



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė
Baigiamasis magistro projektas

Agnė Budreckaitė
Projekto autorė

Lekt. dr. Vaidas Bivainis
Vadovas

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė

Baigiamasis magistro projektas
Grafinių komunikacijų inžinerija (6211EX016)

Agnė Budreckaitė

Projekto autorė

Lekt. dr. Vaidas Bivainis

Vadovas

Doc. dr. Kęstutis Vaitasius

Recenzentas / Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Agnė Budreckaitė

Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Agnės Budreckaitės, baigiamasis projektas tema: „Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė“ 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)



Kaunas technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Studentui (-ei) – Agnei Budreckaitei

1. Projekto tema – Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė

(Lietuviškai)

Analysis of Polystyrene Cups Strength and Ecological Properties

(Angliškai)

2. Projekto tikslas ir uždaviniai –

Išanalizuoti polistireno indelių stiprumines bei ekologines savybes atliekant numatytus tyrimus. Pateikti siūlymus, kaip pagerinti ekologinę situaciją.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti rinkoje esančius indelius, atlikti pagrindinių savybių analizę, išanalizuoti šių indelių konstrukcinius ypatumus bei gamybos technologiją;
2. Suprojektuoti grietinės indelius SolidWorks programa, atlikti indelių statinio gniuždymo eksperimentinius tyrimus statinio gniuždymo mašina, bandymą su analogiškais parametrais pakartoti su SolidWorks Simulation bei palyginti gautus rezultatus, apibendrinti, kaip realus skaičiavimas atitinka programą atliktą bandymą;
3. Atlikti SolidWorks Sustainability poveikio aplinkai vertinimą, išsiaiškinti, kokie aspektai daro didžiausią įtaką gaminio tvarumui;
4. Suprojektuoti sausojo ofseto technologinį procesą, aprašyti darbų kokybės, saugos ir ekologijos procesus, atlikti ekonominius skaičiavimus.

3. Pradiniai projekto duomenys –

Žr. 3 lentelę, 38 psl.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Atlikti literatūros analizę, tyrimą, susijusį su nagrinėjama tema, suprojektuoti sausojo ofseto spaudos proceso technologinius procesus, aptarti darbų saugos, kokybės vadybos ir ekologinius aspektus, atlikti ekonominius skaičiavimus.

Projekto autorius / autorė

Agnė Budreckaitė

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Vadovas / vadovė

Lekt. dr. Vaidas Bivainis

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Krypties studijų
programų vadovė

Doc. dr. Regita Bendikienė

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Budreckaitė Agnė. Polistireno indelių stipruminių ir ekologinių savybių analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. Vaidas Bivainis; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: plastikiniai indeliai, polistirenas, SolidWorks statinio gniuždymo modeliavimas, simuliacijos, tvarumas

Kaunas, 2019. 64 p.

Santrauka

Atlikus literatūros analizę pastebėta, jog grietinės indeliams naudojamas plastikas prisideda prie kasdien blogėjančios ekologinės situacijos. Aptarti būdai, kaip galima sumažinti taršą, nutarta atlikti tvarumo analizę SolidWorks Sustainability programa. Suprojektuotas virtualus grietinės indelis, kurio stipruminių savybių atitiktis palyginta su realiu indeliu.

Statinio gniuždymo bandymas buvo atliktas su 200 g ir 400 g talpos indeliais, skirtais grietinei. Analogiškas bandymas atliktas pasitelkus SolidWorks Simulation. Bandymo metu gauti rezultatai parodė, kad nors ir grafikai išlaiko panašią tendenciją, pastebimi skirtumai tarp realaus gaminio ir CAD modelio. Pirmojo bandinių klupimo metu skirtumas tarp teorinio ir realaus bandinio dideliems indeliams siekia 3,95 %, o mažiems indeliams 3,9 %. Realus bandinio gniuždymo bandymas pasižymi trūkinėjimu, kai tuo tarpu teorinis modelis gniuždomas tolygiai, be įtrūkimų.

Patikrintam CAD modeliui atliekamas SolidWorks Sustainability tyrimas, kurio metu pastebėta, jog didžiausias poveikis aplinkai pasireiškia indelių spaudos metu naudojant skiediklio pagrindo dažus, spaudos procesas taršą padidina iki 68 %, todėl nutarta išanalizuoti grietinės indelių spaudos procesą. Naudojantis projektinėje dalyje pateiktomis charakteristikomis, suprojektuotas sausojo ofseto spaudos technologinis procesas, kurio metu apskaičiuojamas gamybinis plotas, reikalingų darbuotojų skaičius. Nustatyti rizikos faktoriai, kokybės vadybos sistemos efektyvumas užtikrinamas ISO 9001:2000 standartu. Analizuojant spaudos proceso ekologiškumą nustatyta, jog vietoje izopropilo alkoholio dažų valymui naudojant aukšto slėgio prietaisą „Wash-Up Evap A“ ženkliai sumažinamas LOJ patekimas į aplinką, per metus LOJ patekimas į aplinką gali būti sumažinamas iki 66 %.

Ekonominių – finansinių skaičiavimų metu apskaičiuojama gaminio (vieno grietinės indelio spaudos) savikaina, įvertinamas projekto atsipirkimo laikas – 1,96 metų. Pateikiamas lūžio taškas – 428109 vnt., rodantis kokį produkcijos kiekį reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla taptų pelninga. Išvados ir rekomendacijos pateikiamos baigiamojo projekto gale.

Budreckaitė Agnė. Analysis of Polystyrene Cups Strength and Ecological Properties / supervisor lect. Vaidas Bivainis; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: plastic cups, polystyrene, SolidWorks static compression modeling, simulations, sustainability

Kaunas, 2019. 64.

Summary

Literature analysis shows that the plastic used in sour cream cups contributes to the deteriorating ecological situation every day. Ways to reduce pollution have been discussed and decided to make analysis in SolidWorks Sustainability program. Sour cream cup CAD model was designed which strength properties was compared with the real plastic cup.

The static compression test was carried out with 200 g and 400 g cups. An analogous test was performed using SolidWorks Simulation. The results obtained during the test showed that although the curves maintain a similar trend there are differences between the real cup and the CAD model. The difference between the theoretical and the real sample for large cups was 3.95% at the time of the first stumbling and 3.9% for the small cups. The actual sample during static compression test is cracked while the theoretical model is compressed evenly without cracks.

The proven CAD model undergoes a SolidWorks Sustainability study. Established that the highest environmental impact occurs during the press process using solvent base paints. Press process increasing pollution to 68 % so it was decided to analyze the sour cream cups press process.

Using the characteristics provided in the project part the technological process of dry offset printing is designed during which the production area and the number of employees required is calculated. Risk factors have been identified. Quality management system efficiency is ensured by ISO 9001: 2000 standard. Analyzing the environmental friendliness of the press process it has been found that instead of using high pressure washer “Wash-Up Evap A” to reduce the VOC emissions to the environment. VOC emissions can be reduced up to 66 % per year.

Economic - financial calculations calculate the cost of a product and estimate the payback time of the project - 1.96 years. The breakthrough point is 428109 units, which shows the amount of production and sales needed to make a business profitable.

Conclusions and recommendations are provided at the end of the final project.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Literatūros apžvalga	12
1.1. Plastikinių indelių rinkos apžvalga.....	12
1.2. Polistireno indelių konstrukciniai ypatumai.....	13
1.3. Grietinės indelių gamybos technologija	16
1.4. Ekologiškumas	17
1.4.1. Plastikinių pakuočių būvio ciklo analizė.....	18
1.5. Plastikų biodegradacijos ypatumai	20
2. Polistireno indelių tyrimai, tyrimų metodologija	23
2.1. Statinio gniuždymo bandymų metodologija.....	23
2.2. Nustatymų generavimas SolidWorks programoje.....	24
2.3. Statinio gniuždymo tyrimas.....	26
2.4. Statinio gniuždymo tyrimas SolidWorks aplinkoje.....	29
2.5. Statinio gniuždymo bandymų rezultatų palyginimas	30
2.6. SolidWorks poveikio aplinkai vertinimas	33
3. Sausojo ofseto spaudos technologinis projektavimas.....	36
3.1. Technologinio proceso projektavimas.....	36
3.2. Kokybės kontrolė, darbų sauga ir ekologija	41
4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.....	43
4.1. Makroaplinkos analizė PEST metodu	43
4.2. Projekto investicijos ir finansavimo šaltiniai	45
4.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas, išlaidos baldams	45
4.4. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas	46
4.5. Gamybos apimties planavimas	46
4.6. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	46
4.7. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas	54
4.8. Veiklos sąnaudos	56
4.9. Gaminių kainos skaičiavimas	57
4.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai.....	58
Išvados.....	61
Literatūros sąrašas	62
Priedai.....	65
1 priedas. Mažo indelio tvarumo ataskaita	65
2 priedas. Didelio indelio tvarumo ataskaita	68
3 priedas. Technologinių įrenginių charakteristikos	71

Lentelių sąrašas

1 lentelė. PLA ir PS pagrindinių savybių palyginimas [22]	22
2 lentelė. Mažų ir didelių indelių programos įvesties duomenys	33
3 lentelė. Išleidžiamos produkcijos charakteristikos	36
4 lentelė. Gamybinė užduotis produkcijos spausdinimui	37
5 lentelė. Eksponavimo proceso trukmės skaičiavimas	37
6 lentelė. Spaudos formų ryškinimo trukmės skaičiavimas	38
7 lentelė. Spaudos cecho metinės gamybos apimties skaičiavimas	39
8 lentelė. Metinė laiko norma pakavimui	39
9 lentelė. Įrenginių darbo laiko fondo skaičiavimas	40
10 lentelė. Įrenginių kiekio skaičiavimas	40
11 lentelė. Reikiamų darbuotojų skaičiaus skaičiavimas	40
12 lentelė. Reikiamų darbuotojų (rankiniam darbui) skaičiaus skaičiavimas	40
13 lentelė. Įrengimų ir baldų užimamas plotas projektuojamame skyriuje	41
14 lentelė. Makro aplinkos analizė PEST metodu	43
15 lentelė. Konkurencinio pranašumo nustatymas ir makro aplinkos analizė	44
16 lentelė. Projekto finansavimo poreikis	45
17 lentelė. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas	45
18 lentelė. Išlaidos baldams	45
19 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis	46
20 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas	46
21 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms	47
22 lentelė. Išlaidos darbo užmokesčiui	54
23 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai	54
24 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui	54
25 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui	55
26 lentelė. Netiesioginės išlaidos šildymui	55
27 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui	55
28 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)	55
29 lentelė. Gamybos kaštai	56
30 lentelė. Veiklos sąnaudos	56
31 lentelė. Gaminių kaina	57
32 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) apskaita	58
33 lentelė. Pinigų srautų ataskaita	59
34 lentelė. Grynujų pinigų srautai	59
35 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas	60

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. „Lisiplast“ gaminamas polistireno indelis [2]	12
1.2 pav. Trijų sluoksnių indelis, pagamintas iš dviejų sluoksnių PP ir vieno EVOH [4].....	13
1.3 pav. „Lisiplast“ polistireniniai indeliai: a - nedidelio kūgiškumo grietinės indelis; b - didelio kūgiškumo grietinės indelis su staigiu diametro didėjimu; c - jogurto indelis; d - didelis grietinės indelis su standumo briaunomis apačioje; e - indelis su standumo briaunomis viršuje; f - įprastas grietinės indelis [2].....	14
1.4 pav. Plastikinių indelių transportavimo schema [6]	15
1.5 pav. Skirtumas tarp įprasto indelio ir padengto hidrofobine danga: a – indelis be dangos; b – indelis padengtas hidrofobine danga [7].....	15
1.6 pav. Terminio formavimo schema [9]	16
1.7 pav. Injekcinio formavimo mašina: 1 – stūmoklis; 2 – sraigtas; 3 – bunkeris; 4 – būgninė ertmė; 5 – kaitinimo elementai; 6 – išlydytas plastikas; 7 – dozatorius; 8 – presforma; 9 – pagaminta detalė [10]	17
1.8 pav. Plastikinių pakuočių poveikio aplinkai ekoindikatorius: a – poveikio aplinkai vertinimas gamybos fazėje; b – poveikio aplinkai vertinimas šalinimo fazėje [16]	19
1.9 pav. Bioplastikų suirimo stadijos per laiką [19].....	21
2.1 pav. Grietinės indelio gniuždymo eksperimento įranga: a) supaprastinta struktūrinė gniuždymo mašinos schema; b) <i>Tinus Olsen HI0KT</i> gniuždymo mašinos nuotrauka. 1 – slenkanti viršutinė plokštė, 2 – jutiklis, 3 – stacionari pagrindo plokštė, 4 – bandinys (grietinės indelis), 5 – kompiuteris, 6 – bandymų mašinos korpusas, s – viršutinės plokštės slinkimo kryptis.....	23
2.2 pav. Tiriamų grietinės indelių SolidWorks 3D modeliai: a – 400 ml talpos pakuotės modelis; b – 200 ml talpos pakuotės modelis	24
2.3 pav. SolidWorks aplinkoje sukurta nauja medžiaga su gautu mažo indelio tankiu	25
2.4 pav. Gauta mažo indelio masė SolidWorks aplinkoje 7,967 g.....	25
2.5 pav. Mažų indelių forma po gniuždymo. a) bandinys prieš gniuždymą; b) bandinys po 20 mm gniuždymo eigos; c) nuimta apkrova po bandymo; d) indelio vaizdas iš viršaus po bandymo.	26
2.6 pav. Mažų grietinės indelių gniuždymo bandymo jėgos ir poslinkių priklausomybės grafikas..	27
2.7 pav. Didelių indelių forma po gniuždymo. a) bandinys prieš gniuždymą; b) bandinys po 20 mm gniuždymo eigos; c) vaizdas iš viršaus po bandymo; d) vaizdas iš viršaus po bandymo.	27
2.8 pav. Didelių grietinės indelių gniuždymo bandymo jėgos ir poslinkių priklausomybės grafikas	28
2.9 pav. Didelio grietinės indelio 3D gniuždymo rezultatai. a) modelio poslinkių pasiskirstymas; b) įtempių pasiskirstymas.	29
2.10 pav. Mažo grietinės indelio 3D gniuždymo rezultatai. a) modelio poslinkių pasiskirstymas; b) įtempių pasiskirstymas.	30
2.11 pav. Mažų grietinės indelių realaus testo rezultatų vidurkis	31
2.12 pav. Mažų indelių gniuždymo rezultatai SolidWorks programoje.....	31
2.13 pav. Didelių grietinės indelių gniuždymo testo rezultatų vidurkis.....	32
2.14 pav. Didelių indelių gniuždymo rezultatai SolidWorks programoje.....	32
2.15 pav. Indelių poveikio aplinkai vertinimo ataskaita; a) mažų indelių; b) didelių indelių.	34
2.16 pav. Poveikio aplinkai diagramos. a) poveikis aplinkai naudojant tirpiklio pagrindo dažus; b) poveikis aplinkai nenaudojant dažų.....	35
4.2 pav. Diskontuoti pinigų srautai.....	59
4.1 pav. Lūžio taško grafikas.....	60

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

PS – polistirenas;

PLA – alifatinis poliesteris;

IRR – vidinė pelno norma;

PI – pelningumo indeksas;

GEV – grynoji esamoji vertė;

Įvadas

Maisto pakuotės – tai neatsiejama kasdienybės dalis, užtikrinanti maisto apsaugą ir šviežumą. Šiuolaikinėje visuomenėje, maistas netinkamoje pakuotėje atrodo neestetiskai ir nepatraukliai. Kad produktai patektų ant mūsų stalo, jie turi būti supakuojami į įvairias pakuotes, nuo plastikinių maišelių, iki daugiasluoksnių dėžučių. Tinkamai supakuotas produktas išlaiko savo šviežumą keletą ar net keliolika kartų ilgiau, negu įprastai.

Literatūros analizės metu analizuojami grietinės indeliai. Lietuvoje labiausiai paplitę indeliai gaminami iš polistireno, jie yra tinkami saugiam grietinės laikymui ir transportavimui. Šie indeliai plačiai naudojami ne tik Lietuvoje, tačiau ir visame pasaulyje. Nors polistireno indeliai pagaminami santykinai pigiai ir atitinka jiems keliamus reikalavimus, dėl plastiko vartojimo yra teršiama aplinka. Tonos nerūšiuoto polistireno patenka į sąvartynus ir ten iki pilnos biodegradacijos guli net kelis šimtus metų [1]. Norint spręsti šią problemą, tikslinga išanalizuoti kokie faktoriai labiausiai įtakoja aplinkos taršą gamybos metu bei ieškoti būdų, kaip būtų galima sumažinti taršą.

Darbo tikslas: išanalizuoti polistireno indelių stiprumines bei ekologines savybes atliekant teorinius ir eksperimentinius tyrimus. Pateikti siūlymus, kaip pagerinti ekologinę situaciją.

Darbo uždaviniai:

- Apžvelgti rinkoje esančius indelius, atlikti pagrindinių savybių analizę;
- Išanalizuoti šių indelių konstrukcinius ypatumus bei gamybos technologiją;
- Suprojektuoti grietinės indelius SolidWorks programa;
- Atlikti indelių statinio gniuždymo eksperimentinius tyrimus statinio gniuždymo mašina, bandymą su analogiškais parametrais pakartoti su SolidWorks Simulation bei palyginti gautus rezultatus, apibendrinti, kaip realus skaičiavimas atitinka programa atliktą bandymą;
- Atlikti SolidWorks Sustainability poveikio aplinkai vertinimą, išsiaiškinti, kokie aspektai daro didžiausią įtaką gaminio tvarumui;
- Suprojektuoti sausojo ofseto technologinį procesą, aprašyti darbų kokybės, saugos ir ekologijos procesus;
- Atlikti ekonominius skaičiavimus.

1. Literatūros apžvalga

Prieš atliekant tyrimus, atliekama plastikinių indelių literatūros apžvalgos analizė. Plastikinių indelių panaudojimas yra labai platus. Priklausomai nuo naudojamos medžiagos, indeliai gali būti skirti tiek karšties, tiek šaltiems produktams. Šiame darbe aptariami indeliai, skirti šaltai produkcijai – grietinei.

1.1. Plastikinių indelių rinkos apžvalga

Šiuo metu rinkoje yra įvairių tokio tipo indelių. Nors vartotojui jie visi atrodo panašūs, jie yra skirtingi ir pasižymi skirtingomis savybėmis. Kiekvienas gamintojas kuria unikalią formą, dydį, skirtingas medžiagas ar jų kombinacijas. Dažniausiai grietinės indeliai gaminami iš polistireno (neputinto) (1.1 pav.). Lietuvoje didžiausias polistireno indelių gamintojas yra „Lisiplast“ [2]. Įmonė „Lisiplast“ gamina indelius ir jų dangtelius iš polipropileno bei polistireno. Seniau Lietuvoje nebuvo naudojami grietinės dangteliai, jie buvo uždengiami tiesiog folija, tačiau dabar dauguma tiekėjų savo produkciją dengia ir folija, ir permatomais polipropileno dangteliais, taip sumažindami tikimybę mechaniškai pažeisti foliją. Dangtelis taip pat pasitarnauja nulupus foliją, vietoj jos yra naudojamas tik dangtelis.



1.1 pav. „Lisiplast“ gaminamas polistireno indelis [2]

Polistireno indeliai analogiškai naudojami ir kitiems pieno produktams, pavyzdžiui jogurtui. Anot Zagrebo universiteto profesoriaus, šiuo metu populiariausia jogurto pakuotė yra terminiu formavimo metodu pagamintas polistireno indelis, kurio gamyboje naudojami titano dioksido pigmentai (TiO_2), toks indelis pasižymi geromis mechaninėmis savybėmis gniuždant, atgauna savo pradinę formą. Tokie indeliai uždengiami aliuminio folija, plastiko plėvele, arba popieriaus/plastiko termoizoliaciniu dangteliu. Barjero užtikrinimas dėl deguonies poveikio yra privaloma savybė norint užtikrinti ilgesnį galiojimo laiką ir geresnę pasterizuoto pieno produkto kokybę. Kai kuriais atvejais, pasterizuotas jogurtas su itin aukštą barjerą užtikrinančiomis pakuotėmis gali išlikti šviežias net iki 4–6 mėnesių esant vidutinei aplinkos temperatūrai, tačiau šios pakuotės turi užtikrinti itin aukštas barjerines

savybes nuo vandens ir deguonies pralaidumo bei šviesos patekimo, tada jogurtas visiškai apsaugojamas nuo šviesos arba deguonies sukeltos oksidacijos [3].

Taip pat yra gaminami daugiasluoksniai indeliai. Jų paskirtis gali būti įvairi – nuo kavos iki vaisių želė pakavimo. Toks pavyzdys yra trijų sluoksnių indeliai, kurių viduriniame sluoksnyje yra EVOH (etileno vinilo alkoholis), o išoriniai du sluoksniai sudaryti iš polipropileno [4]. Toks daugiasluoksnis indelis pasižymi aukšta apsauga nuo deguonies poveikio ir vandens garų migracijos. Tokio tipo indeliuose galima laikyti vaisius, nes jie minimaliai sąveikauja su deguonimi ir nesioksiduoja, taip užtikrinama geresnė maisto kokybė (1.2 pav.).



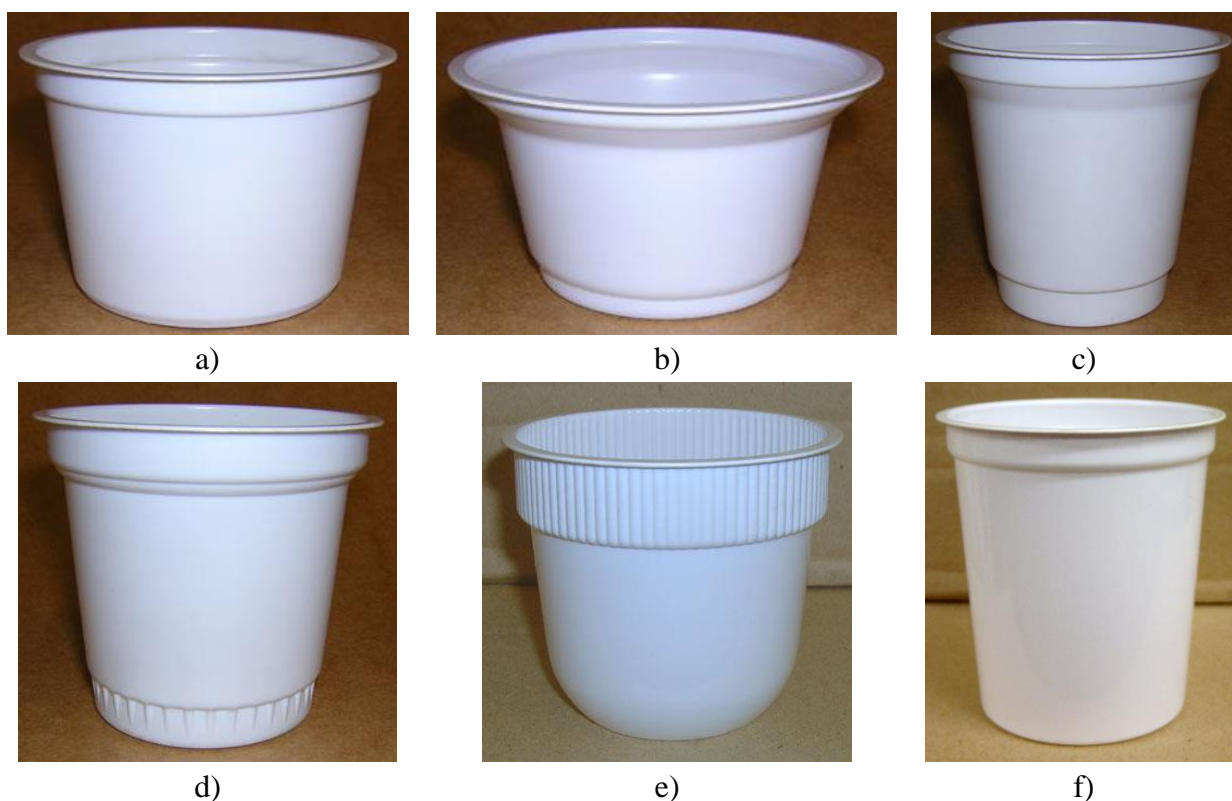
1.2 pav. Trijų sluoksnių indelis, pagamintas iš dviejų sluoksnių PP ir vieno EVOH [4]

Ko gero dažniausiai naudojamų daugiasluoksnių indelių pavyzdys yra degalinėse naudojami kavos puodeliai. Jų pagrindas yra popierius, dažnai naudojamas perdirbtas popierius, tačiau iš vidinės pusės, kur yra pilamas skystis, puodelis yra padengiamas plonu plastiko arba vaško sluoksniu. Dažniausiai naudojami plastikai gaminant vidinį sluoksnį yra PE ir PLA, prie popieriaus jie prikljuojami, jei dengiama vašku, adhezyvas nenaudojamas. Šio tipo puodeliai pranašūs tuo, kad galima lengvai spausdinti ant popierinio paviršiaus, daugiasluoksniškumas padeda išlaikyti skysčio temperatūrą, plastiko ar vaško sluoksnis neleidžia prasiveržti skysčiui į išorę. Tačiau šio tipo puodeliai turi ir trūkumų – jie itin sunkiai perdirbami, kadangi reikia atskirti sluoksnius, sluoksnių klįjavimui naudojami adhezyvai yra toksiški [5].

