



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Laura Galminaitė**

**AKTYVIŲJŲ KOMPONENTŲ IŠSKYRIMAS  
CHROMATOGRAFIJOS BŪDU IŠ *CANNABIS SATIVA*  
SUPERKRIZINIŲ CO<sub>2</sub> EKSTRAKTŲ**

Baigiamasis magistro darbas

**Vadovas**

Doc. dr. Linas Miknius

**Kaunas, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**  
**ORGANINĖS CHEMIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Organinės chemijos katedros vedėjas

Prof. Vytas Martynaitis

**AKTYVIŲJŲ KOMPONENTŲ IŠSKYRIMAS**  
**CHROMATOGRAFIJOS BŪDU IŠ *CANNABIS SATIVA***  
**SUPERKRIZINIŲ CO<sub>2</sub> EKSTRAKTŲ**

Baigiamasis magistro darbas

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 621H81004)

**Darbą atliko**

Laura Galminaitė

**Vadovas**

Doc. dr. Linas Miknius

**Recenzentas**

Prof. habil. dr. Vytautas Mickevičius

**Konsultantai**

Lietuvių kalbos

lekt. Virginija Stankevičienė

Ekonominių skaičiavimų

Doc. dr. Audrius Taraškevičius

Darbuotojų saugos ir sveikatos

Doc. dr. Dalia Nizevičienė

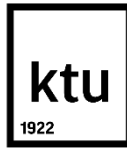
Aplinkosauginio vertinimo

lekt. Inga Stasiulaitienė

Statybinių sprendimų

lekt. Odeta Viliūnienė

**Kaunas, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Laura Galminaitė

Studijų programa Chemijos inžinerija (kodas 612H81004)

Baigiamojo darbo „Aktyviųjų komponentų išskyrimas chromatografijos būdu iš *Cannabis sativa* superkrizinių CO<sub>2</sub> ekstraktų“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20\_\_ m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Laura Galminaitė** baigiamasis darbas tema „Aktyviųjų komponentų išskyrimas chromatografijos būdu iš *Cannabis sativa* superkrizinių CO<sub>2</sub> ekstraktų“ 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)



Darbo pavadinimas „Aktyviųjų komponentų išskyrimas chromatografijos būdu iš *Cannabis sativa* superkrizinių CO<sub>2</sub> ekstraktų ". Autorius: Laura Galminaitė, vadovas: doc. dr. Linas Miknius. Darbą sudaro 96 puslapiai.

## **SANTRAUKA**

Šiame magistro baigiamajame darbe suprojektuota kanabidiolio gryninimo iš pluoštinių kanapių (*Cannabis sativa*) CO<sub>2</sub> ekstrakto technologinė linija bei atlikti technologinių įrenginių skaičiavimai. Gryninimas vykdomas skysčių chromatografijos metodu, esant įrenginio našumui 1 t produkto per metus.

Darbe pateikta informacija apie naudojamą žaliavą, jos išgavimą bei gauto produkto pritaikymą, bei naudą. Aprašytos laboratorijoje atliktų bandymų metodikos ir pateikti tyrimų rezultatai. Remiantis tyrimų duomenimis suprojektuota technologinė linija su tirpiklių regeneracijos įrenginiais. Įvertintas ekonominis projekto stabilumas bei išanalizuoti darbo saugos ir aplinkosaugos aspektai.

Title „Seperation of active components by chromatography from *Cannabis sativa* supercritical CO<sub>2</sub> extracts". Author: Laura Galminaitė, supervisor: doc. dr. Linas Miknius. The work consists of 96 pages.

## **SUMMARY**

In this master degree project the technological scheme of cannabidiol purification from hemp (*Cannabis sativa*) CO<sub>2</sub> extract is designed and all necessary calculations of technological units are made. Purification is based on chromatography method when it is produced 1 ton product per year.

In this project it is seeking to give information about raw material, its extraction methods and the application, efficiency of the product. In addition to this, methods and results of the experiments are discussed. Based on laboratory researches technological scheme with eluent regeneration equipment was designed. All in all, economical stability of the project, workplace safety and the environmental protection were analysed and evaluated.

## TURINYS

ĮVADAS.....	14
1 BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI.....	16
2 TECHNINIS EKONOMINIS PAGRINDIMAS .....	18
2.1 Pradinė padėtis.....	18
2.2 Statybos rajono (miesto) charakteristika bei pagrindimas.....	18
2.3 Žaliavų zonos charakteristika ir materialinio aprūpinimo pagrindimas .....	18
2.4 Gamybinio pajėgumo ir gamybinės programos pagrindimas .....	19
2.5 Statybos aikštelės (teritorijos) charakteristika bei pagrindimas .....	19
3 LITERATŪROS APŽVALGA.....	20
3.1 Pluoštinės kanapės.....	20
3.2 Kanabinoidai.....	21
3.3 Kanapių ekstrakto išgavimo technologijos.....	22
3.4 Kanabidiolio gryninimo būdai.....	23
4 LABORATORINIAI TYRIMAI .....	24
4.1 Tyrimų metodika .....	24
4.1.1 Chromatografija .....	24
4.1.2 Adsorbcinė chromatografija.....	25
4.1.3 Plonasluoksnė chromatografija (PC).....	26
4.1.4 Efektyvioji skysčių chromatografija (HPLC) .....	26
4.2 Techniniai eksperimentų atlikimo principai .....	27
4.2.1 Chromatografinio perskirimmo eksperimentas .....	27
4.2.2 Plonasluoksnės chromatografijos eksperimentas .....	27
4.2.3 Efektyviosios skysčių chromatografijos eksperimentas.....	28
4.3 Eliuento parinkimas.....	28
4.4 Tyrimų duomenys, rezultatai ir jų aptarimas.....	30
4.5 Optimalus perdirbamos žaliavos kiekio nustatymas .....	33

5	TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ PARINKIMAS .....	35
5.1	Chromatografijos kolonų tūrio ir matmenų skaičiavimai.....	35
5.2	Išcentrinio siurblio skaičiavimai.....	37
5.3	Maišyklės tūrio skaičiavimas.....	40
5.4	Maišyklės maišiklio pasirinkimas ir skaičiavimas .....	41
5.5	Elektrinio kaitintuvo skaičiavimai.....	43
5.6	Distiliavimo kolonos skaičiavimai .....	45
6	TECHNOLOGINĖS LINIJOS APRAŠYMAS .....	51
7	DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA .....	53
7.1	Projektuojamo objekto charakteristika .....	53
7.2	Profesinės rizikos vertinimas.....	54
7.3	Saugi gamyba .....	58
7.4	Darbo higiena .....	61
7.5	Gaisrinė sauga.....	64
8	STATYBINIAI SPRENDIMAI.....	66
8.1	Bendrieji duomenys .....	66
8.2	Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara.....	67
8.3	Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai.....	69
8.4	Orientacinės statinio naujos statybos darbų kainos apskaičiavimas.....	69
9	EKONOMINIAI SKAIČIAVIMAI.....	71
9.1	Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai .....	71
9.2	Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas .....	72
9.3	Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	73
9.4	Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas .....	77
9.5	Veiklos kaštai .....	80
9.6	Finansinės ir investicinės sąnaudos .....	81
9.7	Gaminių kainos skaičiavimas .....	81
9.8	Projekto pelnas ir grynieji pinigų srautai.....	82



9.9	Investicijų efektyvumo įvertinimas .....	83
9.10	Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštų skaičiavimas .....	84
9.11	Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas .....	85
9.12	Vidinės pelno normos skaičiavimas .....	85
9.13	Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas.....	85
9.14	Lūžio taško skaičiavimas.....	86
10	APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS .....	87
	IŠVADOS.....	91
	LITERATŪRA.....	92
	PRIEDAI.....	95

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1.1 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai (žr. 9 skyrių) .....	16
4.3.1 lentelė. Tirpiklių eliuacinė geba.....	29
4.3.2 lentelė. Kanabidiolo grynumas, naudojant skirtingus eliuentų mišinius.....	30
4.4.1 lentelė. Eksperimentinės sąlygos.....	30
4.4.2 lentelė. Antrojo valymo eksperimentinės sąlygos.....	32
4.4.3 lentelė. Laiko ir kiekio sąnaudos.....	33
5.1.1 lentelė. Žaliavų balansas pirmojo valymo kolonai.....	35
5.1.2 lentelė. Žaliavų balansas antrojo valymo kolonai .....	36
5.5.1 lentelė. Pradiniai duomenys .....	43
5.6.1 lentelė. Pradiniai duomenys .....	46
7.2.1 lentelė. Rizikos veiksnių identifikavimas ir kiekybinis įvertinimas .....	54
7.2.2 lentelė. Medžiagų gaisrinio pavojingumo rodikliai.....	55
7.2.3 lentelė. Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų.....	55
7.2.4 lentelė. Patalpų, išorinių įrenginių pavojingų vietų zonos pagal sprogimo ir gaisro pavojų.....	56
7.2.5. lentelė. Pastato kategorija pagal sprogimo ir gaisro pavojų.....	57
7.3.1 lentelė. Elektros įrangos sprogiosioms zonoms parinkimas.....	59
7.3.2 lentelė. Dviejų strypų apsaugos zonos parametrų skaičiavimas [36].....	60
7.4.1 lentelė. Profesinę riziką apibūdinantys ribiniai dydžiai .....	62
7.4.2 lentelė. Darbo patalpų komfortinių sąlygų įvertinimas.....	63
7.5.1 lentelė. Gaisro klasės ir ugnį gesinanti medžiaga .....	64
8.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai .....	66
8.4.1 lentelė. Suvestinė statybos kainos apskaičiavimas.....	70
9.1.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai.....	72
9.2.1 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis.....	72
9.2.2 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos .....	73
9.3.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms .....	74
9.3.2 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui .....	75
9.3.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai .....	76
9.3.4 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui.....	77
9.4.1 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija).....	77
9.4.2 lentelė. Gamybos kaštai.....	79
9.5.1 lentelė. Veiklos kaštai .....	80
9.6.1 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos gražinimo planas .....	81

9.7.1 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas .....	82
9.8.1 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, € .....	82
9.8.2 lentelė. Finansinės būklės pakeitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. € .....	83
9.14.1 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas .....	86
10.1 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas [43].....	87
10.2 lentelė. Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai .....	88
10.3 lentelė. Konkrečiai veiklos sąlygojama fizikinė tarša .....	88
10.4 lentelė. Gamybinės atliekos ir jų kiekiai .....	88
10.5 lentelė. Atliekų tvarkymo duomenys .....	89
10.6 lentelė. Naudojamo vandens balansas .....	89
10.7 lentelė. Susidariusių nuotekų balansas .....	90

## PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

3.1.1 pav. Kanapių rūšys .....	20
3.2.1 pav. Kanabidiolio struktūrinė formulė.....	22
4.2.1.1 pav. Chromatografijos kolonėlė .....	27
4.4.1 pav. CBD grynumas skirtingiems eliuento (MeOH:DCM) santykiams.....	31
4.4.2 pav. Laiko sąnaudos naudojant MeOH:DCM eliuentus.....	31
4.4.3 pav. Eliuentų (MeOH:DCM) sąnaudos .....	32
4.4.4 pav. CBD grynumas skirtingiems eliuento (etilacetatas:acetonitrilas) santykiams .....	33
4.5.1 pav. CBD grynumas skirtingiems adsorbento ir žaliavos santykiams (I kolona), g/g .....	34
4.5.2 pav. CBD grynumas skirtingiems adsorbento ir žaliavos santykiams (II kolona), g/g.....	34
5.6.1 pav. X-Y diagrama .....	49
5.6.2 pav. Principinė distiliacijos kolona .....	50
7.3.1 pav. Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonos schema.....	61
7.5.1 pav. Evakuacijos planas .....	65
9.9.1 pav. Atsipirkimo laikotarpis .....	84

## **SANTRUMPOS**

BVP – bendras vidaus produktas;

CBD – kanabidiolis;

DCM – dichlormetanas;

IPRD – ilgalaikio poveikio ribinis dydis;

MeOH – metanolis;

m.d. – masės dalis;

## IVADAS

Pasikeitusi žmonių mąstysena apie sveiką gyvenimo būdą, gausus informacijos srautas apie vis dažnėjančias ligas bei žmonių sveikatos būklės prastėjimą dėl vartojamų netinkamų produktų lėmė tai, kad buvo pradėta ieškoti naujų, alternatyvių maisto papildų šaltinių.

