



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Daiva Jaščemskaitė

**CHEMIŠKAI MODIFIKUOTO SĖMENŲ ALIEJAUS
GAMYBOS CECHAS**

Baigiamasis magistro darbas

Vadovas

Prof. Dr. Gintaras Buika

Kaunas, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
POLIMERŲ CHEMIJOS IR TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Prof. Habil. Dr. J. V. Gražulevičius

CHEMIŠKAI MODIFIKUOTO SĖMENŲ ALIEJAUS
GAMYBOS CECHAS

Baigiamasis magistro darbas

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

Darbą atliko

Daiva Jaščemskaitė

Vadovas

Prof. Dr. Gintaras Buika

Recenzentas

Doc. Dr. Jolita Ostrauskaitė

Konsultantai

Lietuvių kalbos

Lekt. V. Stankevičienė

Ekonominių skaičiavimų

Doc. Dr. A. Taraškevičius

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Doc. Dr. D. Nizevičienė

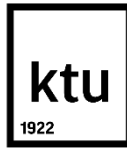
Aplinkosauginio vertinimo

Lekt. I. Stasiulaitienė

Statybinių sprendimų

Lekt. O. Viliūnienė

Kaunas, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Daiva Jaščemskaitė

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

Baigiamojo darbo „Chemiškai modifikuoto sėmenų aliejaus gamybos cechas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2015 m. ___ birželio _____ mėn. 4 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Daivos Jaščemskaitės** baigiamasis darbas tema „Chemiškai modifikuoto sėmenų aliejaus gamybos cechas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena darbo dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymu 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.

(studento vardas ir pavardė, įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
Prof. E.Valatka

Suderinta:
Polimerų chemijos ir technologijos katedros vedėjas
Prof. Habil. Dr. J. V. Gražulevičius

Dekano įsakymas Nr. ST17-F-02-3
2015 m. balandžio mėn. 16 d.

2015 m. balandžio mėn. 16 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Išduota studentui (-ei) **Daivai Jaščemskaitėi**

1. Darbo tema: Chemiškai modifikuoto sėmenų aliejaus gamybos cechas.
2. Darbo tikslas: remiantis eksperimentinių tyrimų rezultatais, suprojektuoti epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio gamybos cechą bei atlikti projekto techninę ir ekonominę analizę.

Darbo uždaviniai:

- Remiantis eksperimentiniais tyrimais, parinkti optimalią epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio sintezės metodiką;
- Suprojektuoti gamybos technologinę liniją ir, atlikus inžinerinius skaičiavimus, parinkti konkrečius įrenginius;
- Atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą;
- Įvertinti objekto ekonominį naudingumą ir praktinės realizacijos galimybes;
- Nubraižyti projektuojamo statinio ir statybos teritorijos brėžinius, aprašyti statybinius sprendimus.

3. Darbo sudėtinės dalys:

- 3.1. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai.
- 3.2. Literatūros apžvalga.
- 3.3. Mokslinė tiriamoji dalis.
- 3.4. Technologinė dalis.
- 3.5. Darbuotojų sauga ir sveikata.
- 3.6. Statybiniai sprendimai.
- 3.7. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai.
- 3.8. Aplinkosauginis vertinimas.
- 3.9. Išvados.
- 3.10. Bibliografinių nuorodų sąrašas.
- 3.11. Grafinė dalis:

1. statybos teritorijos planas;
2. gamybinių patalpų planas;
3. išilginis gamybinių patalpų pjūvis;
4. skersinis gamybinių patalpų pjūvis;
5. technologinė schema;
6. reaktoriaus detalūs brėžinys.

Užduoties išdavimo data 2015 m. vasario mėn. 2 d.

Užbaigto darbo pateikimo terminas 2015 m. birželio 1 d.

Vadovas: prof. dr. G. Buika
(vardas, pavardė)

2015-02-02 _____
(parašas, data)

Užduotį gavau: Daiva Jaščemskaitė
(studento vardas, pavardė)

2015-02-02 _____
(parašas, data)

Jaščemskaitė D. Chemiškai modifikuoto sėmenų aliejaus gamybos cechasis. Chemijos inžinerijos magistro baigiamasis darbas; vadovas: prof. G. Buika; Kauno technologijos universitetas; Cheminės technologijos fakultetas; Polimerų chemijos ir technologijos katedra. Darbe yra 43 lentelės ir 18 iliustracijų, taip pat 6 brėžiniai: statybos teritorijos planas, gamybinių patalpų planas, išilginis ir skersinis gamybinių patalpų pjūvis, technologinė schema, reaktoriaus detalūs brėžiniai.

Anotacija

Augalinis aliejus – perspektyvus atsinaujinantis šaltinis, kuris gali būti naudojamas chemijos pramonėje. Atlikus chemines modifikacijas, keičiamas aliejaus funkcionalumas, padidėja pritaikymo galimybės. Magistro baigiamajame darbe atlikti moksliniai tyrimai, nustatyti optimalūs metodai aliejaus epoksidinimui ir poliolio sintezei. Remiantis atliktais tyrimais, suprojektuota technologinė linija, kurios našumas 64176 kg/metus epoksidinto aliejaus ir 48132 kg/metus poliolio.

Suprojektuota nauja gamykla įsikūrusi Petrašiūnuose, Kaune, tikslus adresas – Ateities pl. 41. Pastato bendras plotas 942,49 m², pastato aukštis 9,84 m, sklypo plotas 0,3822 ha. Pastate įrengtos gamybinės patalpos, sandėlis, administracinės patalpos.

Taip pat atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė, išnagrinėjant profesinę riziką, darbo higieną, gamybos saugumą ir gaisrinę saugą. Įvertinus medžiagų gaisrinį pavojingumą, gamybinis pastatas priskirtas kategorijai pagal sprogo ir gaisro pavojų.

Atlikus projekto finansinį įvertinimą, nustatyta epoksidinto aliejaus ir poliolio kaina. Taip pat įvertintas investicijų efektyvumas, apskaičiuavus projekto grynąją esamąją vertę, vidinę pelno normą, vidutinius svertinius kaštus, pelningumo indeksą. Nustatyta, kad projekto atsipirkimo laikas 3 metai. Atlikus investicijų naudingumo analizę įvairiais metodais, rezultatai patvirtina, kad projektas yra efektyvus ir gali būti toliau vertinamas kitais aspektais.

Atlikus poveikio aplinkai vertinimą, nustatytas gamybos proceso poveikis aplinkai. Pagrindinis taršos šaltinis – atliekos, susidaranti gamybos metu, tačiau dalis jų regeneruojamos, o tos, kurių negalima pakartotinai panaudoti, utilizuojamos.

Jaščemskaitė D. Chemically modified linseed oil manufactory. Chemical engineering's Master's thesis; Scientific advisor: prof. G. Buika; Kaunas University of Technology; Faculty of Chemical Technology; Department of Polymer Chemistry and Technology. There are 43 tables and 18 illustrations, 6 appendixes: construction site plan, production facilities plan, longitudinal and transverse section of production building, technological scheme of production, detailed drawing of the reactor.

Annotation

Vegetable oil – perspective renewable resource that can be used in the chemistry industry. After performing chemical modifications, functionality of oil is changed and possibilities of application has increased. In master's thesis scientific research was performed in order to determine optimal methods for epoxidation of oil and synthesis of polyol. According to the studies, technological line with capacity of 64176 kg of epoxidised oil and 48132 kg of polyol was designed.

According to the project, new factory is situated in Kaunas, accurate address – Ateities pl. 41. The total building area, which includes production facilities, warehouse and office space, covers 942,49 m², the height of building is 9,84 m, the size of plot is 0,3822 ha.

Also occupational health and safety analysis was performed. Occupational risks, operational hygiene, manufacturing safety and fire safety were examined. After evaluation of materials fire hazard, factory building was assigned to category according to explosion and fire hazard.

After financial evaluation of the project, price of epoxidised linseed oil and polyol was determined. There was also estimated efficiency of investment by determining net present value, internal rate of return, profitability index. It was found that payback period of the project is 3 years. Following an analysis of the investment performance in a variety of techniques, the results confirm that the project is efficient and can be further evaluated in other aspects.

After the environmental assessment, manufacturing process effect on the environment was established. The main source of pollution - waste generated during the manufacturing process, but part of them are recovered, while those that can't be reused, are utilized.

Turinys

| | |
|---|----|
| Anotacija | 5 |
| Annotation | 6 |
| Paveikslų sąrašas | 9 |
| Lentelių sąrašas | 10 |
| Įvadas | 12 |
| 1. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai | 14 |
| 1.1. Statybos miesto charakteristika bei pagrindimas..... | 15 |
| 1.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas | 16 |
| 1.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas..... | 16 |
| 1.4. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas | 16 |
| 2. Literatūros apžvalga | 17 |
| 2.1. Auginiai aliejai. Sėmenų aliejus | 17 |
| 2.2. Epoksidinimas | 19 |
| 2.3. Poliolio sintezė | 22 |
| 2.4. Poliuretanai..... | 26 |
| 2.4.1. Izocianatai ir jų įtaka poliuretanams | 26 |
| 2.4.2. Poliolių įtaka poliuretanams | 26 |
| 3. Mokslinė tiriamoji dalis | 28 |
| 3.1. Sėmenų aliejaus epoksidinimas | 28 |
| 3.2. Poliolio sintezė | 31 |
| 3.3. Poliuretanų sintezė ir savybių tyrimas..... | 33 |
| 4. Technologinė dalis | 38 |
| 4.1. Produkto ir žaliavų skaičiavimai. Medžiagų balansas..... | 38 |
| 4.2. Technologinis aprašas..... | 39 |
| 4.3. Įrenginių skaičiavimai | 42 |
| 4.3.1. Reaktoriaus skaičiavimai | 42 |
| 4.3.2. Išcentrinio siurblio skaičiavimai | 47 |
| 4.3.3 Filtravimo proceso skaičiavimai | 50 |
| 5. Darbuotojų sauga ir sveikata | 53 |
| 5.1. Projektuojamo objekto charakteristika | 53 |
| 5.2. Profesinės rizikos vertinimas..... | 53 |
| 5.3. Saugi gamyba | 57 |
| 5.4. Darbo higiena | 59 |
| 5.5. Gaisrinė sauga..... | 62 |

| | |
|---|----|
| 6. Statybiniai sprendimai | 64 |
| 6.1. Bendrieji duomenys | 64 |
| 6.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara..... | 65 |
| 6.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai | 65 |
| 6.4. Orientacinės statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas..... | 66 |
| 7. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai | 67 |
| 7.1. Bendrieji duomenys | 67 |
| 7.2. Gamybos kaštai..... | 69 |
| 7.2.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas..... | 69 |
| 7.2.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas | 75 |
| 7.3. Finansinės ir investicinės sąnaudos | 78 |
| 7.4. Gaminių kainos skaičiavimas | 79 |
| 7.5. Projekto pelnas ir grynąjį pinigų srautai..... | 80 |
| 7.6. Investicijų efektyvumo įvertinimas | 82 |
| 7.6.1. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai | 83 |
| 7.6.2. Investicinio projekto atsipirkimo laiko skaičiavimas | 83 |
| 7.6.3. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas..... | 83 |
| 7.6.4. Vidinės pelno normos skaičiavimas..... | 84 |
| 7.6.5. Pelningumo indekso skaičiavimas | 84 |
| 7.6.6. Lūžio taško skaičiavimas | 85 |
| 8. Aplinkosauginis vertinimas..... | 86 |
| 8.1. Naudojamos žaliavos | 87 |
| 8.2. Objekto veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša | 88 |
| 8.3. Atliekų tvarkymo sprendimai | 89 |
| 8.4. Naudojamo vandens ir nuotekų teršalų balansas | 91 |
| Išvados..... | 92 |
| Bibliografinis aprašas..... | 93 |

Paveikslų sąrašas

| | |
|--|----|
| 2.1 pav. Augalinių aliejų kritiniai taškai ----- | 18 |
| 2.2 pav. Trigliceridų struktūros aktyvios vietos ----- | 19 |
| 2.3 pav. Polieterinio poliolio sintezės reakcija----- | 23 |
| 2.4 pav. Epoksidinto aliejaus hidroksilinimo reakcijos, kur $Y = -OC(O)R$ (A), $-X$ (B), $-OR$ (C), $-OH$ (D), $-H$ (E), $X = -Cl$ arba $-Br$ ----- | 24 |
| 2.5 pav. Hidroformilinimo reakcija ----- | 24 |
| 3.1 pav. Epoksidinimo reakcijos schema ----- | 30 |
| 3.2 pav. Sėmenų aliejaus IR spektras----- | 30 |
| 3.3 pav. Epoksidinto sėmenų aliejaus IR spektras----- | 31 |
| 3.4 pav. Poliolio sintezės schema ----- | 32 |
| 3.5 pav. Pirmuoju metodu susintetinto poliolio IR spektras ----- | 32 |
| 3.6 pav. Antruoju metodu susintetinto poliolio IR spektras----- | 33 |
| 3.7 pav. Poliuretano IR spektras ----- | 34 |
| 3.8 pav. Poliuretano sintezės schema ----- | 35 |
| 3.9 pav. Poliuretano kietėjimo trukmės priklausomybė nuo sluoksnio storio ----- | 37 |
| 4.1 pav. Technologinė schema ----- | 41 |
| 4.2 pav. Epoksidinimo reakcijos schema ----- | 46 |
| 5.1 pav. Dviejų žaibolaidžių apsaugos zonos matmenys ----- | 59 |
| 5.2 pav. Evakuacijos planas----- | 63 |

Lentelių sąrašas

| | |
|---|----|
| 1.1 lentelė. Pagrindiniai projekto rodikliai ----- | 14 |
| 2.1 lentelė. Augalinius aliejus sudarančių nesočiųjų riebalų rūgščių kiekis procentais ----- | 17 |
| 2.2 lentelė. Polieterinio poliolio iniciatoriai ----- | 22 |
| 2.3 lentelė. Poliesterinio ir polieterinio poliolio savybių palyginimas----- | 23 |
| 3.1 lentelė. Reagentų kiekiai epoksidinto aliejaus ir poliolio sintezei ----- | 30 |
| 3.2 lentelė. Reakcijos mišinių sudėtys ----- | 34 |
| 3.3 lentelė. Poliuretano spalvos rodikliai ----- | 35 |
| 3.4 lentelė. Poliuretano blizgesio skaitinės vertės ----- | 36 |
| 3.5 lentelė. Poliuretano kietėjimo trukmės nustatymo rezultatai ----- | 36 |
| 4.1 lentelė. Žaliavų sąnaudos vienai partijai ----- | 38 |
| 4.2 lentelė. RA-48 serijos reaktoriaus standartinė specifikacija ----- | 42 |
| 4.3 lentelė. Komponentų santykinės dalys mišinyje ----- | 44 |
| 4.4 lentelė. Gamybos proceso maišyklių pagrindiniai parametrai----- | 45 |
| 4.5 lentelė. Išcentrinų siurblių charakteristikos ----- | 50 |
| 5.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas ----- | 54 |
| 5.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai ----- | 55 |
| 5.3 lentelė. Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų----- | 56 |
| 5.4 lentelė. Projektuojamo pastato matmenys ----- | 58 |
| 5.5 lentelė. Projektuojamos apšvietos normos ----- | 60 |
| 5.6 lentelė. Patalpų norminė apšvieta ir projektuojamų lempų galingumas ----- | 60 |
| 5.7 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys----- | 61 |
| 6.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai ----- | 64 |
| 6.2 lentelė. Statybos kainos apskaičiavimo suvestinė----- | 66 |
| 7.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai----- | 67 |
| 7.2 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis epoksidinto aliejaus gamybai----- | 68 |
| 7.3 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis poliolio gamybai ----- | 68 |
| 7.4 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos ----- | 69 |
| 7.5 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms----- | 70 |

| | |
|--|----|
| 7.6 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui ----- | 72 |
| 7.7 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai ----- | 73 |
| 7.8 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui ----- | 75 |
| 7.9 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)----- | 76 |
| 7.10 lentelė. Gamybos kaštai ----- | 77 |
| 7.11 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas----- | 79 |
| 7.12 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas ----- | 80 |
| 7.13 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. € ----- | 81 |
| 7.14 lentelė. Finansinės būklės pakeitimų (pinigų srautų) ataskaita ----- | 82 |
| 7.15 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas ----- | 85 |
| 8.1 lentelė. Duomenys apie naudojamą žaliavą ----- | 87 |
| 8.2 lentelė. Energijos vartojimas ----- | 88 |
| 8.3 lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizikinė tarša----- | 89 |
| 8.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas----- | 90 |
| 8.5 lentelė. Naudojamo vandens balansas ----- | 91 |

Ivadas

Polimerai tapo nepakeičiami drabužių, transporto, statybos pramonėje bei buityje, o didėjančių jų poreikį lemia išskirtinės eksploatacinės savybės: universalumas ir gebėjimas prisitaikyti prie specifinių techninių reikalavimų, mažas tankis, puikios terminės ir elektroizoliacinės savybės. Tačiau polimerai aplinkosaugos požiūriu yra kenksmingi, kadangi gaminami iš naftos ar jos produktų, kurie yra neatsinaujinantys gamtos resursai, be to, gaminiai yra ilgaaamžiai ir ne visi gali būti perdirbami, todėl kaupiasi sąvartynuose užimdami daug vietos dėl savo tūrio ir taip teršdami aplinką.

Pastaraisiais dešimtmečiais pramonė ir mokslininkai vis didesnę dėmesį skiria atsinaujinantiems šaltiniams: celiuliozei, krakmolui, proteinams, natūraliems aliejams. Ekologiškų produktų naudojimas susijęs su griežta aplinkosaugos politika, padidėjusiu visuomenės susirūpinimu tarša. Chemijos pramonėje vienas potencialiausių monomerų – augalinis aliejus, kadangi yra nebrangus, atsinaujinantis, didelio grynumo ir gaunamas dideliais kiekiais. Augaliniai aliejai – trigliceridai, kurie nepasižymi dideliu cheminiu reaktyvumu, todėl atliekamos cheminės modifikacijos, kurių metu keičiamas aliejaus funkcionalumas. Vienas dažniausiai taikomų metodų – aliejaus epoksidinimas. Epoksidintas augalinis aliejus intensyviai tyrinėjamas ne tik dėl ekologiškumo, bet ir plataus pritaikymo funkcinėse medžiagose, degalų priedų, poliolio gamyboje, taip pat agrokultūros ir farmacijos pramonės molekulėse, paviršiaus aktyviųjų medžiagų, klijų, sandariklių ir dangų gamyboje.

Augaliniai aliejai – potenciali žaliava poliolių gamyboje. Dažniausiai vykdoma epoksidinto aliejaus oksirano žiedo atidarymo reakcija, kurios metu gaunamos hidroksigrupės. Polioliai – pagrindinė žaliava poliuretanų gamyboje. Poliuretanoi tapo vienu plačiausiai naudojamu polimeru dėl savo universalumo bei savybių, kurios leidžia pritaikyti įvairiose pramonės srityse. Iš augalinių aliejų gauti poliuretanoi gali būti naudojami lanksčių ir kietų dangų gamyboje, klijų, hermetikų, putplasčių, elastomerų pramonėje, taip pat didėjant susirūpinimui dėl lakiųjų organinių tirpiklių, didelio mokslininkų dėmesio susilaukia vandeninės poliuretaninės dispersijos, kurios gali būti naudojamas lako, dažų, dangų gamyboje.

Magistro baigiamajame darbe suprojektuota epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio gamybos linija, pateiktas inžinerinio projekto aplinkosauginis bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimas, taip pat nustatytas projekto ekonominis naudingumas, brėžiniuose pavaizduoti statybiniai sprendimai bei gamybos technologija.

Darbo tikslas – remiantis eksperimentinių tyrimų rezultatais, suprojektuoti epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio gamybos cechą bei atlikti projekto techninę ir ekonominę analizę.

Darbo uždaviniai:

- Remiantis eksperimentiniais tyrimais, parinkti optimalią epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio sintezės metodiką;
- Suprojektuoti gamybos technologinę liniją ir, atlikus inžinerinius skaičiavimus, parinkti konkrečius įrenginius;
- Atlikti projekto aplinkosauginį bei darbuotojų saugos ir sveikatos vertinimą;
- Įvertinti objekto ekonominį naudingumą ir praktinės realizacijos galimybes;
- Nubraižyti projektuojamo statinio ir sklypo brėžinius, aprašyti statybinius sprendimus.

1. Bendras darbo apibūdinimas ir pagrindiniai rodikliai

Projektuojamo objekto statyba numatyta Kauno mieste, Petrašiūnų mikrorajone, kadangi geografinė vieta palanki produkcijos paskirstymui ir žaliavų priėmimui dėl patogaus susisiekimo su nacionalinės ir europinės reikšmės keliais.

Produkcijos asortimentą sudaro epoksidintas sėmenų aliejus ir poliolis. Produkcija pasižymi įvairiapusišku pritaikymu: epoksidintas sėmenų aliejus gali būti naudojamas kaip kuro priedas, paviršiaus aktyviųjų medžiagų, klijų, hermetikų, dangų, specialiųjų rašalų gamyboje. Poliolis – pagrindinė žaliava poliuretanų, kurie pasižymi plačiu pritaikymu, gamyboje: dažniausiai naudojamas klijų, dangų, lakų ir dažų gamyboje. Gamybos technologija suprojektuota remiantis eksperimentiniais tyrimais ir literatūros šaltiniuose pateikta metodika, taip pat įvertintas aplinkosauginis aspektas, siekiant minimalizuoti žaliavų sąnaudas ir atliekų kiekį bei atliktas finansinis-ekonominis vertinimas, siekiant pagrįsti projekto tikslingumą ir efektyvumą. Nustatyta gaminio kaina: epoksidinto sėmenų aliejaus 6,25 €/kg, poliolio 9,6 €/kg pirmaisiais metais. Įvertinta, kad projektas atsiperka trečiaisiais metais. Projekto pagrindiniai rodikliai pateikiami 1.1 lentelėje, skaičiavimai atliekami 7 skyriuje.

1.1 lentelė. Pagrindiniai projekto rodikliai

| Rodikliai | Baziniais metais | Projekte (brandos stadija) | Pokytis |
|--|------------------|----------------------------|-----------|
| 1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais: | | | |
| gaminio 1 | 64176 | 100275 | 36099 |
| gaminio 2 | 48132 | 75210 | 27078 |
| 2. Realizacinės pajamos, tūkst. € | 490785,96 | 718420,24 | 227634,28 |
| 3. Įmonės personalas, žmonėmis: | 6 | 6 | 0 |
| 4. Darbo našumas, tūkst. €: | 55,71 | 87,04 | 31,33 |
| 5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, €: | | | |
| Dirbančiojo | 3669,12 | 4193,28 | 0 |
| Darbininko | 3669,12 | 4193,28 | 0 |
| 6. Gamybos kaštai, tūkst. € | 702,89 | 1023,71 | 320,82 |
| 7. Gaminio pilnoji savikaina, €: | | | |
| Gaminio 1 | 6,25 | 5,74 | 0,51 |
| Gaminio 2 | 10,71 | 9,6 | 1,11 |

1.1 lentelės tęsinys kitame puslapyje

1.1 lentelės tęsinys.

| | | | |
|---|-----------|-----------|----------|
| 8. Grynasis pelnas, tūkst. € | 103373,06 | 143541,24 | 40168,18 |
| 9. Investicijų apimtis, tūkst. € | 1210000 | 0 | 1210000 |
| 10. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, % | 28,79 | 29,35 | 0,56 |
| 11. Apyvartos rentabilumas, % | 41,96 | 42,97 | 1,01 |
| 12. Kapitalo rentabilumas, % | 29,3 | 30,16 | 0,86 |
| 13. Jų apyvartų skaičius | 69,82 | 70,18 | 0,36 |
| 14. Apyvartos trukmė, dienos | 252 | 252 | 0 |
| 15. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, € | 1,42 | 1,43 | 0,01 |
| 16. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais | 3 metai | | |
| 17. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. € | 141256,73 | | |
| 18. Kapitalo kaštai, % | 5,1 | | |
| 19. Vidinė pelno norma, % | 9 | | |

1.1. Statybos miesto charakteristika bei pagrindimas

Gamybos sritis perspektyvi ne tik dėl produkcijos pritaikymo galimybių, bet ir dėl to, kad maža panašių produktų pasiūla ypač Europoje, kadangi panašia veikla užsiimančios įmonės įsikūrusios Kinijoje, JAV, Kanadoje.

Statistikos departamento duomenimis [1] 2014 m. liepos 1 d. Kauno mieste gyveno 304,1 tūkst. gyventojų. 2014 metų gruodžio mėnesį registruoto nedarbo rodiklis Kauno teritorinės darbo biržos aptarnaujamoje teritorijoje siekė 8,2 proc. visų darbingo amžiaus gyventojų. Kauno mieste vyraujančios pramonės sritys: maisto produktų bei gėrimų gamyba ir tekstilės bei lengvosios pramonės gaminių gamyba. Chemijos produktų gamyba sudaro 1,7 %, o Lietuvoje ši sritis sudaro 6,6 %. Apie pusę savo produkcijos pramonės įmonės realizuoja vidaus rinkoje, o kitą dalį eksportuoja. Daugiausia eksportuojami tekstilės gaminiai, siūti drabužiai, metalas, mašinos ir įranga, baldai, chemijos produktai, kompiuteriniai, elektroniniai ir optiniai gaminiai, transporto priemonės bei įranga. Pagrindinės eksporto rinkos – Europos Sąjungos, Skandinavijos šalys ir Rusija.

Remiantis statistiniais duomenimis, Kauno mieste pramonė išsivysčiusi ir palanki chemijos pramonės šakai. Vieta taip pat perspektyvi, nes išvystytas susisiekimo tinklas, geros sąlygos verslo kūrimui ir vystymui, patogi infrastruktūra bendradarbiavimui su kitomis įmonėmis.

1.2. Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas

Epoksidinto aliejaus gamyboje naudojamos žaliavos: sėmenų aliejus, metano rūgštis, vandenilio peroksidas, natrio karbonatas, natrio sulfatas, poliolio gamyboje naudojamos žaliavos: epoksidintas aliejus, 2-propanolis, metanolis, sieros rūgštis, taip pat natrio karbonatas bei natrio sulfatas. Pasirinkti vietiniai tiekėjai: sėmenų aliejus perkamas iš UAB „Aletovis“, o kitos žaliavos iš UAB „Margunas“. Žinoma, išlieka ir užsienio tiekėjų alternatyva.

1.3. Gamybinio pajėgumo ir gamybos programos pagrindimas

Atsižvelgiant į įrenginių našumą, įvertinant plėtros perspektyvas bei įsitvirtinimo rinkoje galimybes, epoksidinto aliejaus metinė gamybos norma 64176 kg, o poliolio 48132 kg. Toks našumas numatytas pirmaisiais metais, po to planuojamas kasmetis prieaugis. Planuojama dirbti 8 val. per dieną, 252 dienas per metus, esant poreikiui numatyta didinti darbuotojų skaičių arba sudaryti antrą pamainą.

1.4. Statybos aikštelės charakteristika bei pagrindimas

Veiklos infrastruktūriniai poreikiai nėra dideli: reikalingas kokybiškas vanduo, elektros energija, patogus susisiekimas. Veikla planuojama atokiau nuo gyvenamųjų namų, tačiau vis dar miesto ribose, taip užtikrinant prisijungimą prie miesto tinklų. Įmonė įsikūrusi 10 km atstumu nuo magistralinio kelio A1, kuris yra pagrindinis tarpmiestinis susisiekimo ir transportavimo būdas bei sutampa su tarptautiniu greitkeliu E85, taip pat svarbu kad artimiausia geležinkelio stotis nutolusi 4,4 km atstumu. Pasirinktas Kauno miestas, kadangi tik 60 km atstumu nutolęs nuo Lietuvos centro, o pagrindinis žaliavų tiekėjas (UAB „Margunas“) įsikūręs šiame mieste. Taip pat palanki vyraujančių vėjų kryptis, kuri yra priešinga gyvenvietės atžvilgiu.

2. Literatūros apžvalga

2.1. Augaliniai aliejai. Sėmenų aliejus

Augaliniai aliejai – dalis didelės cheminių junginių grupės, vadinamos lipidais, kurie gali būti naudojami kaip atsinaujinanti žaliava naujų monomerų ir polimerų gamyboje, nes pasižymi biologiniu skaidumu ir mažu toksiškumu. Augalinių ir gyvūninių riebalų pagrindinė sudedamoji dalis – trigliceridai, t. y. glicerolio ir riebalų rūgščių esteriai, o augaliniai aliejai skiriasi nuo gyvūninių riebalų, kadangi juose dominuoja mononesočiosios ir polinesočiosios riebalų rūgštys [2]. Straipsnyje taip pat išvardijami pramonėje išgaunamų aliejų sudėtyje esantys kiti komponentai: digliceridai, monogliceridai ir laisvųjų riebalų rūgštys skirtingais kiekiais. Be to, gali būti fosfolipidų, laisvųjų sterolių, sterolių esterių, tokoferolių ir tokotrienolių, triterpeno alkoholių, angliavandenilių ir riebaluose tirpių vitaminų. Tokia sudėtis būdinga nerafinuotiems, šalto spaudimo aliejams, kadangi rafinuojant kai kurie komponentai pašalinami dalinai arba visiškai.

Šaltinyje [3] minima, kad aliejų apibūdina komplektas fizikinių, cheminių ir morfologinių parametrų, pagal kuriuos jie gali būti atpažįstami. Tradicinės fizikinės savybės – tankis, lydymosi temperatūra, lūžio rodiklis, klampa. Prie cheminių savybių priskiriamas jodo skaičius, acetilinimo vertė, rūgštinis skaičius bei peroksidų kiekis, kuris apibūdina aliejaus oksidacinį stabilumą. Šios savybės priklauso nuo į aliejaus sudėtį įeinančių riebalų rūgščių.

Straipsnyje [4] minimas Litchfield'as, kuris teigė, kad daugumos augalų sėklų aliejuose gali būti 125-1000 skirtingų trigliceridų, augaliniuose riebaluose potencialiai gali būti 1000-64000 trigliceridų rūšių, o svieste yra 2863288 trigliceridų, sudarytų iš 142 skirtingų riebalų rūgščių. 2.1 lentelėje pateikti dažniausiai naudojami aliejai ir juos sudarančios riebalų rūgštys bei jų kiekis procentais.