1.2. Polistireno indelių konstrukciniai ypatumai

Kaip ir minėta, vizualiai panašiai atrodantys indeliai išties yra skirtingi. Kiekvienas gamintojas projektuoja unikalios formos indelius, kurie skiriasi standumu, forma, talpa. Plastikinių indelių standumas priklauso nuo to, kokio storio yra gaminamos sienelės bei nuo specialiai sukurtų standumo briaunų, kurios projektuojamos siekiant sumažinti plastiko vartojimą. Įmonė „Lisiplast“ tiekia kiekvienam užsakovui skirtingus indelius, indeliai pritaikomi pagal kiekvieno užsakovo

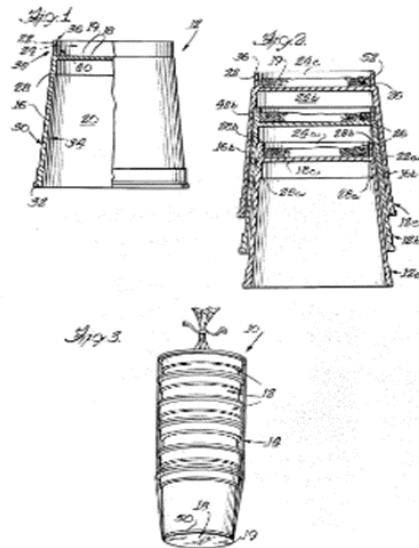
pageidavimus. 1.3 paveiksle pateikta „Lisiplast“ gaminamų polistireno indelių įvairovė. Visi indeliai gaminami su bent minimaliu kūgiškumu ($\sim 5^\circ$), kad būtų lengvai išimami iš formos, 1.3 paveiksluose matomos standumo briaunos, kurios nestorinant gaminio sienelių, suteikia stiprumo išilgine kryptimi.



1.3 pav. „Lisiplast“ polistireno indeliai: a - nedidelio kūgiškumo grietinės indelis; b - didelio kūgiškumo grietinės indelis su staigiu diametro didėjimu; c - jogurto indelis; d - didelis grietinės indelis su standumo briaunomis apačioje; e - indelis su standumo briaunomis viršuje; f - įprastas grietinės indelis [2]

Indelių viršuje paliekamos žiedinės plokštumos, kurios yra skirtos folijos kljajavimui ir dangtelio užkabinimui (1.3 pav.). Ties skersmens pakitimu (platėjimu ar siaurėjimu) taip pat daromas kūginis nuolydis, kadangi labai staigus skersmens pokytis taip pat turi įtakos gaminio standumui bei gamybos metu susidariusiems įtempiams, kurie mažina indelio ilgaamžiškumą ir patvarumą.

Kūgiškumas yra itin svarbi savybė tokio tipo indelių konstrukcijoje, kadangi suprojektavus kiekvieną indelį, jis turi būti patogiai ir kuo mažiau užimant vietos, transportuojamas (1.4 pav.). Išlaikant kūgiškumą, indeliai užmaunami vienas ant kito, taip sutaupoma mažiausiai dvigubai daugiau vietos dėžėse transportuojant indelius. Paveiksle matoma užpatentuota schema, kuri taikoma iš putinto polistireno gaminamiems plastikiniams indeliams transportuoti.



1.4 pav. Plastikinių indelių transportavimo schema [6]

Yra įmonių, gaminančių indelius, kurie padengiami dangomis, kurios plastiką padaro itin atsparų skysčiams, tai reiškia, kad klampiai takūs skysčiai nėra linkę prilipti prie plastiko paviršiaus (1.5 pav.). Tai yra naudinga tada, kai indelis sąveikauja su aliejais, kurie yra klampiai takūs ir stipriai prikimba prie plastikinių maisto pakuočių sienelių ir tampa sunkiai nuplaunami. Tokioms dangoms vaškas yra netoksiški ir nekenksmingi žmogui, kadangi dauguma jų yra natūralios kilmės bei gaunami iš atsinaujinančių šaltinių. Dažniausiai naudojami elementai tokioms dangoms yra bičių vaškas bei karnaubo vaškas, natūralus polimeras, kuris yra gaunamas iš palmės vaškinės kopernicijos (*Copernicia prunifera*) ir giminingų rūšių Brazilijoje [7]. Tokios dangos gali būti naudojamos įvairioms maisto pakuotėms, nuo aliejaus butelių, iki vienos porcijos padažo indelių [8].



a)

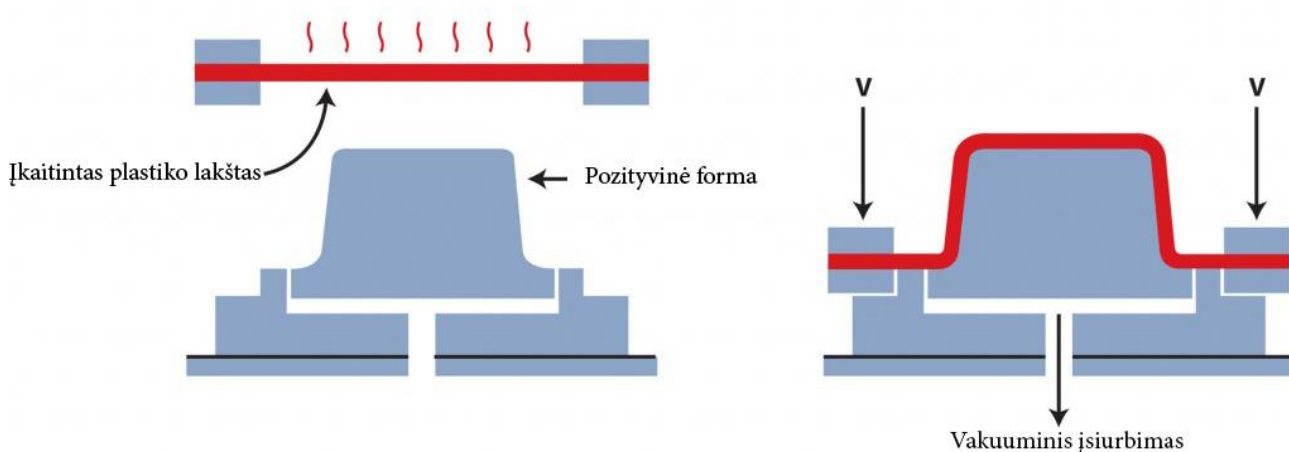
b)

1.5 pav. Skirtumas tarp įprasto indelio ir padengto hidrofobine danga: a – indelis be dangos; b – indelis padengtas hidrofobine danga [7]

Nors išnagrinėta nedidelė rinkos dalis, pastebima, jog indelių įvairovė yra didelė. Kiekvienas gamintojas siūlo tam tikrą išskirtinumą ir naujoves.

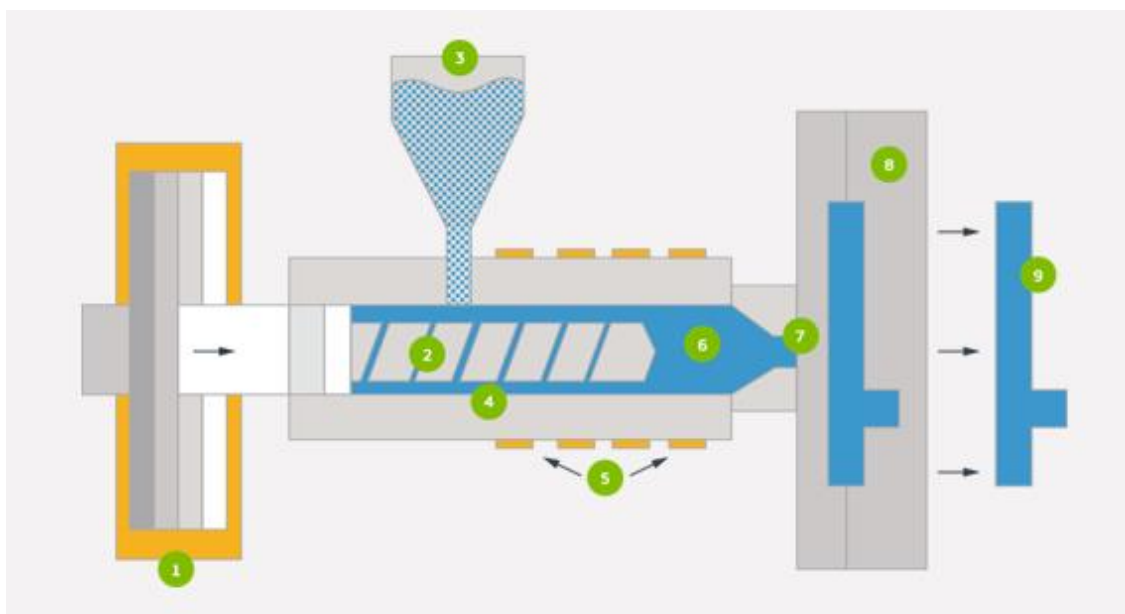
1.3. Grietinės indelių gamybos technologija

Polistireno pakuotės, skirtos grietinei, yra gaminamos terminio formavimo metodu. Terminis formavimas – tai gamybos procesas, kai ekstruzijos būdu gautas plastiko lakštas yra kaitinamas iki tam tikros temperatūros (~130 °C), tada į lakštą išspaudžiama gaminio forma, tai gali vykti vakuuminio išsiurbimo būdu, kai reikalinga tikslesnė gaminio forma. Išspaudus formą, gautas gaminys iškertamas (1.6 pav.). Tai iš dalies nebrangus plastiko formavimo procesas, kadangi vienu metu gali būti išspaudžiama daug formų ir gamyba vyksta didelėmis apimtimis ir dideliu greičiu. Naudojamos formos nėra tokios brangios, kaip skirtos injekciniam formavimui.



1.6 pav. Terminio formavimo schema [9]

Tačiau tokio tipo indeliai gali būti gaminami ir injekcinio formavimo būdu. Jis daug brangesnis, tačiau reikalingas išskirtiniais atvejais, kai sienelės turi būti skirtingų storių. Šiuo metodu indeliai grietinei nėra gaminami, jie skirti brangesniems gaminiams. Injekcinis formavimas – tai gamybos procesas, kai išlydyta medžiaga, šiuo atveju polistirenas, išvirškščiama į presformą. Injekcinis formavimas gali būti naudojamas formuoti metalams, stiklui, elastomerams, tačiau dažniausiai šis metodas taikomas termoplastikams [10]. Iš pradžių plastiko granulės yra patalpinamos į bunkerį (3), tada dėl trinties, susidarantios sukant sraigatą (2) ir naudojant specialius kaitinimo elementus (5), plastiko granulės pradeda lydytis. Kai plastikas išlydomas iki tinkamos temperatūros, pradeda slinktis stūmuoklis (1), kuris išvirškščia plastiką į presformą (8). Plastikui atvėsus, presforma atsidaro ir gaminys (9) išimamas (1.7 pav.). Injekcinio formavimo metu galima gauti itin sudėtingus gaminius, kurie turi labai smulkių dalių. Gaminant pačią presformą privaloma atsižvelgti į tai, kad atvėšęs plastikas susitraukia.



1.7 pav. Injekcinio formavimo mašina: 1 – stūmoklis; 2 – sraigtas; 3 – bunkeris; 4 – būgninė ertmė; 5 – kaitinimo elementai; 6 – išlydytas plastikas; 7 – dozatorius; 8 – presforma; 9 – pagaminta detalė [10]

1.4. Ekologiškumas

Ekologiškumas – itin svarbus bet kokio tipo pakuotėms. Plastikinės pakuotės nors ir turi ribotas perdirbimo galimybes, tinkamos tiek perdirbimui, tiek antriam panaudojimui. Pramoniniam naudojimui plastikas dažniausiai perdirbamas. Kuo mažiau priemaišų plastikinėje pakuotėje, tuo perdirbimas vyksta sklandžiau ir paprasčiau. Plastiką, kitaip nei stiklas ar metalai, turi ribotą perdirbimo skaičių. Dažniausiai plastikai perdirbami vieną ar du kartus, dažniausiai vis žemesnių reikalavimų gaminiam [11].

Natūralu, jog panaudotas plastikas yra užterštas mikrobais, nešvarumais, grybeliais ir kitais teršalais. Prieš perdirbant plastiką, turi būti atsikratoma visų tipų nešvarumų, tam taikomi įvairūs metodai. Vienas tokių metodų yra elektronų spindulių panaudojimas, šis metodas plačiausiai naudojamas nuo pieno produktų užterštoms plastikinėms pakuotėms. Plastikiniai puodeliai, patalpinti polietileno maišeliuose, apšvitinami tokiu spinduliu, kuris užtikrina sterilumą, tačiau neturi įtakos medžiagos mechaninėms savybėms [12]. Taigi, kuo švaresnis plastikas – tuo lengvesnis jo apdirbimas.

Dar viena ekologiškumo problema, susijusi su polistireno panaudojimu maisto pramonėje, yra stireno migracija. Stireno migracija – tai stireno atsiskyrimas iš polimerinės grandinės ir migravimas į plastikinėje talpoje laikomą maisto produktą. Stireno migracija į maisto produktus priklauso nuo riebalų konsistencijos maiste bei laikymo temperatūros. Mokslinio tyrimo metu nustatyta, kad kuo riebesnis produktas yra laikomas polistireno pakuotėje, tuo didesnė stireno migracija į tą produktą. Geriamasis vanduo, mažiausiai skatina stireno migraciją, nes jame nėra riebalų [13].

Kitas ekologiškumui svarbus žingsnis yra kuo mažesnis plastiko vartojimas. Plastiko vartojimą galima sumažinti įvairiais būdais. Vienas jų – pirkti, gaminti didesnes pakuotes. Pagal Gregory A.

Keoleiano atliktą tyrimą nustatyta, jog naudojant mažas (177 ml) jogurto talpas padidėja aplinkos tarša. Išsiaiškinta, kad naudojant dideles (946 ml) jogurto talpas galima sumažinti atliekas 27,2 % bei sutaupyti gyvavimo ciklo energiją 14,5 %. Tyrimo rezultatai parodė, kad žala aplinkai yra atvirksčiai proporcinga naudojamų plastikinių indelių dydžiui. Šio tyrimo tikslas buvo nustatyti sukeliama poveikį aplinkai skirtingų jogurto gamintojų dėl jų pasirinktų transportavimo metodų. Taip pat nustatyta, kad keičiant 946 ml talpos indelių gamybos metodą iš injekcinio formavimo į terminį formavimą, poveikis aplinkai sumažėja 19 %, o kietosios atliekos sumažėja 20 %. Jogurto perpylimas į panaudotą indą taip pat ženkliai sumažina gyvavimo ciklo energijos poreikį. Pakuotės kūrimo pakeitimai turi itin didelę įtaką poveikiui aplinkai, tačiau jis gali būti mažinamas ir mažiau efektyviais būdais, tokiais kaip efektyvesnių šaldiklių naudojimas, efektyvesniais vandens šildytuvais, kurie skirti indeliams plauti [14]. Tai galioja ne tik didelėms transportavimo pakuotėms, bet ir mažiems indeliams. Perkant mažesnius indelius, susidaro daugiau atliekų sunaudojant tą patį kiekį produkto, negu perkant didelę pakuotę. Taigi, jeigu yra galimybė, visada verta įsigyti didesnę pakuotę tiek ekologiniu, tiek ekonominiu atžvilgiu.

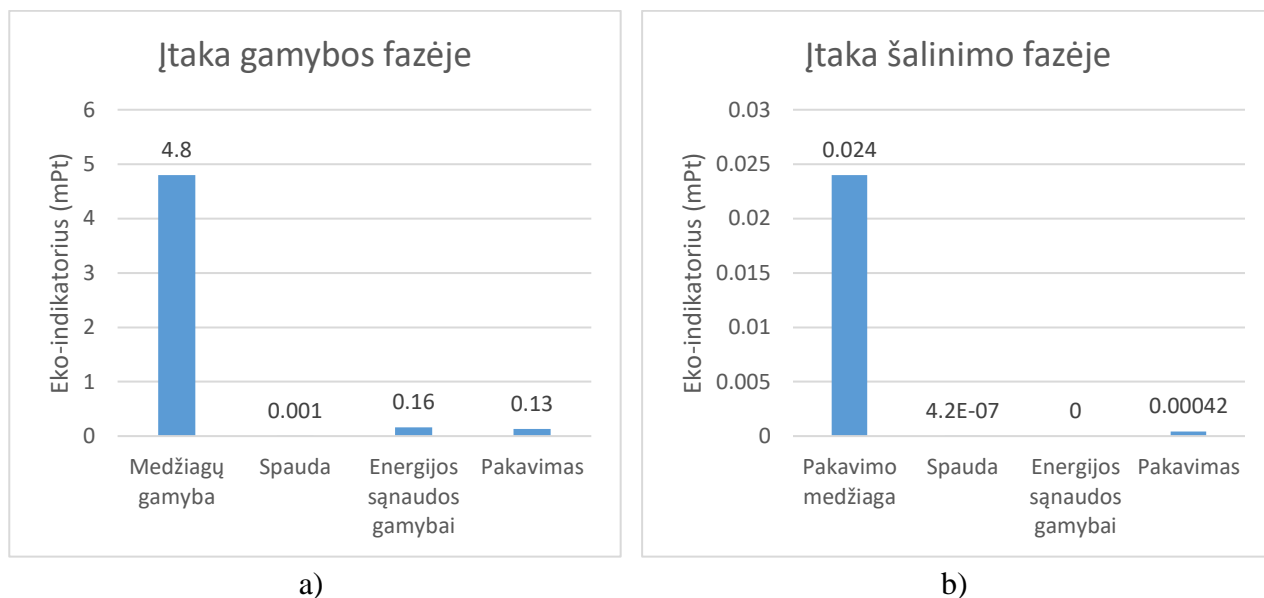
Tačiau svarbu pabrėžti tai, jog jeigu pakuotės dydis keičiamas vien skersmens didinimu, nekeičiant aukščio matmens, proporcingai didėja indelio dangčio (plastikinio dangtelio ar folijos) sunaudojimas, todėl svarbu indelį didinti proporcingai ir įvertinti kaip kinta indelio uždengimui sunaudojamo plastiko, folijos poreikis.

Perdirbant plastiko atliekas, plastikas antrą kartą gali būti panaudojamas ne tik naujai pakuotei, tačiau ir popieriaus pramonėje. Popierius gali būti perdirbamas nuo 5 iki 7 kartų, tačiau kiekvieną kartą popieriaus kokybė prastėja, gaminami ne tokie svarbūs gaminiai, pavyzdžiui paskutinį kartą popierius perdirbamas į tualetinį popierių, kuris panaudotas jau nebegali būti perdirbamas. Plastikiniai indeliai panaudojami popieriui perdirbti, siekiant pakeisti popieriaus paviršiaus savybes. Perdirbama popieriaus masė dengiama vašku ir plastikumu, siekiant sustiprinti popierių ir suteikti blizgumo jo paviršiui. Tačiau panaudotas toks popierius sunkiai perdirbamas ir suyra sunkiau nei įprastas [15].

1.4.1. Plastikinių pakuočių būvio ciklo analizė

Gaminio būvio ciklas apima ne tik jau pagaminto produkto vartojimą, bet ir produkto gyvavimo etapus nuo medžiagų gavimo ir gamybos, iki produkto rūšiavimo ar šalinimo. Būvio ciklas yra neatsiejama ekologijos dalis, kadangi poveikis aplinkai turi būti vertinamas kiekviename gaminio gyvavimo etape. 2013 m. V. Miliūnas et al. [16] teigė, kad norint išsiaiškinti neigiamą plastikinių pakuočių įtaką aplinkai, reikalinga būvio ciklo analizė. Į tyrimą įtraukti tokie aspektai kaip medžiagų ir pakuočių gamyba, energijos sąnaudos, transportavimas, produkto pristatymas, naudojimas, perdirbimas ir atliekų tvarkymas. Poveikis aplinkai nustatytas naudojant specialią programinę įrangą *ECO-INDICATOR 99* ir jos metodologiją. Iš pradžių ekoindikatorius suskirstytas į tris gyvavimo

fazes – gamyba, vartojimas ir šalinimas. Nustatyta, kad gamybos metu daromas didžiausias poveikis aplinkai, kuris siekia 5,1 mPt, ženkliai mažesnis poveikis yra vartojimo metu (0,31 mPt), o mažiausias – šalinant produktą (0,025 mPt) (1.8 pav.). Toliau nagrinėjami pakuočių gamybos ir šalinimo fazėse vykstantys procesai.



1.8 pav. Plastikinių pakuočių poveikio aplinkai ekoindikatoriai: a – poveikio aplinkai vertinimas gamybos fazėje; b – poveikio aplinkai vertinimas šalinimo fazėje [16]

Nustatyta, kad didžiausią neigiamą poveikį aplinkai daro naudojamos medžiagos ir jų gamyba. Kitų gamybos procesų poveikis aplinkai ženkliai mažesnis, todėl, norint pagaminti ekologišką pakuotę, labiausiai reikia atsižvelgti į aspektus, kurie padėtų mažinti plastiko naudojimą.

Norint apskaičiuoti gaminio poveikį aplinkai būvio ciklo metu, galima naudotis SolidWorks Sustainability įskiepiu. Jo pagalba galima nustatyti poveikį aplinkai gaminio gyvavimo ciklo metu – nuo žaliavos gamybos, iki šalinimo, perdirbimo. Kadangi ekologija tampa vis svarbesniu faktoriumi gamyboje, klientai dažniau atsižvelgia į gaminių pasirinkimą pagal anglies pėdsako rodiklius, tai reiškia, kad norint gaminti konkurencingą produktą, tvaraus dizaino įdiegimas gamyboje yra privalomas. Tyrimas, atliekamas kompiuterine programa, užkerta kelią netinkamos produkcijos realizavimui, matant ekologinių reikalavimų netenkinančius rezultatus galima vykdyti pokyčius gaminio projektavime nepatyrus gamybinių nuostolių.

Naujasis SolidWorks tvarumo modulis projektuotojams suteikia prieigą prie aplinkos duomenų bazių, kad dizaineris, pasirinkdamas medžiagų gamybos procesus ir logistiką, galėtų priimti pagrįstą sprendimą, atsižvelgiant į poveikį aplinkai ir tvarumą. Šis įrankis apima ne tik konkrečius projektavimo kriterijus, bet ir leidžia pasirinkti iš plataus gaminio savybių spektro. Visų pirma, projektavimo metu, dizaineris gali atlikti produktų gyvavimo ciklo įvertinimą (LCA) tiesiogiai SolidWorks lange. LCA apibrėžia energijos ir medžiagų suvartojimą bei išmetimą į orą, vandenį ir

žemę per visą produkto tarnavimo laiką. SolidWorks tvarumo ataskaitoje, aplinkos būklės neigiamas poveikis pateikiamas skritulinėse ir juostinėse diagramose, kuriose matomos taršos tendencijos, diagramos pateikiamos ataskaitoje. Tvarumo modulis leidžia nustatyti taršos lygį ir atlikti lyginamąjį tyrimą keičiant tam tikrus parametrus, taip nustatoma, kas daro didžiausią įtaką taršos atsiradimui [17].