Vaistiniai augalai, tokie kaip ramunėlės, čiobreliai, linai, liepžiedžiai, kadagiai, ajerai, medetkos ir kt. jau seniai ištyrinėti ir pripažinti ekologiškais augalais, vartojamais ne tik kasdieniniame gyvenime, bet ir ligos metu. Dar vienas, seniai Lietuvoje auginamas augalas – kanapė, taip pat savo sudėtyje turi preparatų, kurie gali padėti stiprinti organizmą ne tik profilaktiškai, bet ir tam tikrų susirgimų atveju.

Dažniausiai kanapes visuomenė sieja su narkotinėmis medžiagomis, sukeliačiomis haliucinacijas, tačiau mokslininkai per ilgus tyrinėjimų metus įrodė, jog pluoštinės kanapės (*Cannabis sativa*) nelaikomos psichotropinį poveikį sukeliančiais augalais. Šiame darbe tyrinėjamas kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas, savo sudėtyje turintis daugiau kaip 60 įvairių kanabinoidų, iš kurių vienas, žinomas kaip kanabidiolis (CBD), turi didelį praktinį pritaikymą. Pluoštinių kanapių ekstrakto šio preparato kiekis siekia iki 40%, likusią dalį sudaro kiti kanabinoidai bei terpenai. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad CBD praturtinti preparatai turi teigiamą poveikį žmogaus sveikatai, ypač žmoniams, sergantiems astma ar besiskundžiantiems artrito skausmais. Šiuo metu gaminamos tinktūros bei pastos iš CBD praturtintos žaliavos, tačiau produktų sudėtyje randama ir kitų priemaišų. Šių priemaišų įtaka žmogaus organizmui nėra iširta, todėl vis dar laikomasi skeptiško požiūrio į kanapių ekstrakto produktus.

Siekiant pagaminti aukštos kokybės preparatus, kuriuose būtų minimalus priemaišinių junginių kiekis, nutarta atlikti pluoštinių kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimo tyrimus, naudojant chromatografijos metodą. Pritaikius chemijos žinias bei esamas technologijas, išgautas grynas kristalinis CBD atveria naujų galimybių ne tik ekologiškų maisto papildų gamybos srityse, bet galbūt ir medicinoje.

**Tikslas:** suprojektuoti skysčių chromatografijos įrenginį, gaminantį 98% kanabidiolį iš kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto žaliavos.

**Uždaviniai:**

- Nustatyti žaliavoje esančio pagrindinio komponento kiekį;
- Atlikti skysčių chromatografijos optimalaus eliuento sudėties tyrimą;
- Atlikti optimalaus perdirbamos žaliavos kiekio ir valymų skaičiaus tyrimus;
- Sudaryti perdirbamos žaliavos technologinę schemą;
- Nubraižyti tirpiklio regeneracijos koloną;
- Atlikti ekonominius skaičiavimus;
- Suprojektuoti gamybinės veiklos pastatą;
- Įvertinti darbo saugos reikalavimus;
- Išspręsti aplinkosauginius klausimus.

## 1 BENDRAS DARBO APIBŪDINIMAS IR PAGRINDINIAI RODIKLIAI

Pagal tyrimus, atliktus laboratorijoje, suprojektuota kanabidiolio gryninimo technologinė linija, kurios pajėgumas – 1 t produkto per metus. Gamybos technologiją nutarta vystyti Kauno rajone, Neveronių gyvenvietėje, o produkciją eksportuoti užsienio rinkai. Remiantis tyrimų duomenimis paskaičiuoti reikiami kaštai bei reikalinga produkto kaina, kad verslas būtų efektyvus. Suvestinėje 1.1 lentelėje pateikiami pagrindiniai projekto ekonominiai rodikliai.

Rentabilumo rodikliai išreiškiami procentais ir skaičiuojami pelno prieš apmokestinimą ( $P$ ) atžvilgiu:

$$R_{prod} = (P \times 100) / (GK + VS);$$

$$R_{ap} = (P \times 100) / B_{pard}; \quad (1.1)$$

$$R_k = (P \times 100) / (PF + AL),$$

čia:  $GK$  ir  $VS$  – atitinkamai: parduodamos produkcijos gamybos kaštai ir veiklos sąnaudos, €.;  $B_{pard}$  – pardavimo apimtis, €.;  $PF$  ir  $AL$  – atitinkamai: pagrindinių priemonių ir apyvartinių lėšų vertė, €. Reikalingi duomenys pateikti 9 skyriuje.

Produkcijos imlumo apyvartinėms lėšoms rodiklis ( $I_{prod}$ ) parodo, kokia apyvartinių lėšų suma tenka vienam parduotos produkcijos eurui, ir apskaičiuojamas apyvartinių lėšų sumą dalinant iš pardavimų apimtį.

### 2.1.1 lentelė. Projekto finansiniai ekonominiai rodikliai (žr. 9 skyrių)

Rodikliai	Baziniais metais	Projekte	Pokytis
1. Produkcijos pardavimo apimtis, natūriniais vienetais brandos stadijoje:			
gaminio 1	<b>1000</b>	<b>1000</b>	-
2. Realizacinės pajamos, tūkst. €	<b>3197</b>	<b>2558</b>	<b>639</b>
3. Įmonės darbininkai:	<b>5</b>	<b>5</b>	-
4. Darbo našumas, tūkst. €:	<b>16</b>	<b>16</b>	-



5. Vidutinis metinis darbo užmokestis, €:			
Darbininko	<b>450</b>	<b>450</b>	-
6. Gamybos kaštai, tūkst. €	<b>1929</b>	<b>1929</b>	-
7. Gaminio pilnoji savikaina, €:			
Gaminio 1	<b>2459</b>	<b>2459</b>	-
8. Grynasis pelnas, tūkst. €	<b>1078</b>	<b>1078</b>	-
9. Papildomas pelnas, gautas įgyvendinus projektinius sprendimus, tūkst. €	<b>738</b>	<b>738</b>	-
10. Investicijų apimtis, tūkst. €	<b>3115</b>	-	-
11. Produkcijos (veiklos) rentabilumas, %	<b>15</b>	<b>15</b>	-
12. Apyvartos rentabilumas, %	<b>83,4</b>	<b>83,4</b>	
13. Kapitalo rentabilumas, %	<b>42,8</b>	<b>42,8</b>	
14. Jų apyvartų skaičius	<b>1000</b>	<b>1000</b>	
15. Apyvartos trukmė, dienos	<b>252</b>	<b>252</b>	
16. Produkcijos imlumas apyvartinėms lėšoms, €	<b>1645</b>	<b>1645</b>	
17. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė, metais	<b>4</b>	<b>4</b>	
18. Projekto grynoji esamoji vertė, tūkst. €	<b>1551</b>	<b>1551</b>	
19. Kapitalo kaštai, %	<b>5,1</b>	<b>5,1</b>	-
20. Vidinė pelno norma, %	<b>12</b>	<b>12</b>	-

Rezultatai rodo, kad gamyba nenuostolinga ir atsižvelgiant į produkcijos poreikį (kaip vaistinio preparato) gamybos našumas nustatytas tinkamas.

## **2 TECHNINIS EKONOMINIS PAGRINDIMAS**

### **2.1 Pradinė padėtis**

Kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimo įmonė pirma Lietuvoje, netgi Europoje. Pagrindinis šios pramonės šakos vystymasis vyksta Jungtinėse Amerikos Valstijose. Tačiau daugelyje JAV valstybių šią žaliavą draudžiama naudoti, net auginti pluoštines kanapes, o išgrynintos produkcijos paklausa didžiulė.

Lietuvos rinkoje ši gamybos technologija atneš daug naudos: sukuriama naujų darbo vietų, įtraukiamos įmonės į veiklą, didinamas valstybės biudžetas nuo mokamų mokesčių. Suaktyvės žemės ūkis, kuris galės perspektyvią, įmonei reikalingą žaliavą, auginti dirbamose žemėse. Lietuvoje įsikūrusi ne viena didelė įmonė, sugebanti aptarnauti ne tik šalies, bet ir užsienio gyventojų rinką. Kvalifikuoti darbuotojai ir ilgametis bendradarbiavimas bei patikimumas su kitomis įmonėmis sukuria sąlygas įmonei įsitvirtinti palankiomis sąlygomis. Tačiau pats produktas Lietuvos rinkai neprieinamas, kadangi Lietuvos gyventojai yra vieni iš mažiausiai uždirbančių Europoje, todėl šio produkto kaina per didelė. Produkcija eksportuojama užsienio rinkai.

### **2.2 Statybos rajono (miesto) charakteristika bei pagrindimas**

Statybos vieta pasirinkta Kauno rajone, Neveronių gyvenvietėje. Neveronys įsikūrę šiaurės rytiniame pakraštyje už Kauno Palemono miesto dalies, kur gyvena apie 3 tūkst. gyventojų. Už 10 km esantis Kaunas antras pagal didumą šalyje, gyvena 301 tūkst. gyventojų, todėl galima didelė paklausa tiek žaliavų, tiek statybos, tiek darbuotojų atžvilgiu. Specialistų aukštą lygį užtikrina mieste esantys 7 universitetai bei 7 kolegijos.

Kaunui tenka 14% visos Lietuvos ekonominės veiklos, sukuriama 11% BVP. Šiame regione yra daugiau nei 1000 apdirbimo pramonės įmonių. Iš 500 didžiausių Lietuvos įmonių beveik 100 sudaro Kauno bendrovės.

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

Projektuojamai gamybos linijai ne visos reikalingos žaliavos gali būti gaunamos iš vietinių įmonių. Metanolio žaliava gali aprūpinti AB „Achema“, kuri gali tiekti reikiamą kiekį žaliavos tam pritaikytu auto transportu. Kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas tiekiamas iš Lenkijos, todėl statybos vieta patogi žaliavos atvežimui. Kitos reikalingos žaliavos turi būti tiekiamos dideliais kiekiais ir

vietinės pramonės įmonės šių reikalavimų neatitinka. Tačiau pagal įmonių įstatus, šios paslaugos pagal sutartį gali būti tiekiamos reikalaujamais kiekiais.

Projektuojamas objektas elektra, vandeniu bei šildymu bus aprūpinamas iš vietinių tinklų sistemų. Nuotekos taip pat nuvedamos į vietinę nuotekų sistemą. Visos inžinerinės sistemos gali būti atvestos nuo Neveronių gyvenvietės. Darbo jėga planuojama apsirūpinti iš šalia Neveronių esančio Kauno miesto.

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

Numatomas produkcijos gaminimo kiekis – 1 t produkto per metus. Kadangi produkcijos paklausa didelė JAV bei Europos šalyse, tokiose kaip Olandija, Vokietija, kur pradeda įsileisti tokį produktą į rinką, tikimasi, kad toks produkcijos kiekis realus poreikiams patenkinti. Tokiam kiekiui pagaminti, kai per metus dirbama 252 dienas (neįskaičius savaitgalius ir švenčių dienas), reikalingas 24 valandų darbo laikas. Gamyba organizuojama dviem pamainomis. Pagrindiniai aparatai ir rodikliai valdomi nuotoliniu būdu, gamyboje užtenka operatorių gamybiniam procesams valdyti, todėl pagrindiniai organizaciniai ir tyrimų darbai atliekami dienos metu, o naktį tik prižiūrimas pats procesas. Tokiu būdu per dieną pagaminama ~ 4 kg produkto.

Reikalingų tirpiklių išteklių neriboti, o kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas gali būti ribojama žaliava, todėl būtina iš anksto užtikrinti žaliavos kiekį ir sudaryti sutartis su kanapes auginančiais ūkininkais bei su kanapes ekstrahuojančia įmone Lenkijoje.

