM Plastics“ vidinio profilio analizė	65,66
9.2.1.1 lentelė. Statybos darbų vertės apskaičiavimas	67
9.2.1.2 lentelė. Lokalinė įrenginių sąmata	68
9.2.1.3 lentelė. Statybos darbų kainų suvestinė	69
9.2.2.1 lentelė. Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas	70
9.2.3.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai	71
9.2.4.1 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos	72
9.3.1.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms žaliavoms	73
9.3.1.2 lentelė. Tiesioginės išlaidos pagrindinių darbininkų darbo užmokesčiui	75
9.3.1.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos energijai	76

9.3.2.1 lentelė. Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos	77,78
9.3.2.2 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimas	79,80
9.3.2.3 lentelė. Netiesioginės išlaidos šiluminei energijai	81
9.3.2.4 lentelė. Netiesioginės vandens išlaidos	82
9.3.2.5 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų paskirstymas	82,83
9.3.2.6 lentelė. Gamybos kaštai	84,85
9.3.3.2 lentelė. Veiklos sąnaudos	86
9.3.4.1 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas	86
9.3.4.2 lentelė. Investicinių veiklos sąnaudų paskirstymas	87
9.3.5.1 lentelė. Gaminių kainos skaičiavimai	88,89
9.3.6.1 lentelė. Įmonės pelno ataskaita	90
9.3.6.2 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita	90,91
9.3.6.3 lentelė. Vidutiniai svertiniai kapitalo skaičiavimai	91
9.3.6.4 lentelė. Bendri pinigų srautai	92
9.3.7.1 lentelė. Projekto balansas	93
10.1 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą	94
10.2 lentelė. Duomenys apie energijos išteklius	95
10.3 lentelė. Injekcinio liejimo sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša	95
10.4 lentelė. Naudojamo vandens balansas	96

## Įvadas

Šiuo metu pasaulyje itin didelę vietą gamyboje užima plastikas. Vien dėl savo savybių plastikas išstumia metalus iš gamybos srities. Polimerų panaudojimas yra plačiai paplitęs, nes žaliava yra itin pigi, ir antra iš svarbiausių priežasčių - paprastas gaminių formavimas.

Injekcinis liejimas yra vienas iš labiausiai paplitusių procesų, kurio metu iš polimerinių žaliavų yra gaminamos detalės. Dėl savo išskirtinumo ir kokybiškumo šiuo būdu liejamos detalės yra plačiai naudojamos tiek lengvojoje tiek sunkiojoje transporto bei elektronikos pramonėje.

Injekcinio liejimo metu tiksli polimero lydalo porcija (dozė) dideliu greičiu įstumiama į uždarytą formą ir slegiant išlaikoma iki sukietėjimo. Šis procesas susideda iš trijų pagrindinių stadijų: formos užpildymo, liejinio aušinimo ir detalės iškalimo. Tačiau pats liejimo procesas yra sudėtingesnis. Injekcinio liejimo privalumas tai, kad šiuo būdu galima gaminti įvairių matmenų detales, taip pat jos gali būti net labai sudėtingos formos.

**Darbo objektas:** injekcinio liejimo polimerinių detalių gamybos įmonė.

**Darbo tikslas:** suprojektuoti įmonę, kurioje bus formuojamos detalės automobilių pramonėje iš polimerinių žaliavų. Gaminamos detalės bus naudojamos automobilių kėbulams. Planuojama, kad įmonė brandos stadijoje per metus pagamins 120 000 vienetų polimerinių detalių, skirtų automobilių pramonei. Gamyboje projektuojamos 2 technologinės linijos. Vienoje linijoje bus gaminamos detalės iš poliamido 6, kitoje linijoje - iš polistireno. Iš viso įmonėje veiks 18 injekcinio liejimo mašinų bei papildomi įrenginiai : polimerų granulių maišyklės ir džiovinimo įrenginiai.

### **Projekto uždaviniai:**

1. Išanalizuoti projektuojamos įmonės statybos rajono privalomus bei trūkumus.
2. Kopolimerizuoti stireną ir divinilbenziną ir ištirti polimero savybes.
3. Suprojektuoti injekcinio liejimo gamybos linijas.
4. Numatyti darbuotojų saugos ir sveikatos užtikrinimą įmonėje.
5. Parengti projektuojamos statybos planą.
6. Finansiškai įvertinti projekto ekonominius rodiklius.
7. Įvertinti projektuojamos įmonės žalą aplinkai.

## 1.1 Aiškinamasis raštas

Planuojama projektuojamą įmonę statyti Kauno Laisvos Ekonomikos Zonoje (Kauno LEZ), nes ši vieta geografiniu ir ekonominiu požiūriu yra palankiausia. Kaunas yra beveik pačiame Lietuvos centre, todėl yra patogus susisiekti su visais didžiausiais Lietuvos miestais, ne tik keliais, bet ir traukiniais. Taip pat šalia Kauno LEZ yra įsikūręs Kauno tarptautinis oro uostas, kuris teikia didelę galimybę bendradarbiauti su užsienio gamintojais. Kauno laisvosios ekonomikos zonoje yra suteikiamos didelės mokesčių lengvatos bei gerai išvystyta infrastruktūra. Projektuojama įmonė užims 8160,6 m<sup>2</sup> teritorijos. Plastikinių detalių gamintojas - injekcinis liejimas. Šis būdas pasirinktas, nes, vykdant masinę gamybą, yra ekonomiškiausias bei greitai įvykdoma gamyba. Detalės gaunamos įvairių formų bei dydžių su tiksliais išmatavimais. Procesas vyksta injekcinio liejimo mašinoje, kur išlydytas polimeras plastikuojamas ir išvirkščiamas dideliu slėgiu į presformą.

Įgyvendinus planus ir pastačius įmonę, planuojama, kad trečiaisiais gyvavimo metais bus pasiekta 120 000 vienetų gamybos apimtis per metus. Įmonė dirbs 240 dienų per metus, trimis pamainomis po 8 valandas, 5 dienas per savaitę. Kauno LEZ siūlo pilnavertę vidaus infrastruktūrą: asfaltuoti keliai, vandentiekio ir nuotekų linijos, dujotiekis bei lietaus nuotekų linija.

Ekonominiai – finansiniai rodikliai, projektuojamos įmonės brandos stadijoje, pateikti 1.1.1 lentelėje.

**1.1.1 lentelė.** Projektuojamos įmonės UAB „IM Plastics“ finansiniai – ekonominiai rodikliai

Rodikliai	Projekte
1. Produkcijos pardavimo apimtis vnt. , brandos stadijoje:	
detalės iš poliamido	70 000
detalės ir polistireno	50 000
2. Realizacinės pajamos, tūkst. €	923,09
3. Įmonės personas, žmonėmis:	52
Tame skaičiuje darbininkai	40
4. Darbo našumas, tūkst. €	
Dirbančiojo	71000
darbininko	23075
5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, €	
dirbančiojo	25423
darbininko	19562
6. Gamybos kaštai, tūkst. €	548,81
7. Gaminio pilnoji savikaina, €	
Detalės iš poliamido	456,0
Detalės iš polistireno	313,18
8. Grynasis pelnas, tūkst. €	153,83
9. Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus	
10. Investicijų apimtis, €	2 771 301,11
11. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, %	31,75
12. Apyvartos rentabilumas, %	20
13. Kapitalo rentabilumas, %	29,54

### 1.1.1 lentelės tęsinys

14. Apyvartos trukmė, dienos	60
15. Produkcijos imlumas apyvartinėmis lėšomis, €	1,52
16. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	4,152
17. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. €	1000,79
18. Kapitalo kaštai, %	7,002
19. Vidinė pelno norma, %	30

## 2. Techninis – ekonominis pagrindimas

### 2.1 Pradinė padėtis

Lietuvoje sparčiai vystoma gamyba iš polimerinių žaliavų. Šiuo metu Lietuvoje veikia 322 įmonės, kurios gamina įvairiausių produkciją iš gumų ar plastiko. Kauno LEZ šiuo metu nėra veikiančių įmonių, kurios gamintų iš plastiko detales. Tačiau išanalizavus Kauno mieste veikiančias įmones, buvo pastebėtos šios didžiausios:

- UAB „KB Components“. Tai Švedijos dukterinė įmonė, kuri injekcinio liejimo būdu lieja plastikines detales. Didžioji dalis produkcijos yra skirta automobilių pramonei. Tačiau plastikinės detalės liejamos taip pat ir pritaikymui medicinos srityje. Šiuo metu šioje įmonėje dirba 138 darbuotojai. Metinė apyvarta 2014 metais siekė 20 mln. eurų. [47]
- UAB „Salinta“. Lietuviško kapitalo įmonė, įkurta 1996 metais. Pagrindinė šios įmonės veikla yra polimerinių gaminių liejimas įpurškiant bei liejimas įpurškiant suspausto azoto dujomis. Didžioji dalis pagamintos produkcijos yra kaip sudedamosios dalys buitinės technikos pramonei. Šiuo metu įmonėje dirba 40 darbuotojų. Apyvarta 2014 metais siekė 2 mln. eurų. [41]

### 2.2 Statybos rajono charakteristika ir pagrindimas

Projektuojama įmonė bus statoma Kauno Laisvosios Ekonomikos Zonoje (LEZ). Kauno LEZ įsikūrusi 534 ha plote, Kauno rajono teritorijoje. Dėl Kauno puikios geografinės padėties galima naudotis dideliais privalumais plėtojant savo transporto infrastruktūrą. [23]

Kauno LEZ nutolusi 12 km nuo Kauno miesto. Kaunas – tai pagal dydį antrasis Lietuvos miestas. Šis miestas pasižymi kaip didelis mokslo, kultūros ir pramonės miestas. Jis yra beveik pačiame Lietuvos centre, tik 50 km nutolęs nuo geografinio Lietuvos centro. Kauno miestas yra tarp dviejų didžiausių Lietuvos upių – Nemuno ir Neries santakoje. Kauno miesto savivaldybės

teritorijos plotas siekia 15715,23 ha. Kauno miesto savivaldybėje, pagal Kauno miesto savivaldybės statistikos departamento duomenis, 2014 metų pradžioje gyvena 587410 gyventojų. [24]

Kauno LEZ yra įsikūrusi šalia A6 greitkelio, kuris jungia tokius miestus kaip Varšuvą ir Sankt Peterburgą. Taip pat šalia yra A1 greitkelis, kuris jungia Klaipėdos jūrų uostą ir Lietuvos sostinę Vilnių, toliau driekiasi iki pat Minsko, Kijevo ir Maskvos. Netoli Kauno laisvosios ekonominės zonos, vos už 7 km, eina Via Baltica kelias. Taip pat šalia laisvosios ekonominės zonos, vos už 4 km, yra antroji pagal dydį krovinių krovimo stotis Lietuvoje - Palemonas. Geležinkelio transportas, kuris iš Klaipėdos ir Kaliningrado jūrų uostų atvyksta į Kauną ir keliauja toliau į Rusijos, Ukrainos ir Baltarusijos rinkas bei prie žaliavų šaltinių. Šalia Kauno LEZ, vos už 5km, yra Kauno tarptautinis oro uostas, kuris suteikia patrauklią krovinių gavimo bei išsiuntimo galimybę. Pakilimo ir nusileidimo takas, oro uoste, yra 3,250 km ilgio, todėl gali priimti visų tipų lėktuvus. Klaipėdos neužšąlantį jūrų uostą ir Kauno LEZ skiria tik 220 km atstumas. O uostą pasiekti galima greitkeliu A1 bei geležinkelio linija. Nuo Kauno iki Rygos jūrų uosto yra 270 km atstumas, o iki Kaliningrado - 250 km. [24]

Kauno laisvoji ekonominė zona, pagal užimamą plotą yra didžiausia Lietuvoje.

Kauno LEZ teikia puikias plėtros galimybes. Teikia šias paslaugas: [23]

- Ženklios mokesčių lengvatos;
- Puiki geografinė padėtis ir geras susisiekimas keliais, traukiniais ;
- Kauno tarptautinio oro uosto kaimynystė;
- Nedidelis atstumas nuo neužšąlančio Klaipėdos jūrų uosto;
- Stabili ir nuolatos auganti ekonomika;
- Aukštos klasifikacijos, nebrangi darbo jėga;
- Gerai išvystyta infrastruktūra;
- Aplinka, kuri palanki investicijoms.

Kauno laisvoji ekonominė zona darbuotojams bus nesunkiai pasiekama, nes patogus atvykimas ir išvykimas, kuris nesikerta su transporto piku. Lengvuju automobiliu darbuotojai, gyvenantys Kauno miesto centre, atvyks per 20 minučių, o gyvenantys gyvenamuosiuose rajonuose – per 10-15 minučių. Kadangi viešasis transportas nevažiuoja į Kauno LEZ, todėl bus organizuojamas darbuotojų atvežimas į darbą ir išvežimas iš jo.

## **2.3 Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas**

Projektuojamoje įmonėje bus gaminamos aukštos kokybės liejiniai, iš polimerinių žaliavų, automobilių pramonei. Visos reikalingos žaliavos procesui bus perkamos. Polimerinės žaliavos bus perkamos iš vienos didžiausių Baltijos šalyse esančios įmonės R.Aglinsko II „Vailendas“. Tai lietuviško kapitalo įmonė, kuri siūlo plačiausią žaliavų asortimentą. Ši įmonė pasirinkta, kaip žaliavos tiekėja, nes jos sandėliai yra Ramučių gyvenvietėje, kuri vos 4 km atstumu yra nuo Kauno laisvosios ekonominės zonos. Tai lems mažesnes išlaidas žaliavų transportavimui. [50]

Pigmentus, kurie polimerams suteiks spalvą, planuojama įsigyti bendradarbiaujant su Kinijos įmone – SYINYAN. Planuojama, jog polimerinė žaliava bus transportuojama krovininiais automobiliais. Pasirinkta įmonė yra TC Truck & Cargo, nes ji suteikia labiausiai tenkinamas sąlygas. Pigmentai iš Kinijos bus transportuojami lėktuvais į Kauno tarptautinį oro uostą. [33], [44]

Kauno laisvoji ekonominė zona suteikia naujoms besikuriančioms įmonėms dideles lengvatas bei puikiai išvystytą vidaus infrastruktūrą. Vidinę infrastruktūrą sudaro: asfaltuotas kelias, vandentiekio ir nuotekų linijos, dujotiekis ir lietaus nuotekų linija. Suteikiamos verslo lengvatos : 0% pelno mokesčio artimiausius 6 metus, vėliau 50% pelno mokesčio lengvata ateinančius 10 metų, 0% dividendų mokesčio užsienio investuotojams ir 0% nekilnojamo turto mokesčio Kauno LEZ. [23]

Projektuojamoje įmonėje dirbs 40 darbuotojų. Specialistai bus ieškomi visoje Lietuvoje su aukščiausiu išsilavinimu ir kompetencija. Darbininkai bus ieškomi Kauno mieste ir jo rajone. Kauno laisvajai ekonominei zonai šildymą, vėdinimą bei elektros tiekimą reguliuoja ir prižiūri UAB „Kauno energija“. [27]

## **2.4 Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas**

Planuojama jog įmonė optimaliu režimu dirbs per parą po 3 pamainas. Atsižvelgiant į produkcijos paklausą, įmonė per parą turėtų pagaminti 500 vienetų polimerinių detalių, o per metus vidutiniškai gausis 120 000 vienetų produkcijos. Planuojama jog įmonė dirbs 240 dienų per metus, 5 dienas per savaitę, 3 pamainomis po 8 valandas. Gamykloje bus montuojami periodinio veikimo įrenginiai. Detalės bus gaminamos iš poliamido 6 ir polistireno, gaminiui spalva bus suteikiama pigmentais. Per parą poliamido 6 bus sunaudojama 0,29 t, polistireno - 0,21 t, o spalvotojų pigmentų miltelių - 0,02 t.



## 2.5 Statybos teritorijos charakteristika ir pagrindimas

Projektuojama įmonė bus statoma Kauno Laisvosios Ekonomikos Zonoje, nes čia suteikiamos geriausios galimybės vykdant sandėliavimo ir gamyklos veiklą. Projektuojamos įmonės užimamas plotas siekia 4853,64 m<sup>2</sup>, čia: gamybos cechų užima 3262,84 m<sup>2</sup>, žaliavų ir produkcijos laikymo sandėlis užima 857,6 m<sup>2</sup>, administracinės patalpos – 307,61 m<sup>2</sup>, buitinių patalpos – 219,93 m<sup>2</sup>, lauko pavėsinė 15 m<sup>2</sup>, apsaugos postas 15 m<sup>2</sup>, visos įmonės užimamas sklypo plotas 8160,6 m<sup>2</sup>.

Kauno LEZ puikiai įrengta vidinė infrastruktūra siūlo išasfaltuotus kelius, vandentiekio ir nuotekų linijas, dujotiekį bei lietaus nuotekų liniją.

Puiki geografinė padėtis - Lietuvos centras. Tai lemia didelę galimybę naudotis ne tik žemės transportu (keliais ir geležinkelio tinklu), bet taip pat oro ir jūrų uostais. Tai suteiks projektuojamai įmonei didesnes galimybes bendradarbiauti ne tik su Lietuvos įmonėmis, bet ir su užsienio. Kauno LEZ įsikūręs šalia pagrindinių greitkelių A1 ir A6, kurie driekiasi ne tik per visą Lietuvą, bet galima pasiekti ir kitas Vakarų ir Rytų Europos šalis. Taip pat Zonos kaimynystėje yra Kauno tarptautinis oro uostas, kuris yra vos už 5 kilometrų, taip galima bendradarbiauti su Tolimųjų Rytų šalimis. Vos už 220 km yra neužšalantis Klaipėdos jūrų uostas, kuris padidina galimybę bendradarbiauti su Vakarų Europos šalimis. Taip pat šalia Kauno LEZ yra pagrindiniai krovinių krovimo stotis – Palemonas, kuris yra vos už 4 km. [23]

Kauno miesto 2012 metų klimatiniai duomenys pateikti 2.5.1 lentelėje. [25]

**2.5.1 lentelė.** Kauno miesto klimatiniai duomenys 2012 m.

Didžiausias dirvožemio įšalimo gylis, cm	Krituliai per metus, mm	Vidutinė liepos mėn. temperatūra, °C	Vidutinė metinė temperatūra, °C	Vidutinė sausio mėn. temperatūra, °C	Vidutinis sniego dangos storis didžiausias žiemą, cm	Vyraujanti vėjo kryptis
45	757	19,4	7,0	-2,9	18	Pietvakarių

### 3. Literatūrinė apžvalga ir mokslinio tiriamojo darbo rezultatai

#### 3.1 Literatūros apžvalga

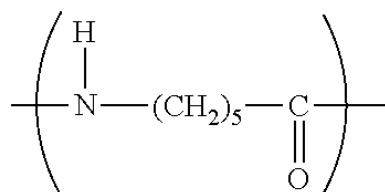
Kadangi projektuojamoje įmonėje bus gaminamos detalės iš poliamido 6 ir polistireno, todėl šiame skyriuje bus apžvelgiamos šių polimerų charakteristikos.

##### 3.1.1 Poliamidas 6

Šie polimerai savo pagrindinėje grandinėje turi amidinių – NH – CO – grupių. Techninių termoplastikų žaliava – alifatiniai poliamidai, gaunami ab ar aa/bb polikondensacijos būdais. Jie vienas nuo kito skiriasi sandaros struktūra, sintezės metodu ir savybėmis. Poliamidas 6 (polikaproamidas) turi 6 anglies atomus tarp kaimyninių grandinės heteroatomų. Poliamido 6 cheminė formulė pavaizduota 3.1.1.1 paveiksle. [51]

Visi poliamidai yra kieti, stiprūs, elastingi, lengvi, balti su gelsvu atspalviu polimerai, kurių paviršius panašus į vaško. Jie taip pat yra atsparūs šalčiui iki -40 °C temperatūros. Poliamidai atsparūs tepalams, benziniui, šarmams ir netgi verdančiam vandeniui. Tačiau tirpsta skruzdžių rūgštyje, o, veikiant praskiestomis mineralinėmis rūgštimis, prasideda poliamidų hidrolizė. Optimali perdirbamų į gaminius poliamidų molekulinė masė yra 16 000 – 20 000. [51]

Poliamidams būdingas labai didelis atsparumas dilimui ir mažas trinties koeficientas. Į poliamidus pridėjus stiklo pluošto, pasikeičia polimero savybės. Išlaidymo temperatūra, tampros modulis ir trūkimo stipris labai padidėja, o elastingumas sumažėja. [51]



3.1.1.1 pav. Poliamido 6 formulė

Poliamidų gavimas periodiniu būdu - sintetinamas kaitinant autoklave AH druskos vandeninį tirpalą. Į tirpalą dedama polimero klampą reguliuojanti medžiaga ir periodiškai yra išleidžiami vandens garai. Iš pradžių temperatūra siekia 210 °C, esant 1,8 MPa slėgiui. Šis procesas trunka 1,5 – 2 valandas. Galiausiai polikondensacija baigiasi vakuume, esant 280 °C temperatūrai. Vėliau poliamidas iš autoklavo yra išspaudžiamas, aušinamas, granuliuojamas ir džiovinamas.

Poliamidai pasižymi mažu polidispersiškumu, jų struktūroje yra mažai trumpų ir ilgų makromolekulių. Taip makromolekulės susiglaudusios sudaro puikią padėtį reaguoti kaimyninių makromolekulių karbonilo grupių deguoniui su imino grupių vandeniliu, taip sudarydami vandenilinius ryšius. Tai sukelia poliamido kristalizaciją. Vandenilinių ryšių skaičius nusako poliamidų fizikomechanines savybes. Kuo mažesnis ryšių skaičius tuo prastesnės poliamido savybės. [51]

Pagrindiniai poliamidų trūkumai yra tai, kad jų aukšta lydymosi temperatūra, siauras temperatūrų, kuriuose jie yra elastingi, intervalas, juos sunku derinti su plastifikatoriais ir stabilizatoriais. Esant saulės poveikiui, vyksta poliamidų destrukcija. [51]

Plastikai iš poliamidų yra plačiai naudojami technikoje. Iš šių polimerų yra gaminami guoliai, šarnyrai, krumpliaračiai ir kitos detalės. Jos lengvos, atsparios angliavandenilių, šarmų, abrazyvinių detalių veikimui, turi mažą trinties į metalą koeficientą, jų nereikia tepti taip pat dirba tyliai, gali dirbti net vandenyje. Tvirtos ir elastingos poliamidinės plėvelės naudojamos pakuotėms, sandarinimui. Taip pat dideli poliamido 6 kiekiai yra naudojami tekstilės pramonėje ir techniniams pluoštams gaminti, nes gaunami pluoštai mechaniškai yra labai stiprūs. Dar vienas gausus poliamidų panaudojimas – automobilių detalių gamyba. Tam įtakos turi mažas poliamidų trinties koeficientas. [51]

Molekulinė poliamidų masė yra nedidelė ir gali svyruoti nuo 8000 iki 25000. Poliamidai turi didelį kristališkumo laipsnį (40 – 70%), dėl šios priežasties polimerai lydosi siaurame temperatūros intervale.

Poliamido savybė: [5]

- Labai didelis stiprumas tarp -200 ir +260 °C temperatūros intervale;
- Didelis atsparumas smūgiams;
- Didelis atsparumas dilimui;
- Labai žemi dielektriniai nuostoliai;
- Didelis atsparumas chemikalams ir oksidatoriams;
- Atsparus ultravioletinei spinduliuotei ir ugnies poveikiui.

Poliamido 6 formavimo ypatumai naudojant injekcinio liejimo metodą pateikti 3.1.1.1 lentelėje.

**3.1.1.1 lentelė.** Poliamido 6 formavimo duomenys [5]

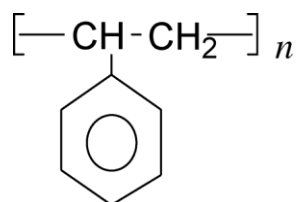
Išankstinis džiovinimas	Būtinai: 16 valandų 150 °C temperatūroje arba 8 valandas 180 °C
Formavimo temperatūra kaitinimo cilindre	340 – 360 °C
Formos temperatūra	230 °C
Lydalo elgsena proceso metu	Labai klampus ištirpęs, todėl rekomenduojama padidinti formos temperatūrą, kad gaminyje neatsirastų defektų.
Injekcijos greitis.	Rekomenduoja kuo įmanoma didesnis.

### 3.1.1.1 lentelės tęsinys

Injekcijos slėgis	750 – 1150 bar
Išlaikymo slėgis	550 – 1050 bar
Maksimalus vidinis slėgis	450 – 750 bar
Atgalinis slėgis	40 – 80 bar, kai kurioms formoms reikalingas papildomas sraigtas su kompresoriumi
Specifiniai bruožai	Kad pasiektu reikiamas savybes, būtinas terminis apdirbimas.