1.5. Plastikų biodegradacijos ypatumai

Plastikų biodegradacija - tai bet kokio plastiko, kuris gali būti suskaidytas aerobiniu (dalyvaujant deguoniui) ar anaerobiniu (deguonis nedalyvauja) būdu, suirimas per tam tikrą laiką. Plastiką, patekęs į sąvartyną, ten negaudamas pakankamai saulės šviesos ir deguonies, suyra per ilgą laiko tarpą, nepalankiomis sąlygomis šis irimo ciklas gali siekti net 500 metų. Toks lėtas plastiko atliekų irimas priveda prie sąvartynų spartaus augimo.

1995 metais buvo atliktas tyrimas su keletu polimerų, kurie buvo iškasti giliai iš sąvartyno, kuriame jau gulėjo 32 metus. Tyrimas buvo atliekamas su polistireno, polivinilchlorido, karbamido formaldehido dervos bandiniais, kadangi šie polimerai neturėjo kontakto su saulės šviesa (UV spinduliavimu), juose nebuvo aptikta jokių biodegradacijos pėdsakų. Tačiau LDPE plastike buvo prasidėjusi ryški biodegradacija, tai reiškia, kad įvairūs plastikai suyra per skirtingą laiko tarpą, kai kuriems nebūtinai ir UV spinduliavimas kad biodegradacija prasidėtų santykinai greitai [18].

Dar vienas būdas kaip sumažinti atliekų kiekį yra bioskaidžių medžiagų panaudojimas. Šiuo metu chemijos žinios yra pakankamai pažengusios, kad būtų kuriamos naujos medžiagos, kurios pasižymėtų mažesniu toksiškumu aplinkai bei neterštų jos taip, kaip įprastinės medžiagos. Teigiama, kad tokiems plastikams suirti užtenka mažiau nei vienerių metų (1.9 pav.). Yra kompanijų, kurios teigia, jog jų gaminiai, pagaminti iš PVC (polivinilchlorido), PET (polietilenteraftalato), PE (polietileno) yra greitai biodegraduojantys plastikai, ar kitaip dar vadinami bioplastikai. Tai yra žinia, kuri klaidina žmones, kadangi dar nėra atrasti tokie šių plastiko rūšių pakeitimai, kurie lemtų greitesnį jų irimo procesą gamtoje, ar bent jau tai nėra pagrįsta tyrimais.

Tačiau, egzistuoja ir greitai biodegraduojančių plastikų rūšys. Kitaip nei tradiciniai plastikai, bioplastikai yra pagaminti iš greitai biodegraduojančių, biologinio pagrindo ar abiejų tipų medžiagų. ASTM (*The American Society of Testing and Materials*) organizacija apibrėžė, kas sudaro biologinį skaidomumą įvairiose šalinimo aplinkose. Belgijoje egzistuoja unikalus ženklas, kuris reiškia, kad gaminyje gali būti kompostuojamas ir namuose esančiose kompostinėse, ženklas vadinasi „The OK Compost HOME“. Atliekos, pagamintos iš biodegraduojančio plastiko, greitai suyra tokioje aplinkoje kaip dirvožemyje, vandenyje, tiek aerobiniu, tiek anaerobiniu būdu [19].



1.9 pav. Bioplastikų suirimo stadijos per laiką [19]

Taigi, grietinės indeliams gali būti naudojamas greitai biodeguojantis plastikas, labiausiai tinkamas – PLA (polyactic acid), kadangi jis jau yra naudojamas maisto produktams talpinti, taip pat plačiai naudojamas 3D spaudoje. Šio plastiko žaliavinė medžiaga yra atsinaujinanti, plastikas gali būti dažomas įvairiomis spalvomis. PLA gaunamas iš tokių atsinaujinančių šaltinių kaip kukurūzų krakmolos. Tai ne tik greitai biodeguojantis plastikas, tačiau savo sudėtimi netoksiškas žmogui, nes išgaunamas iš maisto produkto, tinkamas šaldymui [20].

PLA – alifatinis poliesteris, kuris dažniausiai išgaunamas iš krakmolingų ar daug cukraus turinčių kruopų, kukurūzų, tačiau taip pat gali būti išgaunamas ir iš naftos. Yra trys alifatinio poliesterio tipai – PLLA, PDLA, PDLA. PLA plastikas pasižymi permatomumu ir paviršiaus blizgumu, taip pat cheminiu atsparumu riebalams bei aliejams, todėl šis plastikas yra alternatyvus PET, HIPS, PVC pakaitalas. PLA plastikas gali būti formuojamas ekstruzijos būdu, terminio formavimo, injekcinio formavimo ir kitais būdais. PLA yra tinkamas maisto pakavimui, pavyzdžiui duonai ir kitiems keptiems gaminiams, kurie pakuojami šilti, kadangi šis plastikas neapgaruoja nes neturi didelio barjero nuo supančios aplinkos. Nors šis plastikas yra tinkamas maistui pakuoti, yra keletas išimčių. PLA negali būti naudojamas karšties ir gazuotiems gėrimams, tokiems, kurių sudėtyje yra daug anglirūgštės [21].

Galima palyginti alifatinio poliesterio ir polistireno savybes, išsiaiškinti, ar PLA plastikas gali būti naudojamas kaip PS pakaitalas. Polistirenas – tai aromatinis polimeras, sudarytas iš stireno monomerų. Grynas polistirenas pasižymi dideliu standumu ir trapumu. Dažniausiai naudojama polistireno rūšis yra putintas polistirenas, tačiau grietinės indelių gamybai naudojamas kietas, neputintas polistirenas. Nededant priemaišų polistirenas pasižymi skaidrumu, tačiau gali būti dažomas įvedant kitas medžiagas. Tai nebrangi žaliava, kuri yra gana plačiai naudojama. Polistirenas nepasižymi dideliu barjeriškumu deguoniui ir vandeniui, lydosi santykinai žemoje temperatūroje

lyginant su kitais plastikais (240 °C). Polistirenas lėtai biodegraduoja, todėl į jo vartojimą aplinkosaugininkų tarpe žiūrima skeptiškai [22].

1 lentelė. PLA ir PS pagrindinių savybių palyginimas [22]

Eil. Nr.	Savybė	PLA	PS
1.	Jungo modulis, GPa	3,5	Nuo 1,9 iki 2,9
2.	Pailgėjimas prieš trūkimą, %	6	Nuo 1,8 iki 40
3.	Atsparumas lenkimui, MPa	80	Nuo 62 iki 80
4.	Atsparumas tempimui, MPa	50	Nuo 32 iki 44
5.	Stiklėjimo temperatūra, °C	60	100
6.	Šiluminė talpa, J/kg -K	1800	Nuo 1250 iki 1400
7.	Šiluminis laidumas, W/m-K	0,13	Nuo 0,14 iki 0,22
8.	Tankis, g/cm ³	1,3	1

1 lentelėje matomi pagrindiniai PLA ir PS mechaniniai ir temperatūriniai rodikliai. Dauguma šių rodiklių yra labai panašūs, tai reiškia, kad gaminant indelius iš PLA plastiko, jie pasižymės panašiomis savybėmis kaip ir indeliai iš polistireno. Galima prielaida, kad indeliai, pagaminti iš PLA, turėtų būti standesni ir trapesni negu iš PS. Tačiau, pagrindinis faktorius, dėl ko šiuo metu indeliai vis dar gaminami iš PS yra tai, kad PLA plastikas yra santykinai labai brangus palyginus su polistirenu. Kilogramas polistireno gali būti nuperkamas už 1,09 €, o PLA kainuoja nuo 3,35 € iki net 16,76 € už kilogramą, mažesnė kaina galioja granulėms masinei gamybai. Taigi, alifatinis poliesterio plastikas mažiausiai 3 kartus brangesnis už PS [23, 24].

Literatūros analizės metu nustatyta, jog tarša aplinkai dėl plastiko vartojimo yra akivaizdus procesas, todėl tyrimai, kurių metu siekiama sumažinti neigiamą poveikį aplinkai, yra išties aktualūs. Dėl didelės žaliavos kainos atmetus galimybę indelius gaminti iš greitai biodegruojančio plastiko, reikalinga atrasti kitą būdą, kaip poveikis aplinkai turi būti kuo labiau sumažintas ir taip pagerinta ekologinė situacija, susijusi su plastiko įtakojama tarša. Tai galima nustatyti atliekant gaminio tvarumo analizę pasitelkiant programos SolidWorks įskiepi – SolidWorks Sustainability.

Sekančiame skyriuje atliekami statinio gniuždymo realūs ir SolidWorks programa generuojami bandymai, kurie yra skirti tyrimo tikslumo nustatymui prieš atliekant poveikio aplinkai analizę SolidWorks Sustainability įskiepiu, kurio metu nustatoma, kas daro didžiausią įtaką aplinkos taršos atsiradimui.

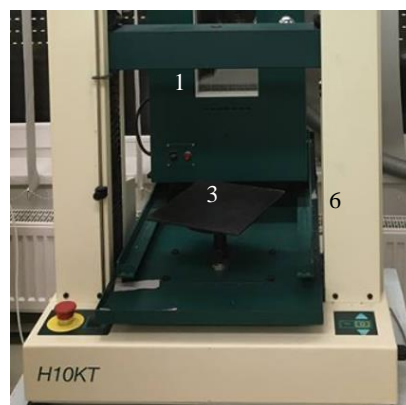
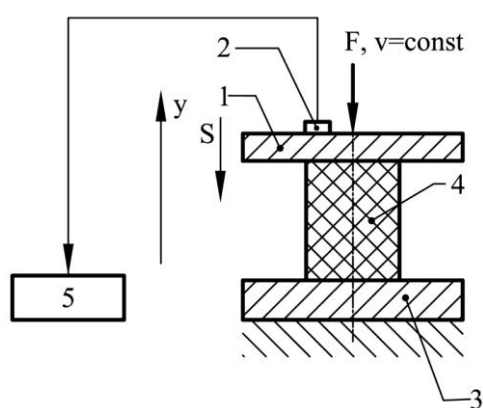
2. Polistireno indelių tyrimai, tyrimų metodologija

2.1. Statinio gniuždymo bandymų metodologija

Tyrimui naudojami dviejų skirtingų talpų indeliai – 400 g ir 200 g. Pirmiausia reikalinga nustatyti indelių masę, naudojamo plastiko tankį. Masės ir tankio nustatymui naudojama po penkis didelius ir mažus indelius. Masės matavimai atliekami precizinėmis svarstyklėmis *A&D GR-200-EC*. Toliau, iš indelių kerpami 2 cm² ploto bandiniai, kuriuos pasvėrus nustatomas tiek mažų, tiek didelių indelių medžiagos tankis.

Toliau gauti rezultatai lyginami su CAD modeliais. SolidWorks programoje sukuriama mažo ir didelio indelio CAD modeliai pagal realaus indelio matmenis, indeliams priskiriamas išmatuotas polistireno tankis, kuriuo remiantis galima nustatyti virtualaus indelio masę, CAD ir realaus indelio masės palyginamos, įvertinamas nuokrypis.

Sekantis bandymas – statinis indelių gniuždymas. Grietinės indelių statinio gniuždymo bandymams atlikti naudojama bandymų mašina *Tinius Olsen H10KT* (2.1 pav.)



a)

b)

2.1 pav. Grietinės indelio gniuždymo eksperimento įranga: a) supaprastinta struktūrinė gniuždymo mašinos schema; b) *Tinius Olsen H10KT* gniuždymo mašinos nuotrauka. 1 – slenkanti viršutinė plokštė, 2 – jutiklis, 3 – stacionari pagrindo plokštė, 4 – bandinys (grietinės indelis), 5 – kompiuteris, 6 – bandymų mašinos korpusas, s – viršutinės plokštės slinkimo kryptis.

Šis tyrimas atliekamas tam, kad būtų palyginta, kaip tokio pobūdžio bandymas CAD programoje, šiuo atveju programoje SolidWorks, atitinka tyrimą su tikrais bandiniais. Nustatytas viršutinės stendo plokštės greitis 30 mm/min, greitis santykinai nedidelis, toks greitis pasirinktas todėl, kad indeliai būtų gniuždomi tolygiai ir nelūžtų nuo per greitos apkrovos. Taip gaunamos tikslesnės diagramos, aiškiau matomas deformacijų jėgos pasiskirstymas. Bandinys įstatomas tarp dviejų gniuždymo plokščių – stacionarios ir slenkančios. Prasidėjus bandymui, viršutinė, slenkanti plokštė 30 mm/min greičiu, gniuždo bandinį. Indeliai gniuždomi iki 20 mm, tada įrenginys stabdomas ir grąžinamas atbuline eiga.

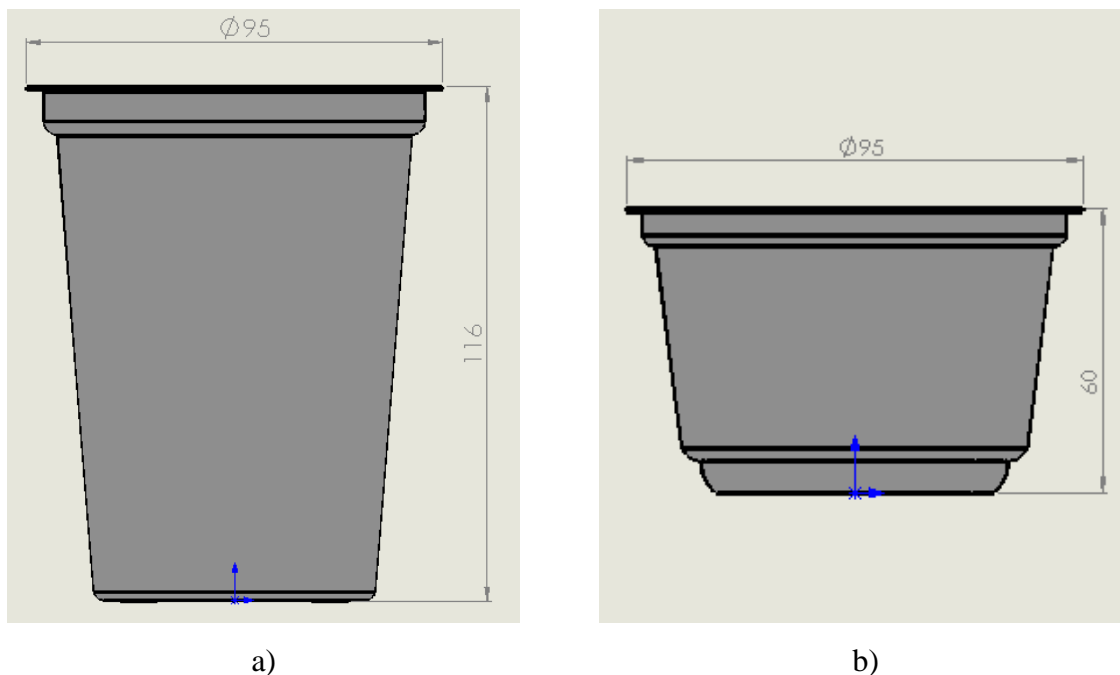
Duomenys apie indelio gniuždymą fiksuojami specialia programa *QMAT 5.37*. Gauti programos duomenų išrašai apdorojami MS Excel programa. Statinio gniuždymo bandymui naudojama po šešis bandinius (vienas jų – kontrolinis bandinys).

Toliau lyginamas realaus statinio gniuždymo bandymas su SolidWorks Simulation statinio gniuždymo bandymu. Atliekant tyrimą, stengiamasi atkurti kuo tikslesnį į realų bandymą. Atliekamas nelineinis bandymas, kurio metu indelis skaidomas į baigtinių elementų tinklą. CAD modelis virtualiai patalpinamas tarp dviejų plokščių – stacionarios ir judančios 20 mm žingsniu. Bandymui užduodamas 30 mm/min greitis.

2.2. Nustatymų generavimas SolidWorks programoje

Buvo atlikti grietinės indelio masės ir tankio matavimai. Nustatyta mažo indelio vidutinė masė yra 7,6228 g, o didelio – 11,2569 g. Polistireno tankis gali svyruoti nuo 0,96 iki 1,04 g/cm³, nustatytas tankis mažuose indeliuose yra 0,967 g/cm³, o dideliuose indeliuose 0,999 g/cm³.

Galima atlikti ne tik realius tyrimus su tikrais gaminiais ir jų bandiniais, tačiau tyrimas gali būti atliekamas ir su CAD modeliu. Buvo sukurti du CAD modeliai – mažo (200 ml talpos) ir didelio (400 ml talpos) grietinės indelio (2.2 pav.).



2.2 pav. Tiriamų grietinės indelių SolidWorks 3D modeliai: a – 400 ml talpos pakuotės modelis; b – 200 ml talpos pakuotės modelis

Apskaičiavus indelių tankius, galima skaičiuoti masę SolidWorks programa ir palyginti, kaip ji atitinka realią indelio masę. Pirmiausia tikrinamas mažas (200 ml talpos) indelis. Sukuriama nauja medžiaga (2.3 pav.), pasižyminti įprastinėmis, polistirenui būdingomis, savybėmis, į programą įvedant gautą indelio tankį 967 kg/m³, gaunama indelio masė yra 7,967 g (2.4 pav.). Toliau

skaičiuojamas procentinis skirtumas tarp tikros indelio masės ir masės, gautos SolidWorks programoje.

Nustatyta, kad skirtumas siekia 4,3 %, SolidWorks programoje masė gaunama didesnė, negu realiame gaminyje. Paklaida galėjo atsirasti dėl paklaidų matuojant indelį, dėl nukrypimų, atsiradusių pačioje programoje, taip pat, dėl indelio sienelės storio skirtumų per plotą, atsiradusio gamybos metu.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2280000000	N/m ²
Poisson's Ratio	0.387	N/A
Shear Modulus	817300000	N/m ²
Mass Density	967	kg/m ³
Tensile Strength	35900000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength		N/m ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.121	W/(m·K)

2.3 pav. SolidWorks aplinkoje sukurta nauja medžiaga su gautu mažo indelio tankiu

```

Mass properties of Mazas_indelis
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Density = 0.0010 grams per cubic millimeter
Mass = 7.9670 grams
Volume = 8238.9317 cubic millimeters
Surface area = 38655.8878 square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
X = 0.0000
Y = 30.2151
Z = 0.0000
    
```

2.4 pav. Gauta mažo indelio masė SolidWorks aplinkoje 7,967 g

Toliau analogiškai skaičiuojama didelio indelio masė. Gauta indelio masė yra 11,501 g, masės nuokrypis procentais lygus 2,1 %. Gautas didelio indelio procentinis nuokrypis dvigubai mažesnis negu mažo indelio.

2.3. Statinio gniuždymo tyrimas

Atlikus bandinių gniuždymą pastebėta, kad visų 200 g talpos indelių sienelės po bandymo pasidalino į 5 kampus (2.5 pav. d)).



a)



b)



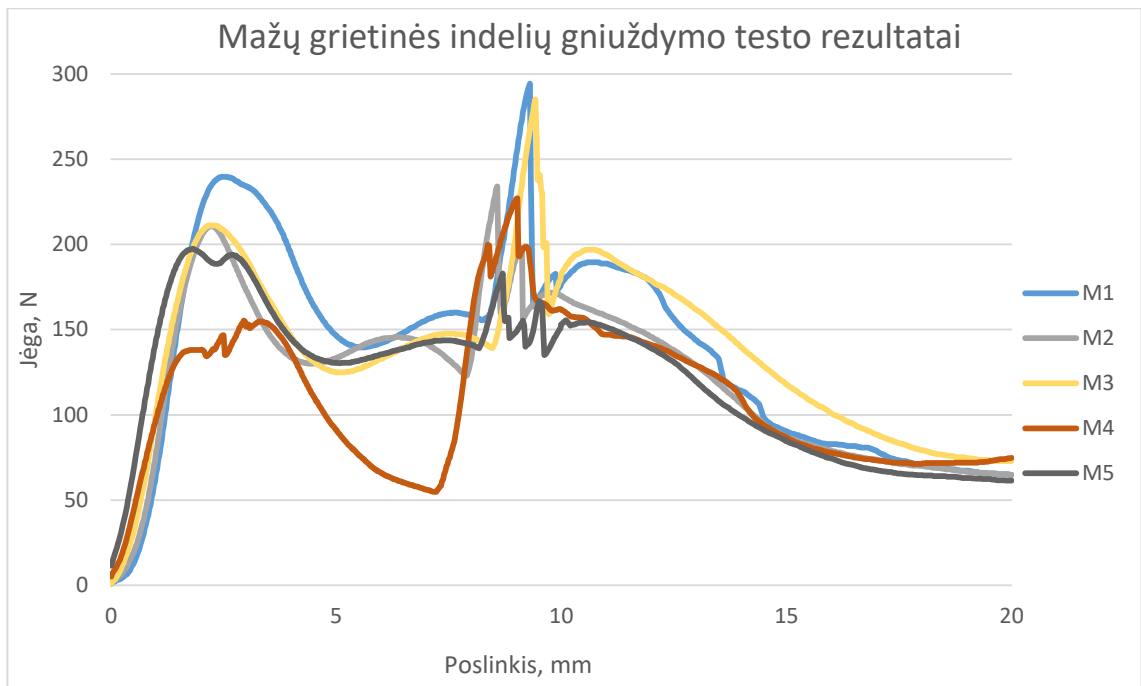
c)



d)

2.5 pav. Mažų indelių forma po gniuždymo. a) bandinys prieš gniuždymą; b) bandinys po 20 mm gniuždymo eigos; c) nuimta apkrova po bandymo; d) indelio vaizdas iš viršaus po bandymo.

Atlikus tyrimą, duomenys apdorojami Microsoft Excel programa, gauti duomenys pavaizduoti 2.6 paveiksle. Iš visų bandinių, labiausiai išsiskiria ketvirtoji bandinio kreivė, kurioje pastebima, kad pirmasis lūžio taškas įvyko ties 134 N jėga ir ties 2,1 mm žingsniu, tai galėjo įtakoti indelio struktūros pokyčiai, tokie kaip įtrūkimai ar gaminio sienelės neproporcingas storio pasiskirstymas. Iš kreivės matoma, kad šis bandinys labiausiai trūkinėjo ir keitė savo struktūrą. Toliau kreivė laikosi gerokai žemiau, negu kitų bandinių, tai reiškia, kad tolimesniam gniuždymui reikalinga nedidelė jėga, tačiau ties antruoju žymiu lūžio tašku, grafikas išlaiko panašesnę tendenciją į kitų bandinių. Didžiausia jėga buvo reikalinga gniuždant pirmąjį bandinį, aukščiausiam taške ji siekia 292 N.