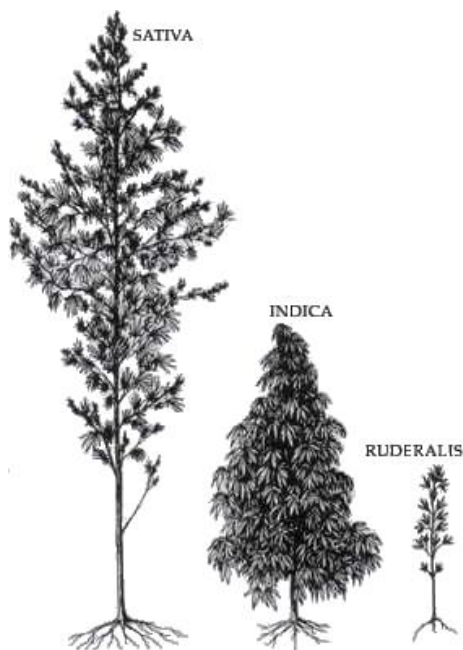
#### **2.5 Statybos aikštelės (teritorijos) charakteristika bei pagrindimas**

Vietovė atitinka keliamus saugos reikalavimus, greta nėra gyvenamųjų pastatų, aplink dirbama žemė, todėl jei prireiktų ateityje yra galimybė įmonei plėstis. Vietovė patogi geografiškai padėtimi, už 10 kilometrų pasiekiamas Kaunas. Už 300 metrų nuo įmonės yra autostrada Kaunas-Vilnius, todėl galimas puikus susisiekimas kelių transportu. Vietovėje vyrauja vakarų, pietvakarių vėjai, todėl avarijos atveju galimi išmetimai į orą būtų nunešami nuo Neveronių gyvenvietės. Visi inžineriniai tinklai gali būti atvesti nuo gyvenvietės tinklų, todėl elektros, šildymo ir nuotekų klausimai lengvai išsprendžiami. Pro Neveronys nutiestas geležinkelis, todėl gali būti organizuojamas žaliavų gabenimas geležinkeliu, ypač patogus žaliavų pristatymas iš AB „Achemos“. Statybos įmonės Kaune taip pat lengvai pasiektą objektą ir tai nesudarytų papildomų išlaidų projektui vykdyti.

### 3 LITERATŪROS APŽVALGA

#### 3.1 Pluoštinės kanapės

Kanapės (*Cannabis*) – seniai žinoma vietinė kultūra, pradėta auginti dar mūsų protėvių. Žinomos trys kanapių rūšys: pluoštinės kanapės (*Cannabis sativa* L.), narkotinės kanapės (*Cannabis Indica*) ir šiukšlyninės kanapės (*Cannabis Ruderalis*) [1]. Kanapės *Cannabis Indica* draudžiamos auginti visame pasaulyje, dėl savo sudėtyje turinčių junginių, sukeliančių psichotropinį poveikį. Šios kanapės geriau žinomos marihuanos ar hašišo pavadinimais. *Cannabis Ruderalis* pirmą kartą aptiktos Rytų Europoje, rusų botaniko D.E. Janichevsky. Šios kanapės vadinamos niekinėmis, nes užauga labai mažos, todėl laikomos piktžolėmis. *Cannabis sativa* L. kanapės skiriasi nuo pastarųjų, ne vien išvaizda (3.1.1 pav.), bet ir cheminė sudėtimi. Šią kanapių rūšį leidžiama auginti beveik visame pasaulyje, dėl minimalaus preparatų kiekio, kurie sukelia psichotropinį poveikį. Pluoštinės kanapės ir iš jų išgaunami junginiai atnešė didelį perversmą tiek pramonėje, tiek medicinoje.



3.1.1 pav. Kanapių rūšys

Kanapė (*Cannabis sativa* L.) yra vienmetis augalas, kuris naudingas dėl išgaunamo pluošto, sėklų bei aliejaus [2]. Kanapės pirmą kartą pradėtos auginti apie 8000 metų prieš Kristų Mesopotamijoje (dabartinėje Turkijos teritorijoje) [3]. Europoje kanapės pasirodė tik po 400 metų, kai rytų šalys jau seniai kanapes naudojo pluoštui, virvių gamybai bei kaip maisto šaltinį. Medicininiais tikslais kanapių ekstraktas pradėtas naudoti Kinijoje ir Indijoje. Terapinis gydymas kanapių ekstraktu ir tinktūra vakarų medicinoje išplito devynioliktame amžiuje, tačiau dėl vaistinio preparato stiprumo ir atsiradusių sintetinės medicinos pakaitalų buvo nutrauktas ir net uždraustas [4]. Pagrindinė to priežastis – pramoninės pluoštinės kanapės vizualinis panašumas į marihuaną, tos pačios rūšies augalo atmainą.

Pluoštinės kanapės skirtingai nei marihuana užauga iki 1,2 – 4,5 m aukščio, o jų kotai siekia 2 cm storį. Pluoštinės kanapės auga kaip vienstiebis augalas, su mažai išsišakojimu bei lapų, priešingai nei marihuana – išsikerojęs, siekiantis apie 0,6 m aukščio lapinis krūmas [3].

Nepaisant pluoštinės kanapės bei marihuanos vizualinių ir augimo sąlygų panašumų, moksliniai tyrimais įrodyta, kad šių dviejų augalų cheminė sudėtis skiriasi. Tai leido pratęsti tyrinėjimus pluoštinės kanapės, kaip medicininio preparato, panaudojimo srityje.

### 3.2 Kanabinoidai

Kanabinoidai priklauso terpenoidų klasės junginiams, kurie augaluose randami aliejaus pavidalu, todėl beveik visi kanabinoidai yra nepolinės molekulės, netirpstančios vandenyje. Kanapėse (*Cannabis*) aptikta daugiau nei 80 skirtingų rūšių kanabinoidų bei apie 140 terpenų grupės junginių.

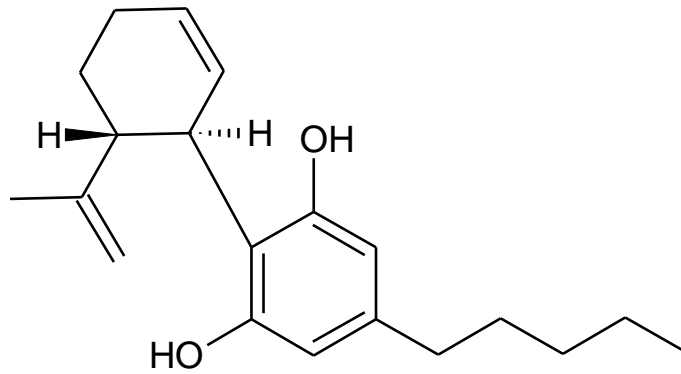
Sąvoka „kanabinoidai“ apima  $C_{21}$  terpenfenolių junginius randamus *Cannabis sativa* kilmės augaluose. Kol kas nustatyti 66 kanabinoidai, kurie gali būti skirstomi į 10 poklasių: CBG (kanabigerolas), CBC (kanabichromenas), CDB (kanabidiolis), THC ( $\Delta^9$  - tetrahidrokanabinolas),  $\Delta^8$  - THC, CBL (ciklinis kanabinoidas), CBE (Cannabielsoin), CBN (kanabinolas), CBT (kanabitriolas) ir įvairiarūšius kanabinoidus [5]. Keletas jų yra svarbūs vitaminų, steroidų, pigmentų ir kvapiųjų junginių formavimuisi [6].

Iš kanapių sudėtyje aptinkamų kanabinoidų du vyraujantys yra ypatingi. Tai THC (tetrahidrokanabinolis), kuris veikia žmogaus psichiką, ir CBD, šio poveikio neturintis ir mažinantis THC poveikį žmogaus organizmui. Viena kanapių rūšis turi daug kanabinoidų THC ir nedidelį kiekį kanabinoidų CBD.

Pagal chemotipą (priklausomai nuo THC kiekio) kanapės skirstomos į tris tipus:

- narkotinio tipo, turinčios 1–20 proc. THC, galintys veikti psichiką (iš jų gaminami narkotikai marihuana ir hašišas);
- vidutinio tipo, turi 0,3–1,0 proc. THC, minimalus galimas psichotropinis poveikis;
- pluoštinio tipo, turi < 0,3 proc. THC, psichikos neveikia (iš jų gaminamas pluoštas, maistinis aliejus, įvairūs preparatai);

Kanabidiolis (CBD) bei tetrahidrokanabinolas (THC) yra vieni iš labiausiai ištyrinėtų kanabinoidų, tačiau kanabidiolis aktualiausias. CBD kiekis pluoštinėse kanapėse žymiai viršija THC bei kitų kanabinoidų. Ekstrakte gautame iš pluoštinių kanapių CBD kiekis siekia 40 proc. viso ekstrakto masės. Tyrimų duomenimis CBD cheminė formulė  $C_{21}H_{30}O_2$ , molekulinė masė – 314,4617 g/mol, lydymosi temperatūra 62–63 °C [7]. Struktūrinė formulė pateikta 3.2.1 paveiksle.



**3.2.1 pav. Kanabidiolio struktūrinė formulė.**

Kanabidiolis šiuo metu gali būti naudojamas tik kaip maisto papildas, tačiau mokslininkai ištyrė jų nauda žmogaus organizmui bei iki šiol įrodinėja, kad CBD ekstraktai, tinktūros gali būti naudojami kaip medicininės priemonės. Moksliniais tyrimais įrodyta, kad CBD praturtinti preparatai padeda gydyti epilepsiją, apetito sutrikimus, sąnarių skausmus, dirglumą, šizofreniją ir įvairius spazmus [8, 9]. Per daugelį tyrinėjimų metų CBD poveikis organizmams buvo atliktas stebint žiurkių ir pelių reakciją į preparatą. Pasiėkus teigiamų rezultatų tyrimai pasistūmėjo į priekį ir buvo leista CBD išbandyti su žmonėmis, kurie savanoriškai sutiko su eksperimentų sąlygomis [10]. Ne viename straipsnyje publikuojamas teigiamas šių bandymų rezultatas. Šiuo metu CBD praturtinti preparatai plinta rinkoje, nenustojant tyrinėti jų panaudojimo bei platesnių galimybių.

Šiuo metu Europos Sąjungoje leidžiamos auginti kanapių veislės su minimaliu (ne daugiau, kaip 0,2 proc.) kanabinoido tetrahidrokanabiniolo (THC) kiekiu [2]. Lietuvoje pluoštinės kanapės įteisintos auginti bei importuoti nuo 2014 m. sausio 1 d.

### **3.3 Kanapių ekstrakto išgavimo technologijos**

Šiuo metu CBD išskyrimo technologijos nėra itin plačiai ištytos, tačiau pirminės mokslininkai įrodytos išgryninimo technologijos, t.y. ekstrakcijos būdai, viešai skelbiami ir prieinami kiekvienam žmogui. Vienintelė sąlyga, kuri galioja visiems išgavimo būdams, tai kad prieš atliekant ekstrakciją kanapės, turi būti išdžiovintos. Naudojant ką tik nuimtą derlių apie 50 proc. kanabinoidų ekstrakcijos metu lieka žaliavoje, todėl mažėja produkto išeiga. CBD iš pluoštinių kanapių gali būti išskiriamas:

- Superkritine CO<sub>2</sub> ekstrakcija;
- Ekstrakcija naudojant tirpiklius;
- Ekstrakcija alyvuogių aliejumi;

Superkritinės CO<sub>2</sub> ekstrakcijos metodas labiausiai paplitęs, saugiausias ir ekologiškiausias CBD ekstrakto išgavimo būdas. Šio proceso metu naudojamos CO<sub>2</sub> esant dideliame slėgiui bei ypač žemai temperatūrai, norint pasiekti kuo didesnę grynumą. Šio metodo trūkumas – brangi aparatūra. Vykstant ekstrakciją naudojant tirpiklius ekonominiai kaštai sumažinami, tačiau sumažėja produkto grynumas bei patikimumas. Kaip tirpiklius galima naudoti butaną, heksaną, izopropilo alkoholį arba etanolį, tačiau ekstrakcijos metu nedidelis tirpiklių kiekis gali būti randamas galutiname produkte. Tokiu būdu išgauto produkto, kaip maisto papildu ar medicininio preparato, vartojimas gali pabloginti pacientų būklę dėl sudėtyje liekančių priemaišų, jei jų imuninė sistema yra nusilpusi. Trečiuoju metodu išgaunant CBD iš pluoštinių kanapių naudojamas alyvuogių aliejus, kuris, kaip teigia mokslininkas Dr. Arno Hazekamp, yra saugus ir pigus metodas. Šiuo būdu alyvuogių aliejus per tam tikrą laiką prisisotina CBD be papildomų sąlygų (t.y. slėgio, temperatūros ir kt.). Tačiau norint šiuo būdu vykdyti CBD ekstrakciją dideliu mastu, būtinas išsamesnis technologijos veiksmingumo tyrimas [11].