2.1 lentelė. Augalinius aliejus sudarančių nesočiųjų riebalų rūgščių kiekis procentais

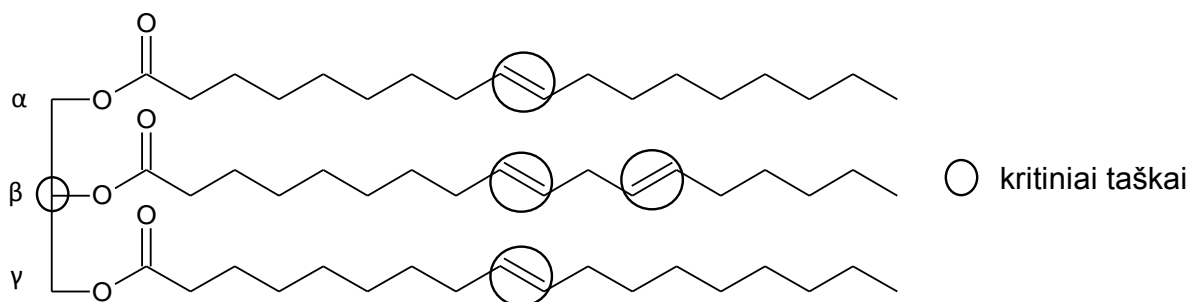
| Aliejaus pavadinimas | Oleino r. | Linolo r. | α-linoleno r. | Ricinolio r. | Eruko r. |
|-----------------------------|------------------|------------------|--|---------------------|-----------------|
| Saulėgražų | 14-39,4 | 48,3-74 | <0,3 | - | <0,3 |
| Rapsų | 51-70 | 15-30 | 5-14 | - | 0-2 |
| Sojų | 17-30 | 48-59 | 4,5-11 | - | <0,3 |
| Žemės riešutų | 36-69 | 12-43 | <0,3 | <0,3 | - |
| Sėmenų | 10-22 | 12-18 | 56-71 | - | - |
| Medvilnės sėklų | 14,7-21,7 | 46,7-58,2 | <0,4 | - | <0,3 |

Pramonėje aliejaus pasirinkimas priklauso nuo gaminamo produkto, jo pageidautinų savybių, žaliavos kainos bei gyvenamo regiono. JAV ir Pietų Amerikoje dažniausiai naudojamas ir pigiausias yra sojų aliejus, Europoje – rapsų aliejus, o Azijos šalyse – palmių aliejus.

Techniniu požiūriu augaliniams riebalams būdinga tai, kad oksiduodamiesi jie kietėja, t. y. užtepus jų ant kieto paviršiaus, susidaro plėvelė. Pagal šią savybę aliejai yra klasifikuojami į *džiūstančius*, *pusiau džiūstančius* ir *nedžiūstančius*. *Džiūstantieji* yra sėmenų ir kanapių aliejai, į kurių sudėtį įeina didelio nesotumo laipsnio linolo ir α -linoleno rūgščių trigliceridai. Šie aliejai dvigubųjų ryšių vietose lengvai prisijungia deguonį, dėl to sukietėja. Džiūstantieji aliejai naudojami pokosto, lakų, aliejinių dažų, linoleumo ir kt. produktų gamybai. *Pusiau džiūstantieji* yra saulėgrąžų, medvilnės, sojų, kukurūzų, graikinių ir kedro riešutų, taip pat rugių, kviečių ir kitų javų aliejai, į kurių sudėtį įeina mažesnio nesotumo laipsnio linolo ir oleino rūgščių trigliceridai. Šie aliejai naudojami maisto pramonėje (margarino, majonezo ir kitų produktų gamybai). *Nedžiūstantieji* yra arachiso, garstyčių, rapsų, ricinos aliejai, kuriuos daugiausia sudaro oleino, taip pat eruko rūgščių trigliceridai. Šie aliejai naudojami maistui bei medicinoje [5].

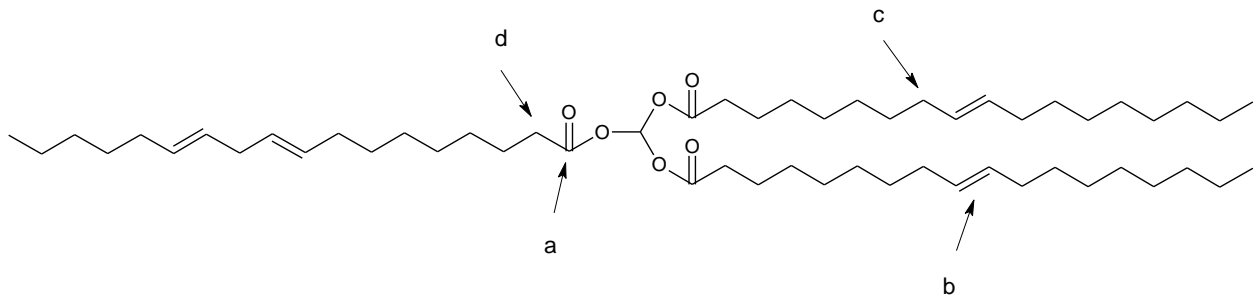
Tiriamajam darbui pasirinktas sėmenų aliejus dėl didelio nesotumo laipsnio, kurį lemia į sudėtį įeinančios mono- ir dinesočiosios riebalų rūgštys, taipogi aliejus priskiriamas prie džiūstančių dėl nesočiųjų ryšių. Dėl šių priežasčių sėmenų aliejus gali būti naudojamas dangų, plėvelių gamybai [6], dažų, lakų, linoleumų [7] produkcijos gaminimui.

Augalinių aliejų naudojimą riboja jų mažas terminis atsparus, taip pat menkas atsparumas aplinkos poveikiui, drėgmei. Šių trūkumų priežastis – trigliceridų struktūros elementai: dvigubieji ryšiai ir β -CH₂ ryšis alkoholio fragmente. Paveikslėlyje (2.1 pav.) pateiktos silpnosios triglicerido struktūros vietos. Dvigubieji ryšiai, esantys riebalų rūgščių liekanose, gali reaguoti su atmosferos deguonimi, oksidacija lemia molekulės suyrimą. Ši priežastis įrodo, kodėl svarbus aliejų kokybės rodiklis – senėjimo laikas. Padidinus temperatūrą, β -vandenilio atomas gali būti lengvai pašalinamas iš molekulės, o tai lemia esterio skilimą į rūgštį ir alkeną. Kitas esterių trūkumas yra jų polinkis hidrolizuotis dėl vandens poveikio. Šias neigiamas savybes galima pašalinti įvykdžius chemines modifikacijas, pvz. epoksidinimą, hidrinimą ir t.t. [2]



2.1 pav. Augalinių aliejų kritiniai taškai

Trigliceriduose yra kelios aktyvios vietos, kurios gali dalyvauti reakcijose: esterinė grupė (a, 2.2 pav.), dvigubasis ryšys (b), alilinė padėtis (c), α -padėtis esterinės grupės atžvilgiu (d). Šis aspektas yra svarbus, kadangi aliejus nepasižymi dideliu reaktyvumu, todėl prijungus naujas funkcines grupes, padidėja aliejaus panaudojimo galimybės. Aliejaus reaktyvumas priklauso nuo dvigubųjų ryšių kiekio ir riebalų rūgšties tipo. Jei aliejus turi didelį nesotumo laipsnį, bet dvigubieji ryšiai nepasižymi dideliu aktyvumu, jie paverčiami į reaktyvias funkcines grupes – epoksi-, hidroksi- ir t.t. [2]



2.2 pav. Trigliceridų struktūros aktyvios vietos

2.2. Epoksidinimas

Kaip minėta, aliejų cheminiam reaktyvumui padidinti prijungiamos funkcinės grupės aktyviose vietose: ties dvigubaisiais ryšiais, esteriniais ryšiais, aliline padėtimi šalia dvigubųjų ryšių. Įvairios cheminės reakcijos gali būti vykdomos dalyvaujant dvigubiesiems ryšiams, tačiau dažniausiai naudojama epoksidacija [4].

Epoksidinimas – reakcija, kuria suformuojamas oksirano žiedas, oksiduojant alkenus ir aromatinius dvigubuosius ryšius. Metodo pasirinkimas priklauso nuo žaliavų, oksidatoriaus, katalizatoriaus ir tirpiklio prigimties bei savybių. Dažniausiai naudojami epoksidinimo metodai [4]:

- epoksidinimas vykdamas *in-situ* reakciją;
- naudojant rūgštines jonų mainų dervas;
- naudojant enzimus;
- naudojant metalų katalizatorius;
- kiti metodai.

Alkenų reakcija su peroksidrūgštimis pirmą kartą atlikta rusų mokslininko Prileschajew. Epoksidų sintezė ir savybės vėliau buvo aprašytos Berthelot, Wurtz ir Reboul 1861 m. Pirmuoju metodu vykdamas epoksidinimą, naudojamos peroksidrūgštys ir reakcija atliekama *in-situ* reaguojant karboksirūgščiai su koncentruotu vandenilio peroksidu, o susidariusiu junginiu paveikiant

nesočiuosius ryšius. Straipsnyje [8] aptarti įvairių tyrimų rezultatai, iš kurių galima padaryti kelias svarbias išvadas:

- stebint medvilnės aliejaus epoksidinimo vandenilio peroksidu kinetiką, pastebėta, kad efektyvesnis deguonies pernešėjas yra acto nei skruzdžių rūgštis. Reakcijoje naudotos skystos neorganinės rūgštys kaip katalizatorius ir nustatyta, kad sieros rūgštis efektyvesnė. Taip pat patvirtinta, kad stiprios neorganinės rūgšties naudojimas katalizuoti reakciją gali paskatinti šalutinių reakcijų vyksmą, kadangi atsidaro oksirano žiedas ir vyksta diolių, hidroksilesterių ir kitų dimerų formavimasis.
- Siekiant optimizuoti reakcijos sąlygas, nustatytas įvairių faktorių poveikis: temperatūros, katalizatoriaus tipo, reaguojančių medžiagų molinio santykio, epoksidinimo reakcijos mišinio maišymo greičio.

Esminiai *in-situ* reakcijos trūkumai:

1. naudojant rūgštinį katalizatorių vyksta šalutinės reakcijos, kurių metu atsidaro oksirano žiedas;
2. sunku pašalinti rūgštinius šalutinius produktus;
3. vykdant neutralizaciją susidaro druskos, kurios taip pat turi būti atskirtos;
4. koncentruotų neorganinių rūgščių naudojimas skatina koroziją.

Reakcijos metodika išsamiai aprašyta straipsnyje [9]. Dėl šių priežasčių pramoninėje gamyboje produkto išeiga neviršija 80 %, be to, proceso metu susidaro daug atliekų, kurias reikia utilizuoti, todėl atliekama nemažai tyrimų vykdant epoksidinimą heterogeninėje sistemoje.

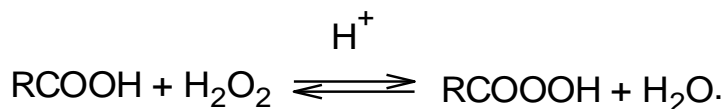
Antruoju metodu vykdant epoksidinimą, naudojamas netirpus gelio tipo katalizatorius, kuris yra mažų geltonų polimero rutuliukų pavidalo. Reakcijoje naudojama peroksirūgštis, kuri gaunama sąveikaujant vandenilio peroksidui su karboksirūgštimi. Peroksirūgštis reaguoja su katalizatoriumi difunduodama į jo poras. Tokia sistema lemia mažą oksirano žiedo degradaciją, kadangi trigliceridas negali patekti į poras. Šio metodo pranašumas, kad pasiekiamas didesnis reakcijos selektyvumas, be to, sumažėja šalutinių reakcijų tikimybė. Priklausomai nuo aliejaus rūšies, reakcijos kinetika skiriasi, todėl, siekiant atrasti proceso optimalias sąlygas, tyrinėjama, kokią įtaką daro įvairūs faktoriai: maišymo greitis, temperatūra, reaguojančių medžiagų molinis santykis bei katalizatoriaus įkrova, kad būtų pasiekta maksimali dvigubųjų ryšių konversija [10].

Enzimis katalizuojamos epoksidinimo reakcijos atliekamos, kai norima išvengti šalutinių reakcijų ir siekiant vykdyti ekologišką procesą. Šio metodo trūkumas – mažas katalizatoriaus stabilumas reakcijos sąlygomis. Dažnai kaip katalizatorius naudojama lipazė, todėl iširtas įvairių reakcijos veiksnių poveikis jos aktyvumui vykdant riebalų rūgščių fermentinį epoksidinimą. Atlikus tyrimą, padarytos išvados, kad didžiausią įtaką fermento aktyvumui turi per didelė vandenilio peroksido koncentracija ir temperatūra. Shangde [11] aprašė *sapindus mukorossi* sėklų

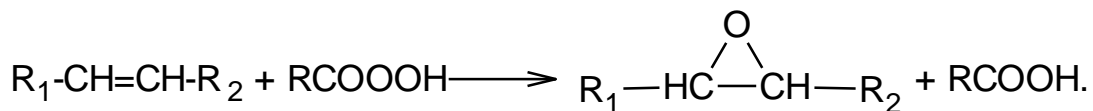
aliejaus epoksidinimą naudojant vandenilio peroksidą, stearino rūgštį ir įmobilizuotą *Candida antarctica* lipazę B. Keičiant stearino rūgšties kiekį, reakcijos temperatūrą ir katalizatoriaus įkrovą, nustatyta, kad temperatūra ir enzimo įkrova turi didžiausią įtaką epoksidinimo reakcijai, o temperatūra turi neigiamą poveikį enzimo aktyvumui aukštesnėje temperatūroje.

Epoksidinimo reakcijoje kaip katalizatoriai taipogi naudojami metalai. Šiuo metodu gaunamas didesnis epoksidintų produktų selektyvumas, kadangi nenaudojamas rūgštinis katalizatorius, kuris lemia oksirano žiedo atsidarymą, bei nesusidaro šalutiniai rūgštiniai produktai, kuriuos sunku atskirti. Campanella [12] tyrinėjo sojų aliejaus epoksidinimo reakciją naudojant praskiestą vandenilio peroksidą (6 %) bei amorfinį heterogeninį Ti/SiO₂ katalizatorių su tret-butyl alkoholiu, ir pastebėjo, kad nevyko oksirano žiedo yrimas ir kad titano dalelių įkomponavimas ant amorfinio silicio sudaro oksidaciją skatinantį katalizatorių, kuris pasižymi dideliu efektyvumu epoksidinimo reakcijose su vandenilio peroksidu.

Vykdamt augalinio aliejaus epoksidinimą *in-situ*, naudojama karboksirūgštis bei koncentruotas vandenilio peroksidas, susiformuoja peroksidirūgštis, reakcija katalizuojama neorganinės rūgšties [12]:



Epoksigrupės susidarymas yra nekatalizuojama ir pagrindinė reakcija:



In-situ epoksidinimo reakcija, naudojant vandenilio peroksidą kaip deguonies donorą ir acto arba skruzdžių rūgštį kaip peroksidgeuonies nešėją, yra populiarus ir plačiai pramonėje naudojamas metodas.

Epoksidinti aliejai yra netoksiški, nepasižymi korozinėmis savybėmis, bioskaidūs [10], todėl perspektyvūs, ypač atsižvelgiant į mažėjančius iškastinio kuro išteklius bei jų žalą aplinkai. Epoksidintas aliejus – žaliava poliolių, glikolių, alkenų, lubrikantų, plastizatorių ir stabilizatorių gamyboje. Nerimą keliantis aspektas yra aliejaus kaina, tačiau svarstoma apie maistui netinkamo aliejaus naudojimą arba jau panaudotų bei rūgščių aliejų pritaikymą [11].

Epoksidintas sėmenų aliejus plačiai naudojamas kaip epoksidiniai klijai ir plastifikatoriai, stabilizatoriai, taip pat dangų gamyboje. Didelį epoksidinimo laipsnį turintys produktai pasižymi geromis adhezinėmis savybėmis, atsparumu šviesai ir drėgmei, ilgaamžiškumu, suderinamumu, taip pat dėl ekologiškumo gali kontaktuoti su maistu ir būti naudojami pakavimo medžiagų gamyboje, taip pat pritaikomi medicininiams tikslams. Būtent tokios savybės pateikiamos epoksidinto sėmenų aliejaus HiBond 7012 specifikacijoje [13].

Kitame šaltinyje [14] nurodoma, kad epoksidintas sėmenų aliejus naudojamas kaip plastifikatorius ir stabilizatorius plastikų ir jų kopolimerų gamyboje, siekiant išlaikyti plastikų ir gumų lankstumą ir minkštumą. Epoksifunkcinės grupės lemia šiluminį ir šviesos stabilumą. Taip pat epoksidintas sėmenų aliejus naudojamas kaip pigmentų dispergavimo agentas, rūgšties ir merkaptano neutralizavimo/pašalinimo agentas ir epoksidinis reaktyvus skiediklis. Apskritai epoksidintos medžiagos pasižymi plačiu pritaikymu ir gali būti naudojamos kaip funkciniai skysčiai, kuro priedai, žemės ūkio ir farmacijos junginiai, reaktyvūs skiedikliai kationų ir UV spindulių vulkanizuojamų produktų gamyboje, paviršiaus aktyviosios medžiagos, klėjai, hermetikai, dangos, specialieji rašalai [14].

1.3. Poliolio sintezė

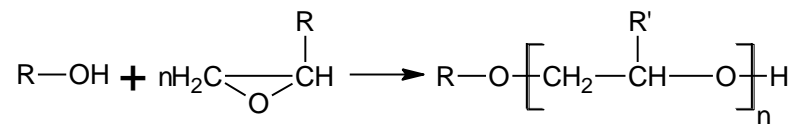
Viena pagrindinių žaliavų poliuretano gamyboje yra polioliai, kurie dažniausiai yra naftos perdirbimo produktai, tačiau didėjant ekologiškų žaliavų paklausai, polioliai vis dažniau gaunami iš tokių atsinaujinančių šaltinių kaip augaliniai aliejai. Dažniausiai vykdoma ricinos aliejaus reakcija su diizocionatais, kurios metu gaunami poliuretanai, kadangi šiame aliejuje yra hidroksigrupių, tačiau metodika tinkama ir kitiems aliejams. Polioliai dažniausiai skirstomi į dvi klases: polieteriniai ir poliesteriniai polioliai.

Polieteriniai polioliai yra dažniausiai naudojama žaliava poliuretanų gamyboje, kadangi jų struktūrą, grandinės ilgį bei funkcionalumą galima kontroliuoti pasirenkant pradinis junginius. Poliolio iniciatoriai su jiems būdingu funkcionalumu pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Polieterinio poliolio iniciatoriai

| Funkcionalumas 2 | Funkcionalumas 3 | Funkcionalumas 4 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| propilenglikolis | glicerolis | pentaeritritolis |
| etilenglikolis | trimetilolpropanas | metilo glikozidas |
| vanduo | 1,2,6-heksandiolis | etilendiaminas |
| metildietanolaminas | trietanolaminas | toluendiaminas |
| | fosforo rūgštis | |
| Funkcionalumas 5 | Funkcionalumas 6 | Funkcionalumas 8 |
| dietilentriaminas | sorbitolis | sacharozė |

Polieterinio poliolio sintezės reakcija pavaizduota paveikslėlyje (2.3 pav.). Sąveikaujantys reagentai – alkoholis ir epoksidintas junginys. Alkoholiai vadinami iniciatoriais, tačiau dalyvauja reakcijoje su epoksigrupe sudarydami eterinį ryšį [15].



2.3 pav. Polieterinio poliolio sintezės reakcija

Lankstūs polioliai sintetinami naudojant mažo funkcionalumo iniciatorius, tokius kaip dipropilenglikolį ar gliceriną, o kieti produktai gaunami naudojant sacharozę, sorbitolį, toluendiaminą.

Poliesteriniai polioliai gali būti alifatiniai arba aromatiniai. Pastarieji naudojami rečiau dėl didesnės klampos, palyginus su panašaus grandinės ilgio polieteriniu polioliu, bei dėl didesnės kainos. Taip pat svarbu, kad jie atsparesni fotooksidacijai, bet jautrūs hidrolizei.

Alifatiniai poliesteriai gaunami vykdant dvibazinių rūgščių polikondensacijos reakcijas, pvz., adipo rūgštis, ftalio ar sebacio rūgštis, su tokiais glikoliais kaip etileno glikolis, propilenglikolis, dietilenglikolis, 1,4-butandiolis ir 1,6-heksandiolis. Tokie poliesteriai pasižymi didele klampa, mažu funkcionalumu ir yra sudėtingi naudoti, bet pasižymi tokiais fizikinėmis savybėmis, kurios nepasiekiamos polieteriniais polioliais. Jie išsiskiria monomerų pasirinkimu, molekuline mase ir šakotumo laipsniu.

Aromatiniai poliesteriai gaunami vykdant trans-esterifikavimą, toks poliolis pasižymi mažu suderinamumu, jį rekomenduojama maišyti su alifatiniais poliesteriais poliuretaninių dangų gamyboje, kadangi poliuretani, gauti iš poliesterių, pasižymi geromis mechaninėmis savybėmis, tačiau pasižymi vidutiniu hidroliziniu stabilumu. Plačiau poliesterio ir polieterio savybės pateiktos 2.3 lentelėje [16].

2.3 lentelė. Poliesterinio ir polieterinio poliolio savybių palyginimas

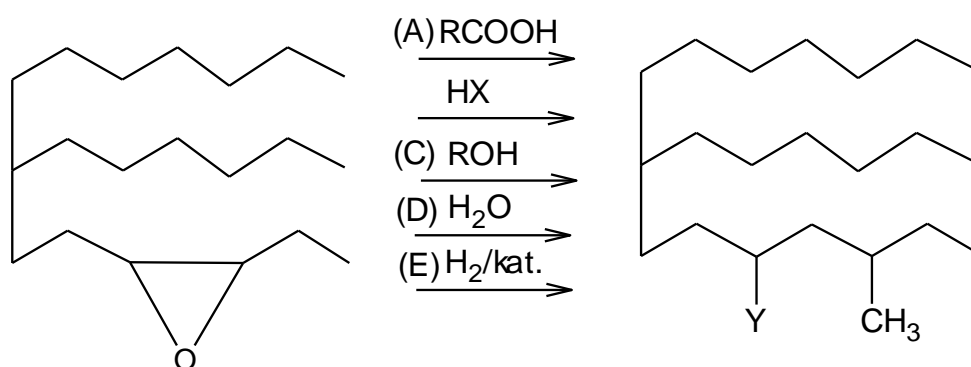
| Savybė | Poliesteris | Polieteris |
|---|-------------|------------|
| Atsparumas dilimui | + | - |
| Atsparumas apkrovai, suspaudimui | + | - |
| Mažas atsparumas temperatūrai | - | + |
| Hidrolizinis stabilumas | - | + |
| Temperatūrinis atsparumas | - | + |
| Brinkimas aliejuje, tepaluose, tirpikliuose | + | - |

2.3 lentelės tęsinys kitame puslapyje

2.3 lentelės tęsinys.

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Atsparumas spinduliuotės poveikiui | + | - |
| Atsparumas mikrobams ir grybams | - | + |
| Reaktyvumas | + | - |
| Maža klampa | - | + |
| Maža kaina | - | + |
| Atsparumas oksidacijai | + | - |

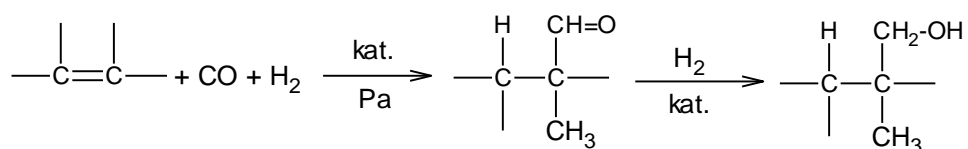
Tokie protonų donoriai kaip organinės ir neorganinės rūgštys, alkoholiai, vanduo ar vandenilis lemia epoksido žiedo atsidarymą. Reakcijos pateiktos paveikslėlyje (2.4 pav.).



2.4 pav. Epoksidinto aliejaus hidroksilinimo reakcijos, kur Y = -OC(O)R (A), -X (B), -OR (C), -OH (D), -H (E), X = -Cl arba -Br

Kai pakaitalas Y yra -OR, -OC(O)R ar -OH, polioliai yra skysčiai, o kietas produktas kambario temperatūroje gaunamas, kai Y yra -Cl, -Br ar -H. Kai poliuretanai gaunami tinklinės geometrinės formos, jis yra stikliškas ir stiklėjimo temperatūra priklauso nuo hidroksigrupių skaičiaus ir Y pakaito tipo.

Kitas efektyvus būdas susintetinti poliolių – hidroformilinimas, kurio principinė reakcijos schema pateikta paveikslėlyje (2.5 pav.). Šiuo metodu susintetinus poliolį, gaunamos pirminės hidroksigrupės [4].



2.5 pav. Hidroformilinimo reakcija

Polioliai skirstomi į dvi pagrindines grupes priklausomai nuo jų struktūros:

1. mažos molekulinės masės polioliai, kurie turi vienetinę ir konkrečią molekulinę masę, pvz. etilglikolis, propilglikolis.

2. mažos molekulinės masės polimerai (oligopolioliai), kurių molekulinė masė 300-10000 Da (daltonas) ir funkcionalumas – 2-8 hidroksigrupės molekulėje. Polieterpolioliai sudaro 80 % pasaulyje naudojamų oligopoliolių.

Naudojant mažo funkcionalumo (2-3 -OH grupės molekulei) ir kai molekulinė masė 2000-1000 Da gaunami mažai tinkliniai, lankstūs poliuretanoi, o naudojant polieterinius poliolius, kai molekulinė masė 300-1000 Da ir funkcionalumas (3-8 -OH grupės molekulei) gaunami kieti, tinklinės struktūros poliuretanoi.

Poliolis turi didelę įtaką poliuretano savybėms, todėl šaltinyje [17] ištirtos savybės poliuretanų, susintetintų iš skirtingais metodais gautų poliolių. Epoksigrupės konvertuotos į hidroksigrupes naudojant katalizinę hidrolizę, reakciją su druskos rūgštimi bei vandenilio bromidu. Reakcijos vykdytos 40-50 °C temperatūroje, o gauta išeiga 94-100 %. Taipogi nustatytas hidroksigrupių kiekis (170-200 mg KOH/g) bei funkcionalumas (3,5-4,1 hidroksigrupės molekulei).

Straipsnyje [17] aprašytoje poliuretanų sintezėje naudotas difenilmetano diizocianatas (MDI) ir skystas MDI prepolimeras, turintis karbamidinius ryšius. Poliuretanų, gautų vykdant brominimą ir chlorinimą, stiklėjimo temperatūros panašios, o stiprumo vertės didesnės nei poliuretano, gauto iš metoksigrupes turinčių poliolių. Įvykdžius hidrinimą, poliuretano stiklėjimo temperatūra gauta žemesnė ir mechaninės savybės prastesnės. Ištirtas ir terminis stabilumas, nustatyta, kad mažiausias būdingas poliuretanams, gautiems iš vandenilio chloridu ir bromidu paveikto poliolio, o didžiausias poliuretanams, gautiems iš hidrinto poliolio ir poliolio, turinčio metoksigrupes.

Straipsnyje [18] aprašytos kelių poliolių, pasižyminčių dideliu funkcionalumu ir maža klampa, gavimas iš 4 skirtingų epoksidintų augalinių aliejų: saulėgrąžų, rapsų, sėjamosios judros ir sėmenų aliejaus. Aliejai epoksidinti vykdant *in-situ* reakciją, o poliolis gautas naudojant 1,3-propandiolio mišinį su koncentruota sieros rūgštimi, kai komponentų molinis santykis 10:1, ir tai sudaro 15 % reakcijos mišinio, reakcija vykdyta 60 °C temperatūroje nuolat maišant 48 val. Didelis dėmesys skirtas šalutinei proceso reakcijai, kurios metu susidaro oligomerai ir lemia mažą poliolio funkcionalumą bei didelę klampą. Oligomerai lengviau susidaro, kai yra kelios epoksigrupės vienoje riebalų rūgšties liekanoje, todėl mažiausiai oligomerų pagal tyrimų rezultatus susidarė saulėgrąžų aliejaus poliolyje. Kitame šaltinyje [19] pabrėžiama, kad aglomeracijai didelę įtaką daro didelė katalizatoriaus ir maža alkoholio koncentracija.

2.4. Poliuretaniai

Poliuretanai – itin įvairiapusiškas polimeras, kuris pramonėje pritaikomas dangų, putų, izoliacinių medžiagų, pluoštų, termoplastinių elastomerų gamyboje [20]. Poliuretaniai užima 6 % pasaulinės plastikų produkcijos. Vienas jų privalumų, kad klampa ir tūkmės savybės nepriklauso nuo molekulinės masės, produktai pasižymi lankstumu, geromis savybėmis žemoje temperatūroje ir dideliu stipriu, nedegūs, geros adhesinės ir reologinės savybės, kurios suteikia galimybę pritaikyti įvairiose srityse. Neigiamos savybės: prastos paviršiaus savybės, mažas cheminis atsparumas, menkas drėgmės sugeriamumas, ribotas terminis, mechaninis ir elektrinis stabilumas [21]. Pagrindinės poliuretanų gamybos žaliavos – di- ar poliizocianatai ir diolis ar poliolis, kuriems sąveikaujant susidaro pasikartojančios uretaninės grupės, pagrindinėje grandinėje taip pat gali būti esterinių, eterinių grupių, aromatinių žiedų.

2.4.1. Izocianatai ir jų įtaka poliuretanams

Izocianatai yra viena iš pagrindinių žaliavų poliuretanų (PU) sintezėje. Dažniausiai naudojami di- arba poliizocianatai, turintys dvi arba daugiau izocianatinių –NCO grupių. Tai gali būti alifatiniai, cikloalifatiniai, policikliniai arba aromatiniai izocianatai, tokie kaip tolueno diizocianatas (TDI), difenilmetano diizocianatas (MDI), ksileno diizocianatas, naftaleno 1,5-diizocianatas, p-fenileno diizocianatas, 1,6-heksametilendiizocianatas, 2,2,4-trimetilheksametileno diizocianatas, 4,4'-dibenzildiizocianatas.

Izocianatai skirstomi į alifatinčius, cikloalifatinčius, policiklinčius ir aromatinčius. Jei radikalas yra aromatinis, tokie izocianatai yra reaktyvesni nei alifatiniai ar cikloalifatiniai. Pakaitai prie benzeno žiedo taip pat turi įtakos reaktyvumui: elektronus pritraukiantys pakaitai orto- ir para-padėtyse padidina reaktyvumą, o elektrono donoriai jį sumažina. Diizocianatuose antra funkcinė grupė padidina pirmosios reaktyvumą, para- pakeistieji aromatiniai diizocianatai reaktyvesni nei orto- padėtyje pakaitą turintys analogai. Izocianato pasirinkimą PU sintezei lemia produkto pritaikymo sritis: siekiant gauti kietą poliuretaną, naudojami aromatiniai izocianatai, tačiau tokie produktai pasižymi mažesniu oksidaciniu stabilumu bei atsparumu ultravioletiniams spinduliams [22].