### 3.1.2 Polistirenas

Polistirenas gaunamas pramonėje kataliziškai dehidratuojant etilbenzeną 600 °C temperatūroje. Šio proceso metu kartu su stirenu susidaro divilbenzenas. Jis būtinai turi būti pašalintas prieš stireno prieš polimerizaciją, kad nesusidarytų tinklinių makromolekulių. Polistireno formulė pavaizduota 3.1.2.1 paveiksle. [51]



3.1.2.1. pav. Polistireno formulė

Stirenas itin gerai polimerizuojasi radikalinės, katijoninės, anijoninės ir koordinacinės polimerizacijos būdais. Pramonėje, gaminant polistireną, dažniausiai naudojamas radikalinės polimerizacijos būdas. Anijoninės kopolimerizacijos būdu gaminami įvairios sudėties stireno kopolimerai. Stirenas yra vienas iš nedaugelio polimerų, kurių polimerizacija prasideda nuo šilumos energijos. [51]

Dideli stireno kiekiai yra gaminami inicijuotos radikalinės polimerizacijos suspensijoje būdu. Čia iniciatorius yra benzoilperoksidas arba benzoilperoksido ir tret – butilperbenzoato mišinys. Gauto polimero molekulinės masės priklauso nuo iniciatoriaus kiekio bei polimerizacijos temperatūros. Kai yra didinamas iniciatoriaus kiekis bei didinama proceso temperatūra, polimerizacija vyksta greičiau, tačiau susidaro mažos molekulinės masės polimerai. Taip pat polistireną galima gaminti naudojant emulsinės polimerizacijos būdą. Šiuo metodu gautas polistirenas yra didžiausios molekulinės masės, tačiau mažai polidispersiškas. [51]

Polistirenas gautas radikalinės polimerizacijos būdu yra sudarytas iš stangriagrąndinių linijinių makromolekulių. Polimero stiklėjimo temperatūra siekia 80 °C. Norint polimerą perdirbti į techninius gaminius, reikia jog polimeras būtų klampiatakės būsenos, kuri susidaro esant 140 – 160 °C temperatūrai. Polistirenas yra lengvas (1050 – 1070 kg/m<sup>3</sup>), žymiai stipresnis už polietileną (PE)

ir polipropileną (PP), tačiau dėl savo makromolekulių struktūros yra neelastingas. Vandeniui ir tepalams yra atsparus, žemose temperatūrose taip pat atsparus koncentruotoms rūgštims ir šarmams. Pasižymi tirpumu benzene ir jo dariniuose, kai kuriuose chlorintuose angliavandeniliuose, netirpsta etanolyje bei alifatinuose angliavandeniliuose. Šis polimeras pasižymi puikiomis dielektrinėmis savybėmis. Tačiau yra tik vidutiniškai atsparus atmosferos poveikiui. Nuo ultravioletinių spindulių, esančių atmosferoje, polistirenas pradeda senti, pageltonuoja, pradeda pleišyti. Senėjimą stabdo stabilizatoriai ir užpildai. Pasiekus 300 °C temperatūrą prasideda polistireno depolimerizacija, kurios produktas yra stirenas. Polistirenas yra amorfinis bei skaidrus, praleidžia 90 % saulės spindulių. [51]

Pašildytą polistireną tempiant, makromolekulės ima orientuotis, polimero stipris ir tampros modulis padidėja. Iš orientuoto polimero galima gaminti vienagyslius polimero siūlus, kurie naudojami šepėčiams gaminti, o orientuotos plėvelės tinka elektros laidams izoliuoti aukšto dažnio įrenginiuose. [51]

Polistirenas yra ganėtinai trapus polimeras. Trapumą galima sumažinti keliais būdais: maišant klampiatakį polistireną su elastomeru arba polistireno dispersiją su kaučiuko lateksu. Kai sumažėja polistireno trapumas, jis vadinamas smūgiams atspariu polistirenu. Kopolimerizuojant stireno ir divinilbenzeno mišinį radikalinės kopolimerizacijos būdu, gaunamos tokios polimero granulės, kurios yra sudarytos iš tinklinių makromolekulių. [51]

Polistirenas naudojamas maisto produktų pakuočių ir galanterijos prekių gamybai, taip pat radio ir elektros aparatūros gamybai. Polistireną nesunku nudažyti.

Vienas iš didžiausių polimero trūkumų yra trapumas ir neaukšta darbo temperatūra, kuri siekia 75 °C.

Polistireno formavimo ypatumai naudojant injekcinio liejimo metodą pateikti 3.1.2.1 lentelėje.

### 3.1.2.1 lentelė. Polistireno formavimo duomenys [5]

Džiovinimas	Paprastai nereikalaujama, tačiau jei reikalaujama, kad detalės paviršius būtų ypatingai aukštos kokybės, tada džiovinimas vyksta suspausto oro džiovykloje 2 – 3 valandas, 70 – 80 °C temperatūroje.
Formavimo temperatūra cilindro viduje	160 – 280 °C temperatūroje priklausomai nuo formos tipo. Per žema mišinio temperatūra gali sukelti vidinius įtempimus. Tačiau jei temperatūra yra per aukšta, atsiranda švelnus kvapas bei geltona spalva ir ant komponento atsiradusios bangos rodo, jog prasideda polimero skilimas.
Formos temperatūra	20 – 50 °C
Lydalo elgsena	Labai gera
Išlaikymo slėgis	Turi būti pakankamai mažas, kad išvengti perspaudimo, nes ypač polistirenas yra jautrus įtempimams. Todėl patariama išvirkšti dviem stadijomis. Esant dideliame išlaikymo slėgiui, gali atsirasti gaminio įtrūkimų.
Gaminio susitraukimas	0,2 – 0,6 %.

## 3.2 Tiriamoji dalis

Šiais laikais stireno polimerizacijos bei kopolimerizacijos tyrimai vykdomi ganėtinai dažnai. Todėl, kad stirenas yra lengvai gaunamas, jo kaina nėra didelė, tyrimams naudojama nebrangi aparatūra. Stirenas yra labai aktyvus monomeras polimerizacijos reakcijose. Todėl jis yra dažnai naudojamas kopolimerizacijoje, kaip vienas iš pagrindinių monomerų.

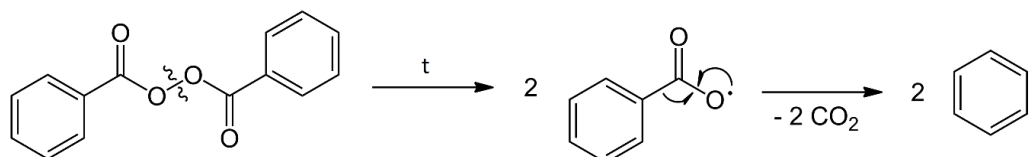
Injekcinio liejimo metu, polistirenas yra perdirbimas į klampiatakį lydalą. Todėl, norint pasirinkti teisingas polimerų perdirbimo ir eksplotavimo sąlygas, reikia žinoti visus polimero perėjimus iš kristalinės, stikliškos ir klampatakės būsenos į kitą būvį dėsningumus.

Tiriamąo darbo tikslas: susintetinti stireno kopolimerus su skirtingais kiekiais divinilbenzeno. Gautus kopolimerus palyginti su stireno homopolimeru.

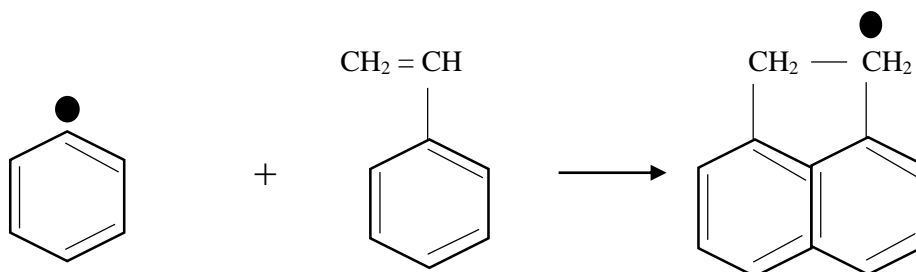
### 3.2.1 Suspensinė stireno ir divinilbenzeno kopolimerizacija

Suspensinė polimerizacija- tai vienas iš pagrindinių būdų sintetinant polistireną. Polistirenas taip pat sintetinamas radikalinės, katijoninės, anijoninės ir koordinacinės polimerizacijos būdais.

Tiriamąo darbo metu buvo atlikta stireno ir divinilbenzeno inicijuota radikalinė kopolimerizacija suspensijoje. Reakcijoje iniciatorius – netirpus vandenyje benzoilperoksidas. Benzoilperoksida paveikus šiluma jis skyla, taip sudarydamas radikalą, kuris sukelia radikalinę polimerizaciją: [53]



Gautas benzoilperoksido radikalas sužadina radikalinę polimerizaciją:



Taigi, suspensinė polimerizacija vyksta kai disperguojame monomero ir iniciatoriaus tirpalą vandenyje. Ši polimerizacija vykdoma tik su vandenyje netirpstančiais monomerais. Kiekvienas

iniciatoriaus lašelis yra lyg mikroreaktorius, kuriame skystas monomero lašas virsta kieta polimero granule. [53]

Monomero lašelių dydis priklauso nuo maišymo intensyvumo bei stabilizatoriaus. Stireno ir divinilbenzeno sintezėje kaip stabilizatorius naudojamas vandenyje tirpus polivinilalkoholis. Stabilizatoriai stabdo lašelių susiliejimą, taip pat padidina organinės ir vandens fazių sąlyčio paviršių bei padidina vandens klampą. [53]

Gauto kopolimero molekulinė masė priklauso nuo iniciatoriaus kiekio bei polimerizacijos temperatūros. Norint gauti smulkesnes polimero granules, didiname iniciatoriaus kiekį bei proceso temperatūrą. [53]

Pagrindiniai privalumai suspensinės polimerizacijos - nesudėtingas proceso valdymas ir patogus tolimesnis gautų polimerų perdirbimas. Labai svarbu išvalyti produktus nuo stabilizatorių likučių, nes jie pablogina optines polimero savybes ir spartina polimero gaminių senėjimą. [53]

### **Polimerizacijos atlikimas**

Tiriamąjį darbą buvo vykdoma stireno ir divinilbenzeno kopolimerizacija radikalinės polimerizacijos suspensijoje būdu. Reakcijos iniciatorius – benzoilperoksidas, stabilizatorius – polivinilalkoholis. Nuo divinilbenzeno kiekio priklauso makromolekulių šakotumo laipsnis. Buvo imti tokie divinilbenzeno kiekiai: 0,55%, 0,73%, 1,09%, 1,44%, 2,08% nuo pradinės stireno masės.

#### **Reagentai:**

- Stirenas;
- Benzoilo peroksidas;
- Polivinilo alkoholis;
- Divinilbenzenas.

#### **Aparatūra:**

- Reakcijos indas,
- Grįžtamasis kondensatorius,
- Maišyklė,
- Magnetinis maišiklis,
- Termometras,
- Bunzeno kolba su filtru.

Polivinilo alkoholis ištirpinamas distiliuotame vandenyje (60 ml) šildant. Gautas tirpalas supilamas į reakcijos indą. Atskirai, kūginėje kolboje, paruošiamas benzoilo peroksido tirpalas stirene su atitinkamu divinilbenzeno priedu ir taip pat supilamas į reakcijos indą bei įdedamas magnetinis maišiklis. Reakcijos indas įstatomas į pašildytą iki 90°C vandens vonią ir, sujungus indą su grįžtamoju kondensatoriumi, įjungiamo maišyklė. Maišyklės apsisukimai reguliuojami maišyklės reostato rankenėle. Apsisukimai reguliuojami taip, kad lašeliai tolygiai pasiskirstytu vandenyje. Pašildžius vandenį iki 95°C, reakcija vykdoma 2 valandas ir 40 minučių. Gautos polimero granulės nufiltruojamos, naudojant Bunzeno kolbą, išplaunamos ir nusausinamos.

### 3.2.2 Tirpumo tyrimas

Polimerų tirpumas priklauso nuo cheminės sandaros, molekulinės masės bei makromolekulių liaunumo. Kuo didesnė polimero molekulinė masė, tuo sunkiau jis tirpsta. Taigi, polimerai tirpsta tik tam tikruose tirpikliuose sudarydami tikruosius tirpalus. Dėl didelių polimerų dalelių bei stiprios tarpmolekulinės sąveikos pirmiausia polimerai pradeda brinkti. Polimero brinkimas lengviau pastebimas negu tirpumas. Šis bruožas buvo pastebėtas atliekant tirpumo tyrimą.

Buvo atliktas tyrimas, kurio metu buvo stebimas stireno homopolimero bei stireno ir divinilbenzeno kopolimerų tirpumas įvairiuose tirpikliuose. Tirpikliai buvo pasirenkami atsižvelgus į polistireną tirpinančius tirpiklius. Taigi buvo parinkti tirpikliai: toluenas, benzenas, anglies tetrachloridas, acetonas ir tetrahidrofuranas.

*Tirpumo tyrimo atlikimas:*

Į atskirus mėgintuvėlius įberiama po 0,05g smulkiai sutrinto polimero ir užpilama 1 ml atitinkamų tirpiklių. Mėgintuvėliai retkarčiais supurtomi ir 2h stebimi kokybiniai pokyčiai: brinkimas, tirpumas, tirpalo klampa, drumstimas, spalvos pokytis. Jei polimerai netirpsta, šildoma vandens vonioje žemesnėje temperatūroje nei tirpiklių virimo temperatūra. Tirpumo tyrimo rezultatai pateikti 3.2.1 lentelėje.

**3.2.2.1 lentelė.** Tirpumo tyrimo rezultatai.

Bandyiniai	Tirpikliai					Pastabos
	Toluenas	Benzens	Anglies tetrachloridas	Acetonas	Tetrahidrofuranas	
PS	T	T	T	N	T	Geriausiai tirpo benzene. Anglies tetrachloride pastebėtas polimero brinkimas. Acetone granulės sukibusios, spalva balkšva.
PS +0,55% DVB	T	T	T	N	T	Tirpinant benzene pastebėtas brinkimas. Acetone pastebėta balkšva tirpalo spalva bei granulių sulipimas.
PS +0,73% DVB	T	T	T	N	T	Toluene pastebėtas granulių brinkimas. Acetone balkšva tirpalo spalva bei granulių sulipimas.
PS +1,09% DVB	T	T	T	N	T	Tetrahidrofurane polimeras ištirpo gerai, tačiau matyti kelios neištirpusios granulės.
PS +1,44% DVB	D.T.	D.T.	D.T.	N	D.T.	Tetrahidrofurane polimeras aptirpo, daug neištirpusių granulių, pastebima šiek tiek padidėjusi tirpalo klampa.
PS +2,08% DVB	N	N	N	N	N	Tetrahidrofurane klampa akivaizdžiai padidėjusi, polimeras išbrinkęs, tačiau neištirpo.

T – tirpus, N – netirpus, D.T. – dalinai tirpus.



Kadangi tetrahidrofuranas buvo geriausias tirpiklis, tai buvo dar atliekamas pašildymas. Pašildžius mėgintuvėlius su polimero granulėmis bei tetrahidrofuranu, buvo pastebėta, kad labai gerai ištirpo beveik visi bandiniai. Kadangi polistirenas yra linijinės makromolekulių struktūros, todėl ypač lengvai tirpsta pasirinktuose tirpikliuose. Didėjant divinilbenzeno kiekiui mišinyje, kopolimerų tirpumas pradeda mažėti, nes vyksta makromolekulių struktūros pasikeitimai – iš linijinės virsta į šakotą struktūrą, o vėliau ir į tinklinę. Todėl galime teigti, jog stireno ir divinilbenzeno kopolimeras, kuriame yra 2,09% DVB, yra dalinai tinklinės makromolekulinės struktūros, nes jis netirpo nei viename tirpiklyje.

### 3.2.3 Molekulinės masės nustatymas

Molekulinė masė – tai vienas iš svarbiausių polimerų rodiklių. Ji nulemia polimero tankį, kristalizacijos laipsnį, lydalo klampą, stiklėjimo temperatūrą, tamprumą bei kitas mechanines savybes. Kuo didesnė polimero molekulinė masė tuo yra geresnės jo mechaninės savybės, kurios yra labai svarbios gaminant plastikinės detales. Tačiau kuo didesnė molekulinė masė tuo didesnė lydalo klampa. Didėjanti klampa apsunkina polimero perdirbimą į gaminius. Todėl yra naudojama tik tam tikra molekulinė masių sritis.

Polimeras apibūdinamas ne molekuline mase, bet vidurkine molekuline mase. Kadangi polimerai turi labai daug ir įvairaus ilgio makromolekulių. Kitaip tariant polimeras yra polidispersiškas.

Frakcionuojant polidispersišką polimerą norima gauti kuo daugiau skirtingos molekulinės masės frakcijų. Tam naudojami šie metodai:

- ✓ frakcinis nusodinimas;
- ✓ frakcinis tirpinimas;
- ✓ gelchromatografija.

Tiriant susintetintų kopolimerų molekulinės masės buvo naudojamas gelchromatografijos metodas, kitaip dar vadinamas molekulinė sietų chromatografija. Molekulinės masės rezultatai pateikti 3.2.3.1 lentelėje.

#### 3.2.3.1 lentelė. Susintetintų kopolimerų molekulinės masės rezultatai

Bandiniai	Polimero vidutinė skaitinė molekulinė masė $M_n$	Polimero vidutinė masinė molekulinė masė $M_w$
PS	3710	9632
PS+0,55% DVB	3346	11032
PS+0,73% DVB	3210	10933
PS+1,09% DVB	3432	18004
PS+1,44% DVB	3907	55840
PS+2,09% DVB (tirpi frakcija)	3172	56527

Iš 3.2.3.1 lentelės matome, kad divinilbenzeno kiekis turi didžiausią įtaką vidutinei masinei molekulinei masei ( $M_w$ ). Didėjant divinilbenzeno kiekiui mišinyje, didėja kopolimerų vidutinė masinė molekulinė masė, kuri nusako makromolekulių masės dalį bandinyje. Eksploatacinėms polimerų savybėms svarbi yra  $M_w$ , todėl pagal gautus duomenis matome, kad geriausiomis ekplotacinėmis savybėmis pasireikštų stireno ir divinilbenzeno kopolimeras, kuriame yra 1,44% DVB.

Stireno homopolimero vidutinė skaitinė molekulinė masė ( $M_n$ ) yra lygi 3710. O stireno ir divinilbenzeno kopolimero, kuriame yra 1,44% DVB, vidutinė skaitinė molekulinė masė ( $M_n$ ) siekia 3907. Atsižvelgus į tirpumo tyrimo rezultatus, žinome kad stireno ir divinilbenzeno kopolimeras, kuriame yra 1,44% DVB, yra tirpus. Todėl galime teigti, kad šio kopolimero makromolekulių struktūra yra šakota. Todėl šio kopolimero  $M_n$  yra didesnė nei stireno homopolimero. Stireno ir divinilbenzeno kopolimeras, kuriame yra 2,09% DVB, yra dalinai tinklinės struktūros, nes šis polimeras tik dalinai tirpus. Jo tirpios frakcijos  $M_n$  yra daug mažesnė už stireno homopolimero.

### 3.2.4 Stiklėjimo temperatūros nustatymas

Stiklėjimo temperatūra – tai tokia temperatūra, prie kurios stikliškas polimeras tampa elastiškos būsenos medžiaga. Stiklėjimo temperatūra priklauso nuo polimero makromolekulių konfigūracijos ir lankstumo bei nuo polimero cheminės sudėties. Didžiausią įtaką polimero stiklėjimo temperatūrai turi makromolekulių lankstumas. Kuo makromolekulės lankstesnės, tuo  $T_s$  yra mažesnė, o kuo jos yra standesnės, tuo  $T_s$  yra didesnė.

Norint nustatyti bandinių stiklėjimo temperatūrą buvo naudojamas diferencinės skenuojamosios kolorimetrijos (DSK) metodas. DSK – tai terminės analizės metodas, kurio metu matuojamas šilumos srautas, kertantis palyginamąją ir bandinio celes. Šiuo metodu galima nustatyti polimerų fazinių ir fizinių virsmų temperatūrą, virsmų energiją, savitąją šiluminę talpą, apskaičiuoti kristališkumą.

DSK aparatūrą sudaro du mikrokalorimetrai. Kiekviename iš šių mikrokalorimetrų yra temperatūros daviklis, kaitinimo elementas bei bandinių talpykla. Į vieną iš mikrokalorimetrų dedamas tiriamasis bandinys, o kitą – lyginamasis bandinys. Abiejų celių temperatūros yra vienodos ir kinta kartu tolygiai. Skenuojant temperatūrą, yra užrašomas energijos kiekis, kurį išspinduliuoja kaitinimo elementai, tam kad būtų vienoda temperatūra abiejuose celėse. Energijos pokyčiai bus lygūs tiriamosios medžiagos energijos pokyčiams lyginamosios medžiagos atžvilgiu.

Gautos bandinių stiklėjimo temperatūros pateiktos 3.2.4.1 lentelėje:

**3.2.4.1 lentelė.** Bandinių stiklėjimo temperatūros

Bandiniai	Stiklėjimo temperatūra $T_s$ , °C
PS	87,21
PS+0,55 % DVB	81,99
PS+0,73% DVB	82,87
PS+1,09% DVB	84,26
PS+1,44% DVB	86,95
PS+2,09% DVB	88,85

Iš gautų rezultatų matome, kad polistireno stiklėjimo temperatūra yra  $T_s = 87,21^\circ\text{C}$ . Visų kitų kopolimerų stiklėjimo temperatūros yra mažesnės už polistireno, išskyrus vieną kopolimerą, kuriame yra 2,09% divinilbenzeno nuo pradinės stireno masės. Šio kopolimero stiklėjimo temperatūra yra  $T_s = 88,85^\circ\text{C}$ . Yra žinoma iš tirpumo tyrimo, kad šis kopolimeras turi dalinai tinklinę struktūrą, todėl galime teigti, jog šio kopolimero  $T_s$  yra didesnė dėl didesnės molekulinės masės bei tinklinės makromolekulinės struktūros. Stiklėjimo temperatūrai labai svarbus yra makromolekulių lankstumas. Kadangi šis kopolimeras yra tinklinės struktūros, tai makromolekulės yra standžios, o dėl šios priežasties  $T_s$  yra didesnė nei stireno homopolimero, kurio makromolekulės yra lankščios.

### 3.2.5 Tyrimo rezultatai

Tirpumo tyrimo metu, nustatyta, kad geriausias tirpiklis, kuris tirpina beveik visus kopolimerus, buvo tetrahidrofuranas. Jis taip pat buvo naudojamas, kaip tirpiklis, kituose eksperimentuose. Iš tirpumo tyrimo rezultatų, pastebėjome, kad, esant atitinkamam divinilbenzeno kiekiui kopolimere, kinta makromolekulių struktūra, nuo linijinės iki šakotosios ir iki dalinai tinklinės. Taigi, stireno ir divinilbenzeno kopolimero, kuriame yra 2,09% DVB, makromolekulių struktūra yra dalinai tinklinė, nes šis kopolimeras pilnai neištirpo nei viename tirpiklyje.

Molekulinės masės tyrimo metu buvo nustatyta vidutinė masinė molekulinė masė ( $M_w$ ) bei vidutinė skaitinė molekulinė masė ( $M_n$ ). Išanalizavus duomenis, gauname, kad didžiausią  $M_w$  turi stireno ir divinilbenzeno kopolimero tirpi frakcija, kuriame yra 2,09% DVB. Tai yra dėl labai šakotos kopolimero struktūros. Dėl didelės masinės molekulinės masės pagerėtų šio polimero eksploatacinės savybės.

Lyginant stireno ir divinilbenzeno kopolimero, kuriame yra 1,44% DVB, vidutinės skaitinės molekulinės masės vertes, akivaizdu, kad kopolimero  $M_n$  yra didesnė. Tai patvirtina jo šakotą makromolekulių struktūrą. Tačiau, lyginant tarpusavyje du kopolimerus, kuriuose yra 1,44% ir 2,09% DVB nuo pradinės stireno masės,  $M_n$  skiriasi. Tai galėjo įtakoti, stireno ir divinilbenzeno

kopolimero, kuriame yra 2,09%DVB, dalinai tinklinė struktūra, nes eksperimento metu ištirpo tik mažos molekulinės masės frakcija, o tinklinė dalis liko neištirpusi.

Stiklėjimo temperatūros nustatymo metu, buvo nustatyta polistireno stiklėjimo temperatūra, kuri lygi  $T_s = 87,21^\circ\text{C}$ . Didesnę už stireno homopolimero stiklėjimo temperatūrą turi tik stireno ir divinilbenzeno kopolimeras, kuriame yra 2,09% DVB, kurio  $T_s = 88,85^\circ\text{C}$ . Taip yra todėl, kad kopolimero molekulinė masė yra didesnė nei polistireno. Taip pat didelę įtaką  $T_s$  daro makromolekulių lankstumas. Kadangi kopolimeras yra dalinai tinklinės struktūros, tai reiškia kad makromolekulės yra standžios, o tai padidina  $T_s$ .

Atlikus tyrimus, galima teigti, kad pagaminti kopolimerai turi padidintą atsparumą organiniams tirpikliams. Iš tokių kopolimerų suformuoti gaminiai pasižymėtų aukštesne eksploatacijos trukme bei geresnėmis mechaninėmis savybėmis.

## **4. Technologinė dalis**

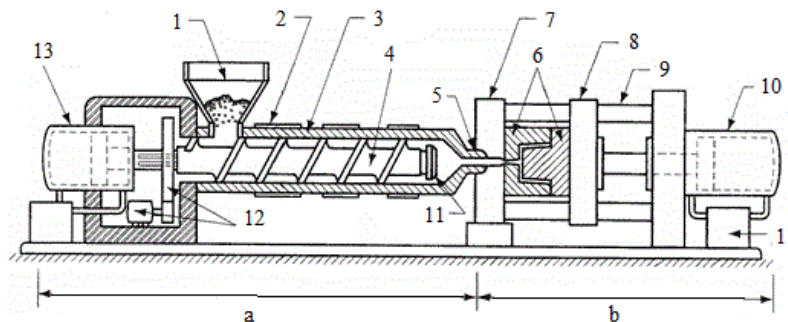
### **4.1 Injekcinis liejimas**

Injekcinis liejimas – tai būdas, kuris dažniausiai naudojamas plastikinių detalių gamybai. Šiuo metodu galima išlieti įvairias detales, kurios viena nuo kitos skiriasi dydžiu, sudėtingumu bei panaudojimu. Injekciniame liejime yra naudojama injekcinio liejimo mašina, polimerinė žaliava ir forma. Plastiką yra lydomas injekcinio liejimo mašinoje ir įpurškiamas į formą, kurioje atvėsta ir sukietėja iki galutinės produkcijos. Procesą sudaro trys pagrindinės stadijos: formos užpildymas, liejimo aušinimas, detalės išstūmimas. Šio metodo privalumas yra tai, kad galima dideliu greičiu formuoti geros kokybės ir sudėtingas detales su tiksliai kontroliuojamais matmenimis.