### **3.4 Kanabidiolio gryninimo būdai**

Remiantis literatūros duomenimis, kanabidiolis gali būti gryninamas priemaišų atskyrimo metodu, tirpinant pradinę žaliavą skirtinguose tirpikliuose. Remiantis išradėjo Lesley Applied Analysis ARCHER rastu patentu (EP1542952 A1, [12]) kanabidiolis gali būti išgrynintas: kanapių ekstraktas tirpintas etanolyje, gauta masė filtruota, taip atskirtos netirpių junginių priemaišos, gautas tirpalas praleistas pro anglies absorbcijos koloną ir tada nudistiliuotas; distiliatas vėl tirpintas pentane, ir nudistiliavus tirpiklį gautas kristalinis kanabidiolis.

Analizuojant Adam Mueller rastą patentą (US20040049059 A1, [13]) teigiama, kad CBD gali būti išgryninamas naudojant chromatografinę koloną užpildytą silikageliu ir kaip eliuentą naudojant etanolio ar metanolio mišinį su chlorintais angliavandeniliais. B. Szabady straipsnyje [14] tvirtinama, kad kanabidiolio gryninimas gali būti atliekamas naudojant aukšto efektyvumo plonasluoksnę chromatografiją ant amino HPTLC lėkščių, dichlormetaną pasirenkant kaip mobilią fazę.

## 4 LABORATORINIAI TYRIMAI

Tyrimo objektas – pluoštinių kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas. Tyrimams naudota žaliava, kurioje CBD aptinkama 9,29%. Šie duomenys gauti atlikus efektyviosios skysčių chromatografijos (HPLC) tyrimus.

### Tyrimų ir eksperimentų tikslas:

Kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimas naudojant chromatografijos metodą. Tyrimo metu siekiama išsiaiškinti, koks eliuentas tinkamiausias gauti kuo grynesnę kanabidiolį; technologinio proceso eksperimento efektyvumo įrodymas ir naujos gamybos linijos projektavimas remiantis gautais tyrimų duomenimis.

### 4.1 Tyrimų metodika

#### 4.1.1 Chromatografija

Chromatografijos metodas atrastas jau antikos laikais. Šiais laikais chromatografija naudojama biochemijoje – gamtinių junginių struktūrai išskirti; medicinoje – vaistiniams preparatams išgauti; maisto pramonėje – maisto priedams ir papildams, kvapiosioms medžiagoms nustatyti.

Chromatografija – tai medžiagų skyrimo metodas, kai skiriamos medžiagos pasiskirsto tarp dviejų fazių, iš kurių viena yra stacionarioji, o kita mobilioji ir atskyrimas vyksta dėl skirtingo komponentų užsilaikymo stacionarioje fazėje. Chromatografiniai metodai naudojami tiek analitiniams, tiek preparatiniams tikslams. Šis procesas pagrįstas daugkartine medžiagų sorbcija ir desorbcija, joms judant judriosios fazės sraute per stacionariąją fazę [15].

Vykdamas chromatografiją, turi būti įvykdytos dvi sąlygos:

- komponentai turi būti tirpūs judrioje fazėje (priešingu atveju jos nusifiltruos ant stacionarios fazės ir nedalyvaus chromatografiniame procese);
- komponentai turi būti užlaikomi stacionariosios fazės (kitais jį pašalinus su judriąja faze ir neatsiskirs į komponentus).

Pagal medžiagų skyrimo principą chromatografiniai metodai klasifikuojami į adsorbcinę, pasikirstomąją, jonų mainų, molekulinę sietų ir afirinę chromatografiją. [15]



#### 4.1.2 Adsorbcinė chromatografija

Adsorbcinė chromatografija pats seniausias chromatografinis medžiagų skyrimo metodas [16]. Ilgą laiką šis metodas sėkmingai buvo naudojamas mišinių, daugiausia gamtinių junginių atskyrimui. Chromatografijos būdu galima atskirti aminorūgštis, angliavandenius, antibiotikus, vaistinius preparatus, pigmentus ir kt. [17]. Jis patogus naudoti, nes jam nereikalinga sudėtinga aparatūra, naudojant šį metodą, galima atskirti tiek mažus, tiek didelius mišinių kiekius.

Plačiausiai naudojamas adsorbcinės chromatografijos variantas – tai adsorbcija kietosios ir skystosios fazės paviršiuje. Šiuo atveju kaip kietoji fazė naudojama poringoji medžiaga – adsorbentas, per kurį teka tirpiklis, nešantis chromatografinį mišinį. Dėl skirtingų medžiagų adsorbcijos koeficientų, adsorbento paviršiuje kaupiasi kai kurios medžiagos, o likusios palaipsniui pasišalina iš kolonėlės. Kaip adsorbentai gali būti naudojami aktyvuota anglis, aliuminio oksidas, magnio oksidas, silikagelis, sintetiniai sorbentai ir kt. Adsorbentai turi būti chemiškai inertiški mobiliajai fazei bei chromatografuojamam mišiniui, turi gebėti adsorbuoti ir desorbuoti skiriamo mišinio komponentus. Silikagelis – labiausiai paplitęs polinis adsorbentas. Pagrindiniai privalumai: didelė adsorbcinė geba, platus asortimentas pagal porų dydį ir paviršiaus plotą, lengvai modifikuojamas. Porų dydis ir jų dispersiškumas – vienas svarbiausių adsorbentų savybių, kuri lemia adsorbento naudojimo sritį. Mažos molekulinės masės junginių skyrimui tinka silikageliai, kurių porų skersmuo – apie 3 mm, savitasis paviršius – 500-650 m<sup>2</sup>/g. [18]

Judriosios fazės prigimtis turi didelę įtaką atskyrimo atrankumui, kolonėlės skiriamajai gebai ir atskyrimo greičiui, todėl būtina parinkti tinkamą judriosios fazės medžiagą.

Eliuento eliucinę gebą lemia trys veiksniai:

- eliuento sąveika su chromatografuojamu junginiu;
- sorbuotų molekulių sąveika su eliuento molekulėmis;
- jų sąveika su adsorbentu.

Stipresnė eliucinė geba pasižymi eliuantai, kurių poliškumas artimas adsorbento poliškumui. Poliniai eliuantai bus stipresni eliuantai, kai naudojami poliniai adsorbentai, ir atvirkščiai. Eliuento parinkimui iš pradžių reikia naudotis literatūros duomenimis, po to tikslinga atlikti skyrimą plonasluoksnės chromatografijos metodu.

### **4.1.3 Plonasluoksnė chromatografija (PC)**

Vienas taip pat iš ankščiau sukurtų chromatografinės analizės metodų – plonasluoksnė chromatografija. Ji pasižymi paprasta atlikimo technika, nereikalauja brangios įrangos, yra santykinai nebrangus, greitas ir atrankus analizės metodas. [18]

Plonasluoksnėje chromatografijoje naudojamas plonas sorbento sluoksnis paskleistas ant plokštelės. Plokštelė atlieka tiriamojo mėginio nešimo funkciją. Dažniausiai naudojamos stiklinės, plastiko ar aliuminio folijos plokštelės. Pagrindiniai PC sorbentai, kurie paskleidžiami ant plokštelės: silikagelis, aliuminio oksidas, diatomitas ir celiuliozė. Atlikus chromatografiją plokštelės ryškinamos ultravioletinėje šviesoje, iš kurių naudojami du pagrindiniai šviesos bangų ilgiai: 254 ir 365 nm. [19]

Metodas yra pakankamai lankstus, nes gali nustatyti beveik kiekvieną junginį, taip pat ir neorganinius junginius. PC plačiai taikomas vaistų išgavimui iš biologinių skysčių ir audinių, botaninės kilmės vaistų nustatymui, junginių valymui ir priemaišų nustatymui iš chemiškai neapdorotų medžiagų. Atskyrimas pagrįstas adsorbcijos, pasiskirstymo, jonų mainų procesais arba visų šių procesų deriniu. [20]

### **4.1.4 Efektyvioji skysčių chromatografija (HPLC)**

Efektyvioji skysčių chromatografija (HPLC) – vienas iš plačiausiai šiuolaikinėje analizėje taikomų metodų. Vienas iš pagrindinių HPLC metodo privalumų, sąlygojančių šio metodo populiarumą, galimybė naudojant tą pačią įrangą nustatyti labai platų junginių spektrą, pradedant paprastais neorganiniais jonais ir baigiant sudėtingomis biomolekulėmis. Norint pereiti nuo vieno prie kito HPLC varianto, dažniausiai tereikia pakeisti kolonėlę ir/arba judrią fazę. [21]

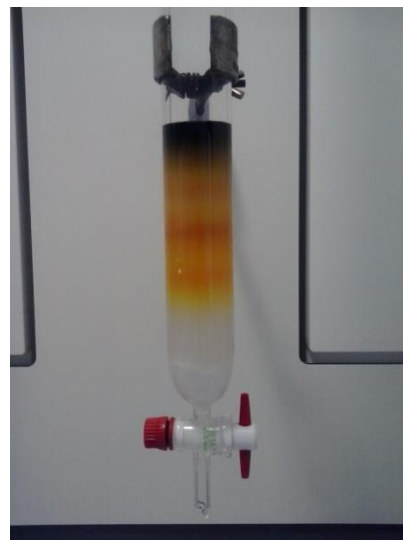
Tai chromatografijos metodas, kurio metu eliucija vyksta dideliame slėgyje, procesas yra automatizuotas, labai greitas ir efektyvus. Chromatografijos įranga, detekcijos kiuvetės ir kolonėlės turi išlaikyti aukštą slėgį, tyrimams reikalingi maži tiriamų mėginių ir eliucijos buferių kiekiai. Chromatografijos kolonėlėms pripildyti kaip stacionarioji fazė gali būti pritaikyti įvairūs nešikliai – hidrofobiniai adsorbentai, jonitiniai, giminingumo nešikliai ar molekuliniai sietai, atsižvelgiant į tai, kokios cheminės struktūros ar molekulinės masės junginius reikia išskirti ir nustatyti. HPLC yra greitas, ekonomiškasis chromatografijos būdas, nes galima aptikti mažus medžiagų kiekius, todėl naudojamas biochemijos, molekulinės biologijos, biotechnologijos, farmacijos, eksperimentinėse medicinos laboratorijose. [21]

## 4.2 Techniniai eksperimentų atlikimo principai

### 4.2.1 Chromatografinio perskirimo eksperimentas

Normalaus slėgio kolonėlinei chromatografijai naudota 30 mm stiklinė cilindro formos kolonėlė. Kokybiški chromatografijos rezultatai labai priklauso nuo taisyklingo kolonėlės paruošimo. Kolonėlės dugne įdėta porėta membrana, šiuo atveju vata, sulaikanti kolonėlėje sorbentą ir praleidžianti judriąją fazę. Sorbentas (silikagelis) yra suspenduotas ir brinkintas tirpiklyje (eliuente), kol susidaro suspensija. Suspensija, švelniai maišant, lėtai supilta į kolonėlę nuolat stebint, kad eliuento sluoksnis visada būtų virš nešiklio ir nepatektų oro burbuliukų. Pripildyta reikalingo sorbento kiekiu, kolonėlė sandariai uždaroma, kad neišdžiūtų. Prieš atliekant chromatografiją kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas tirpintas eliuente santykiu 1:4, siekiant sumažinti chromatografuojamo mišinio klampą. Paruoštas tirpalas atsargiai plonu sluoksniu užpiltas ant nešiklio paviršiaus tokiu būdu, kad jis susigertų į viršutinį sorbento sluoksnį. Susigėrus chromatografuojamam mišiniui, lėtai, nesuardant paviršinio sorbento sluoksnio, supiltas eliuentas.