2.6 pav. Mažų grietinės indelių gniuždymo bandymo jėgos ir poslinkių priklausomybės grafikas

Toliau gniuždomi dideli grietinės indeliai. 2.7 paveiksle (c, d) matoma, kad dideli indeliai įgauna kitokią formą negu maži. Dideli indeliai pasidalina į keturis (c) arba tris (d) kampus.



a)



b)



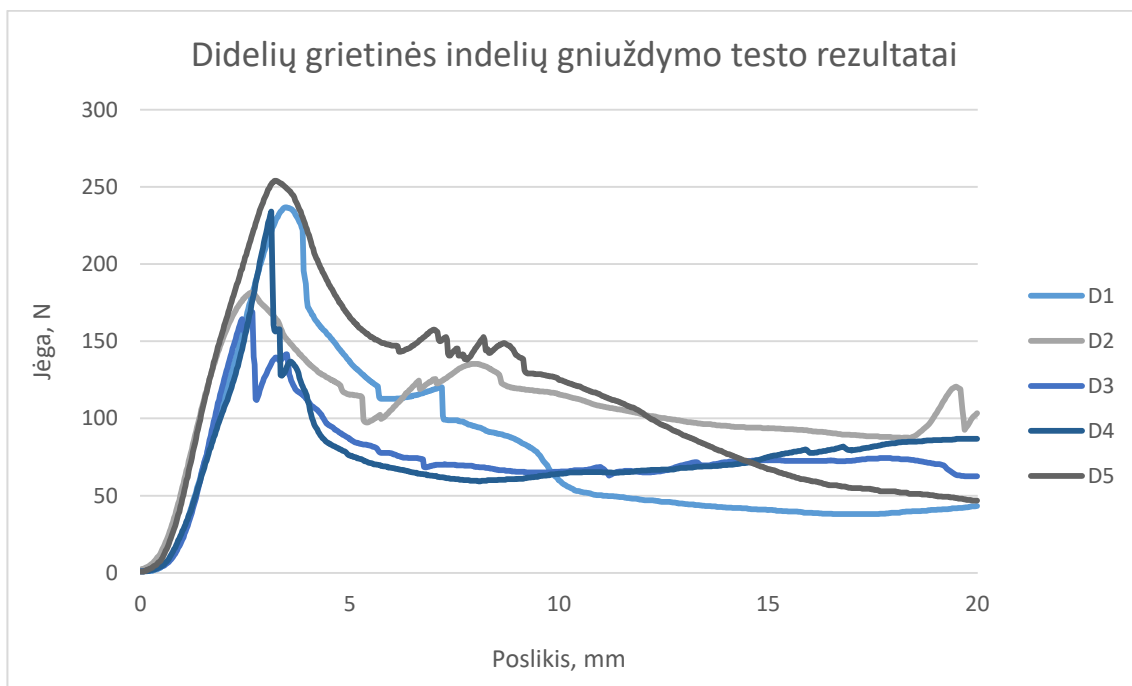
c)



d)

2.7 pav. Didelių indelių forma po gniuždymo. a) bandinys prieš gniuždymą; b) bandinys po 20 mm gniuždymo eigos; c) vaizdas iš viršaus po bandymo; d) vaizdas iš viršaus po bandymo.

2.8 paveiksle pateiktos bandinių gniuždymo kreivės, atspindinčios jėgos ir poslinkių priklausomybę. Trečiojo bandinio elgsena išsiskiria iš kitų bandinių dėl žemiausio pirmojo lūžio taško, taip pat grafike matomas dvigubas lūžis. Penktojo bandinio kreivėje matoma didžiausia gniuždymui reikalinga jėga – 252 N. Iki pat 12,2 mm poslinkio, penktam bandiniui reikalinga didžiausia gniuždymo jėga iš visų bandinių, tačiau po to kreivė staigiai ima žemėti, bandinys gniuždomas vis lengviau. Kuo aštresni ir dažnesni grafiko lūžiai, tuo labiau matoma bandinyje ne tolygi deformacija, o aštrūs kampai, lūžiai ir įtrūkimai.



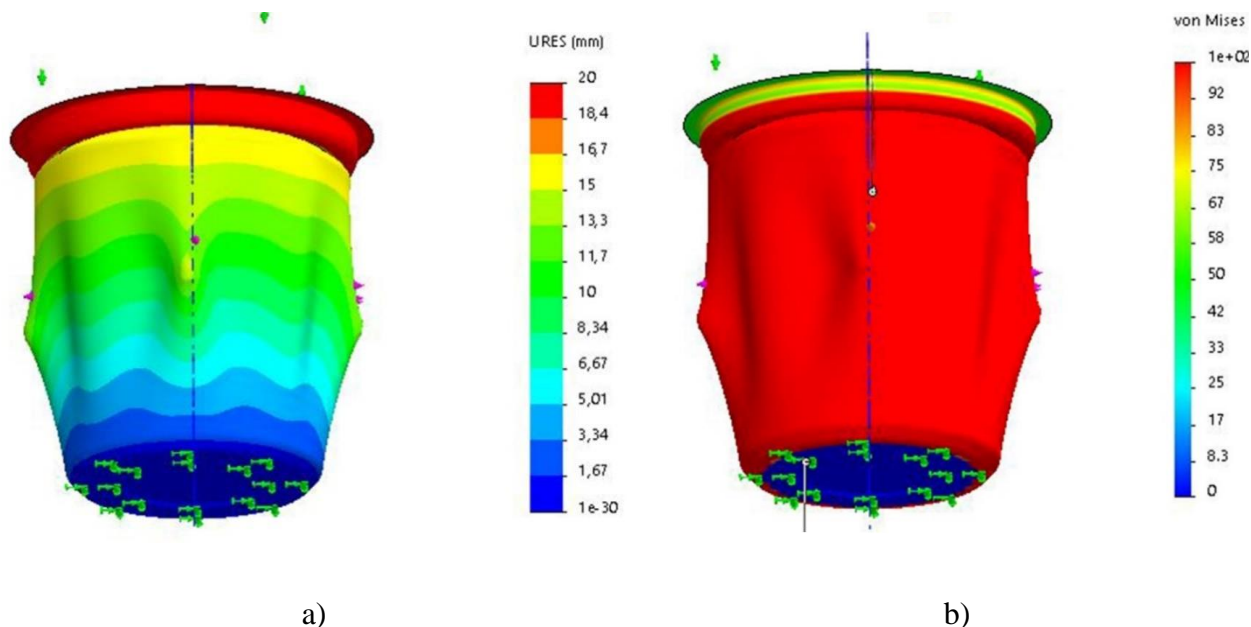
2.8 pav. Didelių grietinės indelių gniuždymo bandymo jėgos ir poslinkių priklausomybės grafikas

Atlikus mažų ir didelių indelių bandymus matoma, kad indelių gniuždymo kreivės nors ir išlaiko panašią gniuždomosi tendenciją, kiekvienam bandiniui reikalinga skirtingo dydžio maksimali apkrova iki pirmojo suklupimo. Nors teoriškai bandiniai projektuojami identišškai vienodai, kiekvienas jų yra unikalus, formavimo metu indelio sienelės neišlaiko tolygaus storio, ant indelio užnešama spauda, kuri taip pat turi įtakos indelio stipruminėms savybėms, kadangi spaudos užnešimo metu indelis gali būti pažeistas. Taip pat, ant kiekvieno indelio dengiama folija, ji įspaudžiama ant grietinės indelio paviršiaus briaunų, tada indelio struktūroje atsiranda papildomas įlinkimas, kuris gali įtakoti sienelės skilimą. Taip pat reikia atsižvelgti į tai, kad tyrimui naudojami jau panaudoti grietinės indeliai, jie daug kartų buvo laikyti rankose, galbūt net įlenkti. Visi šie faktoriai įtakoja skirtingas gniuždymo metu reikalingas jėgas.

Pastebėta, kad mažiems bandiniams gniuždyti reikalinga didesnė jėga. Maksimali mažo bandinio gniuždymo jėga siekia 292 N, kai tuo tarpu didelio indelio maksimali gniuždymo jėga siekia 252 N. Bendras mažų indelių kreivių lygis taip pat aukštesnis už didelių bandinių.

2.4. Statinio gniuždymo tyrimas SolidWorks aplinkoje

Atliekamas tyrimas, kurio metu siekiama kuo tiksliau atkurti prieš tai atliktą statinio gniuždymo testą, kurį atlikus įvertinama, kaip galima pakeisti naudojamas tas pats 30 mm/min greitis, gniuždoma iki 20 mm. Pirmiausia bandymas atliekamas su didelio indelio 3D modeliu.

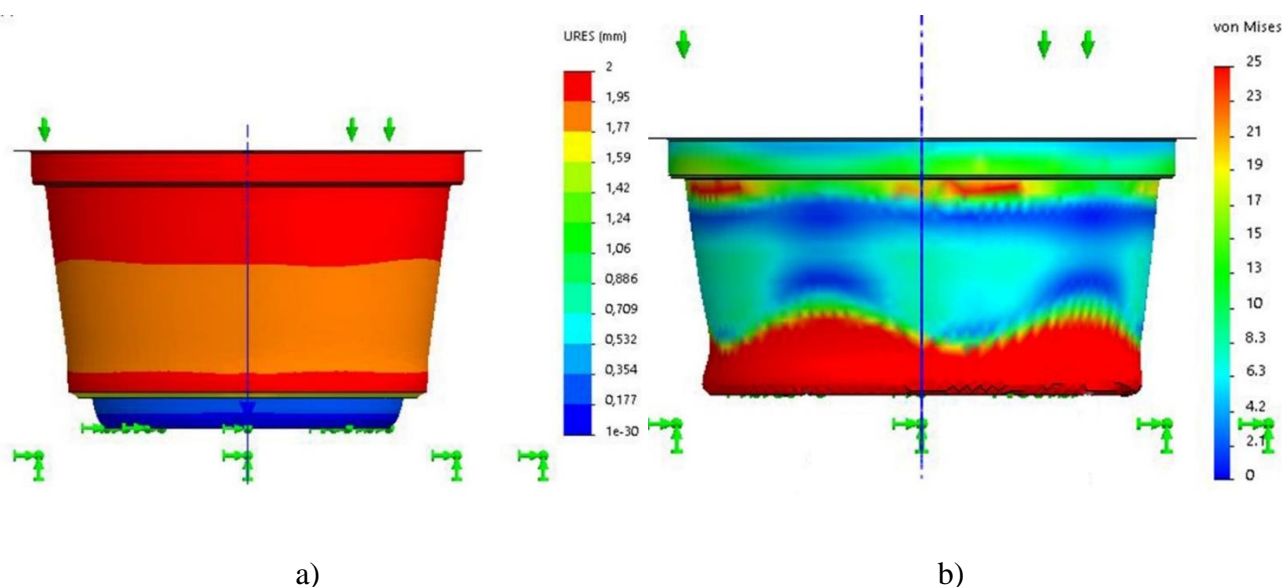


2.9 pav. Didelio grietinės indelio 3D gniuždymo rezultatai. a) modelio poslinkių pasiskirstymas; b) įtempių pasiskirstymas.

Kadangi programa viską skaičiuoja idealiomis, realybėje neegzistuojančiomis, sąlygomis. 2.9 (a) paveiksle matomas poslinkių pasiskirstymas po bandymo. Labiausiai veikiama viršutinė indelio dalis, kadangi ji yra arčiausiai gniuždymo apkrovos. Poslinkiai siekia 20 mm, nuo viršaus žemyn poslinkiai nuosekliai mažėja. Nors indelio viršutinės dalies poslinkiai atitinka realiai gniuždytus bandinius, netikslumai matomi pačiame indelio dugne, ten poslinkis rodomas arti 0 mm, nors vykstant tikram bandymui buvo pastebėta, kad įlinkus viršutiniam kakleliui, sekanti ryški deformacija pastebėta indelio dugne, kurios programa neįvertino.

Taip pat buvo nagrinėjamas įtempių pasiskirstymas bandymo metu. Apskaičiuota, kad didžiausi įtempiai siekia 100 MPa, jie pastebimi ties staigiu diametro susiaurėjimu (2.9 b) pav.). Minimalūs įtempiai matomi indelio dugne, kur mažiausiai veikia gniuždymo jėga ir plokštuma turi tiesioginį kontaktą su gniuždymo mašinos pagrindu.

Toliau atliekami skaičiavimai su mažu grietinės indeliu. Gniuždoma iki 20 mm, kaip matoma 2.10 (a) paveiksle. Didžiausias poveikis matomas viršutinėje indelio dalyje, kur pastebimi staigūs diametro pokyčiai, ten deformacija pasiekia 20 mm, mažiausiai veikiamas indelio dugnas, kur vietomis poslinkių reikšmės yra artimos 0.



2.10 pav. Mažo grietinės indelio 3D gniuždymo rezultatai. a) modelio poslinkių pasiskirstymas; b) įtempių pasiskirstymas.

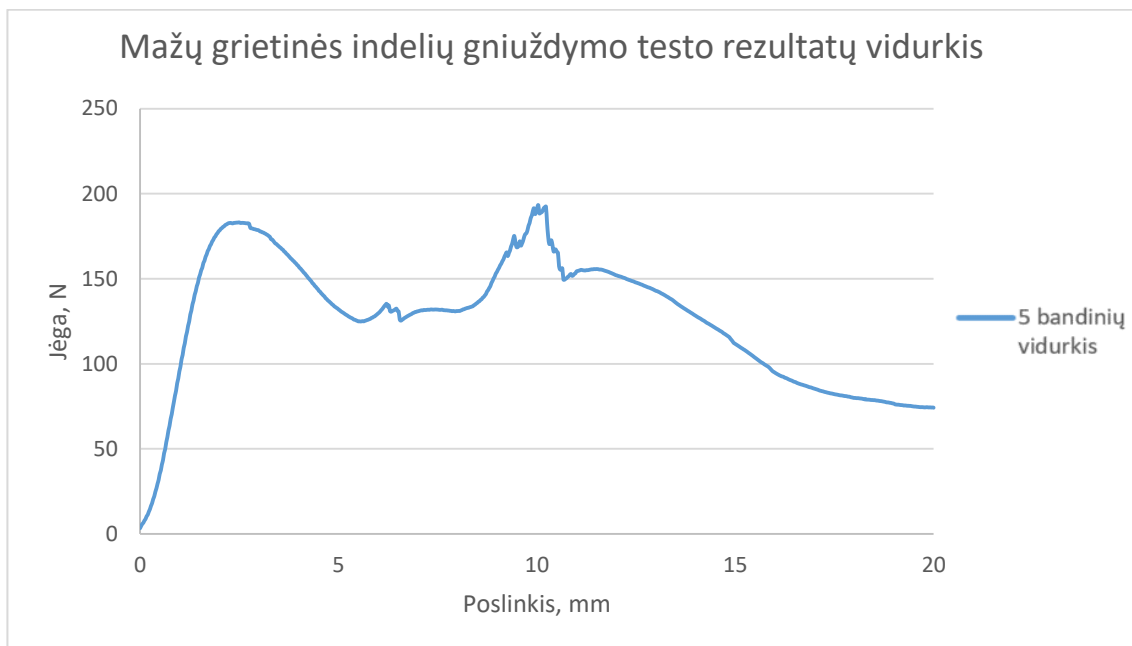
2.10 (b) paveiksle matoma, kad indelis, kaip ir realiame gniuždymo bandyme, linksta per penkias vietas. Didžiausi įtempiai pastebimi apatinėje indelio dalyje, kuri bandymo metu susigniuždė pirmiausia.

2.5. Statinio gniuždymo bandymų rezultatų palyginimas

Statinio gniuždymo bandymai įprastu būdu ir programa buvo atlikti tam, kad būtų palyginti gauti rezultatai. Atlikus bandymus programos pagalba pastebėta vizualių nesutapimų. Bandymų rezultatai nėra identiški, bandinių išvaizda po gniuždymo skiriasi, tai įtakoja gamybos metu gaunamas netolygus sienelių storis, įvairūs įtrūkimai, nusidėvėjimas eksploataavimo metu bei dengiant indelio viršų folija, kai tuo tarpu SolidWorks programa bandinį skaičiuoja kaip visiškai idealų kūną, kurio neveikia tam tikri aplinkos faktoriai, tik numatytos reikalingos jėgos.

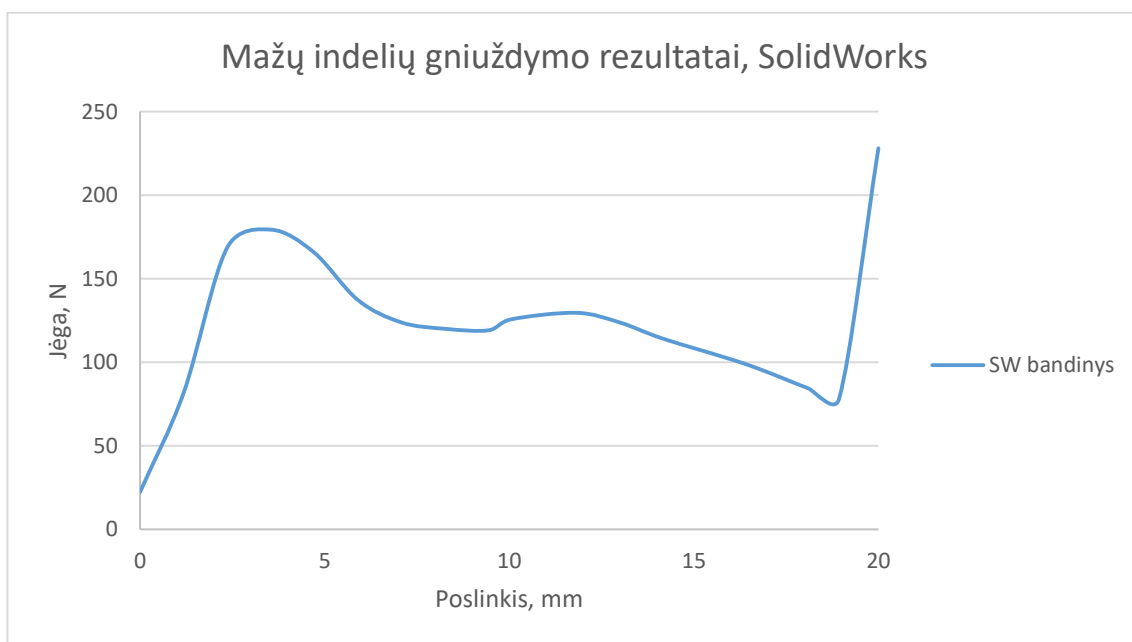
Būdingi ne tik vizualūs nesutapimai, bet ir neatitikimai gautuose jėgos ir poslinkio priklausomybių grafikuose. Pirmiausia lyginami mažų indelių grafikai. 2.11 paveiksle pavaizduotas grafikas statinio gniuždymo grafikas, kuris atspindi visų bandinių grafikų vidurkį. 2.12 paveiksle matomas grafikas, gautas atlikus bandymą SolidWorks programa. Vienas iš esminių grafikų skirtumų yra tas, kad realiame statinio gniuždymo bandyme matomas grafiko staigesnis trūkinėjimas, jis rodo, kad bandymo metu indelis tam tikrose vietose skilo, o SolidWorks grafikas tokiais staigiais trūkimais nepasižymi, indelis gniuždomas idealiomis sąlygomis, jis klumpa be ryškių įtrūkimų ir lūžių. Abu grafikai prasideda panašiu jėgos kilimu ir mažėjimu, tai rodo, kad tik pasiekus tam tikrą jėgą indelis pradeda lengviau gniuždytis, įvyksta tam tikri įlinkiai ties indelio staigiu susiaurėjimu. Toliau SolidWorks grafike matomas tolygus jėgos mažėjimas ir ties pat bandymo pabaiga, staigus jėgos kilimas, kuris atsiranda dėl santykinai nedidelio aukščio indelio susiplojimo, sugniuždytos sienelės

pradedą remtis viena į kitą ir pasipriešinimas auga. Realiame bandyme tokia tendencija nėra matoma, nes šis reiškinys lūžusiam indelyje pastebimas gniuždant daugiau negu 20 mm.



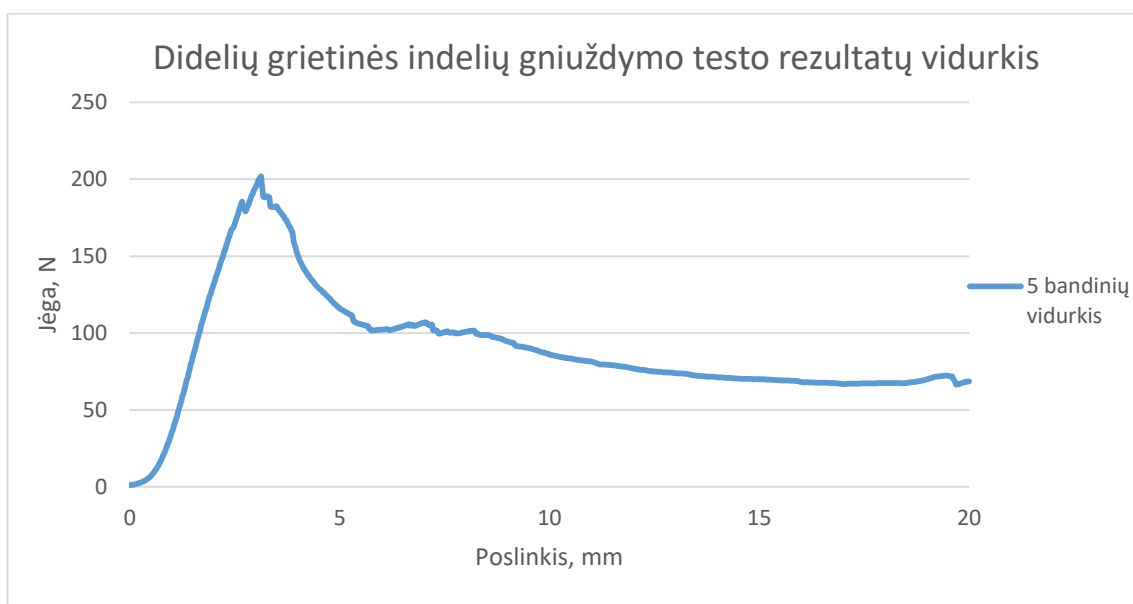
2.11 pav. Mažų grietinės indelių realaus testo rezultatų vidurkis

Matomas dar vienas nuokrypis tarp bandymų – bandymui reikalinga jėga. SolidWorks programoje gauta jėgos reikšmė pirmojo bandinio klupimo metu yra mažesnė negu tikrojo bandymo metu. Skirtumas aukščiausiam pirmojo klupimo taške siekia 3,95 %, tai rodo, kad teoriškai bandinys pradeda klupti greičiau, tai gali įtakoti indelio gamybai naudojamą polistireno ir teorinio modelio tamprumo modulio skirtumas.

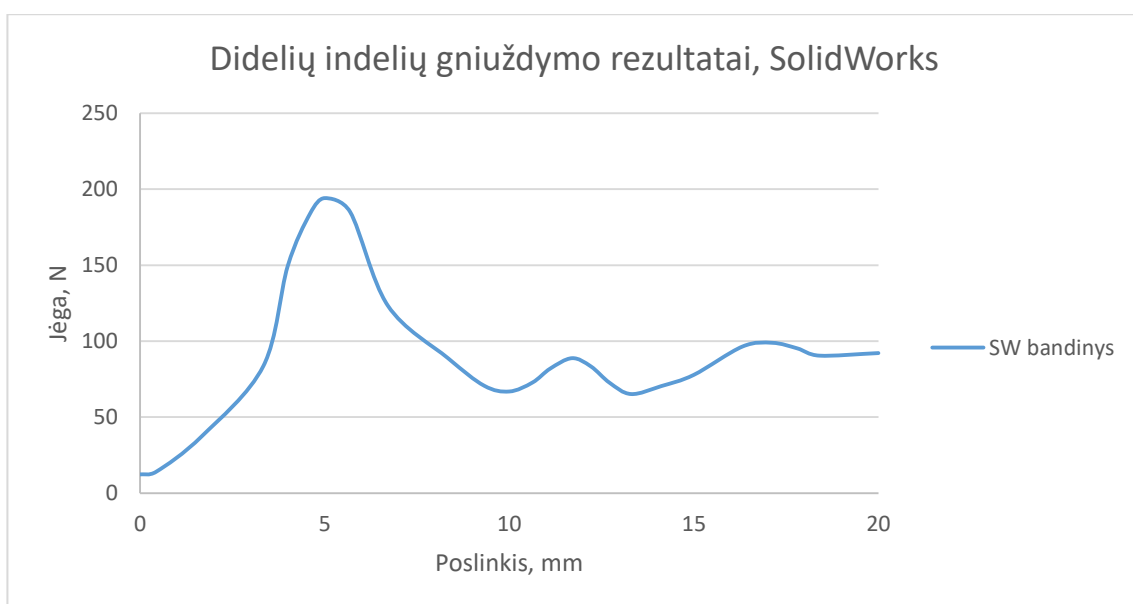


2.12 pav. Mažų indelių gniuždymo rezultatai SolidWorks programoje

Toliau analizuojami didelių indelių grafikai (2.13, 2.14 pav.). Iki 10 mm poslinkio matomas panašus grafiko pobūdis, tolygus kilimas iki aukščiausio jėgos taško, toliau seka tolygus jėgos mažėjimas po pirmojo ryškaus indelio suklypimo. Realus bandymo grafike matomas tolygus jėgos mažėjimas, kaip tuo tarpu SolidWorks bandymo grafikas rodo du ryškesnius jėgos augimo etapus. Taigi, teorinis bandymas rodo du neryškius bandinio klupimo etapus. Kaip ir mažųjų indelių realaus bandymo grafike, taip ir 2.13 paveikslo grafike matomas indelio trūkinėjimas bandymo metu, kai tuo tarpu SolidWorks diagrama pasižymi tolygumu. Analogiškai, kaip ir mažų indelių bandymuose, skiriasi bandinio klupimui reikalinga jėga tarp teorinio ir realiųjų bandinių. Aukščiausiam taške jėga skiriasi 3,9 %. Skirtumą taip pat galėjo įtakoti skirtumas tarp indeliams naudojamo polistireno ir teorinio polistireno tamprumo modulių skirtumo.