#### **4.1.1 Injekcinio liejimo mašinos**

Paprasčiausia injekcinio liejimo mašina pavaizduota 4.1.1.1 paveiksle. Šią mašiną galima suskirstyti į dvi zonas: a – plastifikavimo/dozavimo zona ir b – formavimo zona. Čia į dozavimo bunkerį (1) tiekama polimerinė žaliava granulių pavidalu. Polimero granulės iš dozavimo bunkerio tolygiai byra ant Archimedo sraigto (4), kuris sukasi cilindriname korpuse (3). Sraigtas yra sukamas hidrauliniu varikliu (12). Sraigto paskirtis – jis reikalingas polimero plastifikavimui ir jo injekcijai į formą (6). Slenkamąjį judesį sraigtui suteikia hidraulinė pavara (12). Kaitinimo elementai (2) šildo cilindrinį korpusą, kuris įkaitina žaliavą iki formavimo temperatūros. Kai išlydytos žaliavos yra pakankamai susikaupę sraigto priekyje, jis tarsi stūmoklis įšvirksčia lydalo dozę į presformą. [34]

Formą sudaro dvi dalys: stacionari dalis (7) ir judanti dalis (8). Vykstant formavimui presforma būna sandariai uždaryta. Kai detalių formavimas ir aušinimas baigiasi, judančioji dalis atsidaro ir suformuota detalė yra išstumiamą. Šios abi formos dalys laikosi ant nukreipimo strypų (9). [34]



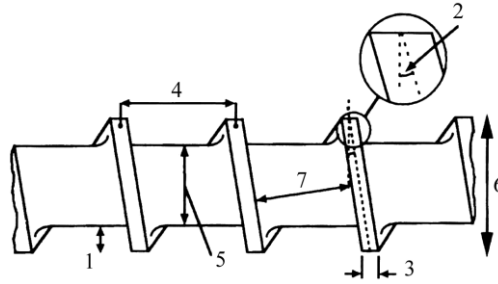
**4.1.1.1 pav. Injekcinio liejimo mašina.** a – plastifikavimo/dozavimo zona, b – formavimo zona, 1 – dozavimo bunkeris, 2 – cilindro kaitinimo elementai, 3 – cilindrinis korpusas, 4 – Archimedo sraigtas, 5 – sujungimo antgalis, 6 – forma, 7 – stacionari formos dalis, 8 – judanti formos dalis, 9 – formos nukreipimo strypai, 10 – formos suspaudimo cilindras, 11 – išleidimo vožtuvai, 12 – sraigto variklis ir pavara, kuri suka sraigtą, 13 – cilindras sraigto plunžeriui

#### 4.1.2 Injekcinio liejimo mašinos sraigtai

Injekcinio liejimo mašinos viena iš svarbiausių detalių yra sraigtas. Jis ne tik kietą medžiagą plastifikuoja, maišo bet ir gautą homogenišką lydalą paduoda į sujungimo antgalį. Polimero granulės judėdamos sraigto kanalu pradeda lydėtis dėl trinties ir dėl išorinių cilindro kaitinimo elementų. Sraigto temperatūra nėra kontroliuojama, tačiau jei lydalo temperatūros pokyčių negali būti, yra montuojamas šildomasis (aušinamas) sraigtas. Tokiu atveju šiluma perduodama per sraigto vidiniame kanale cirkuliuojantį skystį. [34]

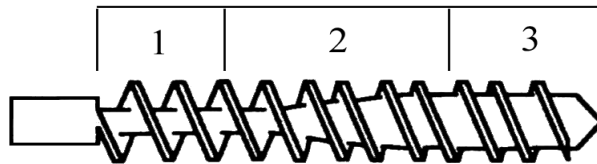
Sraigtas sukasi elektrinio variklio pagalba. Pagrindinė charakteristika, kuri apibūdina sraigtą yra ilgio (L) ir diametro (D) santykis (L/D). Dažniausiai pramonėje yra naudojami sraigtai, kurių diametras yra 25...150 mm. Termoplastikų perdirbimui L/D santykis siekia 20..30, elastomerų 15...20. Ilgesniam plastifikavimui skirti sraigtai gali būti 24:1 L/D santykiu. Tokiu santykiu sraigtai paprastai naudojami lydant termoplastikus su dažiklių priedais, taip pat polipropileną (PP) ir polietileną (PE). Tokiu sraigtu geriau susimaišo polimeras su spalvos pigmentu. [34]

Sraigto išorinis diametras mažesnis dydžiu 2 ÷ už ekstruderio korpuso vidinį diametrą. Eksploatacijos metu, korpuso vidinis paviršius bei sraigto vijos nusidėvi, todėl ÷v didėja, o slėgis, kurį sudaro sraigtas, pradeda mažėti. Sraigto žingsnis (t) – tai atstumas tarp lygiagrečių sraigto vijų. Kanalo gylis (H) – tai atstumas nuo sraigto paviršiaus iki jo šerdies. Sraigto geometriniai parametrai pateikti 4.1.2.1 paveiksle. [34]



**4.1.2.1 pav. Sraigto geometriniai parametrai:** 1 – kanalo gylis (H), 2 – vijos kampas ( $\Theta$ ), 3 – vijos plotis (e), 4 – žingsnis (t), 5 – sraigto veleno (šerdis) diametras (d), 6 – sraigto diametras (D), 7 – kanalo plotis (W)

Sraigtai yra sudaryti iš trijų zonų : tiekimo zona, suspaudimo zona bei dozavimo zona. Į tiekimo zoną iš bunkerio patenka smulkios, kietos polimero granulės. Tiekimo zonoje plastikas pastoviu greičiu transportuojamas į plastinimo ir suspaudimo zonas. Tarp birių dalelių yra nemažai oro, todėl granulės yra tiekiamos tik tada, kai sraigto kanalas yra gilus, o jo tūris vienodas visoje tiekimo zonoje. Suspaudimo zonoje kanalo gylis ir tūris sumažėja. Šioje zonoje plastiko granulės yra plastinamos ir paverčiamos lydalų. Dozavimo zonoje lydalas homogenizuojamas ir spaudžiamas į formuojantį antgalį. Sraigto zonos pavaizduotos 4.1.2.2 paveiksle. [34]



**4.1.2.2 pav. Sraigto zonos :** 1 – tiekimo, 2 – suspaudimo, 3 – dozavimo

## 4.2 Injekcinio liejimo mašinų ciklai

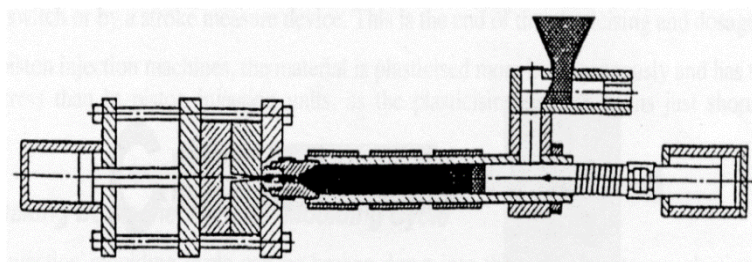
Injekcinis liejimas susideda iš šių ciklų:

- Plastifikacija
- Formavimas
- Injekcija
- Išlaikymas slegiant
- Aušinimas
- Sraigto sugrįžimas
- Formos atidarymas, iškrovimas ir uždarymas

**Plastifikacija** – tai kietos agregatinės fazės polimero ar jo mišinio pavertimas takia, plastiška medžiaga, terminio poveikio metu. Plastifikacijos procesas vyksta cilindriname injekcinės mašinos korpuse. Medžiagos cheminė sudėtis, temperatūros pasiskirstymas cilindriname korpuse, atgalinis slėgis ir sraigto sukimosi greitis sąlyginai įtakoja polimero tekėjimą. [34]

**Formavimo metu** injekcijos įrenginys gauna jau išlydyto polimero masę, kurią išpurškia į formą. Formavimo greitį, proceso sąlygas bei formavimo technologijos pasirinkimą lemia polimero lydalo reologinės (takumo) savybės. Pagrindiniai formos užpildymo parametrai yra injekcijos slėgis ir greitis. Greitas formos užpildymas turi įtakos detalės savybėms: blizgesiui, išvaizdos kokybei. Tačiau vykstant lėtam formos užpildymui yra didelė rizika, kad detalė bus neužbaigta. Esant per dideliame slėgiui, gali atsirasti išlajos. Tačiau jei slėgis per mažas, detalė nepilnai užpildoma. Taip pat atsižvelgiama yra į detalės storį. Jei detalė yra plonasienė reikalingas greitesnis inekcinis užpildymas, nei storiasienėms detalėms, nes plonasienė detalė aušta greičiau. [34]

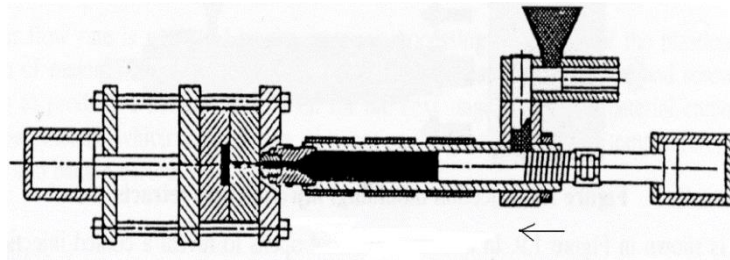
**Injekcijos metu** sraigtas, kuris juda tarsi stumokslis, greitai įšvirškčia lydalą į formą. Kai norima pasiekti didelį lydalo injekcijos greitį, cilindriname korpuse pasiekiamas iki 200 MPa slėgis, kurį sudaro sraigtui judesį suteikiantis hidraulinis stūmokslis. Norint keisti injekcijos slėgį bei dozės tūrį, yra montuojami skirtingi sraigčiai. Sraigto slenkamojo judėjimo dažnis nulemia injekcijos periodo trukmę, o mašinoje susidaręs slėgis padeda ją kontroliuoti. Lydalą būtina kuo greičiau įšvirškšti, kad sutrumpintume ciklo trukmę ir išvengtų lydalą kietėjimo šaltoje formoje, kol ji nėra pilnai užpildyta. Dozavimo slėgis neturi būti didesnis už formos plokščių slėgį, nes kitu atveju, formos plokštės prasivertų ir susidarytų gaminio išsiliejimai plokščių susilietimo vietoje. Injekcijos ciklas pavaizduotas 4.2.1 paveiksle. [34]



4.2.1 pav. Injekcija

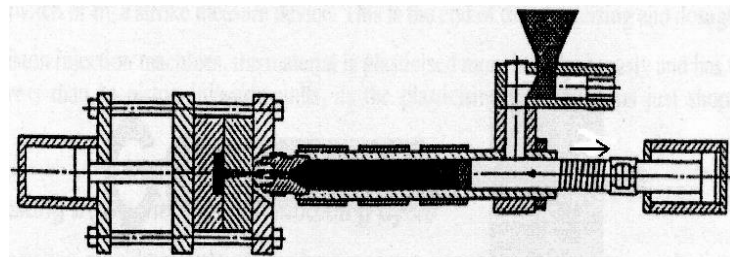
**Išlaidymas slegiant.** Šio proceso metu sraigto sudarytas slėgis spaudžia lydalą į formos ertmės. Pačio ciklo metu labai svarbu palaikyti slėgį, nes kompensuojamas lydalo susitraukimas auštant. Ciklo trukmė priklauso nuo lydalo sukietėjimo laiko formoje. Kai formoje lydalas sukietėja, sraigto sudarytas slėgis yra nebereikalingas. Kadangi dažnai būna lydalų „perspaudimas“, tai proceso pabaigoje sraigto slėgis yra sumažinamas 20 – 30%. Tokiu atveju gaunamas suspausto lydalo atbulinis tekėjimas ir išvengiama išlajų. Kai sraigto slėgis sumažinamas sraigtas hidraulinio

stūmoklio pagalba yra gražinamas į pradinę padėtį. Išlaikymo slegiant ciklas pavaizduotas 4.2.2 paveiksle. [34]



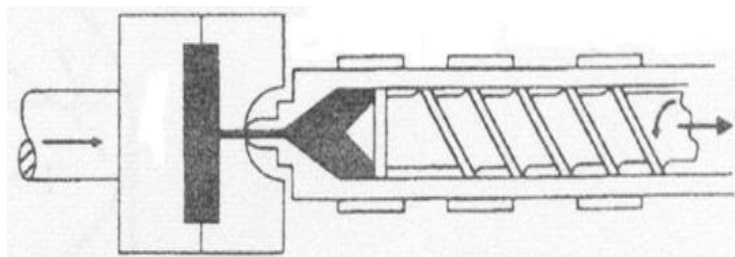
4.2.2 pav. Išlaikymas slegiant

**Aušinimo** proceso metu liejinys vėsta tol, kol tampa kietas. Gaminys turi būti tokio kietumo, kad išlaikytų suteiktą formą bei įtempimus, kurie atsiranda formos atidarymo ir gaminio išėmimo metu. Aušinimo ciklas vyksta ilgiausiai, kadangi polimerai yra blogi šilumos laidininkai. Taip pat aušinimo proceso laikas priklauso nuo medžiagos stingimo temperatūros bei produkto storio. Aušinimo ciklas pavaizduotas 4.2.3 paveiksle. [34]



4.2.3 pav. Aušinimas

**Sraigto sugrįžimas.** Šis procesas vyksta aušinimo metu, taip pat yra skirtas kitos dozės paruošimui sekančiam ciklui. Prieš sraigto grįžimą mašinos dozavimo dalis yra atitraukiama nuo formavimo dalies tam, kad įpurškimo antgalis nesiliestų su forma. Nes kitu atveju gali vykti šilumokaita tarp antgalio ir formos, o tuo metu antgalis gali užsikimšti kietėjančiu polimeru. Sraigto sugrįžimo ciklas pavaizduotas 4.2.4 paveiksle. [34]

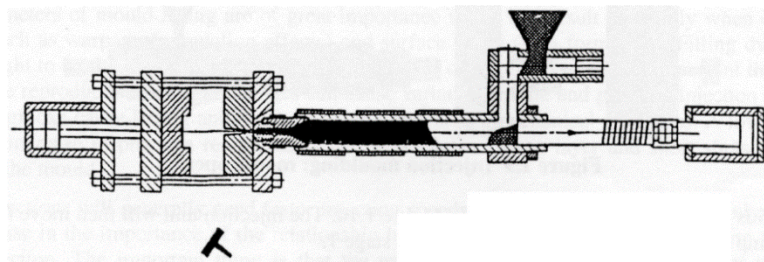


4.2.4 pav. Sraigto grįžimas

**Formos atidarymo, iškrovimo ir uždarymo procesas** vyksta tik tada kai pasibaigė produkto aušinimo laikas. Gaminiai gali būti išstūmiami automatizuotai arba iškrenta/ nuslysta ant konvejerio



ar tiesiog į tarą. Kai produktas išimamas, forma užsidaro prieš kito ciklo pradžia. Detalės išstūmimas procesas pavaizduotas 4.2.5 paveiksle. [34]



4.2.5 pav. Detalės išstūmimas

### 4.3 Injekcinio liejimo technologiniai parametrai

Injekcinio liejimo procese labai svarbu pasirinkti tinkamus režimus, kurie turi didelę įtaką gaminio kokybei bei liejimo procesui. Dėl blogai pasirinktų proceso technologinių parametru gali atsirasti įvairiausių detalių defektų. Reikalingi injekcinio liejimo technologiniai parametrai pateikti 4.3.1 lentelėje. [5]

4.3.1 lentelė. Injekcinio liejimo technologiniai parametrai

Parametras	Poliamidas 6 (PA6)	Polistirenas (PS)
Cilindro temperatūra, °C	340 – 360 °C	160 – 280 °C
Formos temperatūra, °C	230 °C	20 – 50 °C
Išvirkštimo slėgis, MPa	75 – 155 MPa	65 – 155 MPa
Išlaikymo slėgis, MPa	55 -105 MPa	35 – 90 MPa

## 5. Polimerinių detalių formavimo linijos projektavimas

Projektuojamoje įmonėje bus gaminamos įvairių formų detalės. Kadangi ekonomiškai nenaudinga kiekvienam gaminiui turėti atskirą mašiną, todėl keičiantis asortimentui gamybos metu bus keičiamos liejimo presformos. Planuojama naudoti 2 tipų injekcinio liejimo mašinas. Detalės bus gaminamos iš skirtingas savybes turinčių polimerų: poliamido 6 (PA6) ir polistireno (PS).

### 5.1 Poliamido 6 granulių perdirbimo į gaminius linijos projektavimas

#### 5.1.1 Žaliavos džiovavimo įrenginio projektavimas

Dėl poliamide 6 esančios drėgmės, detalėse formavimo metu gali atsirasti įvairių defektų. Norint išvengti defektų, poliamidą būtina džiovinti, todėl bus projektuojama džiovykla.

Apskaičiuojame kiek bus džiovykloje pašalinta drėgmė ( $W$ ) iš žaliavos. Pradinis drėgnis 0,5 % ir džiovinama iki 0,02% drėgnio.

$$\frac{G_1}{1-w_1} = \frac{G_2}{1-w_2}; \quad (5.1.1.1)$$

Čia  $G_1$  – į džiovyklą tiekiamas drėgnos medžiagos kiekis, kg/h,  $w_1$  – pradinis santykinis drėgnis, masės dalimis,  $G_2$  – išdžiovintos medžiagos kiekis, kg/h,  $w_2$  – galinis santykinis drėgnis, masės dalimis.

$$G_2 = \frac{G_1 \cdot (1 - w_1)}{1 - w_2}$$

$$G_2 = \frac{9 \cdot (1 - 0,005)}{1 - 0,0002} = 8,96 \text{ kg/h}$$

$$G_1 = G_2 + W; \quad (5.1.1.2)$$

Čia:  $W$  – išgarintos drėgmės kiekis, kg/h.

$$W = G_1 - G_2;$$

$$W = 9 - 8,96 = 1,04 \text{ kg/h}$$

Ora, kuriuo bus džiovinamos poliamido 6 granulės reikia pašildyti nuo aplinkos temperatūros (~20 °C) iki 180 °C. Kaip pasikeis drėgmė ore, sužinosime iš drėgno oro  $h - x$  diagramos.

Esant santykiniai drėgmei 50 %, temperatūra 20 °C, entalpijai 40 kJ/kg sauso oro, ore yra 0,009 kg drėgmės/kg sauso oro. Kai pašildoma iki 180 °C temperatūros, entalpija yra 195 kJ/kg sauso oro, o drėgmė 0,056 kg drėgmės/kg sauso oro. [3]

Apskaičiuojamas oro kiekis, kuris reikalingas džiovinimui:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}; \quad (5.1.1.3)$$

Čia:  $x_0$  – į džiovyklą patenkantis oro drėgnis,  $\text{kg drėgmės/kg sauso oro}$ ;  $x_2$  – iš džiovyklos ištekancio oro drėgnis,  $\text{kg drėgmės/kg sauso oro}$ .

$$L = \frac{1,04}{0,056-0,009} = 22,13 \text{ kg/h arba } 6,15 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Apskaičiuojame sekundinį debitą  $V_s$ ,  $\text{m}^3/\text{s}$ :

$$V_s = \frac{L}{\rho}; \quad (5.1.1.4)$$

Čia:  $\rho$  – medžiagos tankis,  $\text{kg/m}^3$

$$V_s = \frac{6,15 \cdot 10^{-3}}{1130} = 5,43 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$$

Apskaičiuojame džiovyklos skerspjūvio plotą  $F$ :

$$F_1 = \frac{V}{H}; \quad (5.1.1.5)$$

Čia:  $F_1$  – džiovyklos skerspjūvio plotas,  $\text{m}^2$ ;  $V$  – įkrovos aukštis,  $\text{m}^3$ ;  $H$  – granulių sluoksnio aukštis,  $\text{m}$ .

Apskaičiuojame įkrovos tūrį  $V$ :

$$V = \frac{m}{\rho_p}; \quad (5.1.1.6)$$

Čia:  $m$  – medžiagos masė,  $\text{kg}$ ;  $\rho_p$  – medžiagos piltinis tankis,  $\text{kg/m}^3$ .

$$V = \frac{9}{700} = 0,012 \text{ m}^3$$

$$F_1 = \frac{0,012}{0,3} = 0,04 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{V-V_g}{V}; \quad (5.1.1.7)$$

Čia:  $\varepsilon$  - ertmių tūrio dalis, esančių tarp kietųjų dalelių;  $V$  – bendras (su ertmėmis tarp dalelių) grūdinio sluoksnio tūris,  $\text{m}^3$ ;  $V_g$  - tikrasis grūdinio sluoksnio dalelių užimamas tūris,  $\text{m}^3$ .

$$V = \frac{9}{1130} = 0,008 \text{ m}^2.$$

$$\varepsilon = \frac{0,012 - 0,008}{0,012} = 0,33.$$

$$F = \frac{F_1 \cdot \varepsilon}{\alpha}; \quad (5.1.1.8)$$

Čia:  $F$  – grūdinio sluoksnio kanalų bendrasis skerspjūvio plotas,  $\text{m}^2$ ;  $\alpha$  – kanalų kreivumo koeficientas.

Apskaičiuojame grūdinio sluoksnio kanalų bendrąjį skerspjūvio plotą:

$$F = \frac{0,04 \cdot 0,33}{1} = 0,0132 \text{ m}^2.$$

Apskaičiuojame oro greitį džiovykloje:

$$w = \frac{V_s}{F}; \quad (5.1.1.9)$$

$$w = \frac{5,3 \cdot 10^{-6}}{0,0132} = 4 \text{ m/s}$$

Kadangi polimerų drėgmė yra kapiliarinė, todėl atsižvelgiant į tai, džiovavimo laikas turi būti šiek tiek ilgesnis. Buvo pasirinkta XINDONG firmos SDG – 12 serijos džiovykla, kurios parametrai pateikti 5.1.1.1 lentelėje.

**5.1.1.1 lentelė.** XINDONG džiovyklos parametrai [34]

<b>Maksimalus džiovinamas kiekis, kg</b>	12
<b>Galia, kW</b>	1,6
<b>Ilgis/plotis/aukštis, cm</b>	64/44/76

## 5.1.2 Žaliavos pakrovimo bunkerio projektavimas

Polimerinės granulės iš žaliavos laikymo bunkerio pneumatiniu transportu tiekiamos į pakrovimo bunkerį. Pakrovimo bunkeris – tai metalinė talpykla, skirta granuluotą medžiagą tiekti į ekstruderio cilindrą. Apskaičiuosime cilindrinio bunkerio diametrą  $D$ , m. Skaičiuojant, kad nesusidarytų per didelis granuliuotų stulpo slėgis į bunkerio sienelės ir į užgriebimo slėgį, priimame, kad polimero granuliuotų stulpo aukštis bunkeryje bus lygus 0,2 m. [7]

Apskaičiuosime efektyvios trinties koeficientą poliamidui 6 K:

$$K = \frac{1 - \sin(\varphi_{\text{efekt}})}{1 + \sin(\varphi_{\text{efekt}})}; \quad (5.1.2.1)$$

Čia:  $\varphi$  – birios medžiagos granuliuotų efektyvios trinties kampas

$$K = \frac{1 - \sin(28,4)}{1 + \sin(28,4)} = 0,355.$$

Apskaičiuojame slėgį pakrovimo bunkeryje  $P$ , Pa:

$$P = q \cdot g \cdot H; \quad (5.1.2.2)$$

Čia:  $q$  – polimero tankis,  $\text{kg/m}^3$ ;

$g$  – laisvasis kritimo greitis,  $\text{m/s}$ ;

$H$  – įkrovos aukštis,  $\text{m}$

$$P = 1130 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 3325,59 \text{ Pa.}$$

$$P = \frac{q_p \cdot g \cdot D}{4 \cdot f \cdot K}; \quad (5.1.2.3)$$

Čia:  $f$  – trinties koeficientas tarp polimero ir pakrovimo bunkerio sienelių;

$q_p$  – medžiagos piltinis tankis,  $\text{kg/m}^3$ ;

$D$  – skersmuo,  $\text{m}$ .

Iš formulės išsireiškiame ir apskaičiuojame bunkerio diametrą  $D$ , m:

$$D = \frac{P \cdot 4 \cdot f \cdot K}{q_p \cdot g};$$

$$D = \frac{3325,59 \cdot 4 \cdot 0,2 \cdot 0,355}{700 \cdot 9,81} = 0,14 \text{ m.}$$

Apskaičiuosime pakrovimo bunkerio talpą  $V$ ,  $\text{m}^3$ :

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}; \quad (5.1.2.4)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,14^2 \cdot 0,2}{4} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Dozavimo angos diametras yra nustatomas pagal santykį:

$$d = 0,4 \cdot D; \quad (5.1.2.5)$$

$$d = 0,4 \cdot 0,14 = 0,056 \text{ m.}$$

### 5.1.3 Liejimo mašinos ekstruderio su slankiojančiu sraigto projektavimas

Pagrindinis parametras, projektuojant ir pasirenkant ekstruderį, yra jo našumas – 4 kg/h, kuris išreiškiamas taip:

$$Q = 0,06 \cdot k \cdot q_p \cdot m \cdot v \cdot n; \quad (5.1.3.1)$$

Čia:  $Q$  – ekstruderio našumas, kg/val;

$k$  - sraigto kanalo užpildymo koeficientas;

$q_p$  - polimero granulių piltinis tankis,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$  - užkrovimų skaičius per vieną ciklą;

$v$  - sraigto kanalo gylis,  $\text{m}^3$ ;

$n$  - sraigto sukimosi dažnis, aps/val.

Rekomenduojamas sraigto sukimosi greitis, perdirbant poliamidą 6, yra 150 aps/min. Sraigto užpildymo koeficientas, kuris priklauso nuo žaliavos birumo ir suslėgimo galimybių, lygus 0,3.

Iš formulės išsireiškiame ir apskaičiuojame sraigto kanalo tūrį  $v$ ,  $\text{m}^3$ : [7]

$$v = \frac{Q}{0,06 \cdot k \cdot q_p \cdot m \cdot n};$$

$$v = \frac{4}{0,06 \cdot 0,3 \cdot 700 \cdot 1 \cdot 9000} = 3,52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

Įvertinus sraigto sukimosi ribą  $u$ , apskaičiuosime sraigto išorinį diametrą:

$$u = \pi \cdot D \cdot n; \quad (5.1.3.2)$$

Iš (5.9) išsireiškiame  $D$ :

$$D = \frac{u}{\pi \cdot n};$$

$$D = \frac{1320}{3,14 \cdot 9000} = 0,045 \text{ m.}$$

Toliau skaičiuojant sraigto ilgį, įvertinsime medžiagos savybes. Poliamidas 6 yra priskirtas prie kristalinių termoplastikų, kurie lydosi aukštoje temperatūroje per pakankamai trumpą laiką. Šioms medžiagoms rekomenduojamas sraigto ilgio (L) ir sraigto diametro (D) santykis yra nuo 20 iki 30 [5]. Taigi, pasirinkus L/D santykį apskaičiuosime sraigto ilgį: [7]

$$\frac{L}{D} = 20;$$

$$L = 20 \cdot D;$$

$$L = 20 \cdot 0,045 = 0,9 \text{ m.}$$

Atsižvelgiant į perdirbamos medžiagos fizikochemines savybes, apskaičiuosime visų trijų zonų sraigto ilgius: maitinimo, suspaudimo ir dozavimo.