Chromatografija atlikta pro kolonėlę leidžiant judriąją fazę (eliuentą), tol kol iš kolonėlės išteka tikslinis komponentas (CBD) (4.2.1.1 pav.). Naudojant plonasluoksnės chromatografijos metodą kiekviena frakcija ištirta ir nustatyta, kurios frakcijos turi didžiausią kiekį tikslinės medžiagos. Pro kolonėlę judėdamos skirtingos medžiagos atsiskiria ir iš kolonėlės išteka su skirtingu judriosios fazės (eliuato) tūriu. Ištekėjusios medžiagos kartu su judriąja faze frakcijomis surinktos į mėgintuvėlius (~ 5-10 ml). Nustatytos frakcijos sukonzentruotos, išgarintas tirpiklis, ir gauta masė ištirta skysčių chromatografu (HPLC).



4.2.1.1 pav. Chromatografijos kolonėlė

### 4.2.2 Plonasluoksnės chromatografijos eksperimentas

Keli mikrolitrai ( $\mu$ l) tirpalo iš surinktų frakcijų mikrokapiliarais užlašinti ant plokštelės starto linijos. Po kiekvieno tiriamosios medžiagos lašo plokštelė išdžiovinta ir tik tada dedamas sekantis tiriamosios medžiagos lašas. Chromatografinė kamera užpildyta judančiąja faze tiek,

kad plokštelės starto linija nesilietų su judančiąja faze. Tiriamojo junginio komponentai per sorbento sluoksnį juda skirtingu greičiu. Pasibaigus tirpiklio keliui per sorbento sluoksnį plokštelė išimta iš kameros ir išdžiovinta. Tiriamosios zonos identifikuotos stebint apšvietus UV spinduliuote (254 ir 365 nm) ir ryškinant atitinkamais reagentais (jodu).

#### **4.2.3 Efektyviosios skysčių chromatografijos eksperimentas**

Kokybiniai CBD rezultatai buvo ištirti naudojant skysčių chromatografą Waters 2695. Kanabinoidų atskyrimas vykdytas YMC PRO C18 (150x4 mm, dalelių dydis 3 µm) RP kolonoje sujungtoje su C18 kolonėle kur palaikoma 30 °C temperatūra.

Skysčių chromatografija vykdyta 30 min naudojant eliuento mišinį iš acetonitrilo ir vandens (0,5 % skruzdžių rūgšties) santykiu 4:1. Palaikytas 0,8 ml/min eliuento debitas. CBD nustatomas spektrofotometro detektoriumi Waters 2487 naudojant 225 nm šviesos detektorių. Tirtas 10 µl bandinys, kurio koncentracija 0,1 mg/l. Duomenys apdoroti naudojant Clarity duomenų programą remiantis kalibracine kreive gauta iš linijinės regresijos skaičiavimų, kurioje tikslinis komponentas nustatomas remiantis koncentracijos ir piko ploto santykiu. CBD ištekėjimo laikas – 7.82 min.

Bandinys paruošiamas imant 0,01 g ( $\pm 0,0001$ ) tikslinio chromatografijos produkto ir 1 ml metanolio. Mišinys 5 min šildomas ir maišomas ultragarsinėje maišyklėje bei 10 s purtomas. Mėginys prieš analizę filtruojamas naudojant 0,45 µm porų dydžio filtrą ir praskiedžiamas su metanoliumi iki galutinės 0,1 mg/ml koncentracijos. [12]

### **4.3 Eliuento parinkimas**

Norint selektyviai perskirti medžiagas iš įvairių mišinių, naudojant adsorbcinę chromatografiją, labai svarbu parinkti tinkamą eliuentą (mobilę fazę). Mokslinės literatūros šaltiniuose pateiktos kelios metodikos, kurios naudotos perskirti kanabidiolį iš žaliavos mišinio. Remiantis straipsniais dažniausiai parenkami tirpikliai: dichlormetanas, metanolis, etilacetatas, acetonitrilas bei heksanas. [22, 23]

Žinant, kad CBD yra nepoliškas junginys, pagal galimų tirpiklių eliuocinės gebos lentelę (žr. 4.3.1 lentelė) preliminariai parinkti tirpikliai. [15]

#### 4.3.1 lentelė. Tirpiklių eliucinė geba

$E^0$ (SiO <sub>2</sub> )	Tirpiklis	$E^0$ (SiO <sub>2</sub> )	Tirpiklis
0	n-Pentanas	0,39	Metiletilketonas
0,007	Petrolio eteris	0,43	Acetonas
0,03	Cikloheksanas	0,43	Dioksanas
0,04	Ciklopentanas	0,45	Etilacetatas
0,14	Tetrachlormetanas	0,46	Metilacetatas
0,20	Ksilenas	0,47	Pentilo spiritas
0,22	Toluenas	0,49	Nitrometanas
0,23	n-Propilchloridas	0,50	Acetonitrilas
0,25	Benzenas	0,55	Piridinas
0,29	Dietilo eteris	0,63	n-Propanolis
0,31	Chloroformas	0,68	Etanolis
0,32	Metilenchloridas	0,73	Metanolis
0,35	Tetrahidrofuranas	didelė	Acto rūgštis
0,38	1,2-Dichloretanas	didelė	Vanduo

Tokie tirpikliai kaip tetrachlormetanas bei kiti chlorinti junginiai, eteriai, toluenas ir kiti cikliniai junginiai yra netinkantys junginio išskyrimui, kuris naudojamas kaip vaistinis preparatas. Naudojant šiuos tirpiklius yra tikimybė, kad jų pėdsakai liktų produkte. Be to reiktų atsižvelgti ir į faktą, kad organizuojama pramoninė gamyba, kuri riboja labai toksiškų ir sunkiai regeneruojamų tirpiklių realizaciją. Tačiau dichlormetanas naudojamas ir kai kurių medicininių preparatų gamyboje, todėl jis pasirinktas kaip tinkamas. Pagal mokslinių šaltinių informaciją bei eliucijos lentelę buvo pasirinkti tokie tirpikliai: dichlormetanas, metanolis, etilacetatas, acetonitrilas bei heksanas. Bandytų eliuentų selektyvumo rezultatai pateikti 4.3.2 lentelėje.

#### 4.3.2 lentelė. Kanabidiolo grynumas, naudojant skirtingus eliuentų mišinius

Mobili fazė	CBD grynumas, %
MeOH: DCM (1:10)	37,6
MeOH: Heksanas (1:10)	28
MeOH: Acetonitrilas (1:10)	13
Etilacetatas: DCM (1:10)	17,7
Etilacetatas: Heksanas (1:10)	24,1
Etilacetatas: Acetonitrilas (1:10)	33,6

Atlikti preliminarūs chromatografijos proceso bandymai su skirtingais eliuentais, kai adsorbento ir užnešamos žaliavos santykis nekinta (24:1) ir naudojamos kolonėlės skersmuo yra 30 mm, parodė, kad geriausias rezultatas gautas su metanolio ir dichlormetano mišiniu. Tolesniems tyrimams naudotas šių komponentų eliuentai, keičiant jų masės dalis mišiniuose.

#### 4.4 Tyrimų duomenys, rezultatai ir jų aptarimas

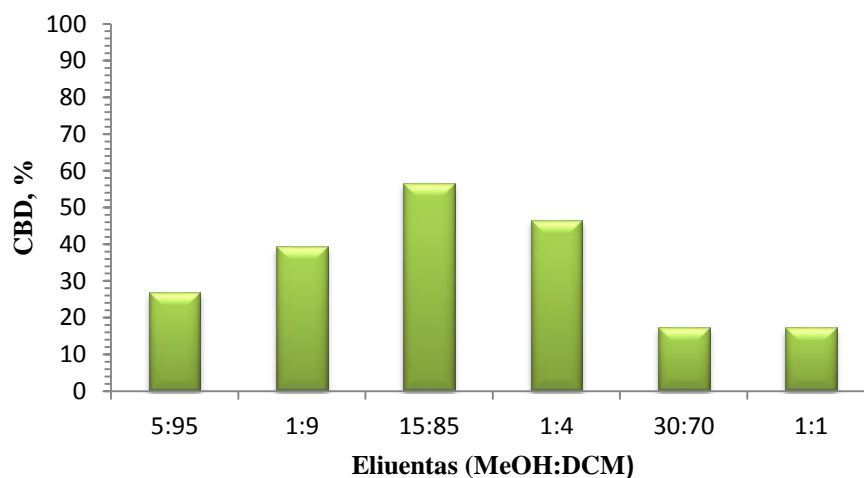
Laboratoriniams tyrimams naudotas adsorbentas – silikagelis, o judriąją fazę keičiant atitinkamomis metanolio ir dichlormetano dalimis. Vykdytų eksperimentų sąlygos pateiktos 4.4.1 lentelėje. Kitos eksperimento vykdymo sąlygos buvo tos pačios.

##### 4.4.1 lentelė. Eksperimentinės sąlygos

Veiksniai	Sąlygos
Silikagelio masė, g	nuo 36,20 iki 36,60
Žaliavos masė, g	nuo 1,45 iki 1,55
CBD kiekis, %	9,29
Kolonos skersmuo, mm	30
Kolonos įkrovos aukštis, cm	11,5

Nuspręsta ruošti eliuentus su tokiomis komponentų dalimis: 5% metanolio: 95% dichlormetano, 10% metanolio: 90% dichlormetano, 15% metanolio: 85% dichlormetano, 20%

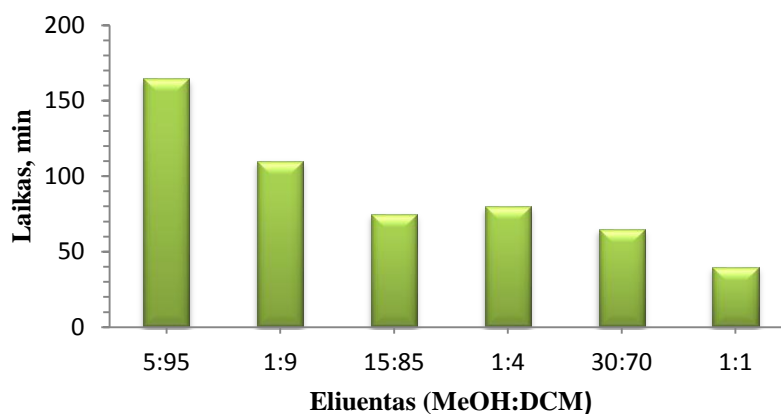
metanolio: 80% dichlormetano, 30% metanolio: 70% dichlormetano, 50% metanolio: 50% dichlormetano. Gauti duomenys pateikti 4.4.1 paveiksle.