2.4.2. Poliolių įtaka poliuretanams

Polioliai be hidroksigrupių taip pat turi esterines, eterines, amidines, akrilines. PU savybės priklauso nuo poliolio molekulinės masės ir tinklinės struktūros. Naudojant šakotus poliolius, gaunami kieti poliuretaniai, pasižymintys terminiu ir cheminiu atsparumu, mažiau šakoti polioliai lemia PU didesnę lankstumą (žemose temperatūrose) ir mažą cheminį atsparumą. Mažos

molekulinės masės žaliavos naudojamos kietų poliuretanų gamyboje, o didelės molekulinės masės polioliai su ilgomis grandinėmis lemia PU lankstumą. Tokie polioliai neatsparūs hidrolizei dėl esterinių grupių, dėl to suprastėja poliuretanų mechaninės savybės, tačiau šį trūkumą galima pašalinti pridėjus nedidelį kiekį karbodiimidų. Polieteriniai polioliai yra pigesni, o iš jų gauti PU pasižymi dideliu laidumu drėgmei, maža stiklėjimo temperatūra, kuri riboja jų panaudojimą dangų ir dažų gamyboje. Poliuretanų gamyboje be pagrindinių žaliavų taip pat naudojami priedai, kurie padeda kontroliuoti reakciją, pakeisti reakcijos sąlygas bei užbaigti ar pakeisti galutinį produktą. Tokie priedai yra katalizatoriai, grandinių prailgintojai, tinklinimo agentai, užpildai, drėgmės sugėrikliai, dažikliai ir kiti [22].

Poliuretaniniai produktai skirstomi į putplasčius, kurie gali būti lankstūs ir kieti, elastomerus, paviršiaus dangas ir klijus. Lankstūs putplasčiai nuo kietų skiriasi skersinių ryšių kiekiu, kuris didesnis gaunamas naudojant mažos molekulinės masės poliolius. Lankstūs putplasčiai dažniausiai naudojami baldų pramonėje, automobilių interjere, kaip kilimų apatinis sluoksnis bei pakavimui. Kietas poliuretaninis putplastis dažniausiai naudojamas kaip izoliacinė medžiaga stogo, sienų, durų, langų apšiltinimui. Kieti poliuretaniniai elastomerai skirstomi į tris grupes pagal formavimo technologiją: išlieti, valcuoti, termoplastiniai elastomerai. Jų pranašumas, kad gali būti suformuoti įvairaus pavidalo, yra lengvesni nei metalai, pasižymi trumpa relaksacijos trukme, atsparūs įvairiems aplinkos poveikiams. Reakcinio injekcinio liejimo produktai plačiai naudojami mašinų pramonėje, elektros ir telekomunikacijų įrenginiuose. Poliuretanoi naudojami kaip rišamoji medžiaga sujungti įvairias detales ir pluoštus, dažniausiai naudojama elastomerinių grindų paviršių, medinių palečių gamybos pramonėje. Vandeninės poliuretaninės dispersijos naudojamos kaip dangos ir klijai [23]. Lankstūs glaistai naudojami automobilių apdailai, kaip medienos užpildas baldų gamyboje siekiant gauti lygų paviršių. [24].

3. Mokslinė tiriamoji dalis

3.1. Sėmenų aliejaus epoksidinimas

Sėmenų aliejus pasižymi dideliu nesotumo laipsniu dėl į jo sudėtį įeinančių α -linoleno ir oleino nesočiųjų riebalų rūgščių, tačiau kad jį būtų galima panaudoti poliuretanų gamybai, įvedama reaktyvesnė epoksigrupė. Prieš vykdant epoksidinimo procesą, pirmiausia nustatytas sėmenų aliejaus nesotumo laipsnis naudojant vieną iš labiausiai praktikoje paplitusių metodų, t.y. Knopo būdą, kuris aprašytas literatūros šaltinyje [25]. Šiuo metodu nustatomas bromo skaičius – tai bromo kiekis (g), kurį prisijungia 100 g medžiagos. Nesotiesiems junginiams brominti naudojamas KBr ir KBrO_3 tirpalų mišinys, gaunamas tirpinant 5,568 g KBrO_3 ir 40 g KBr 1 l vandens. Dvejuose 250-300 ml talpos Erlenmejerio kolbutėse 10 ml anglies tetrachlorido ištirpinama 0,1-0,2 g tiriamosios medžiagos. Lygiagrečiai daromas kontrolinis bandinys. Ištirpus medžiagai į abi kolbutes pipete pripilama po 25 ml bromidinio bromatinio tirpalo ir 10 ml 10 % HCl tirpalo. Atsargiai suplakama ir paliekama 4 val. stovėti tamsoje. Tada įpilama 15 ml 10 % KI tirpalo, 150 ml vandens, išsiskyręs jodas titruojamas 0,05 M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tirpalu, kol pakinta spalva. Bromo skaičius N_1 apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_1 = \frac{(V_1 - V_2) \cdot c \cdot 2 \cdot 80}{1000 \cdot g} = \frac{(89,7 - 57,8) \cdot 0,05 \cdot 2 \cdot 80}{1000 \cdot 0,12} = 2,1267; \quad (3.1)$$

čia V_1 ir V_2 – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tirpalo, sunaudoto atitinkamai kontroliniam ir tiriamajam bandiniui titruoti, tūris, ml;

c – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ tirpalo koncentracija, mol/l;

80 – bromo santykinė molekulinė masė;

g – bandinio masė, g.

Sėmenų aliejaus epoksidinimo reakcijos buvo atliktos 3 skirtingais metodais po 2-4 kartus. Reakcijai pasirinktas pramonėje dažniausiai naudojamas metodas – alkenų reakcija su peroksirūgštimi, t. y. naudotas koncentruotas vandenilio peroksidas ir metano rūgštis. Vykdant sintezę šiuo metodu, naudota neorganinė rūgštis (konc. H_2SO_4) kaip katalizatorius.

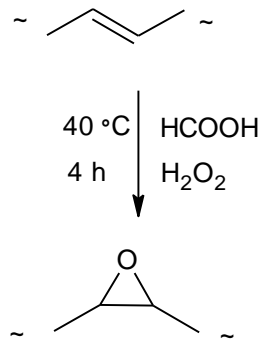
Kūginėje kolboje sumaišyta 100 g (0,113 mol) sėmenų aliejaus ir 13,97 g (0,3 mol) metano rūgštis. Mišinys palaikytas 45-55 °C temperatūros termostate 10 min, tada sulašinta 0,92 g (0,0094 mol) koncentruotos sieros rūgštis. Naudojant dalijamąjį piltuvą lėtai sulašinta 116,98 g (3,44 mol) 35 % vandenilio peroksido tirpalo. Kolba patalpinta į termostatą, reakcija vykdyta 55 °C temperatūroje 2-7 valandas nuolat maišant reakcijos mišinį. Padaryti keturi analogiški bandiniai, reakcija vykdyta 2, 3, 5 ir 7 valandas. Gautas produktas praplautas distiliuotu vandeniu naudojant dalijamąjį piltuvą, kol atskirto nuo aliejaus distiliuoto vandens pH = 7. Epoksidintas

aliejus išdžiovintas naudojant bevandenį natrio sulfatą, po to atskirtas nuo nuosėdų filtruojant. Epoksidinio aliejaus išeiga $\eta = 74-80\%$. Nustatyti bandinių epoksigrupių kiekiai remiantis metodu, aprašytu literatūros šaltinyje [25]: nustatinėjant kūginėje kolbutėje pasverta 0,2-0,3 g tiriamosios medžiagos ir pipete supilta 30 ml 0,2 M HCl tirpalo acetone (galima sumaišyti 1 ml koncentruotos HCl su 40 ml distiliuoto acetono). Kolba užkimšta kamščiu, palaikyta 1 h kambario temperatūroje ir įpilta 10 ml acetono. Kolboje esančios medžiagos suplaktos, įlašinti keli lašai fenolftaleino, ir rūgštis perteklius nutitruotas 0,1 M NaOH tirpalu, tačiau pasiekta nedidelė dvigubųjų ryšių konversija ($< 50\%$), todėl įvykdyta analogiška reakcija be katalizatoriaus (H_2SO_4) bei nustatytas nesotumo laipsnio pokytis po reakcijos.

Antruoju metodu epoksidinimo reakcija vykdyta sumaišius 100 g (0,113 mol) sėmenų aliejaus ir 9 g (0,28 mol) metano rūgšties apvaliadugnėje kolboje, kuri šildoma vandens vonioje siekiant pakelti mišinio temperatūrą iki $40\text{ }^\circ\text{C}$. Taip pat į reakcijos mišinį per 30 min sulašinta 37 g (1,09) 35 % vandenilio peroksido tirpalo stebint temperatūros svyravimus, kurie neturėtų viršyti $5\text{ }^\circ\text{C}$. Sulašinus peroksidą, temperatūra padidinta iki $60\text{ }^\circ\text{C}$ ir reakcija vykdyta 4 val. nuolat maišant. Epoksidinimas vykdytas $50-60\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje, kadangi tai yra optimali sąlyga, kad pakankamai greitai vyktų reakcija, bet nebūtų skatinamas oksirano žiedo atsidarymas. Po to reakcijos mišinys išpiltas ant ledo, kuriam ištirpus, mišinys neutralizuotas sočiuoju Na_2CO_3 tirpalu bei praplautas distiliuotu vandeniu, kol atskirto nuo aliejaus distiliuoto vandens $pH = 7$. Epoksidintas aliejus džiovintas bevandeniu natrio sulfatu, vėliau nufiltruotas. Epoksidinto aliejaus išeiga 75-83 %. Knopo metodu nustatytas nesotumo laipsnis, kuris sumažėjo iki 0,6, tačiau toks rezultatas dar nėra optimalus, todėl epoksidinta pakartotinai, analogiškai pirmajam kartui bei nustatytas nesotumo laipsnis, kurio vertė 0,12. Kadangi nesotumo laipsnio sumažėjimas rodo, kad susidaro epoksigrupės ir jų daugiau nei vykdant epoksidinimą pirmuoju metodu, nuspręsta nenaudoti neorganinės rūgšties, kuri taipogi skatina šalutinių reakcijų vyksmą bei paviršių koroziją.

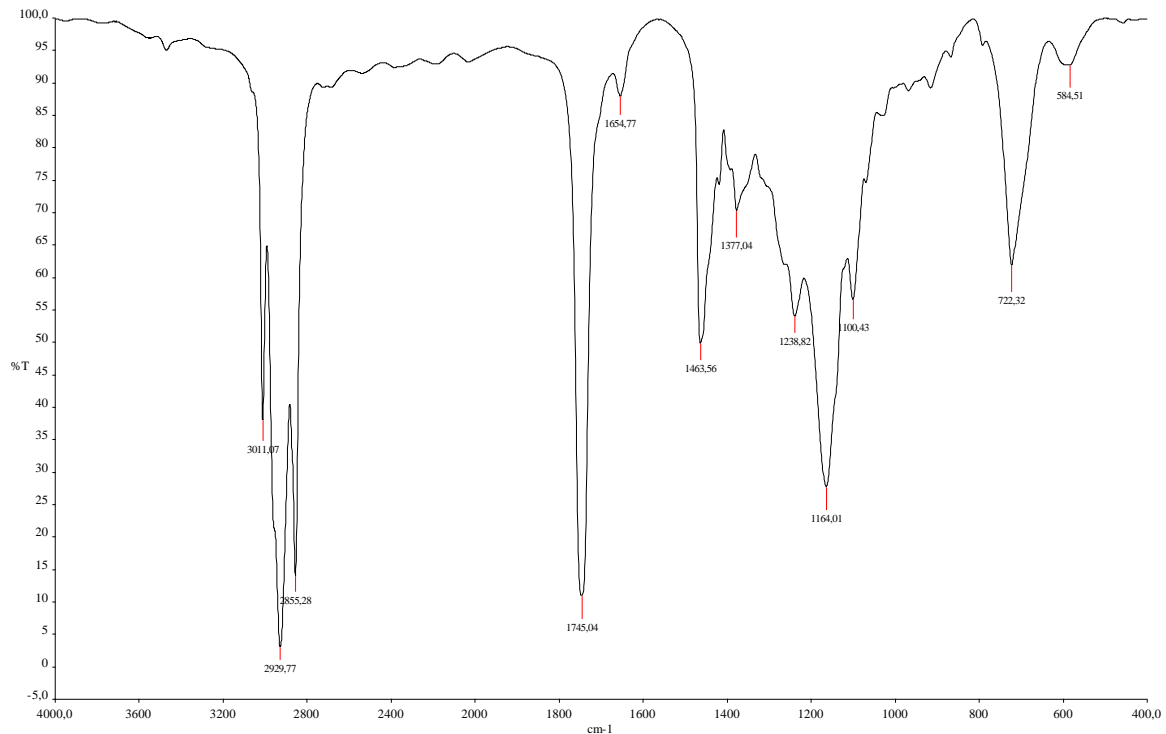
Taip pat atliktas aliejaus epoksidinimas naudojant katalizatorių metiltrioksorenį. Apvaliadugnėje kolboje sumaišyta 0,037 g (0,15 mmol) metiltrioksorenio (MTO) ir 10 g (30 mmol) sėmenų aliejaus, įpilta 10 ml dichlormetano ir 0,0278 ml (3,6 mmol) piridino. Kolba su reakcijos mišiniu patalpinta į vandens-ledo vonią. Į intensyviai maišomą reakcijos mišinį lėtai sulašinta 5,7 ml 30 % (45 mmol) vandenilio peroksido tirpalo. Sulašinus visą reikiamą tirpalo kiekį, reakcijos mišinys toliau intensyviai maišytas kambario temperatūroje 11 val. Tada reakcijos mišinys praskiestas 100 ml CH_2Cl_2 ir ekstrahuotas 100 ml sotaus NaCl tirpalu, po to 100 ml 10 % Na_2SO_3 tirpalu. Ekstraktas išdžiovintas bevandeniu Na_2SO_4 ir nufiltruotas. Filtratas nudistiliuotas sukamuoju garintuvu. Epoksidinto aliejaus išeiga 75-85 %. Taip pat nustatytas epoksigrupių kiekis pagal metodiką [25], tačiau vertė per maža tolesniam naudojimui poliolio gamybos procese.

Atlikus aliejaus epoksidinimą trimis metodais, atrinktas optimalus atsižvelgiant į proceso efektyvumą ir ekonomiškumą. Pirmuoju metodu nepasiekama pakankama dvigubųjų ryšių konversija, taipogi naudojamas katalizatorius, kuris pasižymiu koroziniu poveikiu. Trečiasis metodas nenaudingas ekonomiškai dėl didelės katalizatoriaus kainos ir sudėtingo produkto atskyrimo bei gryninimo. Palankiausias antrasis metodas, kadangi vyksta pakankama dvigubųjų ryšių konversija, techniniu požiūriu gamybos procesas nesudėtingas ir ekonomiškas. Schematinė epoksidinimo reakcija pateikta 3.1 paveikslėlyje.

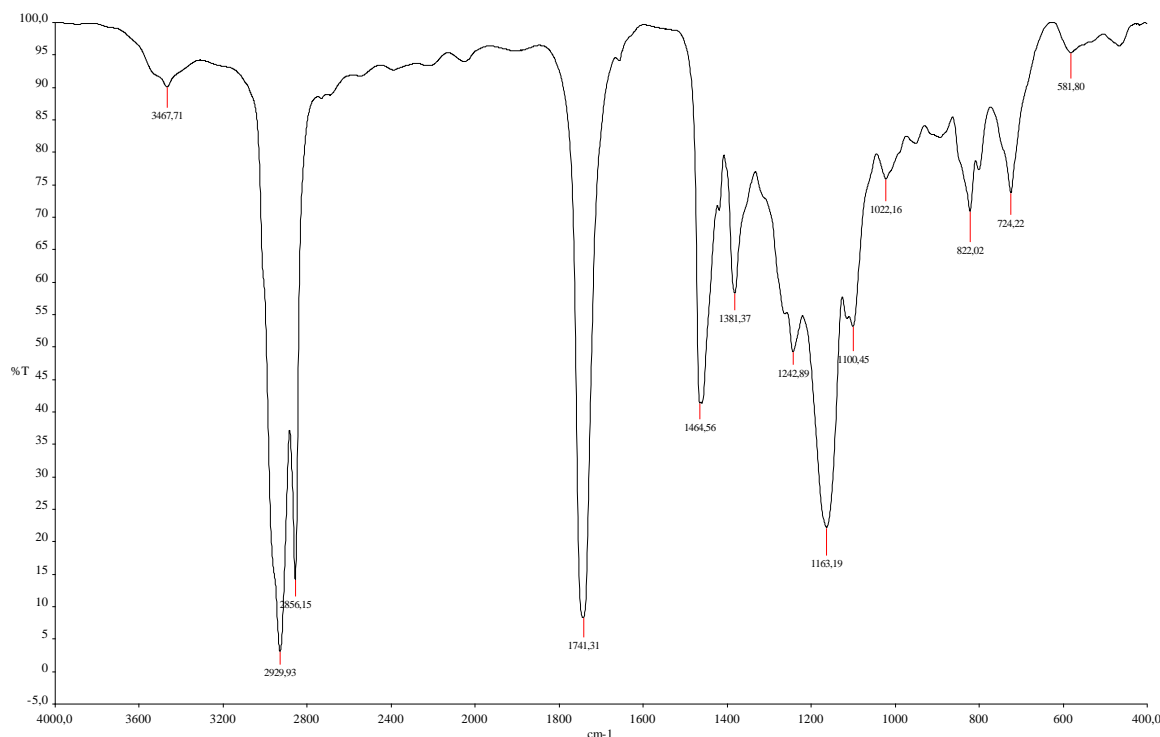


3.1 pav. Epoksidinimo reakcijos schema

Epoksidinto aliejaus struktūrą patvirtina IR spektras, kuriame pastebima epoksigrupės absorbcijos juosta ties $822,02 \text{ cm}^{-1}$. IR spektras pateiktas 3.3 paveikslėlyje, palyginimui taip pat pateiktas sėmenų aliejaus IR spektras 3.2 paveikslėlyje.



3.2 pav. Sėmenų aliejaus IR spektras



3.3 pav. Epoksidinto sėmenų aliejaus IR spektras

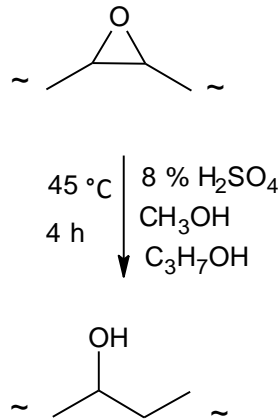
3.2. Poliolio sintezė

Poliolio sintezė vykdyta dviem metodais: pirmuoju būdu naudota praskiesta sieros rūgštis, o antruoju alkoholių ir praskiestos sieros rūgšties mišinys. Gautas produktas ištirtas ir nustatytas efektyvesnis metodas, kurį naudojant reakcija pakartota.

Pirmuoju metodu 8 g aliejaus sumaišyti su 8 g 8 % H_2SO_4 , mišinys kaitintas 40-50 °C temperatūroje vandens vonioje 4 val., reagentų masinis santykis 1:1. Iš reakcijos mišinio organinė fazė atskirta naudojant vandens ir eterio mišinį, kuriame reagentų tūrinis santykis 1:1 (po 25 ml). Poliolis neutralizuotas naudojant sotųjį Na_2CO_3 tirpalą ir distiliuotą vandenį, kuriuo praplovus produktą, matuotas vandens pH, kol gauta neutrali terpė. Poliolis džiovintas naudojant bevandenį natrio sulfatą Na_2SO_4 , po to suspensija nufiltruota, o eteris nudistiliuotas. Produkto išeiga 62,13 %.

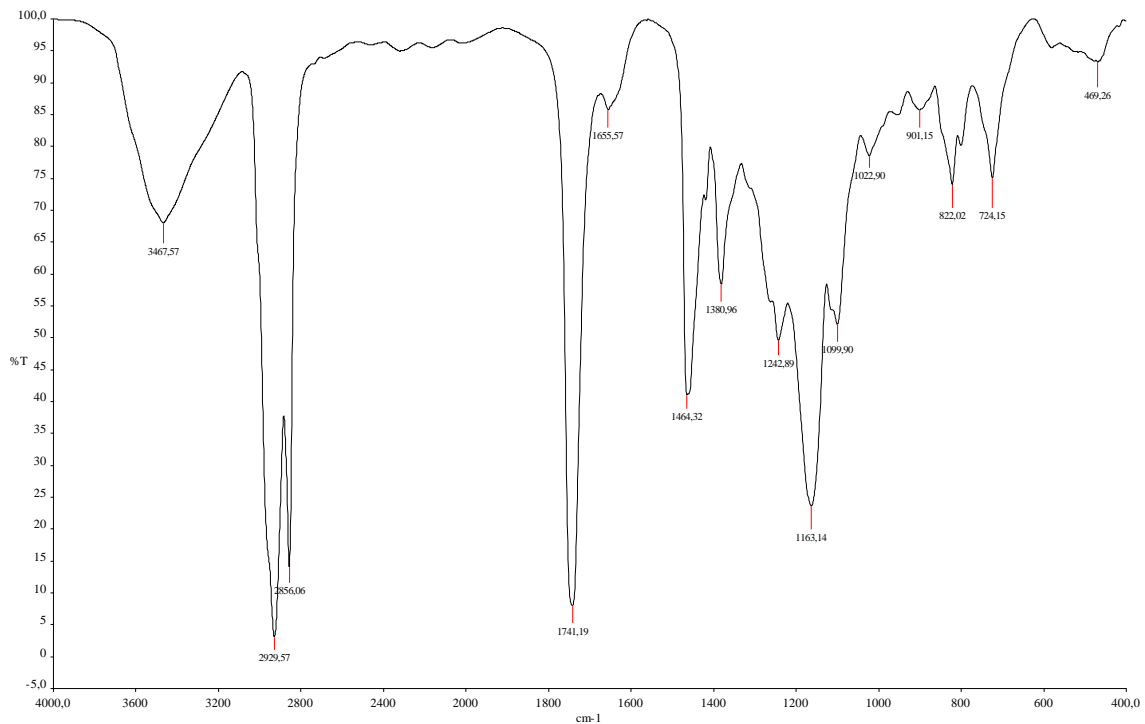
Antruoju metodu 8 g epoksidinto aliejaus paveikti metanolio, 2-propanolio ir 8 % sieros rūgšties mišiniu. Aliejaus ir mišinio masinis santykis 1:1, mišinyje rūgštis sudaro 10 %. Reakcija taip pat vykdyta 40-50 °C temperatūroje vandens vonioje 4 val. Tirpalas neutralizuotas naudojant natrio karbonato Na_2CO_3 miltelius, gauta suspensija nufiltruota ir poliolis išdžiovintas naudojant bevandenį natrio sulfatą Na_2SO_4 . Nufiltravus tirpalas nudistiliuotas. Išeiga 70-75 %.

Produktus išdžiovinus, užrašyti jų IR spektrai (3.5 ir 3.6 pav.), iš kurių matyti, kad antrasis metodas efektyvesnis, kadangi susidarė daugiau hidroksigrupių, o epoksigrupių žymiai sumažėjo. Supaprastinta sintezės schema pateikta 3.4 pav.

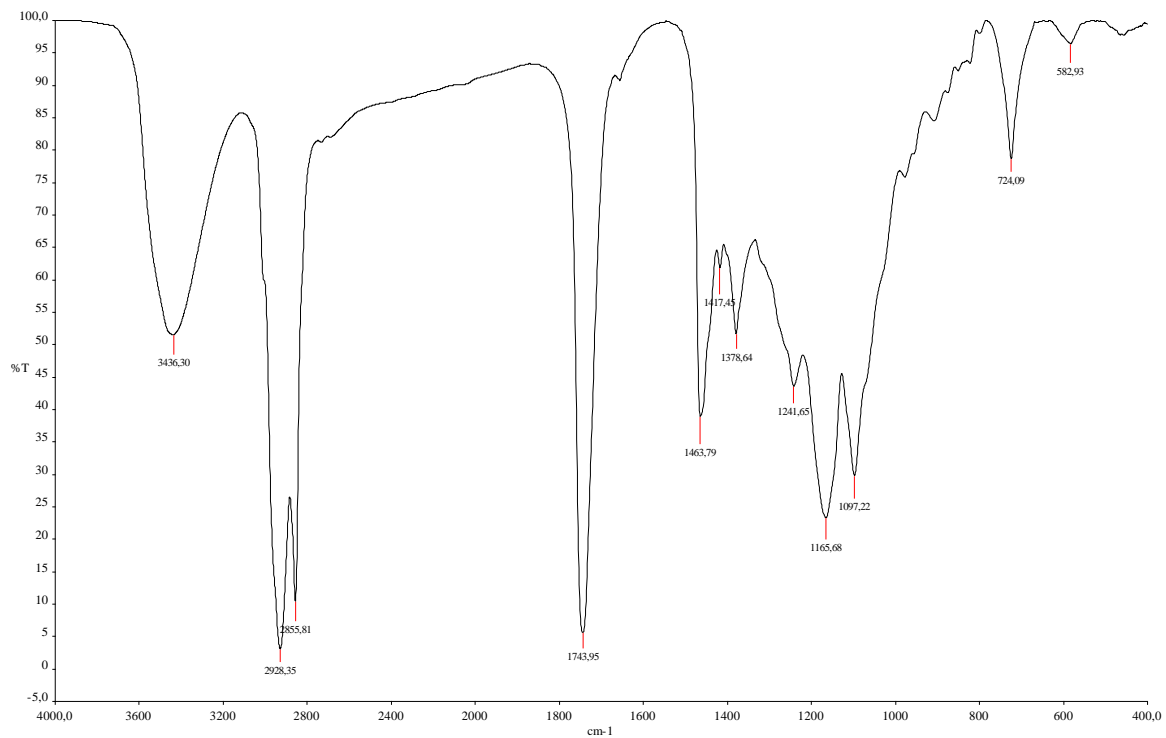


3.4 pav. Poliolio sintezės schema

Pirmuoju būdu susintetinto poliolio IR spektre stebima atsiradusi hidroksigrupės absorbcijos juosta ties $3467,57\text{ cm}^{-1}$, tačiau antruoju metodu gauto poliolio -OH grupės absorbcijos juosta intensyvesnė ir aptinkama ties $3436,30\text{ cm}^{-1}$, taipogi palyginus epoksigrupės absorbcijos juostas abiejuose spektruose, matyti, kad antrajame poliolyje jų nebelikę.



3.5 pav. Pirmuoju metodu susintetinto poliolio IR spektras



3.6 pav. Antruoju metodu susintetinto poliolio IR spektras

Nustačius efektyviausius epoksidinto aliejaus ir poliolio sintezės metodus, naudotų žaliavų kiekiai surašyti į 3.1 lentelę.

3.1 lentelė. Reagentų kiekiai epoksidinto aliejaus ir poliolio sintezei

| Reagento pavadinimas | Kiekis, g | Tūris, ml |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| <i>Epoksidinto aliejaus sintezė</i> | | |
| Sėmenų aliejus | 100 | 107,53 |
| Metano rūgštis | 9 | 7,38 |
| 35 % vandenilio peroksidas | 37 | 32,74 |
| <i>Polioliaus sintezė</i> | | |
| Epoksidintas sėmenų aliejus | 80 | 77,67 |
| Metanolis | 36 | 45,47 |
| 2-propanolis | 36 | 45,8 |
| Konc. sieros rūgštis | 0,64 | 0,35 |
| Vanduo | 7,36 | 7,36 |

3.3. Poliuretanų sintezė ir savybių tyrimas

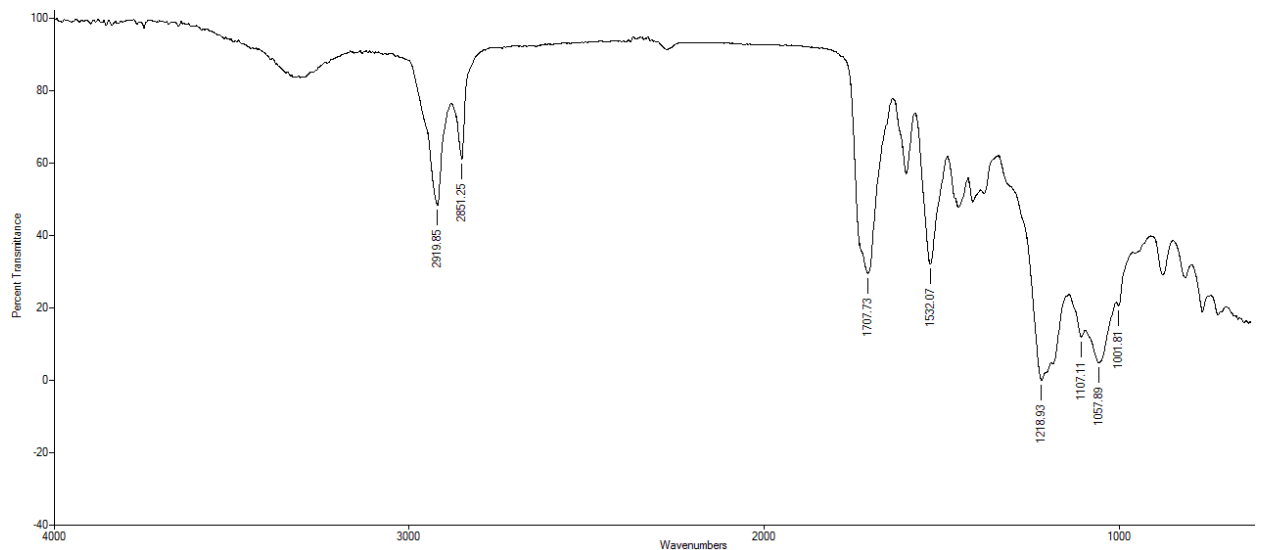
Poliuretanų sintezei naudotos žaliavos: poliolis ir diizocianatas. Reakcija vykdyta naudojant skirtingus diizocianatus: alifatinį (Rhodia Rhodocoat X WAT-4, kuris yra heksametilendiizocianato ir 2,2,4-trimetilheksametilendiizocianato mišinys, izocianatinės grupės

sudaro 18 %) ir aromatinį (4-metil-1,3-fenildiizocionatą). Tikslas - eksperimentiškai nustatyti, koks yra optimalus reagentų svorinis santykis, kad produkte susidarytų uretaninės grupės ir nebeliktų izocianatinių. Vykdamas sintezę, reagentai sumaišyti atitinkamais svoriniais santykiais, kurie surašyti 3.2 lentelėje, taip pat naudoti skirtingi diizocianatai. Gauti bandiniai sudėti į džiovyklą 45 °C temperatūroje 2 valandoms. Išimti bandiniai palikti kambario temperatūroje, kad pabaigtų džiūti, tada užrašyti jų IR spektrai. Tyrimų duomenys pateikti lentelėje 3.2.