Perdirbant poliamidų granules maitinimo zonos sraigto ilgis yra nuo 6 iki 8 darbinės sraigto dalies ilgio [7]:

$$L_{\text{mait}} = 7 \cdot D \tag{5.1.3.3}$$

$$L_{\text{mait}} = 7 \cdot 0,045 = 0,32 \text{ m.}$$

Suspaudimo ir lydymosi zonų sraigto ilgis priklauso nuo žaliavos atsparumo karščiui ir transportavimo greičio. Galima naudoti sraigtus su trumpa suspaudimo zona. Rekomenduojamos suspaudimo zonos ilgis gali būti nuo 4 iki 6 [7].

$$L_{\text{susp}} = 5 \cdot D; \tag{5.1.3.4}$$

$$L_{\text{susp}} = 5 \cdot 0,045 = 0,23 \text{ m.}$$

Apskaičiuojame trečiosios, dozavimo zonos, sraigto ilgį:

$$L_{\text{doz}} = L - L_{\text{mait}} - L_{\text{susp}}; \tag{5.1.3.5}$$

$$L_{\text{doz}} = 0,9 - 0,32 - 0,23 = 0,35 \text{ m.}$$

Optimaliais laikomi sraigtai kurių sraigtinės linijos kilimo kampas  $\varphi \sim 17^{\circ} - 18^{\circ}$ . Tada sraigto žingsnis (t) yra lygus išoriniam sraigto diametru (D). [13] Apskaičiuojame sraigto visų zonų tūrinius našumus. [7]

Bendras tūris skaičiuojamas:

$$v = \pi \cdot \frac{(D^2 \cdot d^2)}{4} \cdot (t - e); \tag{5.1.3.6}$$

Čia: D – sraigto išorinis diametras, m;

e – vijos plotis, m;

$d$  – sraigto šerdies skersmuo, m;

$t$  – žingsnis, m.

$$v_{\text{mait}} = 3,14 \cdot \frac{(0,045^2 - 0,022^2)}{4} (0,045 - 0,0018) = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3;$$

$$v_{\text{susp}} = 3,14 \cdot \frac{(0,045^2 - 0,024^2)}{4} (0,045 - 0,0018) = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3;$$

$$v_{\text{doz}} = 3,14 \cdot \frac{(0,045^2 - 0,027^2)}{4} (0,045 - 0,0018) = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

Suspaudimo laipsnis – tai dozavimo ir maitinimo zonų sraigto kanalų tūrinis santykis ( $f_{\text{susp}}$ ). Jo reikšmės gali būti nuo 1:1,5 iki 1:5. [14]

Apskaičiuojame sraigto suspaudimo laipsnį:

$$f_{\text{susp}} = v_{\text{doz}} \div v_{\text{mait}}; \quad (5.1.3.7)$$

$$f_{\text{susp}} = 4,4 \cdot 10^{-5} \cdot 5,2 \cdot 10^{-5};$$

$$f_{\text{susp}} = 1:1,18.$$

Nustačius pagrindinius injekcinės mašinos ekstruderio parametrus pasirinkta GreatPlast firmos Classic series TR140 B. Liejimo mašinos techniniai duomenys pateikti 5.1.3.1 lentelėje.

**5.1.3.1 lentelė.** Classic series TR140 B liejimo mašinos techniniai duomenys [22]

<b>Sraigto skersmuo, mm</b>	45
<b>Sraigto ilgio ir diametro santykis, L/D</b>	20
<b>Liejimo slėgis, MPa</b>	159,2
<b>Injekcijos svoris, g</b>	253
<b>Bendroji galia, kW</b>	15
<b>Ilgis/plotis/aukštis, m</b>	4,56/1,22/2,1
<b>Maksimalus Sraigto sukimosi greitis, r/min</b>	190

#### 5.1.4 Presformos aušinimo parametrų skaičiavimai

Aušinimo metu liejinys yra tol aušinamas, kol yra pasiekama formos išlaikymo temperatūra. Aušinimo agentas yra vanduo, jis pasižymi ekonomišku ir gera šilumos pernaša. Poliamido 6 formos išlaikymo temperatūra yra 65 °C, todėl liejinį reikia atvėsinti mažiausiai iki 60°C, kad detalė nesideformuotų ir išlaikytų savo formą išėmimo metu. Formoje sušilusiam vandeniui atvėsinti naudosime kompresorinį aušintuvą. [13]

Apskaičiuosime šilumos srautą, kuris susidaro prie formos sienelės, kuri ribojasi su aušinamu gaminiu:

$$Q = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{\frac{\delta}{\lambda}} \cdot F; \quad (5.1.4.1)$$

Čia:  $Q$  – perduodamos šilumos srautas, W;

$t_{p2}$  ir  $t_{p1}$  – sienelės temperatūra prie aušinančio agento ir polimero lydalo, °C;

$F$  – šilumos perdavimo paviršiaus plotas, m<sup>2</sup>;

$\delta$  – sienelės storis, m;

$\lambda$  – sienelės šiluminio laidžio koeficientas, W/(m·K).

Dydis  $\frac{\delta}{\lambda}$  vadinamas plokščios sienelės varža.

$$Q = \frac{260 - 60}{\frac{0,015}{46,5}} \cdot 0,0713 = 44206 \text{ W.}$$

Apskaičiuojame aušinančio vandens debitą:

$$G_v = \frac{Q}{c_v \cdot (t_2 - t_1)}; \quad (5.1.4.2)$$

Čia:  $G_v$  – vandens masės debitas, kg/s;

$c_v$  – vandens savitoji izobarinė šiluminė talpa, kJ/(kg·K);

$t_1$  ir  $t_2$  – įtekančio ir ištekančio aušinančio agento temperatūros, °C.

$$G_v = \frac{44206}{4,19(60 - 20)} = 263,75 \text{ kg/s} = 0,263 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Apskaičiuojame vandens greitį formoje  $w$ , m/s:

$$w = \frac{G_v}{f}; \quad (5.1.4.3)$$

Čia:  $w$  – vandens greitis formoje m/s;

$f$  - aušinančio kanalo skerspjūvio plotas, m<sup>2</sup>.

$$w = \frac{0,263}{0,06} = 4,38 \text{ m/s}.$$

Apskaičiuojame vandens siurblio galią  $N$ , kW:

$$N = \frac{V \cdot q \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta}; \quad (5.1.4.4)$$

Čia:  $N$  – siurblio naudingoji galia, kW;

$V$  – siurblio našumas, m<sup>3</sup>/s;

$q$  – skysčio tankis, kg/m<sup>3</sup>;

$H$  – siurblio slėgio aukštis, m;

$\eta$  – siurblio naudingumo koeficientas.

$$N = \frac{0,263 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,75} = 4,9 \text{ kW}.$$



Aušinimui pasirinkome kompresorinį aušintuvą KI LSW 20S. Aušinančiu vandeniu formą aprūpina cirkuliacinis siurblys. Aušinimo sistemos duomenys pateikti 5.1.4.1 lentelėje.

**5.1.4.1 lentelė.** Aušinimo įrengimų techniniai duomenys [37]

<b>Cirkuliacinio siurblio galia, kW</b>	5
<b>Aušintuvo galia, kW</b>	12,96
<b>Aušintuvo matmenys, ilgis/plotis/aukštis, m</b>	1,8/1/1,25

### 5.1.5 Detalių aušinimo laiko apskaičiavimas

Vidutinis gaminio sienelės storis 30 mm, įvertinus lydalo ir formos temperatūras galime apskaičiuoti vidurkinę bedimensinę temperatūrą:

$$\theta = \frac{T - T_1}{T_0 - T_1}; \quad (5.1.5.1)$$

Čia:  $T$  – formos išlaikymo temperatūra, °C;  $T_0$  – polimero temperatūra įšvirkščiant į presformą, °C;  $T_1$  – aplinkos temperatūra, °C.

$$\theta = \frac{60 - 20}{260 - 20} = 0,1666.$$

Iš priklausomybės  $\theta = f\left(\frac{x}{b}\right)$  nustatome bedimensinį laiką  $t^*$ .

Kadangi  $\theta = 0,1666$ , tai  $\frac{\alpha \cdot \tau}{b^2} = t^* \approx 0,17$ , kur  $t^*$  - bedimensinis laikas.

Apskaičiuojame laiką, per kurį poliamidinės detalės vidiniai sluoksniai atauštą iki 60 °C.

$$t^* = \frac{t \cdot k}{\rho \cdot C_p \cdot b^2}; \quad (5.1.5.2)$$

Čia:  $t$  – laikas, s;  $b$  – pusė gaminio storio, m;  $C_p$  – šiluminė talpa, kJ/(kg·K);  $\rho$  – tankis, kg/m<sup>3</sup>.

$$t = \frac{t^* \cdot \rho \cdot C_p \cdot b^2}{k};$$

$$t = \frac{0,17 \cdot 1130 \cdot 1,45 \cdot (0,015)^2}{0,25} = 0,25 \text{ s}$$

Apskaičiuojame praktinį aušinimo laiką:

$$t_{auš} = d \cdot (1 + 2 \cdot d); \quad (5.1.5.3)$$

Čia:  $d$  – pusė aušinamos sienelės storio, mm.

$$t_{auš} = 15 \cdot (1 + 2 \cdot 15) = 465 \text{ s} = 7,75 \text{ min.}$$

Detalės iš poliamido 6 bus aušinamos 7,75 minutes.

## 5.2 Polistireno granulių perdirbimo į gaminius linijos projektavimas

### 5.2.1 Granulių maišymo su pigmentu įrenginio projektavimas

Prieš tiekiant į injekcinio liejimo mašiną polistireną granulės yra maišomos su oranžinės spalvos granuliuotu pigmentu. Pagal technologinį reglamentą šio pigmento mišinyje turi būti 2%. Reikia įvertinti pigmento stiprumą, kadangi yra maišomas su sausa medžiaga, tam kad maišymo metu nesutrupėtų. [7]

Apskaičiuojame polimero įkrovos tūrį  $V$ ,  $m^3$ :

$$V = \frac{m}{q_p}; \quad (5.2.1.1)$$

Čia:  $m$  – medžiagos masė, kg;

$q_p$  – granulių piltinis tankis,  $kg/m^3$ .

$$V_{granulių} = \frac{120}{641} = 0,18 \text{ m}^3.$$

Apskaičiuojame pigmento kiekį, kuris reikalingas sumaišymui su polimerine žaliava  $m_{pigmento}$ , kg:

$$m_{pigmento} = \frac{120 \cdot 2}{100} = 2,4 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame pigmento įkrovos tūrį  $V$ ,  $m^3$ :

$$V_{pigmento} = \frac{2,4}{641} = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

$$V = V_{granulių} + V_{pigmento};$$

$$V = 0,18 + 3,7 \cdot 10^{-3} = 0,1804 \text{ m}^3.$$

Apskaičiuojame optimalų maišymo talpoje granulių aukštį  $H$ , m:

$$H = 0,9 \cdot D; \quad (5.2.1.2)$$

$$H = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \text{ m}.$$

Apskaičiuojame maišyklės skerspjūvio plotą  $F$ ,  $m^2$ :

$$F = \frac{V}{H}; \quad (5.2.1.3)$$

$$F = \frac{0,1804}{0,45} = 0,40 \text{ m}^2.$$

Apskaičiuojame maišyklės propelerio diametrą  $d_{pr}$ , m:

$$d_{pr} = \frac{H}{3,5}; \quad (5.2.1.4)$$

$$d_{pr} = \frac{0,45}{3,5} = 0,13 \text{ m.}$$

Apskaičiuojame maišyklės maišymo plotą  $F_m$ ,  $m^2$ :

$$F_m = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot d_{pr}^2}{4}; \quad (5.2.1.5)$$

$$F_m = 0,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,13^2}{4} = 0,011 \text{ m}^2.$$

Apskaičiavus svarbiausius maišyklės parametrus, sausam mišiniui homogenizuoti pasirinkome Mitex MTV-150 modelio maišyklę. Maišyklės techniniai parametrai pateikti 5.2.1.1 lentelėje.

**5.2.1.1 lentelė.** Mitex MTV-150 maišyklės techniniai parametrai [35]

<b>Maksimalus maišomas svoris, kg</b>	150
<b>Tūris, <math>m^3</math></b>	0,5
<b>Maišymo talpos diametras, m</b>	0,55
<b>Variklio galingumas, kW</b>	4
<b>Ilgis/plotis/aukštis, m</b>	1,13/1,13/1,40

## 5.2.2 Žaliavos pakrovimo bunkerio projektavimas

Žaliavos granulės sumaišytos su pigmentu pneumotransportu tiekiamos į pakrovimo bunkerį. Apskaičiuosime bunkerio diametrą  $D$ . Skaičiavimuose priimame, kad medžiagos stulpo aukštis bunkeryje siekia 0,3 m. [7]

Pagal 5.1.2.1 formulę apskaičiuojame polistireno efektyvios trinties koeficientą  $K$ :

$$K = \frac{1 - \sin(28,4)}{1 + \sin(28,4)} = 0,355.$$

Pagal 5.1.2.2 formulę apskaičiuojame pakrovimo bunkerio slėgį  $P$ , Pa:

$$P = 1050 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 3090,15 \text{ Pa.}$$

Pagal 5.1.2.3 formulę apskaičiuojame pakrovimo bunkerio diametrą, išsireiškiant iš formulės  $D$ , m:

$$D = \frac{3090,15 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 0,355}{641 \cdot 9,81} = 0,2 \text{ m.}$$

Pagal 5.1.2.4 formulę apskaičiuojame pakrovimo bunkerio talpą  $V$ ,  $m^3$ :

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 0,3}{4} = 0,009 \text{ m}^3.$$

Pagal 5.1.2.5 formulę apskaičiuojame dozavimo angos diametrą  $d$ , m:

$$d = 0,4 \cdot 0,009 = 0,0036 \text{ m.}$$

### 5.2.3 Liejimo mašinos ekstruderio su slankiojančiu sraigtu projektavimas

Ekstruderio, kurį projektuojame polistireno granulėms perdirbti našumas yra 2 kg/h, kuris apskaičiuojamas pagal 5.1.3.1 formulę.

Rekomenduojamas sraigto sukimosi greitis yra 190 aps/min, sraigto užpildymo koeficientas, kuris priklauso nuo žaliavos birumo ir suslėgimo galimybių, yra lygus 0,3 [14].

Pagal 5.1.3.1. formulę apskaičiuojame sraigto kanalo tūrį  $v$ ,  $m^3$ :

$$v = \frac{2}{0,06 \cdot 0,3 \cdot 641 \cdot 1 \cdot 11400} = 1,52 \cdot 10^{-5} m^3.$$

Pagal 5.1.3.2 formulę apskaičiuojame sraigto išorinį diametrą  $D$ ,  $m$  įvertinus sraigto sukimosi ribą  $u$ :

$$D = \frac{1320}{3,14 \cdot 11400} = 0,037 m.$$

Toliau skaičiuojant sraigto ilgį įvertinome polistireno savybes. Rekomenduojamas sraigto ilgio ( $L$ ) ir sraigto diametro ( $D$ ) santykis yra nuo 20 iki 30 [13]. Taigi, pasirinkus  $L/D$  santykį apskaičiuojame sraigto ilgį:

$$\frac{L}{D} = 20;$$

$$L = 20 \cdot D;$$

$$L = 20 \cdot 0,037 = 0,74 m.$$

Atsižvelgiant į perdirbamos medžiagos fizikochemines savybes apskaičiuosime visų trijų zonų sraigto ilgius: maitinimo, suspaudimo ir dozavimo.

Perdirbant polistireno granules, maitinimo zonos sraigto ilgis yra nuo 6 iki 8 darbinės sraigto dalies ilgio [13]. Pagal 5.1.3.3 formulę apskaičiuojame sraigto ilgį maitinimo zonoje: [7]

$$L_{mait} = 7 \cdot 0,034 = 0,238 m.$$

Suspaudimo ir lydymosi zonų sraigto ilgis priklauso nuo žaliavos atsparumo karščiui ir transportavimo greičio. Galima naudoti sraigtus su trumpa suspaudimo zona. Rekomenduojamos suspaudimo zonos ilgis gali būti nuo 4 iki 6. Pagal 5.1.3.4 formulę apskaičiuojame sraigto ilgį suspaudimo zonoje: [7]

$$L_{susp} = 5 \cdot 0,034 = 0,17 m.$$

Pagal 5.1.3.5 formulę apskaičiuojame trečiosios, dozavimo zonos, sraigto ilgį:

$$L_{doz} = 0,74 - 0,238 - 0,17 = 0,332 m.$$

Optimaliais laikomi sraigtai kurių sraigtinės linijos kilimo kampas  $\varphi \sim 17^0 - 18^0$ . Tada sraigto žingsnis ( $t$ ) yra lygus išoriniam sraigto diametru ( $D$ ). Apskaičiuojame sraigto visų zonų tūrinius našumus. [7]

Pagal 5.1.3.6 formulę apskaičiuojame sraigto visų trijų zonų tūrinius našumus  $v$ ,  $m^3$ :

$$v_{susp} = 3,14 \cdot \frac{(0,034^2 - 0,022^2)}{4} (0,034 - 0,0018) = 1,6 \cdot 10^{-5} m^3;$$

$$v_{mait} = 3,14 \cdot \frac{(0,034^2 - 0,024^2)}{4} (0,034 - 0,0018) = 1,4 \cdot 10^{-5} m^3;$$

$$v_{doz} = 3,14 \cdot \frac{(0,034^2 - 0,027^2)}{4} (0,034 - 0,0018) = 1,1 \cdot 10^{-5} m^3.$$

Suspaudimo laipsnis – tai dozavimo ir maitinimo zonų sraigto kanalų tūrinis santykis ( $f_{susp}$ ) [13].

Pagal 5.1.3.7 formulę apskaičiuojame sraigto suspaudimo laipsnį:

$$f_{susp} = 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1,1 \cdot 10^{-5};$$

$$f_{susp} = 1 : 0,78.$$

Nustačius pagrindinius injekcinės mašinos ekstruderio parametrus pasirinkta GreatPlast firmos Classic series TR100 B. Mašinos techniniai parametrai pateikti 5.2.3.1 lentelėje.

**5.2.3.1 lentelė.** Classic series TR100 B liejimo mašinos techniniai duomenys [23]

<b>Sraigto skersmuo, mm</b>	38
<b>Sraigto ilgio ir diametro santykis, L/D</b>	20
<b>Liejimo slėgis, MPa</b>	29,8
<b>Injekcijos svoris, g</b>	169
<b>Bendroji galia, kW</b>	13
<b>Ilgis/plotis/aukštis, m</b>	3,9/1,1/2
<b>Maksimaus sraigto sukimosi greitis r/min</b>	212

## 5.2.4 Presformos aušinimo parametrų skaičiavimai

Aušinimo metu liejinys yra tol aušinamas, kol yra pasiekama formos išlaikymo temperatūra. Aušinimo agentas yra vanduo, jis pasižymi ekonomiškumu ir gera šilumos pernaša. Polistireno išlaikymo temperatūra yra 50 °C, todėl liejinį reikia atvėsinti mažiausiai iki 45°C, kad detalė nesideformuotų ir išlaikytų savo formą išėmimo metu. Formoje sušilusiam vandeniui atvėsinti naudosime kompresorinį aušintuvą. [7]

Pagal 5.1.4.1 formulę apskaičiuojame šilumos srautą, kuris susidaro prie formos sienelės, kuri ribojasi su aušinamu gaminiu  $Q$ ,  $W$  :

$$Q = \frac{260 - 45}{\frac{0,012}{36,2}} \cdot 0,03 = 19457 W.$$

Pagal 5.1.4.2 formulę apskaičiuojame aušinančio vandens debitą  $G_v$ ,  $m^3/s$ :

$$G_v = \frac{19457}{4,19(55 - 20)} = 128 \text{ kg/s} = 0,128 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

Pagal 5.1.4.3 apskaičiuojame vandens greitį  $w$ , m/s:

$$w = \frac{0,128}{0,06} = 2,13 \text{ m/s}.$$

Pagal 5.1.4.4 formulę apskaičiuojame vandens siurblio galią  $N$ , kW:

$$N = \frac{0,128 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,75} = 2,5 \text{ kW}$$

Aušinimui pasirinkome kompresorinį aušintuvą KI LSW 20S. Aušinančiu vandeniu formą aprūpina cirkuliacinis siurblys. Techniniai aušintuvo parametrai pateikti 5.1.4.1 lentelėje [8].

## 5.2.5 Detalių aušinimo laiko apskaičiavimas

Vidutinis gaminio vidutinis storis yra 24 mm, įvertinus lydalo ir formos temperatūras galime apskaičiuoti vidurkinę bedimensinę temperatūrą pagal 5.1.5.1 formulę:

$$\theta = \frac{T - T_1}{T_0 - T_1};$$

Čia:  $T$  – formos išlaikymo temperatūra, °C;  $T_0$  – polimero temperatūra įsvirkščiant į presformą, °C;  $T_1$  – aplinkos temperatūra, °C.

$$\theta = \frac{50 - 20}{260 - 20} = 0,125.$$

Iš priklausomybės  $\theta = f\left(\frac{x}{b}\right)$  nustatome bedimensinį laiką  $t^*$ .

Kadangi  $\theta = 0,125$ , tai  $\frac{\alpha \cdot \tau}{b^2} = t^* \approx 0,17$ , kur  $t^*$  – bedimensinis laikas.

Apskaičiuojame pagal 5.1.5.2 formulę, laiką, per kurį poliamidinės detalės vidiniai sluoksniai atauštą iki 45 °C.

$$t^* = \frac{t \cdot k}{\rho \cdot C_p \cdot b^2};$$

Čia:  $t$  – laikas, s;  $b$  – pusė gaminio storio, m;  $C_p$  – šiluminė talpa, kJ/(kg·K);  $\rho$  – tankis, kg/m<sup>3</sup>.

$$t = \frac{t^* \cdot \rho \cdot C_p \cdot b^2}{k};$$

$$t = \frac{0,17 \cdot 1050 \cdot 1,45 \cdot (0,0012)^2}{0,25} = 0,14 \text{ s}$$

Apskaičiuojame praktinį aušinimo laiką pagal formulę 5.1.5.3:

$$t_{auš} = d \cdot (1 + 2 \cdot d);$$

Čia:  $d$  – pusė aušinamos sienelės storio, mm.

$$t_{auš} = 12 \cdot (1 + 2 \cdot 12) = 300 \text{ s} = 5 \text{ min}$$

## 6. Technologinių procesų energetinis aprūpinimas

### 6.1 Jėgos įrenginių galios skaičiavimas

Visi naudojami injekcinio liejimo procese įrenginiai surašyti į 6.1.1 lentelę.

**6.1.1 lentelė.** Technologinių įrenginių galios duomenys

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Įrenginių skaičius n, vnt.	Įrenginio galia P, kW	Bendroji galia P*n, kW
1.	Classic series TR140B liejimo mašina	10	15	150
2.	Classic series TR100 B liejimo mašina	8	13	104
3.	Cirkuliacinis siurblys	18	3	54
4.	Žaliavos pneumatinis transporteris	1	19	19
5.	Vandens siurblys	18	1,37	24,66
6.	Šaldytuvas	1	3	3
7.	XINDONG Džiovykla	10	1,6	16
8.	Mitex MTV-150 maišyklė	8	4	32
9.	Kompresorius	18	12,96	233,28

Bendroji visų įrenginių galia apskaičiuojama susumuojant atskirų įrenginių bendrąsias galias:

$$P_j = 635,94 \text{ kW} \quad (6.1.1)$$

Pasirinkus jėgos įrenginių paklausos koeficientą  $k_{pj}$  apskaičiuojame reikalingą elektros energijos galią.

$$P_{mj} = P_j \times k_{pj}, \text{ kW} \quad (6.1.2)$$

$$P_{mj} = 635,94 \times 0,5 = 317,97 \text{ kW}$$

Pagal žemiau pateiktą formulę, apskaičiuosime kiek sunaudojama elektros energijos per metus, atsižvelgdami į įmonės darbo trukmę.

$$W_j = P_j \times T_{mj}, \text{ kWh} \quad (6.1.3)$$

$$W_j = 317,97 \times 5\,760 = 1\,831\,507,2 \text{ kWh}$$

Visos įmonės didžiausia aktyvioji galia:

$$P_m = P_{ma} + P_{mj}, \text{ kW} \quad (6.1.4)$$

$$P_m = 13,83 + 317,97 = 331,8 \text{ kW}$$

Visos projektuojamos įmonės didžiausia pilnutinė galia:

$$S_m = \frac{P_m}{\cos \varphi}, \text{ kVA}; \quad (6.1.5)$$

$$S_m = \frac{331,8}{0,95} = 349,26 \text{ kVA}$$

Visos projektuojamos įmonės sunaudojama elektros energija per metus apskaičiuojama su žemiau pateikta lygtimi:

$$W = W_a + W_j, kWh; \quad (6.1.6)$$

$$W = 79\,660,8 + 1\,831\,507,2 = 1\,911\,168 kWh$$



## **7. Darbuotojų sauga ir sveikata**

### **7.1 Projektuojamo objekto charakteristika**

Projektuojama įmonė bus statoma Kauno Laisvosios Ekonomikos Zonoje (LEZ), kuri yra 12 km nutolusi į rytus nuo Kauno miesto. Kauno LEZ yra pritaikyta vykdyti gamybos bei sandėliavimo veiklą.

Projektuojamoje įmonėje bus gaminamos detalės automobilių pramonei. Naudojamas technologinis procesas – injekcinis liejimas. Gamyboje naudojamos žaliavos bus poliamidas 6 (PA6) ir polistirenas (PS), taip pat bus naudojami įvairių spalvų pigmentai. Visos žaliavos bus perkamos. Gaunama žaliava bus sandėliuojama žaliavų – produktų sandėlyje. Atitinkamas polimerinių žaliavų kiekis bus tiekiamas į injekcinio liejimo mašiną. Čia žaliava bus lydoma ir homogenizuojama. Vėliau išvirkščinama į uždara presformą, kur vyksta detalės aušinimas. Pasibaigus aušinimui presforma atsirado ir iškalama detalė. Gauta produkcija sudedama į kartonines dėžes ir transportuojamos į sandėlį.

Pagal sanitarines apsaugos zonų ribų įstatymą ir atsižvelgus į gaminamą produkciją – sanitarinės apsauginės zonos dydis 300 m, trašos rūšis – cheminė, fizinė. Naudojama žaliava yra polistirenas kaitinamas skleidžia naudingas dujas – stireną. Tačiau pagal higienos normų HN 23:20011 nurodytų ribų neviršija. Taip pat įmonėje bus montuojama vėdinimo sistema. [39]

### **7.2 Profesinės rizikos vertinimas**

Profesinės rizikos vertinimo tikslas – ištirti esamą ar galimą profesinę riziką darbe ir numatyti jo prevencijos ir mažinimo priemones. Rizika - darbuotojo traumos ar kitokio sužeidimo galimybė dėl kenksmingos ar pavojingos darbo aplinkos.