2.13 pav. Didelių grietinės indelių gniuždymo testo rezultatų vidurkis



2.14 pav. Didelių indelių gniuždymo rezultatai SolidWorks programoje

Taigi, tikslesnius rezultatus galima gauti ištyrus daug bandinių remiantis realiu tyrimu, nes idealių savybių indelis, kaip projektuojamas programiškai, realybėje pasižymi kitomis savybėmis. Atlikus realaus ir virtualaus bandymų palyginimą nustatyta, jog programos pagalba atliekami tyrimai turi tam tikrų nuokrypių nuo realių bandymų, todėl CAD modelių tyrimas nors ir parodo tam tikras tendencijas, tačiau nėra identiškas realiems bandymams.

2.6. SolidWorks poveikio aplinkai vertinimas

Tvari inžinerija – tai socialinių, aplinkosaugos ir ekonominių aspektų integravimas į tam tikrą produktą ar procesą. Šiuo metu siekiama, kad kiekvienas produktas būtų kuriamas pagal tvarią koncepciją, tai reiškia, kad kuriant produktą, turi būti įvertinamas poveikis aplinkai viso produkto gyvavimo ciklo metu.

Norint apskaičiuoti poveikį aplinkai, galima pasitelkti SolidWorks Sustainability įskiepi. Gyvavimo ciklo vertinimo metodas leidžia kiekybiškai įvertinti poveikį aplinkai viso produkto gyvavimo ciklo metu - pradedant žaliavos gamyba, apimant produkto projektavimą, gamybą, logistiką, naudojimą, baigiant produkto šalinimu ir perdirbimu. Tyrimas apima keturis aplinkosauginius faktorius – anglies pėdsaką, energijos suvartojimą, oro rūgštinimą, vandens eutrofikaciją. Anglies pėdsakas parodo, kiek planetos išteklių - vandens, derlingos žemės ploto, oro, reikia tam, kad būtų patenkinti tam tikri vartotojų poreikiai ir visiškai absorbuojamos paliekamos veiklos atliekos [25]. Energijos suvartojimas –parodo kiek neatsinaujinančios energijos išteklių panaudojama viso gaminio gyvavimo ciklo metu, mato vienetas - megadžaulis (MJ). Oro rūgštinimas – tai sieros dioksido (SO₂), azoto oksidų (NO_x) ir kitų rūgštinių junginių emisijos į orą, kurios sukelia rūgštų lietų. Vandens eutrofikacija – tai per didelis trąšų, tokių kaip azoto (N) ar fosforo (PO₄) kiekis, tenkantis vandens ekosistemai. Toks reiškinys skatina vandens žydėjimą, to pasekoje vandenyje ima trūkti deguonies, dėl to miršta vandens gyvūnai ir augalai [26].

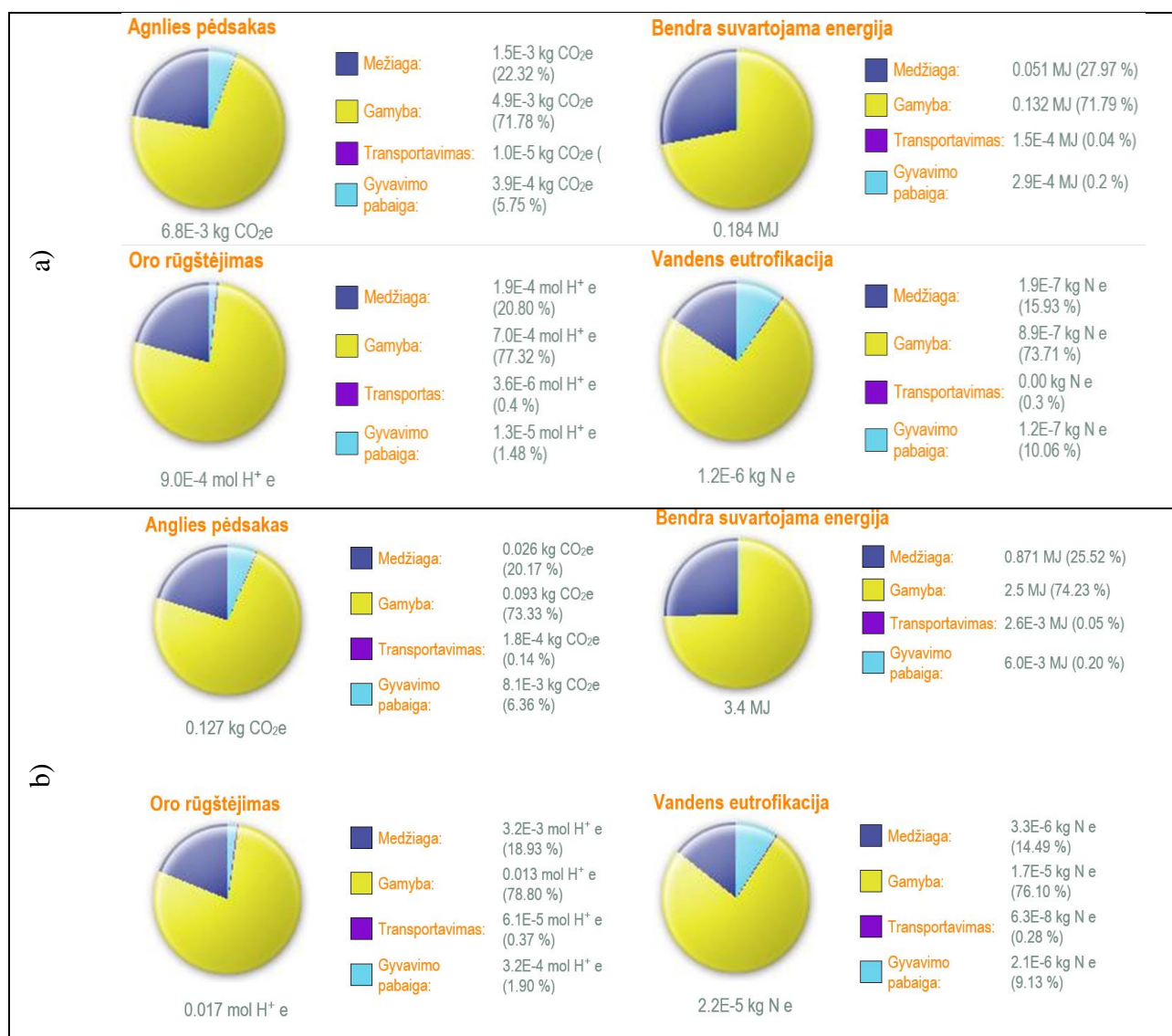
2 lentelė. Mažų ir didelių indelių programos įvesties duomenys

Pavadinimas	Mažo indelio įvestis	Didelio indelio įvestis
Medžiaga:	Vidutinio/didelio takumo polistirenas	Vidutinio/didelio takumo polistirenas
Masė:	7,97 g	11,50 g
Gamybos technologija:	Terminis formavimas	Terminis formavimas
Gyvavimo trukmė:	1 metai	1 metai
Naudojimo trukmė:	14 dienų	14 dienų
Regionas:	Europa	Europa
Spauda:	Tirpiklio pagrindo dažai	Tirpiklio pagrindo dažai
Transportavimas:	Sunkvežimis, 310 km	Sunkvežimis, 310 km
Perdirbamas kiekis:	33 %	25 %
Sudeginamas kiekis:	13 %	24 %
Kiekis sąvartyne:	54 %	51 %

Pirmiausia įvedami skaičiavimams reikalingi duomenys. Pateikiama lentelė (2 lentelė) su programos įvesties duomenimis.

14 dienų naudojimo trukmė pasirinkta todėl, kad vidutinis grietinės galiojimo laikas yra 2 savaitės [27]. Kadangi Lietuvos atstumai santykinai maži, pasirinktas transportas yra sunkvežimis. 310 km atstumas parinktas kaip atstumas tarp Klaipėdos ir Vilniaus. Programa automatiškai sugeneruoja kiek vidutiniškai atliekų yra perdirbama, sudeginama ar išvežama į sąvartyną, sugeneruoti duomenys lieka nepakeisti.

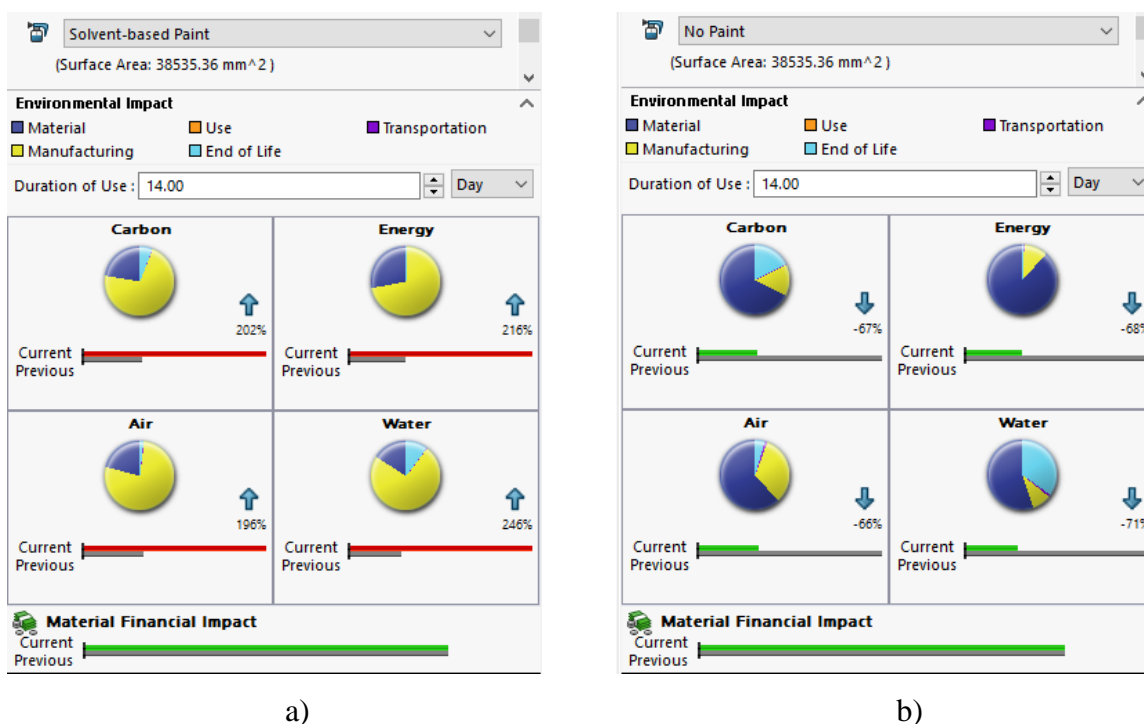
Programa atlieka skaičiavimus ir pateikia ataskaitą (1, 2 priedai). 2.15 (a) paveiksle matomos mažų indelių ataskaitos diagramos, 2.15 (b) paveiksle – didelių indelių. Iš diagramų matoma, kad pati didžiausia tarša vyksta produkto gamybos metu, toliau seka žaliavos gamyba, nedidelę dalį užima produkto gyvavimo pabaiga, o pačią mažiausią transportavimas, kadangi pasirinktas santykinai nedidelis transportavimo atstumas, gabenama viena transporto priemone.



2.15 pav. Indelių poveikio aplinkai vertinimo ataskaita; a) mažų indelių; b) didelių indelių.

Analogiški duomenys gauti ir didelių indelių poveikio aplinkai vertinimo ataskaitoje (2.16 pav.). Matoma ta pati tendencija, jog didžiausia dalis taršos sugeneruojama gamybos metu. Ryškesnis skirtumas tarp didelių ir mažų indelių ataskaitų procentaliai pastebimas bendros energijos suvartojimo etape, kur matoma, kad mažiems indeliams ne ženkliai aukštesnis medžiagos gamybos poreikis energijai. Taip pat pastebima, kad transportavimas taip pat užima patį mažiausią procentą taršos generavime.

Pastebima, jog gamybos metu daroma didžiausia tarša gamtai, tikslinga patikrinti, kokie veiksniai sukelia didžiausią taršą gamybos metu. Indelio spauda yra atliekama tirpiklio pagrindo dažais, patikrinama, kaip tai veikia gautus duomenis. 2.16 paveiksle matoma, kad spaudos procesas daro didžiulę įtaką aplinkos taršai. Nustačius, kad indeliams nebus atliekama spauda, gamybos metu daroma tarša visiems keturiems faktoriams vidutiniškai sumažėjo 68 %. Tai reiškia, kad dažymo procesas sudaro 68 % viso poveikio aplinkai, daugiau, negu žaliavos gamyba, gamybos technologija, transportavimas ir gaminio gyvavimo pabaiga kartu sudėjus. Verta pabrėžti, jog programa skaičiuoja ne plotą, ant kurio atliekama spauda, o visą gaminio paviršiaus plotą. Todėl atliekant realią spaudą dažų sunaudojama mažiau ir spaudos tarša nesudaro tokio didelio procento realiame gaminyje.



2.16 pav. Poveikio aplinkai diagramos. a) poveikis aplinkai naudojant tirpiklio pagrindo dažus; b) poveikis aplinkai nenaudojant dažų.

Nors spaudos procesas daro didelį neigiamą poveikį aplinkai, spauda yra neatsiejama paklausių pakuočių dalis. Kalbant apie maisto pakuotes, spauda reikalinga ne tik dėl estetinio vaizdo, bet ir būtinai informacijai apie produktą pateikti. Todėl sekančiame skyriuje pateikiamas indelių spaudos technologinis procesas ir pasiūlymai, kaip sumažinti taršą spaudos proceso metu.

3. Sausojo ofseto spaudos technologinis projektavimas

Augant technologijų industrijai, populiacijai bei žmonių poreikiams, reikalinga, kad poligrafijoje būtų greitai ir kokybiškai spausdinami tam tikri leidiniai taip, kad tenkintų klientų lūkesčius. Vienas populiariausių spaudos būdų – ofsetinė spauda, viena šios spaudos šakų yra sausasis ofsetas, kuris naudojamas polistireno indelių spaudai. Kadangi atliekant SolidWorks Sustainability tyrimą pasirinkta, jog ant indelių atliekama spauda, tikslinga aprašyti spaudos technologinį procesą. Sausasis ofsetas pasižymi aukšta kokybe, ilgaamžiškumu. Ofsetinė spauda – tai netiesioginis spaudos būdas, kurio pavadinimas kilęs iš angliško termino „set of“, tai reiškia „perkeliantį suspaudimą“. Pirmiausia atspaudas kontaktuoja su cilindru, padengtu gumine danga, po to perkeliamas ant galutinio produkto. Šiam spaudos būdai būdingi vienoje plokštumoje esantys spausdinamieji elementai, kurių atskyrimas paremtas hidrofiliniais ir hidrofobiniais elementais. Sausojo ofseto skiriamoji geba siekia 40 μm [28].

3.1. Technologinio proceso projektavimas

Pirmiausia yra apibūdinama gaminama produkcija ir pateikiamos išleidžiamos produkcijos charakteristikos (3 lentelėje). Sudaroma technologinių procesų schema, kurioje atsispindi technologinis procesas. Technologinė schema pateikta brėžinyje.

3 lentelė. Išleidžiamos produkcijos charakteristikos

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas	Produkcijos formatas, cm	Pavadinimų sk. per metus	Tiražas, tūkst. egz.	Spausdinimo būdas	Spalvingumas	Šrifto kėgelis, punktais	Iliustr. užimamas plotas, %	Teksto užimamas plotas, %	Iliustracijų pobūdis
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1	Grietinė „Pilos“	28x4,5	12	15	Sausasis ofsetas	4+0	14	35	18	Vektorinė iliustr.
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	28x12	4	10	Sausasis ofsetas	4+0	14	30	15	Vektorinė iliustr.
3	Grietinė „Piemenėlio“	28x12	4	45	Sausasis ofsetas	4+0	16	29	20	Vektorinė iliustr.
4	Grietinė „Vilkyškių“	27x5	4	37	Sausasis ofsetas	4+0	14	40	15	Vektorinė iliustr.
5	Grietinė „Farm milk“	28x12	6	41	Sausasis ofsetas	4+0	14	45	15	Vektorinė iliustr.
6	Grietinė „Dvaro“	27,5x10	12	15	Sausasis ofsetas	4+0	16	20	14	Vektorinė iliustr.
7	Grietinė „Mū“	28x12	12	17	Sausasis ofsetas	4+0	16	31	17	Vektorinė iliustr.
8	Grietinė „Žemaitijos“	27,5x12	4	16	Sausasis ofsetas	4+0	16	27	18	Vektorinė iliustr.
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	28x12	4	25	Sausasis ofsetas	4+0	16	25	17	Vektorinė iliustr.
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	27x12	4	41	Sausasis ofsetas	4+0	15	26	20	Vektorinė iliustr.

Gamybinė užduotis pateikiama 4 lentelėje. Šioje lentelėje pateikiami pagrindiniai duomenys, reikalingi tolesniuose skaičiavimuose, t.y. nustatomas formatas, spalvingumas bei metinis spaudos lankų ir spalvinių atspaudų kiekis.

4 lentelė. Gamybinė užduotis produkcijos spausdinimui

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas	Pavad. sk. per metus	Tiražas tūkst. egz.	Vidutinis spalvingumas	Metinis spaudos atspaudų kiekis, tūkst. egz.
1	2	3	4	5	6=3x4
1	Grietinė „Pilos“	12	15	4+0	180
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	4	10	4+0	40
3	Grietinė „Piemenėlio“	4	45	4+0	180
4	Grietinė „Vilkyškių“	4	37	4+0	148
5	Grietinė „Farm milk“	6	41	4+0	246
6	Grietinė „Dvaro“	12	15	4+0	180
7	Grietinė „Mū“	12	17	4+0	204
8	Grietinė „Žemaitijos“	4	16	4+0	64
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	4	25	4+0	100
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	4	41	4+0	164
Viso:					1506

5 lentelėje nustatoma kiek laiko per metus skiriama eksponavimo procesui. Eksponavimo laiko norma paimta iš fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo įrenginio FIP A3 SSF charakteristikų [29].

5 lentelė. Eksponavimo proceso trukmės skaičiavimas

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas	Plokštelės formatas, mm	Pavad. sk. per metus	Leidinio skaitmeninių montažų kiekis, vnt.	Vidutinis Spalvingumas	Leidinio spaudos plokščių kiekis, vnt.	Metinis spaudos plokščių kiekis, vnt.	Laiko norma eksponavimui, h	Eksponavimo metinė laiko norma, h
1	2	3	4	5	6	7=5x6	8=4x7	9	10=8x9
1	Grietinė „Pilos“	280x45	12	1	4+0	4	48	0,17	8,16
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	280x120	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
3	Grietinė „Piemenėlio“	280x120	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
4	Grietinė „Vilkyškių“	270x50	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
5	Grietinė „Farm milk“	280x120	6	1	4+0	4	24	0,17	4,08
6	Grietinė „Dvaro“	275x100	12	1	4+0	4	48	0,17	8,16
7	Grietinė „Mū“	280x120	12	1	4+0	4	48	0,17	8,16
8	Grietinė „Žemaitijos“	275x120	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	280x120	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	270x120	4	1	4+0	4	16	0,17	2,72
Viso:									44,88

6 lentelėje skaičiuojama metinė laiko norma skirta formų ryškinimui. Laiko norma ryškinimui paimta iš fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo įrenginio FIP A3 SSF charakteristikų [29].

6 lentelė. Spaudos formų ryškinimo trukmės skaičiavimas

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas	Pavad. sk. per metus	Plokštelės formatas, mm	Leidinio spaudos formų kiekis, vnt.	Metinis spaudos formų kiekis, vnt.	Laiko norma ryškinimui, h	Ryškinimo metinė laiko norma, h
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6=3x5</i>	<i>7</i>	<i>8=6x7</i>
1	Grietinė „Pilos“	12	280x45	4	48	0,25	12
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	4	280x120	4	16	0,25	4
3	Grietinė „Piemenėlio“	4	280x120	4	16	0,25	4
4	Grietinė „Vilkyškių“	4	270x50	4	16	0,25	4
5	Grietinė „Farm milk“	6	280x120	4	24	0,25	6
6	Grietinė „Dvaro“	12	275x100	4	48	0,25	12
7	Grietinė „Mū“	12	280x120	4	48	0,25	12
8	Grietinė „Žemaitijos“	4	275x120	4	16	0,25	4
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	4	280x120	4	16	0,25	4
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	4	270x120	4	16	0,25	4
Viso:							66

Laiko norma dažų aparato plovimui priklauso nuo spaudos mašinos, t.y. ar yra spaudos mašinoje įmontuotas automatinis dažų aparato išplovimo mechanizmas. Tokiose spaudos mašinose visi dažų aparatai yra plaunami iš karto ir tai užtrunka iki 10 min. Jeigu pasirenkama spaudos mašina be automatinio dažų aparato išplovimo, tai vienos sekcijos dažų aparato rankinis išplovimas užtrunka nuo 20 iki 30 min. Laiko norma spaudos formų pritaismui ir suregulavimui taip pat priklauso nuo spaudos mašinos, t.y. ar yra spaudos mašinoje įmontuotas automatinis spaudos formos tvirtinimo mechanizmas. Tokiose spaudos mašinose vienos spaudos formos montavimas ir toliau sekantis jos reguliavimas užtrunka nuo 5 iki 10 min. Jeigu pasirenkama spaudos mašina be automatinio spaudos formų montavimo tai rankinis montavimas ir reguliavimas užtrunka nuo 15 iki 30 min. Laiko norma 1000 atspaudų spausdinimui išsiskaičiuojama iš pasirinktos spaudos mašinos greičio (spaudos mašinų techninėse charakteristikose yra pateikiamas maksimalus spausdinimo greitis, o skaičiavimams reikia imti 75 % maksimalaus greičio).

7 lentelė. Spaudos cecho metinės gamybos apimtys skaičiavimas

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas ir formatas, cm	Pavadinimų sk.	Laiko norma dažų aparato plovimui, h	Metinė užduotis dažų aparato plovimui, h	Formų pritaismų sk., vnt.	Laiko norma pritaismui, h	Metinė užduotis pritaismui, h	Metinis atspaudų kiekis, tūkst. egz.	Laiko norma 1000 atsp. spausdinimui, h	Metinė užduotis spausdinimui, h	Metinė laiko norma paruošimui ir spausdinimui, h
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>6=3x5</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9=7x8</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12=10x11</i>	<i>13=6+9+12</i>
1	Grietinė „Pilos“	12	0,3	3,6	4	0,15	0,6	180	0,9	162	166,2
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	40	0,9	36	37,8
3	Grietinė „Piemenėlio“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	180	0,9	162	163,8
4	Grietinė „Vilkyškių“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	148	0,9	133,2	135
5	Grietinė „Farm milk“	6	0,3	1,8	4	0,15	0,6	246	0,9	221,4	223,8
6	Grietinė „Dvaro“	12	0,3	3,6	4	0,15	0,6	180	0,9	162	166,2
7	Grietinė „Mū“	12	0,3	3,6	4	0,15	0,6	204	0,9	183,6	187,8
8	Grietinė „Žemaitijos“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	64	0,9	57,6	59,4
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	100	0,9	90	91,8
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	4	0,3	1,2	4	0,15	0,6	164	0,9	147,6	149,4
Viso:											1381,2

8 lentelėje pateikiama metinė laiko norma, skirta grietinės indelių supakavimui į dėžes.