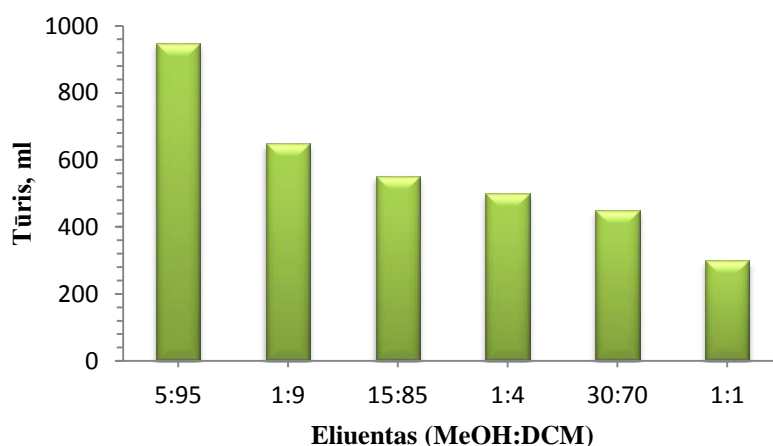
#### 4.4.1 pav. CBD grynumas skirtingiems eliuento (MeOH:DCM) santykiams

Pateikti duomenys rodo, kad geriausias rezultatas pasiektas naudojant 15:95 eliuento santykį, išgryninant produktą iki 56,7%, esant 14,16% išeigai (žr. Priedas A).

Vertinant kitus aspektus, kaip ištekėjimo laiką (4.4.2 pav.) bei sunaudoto eliuento tūrį (4.4.3 pav.), laiko bei eliuento sąnaudos mažėja didėjant metanolio kiekiui mišinyje, kadangi didėja mišinio eliucinė geba.



#### 4.4.2 pav. Laiko sąnaudos naudojant MeOH:DCM eliuentus



#### 4.4.3 pav. Eliuentų (MeOH:DCM) sąnaudos

Norint pasiekti optimalų kokybės bei ekonomiško rezultata matome, kad geriausia chromatografijos metodą vykdyti naudojant eliuentą santykiu 15:85.

Nustatyta, kad gaminant CBD kristalus, vieno valymo etapo nepakanka, nes kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakte pagrindinio produkto koncentracija yra per maža, o šalutinių junginių kiekis, turinčių tą patį R<sub>f</sub>, neleidžia išskirti gryno pagrindinio produkto. Tuo tikslu išskirtas produktas yra gryninamas kitoje stadijoje.

Tyrimams naudotas tas pats adsorbentas – silikagelis, judriąją fazę pakeičiant kita nei prieš tai naudotą. Kaip chromatografijos eliuentas pasirinktas etilacetato ir acetonitrilo mišinys, nes jis pirminiuose bandymuose parodė vieną iš geresnių rezultatų. Vykdytų eksperimentų sąlygos pateiktos 4.4.2 lentelėje. Kitos eksperimento vykdymo sąlygos buvo tos pačios.

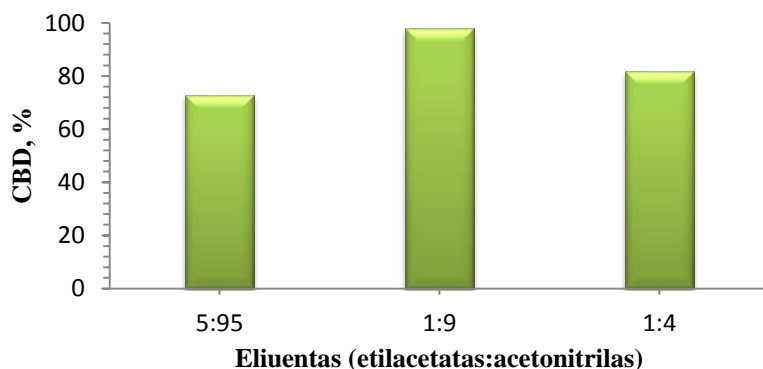
#### 4.4.2 lentelė. Antrojo valymo eksperimentinės sąlygos

Veiksniai	Sąlygos
Silikagelio masė, g	nuo 36,20 iki 36,60
Žaliavos masė, g	nuo 1,45 iki 1,55
CBD kiekis, %	56,7
Kolonos skersmuo, mm	30
Kolonos įkrovos aukštis, cm	11,5

Naudojant etilacetato ir acetonitrilo eliuentą pasiektas geriausias rezultatas. Laboratorinių tyrimų metu bandyti mišiniai: 5% etilacetato ir 95% acetonitrilo, 10% etilacetato ir 90%



acetonitrilo, 20% etilacetato ir 80% acetonitrilo. 4.4.4 paveiksle matyti, kad esant etilacetato ir acetonitrilo santykiui 1:9 pasiektas didžiausias pagrindinio produkto grynumas, 98% esant 44,52% išėigai (žr. Priedas B). Didinant etilacetato koncentraciją eliuente perskyrimas blogėja.



#### 4.4.4 pav. CBD grynumas skirtingiems eliuento (etilacetatas:acetonitrilas) santykiams

Kaip ir pirmojo gryninimo metu, didėjant komponento kiekiui turinčiam didesnę eliuacijos gebą, laiko sąnaudos bei sunaudoto eliuento tūris mažėja. (žr. 4.4.3 lentelė).

#### 4.4.3 lentelė. Laiko ir kiekio sąnaudos

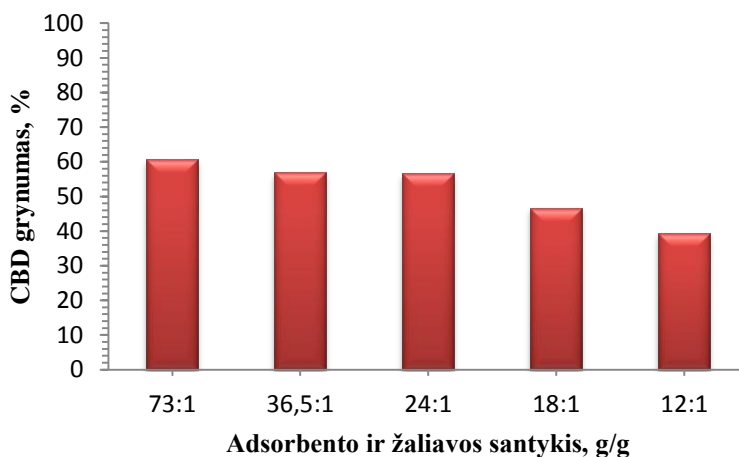
Etilacetato:Acetonitrilo mišinys	Eliuento tūris, ml	Trukmė, min
5:95	600	125
1:9	450	90
1:4	500	45

Geriausios antrosios gryninimo stadijos sąlygos pasiektos, esant etilacetato:acetonitrilo (1:9) mišiniui, sunaudojant 450 ml eliuento per 90 min, kai adsorbento tūris 81,25 cm<sup>3</sup>.

### 4.5 Optimalus perdirbamos žaliavos kiekio nustatymas

Chromatografiškai valant žaliavą, esant nustatytai eliuento sudėčiai ir keičiant adsorbento ir žaliavos santykį nustatytos optimalios proceso sąlygos.

Eksperimentams naudota ta pati 30 mm skersmens kolona, kaip adsorbentą naudojant silikagelį. Tyrinėjami tokie adsorbento ir žaliavos santykiai: 73:1, 36,5:1, 24:1, 18:1, 12:1. Pirmosios kolonos duomenys pateikiami 4.5.1 paveiksle.



#### 4.5.1 pav. CBD grynumas skirtingiems adsorbento ir žaliavos santykiams (I kolona), g/g

Kaip matyti iš gautų rezultatų, esant net dideliame adsorbento ir žaliavos santykiui nepasiekiamas aukštas grynumas, tik iki 60,7%. Optimalus pirminio valymo adsorbento ir žaliavos santykis 24:1. Didinant santykį medžiagos atsiskiria neselektyviai.

Antrinio valymo kolonoje taip pat nustatomas maksimalus valomos medžiagos kiekis. Sąlygos išlaikomos tokios pat, kaip pirmojo eksperimento metu. Analizuojami tokie adsorbento ir žaliavos santykiai: 24:1, 18:1, 12:1. Antrinio valymo kolonoje duomenys pateikiami 4.5.2 paveiksle.



#### 4.5.2 pav. CBD grynumas skirtingiems adsorbento ir žaliavos santykiams (II kolona), g/g

Iš duomenų matyti, kad optimalus adsorbento ir žaliavos santykis yra 18:1. Mažėjant šiam santykiui, medžiagos nebe atsiskiria tinkamai.

## 5 TECHNOLOGINIŲ ĮRENGINIŲ PARINKIMAS

Šiame skyriuje atliekami technologinės įrangos sprendimai, parenkami įrenginiai ir pagalbiniai aparatai. Skaičiavimais nustatomas suprojektuotų įrenginių tinkamumas vykdyti kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktų gryninimą chromatografiniu būdu.

### 5.1 Chromatografijos kolonų tūrio ir matmenų skaičiavimai

Chromatografijos kolonos projektuotos norint pagaminti 1 t per metus gryną, 98,4% CBD kristalų. Perkeliant duomenis iš laboratorinių tyrimų ir tai panaudojant kolonų projektavime, imami proporcingi žaliavų kiekiai. Duomenys pateikiami 5.1.1 lentelėje, nurodomi vienos paros kiekiai.

#### I kolona

##### 5.1.1 lentelė. Žaliavų balansas pirmojo valymo kolonai

Laboratoriniai duomenys		Gamybiniai duomenys	
Žaliavos			
Pavadinimas	Kiekis	Pavadinimas	Kiekis
Silikagelis	0,0365 kg	Silikagelis	1557,334 kg
Eliuentas	0,550 l	Eliuentas	23 467 l
Kanapių ekstraktas	0,0015 kg	Kanapių ekstraktas	64 kg
Tirpiklio tūris	0,006 l	Tirpiklio tūris	256 l

Apskaičiuojamas adsorbento ir žaliavos tūris, užkraunamas į koloną:

$$V_{\text{silikagelis}} = \frac{m}{\rho} = \frac{1557,334}{700} = 2,225 \text{ m}^3 \quad (5.1.1)$$

$$V_{\text{ekstrakto}} = \frac{m}{\rho} = \frac{64}{888,6} = 0,072 \text{ m}^3$$

Bendras reikalingas tūris, kai eliuento kiekis kolonoje 1 m<sup>3</sup>:

$$V_{\text{bendras}} = V_{\text{silikagelis}} + V_{\text{ekstrakto}} + V_{\text{eliuento}} = 2,225 + 0,072 + 0,256 + 1 = 3,553 \text{ m}^3 \quad (5.1.2)$$

Kolona cilindro formos, tai skaičiuoti cilindro matmenys, kai žinoma, kad skersmens ir aukščio santykis 1:3,83, o reikalingas tūris 3,553 m<sup>3</sup>:

$$V_{kolonos} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h \quad (5.1.3)$$

$$3,553 = 3,14 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot 3,83d$$

$$d = 1,06 \text{ m}, h = 3,83 \cdot 1,06 = 3,95 \text{ m}$$

## **II kolona**

### **5.1.2 lentelė. Žaliavų balansas antrojo valymo kolonai**

<b>Laboratoriniai duomenys</b>		<b>Gamybiniai duomenys</b>	
Žaliavos			
Pavadinimas	Kiekis	Pavadinimas	Kiekis
Silikagelis	0,0365 kg	Silikagelis	165,381 kg
Eliuentas	0,450 l	Eliuentas	2038,95 l
Kanapių ekstraktas po pirminio valymo	0,002 kg	Kanapių ekstraktas po pirminio valymo	9,062 kg
Tirpiklio tūris	0,006 l	Tirpiklio tūris	36,25 l

Atliekami analogiški skaičiavimai, kaip ir projektuojant I koloną. Reikalingi duomenys pateikti 5.1.2 lentelėje.

Bendras reikalingas tūris, kai eliuento kiekis kolonoje 0,5 m<sup>3</sup>:

$$V_{bendras} = 0,7826 \text{ m}^3$$

Kolona cilindro formos, tai skaičiuoti cilindro matmenys, kai žinoma, kad skersmens ir aukščio santykis 1:3,83, o reikalingas tūris 0,7826 m<sup>3</sup>:

$$0,7826 = 3,14 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot 3,83d$$

$$d = 0,64 \text{ m}, h = 3,83 \cdot 0,64 = 2,45 \text{ m}$$

## 5.2 Išcentrinio siurblio skaičiavimai

Kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimo technologijoje žaliavos bei kitų tirpalų transportavimui naudojami išcentriniai siurbliai, dėl jų paprastos konstrukcijos ir pigaus eksploataavimo. Technologinėje schemoje numatyta naudoti 18 išcentrinių siurblių.