3.2 lentelė. Reakcijos mišinių sudėtys

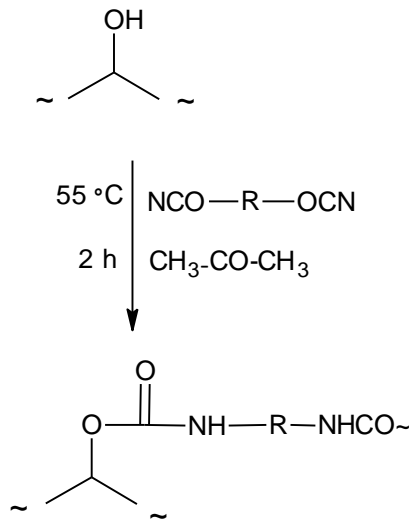
| Svoriniai santykiai (poliolis:diizocianatas) | 1:2 | 1:1 | 1:0,5 | 1:1/3 |
|---|--|-----|-------|-------------|
| Poliuretano požymiai: | | | | |
| su alifatinio diizocianatu | išimti iš džiovyklos bandiniai sukietėję, tačiau išliko lipnūs | | | nesukietėjo |
| su aromatinio diizocianatu | sukietėjo palaikius džiovykloje, neliko lipnūs | | | sukietėjo |

Remiantis tyrimo rezultatais ir IR spektrais (3.7 pav.), nuspręsta rinktis aromatinį diizocionatą ir 1:1/3 žaliavų svorinį santykį, kadangi spektre matyti, kad nebeliko izocianatinių grupių esant tokiam deriniui.



3.7 pav. Poliuretano IR spektras

Reakcijos schema pateikta 3.8 pav.



3.8 pav. Poliuretano sintezės schema

Taip pat išmatuotos dangos optinės savybės naudojant BYK Spectro-guide 45/0 gloss kolorimetra. Prietaisu nustatyti pagrindiniai spalvos rodikliai CIE Lab sistemoje: L (šviesumas), a ir b (spalvotumo koordinatės), taip pat blizgesys G ir baltumas WE. Eksperimento metu pirmiausia nustatytos baltos plastiko plokštelės savybės, o tada kaip patiko savybės padengus plokštelę danga. Tyrimo rezultatai pateikti 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Poliuretano spalvos rodikliai

| Charakteristika \ Bandinys | L | a | b | G | WE |
|----------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| plokštelė | 89,91 | 1,32 | 3,24 | 22,8 | 60,92 |
| plokštelė su danga | 88,15 | 2,19 | 10,98 | 36 | 0 |

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad šviesumas truputį sumažėjo, kadangi danga turi gelsvą atspalvį, tai taip pat matyti ir iš pakitusių spalvos koordinatčių. Paviršiaus blizgesys padidėjo, o baltumo skaitinė vertė sumažėjo iki 0.

Taip pat išmatuotas blizgesys su blizgometru BYK micro-TRI-gloss. Tyrimo rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Poliuretano blizgesio skaitinės vertės

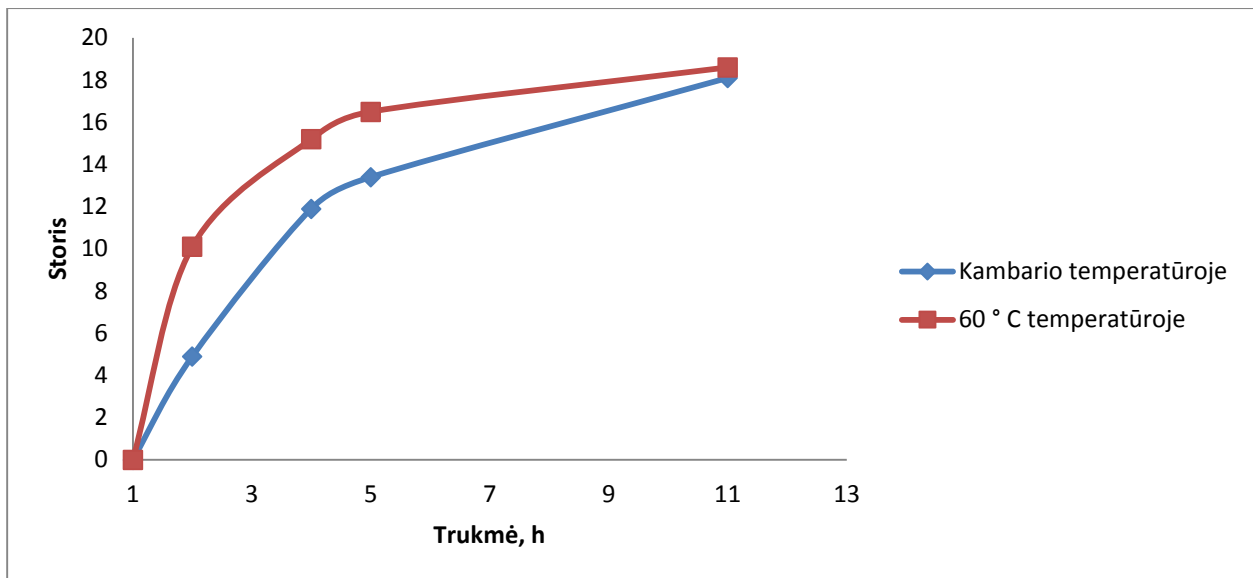
| Apšvietimo kampas | Charakteristikos | | |
|--------------------|---|--------------------|------------------------------|
| | Atspindėtos šviesos intensyvumas, proc. | Vidurkis \bar{x} | Standartinis nuokrypis stdev |
| Plokštelė | | | |
| 20° | 4 | 4 | 0 |
| 60° | 24,9 | 24,9 | 0 |
| 85° | 51,7 | 51,7 | 0 |
| Plokštelė su danga | | | |
| 20° | 8,5 | 8,5 | 0 |
| 60° | 40,7 | 40,7 | 0 |
| 85° | 39,7 | 39,7 | 0 |

Įvertinus poliuretano optines savybes, galima teigti, kad medžiaga gali būti naudojama kaip danga ar lakas, kadangi paviršiaus blizgesys padidėjo, o šviesumas pakito nežymiai.

Taipogi nustatyta poliuretano kietėjimo trukmė kambario temperatūroje ir 60 °C temperatūroje, duomenys pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Poliuretano kietėjimo trukmės nustatymo rezultatai

| Trukmė, h | Stiklo plokštelės storis | Stiklo su danga storis (kambario temperatūroje) | Skirtumas | Stiklo plokštelės storis | Stiklo su danga storis (60 °C temperatūroje) | Skirtumas |
|-----------|--------------------------|---|-----------|--------------------------|--|-----------|
| 1 | 49,8 | - | - | 49,4 | - | - |
| 2 | 49,1 | 54 | 4,9 | 50,9 | 61 | 10,1 |
| 4 | 49,1 | 61 | 11,9 | 50,7 | 63 | 12,3 |
| 5 | 50,4 | 63 | 12,6 | 47,9 | 65 | 17,1 |
| 11 | 48,9 | 67 | 18,1 | 48,4 | 67 | 18,6 |



3.9 pav. Poliuretano kietėjimo trukmės priklausomybė nuo sluoksnio storio

Taip pat ištirta poliuretano panaudojimo galimybė klijų pramonėje. Elastingumo tyrimui paruoštos 1 cm pločio ir 8 cm ilgio bandinių juostos. Tirtos medžiagos: galvijų oda, mažo tankio polietilenas (LDPE), didelio tankio polietilenas (HDPE), polipropilenas (PP), popierius. Sanklijos ilgis 2 cm. Tyrimas parodė, kad sanklija elastinga, tačiau stiprumas nepakankamas, kad toks poliuretanas būtų naudojamas kaip klijai.

4. Technologinė dalis

4.1. Produkto ir žaliavų skaičiavimai. Medžiagų balansas

Gamybos produktų: epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio, gamyba paremta laboratorine sinteze bei literatūros šaltinių metodika, todėl medžiagų balansas sudarytas atsižvelgiant į reakcijų išeigas, medžiagų nuostolius ir reagentų, sunaudotų sintezei, sąnaudas, kurios pateiktos 3.1. skyrelyje „Sėmenų aliejaus epoksidinimas“.

Aliejaus epoksidinimui reikalingas žaliavų kiekis apskaičiuotas ekvivalentiškai laboratorijoje naudotiems kiekiams bei atsižvelgiant į reakcijos išeigą, kuri yra 80 %. Įvertinant produkto poreikį, proceso trukmę, bendrą žaliavų kiekį produkto gamybai bei prognozuojamą įrenginių dydį, vienai partijai sunaudojama 900 kg sėmenų aliejaus. Remiantis šiuo atskaitos tašku, apskaičiuoti kitų žaliavų kiekiai ir gauti duomenys surašyti į 4.1 lentelę. Skaičiavimo pavyzdys pateiktas formulėje, analogiškai apskaičiuoti kitų žaliavų kiekiai:

$$m_{\text{metano rūgštis}} = \frac{9 \cdot 900}{100} = 81 \text{ kg.}$$

Taip pat apskaičiuotas kiekvienos žaliavos tūris, o skaičiavimų duomenys pateikti 4.1 lentelėje.

$$V_{\text{metano}} = \frac{m}{\rho} = \frac{81}{1220} = 0,066 \text{ m}^3. \quad (4.1.)$$

4.1 lentelė. Žaliavų sąnaudos vienai partijai

| Komponento pavadinimas | Norma, kg | Tūris, m ³ |
|-------------------------------------|-------------|-----------------------|
| <i>Epoksidinto aliejaus sintezė</i> | | |
| Sėmenų aliejus | 900 | 0,968 |
| Metano rūgštis | 81 | 0,066 |
| 35 % vandenilio peroksidas | 333 | 0,295 |
| Iš viso | 1314 | 1,329 |
| <i>Polioliaus sintezė</i> | | |
| Epoksidintas aliejus | 764 | 0,742 |
| Metanolis | 344 | 0,434 |
| 2-propanolis | 344 | 0,437 |
| Konc. sieros rūgštis | 6,11 | 0,003 |
| Vanduo | 70,29 | 0,07 |
| Iš viso | 1528 | 1,687 |

Poliolio gamybos proceso išeiga 75 %, todėl galutinio produkto gaunama 573 kg, jei visas epoksidintas aliejus naudojamas tolesniame procese. Didžiausi nuostoliai patiriami, nes gaunamas

klampus produktas, kurio dalis lieka ant įrenginių sienelių, taip pat patenka į nuotekas plovimo proceso metu.

4.2. Technologinis aprašas

Gamybos proceso metu gaunami du produktai: epoksidintas sėmenų aliejus ir poliolis, kurie gali būti naudojami tolesniame procese įvairių produktų gamybai arba platinami kaip pusgaminiai, todėl gamyba skirstoma į du pagrindinius etapus: sėmenų aliejaus epoksidinimą ir poliolio gamybą. Technologiniu požiūriu procesai panašūs, todėl dalis įrenginių naudojami abiem procesams.

Pagrindiniai gamyboje naudojami įrenginiai:

- reaktorius;
- vandenilio peroksido ir metano rūgšties mišinio paruošimo maišyklė;
- praplovimui skirta maišyklė;
- natrio karbonato tirpalo paruošimo maišyklė;
- separatorius;
- produkto džiovinimui skirta maišyklė;
- praskiestos sieros rūgšties paruošimo maišyklė;
- vakuuminis distiliatorius;
- išcentriniai siurbliai;
- vakuuminiai siurbliai.

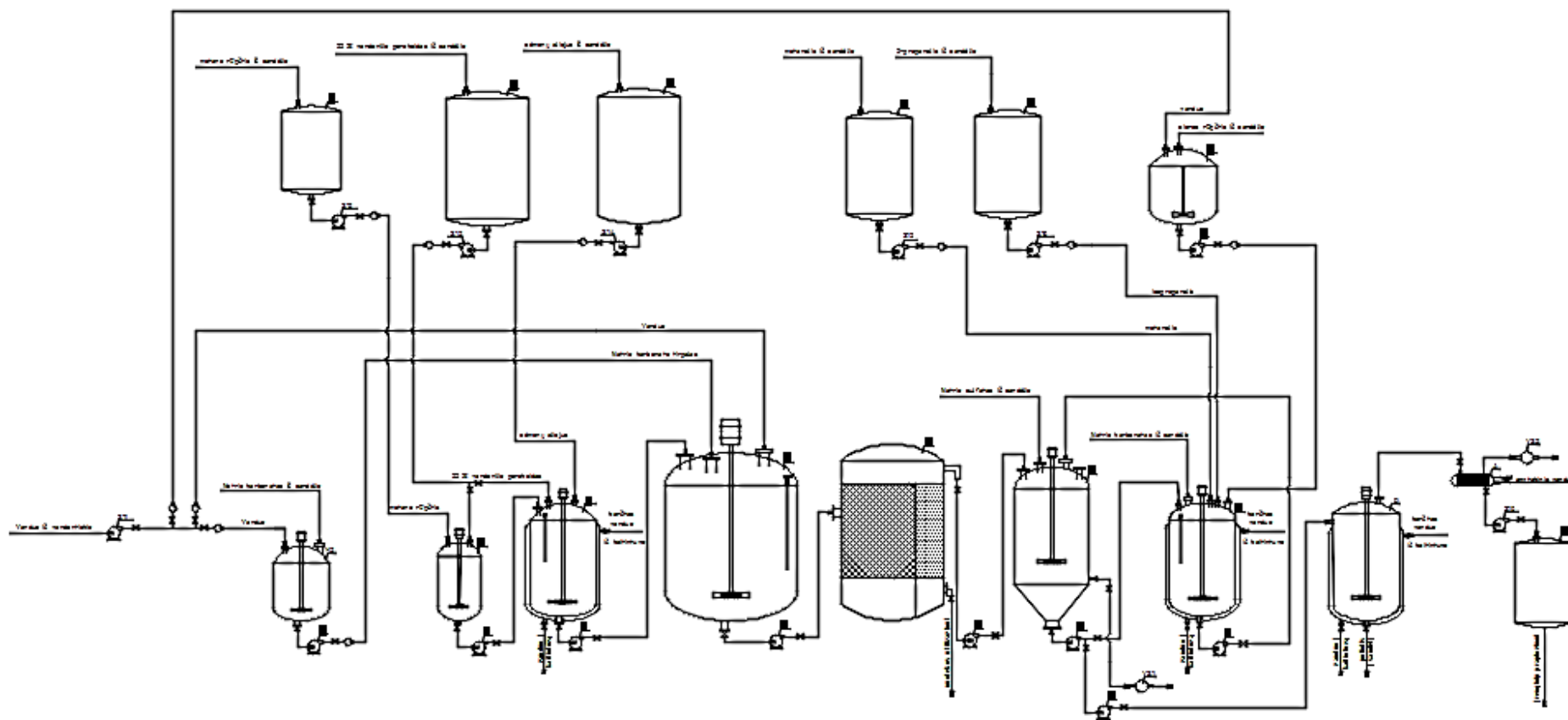
Žaliavų sandėliavimas priklauso nuo agregatinės būsenos: skysčiai saugomi talpose, o kietos medžiagos atvirose arba uždaroje talpyklose (bunkeriuose) priklausomai nuo jų kiekio, inertiškumo, atsparumo aplinkos poveikiui, cheminės sudėties, kenksmingumo. Žaliavų talpyklų tūris priklauso nuo sandėliuojamų medžiagų kiekio, kuris dažniausiai atitinka gamybos apimtis keliems kartams.

Technologinė schema pavaizduota 4.1 paveikslėlyje. Gamybos procesas prasideda nuo tirpalų paruošimo ir žaliavų transportavimo į reaktorių. Pirmiausia maišyklėje M1 paruošiamas 35 % vandenilio peroksido ir metano rūgšties mišinys ir išcentrinis siurbliu S1 transportuojamas į reaktorių R1, kuris prieš tai užpildomas sėmenų aliejumi. Vandenilio peroksidas į maišyklę transportuojamas siurbliu S13 iš talpos T2, metano rūgštis tiekama siurbliu S12 iš talpos T1, sėmenų aliejus laikomas talpoje T3, o reaktoriaus užpildymui naudojamas siurblys S14. Į reaktoriaus apvalkalą tiekiamas šildantysis agentas – vanduo, kuris pašildomas kaitintuve iki 70 °C temperatūros. Reakcijos mišinys homogenizuojamas naudojant atvirą turbiną su šešiomis plokščiomis mentėmis, kadangi šis maišiklis tinka vykdant intensyvų maišymą, kuris reikalingas dėl naudojamų nesimaišančių reagentų. Sintezė vykdoma 60° C temperatūroje, 4 val. nuolat

maišant, po to paimamas mėginys, siekiant nustatyti nesotumo laipsnio pokytį, kuris turi būti ne mažesnis nei 90 %, kitu atveju papildomai tiekiamas vandenilio peroksidas ir toliau atliekamas epoksidinimas. Įvykdžius epoksidinimą, reakcijos mišinys išcentrinu siurbliu S2 transportuojamas į maišyklę M3 praplovimui. Pirmiausia neutralizuojama mišinyje esanti rūgštis naudojant natrio karbonato sotųjį tirpalą, kuris paruošiamas maišyklėje M2 ir išcentrinu siurbliu S4 transportuojamas į maišyklę M3, kai ji jau yra užpildyta reakcijos mišiniu. Neutralizacijos metu susidariusi druska ir rūgšties likučiai išplaunami distiliuotu vandeniu. Organinė fazė susidaro tirpalo viršuje, todėl nustatomas vandeninės terpės pH, naudojant pH-metrą. Terpė turi būti neutrali, kitu atveju dalis tirpalo išleidžiama ir tiekiamas papildomas kiekis distiliuoto vandens. Atvėšęs iki kambario temperatūros mišinys išcentrinu siurbliu S3 transportuojamas į vertikalų separatorių Sp, kuriame mišinys išsisluoksniuoja dėl tankių skirtumo. Separatoriaus viduje esantis tinklelis pasižymi savybėmis, kurios lemia gerą jo ir epoksidinto aliejaus adheziją, taip paskatinamas aliejingo sluoksnio susidarymas separatoriaus viršuje, iš kurio išcentrinu siurbliu S5 nusiurbiamas ir transportuojamas į maišyklę M4 džiovinimui. Separatoriuje likusios nuotekos tiekiamos utilizavimui.

Epoksidinto aliejaus džiovinimui naudojamas bevandenis natrio sulfatas, kuriuo užpildoma maišyklė M4. Maišymui naudojama atvira turbina su šešiomis mentėmis, maišymas vykdomas 2 val., kad būtų adsorbuotas vanduo iš epoksidinto aliejaus. Kadangi kietos fazės kiekis mišinyje neviršija 17 %, naudojamas siurbiamasis filtras, kuriame vakuuminu siurbliu VS1 sudaromas slėgių skirtumas.

Epoksidintas aliejus gali būti transportuojamas į sandėlį arba tolesnei gamybai. Visi įrenginiai praplaunami alkoholių mišiniu ir distiliuotu vandeniu, o epoksidintas aliejus transportuojamas išcentrinu siurbliu S6 į reaktorių R2, į kurį taip pat siurbliu S7 tiekiamas praskiestos sieros rūgšties tirpalas, paruoštas maišyklėje M5, procesui reikalingas metanolis ir 2-propanolis transportuojami siurbliais S15 ir S16 atitinkamai iš talpų T4 ir T5. Reakcija vykdoma 4 val. 50 °C temperatūroje, reaktorius šildomas karštu vandeniu, vykdomas intensyvus maišymas naudojant atvirą turbiną su šešiomis mentėmis. Įvykdžius sintezę, į reaktorių transportuojami natrio karbonato milteliai, kuriais neutralizuojama sieros rūgštis, o gauta suspensija tiekiamą siurbliu S8 į filtrą M4, kuris užpildytas džiovinimo agentu – bevandeniu natrio sulfatu. Mišinys maišomas 2 val., kol agentas sugeria mišinyje buvusį vandenį, tada vykdomas filtravimo procesas, atskiriama kieta fazė, o skystis siurbliu S9 transportuojamas į distiliatorių D, kuriame vakuuminu siurbliu VS2 sudaromas vakuumas ir iš produkto pašalinami alkoholių likučiai. Gautas sausas, grynas produktas sandėliuojamas. Nudistiliuotas alkoholių mišinys naudojamas įrenginių praplovimui.



4.1 pav. Technologinė schema

4.3. Įrenginių skaičiavimai

4.3.1. Reaktoriaus skaičiavimai

Apskaičiuojamas į pagrindinį reaktorių tiekiamų žaliavų kiekis aliejaus epoksidinimo procesui:

$$V_{\text{mišinio}} = V_{\text{sėmenų aliejus}} + V_{\text{metano rūgštis}} + V_{\text{vandenilio peroksidas}} = 0,968 + 0,066 + 0,295 = 1,329 \text{ m}^3.$$

Reaktorių užpildomas taip, jog reakcijos mišinys užimtų 70 % jo talpos, tad pasirenkamo reaktoriaus tūris turėtų būti:

$$1,329 - 70\%;$$

$$x - 100\%;$$

$$x = 1,899 \text{ m}^3.$$

Remiantis aukščiau pateiktais skaičiavimais, parinktas "Pfaudler" firmos 1,89 m³ talpos reaktorių RA-48, kurio duomenys pateikti 4.2 lentelėje [26].

4.2 lentelė. RA-48 serijos reaktoriaus standartinė specifikacija

| Talpa | m³ |
|-----------------------------------|----------------------|
| Darbo | 1,89 |
| Apatinės dalies | 0,24 |
| Viršutinės dalies | 0,24 |
| Iki maišiklio apačios | 0,08 |
| Iki maišiklio viršaus | 0,2 |
| Iki temperatūros daviklio apačios | 0,36 |
| Apvalkalo | 0,42 |
| | |
| Kaitinamas plotas | m² |
| Apvalkalas | 7,43 |
| Apatinė dalis | 1,62 |

4.2 lentelės tęsinys kitame puslapyje.

4.2 lentelės tęsinys

| Plieno storis | m |
|------------------------------------|----------|
| Vidinis indas | |
| Viršutinė dalis | 0,02 |
| Korpusas | 0,02 |
| Apatinė dalis | 0,02 |
| Apvalkalas | |
| Korpusas | 0,01 |
| Apatinė dalis | 0,01 |
| | |
| Matmenys | m |
| Reaktoriaus diametras | 1,22 |
| Reaktoriaus su apvalkalu diametras | 1,37 |
| Reaktoriaus aukštis | 2,08 |

4.3.1.1. Maišyklės skaičiavimai

Apskaičiavus medžiagų masės balansą, nustatytas gamybos procesui tinkamo reaktoriaus dydis. Projektuojant įrenginį, taip pat svarbu parinkti maišiklio tipą ir apskaičiuoti jo matmenis, sukimosi dažnį bei maišiklio variklio galią, kad būtų galima parinkti konkretų pramoninį reaktorių. Atsižvelgiant į reakcijos mišinio tūrį, klampą, maišymo proceso specifiką, gamybos technologiją, reaktoriaus formą bei variklio galią, parinkta atvira turbina su šešiomis plokščiomis mentėmis, kadangi šis maišiklio tipas naudojamas vykdant intensyvų maišymą visame aparato tūryje, siekiant gauti homogenišką mišinį ir padidinti reakcijos selektyvumą. Taip pat svarbu, kad gali būti naudojamas įvairios klampos skysčiams maišyti bei emulsijoms gauti [27]. Taip pat straipsnyje [28] aprašyta maišiklio tipo įtaka emulsinės polimerizacijos efektyvumui. Eksperimente naudoti du skirtingi maišikliai – turbina ir 45° pasvirusių šešių menčių maišiklis, nustatyta, tinkamas reakcijos mišinio dispersiškumas ir polimerizacijos selektyvumas su turbina pasiekiamas mažesnėmis energijos sąnaudomis. Taip pat straipsnyje minima, kad turbinos optimalus sukimosi dažnis 400-410 min⁻¹, o 45° pasvirusių šešių menčių maišiklio 575-585 min⁻¹.

Atliekant reaktoriaus maišiklio skaičiavimus, pirmiausia įvertinti reakcijos mišinį apibūdinantys pagrindiniai parametrai – tankis ir klampa, remtasi šaltinyje [29] pateikta metodika. Taip pat svarbus dydis maišiklio diametras, kuris apskaičiuotas pagal formulę:

$$d_m = \frac{D}{3} = \frac{1,219}{3} = 0,41 \text{ m}; \quad (4.2)$$

čia d_m – atviros turbinos su šešiomis plokščiomis mentėmis diametras, m; D – maišyklės skersmuo, m.

Apskaičiuotas mišinio tankis pagal formulę:

$$\frac{1}{\rho_{\text{miš}}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3} = \frac{0,685}{930} + \frac{0,062}{1220} + \frac{0,253}{1130} = 0,001011 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad (4.3)$$

čia x_1, x_2, x_3 – sėmenų aliejaus, metano rūgšties, vandenilio peroksido tirpalo kiekis masės dalimis (4.3 lentelė); $\rho_{\text{miš}}, \rho_1, \rho_2, \rho_3$ – mišinio, sėmenų aliejaus, metano rūgšties, vandenilio peroksido tirpalo tankis, kg/m^3 .

Mišinio tankis:

$$\rho_{\text{miš}} = 989 \text{ kg}/\text{m}^3.$$

Apskaičiuota mišinio klampa pagal formulę:

$$\frac{1}{\mu_{\text{miš}}} = \frac{x_{v1}}{\mu_1} + \frac{x_{v2}}{\mu_2} + \frac{x_{v3}}{\mu_3} = \frac{0,222}{0,0331} + \frac{0,05}{0,001607} + \frac{0,728}{0,001245} = 622,7461 \text{ 1}/(\text{Pa} \cdot \text{s}); \quad (4.4)$$

čia $\mu_{\text{miš}}, \mu_1, \mu_2, \mu_3$ – mišinio, sėmenų aliejaus, metano rūgšties, vandenilio peroksido tirpalo dinaminė klampa, $\text{Pa} \cdot \text{s}$; x_{v1}, x_{v2}, x_{v3} – komponentų tūrinės dalys mišinyje (4.3 lentelė).

Mišinio klampa:

$$\mu = 0,0016 \text{ Pa} \cdot \text{s}.$$

Komponentų masės dalį reakcijos mišinyje atitinka komponento ir mišinio masės santykis. Atitinkamai apskaičiuotos visų komponentų masės ir tūrio dalys mišinyje, skaičiavimų rezultatai pateikti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Komponentų santykinės dalys mišinyje

| | Sėmenų aliejus | Metano rūgštis | Vandenilio peroksidas |
|----------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Masės dalis mišinyje | 0,685 | 0,062 | 0,253 |
| Tūrio dalis mišinyje | 0,222 | 0,05 | 0,728 |

Apskaičiuotas modifikuotas Reinoldso kriterijus remiantis metodika, pateikta šaltinyje [30]:

$$\text{Re}_m = \frac{\pi \cdot d_m \cdot \rho_{\text{miš}}}{\mu_{\text{miš}}} = \frac{3,14 \cdot 0,41 \cdot 989}{0,0016} = 792778,5. \quad (4.5)$$

Iš modifikuoto Reinoldso kriterijaus vertės matyti, kad vykdomas intensyvus turbulentinis maišymas ($Re_m > 10^5$), todėl Eu_m beveik nepriklauso nuo Re_m . Pagal Re_m vertę apskaičiuojamas maišiklio sukimosi dažnis n , s^{-1} :

$$n = \frac{Re_m \cdot \mu_{miš}}{d_m^2 \cdot \rho_{miš}} = \frac{792778,5 \cdot 0,0016}{0,41^2 \cdot 989} = 7,6 s^{-1}. \quad (4.6)$$

Šaltinyje [30] pateiktos įvairių tipų normalizuotų maišymo aparatų grafinės priklausomybės $Eu_m = f(Re_m)$, iš kurių nustatyta, kad apskaičiuotą Reinoldso kriterijaus vertę, kai naudojama turbina, atitinka Eulerio kriterijus, kurio skaitinė vertė lygi 1. Maišymui reikalinga galia priklauso nuo aparato formos ir maišiklio išdėstymo jame, kadangi šie aspektai išnagrinėti, apskaičiuotas reaktoriaus variklio galingumas:

$$N = Eu_m \cdot \rho_{miš} \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 1 \cdot 989 \cdot 8^3 \cdot 0,41^5 = 5865 W. \quad (4.7)$$

Atlikus maišiklio charakteristikų skaičiavimus ir įvertinus pagrindinius parametrus, parinktas “Pfaudler” firmos 6 kW variklis, kurio modelis SRW 3525.

Gamybos procese taip pat naudojamos maišyklės gauti metano rūgštis ir vandenilio peroksido tirpalo mišinį, natrio karbonato sotųjį tirpalą, vykdant neutralizavimą ir praplovimą, taip pat praskiestos sieros rūgštis tirpalui gauti, maišyklė naudojama ir aliejaus džiovavimo procese. Kadangi svarbu žinoti ir kitų įrenginių pagrindinius parametrus, atlikti analogiški skaičiavimai kaip maišyklę naudojant atvirą turbiną su šešiomis plokščiomis mentėmis, duomenys pateikti 4.4 lentelėje [26].

4.4 lentelė. Gamybos proceso maišyklių pagrindiniai parametrai

| Įrenginys Parametras | Metano rūgštis ir vandenilio peroksido mišinio paruošimo maišyklė | Reakcijos mišinio praplovimo maišyklė | Natrio karbonato tirpalo paruošimo maišyklė | Sieros rūgštis tirpalo paruošimo maišyklė | Produkto džiovavimo maišyklė |
|-------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---|------------------------------|
| Mišinio tankis, kg/m^3 | 1146,55 | 1014,5 | 1203 | 1037,9 | 1024,09 |
| Mišinio klampa, Pa·s | 0,001177 | 0,00106 | 0,0031 | 0,001045 | 0,001162 |
| Maišyklės tūris, m^3 | 0,379 | 11,355 | 1,135 | 0,379 | 1,135 |
| Maišyklės diametras, m | 0,813 | 2,438 | 1,219 | 0,813 | 1,219 |
| Maišiklio-turbino diametras, m | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 0,3 | 0,4 |
| Maišyklės sukimosi dažnis, s^{-1} | 2 | 4 | 2 | 5 | 2 |

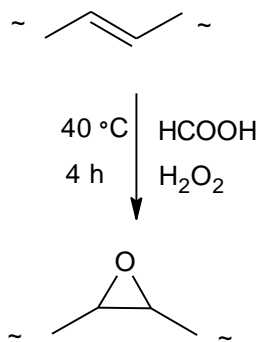
4.4 lentelės tęsinys kitame puslapyje.