Profesinės rizikos vertinimas prasideda nuo rizikos veiksnių indentifikavimo, darbo vietų, kuriose darbuotojai gali būti veikiami rizikos veiksnių. [38]

Rizikos indentifikavimas tai nuodugni žmonėms kenksmingų veiksnių darbo vietos analizė.

Profesinės rizikos veiksnių indentifikavimo ir kiekybinio įvertinimo rezultatai pateikti 7.2.1 lentelėje

**7.2.1 lentelė.** Profesinės rizikos indentifikavimo ir kiekybinio įvertinimo rezultatai.

Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai	Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta	Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas	Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas	Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis	Prevencijos priemonių būtinumas
Cheminis veiksnys – cheminės žaliavos: polimerinės granulės	Injekcinio liejimo mašinoje, ceche.	-	-	Gamybos metu, 8h	Odos ir kvėpavimo takų apsaugos priemonės, cecho ventiliacija
Cheminis veiksnys - dulkės	Sandėlyje, džiovykloje, ceche.	-	Organinės frakcijos įkvepiamų dulkių ilgalaikio poveikio ribinis dydis 3 mg/m <sup>3</sup>	Gamybos metu arba sandėlyje	Cecho ir sandėlio ventiliacija, kvėpavimo takų apsauga, dulkių filtrai, surinktuvai.
Cheminis veiksnys – išsiskiriančios kenksmingos dujos	Injekcinio liejimo mašinoje	-	Stireno (stirolo) ilgalaikio poveikio ribinė vertė 90 mg/m <sup>3</sup> .	Gamybos metu	Kvėpavimo takų apsaugos priemonės
Fizikinis veiksnys - triukšmas	Ceche, injekcinio liejimo mašinoje, džiovykloje, maišyklėje	80 dBA	L <sub>E8h</sub> = 87 dBA	Gamybos metu	Ausinės, ausų kamštukai
Fizikinis veiksnys – šilumos spinduliavimas	Ceche, injekcinio liejimo mašinos įkaitęs cilindrinis korpusas	-	Žmogaus kūno paviršiaus atspinduliavimas 25-50 %, šiluminio spinduliavimo intensyvumas ne daugiau kaip 70 W/m <sup>2</sup>	Gamybos metu	Apsauginės pirštinės, įrenginių izoliacija
Fizikinis veiksnys – elektros srovė	Elektros įrenginiai	-	0,3 mA 2V	Gamybos metu	Įžeminimas, įnulinimas, avarinis išjungimas, apsauginės priemonės:

					dielektrinės pirštinės, batai, kilimėliai
Fizikinis veiksnys – judančios įrengimų dalys	Technologiniai įrenginiai	-	-	-	Aptvarai, hermetiniai gaubtai, išpėjamieji ženklai, blokavimo įrenginiai
Ergonominis veiksnys - monotomija	Detalių surinkimas, ceche	-	-	Detalių surinkinėjimo metu	Pertraukėlės darbo metu, darbo vietos pakeitimas.

Nustatoma patalpų, pastatų, papildomų įrenginių kategorijas pagal sprogimo ir gaisro pavojų, atsižvelgiant į patalpose esančias ir technologiniame procese dalyvaujančias medžiagas bei jų kiekius. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ir kiekiai pateikiami 7.2.2 lentelėje.

**7.2.2 lentelė.** Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai. [1,2 priedai]

Medžiagos pavadinimas	Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t	Plūpsnio temperatūra, °C	Sprogimo ribos		Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C	Užsidegimo temperatūra, °C
			Apatinė	Viršutinė		
Poliamidas 6	0,73	-	-	-	377	>350
Polistirenas	0,4	>200	-	-	440	345-360
Pigmentai	0,25	-	-	-	-	-

Įvertinus naudojamas chemines žaliavas, darbo priemones, technologinius procesus yra suskirstomos į zonas tos vietos, kuriose gali susidaryti sprogi aplinka. Taigi projektuojamos įmonės sandėlis ir cechais priskiriami 22 zonai. Tai yra tokia vieta, kurioje, dirbant normaliu režimu, negali susidaryti sprogi aplinka, kurią sudaro ore esantis degių dulkių debesis (pvz. džiovykloje). Patalpos priskiriamos D<sub>g</sub> kategorijai, nes čia karštos, įkaitusios, išlydytos nedegios medžiagos; medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuojama šiluma, išsiskiria kibirkštys ar liepsna. Pastatas priskiriama pagal sprogimo ir gaisro pavojų C<sub>g</sub>. Įvertinus papildomus įrenginius buvo pritaikyta sprogimo ir gaisro pavojaus kategorija – D<sub>gi</sub>. Kai įrangoje yra karštos, įkaitusios ar išlydytos nedegios medžiagos, kurias apdorojant išspinduliuoja šilumą, kibirkštį ar liepsną.

### 7.3 Saugi gamyba

Darbuotojų sauga ir sveikata – tai visos prevencinės priemonės, skirtos darbuotojų darbingumui, sveikatai ir gyvybei darbe išsaugoti. Saugi gamyba planuojama ir naudojama visose įmonės veiklos etapuose, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo profesinės rizikos.

Rizikos fizinės veiksniai – dėl kurių darbuotojas gali patirti ūmių sveikatos sutrikimų arba net mirti. Pavojai gali būti: paslydimas, griuvimas, sutrenkimas, įsidūrimas, krintančių daiktų traumos bei elektros srovės traumos. [38]

*Darbuotojų saugai ir sveikatai užtikrinti naudojamos prevencinės priemonės:*

Į darbo vietą priimami darbuotojai nejaunesni negu 18 metų. Prieš dirbdamas darbuotojas būtinai turi išklausyti įvadinį saugos ir sveikatos instruktavimą. Taip pat susipažinti su darbo saugos ir priešgaisrinės saugos instrukcijomis.

Visi technologiniai įrenginiai ceche bus išdėstomi taip, kad nekeltų nelaimingų atsitikimų pavojaus ir grėsmės sveikatai bei gyvybei. Taigi visi įrenginiai turi būti saugūs dirbant visais režimais. Bus efektyviai apsaugotos visos pavojingos jų zonos.

Gamybos proceso išdėstymas bus atliekamas taip:

- Atskirų gamybos procesų išdėstymas vienas kito atžvilgiu;
- Įrenginių išdėstymas kiekvienoje darbo vietoje.

Darbuotojai bus aprūpinti asmeninėmis bei kolektyvinėmis apsaugos priemonėmis, kuriomis darbuotojai bus mokami tinkamai naudotis ir privalės jų laikytis. Bus montuojami saugos ženklai, kurie perspės apie galimus pavojus. Taip pat bus organizuojami privalomi periodiniai sveikatos patikrinimai.

Darbuotojai atvykdami į darbą turi priimti pamainą ir pasirašyti į atitinkamą žurnalą. Turi patikrinti ar visi įrenginiai, įrankiai, įtaisai yra tinkami naudoti darbui. Taip pat turi patikrinti vėdinimo sistemas, įžeminimą ir apšvietą. Jei randami pažeidimai, privaloma apie juos pranešti gamybos meistriui. Taip pat darbininkas turi įsitikinti ar jo darbo vieta yra tvarkinga, neslidi. Jei išbarstyti produktai ar žaliavos, nedelsiant turi būti sušluota. Patikrinti ar darbo vietoje yra visos asmeninės bei darbo apsauginės priemonės. [9]

Jei darbuotojui atrodo, kad darbo vietoje ar patalpose kyla grėsmė darbuotojų saugai bei sveikatai, darbuotojas privalo nedelsiant pranešti darbdaviui, padalinio vadovui, darbuotojų atstovui, įmonės saugos ir sveikatos tarnybai, darbuotojų saugos ir sveikatos komitetui.

Visos gesinimo priemonės yra tvarkingos ir išdėstytos aiškiai matomoje ir lengvai pasiekiamoje vietoje. Rūkyti plastmasinių detalių gamybos ceche griežtai draudžiama. Darbuotojams bus įrengta atskira rūkymo patalpa. Darbuotojas privalo laikytis priešgaisrinės saugos instrukcijos taisyklių, jei kiltų gaisras turi pranešti ugniagesiams, padalinio vadovui. Gesinti gaisrą su esančiomis gesinimo priemonėmis. [16]

Taip pat griežtai draudžiama darbe vartoti alkoholinius gėrimus ar narkotines medžiagas, darbuotojas privalo laikytis įmonės vidaus darbo taisyklių. Norint išvengti mechaninių susižalojimų reikia griežtai laikytis technologinio reglamento bei įrenginių eksploatavimo

instrukcijų, taip pat darbo saugos, priešgaisrinės saugos, civilinės saugos instrukcijų reikalavimų.

Elektros įrenginių eksploatavimo patalpos skirstomos pagal elektros srovės pavojingumą į tris kategorijas: [15]

- Labai pavojinga patalpa;
- Pavojinga patalpa;
- Normali (nepavojinga) patalpa.

Atsižvelgus į projektuojamos įmonės vykdančią veiklą, liejimo cechas ir visas pastatas yra priskiriamas normali (nepavojinga) patalpa.

Technologinius įrenginius maitins 380/220 V elektros srovė, todėl atvirų laidų, kabelių, kuriais teka elektros srovė. Eksploatuojant elektros įrenginius, norint apsaugoti žmogų nuo pavojaus, bus naudojami šie būdai: [15]

- Įnulinimas;
- Įžeminimas, elektros įrenginių laidžius elektrai korpusus;
- Vizualinės signalizacijos naudojimas;
- Signalinių spalvų ir ženklų naudojimas;
- Panaudojant apsaugai skirtus įtaisus ir priemones.

## 7.4 Pastato apsaugos nuo žaibo įrenginio skaičiavimas

Projektuojamos įmonės statiniui bus parinkta apsauga nuo tiesioginių žaibų smūgių – žaibolaidis bei apskaičiuojama žaibolaidžio apsaugos zona. Taip pat bus parinktas įžemiklis. [30]

Norint apskaičiuoti žaibolaidžio apsaugos zoną, reikalingi pagrindiniai pastato duomenys, kurie pateikti 7.4.1 lentelėje.

### 7.4.1 lentelė. Pagrindiniai pastato duomenys

Rodiklis	Matmenys, m
Pastato ilgis $a_p$ , m	67
Pastato plotas $b_p$ , m	73
Pastato aukštis $h_p$ , m	6
Atstumas tarp pastato ir žaibolaidžio $a_{pž}$ , m	11,17

Laukiamų žaibo smūgių skaičius per metus į pastatą apskaičiuojamas pagal 7.1 formulę.

$$N = (a_p + 6 \times h_p) \times (b_p + 6 \times h_p) \times 2 \times 10^{-6} = (67 + 6 \times 6) \times (73 + 6 \times 6) \times 2 \times 10^{-6} = 2,2 \times 10^{-2} \quad (7.4.1)$$

*Apsaugos zonos nuo žaibo smūgių skaičiavimas [30]*

Orientacinis žaibolaidžio aukštis siekia 43 m.

Apsaugos zonos aukštis apskaičiuojamas pagal 7.2 formulę:

$$h_0 = 0,85 \times h \quad (7.4.2)$$

$$h_0 = 0,85 \times 43 = 36,55 \text{ m.}$$

Apsaugos zonos spindulys žemės paviršiuje  $r_0$ , apskaičiuojamas pagal 7.3 formulę:

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \times h) \times h \quad (7.4.3)$$

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \times 43) \times 43 = 43,6 \text{ m.}$$

Apsaugos zonos spindulys  $r_x$  aukštyje  $h_x$ , nuo žemės, apskaičiuojamas pagal 7.4 formulę:

$$r_x = (1,1 - 0,002 \times h) \times \left( h - \frac{h_p}{0,85} \right) \quad (7.4.4)$$

$$r_x = (1,1 - 0,002 \times 43) \times \left( 43 - \frac{6}{0,85} \right) = 36,44 \text{ m}$$

Atstumas tarp žaibolaidžių  $l$  apskaičiuojamas pagal 7.5 formulę:

$$l = a_p + 2 \times a_{pž}, \quad (7.4.5)$$

$$l = 67 + 2 \times 11,17 = 89,34 \text{ m}$$

Apsaugos zonos aukštis  $h_c$ , viduryje tarp žaibolaidžių apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktą 7.6 formulę, nes  $2h < l < 4h$  ( $2 \times 40 < 89,34 < 4 \times 40$ ).

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \times 10^{-4} \times h) \times (l - h) \quad (7.4.6)$$

$$h_c = 36,55 - (0,17 + 3 \times 10^{-4} \times 43) \times (89,34 - 43) = 26,87 \text{ m}$$

Apsaugos zonos plotis  $r_{cx}$  viduryje tarp žaibolaidžių aukštyje  $h_x$  nuo žemės apskaičiuojamas:

$$r_c = r_0 \times \left( 1 - \frac{0,2 \times (l - 2h)}{h} \right) \quad (7.4.7)$$

$$r_c = 43,6 \times \left( 1 - \frac{0,2 \times (89,34 - 2 \times 43)}{43} \right) = 42,92 \text{ m}$$

$$r_{cx} = r_0 \times \left( \frac{h_c - h_p}{h_c} \right) \quad (7.4.8)$$

$$r_{cx} = 43,6 \times \left( \frac{26,87 - 6}{26,87} \right) = 33,86 \text{ m}$$

$2r_c \approx b_p$  yra laikoma jog pastatas yra tinkamai apsaugotas nuo tiesioginių žaibų smūgių.

## 7.5 Darbo higiena

Darbo higiena – tai darbo ir darbo aplinkos veiksnių poveikio žmogaus sveikatai tyrimas, įvertinimas bei priemonių parinkimas darbuotojo darbingumui ir sveikatai išsaugoti. Darbuotojus, projektuojamoje įmonėje, gali veikti fiziniai ir cheminiai veiksniai. Prie fizinių veiksnių priskiriamas triukšmas, oro temperatūra ir apšvietimas, prie cheminių – organinės kilmės dulkės ir dujos.

Projektuojant įmonės apšvietimą reikia atsižvelgti į tai, kad ergonomiška apšvietimo sistema turi padėti darbuotojams detaliai atpažinti objektus, pastatai ir darbo vietos turi būti malonios ir saugios, esant minimalioms išlaidoms, užtikrinti optimalias apšvietimo sąlygas.

Apšvieta – pagrindinis normuojamas dydis, norint parinkti apšvietimą. Lietuvos higienos norma HN 98:2014 reglamentuoja dirbtinio apšvietimo darbo vietoje mažiausias ribines vertes. Norminę apšvietą charakterizuoja regos darbų tikslumo veiksnys. Šis veiksnys priklauso nuo mažiausios matomo objekto dydžio. Todėl regos darbų tikslumas yra suskirstytas į 8 skirtingas kategorijas. [21]

Projektuojamos įmonės liejimo ceche apšvietimas turi tenkinti reikalavimus. Cheminiam technologiniam procesui yra keliami specialūs reikalavimai. Todėl pagal Lietuvos higienos normas apšvieta negali būti daugiau kaip 500 lx. Todėl liejimo ceche apšvieta (E) siekia 300 lx. Šviestuvų parinkimas, jų skaičiavimas bei parinkimas pateikti 6 skyriuje „Technologinis procesų energetinis aprūpinimas“. [21]

Liejimo ceche bus daug įvairių technologinių įrenginių, kurie bus maitinami elektros energija. Todėl atliekant pavojingus darbus su elektra, būtina naudotis apsauginėmis priemonėmis: dielektrinius kilimėlius, pirštine bei dielektrinius batus, izoliuojančius padėklus, reples, strypus. Viso darbo metu būtina naudoti apsaugines darbo priemones. Apsauginių priemonių griežtai draudžiama naudoti pasibaigus garantiniam ir patikrinimo laikotarpiui. Pasibaigus darbui, darbuotojas turi persirengti darbinę aprangą bei persiauti darbinę avalynę. Asmeninės apsaugos priemonės dedamos buitinėse patalpose esančias spinteles. Darbuotojų prausimuisi įrengti dušai. Čia tiekiamas tik geriamas vanduo. [9]

Įmonėje tiek vyrai tiek moterys privalės pasitikrinti sveikatą. Šis patikrinimas vyks periodiškai. Visas išlaidas už sveikatos patikrinimą ir sugaištą laiką apmokės darbdavys. Darbdavys turi sudaryti sąlygas sveikatos patikrinimui. Darbuotojai, kurie atsisako nustatytu laiku atlikti sveikatos patikrinimo, yra nušalinami nuo darbo vietos ir jiems nemokamas darbo



užmokestis. Toks atsisakymas laikomas darbo drausmės pažeidimu, todėl darbdavys turi teisę darbuotoją atleisti iš darbo.

Dar vienas labai svarbus higienos normos parametras yra šiluminis komfortas. Šiluminis komfortas – tai šiluminės aplinkos parametrų deriniai, kurie ilgai ir sistemingai veikdami darbuotoją suteikia pasitenkinimo šilumine aplinka pojūtį. Darbo patalpų aplinkos parametrai : oro temperatūra, oro santykinis drėgnumas, oro judėjimo greitis bei šiluminio spinduliavimo intensyvumas. Šiluminės aplinkos parametrų vertės yra nustatomos atsižvelgus į metų laikotarpį bei į fizinį darbo sunkumo kategoriją. Visi atitinkantys parametrai pateikti 7.5.1 lentelėje. [20]

**7.5.1 lentelė.** Šiluminės aplinkos parametrai.

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis, m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	17 – 19	40 – 60	0,2
Šiltasis	Vidutinio sunkumo – IIb	20 – 22	40 – 60	0,3

Gamyklinės patalpose pasirinkta vidutinio sunkumo IIb visais metų laikais. Šios kategorijos darbas, kurį dirbant žmogaus energijos sąnaudos sudaro daugiau kaip 840 kJ/h, bet ne daugiau kaip 1040 kJ/h (reikalauja vidutinės fizinės įtampos stovint ar vaikstant pernešant krovinį iki 10 kg masės).

Norint įvertinti įrenginių keliamą triukšmą reikia vadovautis darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatais. Šiuose nuostatuose nurodomi kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio ( $L_{EX,8h}$ ) norminės vertės: [19]

- Ribinė ekspozicijos vertė  $L_{EX,8h} = 87\text{dBa}$ ;
- Viršutinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti  $L_{EX,8h}=85\text{ dBa}$ ;
- Apatinė ekspozicijos vertė veiksams pradėti  $L_{EX,8h} =80\text{ dBa}$ .

Triukšmas žmogų veikia psichologiškai, gali sukelti psichinių būsenų pokyčius. Net nedidelis triukšmas, kuris veikia centrinę nervų sistemą, sukuria psichologinį diskomfortą, taip kenkia protinio darbo kokybei. 70 dBa ir didesnis triukšmas gali sukelti net fiziologinius požymius – nuovargį, virškinamo trakto pokyčius, pakeisti vidinių organų tūrį. [19]

Pagrindinį triukšmą gamykloje gali sukelti injekcinio liejimo mašinos. Triukšmo poveikis žmogui priklauso nuo triukšmo lygio bei poveikio laiko, yra įvertinamas triukšmo lygiu  $L_{AE,8h}$ , aprašoma pagal 7.9 formulę:

$$L_{AE,8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_e}{T_0}, \text{ dBA}; \quad (7.5.1)$$

Čia:  $L_{AE,8h}$  – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį  $T_x$ , dBA;

$T_x$  – pamainos laikas, kai dirbama esant tokio lygio triukšmui, min;

$T_p$  – bendroji darbo pamainos trukmė, min ( $T_p = 8$  val).

$$L_{AE,8h} = 80 + 10 \lg \frac{350}{480} = 79,86 \text{ dBA}$$

Įrenginių keliamas triukšmas neviršija žemutinės ekspozicijos vertės, todėl darbuotojams nebus parenkama apsauginės priemonės nuo triukšmo.

Kenksmingas dulkių poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo jų cheminių ir fizinių savybių, dalelių formos ir dydžių, poveikio laiko ir koncentracijos ore. Didžiausias pavojus gresia žmogaus kvėpavimo sistemai, dėl per didelio dulkių kiekio gali atsirasti lėtiniai dulkių bronchitai. Pagal Lietuvos higienos normos 23:2011 nustatyta, kenksmingų medžiagų koncentracija darbo aplinkoje, neturi viršyti žemutinės ribinės vertės, kuri yra  $3 \text{ mg/m}^3$ . Liejimo ceche susidarantių dulkių koncentracija neviršija leistinos ribos. [10]

## 7.6 Gaisrinė sauga

Bendrosiose priešgaisrinės saugos ir Gaisrinės saugos pagrindinių reikalavimų taisyklėse pateikti pagrindinės pastatų, statinių ir technologinių įrenginių statybos, eksploatacijos ir techninio pertvarkymo ir gaisrinės saugos reikalavimai.

Norint projektuoti pastatus labai svarbu pasirinkti tinkamas statybines konstrukcijas, priimti tinkamus statybinius sprendimus, kurie užkirstų kelią gaisro plitimui patalpoje, tarp patalpų ir tarp pastatų.

Projektuojant naują pastatą labai svarbu numatyti žmonių evakuacinį planą, t.y. visus išėjimus iš pastato. Iš kiekvieno pastato aukšto turi būti mažiausiai du evakuaciniai išėjimai. Kadangi projektuojama įmonė yra tik vieno aukšto, tai įrengiami trys evakuaciniai išėjimai. Visuose koridoriuose ir ant evakuacijos keliuose esančių durų bus nurodytos evakuacijos kryptis nurodantys ženklai. Evakuaciniai planai turi būti pakabinti prie kiekvieno įėjimo ir išėjimo, kuo labiau matomoje vietoje. Pagal pagrindinius evakavimo plano reikalavimus, evakuacinio plano sutartiniai ženklai turi būti matomi ne mažesniu kaip 1 metro atstumu. Visuose evakavimo planuose turi būti pažymėti pagrindiniai evakuacijos keliai bei atsarginiai. Taip pat aiškiai turi būti pažymėti: rankiniai gaisro signalizatorių jungikliai, gaisriniai čiaupai, gesintuvai, elektros skydeliai bei telefonai. Visi evakuacijos išėjimai negali būti užkrauti. Jie

turi būti laisvai pasiekiami. Visus darbininkus įmonė privalo supažindinti su evakuacijos planu. Šis supažindinimas turi vykti kiekvienais metais priimant naujus darbuotojus. [8]

Taip pat darbininkai privalo žinoti pagrindines priešgaisrinės saugos taisykles bei instrukcijas. Už darbuotojų instruktavimą atsakingas darbdavys arba jo įgaliotas asmuo. Cechė dirbantys darbuotojai privalo laikytis priešgaisrinių saugos taisyklių, darbo metu naudotis tik tvarkingais darbo įrankiais, įrenginiais ir įvairiais prietaisais. Privalo mokėti naudotis esančiomis gaisro gesinimo priemonėmis. Priešgaisrinius įrenginius naudoti ne pagal paskirtį griežtai draudžiama. [8]

Projektuojamas pastatas, gaisro ir sprogimo atžvilgiu bei juose esančias medžiagas bei jų kiekius, priskiriamas C<sub>g</sub> kategorijai. Gesintuvų tipas bei skaičius parenkamas atsižvelgiant į galimo gaisro klasę, gesinimo priemonių tinkamumą gaisrui gesinti, maksimalų gesinimo plotą, naudojamų medžiagų savybes, taip pat pagal patalpų sprogimo ir gaisro pavojų. Pirmiausia parenkamas gesintuvas su atitinkama gesinimo medžiaga. Vėliau apskaičiuojamas nešiojamų gesintuvų skaičius bei kilnojamų gesintuvų skaičius. [16]

Visi parinkti gesintuvo tipai bei kiekiai pateikiami 7.5.2 lentelėje.

#### 7.5.2 lentelė. Parinktų gesintuvų charakteristika

Patalpa	Plotas, m <sup>2</sup>	Gesintuvų tipas ir kiekis	Pastabos
Sandėlis	857,6	3 (25 kg) ABC tipo milteliniai ir 1(25 kg) BC tipo miltelinis	C <sub>g</sub> tipo patalpa
Gamybos cechas	3 262,84	4 (25 kg) ABC tipo miltelinis, 2 (25 kg) BC tipo miltelinis	C <sub>g</sub> tipo patalpa
Buitinės patalpos	307,61	1 (2kg) CO <sub>2</sub> gesintuvas	
Administracinės patalpos	219,93	2 (2 kg) CO <sub>2</sub> gesintuvas	
Stovėjimo aikštelė	15	2 (25 kg) ABC tipo miltelinis, 1(25 kg) putų gesintuvas	Audeklas

Kadangi projektuojamos įmonės užimamas plotas yra didesnis nei 5000 m<sup>2</sup>, pirminės gaisro gesinimo priemonės laikomos specialiuose skyduose ar stenduose. Juose būtinai turi būti: 2 gesintuvai, 2 kibirai, smėlio dėžė ir kastuvai, nedegus audeklas. 2 laužtuvai ir 2 kirviai. Šie stendai turi būti įrengiami lengvai pasiekiamoje vietoje bei netoli išėjimo iš patalpų. Kadangi ceche yra daug elektros įrenginių, tai apie 50 % gesintuvų esančių patalpose, turi būti tinkami gesinti įrenginius neišjungus įtampos. [16]

Norint užgesinti gaisrą labai svarbus priešgaisrinis vandentiekis. Jis yra skirstomas į vidinį ir išorinį. Taigi projektuojamoje įmonėje viduje reikia įrengti gaisrinius čiaupus, o išorėje -

hidratus. Projektuojamoje įmonėje bus montuojama gaisrinė signalizacija (garsinė ir šviesinė). Taip pat visose pastato patalpose bus įrengta automatinė gaisro gesinimo sistema. [8]

## 8. Statybiniai sprendimai

### 8.1 Bendrieji duomenys

Projektuojamas pastatas skirtas modernios polimerinių detalių gamybos įmonei. Čia bus gaminami aukštos kokybės ir įvairiausių matmenų plastikinės detalės automobilių pramonei. Gaminamų detalių technologinis procesas – injekcinis liejimas. Projektuojant įmonę atsižvelgiama į vis didėjančius rinkos poreikius ir tendencijas bei vis didėjančius aplinkosaugos reikalavimus. Projektuojamas pastatas bus statomas Kauno Laisvosios Ekonomikos Zonoje (LEZ). Ši zona specialiai pritaikyta gamybos ir sandėliavimo veiklai. Pastate bus įrengtos buitinės ir administracinės patalpos, gamybos cechų bei žaliavų bei produkcijos laikymo sandėlis. Pagrindiniai techniniai rodikliai, apibūdinantys projektuojamą pastatą, pateikti 8.1.1 lentelėje.