8 lentelė. Metinė laiko norma pakavimui

Eil. Nr.	Produkcijos pavadinimas ir formatas, cm	Metinis indelių kiekis, tūkst.	Indelių kiekis dėžėje, tūkst.	Dėžių kiekis	Vienos dėžės supakavimo laiko norma, h	Metinė laiko norma pakavimui, h
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=3/4</i>	<i>6</i>	<i>7=5x6</i>
1	Grietinė „Pilos“	180	0,9	200,00	0,42	84,00
2	Grietinė „Senolių tradicinė“	40	0,9	44,40	0,42	18,65
3	Grietinė „Piemenėlio“	180	0,9	200,00	0,42	84,00
4	Grietinė „Vilkyškių“	148	0,9	164,40	0,42	69,10
5	Grietinė „Farm milk“	246	0,9	273,30	0,42	114,8
6	Grietinė „Dvaro“	180	0,9	200,00	0,42	84,00
7	Grietinė „Mū“	204	0,9	200,00	0,42	84,00
8	Grietinė „Žemaitijos“	64	0,9	71,10	0,42	29,90
9	Grietinė „Aštuoniolikinė“	100	0,9	111,10	0,42	46,70
10	Grietinė „Rokiškio naminė“	164	0,9	182,20	0,42	76,50
Viso:						691,65

9 lentelėje pateiktas įrenginių darbo laiko fondo skaičiavimas. Darbo dienų skaičius apskaičiuojamas pagal 2017 m darbo dienų kalendorių. Dirbama 1 pamaina, po 8 h.

9 lentelė. Įrenginių darbo laiko fondo skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	F _r , h	T _e , m	Įrenginių prastovos dėl remonto ir apžiūrų, h					n, %	Įrenginio technologinių sustojimų laikas per metus f _{is} , h	Metinis įrenginio darbo laiko fondas F _m , h	Metinis įrenginio darbo laiko fondas su personalu F _{mp} , h
				dėl remonto				dėl apžiūrų				
				f _k	f _t	f _p	trem	f _o				
1	2	3	4	5	6	7	8=5+6+7	9	10	11	12=3-8-9-11	13=3-8
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF	2010	10	7	26	22	55	4	2	40,2	1910,8	1955
3	Sauso ofseto spausdinimo GC-6180 [30]	2010	10	31	67	57	155	8	3	60,3	1786,7	1855

10 lentelė. Įrenginių kiekio skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrenginio pavadinimas	Metinė laiko norma, M, h	Metinis įrenginių darbo laiko fondas, F _m , h	Normų vykdymo koeficientas, k _{bn}	Įrenginių kiekis	
					Skaičiuotas	Priimtas
1	2	3	4	5	6=3/(4x5)	7
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF	110,88	1989	1,1	0,05	1
2	Sauso ofseto spausdinimo GC-6180	1381,2	1983	1,1	0,6	1

11 lentelė. Reikiamų darbuotojų skaičiaus skaičiavimas

Eil. Nr.	Profesija	Metinis įrenginio darbo laiko fondas su personalu, F _{mp} , h	Apskaičiuotas įrenginių kiekis, N _{ir}	Pagrindinis darbuotojo darbo laiko fondas, F _{ef} , h	Darbuotojų skaičius	
					Skaičiuotas	Priimtas
1	2	3	4	5	6=(3x4)/5	7
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašinos operatorius	1993	0,05	1728,6	0,06	1
2	Spaudos mašinos operatorius	1991	0,6	1728,6	0,7	1

12 lentelė. Reikiamų darbuotojų (rankiniam darbui) skaičiaus skaičiavimas

Eil. Nr.	Profesija	Metinė laiko norma, M, h	Pagrindinis darbuotojo darbo laiko fondas, F _{ef} , h	Darbuotojų skaičius	
				Skaičiuotas	Priimtas
1	2	3	4	5=3/4	6
1	Pakuotojas	691,65	1728,60	0,40	1

Žinant reikiamą įrenginių kiekį yra parenkami atitinkami baldai ir apskaičiuojamas įrenginių ir baldų užimamas plotas projektuojamoje patalpoje (13 lentelė). Pradinėje projektavimo stadijoje galima apytiksliai apskaičiuoti reikiamą gamybinių ir administracinių patalpų plotą.

13 lentelė. Įrengimų ir baldų užimamas plotas projektuojamame skyriuje

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis, vnt.	Matmenys, m	Užimamas plotas, m ²	
				vieno	visų
1	2	3	4	5	6=3x5
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF	1	0,66 x 0,8	0,528	0,528
2	Sauso ofseto spausdinimo GC-6180	1	6,5 x 2,6	16,9	16,9
3	Stalas	5	1,4 x 0,6	0,84	4,2
4	Kėdė	5	0,45 x 0,45	0,203	1,015
5	Pakavimo stalas	1	2,4 x 1	2,4	2,4
				Viso:	25,04

Projektuojant įmonės visas patalpas reikia laikytis bendrų sanitarinių higieninių reikalavimų, atsižvelgiant į pastatų bei patalpų atsparumo ugniai laipsnį.

3.2. Kokybės kontrolė, darbų sauga ir ekologija

ISO 9000 – tai didžiausia tarptautinė kokybės vadybos sistema. Visa ISO 9000 kokybės standartų šeima skirta sklandžiai kokybės vadybai vystyti. Šiuos standartus kontroliuoja Tarptautinė standartizacijos organizacija, administravimas vyksta akreditavimo ir atestavimo organizacijų pagalba. Vienas populiariausių šios šeimos standartų, kurį diegia spaudos įmonės yra ISO 9001:2000. Tai standartas, kuris organizacijoms pateikia reikalavimus siekiant visapusiškai patenkinti klientus. Įdiegus šį standartą taip pat turi būti užtikrinamas ir kokybės valdymo sistemų tobulinimas [31, 32]. Kad gaminys būtų kokybiškas, vien kokybės vadybos sistemos įdiegimo nepakanka. Gaminiai, šiuo atveju grietinės indeliai, turi būti periodiškai tikrinami. Kuo dažniau vykdoma gaminio patikra, tuo mažesnė tikimybė leisti brokuotam gaminiui patekti į rinką. Atradus brokuotą didelį kiekį brokuotų gaminių rekomenduojama laikinai nutraukti gamybos procesą iki tol, kol bus išsiaiškinta broko atsiradimo priežastis, taip išvengiant dar didesnių nuostolių dėl didelės apimties partijos šalinimo.

Kitas svarbus aspektas spaudos įmonėje – darbų sauga. Rizikos faktoriai:

1. Fiziniai (priešgaisrinė sauga, elektros įrenginiai, mikroklimatas);
2. Mechaniniai (slėginiai indai, besisukantys objektai);
3. Cheminiai (spaudos proceso metu naudojamos cheminės medžiagos, dulkės);
4. Ergonominiai (darbo poza, psichofiziologiniai aspektai);
5. Psichologiniai (mikroklimatas kolektyve, santykiai su vadovybe, poilsio režimas, monotoniškumas) [33, 34].

Beveik visi išvardinti faktoriai galioja ofsetinės spaudos įmonėse. Darbe naudojami elektros prietaisai, tokie kaip kompiuteriai, spaudos mašina, polimero formos ištrynimo mašina. Spaudos metu naudojami dažai, dažų valymo priemonės, kurie priskiriami su cheminės rizikos faktoriui, ofiso darbuotojai dirba sėdimą darbą, todėl turi būti užtikrinta ergonomiška darbo vieta su taisyklingą sėdėjimo padėtį užtikrinančia kėde bei stalu. Spaudos mašinos ir polimero formos ištrynimo mašinos

operatoriai dirba kiek dinamiškesnį darbą, tačiau jų darbo vietoje taip pat turi būti užtikrinama patogi poilsio vieta. Psichologiniai veiksniai yra itin svarbus aspektas, kadangi jtai lemia kaip žmogus jaučiasi kolektyve.

Norint užtikrinti darbų saugą įmonėje, privaloma atsižvelgti į prieš tai įvardintus rizikos faktorius ir kiek įmanoma sumažinti riziką darbo metu. Privalomi darbuotojų darbų saugos mokymai, atitinkantys jų pareigybes, privaloma apmokyti dirbti su jiems patikėtais įrenginiais, supažindinti su naudojamomis cheminėmis medžiagomis. Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašinos FIP A3 SSF ir sauso ofseto spausdinimo GC-6180 mašinos operatoriai turi būti apmokyti saugiai dirbti su jiems pateikta įranga bei visomis susijusiomis cheminėmis medžiagomis, tokiomis kaip skiediklio pagrindo dažai ir priemonės, reikalingos fotoformų gamybai. Atsiradus įmonėje papildomų lėšų, yra galimybė samdyti darbų saugos įmonę, kuri gali vykdyti darbuotojų sveikatos ir saugos tarnybos funkcijas, taip užtikrinant sklandžią darbų saugos vadybą įmonėje su minimaliu įmonės darbuotojų įsikišimu. Viena tokių darbų saugos įmonių Lietuvoje yra „Verslo aljansas“, kurios užsibrėžti tikslai yra vykdyti darbuotojų saugos ir sveikatos tarnybos funkcijas, parengti darbuotojų sveikatos ir saugos dokumentus, dalyvauti nelaimingų atsitikimų tyrime, konsultuoti apie galiojančius ir atsinaujinančius įstatymus, susijusius su darbų sauga, koreguoti dokumentus po įvykusių įstatymų pakeitimų, konsultuoti bei apmokyti darbuotojus sveikatos, gaisrinės saugos, elektros ūkio, darbo teisės klausimais, bei atlikti auditą. Ši įmonė taip pat gali atlikti iš anksto užsakytus fizikinius tyrimus akredituotoje laboratorijoje. Atliekami tyrimai tokie kaip natūralaus ir dirbtinio apšvietimo lygio nustatymas, vaizduoklių elektromagnetinių laukų nustatymas, šiluminis komfortas, santykinė oro drėgmė, triukšmo lygis bei vibracija [35].

Kadangi išsiaiškinta, jog spaudos procesas daro didžiulį neigiamą poveikį aplinkai, svarbi ekologinių aspektų kontrolė spaudos proceso metu. Remiantis ofsetine spauda užsiimančios įmonės „Wincup, Inc.“ patirtimi, tarša gali būti ženkliai sumažinta pakeitus vos vieną naudojamą priemonę – izopropilo alkoholį. Izopropilo alkoholis naudojamas dažų valymui, jo naudojimo metu į aplinką išsiskiria lakieji organiniai junginiai, kurie skatina toposferinio ozono susidarymą, kuris itin kenkia žmogaus sveikatai, be to, šis junginys yra itin degus padidina gaisro sukėlimo riziką. Itin degioms medžiagoms taikomos griežtos saugojimo ir tvarkymo taisyklės, gali būti ribojamas ir šio skysčio laikomas kiekis. Įmonei teko susirūpinti dėl darbuotojų saugos ir aplinkos taršos, todėl nuspręsta ieškoti alternatyvos, tai yra produkto, kuris atliktu tas pačias reikalingas funkcijas, tačiau nebūtų kenksmingas. Bendradarbiaujant su tiekėjais, įmonė atrado aukšto slėgio prietaisą „Wash-Up Evap A“. Nors tai reikalavo nemažai išlaidų, lakiųjų organinių junginių išmetimas į aplinką per metus sumažėjo 66 % [36]. Taigi, atsiradus papildomoms apyvartinėms lėšoms, galima įsigyti prietaisą, kuris gali ženkliai prisidėti prie darbo saugos ir ekologinės situacijos gerinimo.

4. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

4.1. Makroaplinkos analizė PEST metodu

Kiekviena naujai įkurta įmonė susiduria su tam tikrais iššūkiais, problemomis, todėl rinkos vertinimas yra neatsiejama įėjimo į rinką dalis. Sėkmingą įėjimą į rinką užtikrinti gali nuoseklus 6 konkurencingumo modelio dedamųjų analizavimas:

- Tiekėjų (svarbi kaina, kokybė, asortimento gausa, nuolaidos, garantinis aptarnavimas);
- Vartotojų (įmonės, kurios užsiima pieno produktų gamyba);
- Potencialių konkurentų (spaudos įmonių, kurios vykdo veiklą tame pačiame rinkos segmente);
- Tiesioginių konkurentų (konkurentai, kurie užsiima tokia pačia veikla – vykdo spaudą ant grietinės indelių);
- Paslaugų (prekių);
- Valstybinių institucijų įstatymų ir sprendimų (nors institucijų tikslas yra užtikrinti veiksmingą konkurenciją, tam tikri sprendimai gali neigiamai paveikti verslą).

PEST analizė – tai analizės metodas, kurio pagalba įvertinami makroaplinkos aspektai įmonės atžvilgiu. Makroaplinka apima politinius, ekonominius, socialinius ir technologinius aspektus. Šiems faktoriams įmonė negali daryti tiesioginės įtakos (14 lentelė). Taip pat atliekama ir konkurencinio pranašumo rinkoje analizė (15 lentelė).

14 lentelė. Makroaplinkos analizė PEST metodu

Nr.	Valdymo veiksniai		Valdymo įvertinimo skalė (balais)						
			0	1	2	3	4	5	
Politinė situacija									
1	Tarptautinė politinė situacija	Nepalanki			+				Palanki
2	Santykiai su valdžios institucijomis	Nepalankūs					+		Palankūs
3	Mokesčių politika	Nepalanki				+			Palanki
Ekonominė situacija									
4	Ekonominis augimas	Mažas						+	Didelis
5	Užimtumas	Didelis					+		Mažas
6	Investicijų klimatas	Nepalankus					+		Palankus
7	Gamybinių veiksnių kainos	Didelės						+	Mažos
Socialinė situacija									
8	Gyventojų vartojimų pokyčiai	Nepalankūs			+				Palankūs
9	Švietimo sistema	Nepalanki			+				Palanki
Technologinė situacija									
10	Valstybės technologinė politika	Nepalanki					+		Palanki
11	Naujos technologinės galimybės	Mažos					+		Didelės
Iš viso:			0	0	3	1	5	2	0

Aplinkos stabilumo lygis = 3,5

15 lentelė. Konkurencinio pranašumo nustatymas ir makroaplinkos analizė

Nr.	Valdymo veiksniai		Valdymo įvertinimo skalė (balais)						
			0	1	2	3	4	5	
Klientų derėjimosi galia									
1	Klientai nenusiteikę ir jų daug	Nepalanku						+	Palanku
2	Siūlomas produktas nediferencijuotas pagal vartotojų grupes	Nepalanku				+			Palanku
3	Tiekiamo produkto kaina turi reikšmės kliento sąnaudoms	Nepalanku					+		Palanku
4	Klientai patys negali perimti iš firmos rinkos dalį	Nepalanku		+					Palanku
Tiekėjų derėjimosi galia									
5	Alternatyvių tiekėjų yra nedaug	Nepalanku						+	Palanku
6	Nėra alternatyvių pakaitų tiekėjų pristatomiems įrenginiams, žaliavoms	Nepalanku				+			Palanku
7	Tiekėjo kainos sudaro mūsų firmos kainos didelę dalį	Nepalanku					+		Palanku
8	Tiekėjai gali perimti dalį rinkos	Nepalanku					+		Palanku
Pakaitalų grėsmė									
9	Produkto moralinio nusidėvėjimo grėsmė	Maža	+						Didelė
10	Yra galimybė persiorientuoti į pakaitalus	Maža						+	Didelė
11	Firmos sukurto produkto priedai gali sustabdyti klientų persiorientavimą į pakaitalus	Negali			+				Gali
12	Galimas įmonės pelningumo lygio sumažėjimas, jei klientai perbėgs į pakaitalų grupes	Nepalanku			+				Palanku
Naujų konkurentų grėsmė									
13	Produkto diferenciacija	Diferenc.					+		Nediferenc.
14	Nedidelės investicijos				+				Didelės
15	Masto ekonomija	Nepalanku						+	Palanku
16	Klientų persiorientavimo sąlygos	Geros				+			Blogos
17	Ribotos galimybės pasinaudoti esančiais platinimo kanalais	Ribotos						+	Neribotos
18	Dominuojančių firmų reakcija	Nepalanki				+			Palanki
Esančių konkurentų grėsmė									
19	Konkurentai lygiaverčiai ir kiekvienas stengiasi padidinti savo rinkos dalį	Nepalanku				+			Palanku
20	Rinka auga lėtai ir kiekvienas stengiasi padidinti savo rinkos dalį	Nepalanku				+			Palanku
21	Sunku diferencijuoti produktą pagal vartotojų grupes ir vyksta kainų ir klientų lojalumo karas	Nepalanku			+				Palanku
22	Aukštos pradinės investicijos ir visi nori padidinti savo rinkos dalį	Nepalanku					+		Palanku
23	Sudėtinga ir brangu pasitraukti iš rinkos	Sudėtinga					+		Lengva
Iš viso:			1	1	4	6	6	4	1

Konkurencinis pranašumas = 3,3

4.2. Projekto investicijos ir finansavimo šaltiniai

Projekto įgyvendinimui reikalingos investicijos siekia 231150 €, poreikis skaičiuojamas penkeriems metams, didžiausia suma, 71600 € skiriama ilgalaikiam turtui įsigyti. Finansavimas gaunamas iš akcininkų kapitalo bei imama paskola, kuriai galioja atidėjimas (16 lentelė).

16 lentelė. Projekto finansavimo poreikis

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	€	Struktūra	€
1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, tarp jo gamybos priemonėms	71600	1. Akcininkų nuosavybė; akcinis kapitalas, rezervai	60000
2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, tarp jo žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms	50000	2. Paskolos	171150
3. Statybos, montavimo darbų kaštai	49550		
4. Kiti kaštai	60000		
Viso kaštų:	231150	Viso šaltinių:	231150

4.3. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas, išlaidos baldams

Projektui įgyvendinti reikalingas ilgalaikis turtas yra fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašina FIP A3 SSF ir sauso ofseto spausdinimo mašina GC-6180, tai yra pagrindiniai įrenginiai reikalingi sausojo ofseto spaudai (17 lentelė).

17 lentelė. Ilgalaikio turto vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Vieneto kaina, €	Kiekis	Vertė, €
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašina FIP A3 SSF	21000	1	21000
2	Sauso ofseto spausdinimo mašina GC-6180	50600	1	50600
			Iš viso:	71600

Įmonėje taip pat reikalingi baldai. Tiek ofise, tiek gamybinėse patalpose reikalingi stalai ir kėdės, sandėliavimo patalpoje naudojamas aukštas pakavimo stalas (18 lentelė).

18 lentelė. Išlaidos baldams

Pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, €	
		Vieno	Visų
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4=2 × 3</i>
Pakavimo stalas	1	100	100
Kėdė	5	50	250
Stalas	5	80	400
Viso:			750

4.4. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Trumpalaikis turtas – tai turtas, kurio tarnavimo laikas trumpesnis nei vieneri metai, metų bėgyje, trumpalaikį turtą kompanija ketina paversti grynuoju pelnu. 19 lentelėje skaičiuojamas apyvartinių lėšų poreikis penkeriems metams.

19 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos kaštai, €	-	28423514,57	176797,12	176797,12	159117,40	132597,84
2. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, €	113,60	284,01	1,77	1,77	1,59	1,32
3. Apyvartinių lėšų papildomas poreikis, €	-	0,0000	0,0062	0,0110	0,0099	0,0082
4. Apyvartinės lėšos, €	113,60	28423798,57	176798,89	176798,89	159119,00	132599,17

4.5. Gamybos apimties planavimas

Organizuojant gamybos procesą, numatoma gamybos apimtis natūriniais vienetais, šiuo atveju, penkerių metų laikotarpiui. 20 lentelėje matomas gamybos apimties pasiskirstymas pagal metus įvertinant rinkos įsisavinimą pradėnant gamybą ir baigiant pardavimo masto smukimu paskutiniais metais.

20 lentelė. Produkcijos gamybos apimties planavimas

Projekto metai	Įsisavinimo koeficientas	Gamybos apimtis, tūkstančiais									
		Grietinė „Pilos“	Grietinė „Senolių tradicinė“	Grietinė „Piemenėlio“	Grietinė „Vilkyskių“	Grietinė „Farm milk“	Grietinė „Dvaro“	Grietinė „Mū“	Grietinė „Žemaitijos“	Grietinė „Aštuoniolikinė“	Grietinė „Rokiškio naminė“
Apimtis, tūkst.		180	40	180	148	246	180	204	64	100	164
I	0,9	162	36	162	133	221	162	184	57	90	148
II	1	180	40	180	148	246	180	204	64	100	164
III	1	180	40	180	148	246	180	204	64	100	164
IV	0,9	162	36	162	133	221	162	184	57	90	148
V	0,6	108	24	108	88,8	148	108	122	38	60	98,4

4.6. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

21 lentelėje pateikiamos kintamosios gamybinės išlaidos medžiagoms ir žaliavoms. Šio tipo išlaidos įskaičiuojamos į gaminio savikainą ir kinta priklausomai nuo gamybos apimties. Pagal reikiamą

medžiagų kiekį ir gamybos apimtį apskaičiuojama kokie gaminio medžiagų kaštai eurais. Skaičiuojant gamybos kaštus, remtasi iš internetinių šaltinių gautais duomenimis [37, 38, 39].