4.4 lentelė tęsinys.

| | | | | | |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maišymui reikalinga galia, kW | 1,5 | 21 | 3 | 1,5 | 3 |
| Maišyklės pavadinimas | DS81-400D-2 | DS81-100D-2 | DS81-100A-2 | DS81-400D-2 | DS81-100A-2 |

3.3.1.2. Reaktoriaus šiluminiai skaičiavimai

Reaktoriuje vykdoma sėmenų aliejaus epoksidinimo reakcija, kurios metu vykstančių cheminių virsmų schema pavaizduota paveikslėlyje:

**4.2 pav.** Epoksidinimo reakcijos schema

Atsižvelgiant į sintezės metu nutrūkusių ir susidariusių ryšių energiją, apskaičiuotas reakcijos šiluminis efektas [31]:

$$\Delta H_{\text{reakc}} = H_2 - H_1 = 614 + 146 + 467 - 2 \cdot 358 - 467 = 44 \text{ kJ/mol};$$

čia ΔH_{reakc} – reakcijos šiluminis efektas, kJ/mol; H_2 , H_1 – atitinkamai pradinio ir galutinio sistemos būvio šiluma.

Kadangi $\Delta H_{\text{reakc}} > 0$, reakcija yra endoterminė, todėl apskaičiuotas reakcijos metu sunaudotas šilumos kiekis Q , kuris lygus reakcijos šiluminio efekto ir reakcijos mišinio molių sandaugai:

$$Q = 44 \cdot 12569 = 553036 \text{ kJ}.$$

Kadangi reakcija vykdoma 60 °C temperatūroje, reikalinga papildoma energija, kad pasiektų tokią reakcijos mišinio temperatūrą, todėl apskaičiuotas procesui vykdyti reikalingas energijos kiekis:

$$Q = c_{\text{tirp}} \cdot \Delta T \cdot m_{\text{tirp}} = 1,72 \cdot 40 \cdot 1314 = 90403,2 \text{ kJ}; \quad (4.8)$$

čia $\Delta T = T_2 - T_1 = 333 - 293 = 40 \text{ K}$ – temperatūrų skirtumas; $c_{\text{tirp}} = 1,72 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – tirpalo savitoji šiluma, priimta atsižvelgiant į tirpalo sudėtį [32,33,34]; m_{tirp} – reakcijos mišinio masė, kg.

Apskaičiuota, kokį šilumos kiekį reikia suteikti reakcijos mišiniui, kai žinoma, jog vykdyta reakcija yra endoterminė, o reakcija vykdoma pastovioje temperatūroje:

$$Q = 44 + 90403,2 = 90447,2 \text{ kJ.}$$

3.3.1.3. Vandens sąnaudų reakcijos mišiniui pašildyti skaičiavimas

Vandens sąnaudos reaktoriui pašildyti apskaičiuotos žinant procesui vykdyti reikalingą šilumos kiekį:

$$m_{\text{vandens}} = \frac{Q}{c_{\text{vandens}} \cdot \Delta T} = \frac{90447,2}{4,186 \cdot (343 - 327)} = 1350,4 \text{ kg;} \quad (4.9)$$

čia Q – reakcijos mišiniui suteiktas šilumos kiekis, J; $c = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ – vandens savitoji šiluma, ΔT – įtekančio ir ištekančio šilumnešio temperatūrų skirtumas, K.

3.3.2. Išcentrinio siurblio skaičiavimai

Medžiagų transportavimui pasirinktas išcentrinis siurblys, kadangi gali transportuoti ne tik skysčius, bet ir suspensijas, yra paprastos konstrukcijos, veikia tolygiai, lengvai galima reguliuoti našumą, be to, tai dažniausiai chemijos pramonėje naudojamas siurblys. Šiame skyrelyje pateikti išcentrinio siurblio skaičiavimai [29] transportuojant metano rūgštis ir vandenilio peroksido mišinį.

Pradiniai duomenys:

- Mišinio tūris $V = 0,361 \text{ m}^3$;
- Tūrinis debitas $V_s = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Vamzdžio skersmuo $d = 0,076 \text{ m}$;
- Aukštis, į kurį reikia pakelti skystį, $H_{\text{geom}} = 3 \text{ m}$.
-

Pasirinkto siurblio išvystomas slėgio aukštis apskaičiuotas pagal lygtį:

$$H = H_{\text{geom}} + h_n = 3 + 0,092 = 3,092 \text{ m;} \quad (4.10)$$

čia H – slėgio aukštis, m; H_{geom} – aukštis, į kurį reikia pakelti skystį, m, h_n – aukščio nuostoliai hidraulinėje sistemoje, m, apskaičiuoti pagal 4.11 lygtį.

Aukščio nuostoliai vamzdyje:

$$h_n = h_{\text{gr}} + h_{\text{tr}} + h_{\text{vk}} = 0,022 + 0,006 + 0,064 = 0,092 \text{ m;} \quad (4.11)$$

čia h_{gr} – slėgio nuostoliai dėl greičio, m, apskaičiuoti pagal 4.14 lygtį; h_{tr} – slėgio nuostoliai dėl trinties, m, apskaičiuoti pagal 4.17 lygtį; h_{vk} – slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių, m, apskaičiuoti pagal 4.18 lygtį.

Apskaičiuotas vidutinis tėkmės greitis:

$$w = \frac{V}{F} = \frac{0,003}{0,0045} = 0,66 \text{ m/s}; \quad (4.12)$$

čia w – tėkmės greitis, m/s; V – tūrinis debitas, m^3/s ; F – vamzdžio skerspjūvio plotas, m^2 , apskaičiuotas pagal 4.13 lygtį.

Vamzdžio skerspjūvio plotas:

$$F = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot 0,076^2 = 0,0045 \text{ m}^2. \quad (4.13)$$

Slėgio nuostoliai dėl greičio h_{gr} , m:

$$h_{gr} = \frac{w^2}{2 \cdot g} = \frac{0,66^2}{2 \cdot 9,81} = 0,022 \text{ m}; \quad (4.14)$$

čia $g = 9,81$ – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 .

Slėgio nuostoliai dėl trinties apskaičiuoti sužinojus Reinoldso kriterijų ir trinties koeficientą:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,66 \cdot 0,076 \cdot 1146,5}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 4,9 \cdot 10^4; \quad (4.15)$$

čia Re – Reinoldso kriterijus; ρ – mišinio tankis, kg/m^3 ; μ – mišinio klampa, $Pa \cdot s$.

Apskaičiuota skysčių mišinio klampa:

$$\frac{1}{\mu_{miš}} = \frac{x_{v1}}{\mu_1} + \frac{x_{v2}}{\mu_2} = \frac{0,18}{0,001607} + \frac{0,82}{0,00111} = 849,67;$$

čia $\mu_{miš}$, μ_1 , μ_2 – mišinio, metano rūgšties ir vandenilio peroksido dinaminė klampa, $Pa \cdot s$; x_{v1} , x_{v2} – komponentų tūrinės dalys mišinyje.

$$\mu = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot s.$$

Trinties koeficientas ζ :

$$\zeta = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{(4,9 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,021. \quad (4.16)$$

Slėgio nuostoliai dėl trinties h_{tr} , m:

$$h_{tr} = \zeta \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = 0,021 \cdot \frac{1}{0,076} \cdot \frac{0,66^2}{2 \cdot 9,81} = 0,006 \text{ m.} \quad (4.17)$$

Slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių:

$$h_{vk} = \sum \xi_{vk} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = 2,84 \cdot \frac{0,66^2}{2 \cdot 9,81} = 0,064 \text{ m;} \quad (4.18)$$

čia h_{vk} – slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių; ξ_{vk} – vietinių kliūčių koeficientas, kuris apskaičiuotas pagal 4.19 lygtį.

Vietinių kliūčių koeficientas:

$$\sum \xi_{vk} = 2 \cdot \xi_{alk} + \xi_{itekėjimas} + \xi_{ištekejimas} + 2 \cdot \xi_{sklendė} = 2 \cdot 0,32 + 0,2 + 1 + 2 \cdot 0,5 = 2,84; \quad (4.19)$$

čia ξ_{alk} – alkūnės pasipriešinimo koeficientas; $\xi_{itekėjimas}$ – įtekėjimo į vamzdį pasipriešinimo koeficientas; $\xi_{ištekejimas}$ – ištekėjimo iš vamzdžio pasipriešinimo koeficientas; $\xi_{sklendė}$ – sklendės pasipriešinimo koeficientas, parinktas pagal [29] literatūros šaltinį.

Naudingumo koeficientas η :

$$\eta = \eta_t \cdot \eta_h \cdot \eta_m = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,612; \quad (4.20)$$

čia η_s – tūrio naudingumo koeficientas; η_h – hidraulinis naudingumo koeficientas; η_m – mechaninis naudingumo koeficientas.

Siurblio atiduota galia skysčiui:

$$N_s = V \cdot \rho \cdot g \cdot H = 0,003 \cdot 1146,5 \cdot 9,81 \cdot 5,092 = 172 \text{ W.} \quad (4.21)$$

Veleno galia:

$$N_{vel} = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta} = \frac{0,003 \cdot 1146,5 \cdot 9,81 \cdot 5,092}{0,612} = 282 \text{ W.} \quad (4.22)$$

Siurblio variklio galia:

$$N_v = k \frac{N_{vel}}{\eta_p \cdot \eta_v} = 2 \cdot \frac{282}{1 \cdot 0,612} = 920 \text{ W;} \quad (4.23)$$

čia N_v – variklio galia, W; η_p – pavaros naudingumo koeficientas; η_v – variklio naudingumo koeficientas, $\eta_v = 1$, kadangi nėra pavaros; $k = 2$ – elektros variklio galios atsargos koeficientas, kuris priklauso nuo variklio galios, parinktas iš literatūros šaltinio [30].

Įvertinus pagrindinius skysčių transportavimui svarbius parametrus: mišinių ir suspensijų tankius ir klampas, analogiškai atlikti skaičiavimai kitiems siurbliams. Atliekant skaičiavimus svarbu, kad įrenginius jungiantys vamzdynai yra vienodo skersmens, t.y. 0,076 m, vietinių kliūčių

specifika nesiskiria (2 alkūnės, 2 sklendės, ištekėjimas ir įtekėjimas į vamzdį), taip pat atsižvelgta į skirtingus skysčių tankius bei klampą, kurie turi įtakos slėgio nuostoliams dėl trinties. Apskaičiuoti slėgio nuostoliai bei išcentrinių siurblių variklių galingumas. Skaičiavimų duomenys pateikti lentelėje, siurbliai sunumeruoti pagal technologinę schemą. Konkretūs siurbliai parinkti iš gamintojo „Tapflo“ katalogo [35].

4.5 lentelė. Išcentrinių siurblių charakteristikos

| | s1 | s2 | s3 | s4 | s5 | s6 | s7 | s8 |
|---|--|---|-------|---|--------|--------|--------|--|
| Tūrinis debitas m ³ /s | 0,003 | 0,012 | 0,013 | 0,0034 | 0,0077 | 0,0062 | 0,0072 | 0,012 |
| Transportavimo laikas, s | 120 | 720 | 660 | 120 | 120 | 120 | 120 | 660 |
| Aukštis, į kurį reikia pakelti, m | 3 | 4,5 | 2 | 4,5 | 2,5 | 3 | 3 | 2,5 |
| Siurblio variklio galia, kW | 0,5 | 4 | 4 | 1 | 1,5 | 1 | 1 | 4 |
| Siurblio gamintojas | Tapflo | | | | | | | |
| Prietaiso tipas | CTM25 -10 | CTH DD | | CTH CC | | | | CTH DD |
| Išcentrinių siurblių charakteristikos | galia – 0,55 kW; našu- mas iki 10 m ³ /val.; di- džiausi as pakėli- mo aukštis iki 13,5 m | galia – 4 kW; našumas iki 50 m ³ /val.; didžiausias pakėlimo aukštis iki 35 m | | galia – 1,5 kW; našumas iki 34 m ³ /val.; pagamintas iš nerūdijančio plieno; atvira sparnuotė, kuri atspari kietųjų dalelių iki 6 mm poveikiui | | | | galia – 4 kW; našu- mas iki 50 m ³ /val.; di- džiausi as pakėli- mo aukštis iki 35 m |

4.3.3 Filtravimo proceso skaičiavimai

Pagal darbo režimą filtrai skirstomi į periodinius ir nuolatinius. Kadangi gamybos procese filtras naudojamas ne tik suspensijos perskyrimui, bet ir produkto džiovimui, todėl pasirinktas periodinis filtras. Filtrai, kuriais perskiriamos suspensijos, pagal konstrukcijos savybes skirstomi į siurbiamuosius, lakštinius, filtpresus, būgninius, juostinius ir diskinius. Pasirenkant filtro tipą

atsižvelgiama į suspensijos koncentraciją, jei ji viršija 15 %, rekomenduojama naudoti siurbiamąjį filtrą [27], kuris gali būti hidrostatinis, vakuuminis ir kompresorinis. Remiantis literatūros šaltiniu ir laboratorijoje atliktos sintezės metodika, pasirinktas vakuuminis filtras, naudojant vakuuminį siurbli, kuriuo palaikomas pastovus slėgių skirtumas. Šio tipo filtrų privalumas, kad jie gali atlikti daugybę užduočių, įskaitant reakcijų vykdymą, filtravimą, terminį džiovinimą, praplovimą. Siekiant parinkti konkretų filtrą, atlikti esminiai įrenginio skaičiavimai.

Siurbiamieji filtrai susideda iš trijų pagrindinių komponentų: rezervuaro, filtracinės pertvaros, ir atvamzdžio, sujungto su vakuuminiu siurbliu. Žinant filtruojamosios suspensijos tūrį, kuris yra $0,997 \text{ m}^3$, pasirinktas rezervuaras, kurio tūris $1,248 \text{ m}^3$, kad neviršytų 80 % užpildymo. Pradiniai filtro duomenys:

- filtro skersmuo: $D = 1,36 \text{ m}$;
- filtracinės pertvaros plotas: $S = 1,45 \text{ m}^2$;
- filtravimo trukmė: $\tau = 300 \text{ s}$;
- skysčio dinaminė klampa: $\mu = 0,001162 \text{ Pa}\cdot\text{s}$;
- suspensijos tūris: $V = 0,998 \text{ m}^3$;
- nuosėdų tūris: $V_n = 0,21 \text{ m}^3$.

Apskaičiuotas nuosėdų sluoksnio storis:

$$h_n = \frac{V_n}{S} = \frac{0,21}{1,45} = 0,14 \text{ m}; \quad (4.23)$$

čia V_n – nuosėdų sluoksnio tūris, m^3 ; S – filtracinės pertvaros plotas, m^2 .

Apskaičiuotas proporcingumo koeficientas, priklausantis nuo kietosios fazės koncentracijos ir nuosėdų struktūros:

$$x_o = \frac{h_n \cdot S}{V_f} = \frac{0,14 \cdot 1,45}{0,787} = 0,26; \quad (4.24)$$

čia V_f – filtrato tūris, m^3 .

Siekiant apskaičiuoti nuosėdų sluoksnio savitąjį tūrinį pasipriešinimą, įvertinti pagrindiniai bevandenio natrio sulfato dalelių rodikliai:

- vidutinis dalelių skersmuo: $d = 0,00014 \text{ m}$ ($140 \mu\text{m}$);
- dalelės formos pataisos koeficientas: $\phi = 0,58$;
- piltinis tankis: $\rho_p = 1400 \text{ kg/m}^3$;
- tankis: $\rho_k = 2664 \text{ kg/m}^3$.

Apskaičiuotas natrio sulfato dalelių poringumas:

$$\varepsilon = \frac{1 - \rho_p}{\rho_k} = \frac{1 - 1400}{2664} = 0,47. \quad (4.25)$$

Apskaičiuotas nuosėdų sluoksnio savitasis tūrinis pasipriešinimas:

$$r_0 = \frac{150 \cdot (1 - \varepsilon)^2}{\phi^2 \cdot \varepsilon^3 \cdot d^2} = \frac{150 \cdot (1 - 0,47)^2}{0,58^2 \cdot 0,47^3 \cdot 0,00014^2} = 5,9 \cdot 10^{10}. \quad (4.26)$$

Apskaičiuotas slėgių skirtumas, kuris susidaro abipus filtracinės pertvaros:

$$\Delta p = \frac{V^2 \cdot \mu \cdot r_0 \cdot x_0}{2 \cdot S^2 \cdot \tau} = \frac{0,998^2 \cdot 0,0012 \cdot 5,9 \cdot 10^{10} \cdot 0,26}{2 \cdot 1,45^2 \cdot 300} = 14712 \text{ Pa}. \quad (4.27)$$

Remiantis literatūros šaltinyje [36] pateikta grafine siurblio greičio priklausomybe nuo slėgio, nustatyta, kad vakuuminiam siurbliui sudarant 0,088 MPa absoliutųjį slėgį, rekomenduotinas tūrinis našumas 0,0094 m³/s.

Apskaičiuota siurblio variklio galia:

$$N = \frac{V_s \cdot p}{1000 \cdot \eta} = \frac{0,0094 \cdot 99819}{1000 \cdot 0,85} = 1,1 \text{ kW}; \quad (4.28)$$

čia V_s – vakuuminio siurblio našumas, m³/s, p – siurblio sudaromas slėgis, Pa; η – ventiliatoriaus naudingumo koeficientas.

Atlikus pagrindinių vakuuminio siurblio charakteristikų skaičiavus ir įvertinus prietaiso našumą bei galingumą, parinktas „Welch“ firmos siurblys [37], kurio esminiai parametrai:

- prietaiso tipas – Duoseal 1374;
- našumas – 650 l/min;
- maksimalus slėgis – 0,0988 Pa;
- apsisukimai – 510 aps./min;
- variklio galia – 1120 W.

Filtrui parinkta akytoji filtracinė pertvara: atsižvelgiant į filtruojamos medžiagos cheminę sudėtį, temperatūrą, klampą, kietųjų dalelių dydį, pertvaros mechaninį atsparumą, jos kainą ir perskyrimo aparato konstrukciją, parinktas metalinis tinklelis, kurio poros mažesnės nei 0,00014 m.

5. Darbuotojų sauga ir sveikata

5.1. Projektuojamo objekto charakteristika

Projektuojama įmonė įsikūrusi Petrašiūnuose, Kaune, tikslus adresas – Ateities pl. 41. Įmonės veikla – epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio gamyba, kuri apima keletą stadijų: svarbiausios yra aliejaus epoksidinimo ir poliolio gamyba, taip pat reakcijos mišinio praplovimas ir produkto atskyrimas, tada džiovinimas, suspensijos filtravimas gaunant sausą galutinį produktą, žaliavų ir produktų sandėliavimas.

Pagrindinės gamyboje naudojamos žaliavos: sėmenų aliejus, metano rūgštis, vandenilio peroksidas, natrio karbonatas, natrio sulfatas, 2-propanolis, metanolis, sieros rūgštis. Daugiausia sunaudojama sėmenų aliejaus, kitų žaliavų kiekiai tris ir daugiau karto mažesni.

Gamybos metu išsiskiria nedidelis kiekis anglies dioksido, taip pat teršalai aptinkami nuotekose, t.y. po proceso išleidžiamame vandenyje yra nedidelis kiekis epoksidinto aliejaus ir natrio metanoato, teršalų koncentracija mažesnė nei 3 g/l. Taigi pagal veiklos pobūdį galimos taršos rūšys: cheminė ir fizikinė. Pastarąją lemia įrenginių skleidžiamas triukšmas. Pagal įstatymo „Dėl sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklių patvirtinimo“ 1 priedą, vykdoma veikla priskiriama plastikinių žaliavų gamybai, augalinių produktų gamybai, todėl sanitarinė apsaugos zona 500 m [38].

5.2. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimas – nelaimingų atsitikimų ir profesinių ligų prevencija. Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemonės, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta.

Rizikos vertinimas atliekamas keliais etapais: parengiamieji darbai, rizikos veiksnių tyrimas, rizikos dydžio nustatymas, sprendimo dėl rizikos priimtumo priėmimas, rizikos pašalinimas ar sumažinimas, rizikos stebėjimas [39].

Darbo aplinkoje gali pasireikšti cheminiai, biologiniai, fizikiniai, fiziniai, ergonominiai ir psichosocialiniai veiksniai, kurių identifikavimo rezultatai pateikiami 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas

| Rizikos veiksnys, keliantis pavojų profesinei saugai ir sveikatai | Rizikos veiksnio atsiradimo ar veikimo vieta | Rizikos veiksnio dydis (lygis), matavimo vienetas | Rizikos veiksnio leidžiamas dydis (lygis), ribinė vertė, matavimo vienetas | Rizikos veiksnio poveikio trukmė, dažnis | Prevencijos priemonių būtinumas |
|---|--|---|--|--|--|
| Triukšmas | Reaktorius | 78 dB | 87 dB | Darbo metu 4 val. | Ausinės |
| | Maišyklė | 78 dB | | Darbo metu 30 min. | Ausinės |
| | Filtrai | 78 dB | | Darbo metu 30 min. | Ausinės |
| | Siurbliai | 38 dB | | Darbo metu | Įrenginio garso izoliacija |
| | Vakuuminis siurblys | 26 dB | | Darbo metu 30 min. | Įrenginio garso izoliacija |
| Elektra | Reaktorius | 380/220 V | 0,3 mA 2V | Darbo metu | Įnulinimas Įžeminimas Avarinis išjungimas |
| | Maišyklė | | | | |
| | Filtrai | | | | |
| | Siurbliai | | | | |
| | Vakuuminis siurblys | | | | |
| Cheminės medžiagos: - Metanolis - 2-Propanolis | Reaktorius, Maišyklė | - | -260 mg/m ³ * -350 mg/m ³ | Darbo metu | Įrenginiai yra atokiau nuo uždegimo, kibirkščių šaltinių; įrenginiai įžeminti siekiant išvengti elektrostatinės iškvos |

* ilgalaikio poveikio ribinis dydis [40,41].

5.1 lentelės tęsinys.

| | | | | | |
|------------------|--------------------------|---|---|------------|--|
| Šiluminė aplinka | Gamybos cechas, sandėlis | 19-21 °C šaltuoju laikotarpiu; 19-21 °C šiltuoju laikotarpiu | 21-23 °C šaltuoju laikotarpiu; 18-20 °C šiltuoju laikotarpiu | Darbo metu | Reguliuojamos šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos |
| | Administracija | 21-23 °C šaltuoju laikotarpiu; 22-24 °C šiltuoju laikotarpiu | 23-25 °C šaltuoju laikotarpiu; 22-24 °C šiltuoju laikotarpiu | | |

Pagrindinis darbo aplinkoje vyraujantis veiksnys – triukšmas, kurį sukelia veikiantys įrenginiai, tačiau triukšmo lygis neviršija leidžiamos ribinės vertės, be to, dauguma įrenginių veikia pusvalandį. Reaktorius – pagrindinis įrenginys, todėl jo veikimo trukmė žymiai ilgesnė, tačiau gamyba yra periodinė, todėl ne visi įrenginiai įjungiami tuo pačiu metu, be to, naudojamos prevencinės priemonės siekiant išvengti sveikatos sutrikimų.

Taip pat nustatomos patalpų, pastatų kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų atsižvelgiant į patalpose esančių ar technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius, kiekį ir technologinių procesų ypatumus. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai pateikiami 5.2 lentelėje. Įvertinus naudojamas chemines medžiagas, nustatoma patalpų kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų 5.3 lentelėje.

5.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai

| Medžiagos pavadinimas | Sunaudojama (pagaminama) per pamainą, t | Pliūpsnio temperatūra, °C | Sprogumo ribos | | Savaiminio užsidegimo temperatūra, °C | Užsidegimo temperatūra, °C |
|-----------------------|---|---------------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|----------------------------|
| | | | apatinė | viršutinė | | |
| sėmenų aliejus | 0,9 | 222 | n.d. | n.d. | 343 | n.d. |
| metano rūgštis | 0,081 | 48 | 12 % (tūrio) | 38 % (tūrio) | 480 | n.d. |
| vandenilio peroksidas | 0,333 | >96 | n.d. | n.d. | n.d. | 430 |

5.2 lentelės tęsinys kitame puslapyje.

5.2 lentelės tęsinys.

| | | | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------------------|---------------|----------------|------|------|
| metanolis | 0,3438 | 9,7 (DIN 51755, uždaramame inde) | 7,3 % (tūrio) | 36 % (tūrio) | 455 | n.d. |
| 2-propanolis | 0,3438 | 15 | 2 % (tūrio) | 13,4 % (tūrio) | 399 | 425 |
| sieros rūgštis | 0,00611 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| natrio sulfatas | 0,1498 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| natrio karbonatas | 0,094 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| epoksidintas sėmenų aliejus | 0,764 | 239 | n.d. | n.d. | n.d. | 343 |
| poliolis | 0,573 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |

Vertinant medžiagų gaisrinį pavojingumą pagal pliūpsnio temperatūrą, metanolis ir 2-propanolis gali būti priskiriami prie lengvai užsiliepsnojančių skysčių, tačiau produktai išlieka stabilūs, kai užtikrinamos rekomenduojamos saugojimo ir naudojimo sąlygos.

5.3 lentelė. Pastatų ir patalpų kategorijos pagal sprogo ir gaisro pavojų

| Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas | Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną | Kategorija, pavojingos vietos zona |
|--|--|------------------------------------|
| Sandėlis | Sandėliuojami degūs ir labai degūs skysčiai | C _g |
| Gamybinės patalpos | Naudojami degūs ir labai degūs skysčiai | C _g |
| Gamykla | Pastate esančių C _g kategorijos patalpų bendrasis plotas viršija 10 % pastato patalpų ploto | C _g |

Pagal 5.3 lentelėje pateiktus duomenis matyti, kad dirbant normaliu režimu negali susidaryti sprogi aplinka, tačiau jei susidarytų, tai būtų trumpą laiką (avarijos metu), todėl pagal pavojingumą gamybinis cechas ir sandėlis priskiriamas 2 zonai.

5.3. Saugi gamyba

Šiame skyrelyje nagrinėjami fizinių rizikos veiksnių sukelti pavojai ir numatomos prevencinės priemonės. Išnagrinėjamas technologinio proceso ir įrenginių saugumas siekiant išvengti pavojingų zonų.

Parenkant elektros įrenginius, būtina numatyti apsaugos nuo elektros srovės priemones, kurios parenkamos pagal elektros įrenginių įtampą ir patalpos klasę, nustatytą atsižvelgiant į elektros srovės pavojingumą žmonėms. Įvertinant elektros įrenginių eksploatavimo patalpų pavojingumo klasių požymius, gamybinės patalpos priskiriamos pavojingoms, kadangi grindys yra laidžios elektros srovei – grindys yra gruntinės [42]. Pavojingose patalpose būtina įnulinti įrenginių korpusus, jei įrenginiai yra aukštesnės nei 50 V įtampos kintamosios srovės ir aukštesnės nei 75 V įtampos nuolatinės srovės. Įnulinimo apsauginis efektas atvirkščiai proporcingas apsaugos aparato suveikimo laikui, todėl stacionariųjų imtuvų ribinė atjungimo trukmė turi būti $t \leq 0,2$ sekundės.

Kiekvienai sprogo nesukeliančiai įrangai yra nustatyta aukščiausia leidžiamoji paviršiaus temperatūra, kuri priklauso nuo užsiliepsnojančių dujų, garų arba skysčių lašelių, dulkių arba plaušelių ir atmosferos oro mišinių temperatūrinės klasės. Gamyboje naudojamas metanolis, kuris priskiriamas prie medžiagų, galinčių sudaryti su oru sprogiuosius mišinius. Toks mišinys priskiriamas II A kategorijai su T2 temperatūrine klase, tai reiškia, kad aukščiausia leidžiama paviršiaus temperatūra neturi viršyti 300 °C, o užsidegimo temperatūra 300-450 °C.

Elektros įrenginiai, kurie dirba C_g kategorijų patalpose, kuriose yra vietų, kur gali susidaryti potencialiai sprogi aplinka, parenkami pagal „Specialių patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės“ [43]. Elektros įranga, kuri naudojama dirbant su metanoliumi, t.y. maišyklė, siurblys ir reaktorius, priskiriami II 3G kategorijai, tačiau įranga veikia pagal gamintojo nustatytus darbinis parametrus ir užtikrina normalų apsaugos lygį. Šios kategorijos įranga naudojama vietose, kur tikimybė susidaryti oro ir skysčių garų bei lašelių mišinių sprogiąjai aplinkai yra maža, arba tokios sąlygos susidaro retai ir trumpai. Ši įranga privalo užtikrinti reikiamą apsaugos lygį normalaus darbo metu, t.y. neturi būti viršijama leistina paviršiaus temperatūra, įrenginiai turi sprogiui atsparų korpusą, kuris išlaiko sprogo slėgį ir kartu su elektrinėmis apsaugos priemonėmis neperduoda liepsnos į išorę (sprogiam mišiniui) tiek įrenginio normalaus darbo metu, tiek esant trumpajam jungimui. Kad sprogo metu liepsna nepatektų į išorę ir neuždegtų degaus mišinio, įrenginio korpuse yra ribojamas tarpelių (plyšių) dydis. Jis neturi būti didesnis už tam tikro degiojo mišinio gesinantį tarpelį. Pagal gesinančio tarpelio plotį nustatoma sprogojo mišinio kategorija, kuri šiuo atveju yra II A, todėl gesinančio tarpelio plotis turi būti iki 0,9 mm.

Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zona

Pagal statinių apsaugos klases ir jų apsaugos patikimumą, pastatas priskiriamas III apsaugos klasei, kurios patikimumas 0,91, todėl žaibolaidžio aukštis gali būti parenkamas nuo 0 iki 100 m. Projektuojamo pastato matmenys surašyti 5.4 lentelėje.