**8.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai**

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1.	<b>I. SKLYPAS</b>		
	1.1 Sklypo plotas	ha	0,816
	1.2 Statinio užimtas žemės plotas	m <sup>2</sup>	4853,64
	1.3 Apželdintas žemės plotas	m <sup>2</sup>	180,8
	1.4 Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	17
	1.5 Sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	300
2.	<b>II. PASTATAI</b>		
	2.1 Paskirties rodikliai, paslaugų apimtys, aptarnaujančių žmonių skaičius, kiti rodikliai)	m <sup>2</sup>	
	2.2 Bendras plotas:	m <sup>2</sup>	4853,64
	2.2.1 Pagrindinis	m <sup>2</sup>	4120,44
	2.2.2 Pagalbinis	m <sup>3</sup>	33 696
	2.3 Pastato tūris	vnt.	1
2.4 Aukštų skaičius	m	6	
2.5 Pastato aukštis			

## 8.2 Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Projektuojamo pastato statybai naudojama gelžbetoninė konstrukcija: kraštinės ir vidurinės kolonos, kolonų pamatai, perdangos ir dengimo plokštės, pamatų sijos ir kt. Statinio kolonų tinklelio išmatavimai 6x6 m. Pastato išorinės sienos bus statomos iš sauso tinklo, keramikinių plytų mūro ir tinkleliu armuoto tinko. Temperatūra pastato viduje sieks 18 – 23 °C šilumos. Pastate yra 5 įėjimai/ išėjimai : vienas skirtas patekti į rūkymo patalpą, dar vienas yra pagrindinis bei 2 atsarginiai, taip pat yra vieni vartai, pro kuriuos įvežamos žaliavos bei išvežami produktai.

Langai montuojami buitinėse patalpose, jų ilgis siekia 1,5m. Langai bus perkami iš įmonės VIVA LANGAI, langai – „Gealan langai“, kurių plotis yra net 83mm, yra 6 vidinės kameros turinčios profilius, kurie pasižymi puikiomis termoizoliacinėmis savybėmis. Taip pat puiki apsauga nuo triukšmo. [31]

Segmentiniai vartai atsidaro vertikaliai ir taip yra sutaupoma vieta priešais vartus ir už jų. Vartų elementai vienas po kito montuojami horizontaliai po lubomis, vertikaliai – virš angos. Taip pat pasižymi puikia šilumos izoliacija. Todėl buvo pasirinkta „Hormann Lietuva“ PU putomis užpildyti, 2 paviršius ir 2 montavimo su 42 mm gyliu segmentiniai vartai. [42]

Parenkamos varstomos durys Fauga Comfort profilio išorinės durys, kurių matmenys 960 x 2100 mm. Varstomų durų techniniai parametrai: 5 profilio kameros, profilio plotis 71 mm, 2 tarpinės, armuotė: plieninė uždaros formos, užpildai: tvirto plastiko, tolygus užpildymas, atsparūs šalčiui, juoda spalva. [34]

Įmonės stogas bus projektuojamas plokščias su 4% nuolydžiu. Stogą laiko karkasinė konstrukcija. Pačio stogo sandara sudaryta iš daugiasluoksnės plokštės ir profiliuotos skardos pakloto. Daugiasluoksnė plokštė sudaryta: PAROC ROB 80, PAROC ROS 30g, PAROC ROS 30, PAROC ROS 50. Pastato aukštis siekia 6 m. Buvo pasirinktas toks aukštis dėl įvažiavimo vartų, kurių aukštis siekia 3 m., kad būtų galima įvažiuoti su žaliavomis bei išvežti pagamintą produkciją. Taip pat karkasinė stogo konstrukcija siekia 1,22 m. [45]

Grindys bus montuojamos ant grunto. Grindų sluoksnis susidaro: keramikinės plytelės, grindų danga, šiluminė izoliacija PAROC GRS 20 ir drenuojantis sluoksnis: skalda. Labai svarbus yra pasirinktas izoliacinis sluoksnis, nes kitu atveju betono porose sušalęs vanduo gali įskelti pamatus taip gadindamas visą pastato konstrukciją. Kadangi įmonėje bus vykdoma

injekcinio liejimo veikla, o šis procesas nepasižymi itin kenksmingos medžiagos, todėl grindų danga ir sudėtis pasirinkta įprasta. [17]

### **8.3 Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos apibendrinimas**

Projektuojame pastate bus vykdoma injekcinio liejimo gamybinė veikla. Kadangi įmonė bus statoma Kauno Laisvosios Ekonominės Zonoje, jau bus įrengta vidinė infrastruktūra: asfaltuotas kelias, vandentiekis ir nuotekų linijos, dujų linija bei lietaus nuotekų linija.

Injekcinio liejimo detalių gamykloje pagrindinė technologinė įranga bus injekcinio liejimo mašinos, kurių bus 18. Kadangi plastmasinės detalės bus gaminamos iš poliamido 6 (PA6), kuri reikia džiovinti, bus naudojamos džiovyklos, kurių bus 10 vienetų. Iš polistireno gaminsime spalvotas detales, todėl reikės maišyti su pasirinktos spalvos pigmentu. Šiam tikslui įgyvendinti turėsi 8 vienetų maišyklių. Taip pat bus nemažai papildomos technologinės įrangos. Bus montuojami išdžiovinto poliamido ir sumaišyto su pigmentu polistireno tarpiniai laikymo bunkeriai. Presformų aušinimui reikalingas vanduo, todėl bus įrengta didelė vandens talpykla. Įkaitusį vandenį reikia atšaldyti, tai šalia vandens talpyklos bus montuojamas vandens šaldytuvas, kuris aušins vandenį iki reikiamos temperatūros.

### **8.4 Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas**

Šiame poskyryje apskaičiuosime orientacinės naujo statinio statybos darbų kainas. Dėka UAB „Sistela“ pateiktu kainynu, kuris puikiai padės orientuotis į naujos statybos išlaidas. Statybų skaičiuojamosios kainos yra palyginamos su ekonominiais rodikliais. [44] Jie apskaičiuojami apskaičiuoti statinio analogo pagrindu, įvertinant darbo, statybos medžiagų, mechanizmų eksploatacijos skaičiuojamąsias rinkos kainas.

Kadangi žinome pastato tūrį, galime nustatyti iš 8.4.1 lentelės naujos statybos kainas.

#### **8.4.1 lentelė. Statinių statyba 1m<sup>3</sup> statinio kaina**

Paskirtis	Statinio tūris, m <sup>3</sup>	Nauja statyba, €
Gamybos, pramonės	Daugiau 5000	94,43

Atsižvelgus į projektuojamos įmonės statinio tūrį, nauja statyba 1 m<sup>3</sup> kainuoja 94,43 eurų.

Bendras investicijų poreikis pastato projektui parengti ir jį pastatyti nustatomas apskaičiuojant suvestinę statybos kainą. 8.4.2 lentelėje pateikta statybos kainos suvestinė.

**8.4.2 lentelė.** Suvestinė statybos kainos lentelė

Išlaidų aprašymas	Kaina, €			Iš viso (su PVM), €
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	
I. Statybos sklypas	-	-	261 139,20	261 139,20
II. Statybos sklypo paruošimas	-	-	13 056,96	13 056,96
III. Statinio statyba ir įrengimas	1 537 067,68	579974,63	-	2 117 042,32
IV. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos	-	-	149 289,75	149 289,75
V. Rezervas			114 100,02	114 100,02
Iš viso pagal I – VI skyrius	1 537 067,68	579974,63	537 585,93	2 654 628,25

Statybos sklypo paruošimas yra 5% nuo sklypo kainos. III skyriuje nurodoma statinio statybos išlaidos bei įrengimui ir taip pat išlaidos reikalingos įrenginių įsigijimui. Statinio statybos ir įrenginių kaina yra 10% nuo įrenginių kainos.

Projektavimo išlaidos apskaičiuojamos procentais nuo II ir III skyriaus sumos. Pagal Aplinkos ministerijos projektavimo ir inžinerinių paslaugų išlaidos negali viršyti daugiau kaip 7 %, nes projektuojamo objekto skaičiuojamoji statybos kaina didesnė 7 nei 300 tūkst. eurų.

Apskaičiavus visus parametrus orientacinė naujos statybos kaina siekia 2 654 628,25 eurų.

## **9. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai**

### **9.1 Inovacijos projektavimo ir diegimo aplinkos analizė: ekonominių ir organizacinių problemų nustatymas**

#### **9.1.1 Inovacijos charakteristika**

UAB „IM Plastics“ - tai nauja, moderni įmonė, kuri atitinka aukščiausius tarptautinius standartus. Kad išlaikytų pirmavimą technologijos srityje bus motyvuoti darbuotojai, didelis dėmesys į kliento poreikius bei aukščiausia kokybę. Projektuojama injekcinio liejimo technologinė linija gamins automobilių kėbului plastikines detales iš poliamido 6 (PA6) ir polistireno (PS).

Kadangi bus telkiamas didelis dėmesys išlaikyti aukštą kokybę, kad klientai būtų patenkinti gaunama produkcija, žaliavos bus perkamos tik iš patikimų ir sertifikuotų įmonių. Įmonėje bus įdiegta kokybės vadybos sistema, kuri atitinka ISO 9001 standartus. Kadangi šis standartas labai paplitęs Vakarų Europoje ir Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV), organizacijai atsiveria dideles galimybes bendradarbiauti su užsienio šalimis, taip palengvina produkcijos eksportą.

Kokybės principai, kuriais remiantis, garantuoja stabilią produktų kokybę: [48]

- Analizuoti vartotojų poreikius;
- Sistemingai tobulinti kokybės sistemą;
- Nuolatos tobulinti technologiją;
- Periodiškai kelti visų darbuotojų kvalifikaciją;
- Pirkti kokybiškas žaliavas ir medžiagas.

Kad įmonė būtų pastebėta pasaulinėje rinkoje, didelis dėmesys bus skirtas reklamai internete. Bus sukurtas įmonės internetinis puslapis, kuriame bus pateikta didelė dalis informacijos apie įmonę, jos vykdomą veiklą bei gaminamą produkciją. Reklamose bus akcentuojama į produkcijos aukštą kokybę ir žemą kainą. Norint išlaikyti gerą ryšį su visuomene bus remiami įvairūs renginiai.



### 9.1.2 Inovacinės aplinkos kūrimo analizė, problemų įvardijimas

Norint įsilieti į Europos ekonomikos struktūrą, didelis dėmesys skiriamas konkurencingumui. Todėl nuolatos reikia vykdyti organizacijos valdymo pokyčius. Atliekamas SWOT analizė, kuri analizuoja įmonės pranašumus, galimybes, trūkumus bei grėsmes. SWOT analizė pateikta 9.1.2.1 lentelėje. [48]

**9.1.2.1 lentelė.** SWOT įmonės analizė

<b>Pranašumai</b>	<b>Trūkumai</b>
Aukštos kokybės produkcija	Maža įmonės valdymo patirtis
Nauji įrenginiai	Maža įmonės vystymo patirtis
Puikūs techniniai įgūdžiai	Paklausos sumažėjimas
Aukšta darbuotojų kvalifikacija	Nėra produkcijos paklausos Lietuvoje
Puikus darbo planavimas	Žaliavų brangimas
<b>Galimybės</b>	<b>Grėsmės</b>
Eksportuojamos produkcijos didinimas	Energetinių šaltinių pabrangimas
Įmonės vardo gerinimas ir garsinimas	Šalies ekonomikos pablogėjimas
Asortimento didinimas	Užsienio konkurentų įėjimas į rinką su mažesniais kaštais
Pelno ir pajamų padidėjimas	Užsienio šalių valiutų kursų pasikeitimas
Plėsti rinką Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) šalyse	Didelis pažeidžiamumas dėl ekonominio nuosmukio
Spartus rinkos plėtimas	Pramonės šakų padėties pablogėjimas

Atlikus SWOT įmonės analizę, matome, jog įmonė turi nemažai galimybių įsitvirtinti rinkoje. Įsitvirtinti padės nuolatinis įmonės ir darbuotojų siekimas tobulėti, o iškylančius trūkumus galima lengvai pašalinti.

Taip pat buvo atlikta įmonės vidinio profilio analizė. Gauti rezultatai pateikti 9.1.2.2 lentelėje. [48]

**9.1.2.2 lentelė.** Gamyklos UAB“ IM Plastics“ vidinio profilio analizė

Vidinis išteklius	Didelis pranašumas	Mažas pranašumas	Neutralus lygis	Mažas trūkumas	Didelis trūkumas
Finansai					+
Pelnas	+				
Galimybė didinti kapitalą	+				
Apyvartinės lėšos		+			
Rinkodara					
Rinkos pažinimas	+				

### 9.1.2.2 lentelės tęsinys

Rinka				+	
Prekių asortimentas		+			
Įmonės reklama	+				
Įmonės užimama vieta rinkoje				+	
Patirtis pardavimuose					+
Klientų paieška					+
Kaina	+				
Gamyklos vieta	+				
Įrenginiai	+				
Technologija	+				
Žaliavų gavimas	+				
Kokybės kontrolė	+				
Įmonės struktūra		+			
Įmonės įvaizdis		+			
Darbuotojų skaičius	+				
Darbuotojų kvalifikacija	+				
Darbo užmokestis		+			

Gamyklos vidinė profilio analizė – tai vienas iš daugelio įmonės analizės būdų. Šis būdas pasižymi tuo kad išskiriamos ir analizuojamos įmonės veiklos sritys: finansai, rinkodara, gamyba, personalas ir įmonės kultūra. Iš pateiktos lentelės puikiai matome kad stipriausios įmonės pusės yra gamyba, technologija, įrenginiai, bei darbuotojai, o pagerinti reikia rinkodaros sritį. [48]

Taigi, didžiausias įmonės plusas aukštos kvalifikacijos darbuotojai, didelis gamybinis pranašumas bei labai griežti reikalavimai produkcijos kokybei. Įmonė siekia išlaidų lyderio strategijos - siekiama visą žaliavą kiek įmanoma labiau išnaudoti, bei automatizuoti technologinę liniją.

## 9.2 Projektuojamos įmonės finansinis – ekonominis pagrindimas

UAB“ IM Plastics“ bus statoma Kauno Laisvosios ekonomikos zonoje dėl siūlomų lengvatų: pirmuosius 6 metus nemokamas pelno mokestis, o vėliau ateinančius 10 metų mokamas tik 7,5 % pelno mokestis. Laisvojoje zonoje suteikta galimybė įmonei prisijungti prie puikiai išdėstytos vidinės infrastruktūros. [24] Teritorijos plotas Kauno LEZ bus nuomojamas 99 metams. Čia 1m<sup>2</sup> sklypo nuomos kaina yra 32 €. Per metus įmonės užimamo ploto nuomos kaina sieks 261 139, 2 €. Brandos gyvavimo metais bus gamina 120 000 polimerinių detalių automobilių pramonei.

### 9.2.1 Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Projektuojamos įmonės ilgalaikis turtas sudaro sklypas, pastatas ir įrengimai. Šiame skyriuje apskaičiuojama ilgalaikio turto vertė. Sklypas nuomojamas 99 metams, Kauno Laisvojoje Ekonominėje zonoje. Sklypo bei pastato plotai pateikti 8 skyriuje „*Statybiniai sprendimai*“. Orientacinės statybos darbų kainos parinktos iš UAB“ Sistelos“ statybinių sąnaudų normatyvų bei statybos ir apdailos įmonės UAB „Hemsta“. [44] Statybos darbų vertės pateiktos 9.2.1.1 lentelėje.

**9.2.1.1 lentelė.** Statybos darbų vertės apskaičiavimas

Statybos objektai ir darbai	Patalpų plotas, m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> statybos ir montavimo darbų kaina, €/m <sup>2</sup>	Statybos ir montavimo darbų vertė, €
1. Gamybinės patalpos	3262,84	323	1 053 897,32
2. Žaliavų sandėlis	857,6	323	277 004,80
3. Administracinės patalpos	219,93	265	58 281,45
4. Buitinės patalpos	307,61	265	81 516,65
5. Apsaugos postas ir rūkymo patalpa	30	279	8 370,00
		Iš viso:	1 479 070,22

Gamybos procese pagrindiniai įrenginiai yra injekcinio liejimo mašinos. Gamybą taip pat sudaro pagalbiniai įrenginiai: polimerų granulių maišyklės bei džiovavimo įrenginiai. Šių įrenginių technologiniai parametrai pateikti 5 skyriuje „Polimerinių detalių formavimo linijos projektavimas“. Technologinių įrengimų kainas pateiktos gamintojų: „Zhangjiagang great machinery CO.,LTD.“ [22]

Priedai už garantijas (komplektavimo, pristatymo darbai) bus 10% nuo įrenginių kainos, o montavimo darbai taip pat bus 10% nuo įrenginių kainos. Technologinių įrenginių vertė pateikta 9.2.1.2 lentelėje.

**9.2.1.2 lentelė.** Lokalinė įrenginių sąmata

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Vieneto kaina, €	Kiekis, vnt.	Vertė, €
	<b>1. Technologiniai įrenginiai</b>			
1.	Classic series TR140B liejimo mašina	18 645	10	186 450
2.	Classic series TR100 B liejimo mašina	16 545	8	132 360
3.	Presformos detalėms iš PA	4 477,00	10	44 770
4.	Presformos detalėms iš PS	3 417,00	8	27 336
5.	Žaliavos laikymo bunkeris	2 200	3	6 600
6.	Cirkuliacinis siurblys	88,66	18	1 596
7.	Žaliavos pneumatinis transporteris	1 500	1	1 500
8.	Vandens siurblys	250	18	4 500
9.	Šaldytuvas	4 000	1	4 000
10.	XINDONG Džiovykla	1 108	10	11 080
11.	Mitex MTV-150 maišyklė	1 088	8	8 704
12.	Kompiuteriai ir programinė įranga	2 000	20	40 000
13.	Kompresorius	579	18	10 422
	<b>Viso:</b>			479 318
	Priedai už garantijas (komplektavimo, pristatymo darbai) (10 % nuo įrenginių vertės)			47 931,79
	PVM (21 %)			100 656,75
	<b>Iš viso su PVM:</b>			579 974,63
	Montavimo darbai (10 % nuo viso su PVM)			57 997,46

Suvestinė plastikinių detalių įmonės statybos darbų kainos pateiktos 9.2.1.3 lentelėje.

**9.2.1.3 lentelė.** Statybos darbų kainų suvestinė

Objektų darbų ir išlaidų pavadinimas	Sąmatinė kaina, €			Bendra sąmatinė kaina, €
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai, baldai, inventoriūs	Kitos išlaidos	
I. Statybos teritorijos paruošimas				
1. Sklypo nuomos kaina			261 139,20	261 139,20
2. Aikštelės paruošimas	13 056,96			13 056,96
Viso:	13 056,96		261 139,20	274 196,16
II. Statybos objektai ir darbai				
1. Statybos darbai	1 537 067,68	579974,63		2 117 042,32
2. Aplinkos tvarkymo darbai	2 611,39			2 611,39
Viso:	1 539 679,08	579974,63		2119653,71
III. Projektavimas, inžinerinės paslaugos, techninė apžiūra				
7%			149 289,75	149 289,75
Viso:			149 289,75	149 289,75
IV. Personalo apmokymo, statybos finansavimo ir kitos išlaidos			45640,01	45640,01
<b>Iš viso (I - III):</b>	1 552 736,04	579974,63	456068,96	2588779,63
V. Rezervas (užsakovo pabrangimui, nenumatytiems darbams)				
5 %			114 100,02	114 100,02
<b>Iš viso:</b>	1 552 736,04	579 974,63	456 068,96	2 702 879,65

Aikštelės paruošimas skaičiuojamas 5% nuo sklypo kainos. Atsižvelgus į aplinkos dydį bei apželdinimą, kurie pateikti 8 skyriuje „Statybos sprendimai“, aplinkos tvarkymo kaina – 1% nuo sklypo kainos. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos bei techninė apžiūra apskaičiuojama 7% nuo aikštelės paruošimo ir statybos objektų kainos. Žinoma reikalingas rezervas, jei pabrangtu užsakovas ar nenumatytiems darbams, apskaičiuojame 5% nuo visos kainos išskyrus sklypo kainą.

## 9.2.2 Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas

Trumpalaikis turtas – tai turtas, kurį įmonė sunaudoja ekonominei naudai gauti per vienerius metus arba per vieną įmonės veiklos ciklą. Projektuojamoje įmonėje brandos stadijoje (trečiaisiais metais) per metus pagamins 120 000 vienetų polimerinių detalių, skirtų automobilių pramonei.

9.2.2.1 lentelė. Trumpalaikio turto vertės skaičiavimas

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	2016	2017	2018	2019	2020
1. Gamybos apimtis, natūriniai vienetai		75000	96000	120000	108000	75000
2. Gamybos prieaugio koeficientas		1	1,28	1,25	0,90	0,69
3. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, €		114,04	145,97	182,46	164,21	114,04
4. Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis, tūkst. €		45,61	31,93	36,49	-18,25	-50,18
5. Apyvartinės lėšos, tūkst. €	68,42					

Apyvartinės lėšos nuliniiais gyvavimo metais apskaičiuojamos 60% nuo apyvartinių lėšų metinio poreikio, pirmaisiais gyvavimo metais.

Apyvartinio lėšų poreikį pirmaisiais projekto gyvavimo metais galima apskaičiuoti apytiksliai remiantis formule:

$$AL_1 = \frac{B_{pard}}{360} \times n_{ap}; \quad (9.2.2.1)$$

Čia:  $n_{ap}$  – apyvartos trukmė, dienomis;  $B_{pard}$  – produkcijos pardavimo apimtis, tūkst. €.

Papildomos investicijos antraisiais ir vėlesniais metais apskaičiuojamos pagal formulę:

$$k = B_{pardj} / B_{pardj-1} ; \quad (9.2.2.2)$$

Čia:  $B_{pardj}$  – pardavimų apimtis einamaisiais metais;  $B_{pardj-1}$  – pardavimų apimtis prieš metus.

Apyvartinių lėšų metinis poreikis antraisiais ir i-tais metais apskaičiuojamas pagal formulę:

$$AL_i = AL_1 \times k ; \quad (9.2.2.3)$$

Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis sekančiais metais apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta AL_i = AL_1 - AL_{i-1} \quad (9.2.2.4)$$

### 9.2.3 Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Apskaičiuavus ilgalaikį ir trumpalaikį įmonės turtą galima pateikti projektui reikalingas investicijas bei finansavimo šaltinius. Akcinis kapitalas bus įgytas parduodant akcijas bendrovės akcininkams. Taip pat norint įgyvendinti projektą bus imama ilgalaikė paskola.

Projekto finansavimo poreikis pateiktas 9.2.3.1 lentelėje.

**9.2.3.1 lentelė.** Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Investicijos		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	€	Struktūra	€
Pagrindinis kapitalas (ilgalaikis turtas)	2 702 879,65	Akcinis kapitalas	1 500 000,00
Apyvartinės lėšos	68 421,47	Skolintas kapitalas	1 272 000,00
Viso:	2 771 301,11	Viso:	2 772 000,00

### 9.2.4 Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos

Gamybos apimtis brandos stadijoje sieks 120 000 vienetų plastikinių detalių, kurios bus gaminamos iš poliamido 6 ir polistireno. Taip pat priimame, kad brandos laikotarpyje gamybos įsisavinimo koeficientas yra lygus 1. Kitais projekto gyvavimo metais šį koeficientą pasirenkame 0,6 – 0,9 ribose. Ir tada pagal jį apskaičiuojame kitų metų gamybos apimtis. Gamybos apimtis ir realizacinės pajamos pateiktos 9.2.4.1 lentelėje.

**9.2.4.1 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos**

Gyvavimo metai	Gamybinio pajėgumo panaudojimo koeficientas	Gaminiai	Gamybos apimtis, vnt.	Gaminio kaina, €/vnt.	Pardavimai apimtis, €
2016	0,625	A:PA6	43 750,00	10,24	448 143,61
		B: PS	31 250,00	10,00	312 391,07
				Iš viso:	760 534,68
2017	0,8	A: PA6	56 000,00	8,80	493 023,07
		B: PS	40 000,00	8,53	341 091,39
				Iš viso:	834 114,47
2018	1	A: PA6	70 000,00	7,82	547 198,34
		B: PS	50 000,00	7,52	375 810,68
				Iš viso:	923 009,02
2019	0,9	A: PA6	63 000,00	8,26	520 362,54
		B: PS	45 000,00	7,95	357 908,01
				Iš viso:	878 270,56
2020	0,625	A: PA6	43 750,00	10,14	443 467,99
		B: PS	31 250,00	9,84	307 619,24
				Iš viso:	751 087,23
				Iš viso:	4 147 015,95

### 9.3 Gamybos kaštai

#### 9.3.1 Tiesioginės gamybos išlaidų skaičiavimas

Kadangi yra žinomas gamybos planas, apskaičiuojame žaliavų, medžiagų, energijos, darbo ir kitų išteklių poreikį reikalingą gamybos apimčiai įvykdyti. Polimerinių detalių, skirtų automobilių kėbulams, svoris apie 1 kg. Įvertinus detalės svorį, apskaičiuojamas reikalingas kiekis žaliavos pagaminti reikalingą kiekį detalių. Žaliavų kainas pateikia tiekėjas – VAILENDAS, R. Aglinsko IĮ. [53]

Išlaidos pagrindinėms žaliavoms pateiktos 9.3.1.1 lentelėje.