21 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos (žaliavos) pavadinimas	Gamybos planas, vnt	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais	Medžiagos kaina, €/vnt.	Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais	Medžiagų kaštai	
					Gaminio €/vnt.	viso, tūkst. €
<i>1 metai</i>						
Grietinė „Senolių tradicinė“	36000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	36000	0,03	1080,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	1994,40	0,01	498,60
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	20,88	0,00	116,93
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	34,56	0,00	172,80
Iš viso:					0,05	1868,33
Grietinė „Pilos“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60
Iš viso:					0,05	8407,48
Grietinė „Piemenėlio“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60
Iš viso:					0,05	8407,48
Grietinė „Vilkyškių“	133200					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	133200	0,03	3996,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	7379,28	0,01	1844,82
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	77,26	0,00	432,63
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	127,87	0,00	639,36
Iš viso:					0,05	6912,81
Grietinė „Farm milk“	221400					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	221400	0,03	6642,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	12265,56	0,01	3066,39
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	128,41	0,00	719,11
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	212,54	0,00	1062,72
Iš viso:					0,05	11490,22
Grietinė „Dvaro“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60

					Iš viso:	0,05	8407,48
Grietinė „Mū“	183600						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	183600	0,03	5508,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	10171,44	0,01	2542,86	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	106,49	0,00	596,33	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	176,26	0,00	881,28	
					Iš viso:	0,05	9528,47
Grietinė „Žemaitijos“	57600						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	57600	0,03	1728,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	3191,04	0,01	797,76	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	33,41	0,00	187,08	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	55,30	0,00	276,48	
					Iš viso:	0,05	2989,32
Grietinė „Aštuoniolikinė“	90000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	90000	0,03	2700,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	4986,00	0,01	1246,50	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	52,20	0,00	292,32	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	86,40	0,00	432,00	
					Iš viso:	0,05	4670,82
Grietinė „Rokiškio naminė“	147600						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	147600	0,03	4428,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8177,04	0,01	2044,26	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	85,61	0,00	479,40	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	141,70	0,00	708,48	
					Iš viso:	0,05	7660,14
2 metai							
Grietinė „Senolių tradicinė“	40000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	40000	0,03	1200,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	2216,00	0,01	554,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	23,20	0,00	129,92	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	38,40	0,00	192,00	
					Iš viso:	0,05	2075,92
Grietinė „Pilos“	180000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00	
					Iš viso:	0,05	9341,64
Grietinė „Piemenėlio“	180000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00	
					Iš viso:	0,05	9341,64
Grietinė „Vilkyškių“	148000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	148000	0,03	4440,00	

Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8199,20	0,01	2049,80
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	85,84	0,00	480,70
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	142,08	0,00	710,40
Iš viso:					0,05	7680,90
Grietinė „Farm milk“	246000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	246000	0,03	7380,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	13628,40	0,01	3407,10
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	142,68	0,00	799,01
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	236,16	0,00	1180,80
Iš viso:					0,05	12766,91
Grietinė „Dvaro“	180000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00
Iš viso:					0,05	9341,64
Grietinė „Mū“	204000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	204000	0,03	6120,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	11301,60	0,01	2825,40
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	118,32	0,00	662,59
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	195,84	0,00	979,20
Iš viso:					0,05	10587,19
Grietinė „Žemaitijos“	64000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	64000	0,03	1920,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	3545,60	0,01	886,40
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	37,12	0,00	207,87
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	61,44	0,00	307,20
Iš viso:					0,05	3321,47
Grietinė „Aštuoniolikinė“	100000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	100000	0,03	3000,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5540,00	0,01	1385,00
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	58,00	0,00	324,80
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	96,00	0,00	480,00
Iš viso:					0,05	5189,80
Grietinė „Rokiškio naminė“	164000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	164000	0,03	4920,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9085,60	0,01	2271,40
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	95,12	0,00	532,67
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	157,44	0,00	787,20
Iš viso:					0,05	8511,27
3 metai						
Grietinė „Senolių tradicinė“	40000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	40000	0,03	1200,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	2216,00	0,01	554,00
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	23,20	0,00	129,92
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	38,40	0,00	192,00

					Iš viso:	0,05	2075,92
Grietinė „Pilos“	180000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00	
					Iš viso:	0,05	9341,64
Grietinė „Piemenėlio“	180000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00	
					Iš viso:	0,05	9341,64
Grietinė „Vilkyškių“	148000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	148000	0,03	4440,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8199,20	0,01	2049,80	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	85,84	0,00	480,70	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	142,08	0,00	710,40	
					Iš viso:	0,05	7680,90
Grietinė „Farm milk“	246000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	246000	0,03	7380,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	13628,40	0,01	3407,10	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	142,68	0,00	799,01	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	236,16	0,00	1180,80	
					Iš viso:	0,05	12766,91
Grietinė „Dvaro“	180000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	180000	0,03	5400,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9972,00	0,01	2493,00	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	104,40	0,00	584,64	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	172,80	0,00	864,00	
					Iš viso:	0,05	9341,64
Grietinė „Mū“	204000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	204000	0,03	6120,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	11301,60	0,01	2825,40	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	118,32	0,00	662,59	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	195,84	0,00	979,20	
					Iš viso:	0,05	10587,19
Grietinė „Žemaitijos“	64000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	64000	0,03	1920,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	3545,60	0,01	886,40	
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	37,12	0,00	207,87	
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	61,44	0,00	307,20	
					Iš viso:	0,05	3321,47
Grietinė „Aštuoniolikinė“	100000						
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	100000	0,03	3000,00	
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5540,00	0,01	1385,00	

Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	58,00	0,00	324,80
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	96,00	0,00	480,00
Iš viso:					0,05	5189,80
Grietinė „Rokiškio naminė“	164000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	164000	0,03	4920,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	9085,60	0,01	2271,40
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	95,12	0,00	532,67
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	157,44	0,00	787,20
Iš viso:					0,05	8511,27
4 metai						
Grietinė „Senolių tradicinė“	36000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	36000	0,03	1080,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	1994,40	0,01	498,60
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	20,88	0,00	116,93
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	34,56	0,00	172,80
Iš viso:					0,05	1868,33
Grietinė „Pilos“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60
Iš viso:					0,05	8407,48
Grietinė „Piemenėlio“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60
Iš viso:					0,05	8407,48
Grietinė „Vilkyškių“	133200					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	133200	0,03	3996,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	7379,28	0,01	1844,82
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	77,26	0,00	432,63
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	127,87	0,00	639,36
Iš viso:					0,05	6912,81
Grietinė „Farm milk“	221400					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	221400	0,03	6642,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	12265,56	0,01	3066,39
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	128,41	0,00	719,11
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	212,54	0,00	1062,72
Iš viso:					0,05	11490,22
Grietinė „Dvaro“	162000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	162000	0,03	4860,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8974,80	0,01	2243,70
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	93,96	0,00	526,18
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	155,52	0,00	777,60
Iš viso:					0,05	8407,48

Grietinė „Mū“	183600					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	183600	0,03	5508,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	10171,44	0,01	2542,86
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	106,49	0,00	596,33
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	176,26	0,00	881,28
Iš viso:					0,05	9528,47
Grietinė „Žemaitijos“	57600					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	57600	0,03	1728,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	3191,04	0,01	797,76
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	33,41	0,00	187,08
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	55,30	0,00	276,48
Iš viso:					0,05	2989,32
Grietinė „Aštuoniolikinė“	90000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	90000	0,03	2700,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	4986,00	0,01	1246,50
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	52,20	0,00	292,32
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	86,40	0,00	432,00
Iš viso:					0,05	4670,82
Grietinė „Rokiškio naminė“	147600					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	147600	0,03	4428,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8177,04	0,01	2044,26
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	85,61	0,00	479,40
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	141,70	0,00	708,48
Iš viso:					0,05	7660,14
5 metai						
Grietinė „Senolių tradicinė“	108000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	24000	0,03	720,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5983,20	0,01	1495,80
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	62,64	0,00	350,78
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	103,68	0,00	518,40
Iš viso:					0,05	3084,98
Grietinė „Pilos“	108					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	108000	0,03	3240,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5,98	0,01	1,50
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	0,06	0,00	0,35
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	0,10	0,00	0,52
Iš viso:					0,05	3242,36
Grietinė „Piemenėlio“	108000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	108000	0,03	3240,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5983,20	0,01	1495,80
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	62,64	0,00	350,78
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	103,68	0,00	518,40
Iš viso:					0,05	5604,98
Grietinė „Vilkyškių“	88800					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	88800	0,03	2664,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	4919,52	0,01	1229,88

Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	51,50	0,00	288,42
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	85,25	0,00	426,24
Iš viso:					0,05	4608,54
Grietinė „Farm milk“	147600					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	147600	0,03	4428,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	8177,04	0,01	2044,26
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	85,61	0,00	479,40
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	141,70	0,00	708,48
Iš viso:					0,05	7660,14
Grietinė „Dvaro“	108000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	108000	0,03	3240,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5983,20	0,01	1495,80
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	62,64	0,00	350,78
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	103,68	0,00	518,40
Iš viso:					0,05	5604,98
Grietinė „Mū“	122400					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	122400	0,03	3672,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	6780,96	0,01	1695,24
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	70,99	0,00	397,56
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	117,50	0,00	587,52
Iš viso:					0,05	6352,32
Grietinė „Žemaitijos“	38400					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	38400	0,03	1152,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	2127,36	0,01	531,84
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	22,27	0,00	124,72
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	36,86	0,00	184,32
Iš viso:					0,05	1992,88
Grietinė „Aštuoniolikinė“	60000					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	60000	0,03	1800,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	3324,00	0,01	831,00
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	34,80	0,00	194,88
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	57,60	0,00	288,00
Iš viso:					0,05	3113,88
Grietinė „Rokiškio naminė“	98400					
Indeliai (tūkst.)		1	0,03	98400	0,03	2952,00
Pakavimo dėžės (vnt.)		0,0554	0,25	5451,36	0,01	1362,84
Plovimo skystis (264 formos) (l)		0,00058	5,60	57,07	0,00	319,60
Spaudos dažai (kg)		0,00096	5,00	94,46	0,00	472,32
Iš viso:					0,05	5106,76
Viso:					2,59	335692

Taip pat reikalinga apskaičiuoti ir darbuotojų darbo užmokestį. Įmonėje dirba du pagrindiniai darbuotojai, vienas pagalbinis darbuotojas, du specialistai ir įmonės vadovas. Tiesioginiams gamybos kaštams priskiriamas pagrindinių darbuotojų (spaudos mašinos operatoriaus ir fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašinos operatorius) darbo užmokestis.

22 lentelė. Išlaidos darbo užmokesčiui

Kategorija	Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesio atlyginimas, €	Darbo užmokestis €	VSD, GF, IDIF	Metinis fondas, €
Vadovas	Direktorius	1	1224,55	14694,60	263,03	14957,63
Specialistas	Administratorė	1	644,50	7734,00	138,44	7872,44
Specialistas	Gamybos vadovas	1	773,40	9280,80	166,13	9446,93
Pagalbinis	Pakuotojas	1	440,84	5290,06	94,69	5384,75
Pagrindinis	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašinos operatorius	1	721,84	8662,08	155,05	8817,13
Pagrindinis	Spaudos mašinos operatorius	1	1031,20	12374,40	221,50	12595,90
Viso:				58035,94	1038,84	59074,78

23 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Eil. Nr.	Įrengimo pavadinimas	Įrengimų skaičius, vnt.	Variklio galia, kW	Darbo valandų skaičius per metus, h	Elektros energijos poreikis, kWh	1 kWh kaina, €	Išlaidos elektros energijai, €
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6=4×5</i>	<i>7</i>	<i>8=6×7</i>
1	Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF	1	19	1910,8	36305,2	0,39	14159,03
2	Sauso ofseto spausdinimo GC-6180	1	2,8	1786,7	5002,76	0,39	1951,08
Viso:							16110,10

4.7. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Toliau skaičiuojamos netiesioginės gamybos išlaidos. Tai išlaidos, kurios nėra tiesiogiai susijusios su gamyba. 24, 25, 26, 27 lentelėse skaičiuojamos netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui, vandeniui, šildymui bei apšvietimui.

24 lentelė. Netiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Profesija	Darbuotojų skaičius	Mėnesinis darbo užmokestis, €	Pagrindinis fondas, €	VSD, GF, IDIF	Metinės išlaidos atlyginimams, €
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4=2'3'12 mėn.</i>	<i>5</i>	<i>6=4+5</i>
Pakuotojas	1	440,838	5290,06	94,69	5384,75
Viso:					5384,748

25 lentelė. Netiesioginės išlaidos vandeniui

Išlaidų pavadinimas	Sunaudojimas per parą, l/1 dirb.	Poreikis metams, m ³	1 m ³ vandens kaina, €	Išlaidos vandeniui, tūkst. €
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2x3x4</i>
Šaltam/šiltam vandeniui	30	15,06	1,52	22,8912
Viso:				22,8912
Eksploatacinės išlaidos	sudaro 15-20 proc. nuo bendrų išlaidų	-	-	4,57824
Iš viso:				27,46944

26 lentelė. Netiesioginės išlaidos šildymui

Išlaidų pavadinimas	Šildomas plotas, m ²	1 m ² ploto šildymo kaina, €/mėn.	Šildymo sezonas, mėn.	Išlaidos šildymui per metus, €
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2x3x4</i>
Patalpų šildymas	135,6	4,91	6	3994,78
Eksploatacinės išlaidos	-	-	-	798,96
Viso:				4793,73

27 lentelė. Netiesioginės išlaidos apšvietimui

Išlaidų pavadinimas	Patalpų plotas, m ²	Apšvietimo norma, W/m ²	Apšvietimo laikas, h	Energijos kiekis patalpoms apšviesti, kWh	1 kWh kaina, €	Išlaidos šildymui per metus, tūkst. €
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5=2x3x4/1000</i>	<i>6</i>	<i>7=2x3x4x5x6</i>
Patalpų apšvietimas	52	50	1381,2	3591,12	0,39	1400,54
Eksploatacinės išlaidos	-	-	-	-	-	280,11
Viso:						1680,64

28 lentelėje skaičiuojama įrenginių amortizacija. Įrenginių amortizaciniai atskaitymai kiekvienais metais yra pastovus dydis.

28 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Įsigijimo vertė, €	Normatyvinė eksploataavimo trukmė	Nusidėvėjimo suma metams, €					Likutinė vertė, €
			1	2	3	4	5	
Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF	21000	20	945	945	945	945	945	16275
Sauso ofseto spausdinimo GC-6180	50600	20	2277	2277	2277	2277	2277	39215
Viso:							55490	

29 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai visiems gaminiams, €
<i>Brandos stadijoje</i>	
1. Pagrindinės medžiagos	3010084
2. Energija (šiluminė, elektros)	16110,01
3. Gamybinių darbininkų(pagrindinių) darbo užmokestis	58036
4. Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	1039
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	14161
Viso gamybos kaštų, €	29919489
Viso gamybos kaštų, %.	100
Produkcijos gamybos planas, vnt.	-
Gaminių gamybinė savikaina, €	-
<i>Pirmaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	28423515
Produkcijos gamybos planas, vnt.	1355400
Gaminių gamybinė savikaina, €	0,02
<i>Antrisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	176797
Produkcijos gamybos planas, vnt.	1506000
Gaminių gamybinė savikaina, €	0,13
<i>Trečiaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	176797
Produkcijos gamybos planas, vnt.	1506000
Gaminių gamybinė savikaina, €	0,13
<i>Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	159117
Produkcijos gamybos planas, vnt.	1355400
Gaminių gamybinė savikaina, €	0,11
<i>Penktaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	132598
Produkcijos gamybos planas, vnt.	903600
Gaminių gamybinė savikaina, €	0,17

4.8. Veiklos sąnaudos

Veiklos sąnaudas sudaro pagalbinių medžiagų, administracijos patalpų išlaidos (šildymas, apšvietimas, vandens sąnaudos), administracijos darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam draudimui, sveikatos draudimas, komandiruotės, paslaugos, mokesčiai ir rinkliavos. 30 lentelėje pateikiamos veiklos sąnaudos.

30 lentelė. Veiklos sąnaudos

Išlaidų rūšys	Suma, €
1. Pardavimų sąnaudos:	
Reklama ir skelbimai	2000
Prekių išvežimas	3400

2. Bendrosios ir administracinės sąnaudos:	
Išlaidų rūšys	Suma, €
Pagalbinės medžiagos	1200
Administracijos darbuotojų darbo užmokestis	22830,07
Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	408,66
Amortizaciniai atskaitymai	750
Paslaugos	2100
Komandiruotės	1000
Mokesčiai ir rinkliavos	800
Viso:	34488,73

4.9. Gminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus gamybos sąnaudas, galima apskaičiuoti kiek kainuos gaminys, priklausomai nuo numatytos gamybos apimtys. 43 lentelėje pateikiami penkių metų duomenys.

31 lentelė. Gminių kaina

Gaminiai	Gaminio gamybinė savikaina, €	Giminiui, tenkančios veiklos sąnaudos, €	Giminiui, tenkančios investicinės veiklos sąnaudos, €	Gaminio pilnoji savikaina, €	Pelnas		Kaina, €
					%	€/vnt.	
1 metai							
G 1	0,012	0,023	0,022	0,057	10	0,01	0,06
G 2	0,023	0,023	0,100	0,146	10	0,01	0,16
G 3	0,047	0,023	0,022	0,092	10	0,01	0,10
G 4	0,047	0,023	0,027	0,097	10	0,01	0,11
G 5	0,047	0,023	0,016	0,086	10	0,01	0,09
G 6	0,000	0,023	0,022	0,045	10	0,00	0,05
G 7	0,000	0,023	0,020	0,043	10	0,00	0,05
G 8	0,000	0,023	0,063	0,085	10	0,01	0,09
G 9	0,000	0,023	0,040	0,063	10	0,01	0,07
G 10	0,000	0,023	0,024	0,047	10	0,00	0,05
2 metai							
G 1	0,012	0,023	0,020	0,055	10	0,01	0,06
G 2	0,025	0,023	0,090	0,138	10	0,01	0,15
G 3	0,049	0,023	0,020	0,092	10	0,01	0,10
G 4	0,049	0,023	0,024	0,097	10	0,01	0,11
G 5	0,049	0,023	0,015	0,087	10	0,01	0,10
G 6	0,000	0,023	0,020	0,043	10	0,00	0,05
G 7	0,000	0,023	0,018	0,041	10	0,00	0,04
G 8	0,000	0,023	0,056	0,079	10	0,01	0,09
G 9	0,000	0,023	0,036	0,059	10	0,01	0,06
G 10	0,000	0,023	0,022	0,045	10	0,00	0,05
3 metai							
G 1	0,012	0,023	0,020	0,055	10	0,01	0,06
G 2	0,025	0,023	0,090	0,138	10	0,01	0,15

G 3	0,049	0,023	0,020	0,092	10	0,01	0,10
G 4	0,049	0,023	0,024	0,097	10	0,01	0,11
G 5	0,049	0,023	0,015	0,087	10	0,01	0,10
G 6	0,000	0,023	0,020	0,043	10	0,00	0,05
G 7	0,000	0,023	0,018	0,041	10	0,00	0,04
G 8	0,000	0,023	0,056	0,079	10	0,01	0,09
G 9	0,000	0,023	0,036	0,059	10	0,01	0,06
G 10	0,000	0,023	0,022	0,045	10	0,00	0,05
4 metai							
G 1	0,012	0,023	0,022	0,057	10	0,01	0,06
G 2	0,023	0,023	0,100	0,146	10	0,01	0,16
G 3	0,047	0,023	0,022	0,092	10	0,01	0,10
G 4	0,047	0,023	0,027	0,097	10	0,01	0,11
G 5	0,047	0,023	0,016	0,086	10	0,01	0,09
G 6	0,000	0,023	0,022	0,045	10	0,00	0,05
G 7	0,000	0,023	0,020	0,043	10	0,00	0,05
G 8	0,000	0,023	0,063	0,085	10	0,01	0,09
G 9	0,000	0,023	0,040	0,063	10	0,01	0,07
G 10	0,000	0,023	0,024	0,047	10	0,00	0,05
5 metai							
G 1	0,096	0,023	0,033	0,152	10	0,02	0,17
G 2	0,387	0,023	0,150	0,560	10	0,06	0,62
G 3	0,146	0,023	0,033	0,203	10	0,02	0,22
G 4	0,152	0,023	0,041	0,215	10	0,02	0,24
G 5	0,140	0,023	0,024	0,188	10	0,02	0,21
G 6	0,146	0,023	0,033	0,203	10	0,02	0,22
G 7	0,143	0,023	0,029	0,195	10	0,02	0,21
G 8	0,152	0,023	0,094	0,268	10	0,03	0,30
G 9	0,146	0,023	0,060	0,229	10	0,02	0,25
G 10	0,167	0,023	0,037	0,226	10	0,02	0,25

4.10. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Grynasis pelnas parodo, ar įmonė dirba pelningai, ar pasiekti užsibrėžti finansiniai tikslai.

32 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) apskaita

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	1	2	3	4	5
1. Pardavimų pajamos	73841	77651	77651	73841	209735
2. Parduodamos produkc. gamybos kaštai	98639	98639	98639	98639	98639
3. Bendras pelnas (nuostolis)	-24797	-20987	-20987	-24797	111096
4. Veiklos sąnaudos	34489	34489	34489	34489	34489
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	-59286	-55476	-55476	-59286	76608
6. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinant	82046	77651	77651	82046	349558
7. Pelno mokestis	12307	11648	11648	12307	52434
8. Grynasis pelnas (nuostolis)	69739	66004	66004	69739	297125

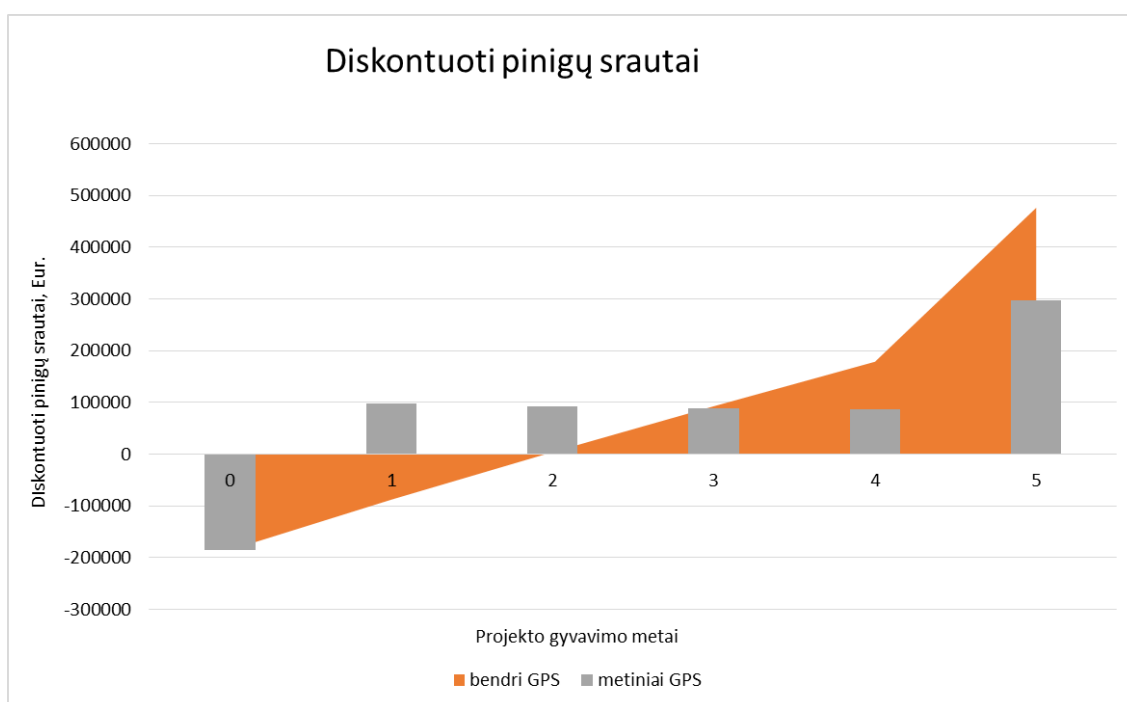
33 lentelė. Pinigų srautų ataskaita

Rodikliai	0 metai	1 metai	2 metai	3 metai	4 metai	5 metai
Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
Grynasis pelnas (nuostolis)	0	97622	95435	95435	97622	297125
Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	0	0	0	0	0	0
Papildomos investicijos į apyvartinį kapitalą	113603	0	0,0062	0,0110	0,0099	0,0082
Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1 1.2+1.3+1.4)	-113603	97622	95435	95435	97622	297125
Pinigų srautai iš investicinės veiklos						
Ilgalaikio turto perleidimas (išsigijimas)	231150	0	0	0	0	0
Grynieji pinigų srautai iš investicinės veiklos	-231150	0	0	0	0	0
Bendri metiniai pinigų srautai (I+II)	-344753	97622	95435	95435	97622	297125

Diskontuotų srautų ataskaita parodo kiek pinigų reikia, kad būtų pilnai išmokėta paskola, o tai rodo, per kiek laiko per kiek laiko projektas atsiperka ir pradeda nešti pelną.

34 lentelė. Grynųjų pinigų srautai

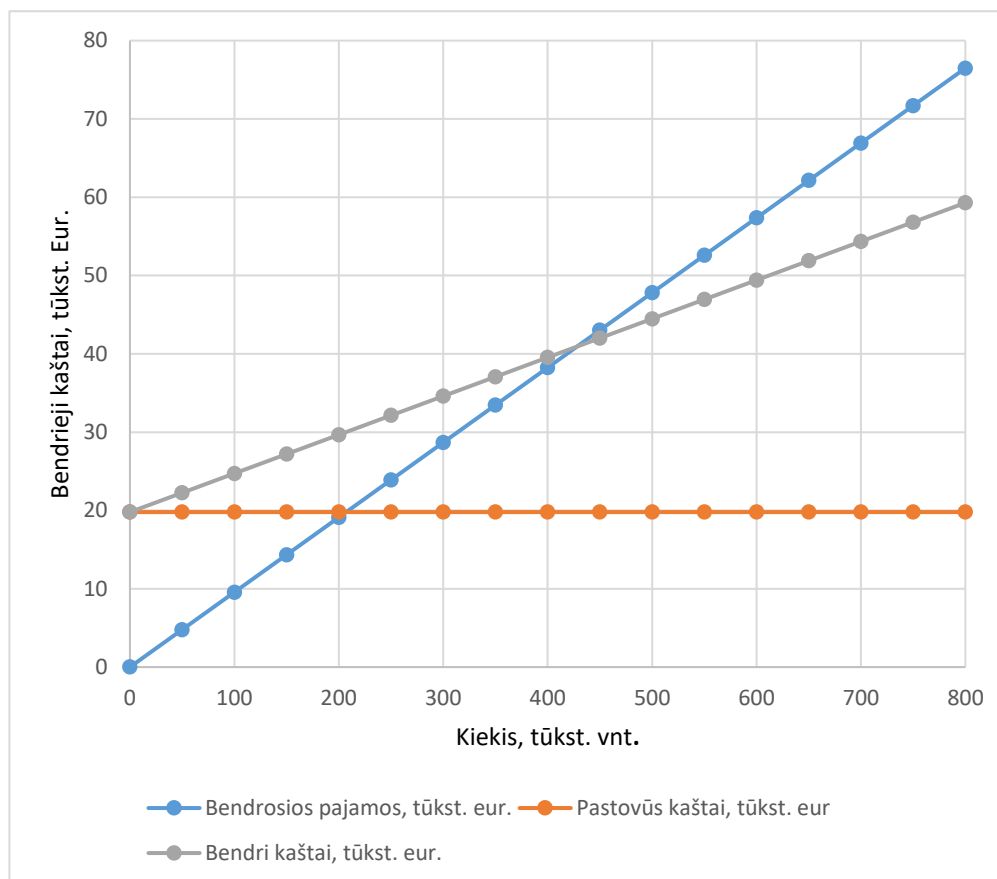
Metai	Projekto GPS		Diskontuoti	
	Metiniai GPS	Bendri GPS	Metiniai GPS	Bendri GPS
0	-185203,18	-185203,18	-185203,18	-185203,18
1	100843,68	-84359,49	97301,90	-87901,28
2	98651,06	14291,57	91843,19	3941,91
3	98646,29	112937,86	88613,23	92555,13
4	99253,78	212191,64	86027,53	178582,66
5	355828,29	568019,93	297579,80	476162,46



4.1 pav. Diskontuoti pinigų srautai

Nustatyta, jog projekto atsipirkimo laikas yra 1,96 metų. Kiti rodikliai – IRR (vidinė pelno norma) 56 %, PI (pelningumo indeksas) 3,57, GEV (grynoji esamoji vertė) 476162,46.