5.4 lentelė. Projektuojamo pastato matmenys

| Kriterijus | Vertė |
|---------------------------|-------|
| Pastato ilgis L, m | 30,7 |
| Pastato plotis b, m | 30,7 |
| Pastato aukštis h_x , m | 9,84 |

Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonai nustatyti naudojamos pavienio strypo žaibolaidžių formulės. Skaičiavimai atliekami remiantis statybos techniniu reglamentu „Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo“ [44]. Parenkamas preliminarus žaibolaidžio aukštis $h = 20$ m. Apsaugos zonos kūgio aukštis h_0 ir kūgio spindulys r_0 skaičiuojamas pagal formules:

$$h_0 = h \cdot 0,85 = 20 \cdot 0,85 = 17 \text{ m}; \quad (5.1)$$

$$r_0 = 1,2 \cdot h = 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ m}. \quad (5.2)$$

Apsaugos zonos spindulys aukštyje $h_x = 9,84$ m:

$$r_x = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot (h - h_x / 0,85) = (1,1 - 0,002 \cdot 20) \cdot (20 - 9,84 / 0,85) = 8,93 \text{ m}. \quad (5.3)$$

Apskaičiuojamas atstumas tarp žaibolaidžių L_c :

$$L_c = 2,5 \cdot h = 2,5 \cdot 20 = 50 \text{ m}. \quad (5.4)$$

$$L_{\max} = 5,75 \cdot h = 5,75 \cdot 20 = 115 \text{ m}. \quad (5.5)$$

$$L = L + 2 \cdot L_{pž} = 30,7 + 2 \cdot 5 = 40,7 \text{ m}. \quad (5.6)$$

Kadangi atstumas tarp žaibolaidžių $L \leq L_c$, tai zonos riboje nėra įlinkio ($h_c = h_0$).

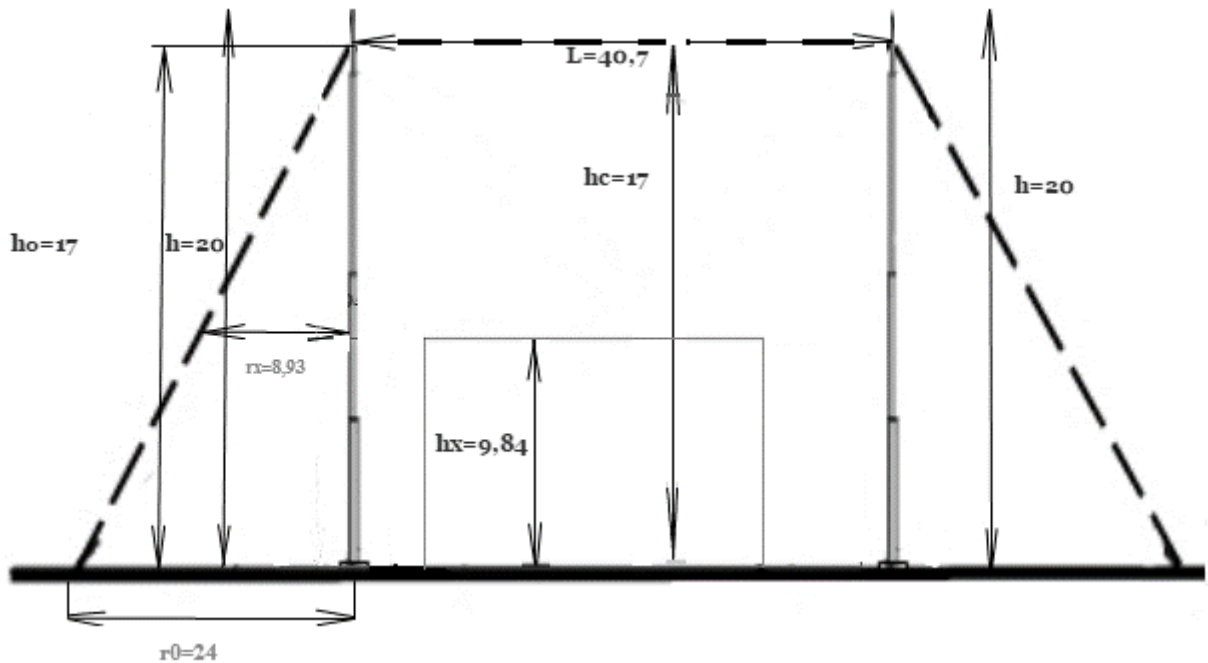
$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c} = \frac{24(17 - 9,84)}{17} = 10,11 \text{ m}. \quad (5.7)$$

Kai $h_x < h_c$, horizontalaus pjūvio ilgis $l_x = L/2 = 40,7 / 2 = 20,35$ m.

$$l_{\max} = 6 \cdot h = 6 \cdot 20 = 120 \text{ m}. \quad (5.8)$$

$$l_c = 3 \cdot h = 3 \cdot 20 = 60 \text{ m}. \quad (5.9)$$

Skaičiavimai patikrinti naudojantis automatine skaičiuokle [45], siekiant įsitikinti rezultatų tinkamumu. Kadangi pastatas patenka į žaibolaidžių sudaromą apsaugos zoną, žaibolaidžiai parinkti teisingai.



5.1 pav. Dviejų žaibolaidžių apsaugos zonos matmenys

5.4. Darbo higiena

Darbo higiena yra viena iš ergonomikos sudedamųjų dalių. Meteorologinės darbo sąlygos (mikroklimatas) – temperatūra, drėgmė, oro cirkuliacijos greitis, šiluminis spinduliavimas – turi didelę įtaką žmogaus fiziologiniams procesams, todėl svarbu nustatyti ceche esančių rizikos veiksnių dydžius, poveikio trukmę ir priežastis.

Gamybos ceche ir sandėlyje numatoma temperatūra šaltuoju laikotarpiu 19-21 °C ir šiltuoju sezonu 19-21 °C. Administracijoje numatoma temperatūra 21-23 °C šaltuoju sezonu ir 22-24 °C šiltuoju sezonu. Tokia temperatūra yra priimtina, kadangi dirbant lengvą fizinį darbą geriausia savijauta būna tuomet, kai oro temperatūra 22-24 °C šiltuoju laikotarpiu, 23-25 °C šaltuoju laikotarpiu, o dirbant vidutinio sunkumo fizinį darbą: 18-20 °C šiltuoju, 21-23 °C šaltuoju laikotarpiu [46].

Apšvietimas turi labai daug įtakos žmogaus organizmui ir jo darbingumui. Nustatyta, kad geriau apšvietus darbo vietas, žmonės ne taip greitai pavargsta, o darbo našumas padidėja 10-20 %. Kai apšvietimas prastas, labai sumažėja darbo našumas ir tikslumas. Pagal vykdomo darbo specifiką bei atsižvelgiant į reikalingą regos tikslumą, greitį, šviesos atsispindėjimą, išskiriamos didžiausios dirbtinės apšvietos ribinės vertės skirtingiems veiklos tipams. Projektuojamos gamyklos darbo zonoms numatytos apšvietos vertės pateiktos 5.5 lentelėje. Apšvietos ribinės vertės ir kokybės klasės parinktos remiantis higienos norma HN 98 : 2014 „Natūralus ir dirbtinis

darbo vietų apšvietimas. Apšvietos mažiausios ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai“ [47].

5.5 lentelė. Projektuojamų patalpų apšvietos normos

| Patalpos tipas | Rekomenduojamos dirbtinės apšvietos ribinės vertės, lx | | |
|--------------------------|--|----------|-----------|
| | didžiausia | numatoma | mažiausia |
| Gamybos patalpos | 500 | 300 | 200 |
| Sandėlis | 200 | 150 | 100 |
| Administracinės patalpos | 750 | 500 | 300 |

Darbo vieta, kurioje nuolat dirbama, rekomenduojama mažiausia apšvietos ribinė vertė yra 200 lx, kadangi gamybinėse patalpose darbams atlikti reikia nedidelio regos tikslumo, numatyta 300 lx apšvieta. Sandėlis nėra naudojamas nuolatiniam darbui, todėl jame numatyta mažesnė apšvieta – 150 lx. Administracinėse patalpose atliekami darbai, kuriems reikia vidutinio regos tikslumo, todėl jose numatyta 500 lx apšvieta. Todėl gamyklos patalpose įengiamos liuminescencinės lempos, kurių galia 58 W, šviesos srautas 4600 lm. Reikalingas galingumas projektuojamos gamybos apšvietimui skaičiuojamas pagal formulę:

$$P_a = \frac{1,2 \cdot A \cdot E}{Nl} = \frac{1,2 \cdot 401,26 \cdot 300}{58} = 2490 \text{ W}; \quad (5.10)$$

čia A – patalpos plotas, m²; E – norminė apšvieta, lx; Nl – lempų galia, W; 1,2 – koeficientas.

Pavyzdys pateiktas gamybinių patalpų apšvietimo skaičiavimui, kitų patalpų apšvietimui reikalinga galia ir lempų skaičius parinktas analogiškai, skaičiavimai surašyti į 5.6 lentelę.

5.6 lentelė. Patalpų norminė apšvieta ir projektuojamų lempų galingumas

| Patalpa | Plotas, m ² | Norminės apšvieta, lx | Reikalingas galingumas, W |
|--------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Gamybinės patalpos | 401,26 | 300 | 2490 |
| Sandėlis | 144 | 150 | 447 |
| Administracija | 397,23 | 500 | 4109 |
| Viso | | | 7046 |

Kadangi skirtingais darbo pamainos tarpniais veikia įvairaus lygio triukšmas, jo vertės surašomos į 5.7 lentelę.

5.7 lentelė. Darbo vietos triukšmo lygių ir operacijų trukmės duomenys

| Operacijos nr. | Ekvivalentus garso lygis operacijos metu L_{Aeqi} , dBA | Bendroji operacijos trukmė per pamainą t_i , min. | Kasdienio operacijos triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė, $L_{EX,8hi}$, dBA |
|---|---|---|--|
| 1. | 78 | 240 | 75 |
| 2. | 78 | 30 | 66 |
| 3. | 78 | 30 | 66 |
| 4. | 26 | 30 | 14 |
| 5. | 38 | 34 | 27 |
| Bendroji kasdienio triukšmo (ekspozicijos) lygio vertė $L_{EX,8h}$ ((5.2) lygtis) | | | 72 |

Kadangi triukšmą keliantys įrenginiai dirba ne visą pamainą, per darbo dieną susidarancio triukšmo lygis apskaičiuotas pagal formulę (5.1) ir įrašytas į 5.7 lentelę.

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq} + 10 \lg \frac{T_x}{T_p} = 78 + 10 \lg \frac{240}{480} = 74,99; \quad (5.11)$$

čia L_{Aeq} – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį T_x , dBA; T_x – pamainos laikas, kai dirbama esant tokio lygio triukšmui, min; T_p – bendroji darbo pamainos trukmė, min ($T_p = 480$ val.).

Kai skirtingais darbo pamainos tarpniais veikia įvairaus lygio triukšmas, kasdienio triukšmo lygis apskaičiuotas pagal šią lygtį:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_p} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1L_{Aeqi}} \right] = 10 \lg \left[\frac{1}{480} \cdot 1033458 \right] = 72 \text{ dB}; \quad (5.12)$$

čia $L_{Aeq,ti}$ – ekvivalentaus garso lygio vertė per laikotarpį t_i , kurio metu matuotas (nustatytas) darbuotoją veikiantis triukšmas, dBA; i – laikotarpių skaičius. Laikotarpių t_i bendroji suminė vertė neviršija T_p .

Apskaičiuotoji kasdienio triukšmo lygio vertė neviršija leidžiamąją normą [48,49].

5.5. Gaisrinė sauga

Projektuojant pastatus, būtina parinkti tinkamas statybines konstrukcijas, priimti planavimo sprendimus, neleidžiančius patalpoje, tarp patalpų, aukštų, gaisrinių skyrių, pastatų susidaryti ir išplisti pavojingiems gaisro veiksniams [50].

Projektuojant pastatus ar patalpas, svarbu numatyti žmonių evakuacinius išėjimus iš patalpų. Naujos gamyklos evakuacinis planas pateiktas 5.2 paveikslėlyje. Pagrindinis evakuacijos kelias pažymėtas ištisine linija, atsarginis – punktyru. Koridoriuose ir ant evakuacijos keliuose esančių durų nurodoma evakuacijos kryptis.

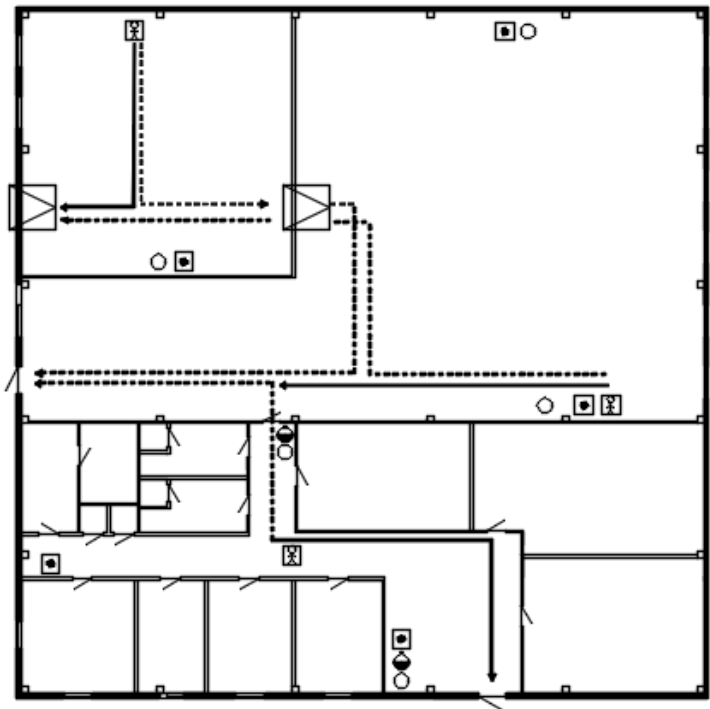
Gesintuvų tipas ir skaičius nustatomas atsižvelgiant į galimo gaisro klasę, gesinimo priemonių tinkamumą gaisrui gesinti, veiksmingumą, maksimalų gesinimo plotą, patalpose ar įrenginiuose naudojamų medžiagų savybes, taip pat patalpų kategoriją pagal sprogimo ir gaisro pavojų, patalpose naudojamų ir laikomų medžiagų fizikines bei chemines savybes. Gesintuvo tipas parenkamas ir jų skaičius nustatomas pagal „Bendrųjų gaisrinės saugos taisyklių“ 5 priedą [50].

Atsižvelgiant į gamyboje naudojamų ir laikomų medžiagų fizikines ir chemines savybes, nustatyta galimo gaisro klasė, t.y. B klasė. Parinkti miltelinio tipo BC gesintuvai, kurie veiksmingiausi gesinant skysčių ir dujų gaisrus, be to, jie tinkami elektros įrenginiams gesinti neišjungus įtampos. Įvertinant gamybos ir sandėliavimo paskirties patalpų plotą bei kategoriją pagal sprogimo ir gaisro pavojų, parinkti 5 nešiojami gesintuvai po 4 kg. Gesintuvai išdėstyti tolygiai: 2 įtaisyti administracinėse patalpose, 2 gamybinėse ir 1 sandėlyje.

Gaisrams gesinti būtinas priešgaisrinis vandentiekis. Priešgaisrinis vandentiekis skirstomas į vidinį ir išorinį. Tam tikslui administracinėse patalpose įrengtas gaisrinis čiaupas, o išorėje – hidrantas. Vidaus priešgaisrinis vandentiekis neįrengiamas gamybiniuose pastatuose, kur vanduo gali sukelti sprogimą, gaisrą ar ugnies plitimą.

Evakuacijos planas

- Sutartiniai žymėjimai:
- gesintuvas
 - gaisrinis čiaupas
 - ◼ gaisro signalizacijos jungiklis
 - pagrindinis evakuacijos kelias (žalia spalva)
 - atsarginis evakuacijos kelias (žalia spalva)
 - ☒ jūs esate čia



5.2 pav. Evakuacijos planas

6. Statybiniai sprendimai

6.1. Bendrieji duomenys

Projektuojama nauja gamykla, gaminanti epoksidintą sėmenų aliejų ir poliolių, kuris gali būti naudojamas kaip žaliava įvairių produktų gamyboje. Gamykla įsikūrusi Petrašiūnuose, Kaune, tikslus adresas – Ateities pl. 41. Įmonė yra šalia Taikos pr. pabaigos ir 10 km atstumu nuo magistralinio kelio A1, kuris yra pagrindinis tarpmiestinis susisiekimo ir transportavimo būdas. Iki artimiausios geležinkelio stoties 4,4 km, tačiau kol kas geležinkelių transportas nenaudojamas.

Sklypas yra 38,22 arų dydžio, jame yra pagrindinis vienaaukštis pastatas, kuriame įsikūrusios administracinės patalpos, kokybės kontrolės laboratorija, gamybinės patalpos bei sandėlys, kur laikomos žaliavos ir pagaminta produkcija. Į gamyklos teritoriją yra vienas įvažiavimas iš Ateities pl. pusės automobiliniam transportui, kadangi visos žaliavos ir produkcija vežama tokiu transportu, įvažiavimo plotis – 3,5 m, numatyti keliai darbininkams atvažiuoti į darbo vietas bei avarinėms tarnyboms privažiuoti avarijų metu, taip pat suprojektuotas patogus ir erdvus privažiavimas prie sandėlio. Transporto važiavimo keliai išasfaltuoti, darbuotojams vaikščioti suprojektuotas 1,5 m pločio, trinkelėmis klotas šaligatvis.

Želdiniai užima 25 % žemės sklypo, vyrauja žolė ir beržai, atstumas nuo pastato iki žalios vejos – 1 m. Taip pat 25 % sklypo ploto užima gamybinis pastatas, 22 % - automobilių stovėjimo aikštelė, kurioje yra 28 stovėjimo vietos, iš kurių 2 skirtos neįgaliesiems asmenims, likusi erdvė skirta produkcijos paskirstymo priemonėms, atliekų kaupimui, esant poreikiui, papildomų sandėliavimo patalpų įrengimui. Pagrindiniai projektuojamą statinį apibūdinantys techniniai rodikliai pateikti 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

| Eil. Nr. | Pavadinimas | Mato vienetas | Kiekis |
|---|--|----------------|--------|
| 1 | I. SKLYPAS | | |
| | 1.1. sklypo plotas | ha | 0,3822 |
| | 1.2. statinio užimtas žemės plotas | m ² | 942,49 |
| | 1.3. apželdintas žemės plotas (žalasis plotas) | m ² | 984,9 |
| | 1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius | vnt. | 28 |
| | 1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis | m | 300 |
| 2 | II. PASTATAI | | |
| | 2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai) | | |
| | 2.2. bendrasis plotas: | m ² | 942,49 |
| | 2.2.1. pagrindinis | m ² | 545,26 |
| | 2.2.2. pagalbinis | m ² | 397,23 |
| | 2.3. pastato tūris | m ³ | 732 |
| | 2.4. aukštų skaičius | vnt. | 1 |
| 2.5. pastato aukštis | m | 9,84 | |
| 2.6. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III) | MJ/m ² | I | |

6.2. Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Gamykla – pramoninis vienaaukštis pastatas, paprastos ir nesudėtingos plano formos. Pastato fasadas orientuotas į šiaurę, pastato ilgis – 30,7 m, plotis – 30,7 m. Kadangi pastatas yra 9,84 m aukščio, įrengtos gelžbetoninės kolonos, kurių skerspjūvis 300 x 300 mm, o kolonų žingsnis – 6 m, pasirinkti gręžtiniai poliai. Pagrindinės pamatų sijos 450 mm aukščio ir 500 mm pločio. Naudojamos gelžbetoninės konstrukcijos: kraštinės ir vidurinės kolonos, perdangos ir denginio plokštės, kolonų pamatai, pamatų sijos ir kt. Stogui pasirinkta metalinė santvara su šlaitais. Stogo detali sandara: stogo danga (profiluota skarda), ištinis paklotas (20 mm), vėdinamas oro tarpas (50 mm), hidroizoliacija ir apsauga nuo vėjo (difuzinė plėvelė), Paroc extra plus (200 mm), orą ir garus izoliuojantis sluoksnis, paroc extra (50 mm) [51].

Išorinės sienos daugiasluoksnės, sudarytos iš mineralinės vatos ir profiluotos skardos išorėje bei viduje, išorinių sienų storis – 200 mm, vidinės sienos iš gipskartonio plokščių, jų storis – 120 mm. Grindų detali sandara: grindų danga (14 mm), armuotasis išlyginamasis sluoksnis (3 mm), skiriamasis sluoksnis, Paroc GRS 20 (100 mm), drenuojantis sluoksnis (100 mm), sutankintas gruntas.

Gamybinėse patalpose ir sandėlyje įrengta 10 langų, kurių matmenys 1440 x 800 mm, administracinėse patalpose yra 9 langai, kurių matmenys 1230 x 1090 mm. Langų gamintojas UAB „Fauga“, parinkti „Fauga Standart“ vokiški 3 kamerų, 60 mm pločio „Thyssen“ profilio langai, turintys 2 sandarinimo tarpines bei stiklo paketą su selektyviu stiklu ir argonu, stiklo rėmas iš kokybiško PVC profilio. Parinktų langų šilumos laidumas – $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, garso izoliacija – 32 dB, šviesos pralaidumas – 79 %.

Pastate įrengta 17 durų, kurių plotis 900 mm, fasadinių durų plotis 1200 mm, taip pat yra dveji vartai, kurių plotis 2000 mm, vartai skirti įvažiavimui į sandėlį ir iš jo į gamybinės patalpas.

6.3. Bendrųjų pastato inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai

Pagrindinės statinio inžinerinės sistemos yra vandentiekis, nuotekos ir elektra. Gamybinių patalpų viduje yra keletas stambių įrenginių, kurie prijungti prie elektros ir vandens linijų, taip pat vanduo naudojamas buitiniams reikmėms, o elektra patalpų apšvietimui. Vanduo tiekiamas centralizuotai iš miesto vandentiekio UAB „Kauno vandenys“, taip pat sklype apželdintame plote įrengtas šulinys. Elektros tiekimą užtikrina miesto elektrinė AB „Kauno energija“. Įmonėje nėra katilinės, todėl naudojamas miesto šildymas.

Technologinę įrangą sudaro: žaliavų talpos (9 vnt.), reaktoriai (2 vnt.), maišyklė (5 vnt.), kaitintuvas (1 vnt.), filtras (1 vnt.), distiliatorius (1 vnt.), produkto talpa (1 vnt.).

6.4. Orientacinės statinio naujos statybos kainos apskaičiavimas

Bendras investicijų poreikis statinio projektui parengti ir jį pastatyti nustatomas apskaičiuojant suvestinę statybos kainą. Orientacinės statinio kainos įvertinamos žinant pagrindinius statinio techninius rodiklius, naudojantis UAB „Sistela“ statinių statybos skaičiuojamųjų kainų palyginamaisiais ekonominiais rodikliais, bei parengtu Nekilnojamo turto atkūrimo kaštų (statybinės vertės) kainynu [52]. Suvestinis statybos kainų apskaičiavimas pateiktas 6.2 lentelėje.

6.2 lentelė. Statybos kainos apskaičiavimo suvestinė

| Išlaidų aprašymas | Kaina, tūkst. € | | | Iš viso (su PVM) |
|---|------------------------------------|------------|-------------------|---------------------|
| | Statybos ir montavimo darbai | Įrenginiai | Kitos išlaidos | |
| I. Statybos sklypas | 1100,74 | X | X | 1100,74 |
| II. Statybos sklypo paruošimas | 25,89 | X | X | X |
| III. Statinio statyba ir įrengimas | 1095,87 | 89,01 | X | 1184,88 |
| IV. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos | 56,09 | X | X | 56,09 |
| V. Kitos išlaidos | 23,56 | X | X | 23,56 |
| VI. Rezervas | 120,14 | X | X | 120,14 |
| Iš viso pagal I–VI skyrius | 2422,29 | 89,01 | X | 2367,59 |

7. Finansiniai ir ekonominiai skaičiavimai

7.1. Bendrieji duomenys

Kuriant inžinerinį projektą, įvertinamas jo novatoriškumas, techninis, socialinis, teisinis, aplinkosauginis aspektas, tačiau vienas svarbiausių yra ekonominis naudingumas, kuris lemia projekto efektyvumą ir perspektyvumą. Taigi inžinerinė veikla privalo būti vykdoma pagal ekonominius kriterijus, kiekvienas techninis sprendimas turi būti išnagrinėtas įvertinant jo finansinę naudą.

Ekonominio įvertinimo metu yra sukuriama inžinerinio projekto finansinės bei ekonominės naudos vertinimo sistema, identifikuojamas kiekvieno projekto rizikos laipsnis ir galimi netikėtumai, nustatomos laukiamos pajamos ir išlaidos.

Šioje projektavimo dalyje atliekami priešinvesticiniai aplinkos tyrimai, nustatomos reikalingos investicijos ir parenkami jų šaltiniai. Projekto investicijų skaičiavimas pradedamas nuo kaštų, reikalingų ilgalaikiam turtui įsigyti, skaičiavimo. Antras kaštų elementas – trumpalaikio kapitalo įsigijimo kaštai.

Apskaičiuojami gamybos kaštai, planuojamas pelnas, pagrindiniai investicijų efektyvumo rodikliai. Didžiausia investicijų dalis tenka ilgalaikio turto įsigijimui, taip pat nemažai lėšų skiriama apyvartiniam turtui. Projekto kaštai ir finansavimo šaltiniai pateikti 7.1 lentelėje, o išsamūs skaičiavimai yra 7.3. skyrelyje „Finansinės ir investicinės sąnaudos“

7.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

| Projekto kaštai | | Finansavimo šaltiniai | |
|---|----------|-------------------------|----------|
| Struktūra | tūkst. € | Struktūra | tūkst. € |
| 1. Ilgalaikiam turtui įsigyti, gamybos priemonėms | 2286 | 1. Paskolos: ilgalaikė, | 2286 |
| 2. Trumpalaikiam turtui įsigyti, žaliavoms ir pagrindinėms medžiagoms | 67 | trumpalaikė | 67 |
| Viso kaštų: | 2353 | Viso šaltinių: | 2353 |

Siekiant įvertinti ilgalaikį turtą, atlikta statybos kaštų suvestinė, kuri pateikta 6.4. skyrelyje „Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas“. Įvertintos investicijos, reikalingos sklypo įsigijimui bei aikštelės paruošimui, taip pat naujo statinio statybai reikalingos išlaidos, nepamirštant technologinių įrenginių bei kito inventoriaus įsigijimo. Inžinerinio projekto įgyvendinimui reikalinga suma 2353 € gaunama kaip finansavimo šaltinius pasirenkant ilgalaikę ir trumpalaikę paskolą.

Inovacijos projekte numatyta 2 produktų: epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio, gamyba, kurios metu naudojamos žaliavos ir jų atsargos priskiriamos trumpalaikiam turtui, todėl apskaičiuotas preliminarus apyvartinių lėšų poreikis, įvertinant kasmetinį gamybos prieaugį. Skaičiavimų rezultatai pateikti lentelėse 7.2 ir 7.3, kadangi gaminami du produktai, kiekvienam skaičiavimai atlikti atskirai.

7.2 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis epoksidinto aliejaus gamybai

| Rodiklis | Projekto gyvavimo metai | | | | | |
|--|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Gamybos apimtis, natūriniais vienetais (kg) | - | 64176 | 80220 | 100275 | 125344 | 156680 |
| 2. Gamybos prieaugio koeficientas | - | 1 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 3. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. € | - | 332,09 | 399,31 | 481,62 | 599,47 | 724,07 |
| 4. Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis, tūkst. € | - | 0 | 67,22 | 82,31 | 117,85 | 124,6 |
| 5. Apyvartinis kapitalas, tūkst. € | 67 | - | | | | |

7.3 lentelė. Trumpalaikio turto poreikis poliolio gamybai

| Rodiklis | Projekto gyvavimo metai | | | | | |
|--|-------------------------|-------|--------|----------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Gamybos apimtis, natūriniais vienetais (kg) | - | 48132 | 60165 | 75206,25 | 94008 | 117510 |
| 2. Gamybos prieaugio koeficientas | - | 1 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 3. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. € | - | 370,8 | 447,69 | 542,09 | 671,06 | 818,56 |
| 4. Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis, tūkst. € | - | 0 | 76,89 | 94,4 | 128,97 | 147,5 |
| 5. Apyvartinis kapitalas, tūkst. € | 67 | - | | | | |

Projekto ekonominis įvertinimas atliekamas produkciją skaičiuojant natūriniais vienetais, šiuo atveju kilogramais, taip pat priimta, kad gamybos prieaugio koeficientas yra pastovus, jo skaitinė vertė 1,25. Apyvartinės metinės lėšos apskaičiuotos 7.10 lentelėje, kurioje pateikti gamybos kaštai. Apyvartinis kapitalas formuojamas baziniais metais, tam skiriama 20 % apyvartinių lėšų

Gamybos apimtis įvertinta atsižvelgiant į gamyklos darbo laiko planą, taip pat įrenginių našumą bei proceso trukmę. Įvertinant gamybos prieaugį, gamybos apimtis pateikiama prekės gyvavimo ciklui (vidutiniškai penkerių metų laikotarpiui). Aktualiausia brandos stadija, kadangi

joje gamybos įsisavinimo koeficientas lygus 1. Kitais projekto eksploataavimo metais įsisavinimo koeficientą tikslinga priimti 0,6–0,9 ribose ir pagal jį paskaičiuoti gamybos apimtis. Šie skaičiavimai pateikti 7.4 lentelėje.

7.4 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos

| Rodikliai | Gamybos įsisavinimo koeficientas | Gaminiai | | Viso, tūkst. € |
|--|----------------------------------|-----------------------------|----------|----------------|
| | | epoksidintas sėmenų aliejus | poliolis | |
| 1. Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, kg | 1 | 100275 | 75206,25 | - |
| 2. Gaminio kaina, € | - | 6 | 10 | - |
| 3. Realizacinės pajamos brandos stadijoje, tūkst. € | 1 | 601650 | 752062,5 | 1353712,5 |
| 4. Realizacinės pajamos pirmaisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. € | 0,6 | 360990 | 451237,5 | 812227,5 |
| 5. Realizacinės pajamos antraisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. € | 0,8 | 481320 | 601650 | 1082970 |

Pirmaisiais gamybos metais planuojamas 60 % pajėgumas lyginant su brandos stadija. Mažesnis našumas numatytas dėl neištobulintos gamybos technologijos, nepakankamai iširtos rinkos, kuri labiau turėtų būti orientuota į užsienio valstybes. Gaminių kainos įrašytos atsižvelgiant į atliktą išsamų gamybos sąnaudų įvertinimą, kuris pateiktas 7.4. skyrelyje „Gaminių kainos skaičiavimas“.