9.3.1.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms žaliavoms

Gyvavimo metai	Medžiagos, žaliavos pavadinimas	Kaina, €/kg	Detalės iš poliamido 6 (PA6)			Detalės iš polistireno (PS) + pigmento			Iš viso:	
			Šaunaudų norma, 1 t	Šaunaudos visai apimčiai, t	Suma, €/kg	Šaunaudų norma, 1 t	Šaunaudos visai apimčiai, t	Suma, €/kg	Šaunaudos, kg	Suma, tūkst. €
2016	Poliamidas	1,51	1,05	45,94	69 365,63	-	-	-	45,94	69,37
	Polistirenas	1,39	-	-	-	1,00	31,25	43 437,50	31,25	43,44
	Pigmentas	0,64	-	-	-	0,03	0,15	96,00	0,15	0,10
				Viso:	69 365,63	-	-	43 533,50		112,90
2017	Poliamidas	1,6	1,05	58,80	92 339,52	-	-	-	58,80	92,34
	Polistirenas	1,5	-	-	-	1,00	40,00	57 824,00	40,00	57,82
	Pigmentas	0,7	-	-	-	0,03	0,15	99,84	0,15	0,10
				Viso:	92 339,52			57 923,84		150,26
2018	Poliamidas	1,7	1,05	73,50	120 041,38	-	-	-	73,50	120,04
	Polistirenas	1,6	-	-	-	1,00	50,00	75 171,20	50,00	75,17
	Pigmentas	0,7	-	-	-	0,03	0,15	103,83	0,15	0,10
				Viso:	120 041,38			75 275,03		195,32
2019	Poliamidas	1,8	1,05	66,15	112 358,73	-	-	-	66,15	112,36
	Polistirenas	1,7	-	-	-	1,00	45,00	70 360,24	45,00	70,36
	Pigmentas	0,8	-	-	-	0,03	0,15	107,99	0,15	0,11
				Viso:	112 358,73			70 468,23		182,83
2020	Poliamidas	1,9	1,05	45,94	81 147,97	-	-	-	45,94	81,15
	Polistirenas	1,8	-	-	-	1,00	31,25	50 815,73	31,25	50,82
	Pigmentas	0,8	-	-	-	0,03	0,15	112,31	0,15	0,11
				Iš viso:	81 147,97			50 928,04	45,94	132,08

Išlaidos pagrindinėms žaliavoms apskaičiuojamos dauginant medžiagų kiekį iš jų kainos ir jas sudedant:

$$MK_i = \sum_i^n B_{mi} \times c_{mi}; \quad (9.3.1.1)$$

Čia:  $MK_i$  – išlaidos pagrindinėms žaliavoms, €;  $B_{mi}$  – medžiagų kiekis, vnt.;  $c_{mi}$  – žaliavų kaina, €/kg.

Apskaičiuojama išlaidos pagrindinių darbininkų darbo užmokesčiui. Kadangi injekcinio liejimo technologinis procesas yra ganėtinai automatizuotas, darbuotojų atlyginimas bus valandinis. Laiko norma – tai laikas per kurį yra pagaminama detalė. Tiesioginės išlaidos pagrindinių darbininkų darbo užmokesčiui pateiktos 9.3.1.2 lentelėje.

9.3.1.2 lentelė. Tiesioginės išlaidos pagrindinių darbininkų darbo užmokesčiui

Gyvavimo metai	Gaminio pavadinimas	Gamybos apimtis, vnt.	Laiko norma, nh/vnt	Darbo imlumas, nh	Valandinis atlygis, €/nh	Pagrindinis darbo užmokestis, €	Papildomas darbo užmokestis, €	Bendras darbo užmokestis, tūkst. €	Socialinio draudimo atsiskaitymai, tūkst. €
2016	Detalės iš PA6	43 750,00	0,180	7 875,00	3,20	25 200,00	2 772,00	27,97	8,67
	Detalės iš PS	31 250,00	0,160	5 000,00	3,20	16 000,00	1 760,00	17,76	5,51
					3,20	41 200,00	4 532,00	45,73	14,18
2017	Detalės iš PA6	56 000,00	0,180	10 080,00	3,20	32 256,00	3 548,16	35,80	11,10
	Detalės iš PS	40 000,00	0,160	6 400,00	3,20	20 480,00	2 252,80	22,73	7,05
					3,20	52 736,00	5 800,96	58,54	18,15
2018	Detalės iš PA6	70 000,00	0,180	12 600,00	3,20	40 320,00	4 435,20	44,76	13,87
	Detalės iš PS	50 000,00	0,160	8 000,00	3,20	25 600,00	2 816,00	28,42	8,81
					3,20	65 920,00	7 251,20	73,17	22,68
2019	Detalės iš PA6	63 000,00	0,180	11 340,00	3,20	36 288,00	3 991,68	40,28	12,49
	Detalės iš PS	45 000,00	0,160	7 200,00	3,20	23 040,00	2 534,40	25,57	7,93
					3,20	59 328,00	6 526,08	65,85	20,41
2020	Detalės iš PA6	43 750,00	0,180	7 875,00	3,20	25 200,00	2 772,00	27,97	8,67
	Detalės iš PS	31 250,00	0,160	5 000,00	3,20	16 000,00	1 760,00	17,76	5,51
					Viso:	41 200,00	4 532,00	45,73	14,18

Darbo imlumas visai apimčiai apskaičiuojamas laiko norma (nh/t) padauginus iš gamybos apimties (vnt). Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais detalės iš PA6 darbo imlumas visai apimčiai  $43\,750 \times 0,180 = 7875$  nh. Pagrindinis darbo užmokestis apskaičiuojamas darbo imlumą visai apimčiai padauginti iš valandinio atlyginimo. Pvz:  $7875 \times 3,20 = 25\,200$  €. Papildomas darbo užmokestis apskaičiuojamas 11% nuo pagrindinio užmokesčio, o socialinis draudimas apskaičiuojamas 31% nuo pagrindinio darbo užmokesčio.

Apskaičiuojame tiesiogines energijos išlaidas. Elektros energijos apskaičiuotos sąnaudos pateiktos 6 skyriuje „*Technologinių procesų energetinis aprūpinimas*“. Tiesioginės išlaidos energijai pateiktos 9.3.1.3 lentelėje.

### 9.3.1.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos energijai

Gyvavimo metai	Gamybos apimtis, vnt.	Energijos rūšis	Kaina, € (m <sup>3</sup> arba kWh)	Detalės iš poliamido 6			Detalės iš polistireno			Iš viso:	
				Sąnaudų norma vnt.	Sąnaudos visai apimčiai, tūkst. vnt.	Suma, tūkst. €	Sąnaudų norma vnt.	Sąnaudos visai apimčiai, tūkst. vnt.	Suma, tūkst. €	Sąnaudos visai apimčiai, tūkst. vnt.	Suma, tūkst. €
2016	43 750	Vanduo	1,13	0,30	13,13	14,83	0,30	9,38	10,59	22,50	25,43
	31 250	Elektra	0,124	0,023	1,01	0,12	0,05	0,78	0,10	1,79	0,22
						14,96			10,69		25,65
2017	56 000	Vanduo	1,16	0,30	13,13	15,28	0,30	9,38	10,91	22,50	26,19
	40 000	Elektra	0,128	0,023	1,01	0,13	0,03	0,78	0,10	1,79	0,23
						15,40			11,01		26,42
2018	70 000	Vanduo	1,20	0,30	13,13	15,73	0,30	9,38	11,24	22,50	26,97
	50 000	Elektra	0,132	0,023	1,01	0,13	0,03	0,78	0,10	1,79	0,24
						15,87			11,34		27,21
2019	63 000	Vanduo	1,23	0,30	13,13	16,21	0,30	9,38	11,58	22,50	27,78
	45 000	Elektra	0,135	0,023	1,01	0,14	0,03	0,78	0,11	1,79	0,24
						16,34			11,68		28,02
2020	43 750	Vanduo	1,27	0,30	13,13	16,69	0,30	9,38	11,92	22,50	28,62
	31 250	Elektra	0,140	0,023	1,01	0,14	0,03	0,78	0,11	1,79	0,25
						16,83			12,03		28,87

Vandens ir elektros energijos tarifus didinama 3%. Energijos sąnaudos visai apimčiai apskaičiuojamos gamybos apimtį padauginus iš sąnaudų normos. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais apskaičiuosime sąnaudas  $0,30 \times 43,75 = 13,13$  tūkst. vienetų. Norint apskaičiuoti energijos rūšies kainą, reikia padauginti visos apimties sąnaudas iš energijos rūšies tarifo. Pvz:  $1,13 \times 13,13 = 14,83$  tūkst. €. Suminė energijos kaina apskaičiuojama sudedant atitinkamais metais energijos rūšių kainas.

### 9.3.2 Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos kaštų priskiriami tiesiogiai su gamyba nesusijusios, tačiau sudarančias sąlygas gamybai, išlaidos. Čia įeina cecho meistrų, viršininkų, kontrolierių, valytojų ir kt. darbuotojų darbo užmokestis, darbo medžiagų, energijos ir amortizacijos išlaidos. Išlaidų netiesioginiam darbo užmokesčiui skaičiavimai pateikti 9.3.2.1 lentelėje.

**9.3.2.1 lentelė.** Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

Gyvavimo metai	Profesijos pavadinimas	Darbuotojų skaičius	Mėnesio alga, €	Bendras darbo užmokestis per metus, tūkst. €	Socialinio draudimo atsiskaitymai, tūkst. €
2016	Direktorius	1	1200,00	14,4	4,46
	Administratorė	1	1000,00	12	3,72
	Buhalterė	1	850,00	10,2	3,16
	Inžinierius	4	900,00	43,2	13,392
	Sandėlininkas	2	360,00	8,64	2,68
	Kokybės kontrolierius	2	600,00	14,4	4,46
	Valytoja	1	350,00	4,20	1,30
	Viso:	12		107,04	33,18
2017	Direktorius	1	1224,00	14,69	4,55
	Administratorė	1	1020,00	12,24	3,79
	Buhalterė	1	867,00	10,40	3,23
	Inžinierius	4	918,00	44,06	13,66
	Sandėlininkas	2	367,20	8,81	2,73
	Kokybės kontrolierius	2	612,00	14,69	4,55
	Valytoja	1	357,00	4,28	1,33
	Viso:	12		109,18	33,85
2018	Direktorius	1	1248,48	14,98	4,64
	Administratorė	1	1040,40	12,48	3,87

### 9.3.2.1 lentelės tęsinys

	Buhalterė	1	884,34	10,61	3,29
	Inžinierius	4	936,36	44,95	13,93
	Sandėlininkas	2	374,54	8,99	2,79
	Kokybės kontrolierius	2	624,24	14,98	4,64
	Valytoja	1	364,14	4,37	1,35
	Viso:	12		111,36	34,52
2019	Direktorius	1	1248,48	14,98	4,64
	Administratorė	1	1040,40	12,48	3,87
	Buhalterė	1	884,34	10,61	3,29
	Inžinierius	4	936,36	44,95	13,93
	Sandėlininkas	2	374,54	8,99	2,79
	Kokybės kontrolierius	2	624,24	14,98	4,64
	Valytoja	1	364,14	4,37	1,35
	Viso:	12		111,36	34,52
2020	Direktorius	1	1248,48	14,98	4,64
	Administratorė	1	1040,40	12,48	3,87
	Buhalterė	1	884,34	10,61	3,29
	Inžinierius	4	936,36	44,95	13,93
	Sandėlininkas	2	374,54	8,99	2,79
	Kokybės kontrolierius	2	624,24	14,98	4,64
	Valytoja	1	364,14	4,37	1,35
	Viso:	12		111,36	34,52

Pagrindinių įrenginių bei pastatų nusidėvėjimas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_m = \frac{F_{is} - Flv}{T} \quad (9.3.2.1)$$

Čia:  $A_m$  – amortizaciniai atskaitymai nusidėvėjimui padengti, tūkst. €;  $F_{is}$  – įsigijimo vertė, tūkst. €;  $Flv$  – likvidacinė vertė, tūkst. €;  $T$  – naudingo naudojimo laikas, m.

Materialaus ilgalaikio turto nusidėvėjimas pateikta 9.3.2.2 lentelėje.

**9.3.2.2 lentelė. Ilgalaikio turto nusidėvėjimas**

Ilgalaikis turtas	Įrenginio vertė, €	Likvidacinė vertė, €	Eksploatacijos trukmė, metai	Nusidėvėjimas					Likutinė vertė, €
				2016	2017	2018	2019	2020	
I. Pastatai	1479070,22	147 907,02	60	22 186,05	22 186,05	22 186,05	22186,05	22186,05	1368139,95
II. Įrenginiai:									
Classic series TR140B liejimo mašina	186 450,00	18 645,00	12	13 983,75	13 983,75	13 983,75	13983,75	13983,75	116 531,25
Classic series TR100 B liejimo mašina	132 360,00	13 236,00	12	9 927,00	9 927,00	9 927,00	9 927,00	9 927,00	82 725,00
Presformos detalėms iš PA	44 770	4 477,00	10	4 029,30	4 029,30	4 029,30	4 029,30	4 029,30	24 623,50
Presformos detalėms iš PS	27 336	2 733,60	10	2 460,24	2 460,24	2 460,24	2 460,24	2 460,24	15 034,80
Žaliavos laikymo bunkeris	6 600,00	660,00	15	396,00	396,00	396,00	396,00	396,00	4 620,00
Cirkuliacinis siurblys	1 595,88	159,59	8	179,54	179,54	179,54	179,54	179,54	698,20
Žaliavos pneumatinis transporteris	1 500,00	150,00	8	168,75	168,75	168,75	168,75	168,75	656,25
Vandens siurblys	4 500,00	450,00	8	506,25	506,25	506,25	506,25	506,25	1 968,75
Šaldytuvas	4 000,00	400,00	10	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00	2 200,00
XINDONG Džiovykla	11 080,00	1 108,00	10	997,20	997,20	997,20	997,20	997,20	6 094,00
Mitex MTV-150 maišyklė	8 704,00	870,40	10	783,36	783,36	783,36	783,36	783,36	4 787,20
Kompresorius	10 422,00	1 042,20	10	937,98	937,98	937,98	937,98	937,98	5 732,10

### 9.3.2.2 lentelės tęsinys

kompiuteriai ir programinė įranga	40 000,00	4 000,00	5	7 200,00	7 200,00	7 200,00	7 200,00	7 200,00	4 000,00
<b>III. Inventorius</b>	1 000,00	100,00	6	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	250,00
<b>Viso:</b>	1958388,10			64 115,42	64 115,42	64 115,42	64115,42	64115,42	1637811,00

Likvidacinė vertė apskaičiuojama 10% nuo turto įsigijimo kainos. Nusidėvėjimas apskaičiuojamas iš tikrosios įrenginio įsigijimo vertės atimti apskaičiuotą likvidacinę vertę ir viską padalinti iš eksploatacijos trukmės. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais nusidėvėjimas apskaičiuojamas  $1479070,22 - 147907,22/60 = 22186,05$  €. Likutinė vertė apskaičiuojama iš tikrosios vertės atėmus visų projekto gyvavimo metų susumuotą nusidėvėjimą. Pvz:  $1479070,22 - (22186,05 * 5) = 1368139,95$  €



Prie netiesioginių išlaidų priskiriamos su gamyba nesusijusių energijos rūšių išlaidos. Šilumos energija, patalpoms šildyti, vandens energija, buitiniams poreikiams tenkinti ir elektros energija apšvietimui. Netiesioginės išlaidos šiluminei energijai pateiktos 9.3.2.3 lentelėje.

**9.3.2.3 lentelė.** Netiesioginės išlaidos šiluminei energijai

Rodikliai	Gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Šildymo sezono trukmė, mėn.	6	6	6	6	6
Šilumos sunaudojimo norma per mėn. 1m <sup>2</sup> apšildyti, Gkal	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Šilumos sunaudojimo norma 1 dirbančiajam per metus, Gkal	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Šiluminės energijos kaina, €/Gkal	15	15,45	15,91	16,39	16,88
Gamybinis plotas, m <sup>2</sup>	3262,84	3262,84	3262,84	3262,84	3262,84
Gamybinis personalas, žm.	40	40	40	40	40
Šiluminės energijos poreikis per metus, Gkal:					
Apšildymui, Gkal	195,77	195,77	195,77	195,77	195,77
Buitiniams reikalams, Gkal	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Išlaidos šiluminei energijai, tūkst. €:					
Apšildymui	2,94	3,02	3,12	3,21	3,31
Buitiniams reikalams	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
Viso tūkst. €.	3,03	3,12	3,21	3,31	3,41

Dėl galimų kainų kilimų ateityje, kiekvienais projekto metais, šilumos kaina didinama 3%.

Atsižvelgiant į vandens sunaudojimo normas žmogui, darbo dienų skaičių bei vandens tarifą galima apskaičiuoti kiek vandens reikės įmonės darbuotojams per metus. Buitinėms reikmėms vandens išlaidos pateiktos 9.3.2.4 lentelėje.

**9.3.2.4 lentelė. Netiesioginės vandens išlaidos**

Rodikliai	Gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Vandens sunaudojimo norma per dieną, m <sup>3</sup> /žm.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Darbo dienų skaičius	240	240	240	240	240
Vandens tarifas, €/m <sup>3</sup>	1,13	1,16	1,20	1,23	1,27
Gamybinis personalas, žm.	40	40	40	40	40
Vandens poreikis, m <sup>3</sup>	480,0	480,0	480,0	480,0	480,0
Išlaidos vandeniui, tūkst. €	0,542	0,559	0,575	0,593	0,610

Netiesiogines gamybos išlaidas paskirstomos proporcingai gaminamiems produktams. Kadangi projektuojamos 2 liejimo linijos, tai bus gaminamos dviejų tipų detalės: detalės iš poliamido 6 ir detalės iš polistireno. Išlaidos paskirstamos procentais atsižvelgus į detalių gamybos apimtį. Detalės iš poliamido 6 – paskirstoma 58%, o detalės iš polistireno - 42%.

Netiesioginių gamybos išlaidų paskirstymas gaminiams pateikti 9.3.2.5 lentelėje.

**9.3.2.5 lentelė. Netiesioginių gamybos išlaidų paskirstymas**

Metai	Rodikliai	Gaminiai		Iš viso:
		Detalės iš poliamido 6	Detalės iš polistireno	
2016	Pagrindinių gamybos darbininkų darbo užmokestis, tūkst. €	27,97	17,76	45,73
	Išlaidų paskirstymo struktūra, %	58,0	42,0	
	Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. €	149,46	108,23	257,69
	Netiesioginės gamybinės išlaidos gaminio vnt. pagaminti, €	3,42	3,46	
2017	Darbininkų darbo užmokestis, tūkst. €	35,80	22,73	58,54
	Išlaidų paskirstymo struktūra, %	58,0	42,0	
	Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. €	151,97	110,04	262,01
	Netiesioginės gamybinės išlaidos gaminio vnt. pagaminti, €	2,71	2,75	
2018	Darbininkų darbo užmokestis, tūkst. €	44,76	28,42	73,17
	Išlaidų paskirstymo struktūra, %	58,0	42,0	
	Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. €	154,53	111,90	266,43
	Netiesioginės gamybinės išlaidos gaminio vnt. pagaminti, €	2,21	2,24	
2019	Darbininkų darbo užmokestis, tūkst. €	40,28	25,57	65,85
	Išlaidų paskirstymo struktūra, %	58,0	42,0	
	Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. €	155,46	112,58	268,04
	Netiesioginės gamybinės išlaidos gaminio vnt. pagaminti, €	2,47	2,50	
2020	Darbininkų darbo užmokestis, tūkst. €	27,97	17,76	45,73
	Išlaidų paskirstymo struktūra, %	58,0	42,0	

**9.3.2.5 lentelės tęsinys**

	Netiesioginės gamybos išlaidos, tūkst. €	156,43	113,27	269,70
	Netiesioginės gamybinės išlaidos gaminio vnt. pagaminti, €	3,58	3,62	

Apskaičiavus visas gamybos išlaidas sudaroma gamybos kaštų suvestinė lentelė.

Planuojami gamybos kaštai 9.3.2.6 pateikti lentelėje.

### 9.3.2.6 lentelė. Gamybos kaštai

Gyvavimo metai	Gamybos apimtis, vnt	Išlaidų pavadinimas	Detalė iš poliamido		Detalė iš polistireno		Visos išlaidos, tūkst. €
			Sąnaudos vienam gaminiui pagaminti, €	Visos sąnaudos, tūkst. €	Sąnaudos vienam gaminiui pagaminti, €	Visos sąnaudos, tūkst. €	
2016	43750,00	Tiesioginės išlaidos žaliavoms	1,586	69,37	1,393	43,53	112,90
		Tiesioginis darbo užmokestis	0,639	27,97	0,568	17,76	45,73
		Socialinis draudimas	0,198	8,67	0,176	5,51	14,18
	31250,00	Išlaidos technologinių procesų energijai	0,3419	14,96	0,342	10,69	25,65
		Netiesioginės išlaidos	3,416	149,46	3,463	108,23	257,69
		Viso:	6,181	270,42	5,943	185,72	456,14
2017	56000,00	Tiesioginės išlaidos žaliavoms	1,649	92,34	1,45	57,92	150,26
		Tiesioginis darbo užmokestis	0,639	35,80	0,57	22,73	58,54
		socialinis draudimas	0,198	11,10	0,18	7,05	18,15
	40000,00	Išlaidos technologinių procesų energijai	0,2751	15,40	0,275	11,01	26,42
		Netiesioginės išlaidos	2,714	151,97	2,75	110,04	262,01
		Viso:	5,475	306,61	5,22	208,76	515,37
2018	70000,00	Tiesioginės išlaidos žaliavoms	1,715	120,04	1,51	75,28	195,32
		Tiesioginis darbo užmokestis	0,639	44,76	0,57	28,42	73,17
		socialinis draudimas	0,198	13,87	0,18	8,81	22,68
	50000,00	Išlaidos technologinių procesų energijai	0,2267	15,87	0,23	11,34	27,21
		Netiesioginės išlaidos	2,208	154,53	2,24	111,90	266,43
		Viso:	4,987	349,07	4,71	235,74	584,81
2019	63000,00	Tiesioginės išlaidos žaliavoms	1,783	112,36	1,57	70,47	182,83

**9.3.2.7 lentelės tęsinys**

2019		Tiesioginis darbo užmokestis	0,639	40,28	0,57	25,57	65,85
		socialinis draudimas	0,198	12,49	0,18	7,93	20,41
	45000,00	Išlaidos technologinių procesų energijai	0,2594	16,34	0,26	11,68	28,02
		Netiesioginės išlaidos	2,468	155,46	2,50	112,58	268,04
		Viso:	5,348	336,93	5,07	228,23	565,16
2020	43750,00	Tiesioginės išlaidos žaliavoms	1,855	81,15	1,63	50,93	132,08
		Tiesioginis darbo užmokestis	0,639	27,97	0,57	17,76	45,73
		socialinis draudimas	0,198	8,67	0,18	5,51	14,18
	31250,00	Išlaidos technologinių procesų energijai	0,3848	16,83	0,39	12,03	28,87
		Netiesioginės išlaidos	3,575	156,43	3,62	113,27	269,70
		Viso:	6,653	291,05	6,38	199,50	490,55

### 9.3.3 Veiklos sąnaudos

Veiklos sąnaudas sudaro: administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui; administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms energijos išlaidos; administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai ir kitos išlaidos.

Apskaičiuotos veiklos sąnaudos pateiktos 9.3.3.1 lentelėje.

#### 9.3.3.2 lentelė. Veiklos sąnaudos

Gyvavimo metai	2016	2017	2018	2019	2020
Veiklos sąnaudos, tūkst. €	114	129	146	141	123

Veiklos sąnaudos apskaičiuojamos 25% nuo gamybos kaštų.

### 9.3.4 Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms priskiriamos palūkanos už banko paskolas.

Finansinės ir investicinės sąnaudos pateikiamos 9.3.4.1 lentelėje.

#### 9.3.4.1 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

Rodikliai	Gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Paskolos suma, €	1 272 000,00	1 017 600,00	763 200,00	508 800,00	254 400,00
Palūkanų norma, %	5	5	5	5	5
Metinė palūkanų suma, €	63 600,00	50 880,00	38 160,00	25 440,00	12 720,00
Padengimo suma, €	254 400,00	254 400,00	254 400,00	254 400,00	254 400,00

Palūkanų norma siekia 5%. Metinė palūkanų norma apskaičiuojama paskolos sumą padauginus iš palūkanų normos. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais:  $1\,272\,000 \times 0,05 = 63\,600$  €. Padengimo sumą apskaičiuojame paskolos sumą padalinus iš projekto metų t.y. 5. Pvz:  $1\,272\,000 / 5 = 254\,400$  €.

Metinės palūkanas galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$P = \frac{K}{N} \times 100; \quad (9.3.4.1)$$

Čia: P – metinės palūkanos, tūkst. €; K – banko p0askolos dydis, tūkst. €; N – palūkanų norma, %. Investicinės veiklos sąnaudos pateikiamos 9.3.4.2 lentelėje.

**9.3.4.2 lentelė.** Investicinių veiklos sąnaudų paskirstymas

Metai	Rodikliai	Gaminiai		Viso:
		Detalė iš poliamido	Detalė iš polistireno	
2016	Gamybos kaštai, %	58,0	42,0	
	Palūkanos, €	36 888,00	26 712,00	63 600,00
	Pardavimo planas, tūkst. vnt.	43,75	31,25	
	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, €	0,84	0,85	
2017	Gamybos kaštai, %	58,0	42,0	
	Palūkanos, €	29510,40	21369,60	50 880,00
	Pardavimo planas, tūkst. vnt.	56	40	
	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, €	0,52	0,53	
2018	Gamybos kaštai, %	58,0	42,0	
	Palūkanos, €	22132,80	16027,20	38 160,00
	Pardavimo planas, tūkst. vnt.	70	50	
	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, €	0,31	0,32	
2019	Gamybos kaštai, %	58,0	42,0	
	Palūkanos, €	14755,20	10684,80	25 440,00
	Pardavimo planas, tūkst. vnt.	63	45	
	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, €	0,23	0,24	
2020	Gamybos kaštai, %	58,0	42,0	
	Palūkanos, €	7377,60	5342,40	12 720,00
	Pardavimo planas, tūkst.vnt.	43,75	31,25	
	Gaminiui tenkančios veiklos sąnaudos, €	0,17	0,17	

Palūkanos tenkančios gaminiui iš poliamido apskaičiuojamos metinę palūkanų sumą padalinus iš gamybos kaštų procentais. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais apskaičiuojame  $63600/0,58 = 36\ 888$  €. Gaminiui tenkančias sąnaudas apskaičiuojamos gaminiui tenkančias palūkanų sumą padalinus iš gamybos apimties. Pvz:  $36\ 888/43,75 = 0,84$  €

### 9.3.5 Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas galima nustatyti gaminių kainas. Kainos apskaičiuojamos remiantis gamybos visomis išlaidomis bei pelno norma (rentabilumu), kuris negali būti mažesnis negu 5%.