Skaičiuojant išcentrinio siurblio parametrus [24] priimta, kad siurblio tūrinis debitas  $V = 2 \text{ m}^3/\text{h}$ , vamzdžio skersmuo (70x8) mm, o aukštis į kurį reikia pakelti skystį  $H_{\text{geom}} = 5 \text{ m}$ , tada vidutinis tėkmės greitis apskaičiuotas:

$$w = \frac{V}{S}, \quad (5.2.1)$$

čia:  $S$  – srauto skerspjūvio plotas,  $\text{m}^2$ .

Srauto skerspjūvio plotas apskaičiuotas pagal lygtį:

$$S = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot (0,054)^2 = 0,00229 \text{ m}^2 \quad (5.2.3)$$

čia:  $d$  – vamzdžio vidinis skersmuo, m.

Tada:

$$w = \frac{2}{0,00229} = 0,2427 \text{ m/s} \quad (5.2.4)$$

Hidraulinei sistemai (tinklui) parinkto siurblio išvystomas slėgio aukštis apskaičiuotas:

$$H = H_{\text{geom}} + \frac{P_1 - P_0}{\rho g} + h_n \quad (5.2.5)$$

čia:  $H_{\text{geom}}$  – aukštis, į kurį reikia pakelti skystį, m;

$P_0$  – slėgis rezervuare, iš kurio siurbtas skystis, Pa;

$P_1$  – slėgis rezervuare, į kurį tiekamas skystis, Pa;

$h_n$  – aukščio nuostoliai hidraulinėje sistemoje, m.

Kadangi abiejuose rezervuaruose virš skysčių paviršiaus yra vienodas slėgis, tai:

$$\frac{P_1 - P_0}{\rho g} = 0 \quad \text{ir} \quad H = H_{\text{geom}} + h_n \quad (5.2.6)$$

Slėgio nuostoliai vamzdyje:

$$h_n = h_{gr} + h_{tr} + h_{vk} \quad (5.2.7)$$

Slėgio nuostoliai dėl greičio:

$$h_{gr} = \frac{w^2}{2g} = \frac{(0,2427)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,003 \text{ m} \quad (5.2.8)$$

Slėgio nuostoliai dėl trinties:

$$h_{tr} = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (5.2.9)$$

čia:  $\lambda$  – trinties koeficientas, kuris apskaičiuotas pagal tokią metodiką:

Apskaičiuotas Reinoldso kriterijus:

$$Re = \frac{wd_e \rho}{\mu} = \frac{0,2427 \cdot 0,054 \cdot 1245,87}{0,43 \cdot 10^{-3}} = 37972,43 \quad (5.2.10)$$

Čia:  $d_e$  – ekvivalentinis vamzdžio skersmuo (šiuo atveju lygus  $d$ ), m;

$\rho$  – transportuoto skysčio (MeOH:DCM, santykis 15:85) tankis,  $\text{kg/m}^3$ ;

$\mu$  – transportuoto skysčio (MeOH:DCM, santykis 15:85) dinaminė klampa,  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ;

Kai  $Re > 2300$ , trinties koeficientas, esant glotniems vamzdžiams, apskaičiuotas:

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25} = 0,0226 \quad (5.2.11)$$

Tada :

$$h_{tr} = 0,0226 \cdot \frac{1}{0,054} \cdot \frac{(0,2427)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0012 \text{ m}$$

Slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių:

$$h_{vk} = \xi_{vk} \frac{w^2}{2g} \quad (5.2.12)$$

čia:  $\xi$  – vietinių kliūčių koeficientas, kuris randamas naudojant literatūrą [25].

Vietinių kliūčių koeficiento reikšmės:

Trys alkūnės, kai  $\alpha = 90^\circ$ :  $\xi = 1,19 \cdot 3 = 3,57$

Sklandė:  $\xi = 0,5$

Ištekėjimas iš vamzdžio:  $\xi = 1,0$

Tada:

$$h_{vk} = (3,57 + 0,5 + 1) \cdot \frac{(0,2427)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0152 \text{ m}$$

Tada slėgio nuostoliai vamzdyje:  $h_n = 0,003 + 0,0012 + 0,0152 = 0,0195 \text{ m}$

Siurblio išvystomas slėgio aukštis:  $H = 5 + 0,0195 = 5,0195 \text{ m}$

Siurblio atiduota skysčiui galia:

$$N_s = V\rho gH = \frac{2}{3600} \cdot 1245,87 \cdot 9,81 \cdot 5,0195 = 34,0822 \text{ W} \quad (5.2.14)$$

čia:  $V$  – skysčio, kuris tiekta siurblio į slėgimo vamzdį, debitas,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$g$  – laisvojo kritimo pagreitis,  $\text{m}/\text{s}^2$ ;

Siurblio, gauto iš variklio, galia (veleno galia):

$$N_{vel} = \frac{V\rho gH}{\eta} = \frac{\frac{2}{3600} \cdot 1245,87 \cdot 9,81 \cdot 5,0195}{0,75} = 45,443 \text{ W} \quad (5.2.15)$$

čia:  $\eta$  – naudingumo koeficientas; išcentriniams siurbliams  $\eta$  patenka į 0,6–0,8 intervalą.

Siurblio variklio galia:

$$N_v = \beta \frac{N_{vel}}{\eta_p \eta_v} = 2 \cdot \frac{45,443}{0,9 \cdot 0,95} = 106,2994 \text{ W} \quad (5.2.16)$$

čia:  $\eta_p$  – pavaros naudingumo koeficientas;

$\eta_v$  – variklio naudingumo koeficientas;

$\beta$  – elektros variklio galios atsargos koeficientas, priklausantis nuo variklio galios.

### 5.3 Maišyklės tūrio skaičiavimas

Apskaičiuotas žaliavų, užkrautų vienos užmaišymo į maišyklę, tūrinis kiekis:

Eliuento (MeOH:DCM, santykis 15:85) tūris:

$$V_{eliuento} = 0,256 \text{ m}^3$$

Kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto tūris:

$$V_{žaliavos} = \frac{64}{888,6} = 0,072 \text{ m}^3$$

Reikalingas MeOH tūris (santykis 15:85):

$$V_{MeOH} = V_{eliuento} \cdot a = 0,256 \cdot 0,15 = 0,0348 \text{ m}^3 \quad (5.3.1)$$

čia: a – MeOH masės dalis mišinyje, m.d.

Reikalingas DCM tūris (santykis 15:85):

$$V_{DCM} = 0,256 \cdot 0,85 = 0,2176 \text{ m}^3$$

Vieno užkrovimo metu į maišyklę pakrautų medžiagų tūris, m<sup>3</sup>:

$$V = V_{žaliavos} + V_{eliuento} = 0,072 + 0,256 = 0,328 \text{ m}^3 \quad (5.3.2)$$

Maišyklė gali būti užkrauta 75–90 %. Tada pasirinktos maišyklės tūris:

$$0,328 - 75 \%$$

$$x - 100 \%$$

$$0,328 - 90 \%$$

$$x - 100 \%$$



$$x = 0,437 \text{ m}^3$$

$$x = 0,364 \text{ m}^3$$

Reikalingos maišyklės talpa turi būti nuo  $0,364 \text{ m}^3$  iki  $0,437 \text{ m}^3$ .

Remiantis ankščiau pateiktais maišyklės skaičiavimais pasirinktas „Pfaudler“ firmos  $0,380 \text{ m}^3$  talpos maišyklė RT-32-100.

#### 5.4 Maišyklės maišiklio pasirinkimas ir skaičiavimas

Kadangi reikia pasiekti gerą mišinio homogeniškumą pasirinktas propelerinis maišiklis, kurio diametras apskaičiuotas pagal formulę [24]:

$$d_m = \frac{D}{3} = \frac{0,8128}{3} = 0,271 \text{ m} \quad (5.4.1)$$

čia:  $d_m$  – propelerinio maišiklio diametras, m;

$D$  – maišyklės skersmuo (pagal pasirinktą maišyklę  $D = 0,8128$ ), m.

Optimali skysčio aukščio vertė maišyklėje:

$$H_{sk} = (0,8 \div 1,2)D \quad (5.4.2)$$

čia:  $H_{sk}$  – skysčio aukštis maišyklėje, m.

Tada:  $H_{sk} = D = 0,8128 \text{ m}$

Apskaičiuotas mišinio tankis pagal formulę:

$$\frac{1}{\rho_{mišinio}} = \frac{x_{žaliavos}}{\rho_{žaliavos}} + \frac{x_{eliuento}}{\rho_{eliuento}} = \frac{0,2195}{0,8886} + \frac{0,7805}{1,24587} = 0,8735 \quad (5.4.3)$$

$$\rho_{mišinio} = \frac{1}{0,8735} = 1,14482 \text{ g/cm}^3 = 1144,82 \text{ kg/m}^3$$

čia:  $x$  – komponento masės dalis mišinyje, masės dalimis;

$\rho_{žaliavos}$  – kanapių  $\text{CO}_2$  ekstrakto tankis,  $\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_{eliuento}$  – eliuento (MeOH:DCM; santykis 15:85) tankis,  $\text{g/cm}^3$ .

Propelerinio maišiklio paviršiaus plotas:

$$F_m = 0,8 \cdot \frac{\pi d_m^2}{4} = 0,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,271^2}{4} = 0,0461 \text{ m}^2 \quad (5.4.4)$$

Mišinio greitis ašies kryptimi:

$$w_0 = \frac{k \cdot V}{60 \cdot F_m} = \frac{12 \cdot 0,328}{60 \cdot 0,0461} = 1,4230 \text{ m/s} \quad (5.4.5)$$

čia:  $V$  – maišomo mišinio tūris,  $\text{m}^3$ ;

$k$  – dydis pasirenkamas iš lentelės [26].

Propelerinio maišiklio maišymo dažnis, kai propelerio ašinės linijos nuokrypio kampas  $\theta = 45^\circ$ :

$$n = \frac{19,1 \cdot w_0}{d_m \cdot \alpha_1} = \frac{19,1 \cdot 1,4230}{0,271 \cdot 0,505} = 198,5992 \text{ aps/min} = 3,31 \text{ aps/s} \quad (5.4.6)$$

čia:  $\alpha_1 = \sin 45^\circ \cos 45^\circ = 0,505$  [25].

Maišymui reikalinga galia:

$$N = 0,02 \cdot \alpha \cdot d_m^5 \cdot n^3 \cdot \rho_{\text{mišinio}} = 0,02 \cdot 0,254 \cdot 0,271^5 \cdot 3,31^3 \cdot 1144,82 = 0,3083 \text{ kW} \quad (5.4.7)$$

čia:  $\alpha = \sin^3 45^\circ \cos 45^\circ = 0,254$  [25].

Maišiklio variklio galia:

$$N_v = (1,1 \dots 1,3) \cdot N. \quad (5.4.8)$$

Tada:

$$N_v = 1,3 \cdot 0,3083 = 0,4008 \text{ kW}.$$

Maišymui sunaudotas energijos kiekis:

$$E = N_v \cdot \tau = 0,4008 \cdot 0,5 = 0,2004 \text{ kWh} \quad (5.4.9)$$

čia:  $\tau$  – maišymo trukmė, h.

## 5.5 Elektrinio kaitintuvo skaičiavimai

Po chromatografinio perskyrimo surinkta tikslinio produkto frakcija, turi būti nudistiliuojama. Kadangi chromatografijos procesas vykdomas kambario temperatūros sąlygomis, gautą eliuatą reikia pašildyti prieš jo tiekimą į distiliatorių. Tam tikslui pasirenkamas elektrinis kaitinimo įrenginys.

Projektuojant kaitinimo įrenginį reikia žinoti, kokios temperatūros agentas patenka į įrenginį ir iki kokios temperatūros reikia pašildyti tiekiamą tirpalą. Žinant eliuato pradinę bei norimą galinę temperatūras bei jų entalpijas apskaičiuojamas šilumos kiekis reikalingas pašildyti norimą medžiagą.