7.2. Gamybos kaštai

7.2.1. Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Apskaičiuojant realizacines pajamas, svarbus faktorius – gaminio kaina, kuri preliminariai apskaičiuota 7.5 lentelėje. Apyvartinių išlaidų suvestinėje išvardytos abiejų produktų gamybai reikalingos žaliavos, nurodytos jų kainos ir reikalingi kiekiai. Atsižvelgiant į produktų partijai pagaminti sunaudojamų žaliavų sąnaudas bei kaštus, apskaičiuotos išlaidos pagrindinėms žaliavoms penkių metų laikotarpiui.

7.5 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

| Medžiagos (žaliavos) pavadinimas | Gamybos planas, kg. | Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, natūriniais vienetais (kg) | Medžiagos kaina, €/kg. | Medžiagos poreikis, natūriniais vienetais (kg) | Medžiagų kaštai | |
|--|------------------------|--|------------------------------|--|------------------|-------------------|
| | | | | | gaminio, €/kg | viso, tūkst. € |
| 1 metai | | | | | | |
| sėmenų aliejus | 64176 | 1,178 | 3,2 | 75599,33 | 3,77 | 241,92 |
| metano rūgštis | | 0,106 | 0,39 | 6802,66 | 0,04 | 2,71 |
| vandenilio peroksidas | | 0,436 | 0,36 | 27980,74 | 0,16 | 10,13 |
| natrio karbonatas | | 0,123 | 0,16 | 7893,65 | 0,02 | 1,26 |
| natrio sulfatas | | 0,196 | 0,44 | 12578,49 | 0,09 | 5,59 |
| epoksidintas aliejus | Iš viso | | | | 4,08 | 261,59 |
| epoksidintas aliejus | 48132 | 1,33 | 4,08 | 64015,56 | 5,43 | 261,59 |
| 2-praponolis | | 0,6 | 0,94 | 28879,2 | 0,56 | 27,18 |
| metanolis | | 0,6 | 0,29 | 28879,2 | 0,18 | 8,58 |
| sieros rūgštis | | 0,011 | 0,3 | 529,452 | 0,003 | 0,16 |
| natrio karbonatas | | 0,012 | 0,16 | 577,58 | 0,002 | 0,09 |
| natrio sulfatas | | 0,11 | 0,44 | 5294,52 | 0,05 | 2,35 |
| poliolis | Iš viso | | | | 6,22 | 299,95 |

7.5 lentelės tęsinys kitame puslapyje.

7.5 lentelės tęsinys.

| 2 metai | | | |
|-------------------------|---------|-------|--------|
| epoksidintas aliejus | Iš viso | 4,08 | 326,99 |
| poliolis | Iš viso | 6,22 | 374,94 |
| 3 metai | | | |
| epoksidintas aliejus | Iš viso | 4,08 | 408,74 |
| poliolis | Iš viso | 4,875 | 468,67 |
| 4 metai | | | |
| epoksidintas aliejus | Iš viso | 4,08 | 510,93 |
| poliolis | Iš viso | 4,875 | 585,84 |
| 5 metai | | | |
| epoksidintas aliejus | Iš viso | 4,08 | 638,66 |
| poliolis | Iš viso | 4,875 | 732,3 |

Pagrindinė žaliava – sėmenų aliejus, todėl daugiausia lėšų skirta šios medžiagos įsigijimui. Pirmasis produktas – epoksidintas sėmenų aliejus, kurio viena partija sudaro 764 kg, o atsižvelgiant tik į žaliavų sąnaudas, tokį kiekį pagaminti kainuoja 3114,25 €. Antras produktas – poliolis, kurio gamybos našumas 573 kg, tik šio produkto gamyba ilgiau trunka ir reikalauja didesnių sąnaudų, kadangi jis gaminamas iš epoksidinto aliejaus, kuris taip pat sintetinamas, o ne perkamas. Taigi pagaminti partiją poliolio kainuoja 3570,9 €. Pagal partijos gamybos našumą ir išlaidas žaliavoms, apskaičiuotos metinės gamybos išlaidų sąnaudos.

Kai žinomas gamybos planas, galima skaičiuoti žaliavų, medžiagų, energijos, darbo ir kitų išteklių poreikį, reikalingą planuojamai gamybos apimčiai įvykdyti. Kadangi žaliavų poreikis buvo apskaičiuotas, lentelėje 7.6 pateikiamas išlaidų skaičiavimas pagrindinių gamybinių darbininkų darbo užmokesčiui 5 metų laikotarpiui.

7.6 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

| Gaminy, profesijos | Metinė gamybos apimtis, natūriniais vnt. (kg/metus) | Laiko norma arba išdirbio norma | Programos darbo imlumas, tūkst. h | Darbininkų skaičius | Valandinis tarifinis atlygis, €/val. | Vienetinis įkainis, €/vnt. | Darbo užmokestis, tūkst. € | Atskaitymai soc. draudimui, tūkst. € |
|--------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 metai | | | | | | | | |
| G ₁ | 64176 | 0,01 | 95,5 | 2 | 1,82 | 0,018 | 7,34 | 2,26 |
| G ₂ | 48132 | 0,028 | 38,81 | | | 0,051 | | |
| 2 metai | | | | | | | | |
| G ₁ | 80220 | 0,008 | 119,38 | 2 | 2,08 | 0,017 | 8,39 | 2,58 |
| G ₂ | 60615 | 0,022 | 44,77 | | | 0,046 | | |
| 3 metai | | | | | | | | |
| G ₁ | 100275 | 0,006 | 149,22 | 2 | 2,08 | 0,012 | 8,39 | 2,58 |
| G ₂ | 75206,3 | 0,018 | 55,96 | | | 0,037 | | |
| 4 metai | | | | | | | | |
| G ₁ | 125344 | 0,01 | 93,26 | 4 | 2,08 | 0,021 | 16,77 | 5,17 |
| G ₂ | 94007,81 | 0,028 | 34,97 | | | 0,058 | | |
| 5 metai | | | | | | | | |
| G ₁ | 156680 | 0,008 | 116,58 | 4 | 2,08 | 0,017 | 16,77 | 5,17 |
| G ₂ | 117509,8 | 0,022 | 43,72 | | | 0,046 | | |

Iš pradžių numatyta, kad gamyboje dirbs 2 darbininkai, tačiau planuojamas gamybos prieaugis bei naujų darbuotojų poreikis, todėl ketvirtaisiais metais numatyta priimti papildomai du žmones, taip pat iš pradžių planuojama mokėti minimalų atlyginimą, kuris jau antraisiais metais didinamas 14 %.

Pramonėje naudojamos įvairios energijos rūšys, tačiau daugiausia sunaudojama elektros energijos, kuri skirta įrenginių veikimo užtikrinimui, apšvietimui, šildymui. Taip pat prie tiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos išlaidos vandeniui. Apskaičiavus energetines ir išlaidas vandeniui, jos sumuojamos ir surašomos į 7.7 ir 7.8 lenteles.

7.7 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

| Įrengimų pavadinimas ir markė | Įrengimų skaičius, vnt. | Variklio galia, kW | Darbo valandų skaičius metuose, h | Elektros energijos poreikis, kWh | 1kWh kaina, € | Išlaidos elektros energijai, € |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 metai | | | | | | |
| Epoksidinto aliejaus gamyba | | | | | | |
| Reaktorius | 1 | 6 | 336 | 2016 | 0,11 | 221,76 |
| Maišyklė | 1 | 1,5 | 7 | 10,5 | | 1,155 |
| Maišyklė | 2 | 3 | 217 | 651 | | 71,61 |
| Maišyklė | 1 | 21 | 28 | 588 | | 64,68 |
| Siurblys | 1 | 0,5 | 5,6 | 2,8 | | 0,308 |
| Siurblys | 2 | 1 | 5,6 | 5,6 | | 0,616 |
| Siurblys | 1 | 1,5 | 5,6 | 8,4 | | 0,924 |
| Siurblys | 2 | 4 | 98 | 392 | | 43,12 |
| Vakuuminis siurblys | 1 | 1,12 | 84 | 94,08 | | 10,3488 |
| | | | | | | Iš viso |
| poliolio gamyba | | | | | | |
| Reaktorius | 1 | 6 | 336 | 2016 | 0,11 | 221,76 |
| Maišyklė | 1 | 1,5 | 7 | 10,5 | | 1,155 |
| Maišyklė | 2 | 3 | 210 | 637 | | 70,07 |
| Siurblys | 1 | 0,2 | 2,8 | 0,56 | | 0,0616 |
| Siurblys | 2 | 1 | 8,4 | 8,4 | | 0,924 |
| Siurblys | 1 | 4 | 16,8 | 67,2 | | 7,392 |
| Vakuuminis siurblys | 1 | 1,12 | 42 | 47,04 | | 5,1744 |
| Distiliacijos aparatas | 1 | 1,1 | 336 | 369,6 | | 40,656 |
| | | | | | Iš viso | 761,72 |

7.7 lentelės tęsinys.

| 2 metai | | | | | | |
|-----------------------------|----|-------|----------|----------|------|----------|
| Epoksidinto aliejaus gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 13 | 44,62 | 1403,5 | 6810,48 | 0,11 | 749,15 |
| Poliolio gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 23 | 62,54 | 2602,25 | 10747,1 | 0,11 | 1182,181 |
| Iš viso | | | | | | 1931,33 |
| 3 metai | | | | | | |
| Epoksidinto aliejaus gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 13 | 44,62 | 1754,375 | 8513,094 | 0,11 | 936,4403 |
| Poliolio gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 23 | 62,54 | 3252,81 | 13433,9 | 0,11 | 1477,7 |
| Iš viso | | | | | | 2414,17 |
| 4 metai | | | | | | |
| Epoksidinto aliejaus gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 13 | 44,62 | 2192,973 | 10641,39 | 0,11 | 1170,553 |
| Poliolio gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 23 | 62,54 | 4066,02 | 16792,4 | 0,11 | 1847,16 |
| Iš viso | | | | | | 3017,71 |
| 5 metai | | | | | | |
| Epoksidinto aliejaus gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 13 | 44,62 | 2741,216 | 13301,74 | 0,11 | 1463,191 |
| Poliolio gamyba | | | | | | |
| Įrenginiai | 23 | 62,54 | 5082,53 | 20990,52 | 0,11 | 2308,95 |
| Iš viso | | | | | | 3772,14 |

Atliekant išlaidų elektros energijai skaičiavimus, atsižvelgta į kiekvieno produkto gamybos metu naudojamų įrenginių kiekį, galingumą bei jų veikimo trukmę, ir galima daryti išvadą, kad energetiniu požiūriu poliolio gamyba yra brangesnė, o pagrindinis tai lemiantis faktorius – įrenginių veikimo trukmė, kadangi poliolio gamyba trunka dvigubai ilgiau nei epoksidinto sėmenų aliejaus. Taip pat reiktų paminėti, kad elektros kaina nustatyta atsižvelgiant į Kauno mieste vyraujančias paslaugos kainas.

7.8 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

| Gaminio pavadinimas | Gamybos apimtis, natūriniais vnt. | Vandens sąnaudos vienam gaminiui, m ³ | 1 m ³ vandens kaina, € | Išlaidos vandeniui, tūkst. € |
|------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 metai | | | | |
| G ₁ gaminys | 64176 | 0,013 | 1,42 | 1,18 |
| G ₂ gaminys | 48132 | 0,013 | | 1,18 |
| Iš viso: | 112308 | 0,026 | 1,42 | 2,37 |
| 2 metai | | | | |
| G ₁ gaminys | 80220 | 0,013 | 1,42 | 1,48 |
| G ₂ gaminys | 60165 | 0,013 | | 1,48 |
| Iš viso: | 140387 | 0,026 | 1,42 | 2,96 |
| 3 metai | | | | |
| G ₁ gaminys | 100275 | 0,013 | 1,42 | 1,85 |
| G ₂ gaminys | 75206,25 | 0,013 | | 1,85 |
| Iš viso: | 175481,25 | 0,026 | 1,42 | 3,7 |
| 4 metai | | | | |
| G ₁ gaminys | 125344 | 0,013 | 1,42 | 2,31 |
| G ₂ gaminys | 94007,81 | 0,013 | | 2,31 |
| Iš viso: | 219351,81 | 0,026 | 1,42 | 4,63 |
| 5 metai | | | | |
| G ₁ gaminys | 156680 | 0,013 | 1,42 | 2,89 |
| G ₂ gaminys | 117509,77 | 0,013 | | 2,89 |
| Iš viso: | 274189,77 | 0,026 | 1,42 | 5,78 |

Vandens sąnaudos gamybos procese nėra didelės, kadangi vanduo naudojamas tik epoksidinto aliejaus praplovimui, kai kurių žaliavų tirpalų ruošimui bei buitiniams reikmėms. Vandens kaina priimta atsižvelgiant į vietinio tiekėjo paslaugų įkainius.

7.2.2. Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos išlaidų priskiriamos tiesiogiai su gamyba nesusijusios, bet lemiančios sklandų gamybos procesą išlaidos. Pagrindinės sąnaudos, kurias būtina įvertinti, įrenginių ir patalpų nusidėvėjimo išlaidos, kurios pateiktos 7.9 lentelėje.

7.9 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

| Ilgalaikio turto rūšis | Įsigijimo vertė, tūkst. € | Likvidacinė vertė tūkst. € | Normatyvinė eksploatacavimo trukmė, m | Nusidėvėjimo suma, tūkst. € metams | | | | | Likutinė vertė, tūkst. € |
|--|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | | | | I | II | III | IV | V | |
| 1. Pastatai | 1095,87 | 109,59 | 20 | 49,31 | 49,31 | 49,31 | 49,31 | 49,31 | 849,32 |
| 2. Įrengimai | | | | | | | | | |
| Reaktorius | 17,38 | 1,74 | 8 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 7,63 |
| Reaktorius | 17,38 | 1,74 | 8 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 1,95 | 7,63 |
| Pradinių reagentų paruošimo maišyklė | 0,58 | 0,06 | 10 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,33 |
| Praplovimo maišyklė | 5,79 | 0,58 | 10 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 3,19 |
| Na ₂ CO ₃ tirpalo paruošimo maišyklė | 1,45 | 0,14 | 10 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,8 |
| Separatorius | 23,17 | 2,32 | 8 | 2,61 | 2,61 | 2,61 | 2,61 | 2,61 | 10,12 |
| Džiovinimo maišyklė | 1,45 | 0,14 | 8 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,65 |
| Sieros rūgšties tirpalo paruošimo maišyklė | 0,58 | 0,06 | 8 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,23 |

7.9 lentelės tęsinys kitame puslapyje.

7.9 lentelės tęsinys.

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Vakuuminis distiliatorius | 9,41 | 0,94 | 8 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 4,11 |
| Žaliavų talpos | 3,98 | 0,4 | 8 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 1,73 |
| s1 | 0,18 | 0,02 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| s2 | 0,99 | 0,09 | 8 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,44 |
| s3 | 0,99 | 0,09 | 8 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,44 |
| s4 | 0,18 | 0,02 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| s5 | 0,33 | 0,03 | 8 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,13 |
| s6 | 0,18 | 0,02 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| s7 | 0,18 | 0,02 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| s8 | 0,62 | 0,06 | 8 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,57 |
| Vakuuminis siurblys | 0,18 | 0,02 | 8 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| Sklypas | 1100,74 | - | - | - | - | - | - | - | 1100,74 |
| Iš viso: | 2285,62 | - | - | 58,67 | 58,67 | 58,67 | 58,67 | 58,67 | 1988,66 |

Apskaičiavus visas gamybos išlaidas, jos surašomos į suvestinę gamybos kaštų lentelę 7.10.

7.10 lentelė. Gamybos kaštai

| Kaštų rūšys | Gamybos kaštai, tūkst. € | | |
|---|--------------------------|----------------|--------|
| | Gaminiai | | Viso |
| | G ₁ | G ₂ | |
| <i>Brandos stadijoje</i> | | | |
| 1. Pagrindinės medžiagos | 408,74 | 468,67 | 877,41 |
| 2. Energija technologijai | 0,94 | 1,48 | 2,42 |
| 3. Vanduo | 1,85 | 1,85 | 3,7 |
| 4. Gamybinių darbininkų darbo užmokestis | 8,39 | 8,39 | 16,78 |
| 5. Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui | 2,58 | 2,58 | 5,16 |

7.10 lentelės tęsinys kitame puslapyje

7.10 lentelės tęsinys.

| | | | |
|--|---------|--------|---------|
| 6. Gamybinės netiesioginės išlaidos | 58,67 | 58,67 | 117,34 |
| Viso gamybos kaštų, tūkst. € | 422,5 | 482,97 | 905,47 |
| Viso gamybos kaštų, % | 46,66 | 53,34 | 100 |
| Produkcijos gamybos planas, tūkst. kg. | 100,275 | 75,21 | - |
| Gaminio gamybinė savikaina, € | 4,8 | 7,21 | - |
| <i>Pirmaisiais projekto gyvavimo metais</i> | | | |
| Viso gamybos kaštų, tūkst. € | 332,09 | 370,8 | 702,89 |
| Gaminio gamybinė savikaina, € | 5,17 | 7,70 | - |
| <i>Antraisiais projekto gyvavimo metais</i> | | | |
| Viso gamybos kaštų, tūkst. € | 399,31 | 447,69 | 847 |
| Gaminio gamybinė savikaina, € | 4,98 | 7,44 | - |
| <i>Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais</i> | | | |
| Viso gamybos kaštų, tūkst. € | 595,47 | 671,06 | 1266,53 |
| Gaminio gamybinė savikaina, € | 4,75 | 7,14 | - |
| <i>Penktaisiais projekto gyvavimo metais</i> | | | |
| Viso gamybos kaštų, tūkst. € | 724,07 | 818,56 | 1542,63 |
| Gaminio gamybinė savikaina, € | 4,62 | 6,97 | - |

Įvertinus gamybos išlaidas bei produkcijos gamybos apimtį, apskaičiuota produkcijos savikaina. Brandos stadijoje epoksidinto sėmenų aliejaus savikaina 4,8 €, o poliolio 7,21 €. Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad pirmaisiais metais savikaina buvo didesnė, nes gamybos apimtis mažesnė, o dalis gamybos kaštų yra pastovūs.

7.3. Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudoms šiuo atveju priskiriamos palūkanos už banko paskolas. Siekiant surasti pigesnę investicijų padengimo šaltinį, paimta ilgalaikė paskola sklypo, įrenginių įsigijimui, taip pat pastato statybai. Lėšos, gautos iš trumpalaikės paskolos, skirtos žaliavų įsigijimui. Išsamus palūkanų mokėjimo planas pateiktas 7.11 lentelėje.

7.11 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas

| Rodikliai | Metai | | | | | |
|--------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | I | II | III | IV | V |
| Kredito (paskolos) suma, tūkst. € | | | | | | |
| - ilgalaikė | 2286 | 228,6 | 228,6 | 228,6 | 228,6 | 228,6 |
| - trumpalaikė | 67 | 16,75 | 16,75 | 16,75 | 16,75 | |
| 2. Metinė palūkanų norma, %: | | | | | | |
| - ilgalaikės paskolos | 6 | | | | | |
| - trumpalaikės | 8 | | | | | |
| 3. Palūkanos, tūkst. Lt : | 137,16 | 13,72 | 13,72 | 13,72 | 13,72 | 13,72 |
| - ilgalaikės | | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | |
| - trumpalaikės | 5,36 | | | | | |
| Viso: | 2495,52 | 260,41 | 260,41 | 260,41 | 260,41 | 242,32 |

Trumpalaikės paskolos išsimokėjimas numatytas 4 metams, o ilgalaikės 10 metų, kadangi projekto planas rengiamas 5 metų laikotarpiui, skaičiavimai pateikiami šiam ciklui. Ilgalaikės paskolos palūkanos siekia 6 %, trumpalaikės 8 %, palūkanų dydis priimtas remiantis bankų duomenimis.

7.4. Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas, nustatoma gaminių pardavimo kaina, kad būtų galima planuoti realizacines pajamas bei nustatyti projekto ekonominį naudingumą ir atsiperkamumą. Gaminių kainų skaičiavimas, įvertinant savikainą, veiklos ir investicines sąnaudas, pateiktas 7.12 lentelėje.

7.12 lentelė. Gaminių kainų apskaičiavimas

| Gaminiai | Gamybinė savi- kaina, € | Veiklos sąnaudos, € | Investicinės veiklos sąnaudos, € | Pilnoji savikaina, € | Pelnas | | Viso |
|--------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------|--------|
| | | | | | Rentabilumo procentas | €/vnt. | €/vnt. |
| Brandos metai | | | | | | | |
| G ₁ | 4,8 | 0,14 | 0,05 | 4,99 | 15 | 0,75 | 5,74 |
| G ₂ | 7,21 | 0,37 | 1,73 | 9,31 | 15 | 1,40 | 10,71 |
| Pirmieji metai | | | | | | | |
| G ₁ | 5,17 | 0,19 | 0,08 | 5,44 | 15 | 0,82 | 6,25 |
| G ₂ | 7,7 | 0,51 | 0,133 | 8,34 | 15 | 1,25 | 9,60 |
| Antrieji metai | | | | | | | |
| G ₁ | 4,98 | 0,17 | 0,06 | 5,21 | 15 | 0,78 | 5,99 |
| G ₂ | 7,44 | 0,47 | 0,02 | 7,93 | 15 | 1,19 | 9,12 |
| Ketvirtieji metai | | | | | | | |
| G ₁ | 4,75 | 0,11 | 0,04 | 4,9 | 15 | 0,74 | 5,64 |
| G ₂ | 7,14 | 0,3 | 0,11 | 7,55 | 15 | 1,13 | 8,68 |
| Penktieji metai | | | | | | | |
| G ₁ | 4,62 | 0,09 | 0,03 | 4,74 | 15 | 0,71 | 5,45 |
| G ₂ | 6,97 | 0,24 | 0,09 | 7,3 | 15 | 1,09 | 8,39 |

Iš lentelėje pateiktų skaičiavimų matyti, kad gaminių kaina kiekvienais metais mažėja, kadangi dalis išlaidų (veiklos ir investicinės sąnaudos) yra pastovios, o gamybos apimtis didėjanti. Į veiklos sąnaudas įtraukiamos administracijos patalpų išlaikymo išlaidos, administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atsiskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui. Priimta, kad veiklos sąnaudos sudaro 4 % gamybos kaštų.

7.5. Projekto pelnas ir grynujų pinigų srautai

Šioje dalyje teikiama pelno (nuostolio) ataskaita ir apskaičiuoti grynieji pinigų srautai. Įmonės pajamų ir pelno, gauto projekto gyvavimo laikotarpiu, skaičiavimai pateikti 7.13 lentelėje.

7.13 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, tūkst. €

| Rodiklis | Projekto gyvavimo metai | | | | |
|---|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | I | II | III | IV | V |
| 1. Pardavimo apimtis | 975770,48 | 1164029,65 | 1404626,44 | 1720744,93 | 2078606,71 |
| 2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai | 702889,00 | 847000,00 | 1023710,00 | 1266530,00 | 1542630,00 |
| 3. Bendras pelnas (nuostolis) | 272881,48 | 317029,65 | 380916,44 | 454214,93 | 535976,71 |
| 4. Veiklos sąnaudos | 36808,61 | 42066,98 | 42066,98 | 42066,98 | 42066,98 |
| 5. Veiklos pelnas (nuostolis) | 236072,87 | 274962,67 | 338849,45 | 412147,95 | 493909,73 |
| 6. Finansinė ir investicinė veikla | 15060 | 15060 | 15060 | 15060 | 13720 |
| 7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą | 205952,87 | 244842,67 | 308729,45 | 382027,95 | 466469,73 |
| 8. Pelno mokestis | 40932,22 | 47554,45 | 57137,47 | 68132,24 | 80396,51 |
| 9. Grynasis pelnas (nuostolis) | 231949,26 | 269475,20 | 323778,97 | 386082,69 | 455580,21 |

Apskaičiuotas grynasis pelnas, atskaičius pelno mokestį, kuris sudaro 15 % nuo apmokestinamo pelno sumos, tačiau siekiant įvertinti projekto atsiperkamumą, būtina nustatyti grynuosius pinigų srautus, kadangi tada atsižvelgiama į investicijas. Grynujų pinigų srautų ataskaita pateikta 7.14 lentelėje.

7.14 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita

| Rodikliai | Projekti- niais metais | 1 metais | 2 metais | 3 metais | 4 metais | 5 metais |
|--|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Grynasis pelnas (nuostolis), tūkst. € | - | 231949,26 | 269475,20 | 323778,97 | 386082,69 | 455580,21 |
| Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos, tūkst. € | 58670 | 58670 | 58670 | 58670 | 58670 | 58670 |
| Investicijos į apyvartinį kapitalą, tūkst. € | -1210000 | - | - | - | - | - |
| Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas, tūkst. € | - | 15060 | 15060 | 15060 | 15060 | 13720 |
| Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos, tūkst. € | - | 216889,26 | 254415,20 | 308718,97 | 371022,69 | 441860,21 |
| Bendri metiniai pinigų srautai, tūkst. € | - | -28460,74 | -19395,53 | 43973,44 | 169646,13 | 382906,33 |

Iš lentelėje pateiktų skaičiavimų matyti, kad trečiaisiais projekto metais gaunami teigiami pinigų srautai. Taigi jei parduodamas visas gaminamos produkcijos kiekis, brandos stadijoje projektas pradeda atsipirkti ir finansiniai įsipareigojimai nebeturi tokios didelės įtakos projekto veiklai, kadangi ekonominė nauda padengia investicines išlaidas.

7.6. Investicijų efektyvumo įvertinimas

Bendraja prasme efektyvumas – produktyviųjų pastangų panaudojimo lygis, užtikrinantis maksimalų rezultatą. Investicijų efektyvumo įvertinimo tikslas – nustatyti, ar projektas atmetamas, ar tampa tolesnio vertinimo objektu. Projekto finansinis efektyvumas ir nenuostolingumas yra viena esminių sąlygų priimant sprendimą, ar finansuoti projektą. Ekonominį efektyvumą nustatyti naudojami keli rodikliai [53]:

- Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai;

- Investicijų atsipirkimo laikas;
- Grynoji esamoji vertė;
- Vidinė pelno norma;
- Pelningumo indeksas;
- Lūžio taškas.

7.6.1. Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami taip:

$$KK = W_{js} \cdot k_{js} = 1 \cdot 5,1 = 5,1 \% \quad (7.1.)$$

čia W_{js} – svarumo koeficientas, parodantis įsiskolinimų lyginamąjį svorį kapitalo struktūroje; k_{js} – įsiskolinimų kaštai, apskaičiuojami pagal lygtį.

$$k_{js} = i \cdot (1 - M) = 6 \cdot (1 - 0,15) = 5,1 \% \quad (7.2)$$

čia k_p – palūkanų norma, šiuo atveju 6 %, T – pelno mokestis 15 %.

7.6.2. Investicinio projekto atsipirkimo laiko skaičiavimas

Investicinio projekto atsipirkimo laikas T - tai laikas, per kurį gaunamos grynosios pajamos iš investicijų padengia investicines išlaidas.

Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas, kaip metų skaičius prieš visišką kaštų padengimą + nepadengtų kaštų suma visiško padengimo metų pradžioje / iš visiško padengimo metų pinigų srauto sumos:

$$T = 2 + \frac{19395,53}{28460,74} = 2,68 \text{ m.} \quad (7.3)$$

Investicijų atsipirkimo laiko rodiklis praktikoje taikomas dažnai, nes parodo, per kiek metų investicijos atsipirks. Jeigu apskaičiuotas atsipirkimo laikas trumpesnis nei 5 metų laikotarpis, investicijos efektyvios. Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad projektas atsiperka per mažiau nei 3 metus, o tai reiškia, kad šio projekto įgyvendinimas finansiškai sėkmingas.

7.6.3. Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Taikant šį metodą, apskaičiuojami kiekvieno laikotarpio grynujų pinigų srautai, diskontuoti pagal kapitalo kainą, gaunant grynąją esamąją vertę (GEV), kurios skaičiavimas pateiktas formulėje:

$$\begin{aligned}
 GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} &= \frac{-1210000}{(1+0,051)^0} + \frac{216889,26}{(1+0,051)^1} + \frac{254415,2}{(1+0,051)^2} + \frac{308718,97}{(1+0,051)^3} \\
 &+ \frac{371022,69}{(1+0,051)^4} + \frac{441860,21}{(1+0,051)^5} = 141256,73;
 \end{aligned}
 \tag{7.4}$$

čia KK – kapitalo kaina/diskonto norma, vieneto dalimis; $\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t}$ – grynujų pinigų srautų, diskontuotų diskonto norma r , visų metų, pradedant nuliniiais, suma.

Kadangi GEV vertė gauta teigiama, projektas priimtinas.

7.6.4. Vidinės pelno normos skaičiavimas

Pagal apibrėžimą, vidinė pelno norma yra ta diskontavimo norma, kuriai esant grynoji dabartinė vertė lygi nuliui, tai ekvivalentiška tokiai išraiškai:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 0.
 \tag{7.5}$$

Skaičiuojant su šia norma diskontuotos išlaidos lygios diskontuotoms pajamoms. Taikant šį metodą, nustatoma barjerinė norma, kuri yra mažiausia priimtina projekto pelningumo norma. Projektas, kurio pelningumo norma yra aukštesnė už barjerinę, laikomas vertu dėmesio. Jei apskaičiuota pelningumo norma mažesnė už barjerinę normą, tai laikoma, kad projektas nepriimtinas. Kad finansinė rizika neturėtų didelės įtakos investiciniam projektui, vidinė pelno norma turi būti didesnė už vidutinius svertinius kapitalo kaštus. Vidinės pelno normos skaičiavimai yra sudėtingi, todėl atlikti naudojant „Excel“ programą, gauta rodiklio skaitinė vertė lygi 9 %, tai reiškia, kad projekto finansinė rizika minimali.

7.6.5. Pelningumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

$$\begin{aligned}
 PI &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{GPS_i}{(1+KK)^i}}{GPS_0} = \frac{\frac{216889,26}{(1+0,051)^1} + \frac{254415,2}{(1+0,051)^1} + \frac{308718,97}{(1+0,051)^1} + \frac{371022,69}{(1+0,051)^1} + \frac{441860,21}{(1+0,051)^1}}{1210000} \\
 &= 1,12;
 \end{aligned}
 \tag{7.6}$$

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

Šis indeksas parodo santykinį projekto pelningumą arba dabartinę pelno vertę, tenkančią dabartinių išlaidų vienam piniginiam vienetui. Projektas yra priimtinas, jei PI yra didesnis nei vienetą; kuo jis didesnis, tuo projektas priimtinesnis.