Gaminių kainas sudaro jų pilnoji savikaina ir pelnas, kuris gaunamas įvertinus gaminių rentabilumą. Apskaičiuojame pagal šias formules:

$$c_i = sp_i + p_i; \quad (9.3.5.1)$$

$$R_i = p_i/sp_i \times 100; \quad (9.3.5.2)$$

$$p_i = R_i \times sp_i/100. \quad (9.3.5.3)$$

Gaminių pilnąją savikainą sudaryta iš gamybinės savikainos, veiklos sąnaudų bei finansinės veiklos sąnaudų:

$$sp_i = sp_i + fv_i + vs_i. \quad (9.3.5.4)$$

Gaminių kainos apskaičiavimas pateikiamas 9.3.5.1 lentelėje.

**9.3.5.1 lentelė.** Gaminių kainos skaičiavimai

Gaminiai	Gamybinė savikaina, tūkst. €	Veiklos sąnaudos, tūkst. €	Finansinės veiklos sąnaudos, tūkst. €	Pilnoji savikaina, tūkst. €	Gamybinė apimtis, tūkst. vnt.	Gaminio savikaina, €	Pelnas, €	Rentabilumas, %	Gaminio kaina, €
2016									
Detalė iš poliamido	270,42	66,14	36,89	373,45	43,75	8,54	1,71	20,00	10,24
Detalė iš polistireno	185,72	47,90	26,71	260,33	31,25	8,33	1,67	20,00	10,00
2017									
Detalė iš poliamido	306,61	74,73	29,51	410,85	56,00	6,86	1,37	20,00	8,24
Detalė iš polistireno	208,76	54,11	21,37	284,24	40,00	6,57	1,31	20,00	7,88



### 9.3.5.1 lentelės tęsinys

2018									
Detalė iš poliamido	349,07	84,80	22,13	456,00	70,00	6,51	1,30	20,00	7,82
Detalė iš polistireno	235,74	61,41	16,03	313,18	50,00	6,26	1,25	20,00	7,52
2019									
Detalė iš poliamido	336,93	81,95	14,76	433,64	63,00	6,88	1,38	20,00	8,26
Detalė iš polistireno	228,23	59,34	10,68	298,26	45,00	6,63	1,33	20,00	7,95
2020									
Detalė iš poliamido	291,05	71,13	7,38	369,56	43,75	8,45	1,69	20,00	10,14
Detalė iš polistireno	199,50	51,51	5,34	256,35	31,25	8,20	1,64	20,00	9,84

Gaminio savikaina apskaičiuojama pilnąją savikainą padalinus iš gamybos apimtį. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais gaminio savikaina apskaičiuojama  $373,45/43,75 = 8,06$  €. Pelnas apskaičiuojamas gaminio savikaina padauginus iš rentabilumo, kuris yra 20%. Gaminio vieneto kaina apskaičiuojama sudėjus gaminio savikainą ir pelną. Pvz:  $8,54 + 1,71 = 10,24$  €.

### 9.3.6 Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautas

Įmonės pelno ataskaita pateikta 9.3.6.1 lentelėje.

**9.3.6.1 lentelė.** Įmonės pelno ataskaita

Rodikliai	Gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Pardavimo apimtis, tūkst. €	760,53	834,11	923,01	878,27	751,09
Parduodamos produkcijos gamybos kaštai, tūkst. €	456,14	515,37	584,81	565,16	490,55
Bendras pelnas (nuostolis), tūkst. €	304,39	318,74	338,20	313,11	260,54
veiklos sąnaudos, tūkst. €	114	129	146	141	123
Veiklos pelnas (nuostolis), tūkst. €	190,36	189,90	191,99	171,82	137,90
Finansinė ir investicinė veikla:					
Sąnaudos, tūkst. €	63,60	50,88	38,16	25,44	12,72
Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą, tūkst. €	126,76	139,02	153,83	146,38	125,18
Pelno mokestis, tūkst. €	0	0	0	0	0
Grynasis pelnas, tūkst. €	126,76	139,02	153,83	146,38	125,18

Kadangi projektuojama įmonė statoma Kauno Laisvosios Ekonominės Zonoje, tai pagal teikiamas privilegijas, pelno mokesčio nereikia mokėti artimiausius 5 metus. Bendras pelnas apskaičiuojamas iš pardavimų apimties atėmus parduodamos produkcijos kaštus. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais bendras pelnas apskaičiuojamas  $760,53 - 456,14 = 304,39$  tūkst. €. Veiklos pelnas apskaičiuojamas iš bendro pelno atėmus veiklos sąnaudas. Pvz: veiklos sąnaudos apskaičiuojamos  $304,39 - 114 = 190,36$  tūkst. €. Pelnas prieš apmokestinimą apskaičiuojamas iš veiklos pelno atėmus finansinės investicijos sąnaudas. Pvz:  $190,36 - 63,60 = 126,76$  tūkst. €. Grynasis pelnas gaunamas iš pelno prieš apmokestinimą atėmus pelno mokesį. Pvz:  $126,76 - 0 = 126,76$  tūkst. €. Kadangi pelno mokesčio nemokame, tai pelno mokestis lygus 0.

Finansų srautų ataskaita pateikta 9.3.6.2 lentelėje.

**9.3.6.2 lentelė.** Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

Rodikliai	Gyvavimo metai					
	0	2016	2017	2018	2019	2020
I. Pinigų srautai iš įmonės veiklos:						
Grynasis pelnas (nuostoliai), tūkst. €	0,00	126,76	139,02	153,83	146,38	125,18

### 9.3.6.2 lentelės tęsinys

Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos, tūkst. €	0,00	66,91	66,91	66,91	66,91	66,91
Investicijos į apyvartinę kapitalą, tūkst. €	-68,42	-45,61	-31,93	-36,49	18,25	50,18
Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas, tūkst. €		63,60	50,88	38,16	25,44	12,72
Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos, tūkst. €	-68,42	211,65	224,88	222,42	256,98	254,99
II. Pinigų srautai iš investicinės veiklos:						
Iš ilgalaikio turto perleidimo (išigijimo)	0	0	0	0	0	0
Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos, €	-	2702879,65				
III. bendri metiniai pinigų srautai(I+II), €	-	2771301,11	211,65	224,88	222,42	256,98
					254,99	

Vidutiniai svertiniai kapitalo skaičiavimai pateikti 9.3.6.3 lentelėje.

### 9.3.6.3 lentelė. Vidutiniai svertiniai kapitalo skaičiavimai

Rodikliai	Gyvavimo metai				
	2016	2017	2018	2019	2020
Įsiskolinimų (paskolų) kaštai, %	5	5	5	5	5
Privilegiuotos akcijos kaina, €	0	0	0	0	0
Dividendai, %	7	7	7	7	7
Dividendai, 7%, tūkst. €	8,87	9,73	10,77	10,25	8,76
Nuosavo kapitalo kaštai, %	0,5915	0,6488	0,7179	0,6831	0,5842
Įsiskolinimų svarumo koeficientai, %	54,11				
Paprastųjų akcijų svarumo koeficientai, %	45,89				
Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai, %	2,98	3,00	3,04	3,02	2,97

Įsiskolinimų kaštai apskaičiuojami pagal duotą formulę:

$$k_{is} = i \times (1 - M) \quad (9.3.6.1)$$

Čia:  $i$  – palūkanų norma, %;  $M$  – vidutinė mokesčių norma, %.

Kadangi mokesčių nemokame, tai  $M = 0$ . Pvz:  $k_{is} = 5 \times (1 - 0) = 5$  %.

Privilegijuotų akcijų projektuojamoje įmonėje nėra. Dividendai siekia 7%. Dividendų suma apskaičiuojama grynąjį pelną padauginus iš dividendų procentų. Pvz: pirmaisiais gyvavimo metais dividendų suma apskaičiuojama  $126,76 \times 0,07 = 8,87$  tūkst. €. Nuosavo kapitalo kaštus apskaičiuojame dividendų sumą padalinus iš akcinio kapitalo. Pvz:  $8,87/(1\ 500\ 000) = 0,5915$  %. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami pagal formulę:

$$KK = W_{is} \times k_{is} + W_{pr} \times k_{pr} + W_p \times k_p \quad (9.3.6.2)$$

Čia:  $W_{is}$ ,  $W_{pr}$ ,  $W_p$  – svarumo koeficientai, parodantys įsiskolinimų, privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamąjį svorį kapitalo struktūroje.

$$\text{Taigi } KK = 5/100 \times 54,11 + 0,1818/100 \times 45,89 = 2,98 \%$$

Bendri pinigų srautai pateikti 9.3.6.4 lentelėje.

#### 9.3.6.4 lentelė. Bendri pinigų srautai

Gyvavimo metai	Bendras grynujų pinigų srautas (GPS), tūkst. €	Bendri GPS, tūkst. €	Diskontuoti bendrų pinigų srautai, tūkst. €
0	-68,42	-68,42	-68,42
2016	211,65	143,23	205,53
2017	224,88	368,11	211,96
2018	222,42	590,53	203,33
2019	256,98	847,51	228,15
2020	254,99	1 102,49	220,24
		Atsipirkimo laikas:	4,152

Diskontuoti GPS apskaičiuojami grynujų pinigų srautą einamaisiais metais padalinus iš svertinių kapitalo kaštų pridėjus vienetą ir pakėlus einamais metais.

$$GPS_{dis} = \frac{CF_t}{(1+KK)^T} \quad (9.3.6.3)$$

Čia: GPS – bendras grynujų pinigų srautas; KK – vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai, %; T – metai

$$GPS_{dis} = \frac{139,64}{(1+2,81)^1} = 1000,79 \text{ tūkst. €}$$

Grynoji esamoji vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} \quad (9.3.6.4)$$

$$GEV = -63,93 + 205,53 + 211,96 + 203,33 + 228,15 + 220,24 = 1000,79 \text{ tūkst. €}$$

Pelningumo indeksas apskaičiuojamas PI:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{GPS_i}{(1+KK)^n}\right)}{GPS_0} \quad (9.3.6.5)$$

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

PI = 14, 63 %

Atsižvelgus į projekto atsipirkimo laiką, grynąją esamąją vertę bei pelningumo indeksą, projektas atsiperka.

### 9.3.7 Projekto balansas

Projekto balansas pateiktas 9.3.7.1 lentelėje.

**9.3.7.1 lentelė.** Projekto balansas

Turtas	Finansiniai metai
<b>Ilgalaikis turtas, €</b>	2 702 880
Nematerialus turtas	
Materialus turtas	2 702 880
Finansinis turtas	
Kitas ilgalaikis turtas	
<b>Trumpalaikis turtas, €</b>	68421
Atsargos , išankstiniai apmokėjimai ir nebaigtos vykdyti sutartys	
Per vienerius metus gautinos sumos	
Kitas trumpalaikis turtas	
Pinigai ir pinigų ekvivalentai (pinigai banko sąskaitoje)	68421
Turtas iš viso:	2771301
Nuosavas kapitalas ir įsipareigojimai	Finansiniai metai
<b>Nuosavas kapitalas, €</b>	1 500 000
Kapitalas(finansiniai ištekliai, investuojami į prekių ir paslaugų gamybą;)	1 500 000
Perkainojimo rezervas (nuosavo kapitalo pasikeitimas dėl ilgalaikio materialiojo turto ir finansinio turto perkainojimo. )	
Rezervai	
Nepaskirstytas pelnas	
<b>Dotacijos, subsidijos</b>	
<b>Mokėtinos sumos ir įsipareigojimai, €</b>	1272000
Po vienerių metų mokėtinos sumos ir ilgalaikiai įsipareigojimai	1272000
Per vienerius metus mokėtinos sumos ir trumpalaikiai įsipareigojimai	
Nuosavo kapitalo ir įsipareigojimai iš viso, € :	2772000

## 10. Aplinkosauginis vertinimas

Projektuojamoje įmonėje, injekcinio liejimo būdu, bus gaminamos polimerinės detalės automobilių pramonei. Injekcinis liejimas – tai būdas, kuriuo galima išlieti įvairias detales, kurios viena nuo kitos skiriasi dydžiu, sudėtingumu bei panaudojimu. Injekciniame liejime yra naudojama injekcinio liejimo mašina, polimerinė žaliava ir forma. Plastiką yra lydomas injekcinio liejimo mašinos cilindriniam korpuse, kaitinimo elementų pagalba, ir įpurškiamas į formą, kurioje atvėsinaamas vandeniu ir gaunama polimerinė detalė. Šio metodo privalumas ne tik puikios kokybės bei įvairiausių matmenų gaunamos polimerinės detalės, bet ir technologinis procesas neturi didelės įtakos aplinkai ar žmogaus sveikatai.

Aplinkosauginis vertinimas apima visą gaminio būvio ciklą, nuo žaliavų gavimo iki atliekų šalinimo. Pagrindiniai būvio ciklo vertinimo kriterijai pateikti nacionaliniuose standartuose: ISO 14040:2002, ISO 14041:2002. Technologinio proceso ciklo būvio vertinimas yra labai išsamus, reikalauja daug laiko bei resursų. Todėl šiame skyriuje bus pateikta tik produkto gamybos metu daroma įtaka aplinkosaugai. [4]

Aplinkosauginis vertinimas prasideda nuo žaliavų, t.y. cheminių medžiagų, ir išteklių bei produkto balanso. Atsižvelgus į produkcijos pagaminamą kiekį – 120 000 detalių automobilių pramonei, galime apskaičiuoti sunaudojamą žaliavos kiekį per metus. Cheminių medžiagų klasifikacija atspindi potencialią žalą žmonėms bei aplinkai. Duomenys apie žaliavas pateikiami 10.1 lentelėje.

**10.1 lentelė.** Duomenys apie naudojamas žaliavas

Žaliavos pavadinimas	Kiekis naudojant objektą, t/metus	Cheminės medžiagos klasifikavimas ir ženklavimas		
		Kategorijos pavadinimas	Pavojaus nuoroda	Rizikos frazės, saugumo frazės
Poliamidas 6 (PA6)	45,94	neklasifikuojama	neklasifikuojama	-
Polistirenas	31,25	neklasifikuojama	neklasifikuojama	-

Pagal Reach reglamentus 1272/2008/EB, 1907/2006/EB, 1999/45/EB žaliavos nėra klasifikuojamos bei ženklinamos kaip pavojingos. Todėl galime teigti, jog poliamidas bei polistirenas aplinkai bei žmogaus sveikatai nekelti grėsmės. [1, 2 priedai]

10.2 lentelėje pateikiami duomenys apie naudojamą energijos išteklius.

**10.2 lentelė.** Duomenys apie energijos išteklius

Produkcija		Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
Pavadinimas	Kiekis per metus, vnt.	Pavadinimas	Kiekis per metus, kW	Šaltiniai
Detalės iš poliamido	70 000	Elektros energija	81432	„Kauno energija“
Detalės iš polistireno	50 000	Elektros energija	71193,6	„Kauno energija“

Gamybos proceso metu energetinėms reikmėms naudojama tik elektros energija. Ji reikalinga tam, kad veiktų technologiniai įrenginiai. Šiluminės energijos taip pat nenaudojama. Polimerinės granulės, injekcinio liejimo mašinos cilindriname korpuse, išlydomos konvekciniu būdu, t.y. cilindrinis korpusas kaitinamas kaitinimo elementais. Detalių iš 70 000 poliamido per metus pagaminama, o detalių iš polistireno pagaminama 50 000 tonų per metus.

10.3 lentelėje pateikti veiklos duomenys, kurie turi fizikinę ar biologinę taršą.

**10.3 lentelė.** Injekcinio liejimo sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Technologiniai įrenginiai	18	80 dB	Netaikomos
Šilumos energija	Technologiniai įrenginiai	18	-	Įrenginių izoliacija

Lietuvos Respublikos įstatyme „Dėl darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatų patvirtinimo“ pateikiamos ribinės ekspozicijos vertės, kurios yra 87dB. Kadangi triukšmas projektuojamoje įmonėje neviršija leistinos ribos, apsauginės priemonės netaikomos. Tačiau jei atsitiktų, kad visgi viršijama ribinė vertė, apsauginės priemonės būtų taikomos. Dažniausiai naudojamos priemonės: prieštriukšminiai kamščiai; prieštriukšminiai šalmai; ausinės, tvirtinamos prie apsauginių šalmų; ausinės su lankeliu galvai; ausų apsauga su ryšio įranga. [19]

Atliekos technologinio proceso metu nesusidaro. Plastikinių detalių gamybos metu susidariusios atliekos yra detalių liečiai, t.y. plastikinės detalės dalis tarp formavimo kanalo ir

presformos. Šios dalys yra surenkamos ir vežamos perdirbti į plastikines granules, kurios vėl yra naudojamos technologiniame procese.

10.4 lentelėje pateikti naudojamo vandens balansas.

**10.4 lentelė.** Naudojamo vandens balansas

Vandens tiekimo šaltinis	Vandens naudojimo sritis	Didžiausias paros debitas m <sup>3</sup> /d	Vidutinis metinis kiekis, m <sup>3</sup>	Taupymo ir apsaugos priemonės
Gruntinis vanduo	Detalių aušinimui presformoje	0,9	262,5	Vanduo cirkuliacinis, gražinamas į procesą

Vanduo technologiniame procese reikalingas plastikinių detalių aušinimui. Vanduo iš vandens talpyklos cirkuliaciniu siurbliu tiekiamas į presformą. Po aušinimo vanduo gražinamas į šaldytuvą, kuriame yra atšaldomas ir vėliau vėl naudojamas aušinimo procese.

Kadangi projektuojamoje įmonėje nebus krosnių, deginimo įrenginių, tai nesusidarys žalingų atliekų, kurios patektų į aplinkos orą ir ją terštų.

Pagal gautus rezultatus, matome, jog projektuojamos įmonės veikla, neturės didelės įtakos nei aplinkai nei žmogaus sveikatai.



## Išvados

1. Suprojektuota injekcinio liejimo polimerinių detalių gamybos įmonė UAB „IM Plastics“, kurios našumas per metus siekia 120 000 vienetų.
2. Išsamiai išanalizuotas technologinis procesas. Suprojektuota technologinė linija. Parinktos injekcinio liejimo mašinos su slenkančiu sraigtu Classic series TR140 B ir Classic series TR100 B. Taip pat apskaičiuotas injekcinio liejimo mašinų dozavimo bunkeris bei aušinimo sistema. Apskaičiuota ir suprojektuota polistireno 6 granulių džiovykla ir parinkta XINDONG firmos džiovykla. Taip pat apskaičiuota ir suprojektuota polistireno su pigmentu maišyklė ir parinkta Mitex MTV-150 maišyklė.
3. Tiriamojo darbo metu buvo atlikta stireno kopolimerizacija su įvairiais kiekiais divinilbenzeno. Buvo nustatyta, jog polistireno kopolimeras yra didesnės molekulinės masės, lyginant su tomis pačiomis sąlygomis sintetintu polistireno homopolimeru. Atsižvelgus į tyrimo rezultatus, galima teigti, jog polistireno kopolimeras pasižymėtų geresnėmis mechaninėmis savybėmis nei homopolistirenas.
4. Technologinių procesų energetinio aprūpinimo dalyje buvo apskaičiuotas bendras įmonės apšvietimas. Taip pat apskaičiuotas bendras įmonės elektros energijos sunaudojimo kiekis per metus, kuris siekia 1 911 168 kWh.
5. Darbuotojų saugos ir sveikatos skyriuje buvo atliktas profesinės rizikos įvertinimas ir apsauginių priemonių parinkimas. Nustatytos saugios gamybos priemonės. Įvertintas darbo ir darbo aplinkos veiksnių poveikis žmogaus sveikatai, taip pat parenkamos apsauginės priemonės. Parinktos gaisrinės saugos priemonės. Taip pat buvo apskaičiuojamas ir suprojektuojamas pastato apsaugos nuo žaibo įrenginys bei pateiktas vaizdiniu brėžiniu.
6. Statybinių sprendinių dalyje pateikti projektuojamos įmonės užimami sklypo bei pastato plotai. Sklypo plotas užima 0,816 ha žemės sklypo. Taip pat parengti pastato plano, sklypo plano bei pastato pjūvių brėžiniai.
7. Ekonominių skaičiavimų dalyje apskaičiuotas projekto atsipirkimo laikas, kuris yra 4,152 metų. Taigi, galima teigti, kad 5 metų laikotarpyje projektas atsiperka.

## Literatūros sąrašas

1. A. Balandis, A. Kantautas, B. Leskauskas, G. Vaickelionis, Z. Valančius, Chemijos inžinerija ( I knyga) / Technologija, Kaunas, 2006, p. 473.
2. A. Balandis, A. Kantautas, B. Leskauskas, S. Šinkūnas, G. Vaickelionis, Z. Valančius, Chemijos inžinerija ( II knyga) / Technologija, Kaunas, 2007, p. 533.
3. A. Balandis, B. Leskauskas, G. Vaickelionis, Z. Valančius, Chemijos inžinerija (III knyga) / Technologija, Kaunas, 2000, p. 407.
4. Aplinkos apsaugos agentūra. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://chemija.gamta.lt/cms/index>
5. Arburg, Practical guide to injection molding/ redaktoriai: V. Goodship/ Rapra Technology Limited, 2004, p.1-3, 13,16,47-49, 96-97, 183,190-192, 194-197.
6. Arthur N. Wilkinson, Anthony J. Ryan, Polymer processing and structure development / Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999, p.213-218,
7. Bakalauro baigiamasis darbas. Polimerinių detalių formavimo injekcinio liejimo būdu technologinė linija/Asta Vaitkutė, 2014.
8. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
9. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
10. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr.65-2396; (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2005, Nr.55-1907).
11. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
12. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr.41-1350.
13. Darbuotojų, dirbančių potencialiai sprogioje aplinkoje, saugos nuostatai. TAR, 2014, Nr. 2173)
14. Donald G. Baird, Dimitris I. Collias, Polymer processing : principles and design / John Wiley & Sons, New York, 1998, p. 10-14, 50-55, 532.

15. Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės. Valstybės žinios, 2012, Nr. 18-816 .
16. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai. Valstybės žinios, 2010, Nr. 146 -7510 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011-06-21, Žin., 2011, Nr.: 75-3661; 2011-02-24, Žin., 2011, Nr. 23-1137).
17. Grindų parinkimas. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.paroc.lt>
18. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
19. HN 33:2011. „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75-3638.
20. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
21. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014, Nr. 5119.
22. Injekcinio liejimo mašinos. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://greatplast.en.alibaba.com>
23. Kauno energijos kainos. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.kaunoenergija.lt/>
24. Kauno Laisvoji Ekonominė Zona. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.ftz.lt/>
25. Kauno Laisvosios Ekonominės Zonos ataskaita. Lietuvos Respublikos kontrolė „Valstybinio audito ataskaita Laisvųjų ekonominių zonų ir pramoninių parkų vystymas“, Vilnius, 2012
26. Kauno miesto klimatiniai duomenys. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://db1.stat.gov.lt/>
27. Kauno miesto savivaldybė. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.kaunas.lt>
28. Kauno miesto vandens tarifai. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <https://www.kaunovandenys.lt/>

29. Lauko durys. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://fauga.lt/lauko-durys-comfort.html>
30. LST EN 62305-3:2011 Apsauga nuo žaibo. 3 dalis. Fizinė žala statiniams ir pavojus gyvybei. 157 p.
31. Pastato langai. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.vivalangai.lt>
32. Pigmentų pirkimas. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.alibaba.com/product-detail/Fluorescent-pigment-for-plastic-injection-moulding>
33. Pneumatinis konvereris. Prieiga per internetą, žiūrėta [2014.05.06]: [http://kurbel-ltd.com/pdf/en/d\\_pneumatic\\_conveying.pdf](http://kurbel-ltd.com/pdf/en/d_pneumatic_conveying.pdf)
34. Poliamido džiovykla. Prieiga per internetą, žiūrėta [2014.05.06] <http://xinljx.en.made-in-china.com/product/oSrJAKylJaVf/China-Hot-Air-Drying-Loader-Hopper-Dryer.html>
35. Polistireno maišyklė. Prieiga per internetą, žiūrėta [2014.05.06]: [http://www.alibaba.com/product-detail/plastic-material-vertical-color-stirrer\\_1666867022.html](http://www.alibaba.com/product-detail/plastic-material-vertical-color-stirrer_1666867022.html)
36. Polimerų medžiagų inžinerijos pagrindai. Saulius Grigalevičius, Kaunas 2013
37. Prieiga per internetą, žiūrėta [2014.05.06]: <http://hzklqy.en.made-in-china.com/product/ZBfmKAEUvLkp/China-Chiller-for-Injection-Molding-Machine.html>
38. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.
39. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2009, Nr. 152-6849, Valstybės žinios, 2011, Nr.: 46 -2201 TAR, 2014-02-14, Nr. 1536).
40. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878 ( Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr.: 124 -6254).
41. Saugos ir sveikatos apsaugos ženklų naudojimo darbovietėse nuostatai. Valstybės žinios, 1999, Nr.104-3014.

42. Segmentiniai vartai. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.hormann.lt/gaminiai/pramoniniai-vartai/pramoniniai-segmentiniai-vartai/>
43. Stacionariųjų gaisrų gesinimo sistemų projektavimo ir įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2009, Nr. 63-2538.
44. Statinių statybos skaičiuojamųjų kainų palyginamieji ekonominiai rodikliai. Vilnius, UAB „Sistela“. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.spssc.lt/cms/index.php?Itemid=326>
45. Stogo parinkimas. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://www.paroc.lt>
46. STR 2.01.06:2009 Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Valstybės žinios, 2009, Nr. 138-6095.
47. Sunkvežimių nuoma Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <https://www.timocom.lt/>
48. Treigienė D. (2011) Investicijos: mokomoji knyga. Vilnius, Technika, 2010
49. UAB „KB Components“ Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://kbcomponents.com/info-lithuania/>
50. UAB „Salinta“ .Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://salinta.lt/lt/>
51. V. Rajeckas, Polimerų perdirbimas / Kaunas, 1997, p. 111
52. Valentinavičius S. Investicijų valdymas: teoriniai ir praktiniai aspektai: monografija. Vilnius : Vilniaus universiteto leidykla, 2010
53. Žaliavų pirkimas. Prieiga per internetą, žiūrėta [2016-05-10] <http://vailendas.lt>
54. Žemaitaitis, Polimerų fizika ir chemija / Technologija, Kaunas, 2001, p. 478-481, 496, 502-508.

## PRIEDAI

Eil.Nr.	Formatas	Pavadinimas	Egzempliorių skaičius
1.	A1	Technologinė linija	1
2.	A1	Injekcinio liejimo mašina	1
3.	A1	Pastato planas	1
4.	A1	Pastato pjūviai	1
5.	A1	Sklypo planas	1

1 priedas. Poliamido saugos lapas

2 priedas. Polistireno saugos lapas