Dar vienas svarbus rodiklis įmonės organizavime yra lūžio taško nustatymas (35 lentelė). Lūžio taškas parodo, kokį kiekį gaminių reikia pagaminti, kad būtų padengtos gamybos išlaidos. Šis lūžis įvyksta kai iš turėto minusinio pelno gaunamas nulinis. Po lūžio taško įmonė tampa pelninga (4.1 pav.).



4.2 pav. Lūžio taško grafikas

35 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	G5
Pastoviųjų kaštų suma, €	19789,44
Gaminių kaina, €	0,0956
Gaminio kintamieji kaštai, €	0,0494
Lūžio taškas, vnt.	428109
Pardavimų planas, vnt.	246000

Nustatyta, kad reikia parduoti 428109 vnt. grietinės indelių su atlikta spauda, kad įmonė galėtų padengti išlaidas.

Išvados

1. Tiriamojo projekto metu apžvelgti šiuo metu rinkoje esantys plastikiniai indeliai. Nustatyta, kad didžiausias plastikinių indelių, pagamintų iš polistireno, asortimentas Lietuvoje yra pagamintas „Lisiplast“ įmonėje. Pagal atliktą analizę nustatyta, kad indeliai gali būti daugiasluoksniai bei padengti specialiomis dangomis, pavyzdžiui vašku.
2. Atlikus gamybos technologijos analizę nustatyta, kad indeliai gaminami terminio formavimo metodu, tačiau išskirtiniais atvejais pasitelkiamas injekcinis formavimas.
3. Išnagrinėtas dar vienas svarbus aspektas – ekologiškumas. Nustatyta, kad pakuotės pagamintos iš vienos medžiagos yra ekologiškesnės, o daugiasluoksnės pakuotės yra sunkiai perdirbamos. Išsiaiškinta, kad norint sunaudoti mažiau plastiko, produktus reikia pirkti didesnės talpos pakuotėse. Taip pat išsiaiškinta, kad plastikinės pakuotės būvio cikle didžiausią neigiamą poveikį aplinkai kelia medžiagos gamyba. Aptarta galimybė naudoti PLA plastiką, tačiau ji atmesta dėl didelės žaliavos kainos.
4. Atliktas indelių gniuždymo bandymas *Tinius Olsen H10KT* bandymo mašina, tada analogiškas bandymas atkurtas SolidWorks programoje, atlikti skaičiavimai bei rezultatų palyginimas. Nustatyta, kad tyrimų metu gauti grafikai išlaiko panašią tendenciją, tačiau skiriasi bandymui reikalinga gniuždymo jėga. Jėga klupimo metu tarp realaus ir modeliavimo bandymo mažiems indeliams skyrėsi 3,9 %, o dideliems indeliams – 3,95 %.
5. Atliktas SolidWorks Sustainability tyrimas, kurio metu pastebėta, kad didžiausias poveikis aplinkai pasireiškia indelių spaudos metu, spauda naudojant skiediklio pagrindo dažus taršą padidina iki 68 %.
6. Suprojektuotas sausojo ofseto spaudos technologinis procesas. Pagrindiniai gamybai reikalingi įrenginiai yra fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo mašina FIP A3 SSF ir sausojo ofseto spaudos mašina GC-6180.
7. Nustatyta, kad reikalinga įdiegti ISO 9001:2000 standartą bei vykdyti gaminių patikras, taip pat turi būti vykdomi efektyvūs darbų saugos procesai, kuriuos gali užtikrinti ir samdoma įmonė. Taip pat pateiktas siūlymas vietoje izopropilo alkoholio dažų valymui naudoti prietaisą „Wash-Up Evap A“, taip sumažinant lakiųjų organinių junginių patekimą į aplinką ir pagerinant ekologinę situaciją bei sumažinant riziką darbų saugos atžvilgiu.
8. Atlikti naujos įmonės ekonominiai skaičiavimai penkeriems gyvavimo metams. Nustatyta, kad projektas su numatytomis gamybos apimtimis turėtų atsipirkti per 1,96 metų, lūžio taškas numatomas ties 428109 vnt. parduotų gaminių.

Literatūros sąrašas

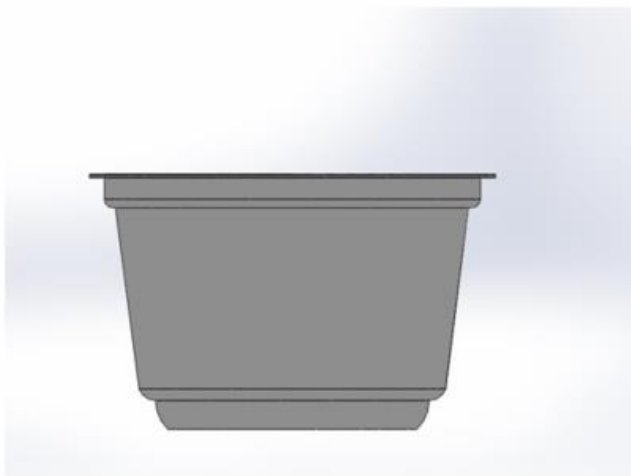
1. Biodegradation. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per: <https://en.wikipedia.org/wiki/Biodegradation>
2. „Lisiplast“ gaminiai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. kovo 27 d.]. Prieiga per: http://www.lisiplast.lt/lt/products/ps_indeliai_ir_dangteliai
3. Kata Galić. 2016. *Packaging materials and methods for dairy applications*. NewsFoodMagazine. [žiūrėta 2018 m. birželio 19 d.] Prieiga per internetą [interaktyvus]: <https://www.newfoodmagazine.com/article/27263/dairy-packaging-materials-and-methods/#comments>
4. EVOH multilayer plastic cup. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. kovo 27 d.]. Prieiga per: <https://www.made-in-china.com/showroom/irisye2015/product-detailkbtmajpYvNAu/China-High-Barrier-EVOH-7oz-Plastic-Cup.html>
5. S., Corr. 2017. *Insulation Properties of a Paper Cup*. Bizfluent. [žiūrėta 2018 m. kovo 27 d.] <https://bizfluent.com/list-7708145-insulation-properties-paper-cup.html>.
6. GREEN, John F. *Cup and package of cups*. U.S. Patent No 4,193,494, 1980.
7. Karnaubo vaškas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. kovo 27 d.]. Prieiga per: https://lt.wikipedia.org/wiki/Karnaubo_va%C5%A1kas
8. WANG, Peng; QIAN, Xueren; SHEN, Jing. Superhydrophobic Coatings with Edible Biowaxes for Reducing or Eliminating *Liquid Residues of Foods and Drinks in Containers*. *BioResources*, 2017, 13.1: 1-2.
9. Thermoforming Principle. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per: <http://www.euroextrusions.com/the-principle-of-thermoforming/>
10. Injection molding machine. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 08 d.]. Prieiga per: <https://www.protolabs.com/services/injection-molding/plastic-injection-molding/>
11. Plastic recycling. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. kovo 27 d.]. Prieiga per: <https://earth911.com/business-policy/how-many-times-recycled/>
12. TACKER, M.; HAMETNER, C.; WEPNER, B. *Determination of microbial contamination of plastic cups for dairy products and utilization of electron beam treatment for sterilization*. *Food Additives & Contaminants*, 2002, 19.S1: 178-184.
13. TAWFIK, M. S.; HUYGHEBAERT, André. Polystyrene cups and containers: styrene migration. *Food Additives & Contaminants*, 1998, 15.5: 592-599.
14. KEOLEIAN, Gregory A., et al. *Life cycle environmental performance and improvement of a yogurt product delivery system*. *Packaging Technology and Science*, 2004, 17.2: 85-103.
15. GANGWAR, Avdhesh K. *Benefits of Polycups Stock over Other Waste Paper Grades in Paper Recycling*. *BioResources*, 2016, 11.3: 5658-5659.
16. MILIŪNAS, Valdas. *Investigations of mechanical characteristics of plastic packages and their materials under static and dynamic loading*. Leidykla „Technologija“, 2013, 621.798.14:678.06.
17. PAUDEL, Ananda Mani; FRASER, Jane M. Teaching Sustainability in an Engineering Graphics Class with Solid Modeling Tool. *age*, 2013, 23: 1.
18. OTAKE, Yoshito, et al. *Biodegradation of low density polyethylene, polystyrene, polyvinyl chloride, and urea formaldehyde resin buried under soil for over 32 years*. *Journal of Applied Polymer Science*, 1995, 56.13: 1789-1796.

19. Biodegradable plastic. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 1 d.]. Prieiga per: <http://www.foresightusa.com/single-post/2014/11/04/Biodegradable-Plastics-Let%E2%80%99s-Clear-Up-The-Confusion>
20. Polyatic acid plastic (PLA). [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per: https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid
21. COLES, Richard; KIRWAN, Mark J. *Food and beverage packaging technology*. John Wiley & Sons, 2011.
22. PS vs PLA. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 08 d.]. Prieiga per: <https://www.makeitfrom.com/compare/Polylactic-Acid-PLA-Polylactide/Polystyrene-PS>
23. Polistireno granulių kilogramo kaina. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per: https://www.alibaba.com/product-detail/top-quality-Virgin-Recycled-PS-GPPS_60716031135.html?spm=a2700.7724838.2017115.476.25be5930t5yTH5
24. PLA granulių kilogramo kaina. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. gegužės 14 d.]. Prieiga per: https://www.alibaba.com/product-detail/high-quality-biodegradable-plastic-pla-resin_60607915125.html?spm=a2700.details.maylikehoz.3.266c49e6NVZaH2
25. BIEKŠA, Kęstutis. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development ISSN 1822-6760/eISSN 2345-0355. DOI: 10.15544/mts. 2016.16 2016. Vol. 38. No. 3: 207–218. THE EVALUATION OF CEREAL FARMS USING ECOLOGICAL FOOTPRINT METHOD. EVALUATION, 2016, 38.3: 207-218.
26. KUROWSKI, Paul. *Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2013*. SDC publications, 2013.
27. Information about storage and shelf life of various products. [interaktyvus]. [žiūrėta 2019 m. balandžio 08 d.]. Prieiga per: <https://www.doesitgobad.com/does-sour-cream-go-bad/>
28. Spaudos būdai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per: <http://www.studijos.lt/nepatvirtinti-rasto-darbai/referatas/9284/?page=2>
29. Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo FIP A3 SSF įrenginys. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: <http://www.fipflexo.com/dry-offset-photopolymer-plate-making.php>
30. Sauso ofseto spausdinimo GC-6180. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: <http://gcplasticmach.en.made-in-china.com/product/rNmEBnyjhuWH/China-Plastic-Cup-Dry-Offset-Printing-Machine.html>
31. BUTTLE, Francis. ISO 9000: marketing motivations and benefits. *International journal of quality & reliability management*, 1997, 14.9: 936-947.
32. ISO 9000. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: https://lt.wikipedia.org/wiki/ISO_9000
33. Profesinės rizikos veiksniai. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per: <https://www.versloaljansas.lt/lt/profesines-rizikos-centras/profesines-rizikos-veiksniai-tyrimas-vertinimas-68>
34. Ergonomika. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per: <https://lt.wikipedia.org/wiki/Ergonomika>
35. Darbo saugos centras [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per: <https://www.versloaljansas.lt/lt/darbo-saugos-centras>
36. ROTHENBERG, Sandra; TORIBIO, Rafael; BECKER, Monica. *Environmental management in lithographic printing*. 2002.

37. Kartoninės dėžės kaina. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: https://www.alibaba.com/product-detail/OEM-printed-brown-corrugated-cardboard-shipping_60708616140.html?spm=a2700.7724838.2017115.87.afac95dycwp5K&s=p
38. Grietinės indelių kaina. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: https://www.alibaba.com/product-detail/Disposable-PP-plastic-frozen-yogurt-cup_60705271588.html?spm=a2700.7724838.2017115.28.afac95dycwp5p
39. Ofsetinių dažų kaina. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 m. balandžio 09 d.]. Prieiga per: https://www.alibaba.com/product-detail/Offset-printing-ink-for-Epson-dye_60635012654.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.5d18ab1fn9InNS&s=p

Priedai

1 priedas. Mažo indelio tvarumo ataskaita



Model Name: Mažas indelis

Material: PS Medium/High Flow

Recycled content: 33 %

Weight: 7.97 g

Manufacturing process: Thermoforming

Surface Area: 38535.36 mm²

Built to last: 1 year

Duration of use: 14 days



Manufacturing Region

The choice of manufacturing region determines the energy sources and technologies used in the modeled material creation and manufacturing steps of the product's life cycle.

Use Region

The use region is used to determine the energy sources consumed during the product's use phase (if applicable) and the destination for the product at its end-of-life. Together with the manufacturing region, the use region is also used to estimate the environmental impacts associated with transporting the product from its manufacturing location to its use location.

Material PS Medium/High Flow 0.00 %

Material Unit Cost 2.70 USD/kg

Manufacturing

Region: Europe
 Process: Thermoforming
 Electricity consumption: 0.766 kWh/lbs
 Natural gas consumption: 410 BTU/lbs
 Scrap rate: 0.500 %
 Built to last: 1year
 Part is painted: Yes (Solvent-based Paint)

Use

Region: Europe
 Duration of use: 14 days

Transportation

Truck distance: 310 km
 Train distance: 0.00 km
 Ship distance: 0.00 km
 Airplane Distance: 0.00 km

End of Life

Recycled: 33 %
 Incinerated: 13 %
 Landfill: 54 %

Environmental Impact (calculated using TRACI impact assessment methodology)

Carbon Footprint



6.8E-3 kg CO₂e

Material:	1.5E-3 kg CO ₂ e (22.32 %)
Manufacturing:	4.9E-3 kg CO ₂ e (71.78 %)
Transportation:	1.0E-5 kg CO ₂ e (0.4 %)
End of Life:	3.9E-4 kg CO ₂ e (5.75 %)

Total Energy Consumed



0.184 MJ

Material:	0.051 MJ (27.97 %)
Manufacturing:	0.132 MJ (71.79 %)
Transportation:	1.5E-4 MJ (0.04 %)
End of Life:	2.9E-4 MJ (0.2 %)

Air Acidification



9.0E-4 mol H⁺ e

Material:	1.9E-4 mol H ⁺ e (20.80 %)
Manufacturing:	7.0E-4 mol H ⁺ e (77.32 %)
Transportation:	3.6E-6 mol H ⁺ e (0.4 %)
End of Life:	1.3E-5 mol H ⁺ e (1.48 %)

Water Eutrophication



1.2E-6 kg N e

Material:	1.9E-7 kg N e (15.93 %)
Manufacturing:	8.9E-7 kg N e (73.71 %)
Transportation:	0.00 kg N e (0.3 %)
End of Life:	1.2E-7 kg N e (10.06 %)

Glossary

Air Acidification - Sulfur dioxide, nitrous oxides other acidic emissions to air cause an increase in the acidity of rainwater, which in turn acidifies lakes and soil. These acids can make the land and water toxic for plants and aquatic life. Acid rain can also slowly dissolve manmade building materials such as concrete. This impact is typically measured in units of either kg **sulfur dioxide equivalent (SO₂)**, or **moles H⁺ equivalent**.

Carbon Footprint - Carbon-dioxide and other gasses which result from the burning of fossil fuels accumulate in the atmosphere which in turn increases the earth's average temperature. Carbon footprint acts as a proxy for the larger impact factor referred to as Global Warming Potential (GWP). Global warming is blamed for problems like loss of glaciers, extinction of species, and more extreme weather, among others.

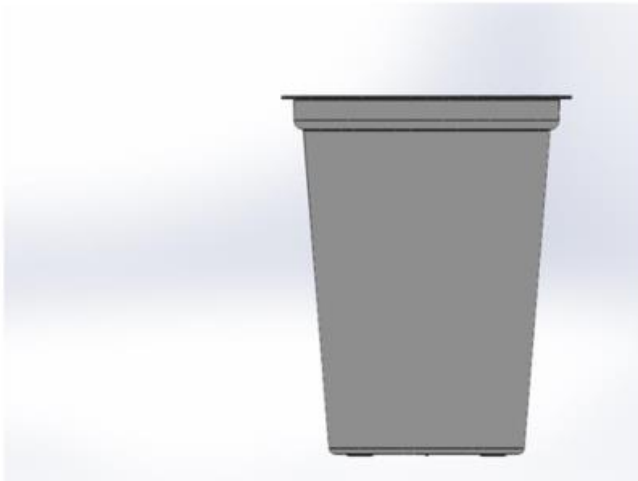
Total Energy Consumed - A measure of the non-renewable energy sources associated with the part's lifecycle in units of megajoules (MJ). This impact includes not only the electricity or fuels used during the product's lifecycle, but also the upstream energy required to obtain and process these fuels, and the embodied energy of materials which would be released if burned. Total Energy Consumed is expressed as the net calorific value of energy demand from non-renewable resources (e.g. petroleum, natural gas, etc.). Efficiencies in energy conversion (e.g. power, heat, steam, etc.) are taken into account.

Water Eutrophication - When an over abundance of nutrients are added to a water ecosystem, eutrophication occurs. Nitrogen and phosphorous from waste water and agricultural fertilizers causes an overabundance of algae to bloom, which then depletes the water of oxygen and results in the death of both plant and animal life. This impact is typically measured in either kg **phosphate equivalent (PO₄)** or **kg nitrogen (N) equivalent**.

Life Cycle Assessment (LCA) - This is a method to quantitatively assess the environmental impact of a product throughout its entire lifecycle, from the procurement of the raw materials, through the production, distribution, use, disposal and recycling of that product.

Material Financial Impact - This is the financial impact associated with the material only. The mass of the model is multiplied by the financial impact unit (units of currency/units of mass) to calculate the financial impact (in units of currency).

2 priedas. Didelio indelio tvarumo ataskaita



Model Name:	Didelis indelis
Material:	PS Medium/High Flow
Recycled content:	0.00 %
Weight:	11.50 g
Manufacturing process:	Thermoforming
Surface Area:	61861.49 mm ²
Built to last:	1 year
Duration of use:	14 days



Manufacturing Region
The choice of manufacturing region determines the energy sources and technologies used in the modeled material creation and manufacturing steps of the product's life cycle.

Use Region
The use region is used to determine the energy sources consumed during the product's use phase (if applicable) and the destination for the product at its end-of-life. Together with the manufacturing region, the use region is also used to estimate the environmental impacts associated with transporting the product from its manufacturing location to its use location.

Material PS Medium/High Flow 0.00 %

Material Unit Cost 2.70 USD/kg

Manufacturing

Region: Europe
 Process: Extrusion
 Electricity consumption: 0.766 kWh/lbs
 Natural gas consumption: 410 BTU/lbs
 Scrap rate: 0.500 %
 Built to last: 1 year
 Part is painted: Yes (Solvent-based Paint)

Use

Region: Europe
 Duration of use: 14 days

Transportation

Truck distance: 310 km
 Train distance: 0.00 km
 Ship distance: 0.00 km
 Airplane Distance: 0.00 km

End of Life

Recycled: 25 %
 Incinerated: 24 %
 Landfill: 51 %

Environmental Impact (calculated using TRACI impact assessment methodology)

Carbon Footprint



0.127 kg CO₂e

Material:	0.026 kg CO ₂ e (20.17 %)
Manufacturing:	0.093 kg CO ₂ e (73.33 %)
Transportation:	1.8E-4 kg CO ₂ e (0.14 %)
End of Life:	8.1E-3 kg CO ₂ e (6.36 %)

Total Energy Consumed



3.4 MJ

Material:	0.871 MJ (25.52 %)
Manufacturing:	2.5 MJ (74.23 %)
Transportation:	2.6E-3 MJ (0.05 %)
End of Life:	6.0E-3 MJ (0.20 %)

Air Acidification



0.017 mol H⁺ e

Material:	3.2E-3 mol H ⁺ e (18.93 %)
Manufacturing:	0.013 mol H ⁺ e (78.80 %)
Transportation:	6.1E-5 mol H ⁺ e (0.37 %)
End of Life:	3.2E-4 mol H ⁺ e (1.90 %)

Water Eutrophication



2.2E-5 kg N e

Material:	3.3E-6 kg N e (14.49 %)
Manufacturing:	1.7E-5 kg N e (76.10 %)
Transportation:	6.3E-8 kg N e (0.28 %)
End of Life:	2.1E-6 kg N e (9.13 %)

Glossary

Air Acidification - Sulfur dioxide, nitrous oxides other acidic emissions to air cause an increase in the acidity of rainwater, which in turn acidifies lakes and soil. These acids can make the land and water toxic for plants and aquatic life. Acid rain can also slowly dissolve manmade building materials such as concrete. This impact is typically measured in units of either kg **sulfur dioxide equivalent (SO₂)**, or **moles H⁺ equivalent**.

Carbon Footprint - Carbon-dioxide and other gasses which result from the burning of fossil fuels accumulate in the atmosphere which in turn increases the earth's average temperature. Carbon footprint acts as a proxy for the larger impact factor referred to as Global Warming Potential (GWP). Global warming is blamed for problems like loss of glaciers, extinction of species, and more extreme weather, among others.

Total Energy Consumed - A measure of the non-renewable energy sources associated with the part's lifecycle in units of megajoules (MJ). This impact includes not only the electricity or fuels used during the product's lifecycle, but also the upstream energy required to obtain and process these fuels, and the embodied energy of materials which would be released if burned. Total Energy Consumed is expressed as the net calorific value of energy demand from non-renewable resources (e.g. petroleum, natural gas, etc.). Efficiencies in energy conversion (e.g. power, heat, steam, etc.) are taken into account.


Water Eutrophication - When an over abundance of nutrients are added to a water ecosystem, eutrophication occurs. Nitrogen and phosphorous from waste water and agricultural fertilizers causes an overabundance of algae to bloom, which then depletes the water of oxygen and results in the death of both plant and animal life. This impact is typically measured in either kg **phosphate equivalent (PO₄)** or **kg nitrogen (N) equivalent**.

Life Cycle Assessment (LCA) - This is a method to quantitatively assess the environmental impact of a product throughout its entire lifecycle, from the procurement of the raw materials, through the production, distribution, use, disposal and recycling of that product.


Material Financial Impact - This is the financial impact associated with the material only. The mass of the model is multiplied by the financial impact unit (units of currency/units of mass) to calculate the financial impact (in units of currency).

3 priedas. Technologinių įrenginių charakteristikos

Fotoformos, polimero sukietinimo ir ištrynimo įrenginys FIP A3 SSF;

	Matmenys, cm	66 x 80 x 108
	Variklio galia, W	2,8
	Svoris, kg	220
	Pagaminta iš:	Nerūdijančio plieno

Sauso ofseto spausdinimo įrenginys GC-6180;

	Didžiausias spausdinimo dydis, mm	160
	Maksimalus puodelio korpuso nuolydis, laipsniai	12
	Maksimalus spausdinimo greitis, indeliai per minutę	200 – 300
	Spausdinimui tinkamas diametras, mm	50 – 180
	Indelio gylis, mm	30 – 180
	Pagrindinio variklio galia, kW	7,5
	Bendra galia, kW	19
	Svoris, T	6,5
	Matmenys, mm	6500 x 2600 x 2750