7.6.6. Lūžio taško skaičiavimas

Lūžio taško analizė yra finansinės analizės ir planavimo metodas, leidžiantis nustatyti lūžio tašką, parodantį pardavimų apimtį produkto (vienetais arba pinigais), kuri būtina, kad įmonė padengtų veiklos išlaidas. Pagrindinis šio metodo trūkumas, kad neįvertinama būsimų pinigų srautų dabartinė vertė.

Lūžio taško arba kritinę gamybinę apimtį galima rasti pagal lygtį. Apskaičiuotas epoksidinto sėmenų aliejaus gamybos lūžio taškas:

$$B_{Lj} = \frac{PK}{c_j - kk_j} = \frac{14022,33}{6,49 - 4,8} = 8312 \text{ vnt}; \quad (7.7)$$

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

Taip pat apskaičiuotas poliolio gamybos lūžio taškas:

$$B_{Lj} = \frac{PK}{c_j - kk_j} = \frac{28044,66}{10,03 - 7,21} = 9953 \text{ vnt}. \quad (7.8)$$

Skaičiavimų duomenys pateikti 7.15 lentelėje.

7.15 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

| Rodikliai | Epoksidintas aliejus | Poliolis |
|-------------------------------|----------------------|-------------|
| Pastoviųjų kaštų suma, € | 14022,33 | 28044,66 |
| Gaminio kaina, € | 6,49 | 10,03 |
| Gaminio kintamieji kaštai, € | 4,8 | 7,21 |
| Lūžio taškas, vnt. | 8312 | 9953 |
| Pardavimų planas, tūkst. vnt. | 100275 | 75206 |

Apskaičiavus pagrindinius ekonominius ir finansinius rodiklius bei atlikus investicijų efektyvumo vertinimą, nustatyta, kad projektas ekonomiškai yra naudingas, kadangi fiksuojamas kasmetis pelno didėjimas, atsipirkimo trukmė trumpesnė nei 5 metai, apskaičiuota grynoji esamoji vertė yra teigiamas dydis ($GEV = 141256,73$ €), vidinė pelno norma didesnė nei vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai, pelningumo indeksas ($PI = 1,12$) taip pat didesnis nei vienetas. Atlikus investicijų naudingumo analizę įvairiais metodais, rezultatai patvirtina, kad projektas yra efektyvus ir gali būti toliau vertinamas kitais aspektais.

8. Aplinkosauginis vertinimas

Sparčiai vystantis pramonei, energetikai ir transportui, aplinkosaugos problemos tampa vis aktualesnės dėl oro, vandens ir dirvožemio taršos bei žemės išteklių naudojimo, taip pat svarbus aspektas yra taršos globalumas ir neigiamas poveikis žmonių sveikatai, augmenijai ir gyvūnijai.

Iki šiol pramonės poveikis aplinkai buvo reguliuojamas nustatant atitinkamus standartus ir uždavinius bei užtikrinant, kad įmonės šių standartų laikytųsi. Dabar stengiamasi įgyvendinti švaresnės gamybos koncepciją. Švaresnė gamyba – tai prevencinė integruota aplinkos apsaugos vadybos strategija, kuri nuolat turi būti taikoma gamybos procesams bei gaminiams per visą jų būvio ciklą, siekiant sumažinti poveikį žmonėms ir aplinkai. Šiuo metu prevencijai apibūdinti vartojama keletas skirtingų terminų – ekologinis efektyvumas, taršos mažinimas, taršos mažinimas susidarymo vietoje, taršos prevencija. Bendruoju atveju, įgyvendinant švaresnės gamybos koncepciją, reikia atitinkamai keisti žaliavas ar technologinius procesus, kad mažėtų tarša.

Pastaruoju metu įmonėse ir kitose organizacijose priimant sprendimus aplinkos apsauga tampa vis svarbesniu veiksniu, todėl aplinkos vadybos sistema tapo visos įmonės vadybos sistemos dalimi. Aplinkos vadybos sistema (AVS) – tai sukurta, įgyvendinta ir veikianti sistema, skirta reikšmingų aplinkos apsaugos aspektų valdymui, siekiant užtikrinti įstatymų ir reglamentų reikalavimų atitikimą. Į AVS įtraukiami tie vadybos aspektai, kurie leidžia planuoti, kurti, įdiegti, vykdyti, apžvelgti, palaikyti ir gerinti įmonės aplinkos apsaugos politiką, tikslus ir uždavinius. Pasaulyje plinta nauja taršos prevencijos principais besiremianti ir į gaminius orientuota aplinkos vadybos priemonė – ekologiškai švaresnių gaminių kūrimas arba ekologinis projektavimas, kai kuriant naują gaminį atsižvelgiama į poveikį aplinkai visuose gaminio būvio ciklo etapuose, t. y. žaliavų gavybą, paruošimą ir gabenimą, energijos gamybą, pirminį žaliavų paruošimą, gaminio gamybą, pakuotę, paskirstymą, vartojimą, atliekų tvarkymą. Proceso ar produkto vertinimas būvio ciklo požiūriu yra išsamus ir reikalauja daug laiko bei resursų, todėl dažniau nagrinėjamas tik produkto gamybos metu daromas poveikis aplinkai [54].

Projektuojant epoksidinto aliejaus ir poliolio gamybos technologiją, taip pat atsižvelgta į veiklos poveikį aplinkai: susidarančias atliekas, teršalus, esančius nuotekose, bei emisijas į orą gamybos metu; žaliavų gamybos ir tiekimo, produktų paskirstymo, vartojimo ir galutinių atliekų tvarkymo poveikis aplinkai neįvertintas, todėl būvio ciklo sistema apima tik produkto gavimą iš žaliavų.

Gamybos etapas apima kelias stadijas:

- žaliavų ir produktų sandėliavimas;
- tirpalų ruošimas;
- sėmenų aliejaus epoksidinimas;

- tarpinio produkto praplovimas;
- atskyrimas;
- džiovinimas;
- poliolio gamyba;
- reakcijos mišinio neutralizavimas;
- filtravimas;
- produkto džiovinimas;
- distiliavimas.

8.1. Naudojamos žaliavos

Gamybos proceso metu naudojamos žaliavos bei jų kiekiai surašyti 8.1 lentelėje. Duomenys paimti iš technologinės dalies 4.1. skyriaus „Produkto ir žaliavų skaičiavimai. Medžiagų balansas“. Žaliavų klasifikavimas ir ženklavimas surašyti remiantis „REACH“ reglamentu [55].

8.1 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas

| Žaliavos pavadinimas | Kiekis naudojant objektą, t/metus | Cheminės medžiagos ar preparato klasifikavimas ir ženklavimas | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---|--|--------------------------------------|
| | | kategorijos pavadinimas | pavojaus nuoroda | rizikos frazės, saugumo frazės |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| metano rūgštis | 13,608 | C | H226; H314 | R: 35-36-38; S: 23-26-45-1/2 |
| vandenilio peroksidas | 55,944 | C | H332; H302; H315; H318 | R9, R34; S: 3-28-39 |
| natrio karbonatas | 194,611 | Xi | H319 | R36; S: 2-22-26 |
| natrio sulfatas | 88,476 | Xi | H317 | R: 36; S: 26-39 |
| metanolis | 3,024 | T | H225; H331; H311; H301; H370 | R: 11; 23/24/25; 39 |
| 2-propanolis | 3,024 | Xi; F | H225; H319; H336 | R: 36-11-41-67; S: (2)-7-16-24-26-39 |
| sieros rūgštis | 0,054 | C | H290; H314 | R: 35; S: 26-30-45-1/2 |

Sėmenų aliejaus epoksidavimo reakcijoje naudojamas sėmenų aliejus, metano rūgštis ir vandenilio peroksidas. Vandenilio peroksidas su metano rūgštimi sudaro peroksidrūgštį, kuri veikia kaip oksidatorius, po reakcijos metano rūgštis neutralizuojama praplovimo stadijoje.

Neutralizacijai naudojamas sotusis natrio karbonato tirpalas, šioje stadijoje taip pat naudojamas didelis kiekis vandens, kad terpė pH taptų neutrali. Atskyrus epoksidintą aliejų, tarpinis produktas džiovinamas naudojant bevandenį natrio sulfatą. Nufiltravus suspensiją, sausas produktas sandėliuojamas pakavimui arba naudojamas poliolio gamybai, kurioje naudojamas alkoholių: metanolio ir 2-propanolio, mišinys bei praskiesta sieros rūgštis. Reakcijos mišinio neutralizacijai naudojami natrio karbonato milteliai, atlikus filtravimą, mišinys džiovinamas bevandeniu natrio sulfatu, o nufiltravus distiliuojamas, kad būtų atskirtas alkoholių mišinio likutis, o gautas sausas produktas sandėliuojamas ir pakuojamas pardavimui. Medžiagos sandėliuojamos ir naudojamos atsižvelgiant į jų pavojaus nuorodą, rizikos ir saugumo frazes.

Projektuojamoje gamyboje pagrindinė naudojama energijos rūšis – elektra, kuri reikalinga visiems įrenginiams, vandens šildymui, patalpų apšvietimui. Projektuojamoje gamyboje neplanuojama naudoti transporto priemonių su vidaus degimo varikliais: gamybos ceche naudojami rankiniai vežimėliai, o žaliavų ir produkcijos sandėliuose dirbama su elektriniais autokrautuvais. Duomenys apie kuro ir energijos vartojimą pateikti 8.2 lentelėje.

8.2 lentelė. Energijos vartojimas

| Produkcija | | Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai | | |
|-------------|---------------------|---|-----------------------|-------------|
| pavadinimas | kiekis per metus, t | pavadinimas | kiekis per metus, kWh | šaltiniai |
| Įrenginiai | 112,308 | Elektros energija | 15750 | UAB „Lesto“ |

Duomenis apie elektros energijos suvartojimą gamybos metu pateikta 7.2.1. skyrelyje „Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas“, o elektros suvartojimo patalpų apšvietimui skaičiavimai pateikti 5.4. skyrelyje „Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas“.

8.2. Objekto veiklos sąlygojama fizikinė ir biologinė tarša

Iš visų pavojingų aplinkos veiksnių (5 grupės: biologiniai, cheminiai, fizikiniai, socialiniai, psichologiniai) didžiausią grėsmę žmonių sveikatai kelia mikroorganizmai – virusai, bakterijos, pirmuonys ir parazitinės kirmėlės. Biologinė aplinkos tarša apima visas gyvybės formas ir gyvųjų organizmų išskiriamus produktus, kurie gali sukelti infekcines ligas. Fizikinė tarša – aplinkos tarša triukšmu, vibracija, jonizuojančiąja ir nejonizuojančiąja spinduliuote, radioaktyviąja medžiaga, kuri patenka į aplinką ir gali sukelti pavojų ir pakenkti gyviems organizmams tuoj pat arba po tam tikro veikimo laikotarpio [56].

Projektuojamoje gamyboje biologinės taršos nėra, todėl aptarta tik tai fizikinė tarša. Jonizuojančios ir nejonizuojančios spinduliuotės bei radioaktyviųjų medžiagų gamyboje nėra,

vienintelis fizikinės taršos šaltinis – triukšmas, kurį lemia įrenginiai. 8.3 lentelėje pateikti fizikinę taršą sukeliantys prietaisai bei nurodytas skleidžiamas taršos lygis.

8.3 lentelė. Konkrečios veiklos sąlygojama fizikinė tarša

| Taršos rūšis | Taršos šaltinio pavadinimas | Taršos šaltinių skaičius | Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis, dB | Priemonės taršai mažinti |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|---|------------------------------|
| Triukšmas | Reaktorius | 1 | 78 | Asmeninės apsaugos priemonės |
| | Maišyklė | 1 | 78 | Asmeninės apsaugos priemonės |
| | Filtrai | 1 | 78 | Asmeninės apsaugos priemonės |
| | Siurbliai | | 38 | Garso izoliacija |
| | Vakuuminis siurblys | 1 | 26 | Garso izoliacija į |

Visi triukšmą keliantys įrenginiai yra patalpose, todėl dėl sienų izoliacijos triukšmo lygis lauke ir teritorijoje aplink įmonę žymiai mažesnis. Be to, 5.4. skyrelyje atsižvelgiant į įrenginių veikimo trukmę ir keliamą triukšmą, apskaičiuota bendroji kasdienio triukšmo lygio vertė $L_{EX,8h} = 75$ dB. Taigi gamyklos patalpose triukšmo lygis neviršija pagal higienos normos leistinų ribų. Pagal higienos normą [48] kintančio ir pertrūkstančio triukšmo maksimalus lygis neturi būti didesnis nei 87 dB. Didžiausią triukšmą sukelia reaktorius ir maišyklė. Reaktoriuje intensyviai vyksta maišymas, kadangi šio proceso pakeisti negalima, pats prietaisas negali būti perkeltas į kitą patalpą, kadangi reikia stebėti proceso eigą, todėl rekomenduojama naudoti asmenines saugos priemones. Kitas svarbus triukšmo šaltinis – maišyklė, kuri yra didelės talpos ir skysčio maišymui reikalingas didelio galingumo variklis, šie faktoriai ir lemia triukšmo lygį, tačiau svarbus aspektas, kad maišymas vyksta trumpai ir įrenginys yra naudojamas periodiškai o ne nuolat, todėl nėra būtinybės imtis papildomų priemonių triukšmui sumažinti. Kitų įrenginių skleidžiamo triukšmo lygis žymiai mažesnis.

8.3. Atliekų tvarkymo sprendimai

Pagrindinėse gamybos stadijose: vykdant atskyrimą, epoksidinto aliejaus džiovinimą, poliolio filtravimą, poliolio džiovinimą bei poliolio distiliaciją, susidaro atliekos, kurių kiekiai, pavojingumas, saugojimo sąlygos ir numatomi tvarkymo būdai pateikti 8.4 lentelėje. Atliekų kodai surašyti remiantis atliekų tvarkymo taisyklių 2 priedu [57].

8.4 lentelė. Atliekos, atliekų tvarkymas

| Technologinis procesas | Atliekos pavadinimas | Atliekų kiekis, t/metus | Atliekų agregatinė būseną | Atliekų kodas pagal atliekų sąrašą |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Separacija | praplovimo skystis | 1306,56 | Skysta | 07 06 99 |
| Epoksidinto aliejaus džiovinimas | natrio sulfatas | 50,46 | Kieta | 06 03 14 |
| Poliolio džiovinimas | natrio sulfatas | 11,22 | Kieta | 06 03 14 |
| Poliolio distiliacija | metanolio ir 2-propanolio mišinys | 1,088 | Skysta | 07 01 08 |

Daugiausia atliekų susidaro vykdant separaciją, kai nuo epoksidinto aliejaus atskiriama vandeninė fazė su joje ištirpusia druska ir epoksidinto aliejaus pėdsakais. Kadangi praplovimui naudojama daug vandens, todėl susidaro daug nuotekų, nors teršalų procentinė dalis jose nedidelė, maždaug 3 procentai. Susidaręs praplovimo skystis surenkamas, distiliuojamas siekiant atskirti vandenį, o likusioms po distiliacijos atliekoms utilizuoti samdoma įmonė. Kadangi tiek epoksidintas aliejus, tiek poliolis džiovinami naudojant bevandenį natrio sulfatą, nufiltravus suspensiją, susidaro sulfato atliekos, kurios utilizuojamos. Poliolio sintezėje naudojamas alkoholių mišinys, kurio likučiai nudistiliuojami ir naudojami įrenginių praplovimui. Gamyboje gaunamos atliekos nepavojingos, išskyrus alkoholių mišinį, kadangi jo pliūpsnio temperatūra žemesnė nei 21°C. Atliekų pavojingumas nustatytas remiantis atliekų tvarkymo taisyklių 3 priedu [57].

8.4 lentelės tęsinys.

| Atliekų pavojingumas | Atliekų saugojimo objekte laikymo sąlygos | Atliekų saugojimo objekte didžiausias kiekis, t | Numatomi atliekų tvarkymo būdai |
|----------------------|---|---|---|
| 6 | 7 | 8 | 9 |
| Nepavojingos | Atliekų konteineryje | 16 | Samdoma įmonė |
| Nepavojingos | Talpoje | 0,6 | Samdoma įmonė |
| Nepavojingos | Talpoje | | Samdoma įmonė |
| Pavojingos | Talpoje | 0,5 | Regeneruojamas ir pakartotinai naudojamas |

8.4. Naudojamo vandens ir nuotekų teršalų balansas

Gamyboje naudojamas vanduo centralizuotai tiekiamas iš UAB „Kauno vandenys“ tinklų. Vandens naudojimo sritys ir kiekiai pateikti 8.5 lentelėje. Vandens apskaitai ant vandentiekio įvado numatytas apskaitos mazgas su vandens skaitikliu. Po apskaitos mazgo vanduo paduodamas į technologinius įrenginius ir buitines patalpas. Buitinėse patalpose vandens pašildymui statomas 200 litrų tūrio elektrinis vandens šildytuvas.

8.5 lentelė. Naudojamo vandens balansas

| Vandens tiekimo (išgavimo) šaltinis | Vandens naudojimo sritys (tikslai) | Didžiausias paros debitas m ³ /d | Vidutinis metinis kiekis, m ³ | Taupymo ir apsaugos priemonės |
|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| UAB „Kauno vandenys“ | praplovimas | 7 | 1176 | Vandens regeneravimas |
| | tirpalų ruošimas | 0,47 | 73,08 | - |
| | buitinės reikmės | 0,5 | 126 | - |

Gamybos reikmėms daugiausia vandens sunaudojama epoksidinto aliejaus praplovimui, šiam technologiniam procesui apskaičiuotas vandens kiekis yra minimalus, tad jį sumažinti neįmanoma, nebent keisti technologiją arba regeneruoti vandenį ir pakartotinai naudoti. Taip pat dalis vandens naudojama tirpalų ruošimui, tačiau šio proceso metu sunaudojamo vandens sąnaudos nėra didelės, be to jos yra optimalios ir nekeistinos. Buitinėms reikmėms vidutiniškai sunaudojama 0,5 m³ per dieną. Be to, reiktų paminėti, kad technologijoje prieš naudojant vandentiekio vandenį jis demineralizuojamas, kad neužterštų reaktoriaus druskomis ir nedarytų įtakos reakcijų kokybei.

Atliktas preliminarus projekto aplinkosauginis vertinimas, kadangi nustatytas tik gamybos proceso poveikis aplinkai, neįtraukiant žaliavų gavimo, transportavimo, produkcijos taršos poveikio, todėl gauti rezultatai neatspindi viso būvio ciklo, ir nustatyta tarša yra mažesnė. Taigi galima padaryti išvadą, kad pagrindiniai taršos šaltiniai yra gamybos metu susidaranti atliekos. Dalis atliekų yra regeneruojamos ir pakartotinai naudojamos, taip užtikrinant kad jos neterštų aplinkos bei būtų panaudojamos produktyviai. Nors ne visos atliekos regeneruojamos, tačiau siekiant neteršti aplinkos, jos utilizuojamos.

Išvados

1. Laboratorijoje atliktas sėmenų aliejaus epoksidinimas trimis metodais, nustatyta, kad didžiausia dvigubųjų ryšių konversija (Knopo metodu nustatytas nesotumo laipsnis pakito nuo 2,13 iki 0,12) pasiekama, kai sėmenų aliejus kaitinamas su metano rūgštimi ir 35 % vandenilio peroksido tirpalu 60 °C temperatūroje 4 val. Be to, šis metodas techniniu požiūriu nesudėtingas ir ekonomiškai, kadangi kaip katalizatorius nenaudojama sieros rūgštis, kuri pasižymi koroziniu poveikiu. Taip pat atlikta poliolio sintezė 2 metodais ir nustatyta, kad daugiau hidroksigrupių prisijungia epoksidintą aliejų veikiant metanolio, 2-propanolio ir 8 % sieros rūgšties mišiniu 50 °C temperatūroje 4 val.

2. Nustačius optimalius metodus, suprojektuota epoksidinto sėmenų aliejaus ir poliolio gamybos technologinė linija, kurios našumas 64176 kg/metus epoksidinto aliejaus ir 48132 kg/metus poliolio.

3. Taip pat atlikta darbuotojų saugos ir sveikatos analizė, išnagrinėjant profesinę riziką, darbo higieną, gamybos saugumą ir gaisrinę saugą. Įvertinus medžiagų gaisrinį pavojingumą, gamybinis pastatas priskirtas C_g kategorijai pagal sprogimo ir gaisro pavojų, kadangi sandėliuojami ir naudojami degūs skysčiai. Taip pat atlikti dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonos skaičiavimai, kai parinktas žaibolaidžių aukštis siekia 20 m.

4. Suprojektuota nauja gamykla įsikūrusi Petrašiūnuose, Kaune, tikslus adresas – Ateities pl. 41. Pastato bendras plotas 942,49 m², pastato aukštis 9,84 m, sklypo plotas 0,3822 ha.

5. Atlikus projekto finansinį įvertinimą, nustatyta gaminių kaina: pirmaisiais metais epoksidinto aliejaus kaina 6,25 €, poliolio 9,6 €. Taip pat įvertintas investicijų efektyvumas, nustatyta, kad projekto atsipirkimo laikas 3 metai, apskaičiuota grynoji esamoji vertė yra teigiamas dydis (GEV = 141256,73 €), vidinė pelno norma didesnė nei vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai, pelningumo indeksas (PI = 1,12) taip pat didesnis nei vienetas. Atlikus investicijų naudingumo analizę įvairiais metodais, rezultatai patvirtina, kad projektas yra efektyvus.

6. Atlikus aplinkosauginį įvertinimą, nustatytas gamybos proceso poveikis aplinkai. Pagrindinis taršos šaltinis – gamybos metu susidaranti atliekos, tačiau dalis jų regeneruojama, o tos, kurių nepavyksta pakartotinai panaudoti, utilizuojamos.

Bibliografinis aprašas

1. Kauno miesto savivaldybės internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-03-01]. Prieiga per internetą: <<http://www.kaunas.lt/index.php?873274352>>.
2. Kyunghoon Kim aus Busan. Epoxidation of vegetable oils using the heterogeneous catalysis, amorphous Ti-SiO₂ (dissertation). Busan, 2012: 6-7.
3. Salimon J., Mudhaffar Abdullah B., Yusop R. M., Salih N. Synthesis, reactivity and application studies for different biolubricants // Chemistry Central Journal. 2014, 8:16.
4. Petrovic Z. S. Polymers from biological oils // Contemporary materials. 2010, I-1: 39-50.
5. Aleksandro Stulginskio universitetas [interaktyvus]. Kaunas. Žiūrėta [2015-03-02]. <http://www.asu.lt/nm/l-projektas/aug_mp_kokybe_s/25.htm>.
6. Vaidya R., Chaudhary G., Raut N., Shinde G., Deshmukh N. Synthesis of biocomposites from natural oils: a review // International conference on environmental, biomedical and biotechnology. Singapore. 2012, Vol. 41.
7. Biemann U., Friedt W., Lang S., Luhs W., Jurgen G. M., Rusch M., Schneider M. P. Biorefineries – industrial processes and products. Wiley-VCH, 2006.
8. Abdullah B. M., Salimon J. Epoxidation of vegetable oils and fatty acids: catalysts, methods and advantages // Journal of Applied Sciences. 2010.
9. Saithai P., Lecomte J., Dubreucq E., Tanrattanakul V. Effects of different epoxidation methods of soybean oil on the characteristics of acrylated epoxidized soybean oil-co-poly(methyl methacrylate) copolymer // Express Polymer Letter. 2013, Vol. 7, No. 11. P. 910-924.
10. Saaurabh T., Patnaik M., Bhagt D. L., Renge V. C. Epoxidation of vegetable oils: a review // International Journal of Advanced Engineering Technology. 2011, Vol. II. P. 491-501.
11. Shande S., Xiaoqiao K., Longlong C., Gruolong Y., Yanlan B., Fanfan S., Xiadi X. Enzymatic epoxidation of Sapindus mukorossi seed oil by perstearic acid optimized using response surface methodology // Industrial Crops and Products. 2011, 33: 676-682.
12. Campanella A., Bonnaille L. M., Wool R. P. Polyurethane foams from soy oil-based polyols // Journal of Applied Polymer Science. 2009, vol. 112, issue 4. P. 2567-2578.
13. „Polar industries“ internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-03-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.polarindustries.net/Documents/HiBondEpoxidizedOil/BrochureHiBondEpoxidizedOil.pdf>>.
14. „Chemical land 21“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-03-01]. Prieiga per internetą: <<http://chemicalland21.com/specialtychem/NH/EPOXIDIZED%20LINSEED%20OIL.htm>>.

15. Saaurabh T., Patnaik M., Bhagt D. L., Renge V. C. Epoxidation of vegetable oils: a review // *International Journal of Advanced Engineering Technology*. 2011, vol. II. P. 491-501.
16. Efstathiou K. Synthesis and characterization of a polyurethane prepolymer for the development of a novel acrylate-based polymer foam. Budapest, 2011.
17. Desroches M., Escouvois M., Auvergne R., Caillol S., Boutevin B. From vegetable oils to polyurethanes: synthetic routes to polyols and main industrial products // *Polymer Review*. 2012, Vol. 52.
18. Biobased thermosets from vegetable oils. Synthesis, characterization and properties (dissertation). Tarragona, 2006.
19. Kong X., Liu G., Qi H., Curtis J. M. Preparation and characterization of high-solid polyurethane coating systems based on vegetable oil derived polyols // *Progress in organic coatings*. 2013, 76: 1151-1160.
20. Caillol S., Desroches M., Boutevin G., Loubat C., Auvergne R., Boutevin B. Synthesis of new polyester polyol from epoxidized vegetable oils and biobased acids // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2012, Vol. 114, issue 12. P. 1447-1459.
21. Puderbaugh A. Vegetable oil-based waterborne polyurethane dispersions // Des Moines, 2009.
22. Hercule K. M. Preparation and characterization of waterborne polyurethane cross-linked by urea bridges // *International Journal of Chemistry*. 2011, Vol. 3, No. 2.
23. Sharmin E., Zafar F. Polyurethane. Croatia, 2012. P. 4-6.
24. American chemistry council [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-03-20]. <<http://polyurethane.americanchemistry.com/Introduction-to-Polyurethanes/Applications>>.
25. Makuška R., Buika G., Budrienė S., Vareikis A., Kiverienė J., Žemaitaitis A., Beleška K., Gražulevičius J. V., Radzevičius K. Polimerų sintezė ir tyrimas: vadovėlis polimerų laboratorijoms. Vilnius, 2006, 280 psl.
26. Įmonės „Pfaudler“ oficialus internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2014-03-20]. Prieiga per internetą: <<https://www.pfaudler.com/en>>.
27. Чернобыльский М.И. Машины и аппараты химических производств. Москва: Машиностроение, 1975, 41-52 p.
28. Kemmere M. F., Meuldijk J., Drinkenburg A. A. H., German A. L. Emulsification in batch-emulsion polymerization of styrene and vinyl acetate: a reaction calorimetric study // *Journal of Applied Polymer Science*. 2001. Vol. 79: 944-957.
29. Balandis A., Leskauskas B., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija: III knyga. Kaunas, 2010, 4-5 psl.

30. Balandis A., Leskauskas B., Šinkūnas S., Vaickelionis G., Valančius Z. Chemijos inžinerija: I knyga. Kaunas, 2007, 163 psl.
31. „ChemWiki“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <http://chemwiki.ucdavis.edu/Theoretical_Chemistry/Chemical_Bonding/General_Principles/Bond_Energies>.
32. National Institute of Standards and Technology [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C7722841&Type=JANAFG&Table=on>>.
33. „Wikipedia“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Formic_acid_\(data_page\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Formic_acid_(data_page))>.
34. The Engineering ToolBox [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-fluids-d_151.html>.
35. „Tapflo“ oficialus internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <<http://tapflo.lt/products/centrifugal>>.
36. The University of Texas at Dallas [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <www.utdallas.edu>.
37. „Welch“ oficialus internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-03-01]. Prieiga per internetą: <<http://welchvacuum.com/collections/industrial/products/duoseal-1400>>.
38. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011, Nr. 46 -2201).
39. UAB „Sabelija“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-05-10]. <<http://www.sabelija.lt/lt/paslaugos/item/68-profesines-rizikos-vertinimas>>.
40. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
41. Darbuotojų apsaugos nuo cheminių veiksnių darbe nuostatai. Valstybės žinios, 2001, Nr.65-2396; (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2005, Nr.55-1907).
42. Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 39-1878 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr.: 124 -6254).
43. Specialiųjų patalpų ir technologinių procesų elektros įrenginių įrengimo taisyklės. Valstybės žinios, 2013, Nr. 27-1299 .
44. STR 2.01.06:2009 Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Valstybės žinios, 2009, Nr. 138-6095.
45. Oficialus interneto puslapis „Mano energija“ [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-05-10]. <<http://www.manoenergija.lt/2-zaib.-apsaug.-zonos-skaic.html>>.

46. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
47. HN 98:2000. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos mažiausios ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. Žiūrėta [2015-04-10]. Prieiga per internetą: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2f7d7690d52311e3bb00c40fca124f97>>.
48. HN 33:2011. „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75-3638.
49. Darbuotojų apsaugos nuo triukšmo keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios, 2005, Nr.53-1804.
50. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr. 118-5970, Nr. 124).
51. „Paroc“ internetinis puslapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-10]. Prieiga per internetą: <<http://www.paroc.lt/darbai-ir-informacijai/cad-breziniai>>.
52. Lietuvos matininkų asociacija [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-01]. Prieiga per internetą: <http://www.matininkuasociacija.lt/lt/naujienos/naujienos/atnaujintas_nekilnojamojo_turto_atkurimo_kastu_kainynas_ntk_2014/>.
53. KTU gerioninis mokslo parkas. (2012). Verslo plano, skirto investuotojams, rengimo vadovas. II finansinė dalis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-10]. Prieiga per internetą: <http://kfc.fastsite.lt/files/361/verslo_planas_finansine_dalis.pdf>.
54. Staniškis J. K., Kriaučionienė M. Darni plėtra: mokomoji knyga // Technologija, 2008.
55. Aplinkos apsaugos agentūros tinklapis [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-10]. Prieiga per internetą: <<http://chemija.gamta.lt>>, cheminių medžiagų ir preparatų duomenų bazėje.
56. Aleksandro Stulginskio universitetas [interaktyvus]. Žiūrėta [2015-04-10]. Prieiga per internetą: <<http://www.asu.lt/nm/l-projektas/Aplinkairsveikata/15.htm>>.
57. Dėl Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro 1999 m. liepos 14 d. Įsakymo nr. 217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo. 2012 m. sausio 31d. Nr. D1-85, Valstybės žinios, 2012-02-04, Nr. 16-697 .