Šilumos balansas:

Šildomasis fluidas – antrinio valymo eliuatas, kurio pradinė temperatūra  $t_{pr} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , galinė temperatūra  $t_{gal} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Skaičiavimas reikalingi pradiniai duomenys pateikti 5.5.1 lentelėje.

### 5.5.1 lentelė. Pradiniai duomenys

G, kg/h	138,7
$h_{pr, 20^{\circ}\text{C}}$ , kJ/kg	988,017
$h_{gal, 100^{\circ}\text{C}}$ , kJ/kg	1803,57
Šildomojo fluideo tankis $\rho_1$ , kg/m <sup>3</sup>	797,1
Šildomojo fluideo greitis $w_1$ , m/s	0,8

Pastaba: Parametrų reikšmės yra randamos literatūroje, priimant, kad eliuato duomenys sutampa su eliuento (elilacetato:acetonitrilo, santykis 1:9).

Apskaičiuojame šilumos kiekį Q [27] :

$$Q = G \cdot (h_{pr} - h_{gal}) = 138,7 \cdot (1803,57 - 988,017) = 109723,685 \text{ kJ/h} = 30478,8 \text{ W} \quad (5.5.1)$$

Vidutinis temperatūrų skirtumas nustatomas tarp įeinančios ir išeinančios iš įrenginio temperatūrų:

$$t_{pr} = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \longrightarrow \quad t_{gal} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta\tau_v = \frac{\Delta t_d - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_d}{\Delta t_m}} = \frac{100 - 20}{\ln \frac{100}{20}} = 49,71\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.5.2)$$

Reikalingas šilumos paviršiaus plotas, F:

Norint apskaičiuoti reikalingą šilumos mainų paviršiaus plotą F, reikia žinoti: kokį maksimalų šilumos kiekį reikia atiduoti šildomajam fluidui (Q); vidutinį temperatūrų skirtumą ir šilumos perdavimo koeficientą, kurį priimame –  $k=70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . [27]

Apskaičiuojamas reikalingas šilumos paviršiaus plotas:

$$F = \frac{Q}{k * \Delta\tau_v} = \frac{30478,8}{70 * (49,71 + 273,15)} = 1,35\text{m}^2 \quad (5.5.3)$$

Kadangi elektra tiesiogiai atiduoda tokį patį šilumos kiekį, koks elektrinio įrenginio galingumas, būtina paskaičiuoti ar nustatytas šilumos paviršiaus plotas neperkaitins eliuento, ir medžiagos nepasieks savaiminio užsidegimo temperatūros, ir neįvyks sprogimas. Tuo tikslu pasirenkama, kad didžiausia įkaitinimo temperatūra būtų  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , priimant, kad šilumos perdavimo koeficiento vertė –  $k=70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

$$F = \frac{Q}{k * \Delta\tau_v} = \frac{30478,8}{70 * (200 + 273,15)} = 0,92\text{m}^2$$

Iš duomenų matyti, kad šilumos paviršiaus plotas turi būti mažesnis, todėl priimame, kad  $F=0,92 \text{ m}^2$ .

Konstruktiniai skaičiavimai:

Priimame, kad šildymo įtaisas bus cilindro formos vamzdis, kur šildymo paviršiaus plotas bus cilindro formos šoninio paviršiaus plotas. Kaitinamas vamzdis apvyniojamas apvijomis. Jomis leidžiant kintamąją elektros srovę, aparato sienelėse indukuojasi elektros srovė, todėl jos tolygiai šyla. Jo privalumai – procesas paprastai vyksta tyliai, į aplinką neišskiriama daug šilumos, kaitinti galima tiksliai, o elektros šildymo įranga yra lengvai reguliuojama.

Pasirenkame, kad vamzdžio pro kurį tekės fluidas skersmuo  $0,3 \text{ m}$  (sienelės storis  $2 \text{ mm}$ ). Žinant šilumos paviršiaus plotą apskaičiuojamas reikalingo įrenginio aukštis:

$$S = 2\pi rh \quad (5.5.4)$$

$$0,92 = 2 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,3}{2}\right) \cdot h$$

$$h=0,976 \approx 0,98 \text{ m}$$

Apskaičiuojamas fluído išbuvimo laikas įrenginyje, kai žinomas tėkmės greitis  $w$ :

Fluído tėkmės greitis:

$$w = \frac{V}{S}$$

čia:  $S$  – srauto skerspjūvio plotas,  $\text{m}^2$ .

Srauto skerspjūvio plotas apskaičiuotas pagal lygtį:

$$S = 0,785 \cdot d^2 = 0,785 \cdot (0,26)^2 = 0,053 \text{ m}^2$$

čia:  $d$  – vamzdžio vidinis skersmuo,  $\text{m}$ .

Tada:

$$w = \frac{\frac{138,7}{3600}}{797,1 \cdot 0,053} = 0,0009 \text{ m/s}$$

Tai fluído išbuvimo laikas:

$$0,0009 \text{ m} - 1 \text{ s} \tag{5.5.5}$$

$$0,98 \text{ m} - x$$

$$x = 18 \text{ min}$$

## 5.6 Distiliavimo kolonos skaičiavimai

Po pirminio žaliavos valymo chromatografijos kolonoje užsilieka junginių, kurie neišteka kartu su eliuacijos turium. Ekonomiškiausias variantas – kolonos valymas stipresniu eliuentu ir šiuo atveju pasirenkamas metanolis. Kolonoje užsilikęs eliuentas (MeOH:DCM, santykis 15:85; priimame, kad jo kiekis  $1,5 \text{ m}^3$ ) išstumiamas su metanolium, todėl po išvalymo gaunamas metanolio ir dichlormetano mišinys. Norint tirpiklius panaudoti keletą kartų, būtina juos regeneruoti, todėl tai atliekama rektifikacijos kolonoje.

Kolonos išvalymui reikalingas metanolio kiekis  $4 \text{ m}^3$  (remiamasi laboratorijoje gautais rezultatais).

Bendras mišinio kiekis patenkantis į koloną:

$$V_{bendras} = V_{metanolio} + V_{eliuento} = 4 + 1,5 = 5,5 \text{ m}^3$$

Eliuentą sudaro metanolis ir dichlormetanas, santykiu 15:85.

Apskaičiuojamas metanolio ir dichlormetano kiekis mišinyje:

$$V_{metanolio} = 1,5 \cdot 0,15 + 4 = 4,225 \text{ m}^3$$

$$V_{dichlormetano} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275 \text{ m}^3$$

Apskaičiuojame komponentų masinius debitus:

$$G_{metanolio} = V \cdot \rho = \frac{4,225}{4,5} \cdot 791,80 = 790,739 \text{ kg/h} = 0,219 \text{ kg/s} \quad (5.6.1)$$

čia:  $V$  – tūrinis debitas (kai skystis turi būti nudistiliuotas per 4,5 h), kg/h;

$\rho$  – metanolio tankis, kg/m<sup>3</sup>.

$$G_{dichlormetano} = V \cdot \rho = \frac{1,275}{4,5} \cdot 1326 = 399,577 \text{ kg/h} = 0,111 \text{ kg/s}$$

čia:  $V$  – tūrinis debitas (kai skystis turi būti nudistiliuotas per 4,5 h), kg/h;

$\rho$  – dichlormetano tankis, kg/m<sup>3</sup>.

Duomenys reikalingi rektifikacijos kolonos skaičiavimams pateikti 5.6.1 lentelėje.

### 5.6.1 lentelė. Pradiniai duomenys

Parametrai	Vertės
Kolonos temperatūra, K	323,15
Slėgis kolonoje, Pa	10 <sup>5</sup>
Metanolio masės dalis mišinyje, m.d.	0,7682
Dichlormetano masės dalis mišinyje, m.d.	0,2318
Metanolio masės debitas G, kg/s	0,219
Dichlormetano masės debitas G, kg/s	0,111

Metanolio molekulinė masė, g/mol	34,06
Dichlormetano molekulinė masė, g/mol	89,4
Metanolio virimo temperatūra, K	338,15
Dichlormetano virimo temperatūra, K	313,15
Kolonos likučio (priimam metanolio) tankis, kg/m <sup>3</sup>	791,8
Paduodamo į koloną skysčio tankis, kg/m <sup>3</sup>	915,6
Kolonoje esančių garų tankis, kg/m <sup>3</sup>	2,9

Apskaičiuojamas garų debitas [28, 29]:

$$V = 22,4 \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101325}{P} \sum \frac{G_i}{M_i} = 22,4 \cdot \frac{323,15}{273,15} \cdot \frac{101325}{100000} \cdot \left( \frac{0,219}{34,06} + \frac{0,111}{89,4} \right) = 0,219 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.6.2)$$

čia:  $T$  – temperatūra kolonoje, K;

$P$  – slėgis kolonoje, Pa;

$G_i$  – komponento  $i$  debitas, kg/s;

$M_i$  – komponento  $i$  molekulinė masė, g/mol.

Didžiausias garų leistinas greitis skaičiuojamas pagal lygtį [28, 29]:

$$w = \frac{0,305}{3600} \cdot K \cdot \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_g}{\rho_g}} = \frac{0,305}{3600} \cdot 650 \cdot \sqrt{\frac{915,6 - 2,9}{2,9}} = 0,574 \text{ m/s} \quad (5.6.3)$$

čia:  $K$  – koeficientas randamas iš grafikų, kai atstumas tarp lėkščių 400 mm esant atmosferinio slėgio kolonai,  $K=650$ ;

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

$\rho_g$  – garų tankis, kg/m<sup>3</sup>.

Kolonos skersmuo apskaičiuojamas [28, 29]:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,219}{3,14 \cdot 0,574}} = 0,696 \text{ m} \quad (5.6.4)$$

čia:  $V$  – garų debitas, m<sup>3</sup>/s;

$w$  – garų leistinas greitis, m/s.

### Kolonos aukščio skaičiavimai:

Kolona suskirstoma į 7 zonas ir kiekvienos zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formules [30].

Kadangi sistema binarinė, naudojant McCabe-Thiele metodą, galima apskaičiuoti teorinį lėkščių skaičių reikalingą perskirti dichlormetano ir metanolio mišinį. Literatūroje surandama dichlormetano ir metanolio mišinio pusiausvyra standartinėmis sąlygomis. Duomenys apie dichlormetano koncentraciją skystyje ir garuose pateikti priede C.

Pradinį mišinį sudaro 23,18% dichlormetano ir 76,82% metanolio. Distiliuojama iki tol, kol distiliato koncentracija mišinyje pasiekia 96%, o dichlormetano koncentracija skystyje lieka ~ 2%.

### Rektifikacijos proceso skaičiavimai:

Naudojant šias lygtis, skysčio ir garų sudėtys masės % perskaičiuojamos į skysčio (x) ir garų (y\*) sudėtis molio dalimis [31].

$$x_M = \frac{\frac{m_s}{M_s}}{\frac{m_s}{M_s} + \frac{m_v}{M_v}} = \frac{\frac{23,18}{84,93}}{\frac{23,18}{84,93} + \frac{76,82}{32,04}} = 0,102$$

$$x_B = \frac{\frac{m_s}{M_s}}{\frac{m_s}{M_s} + \frac{m_v}{M_v}} = \frac{\frac{2}{84,93}}{\frac{2}{84,93} + \frac{98}{32,04}} = 0,01$$

$$x_D = \frac{\frac{99}{84,93}}{\frac{99}{84,93} + \frac{1}{32,04}} = 0,978$$

Mišinio sudėtis garuose  $y_M^*$  randama grafike, kai žinoma pradinė mišinio sudėtis skystyje, tada  $y_M^* = 0,41$ .

Apskaičiuojamas minimalus flegmos skaičius  $R_{\min}$ :

$$R_{\min} = \frac{X_D - Y_M^*}{Y_M^* - X_M} = \frac{0,978 - 0,41}{0,41 - 0,102} = 1,84$$



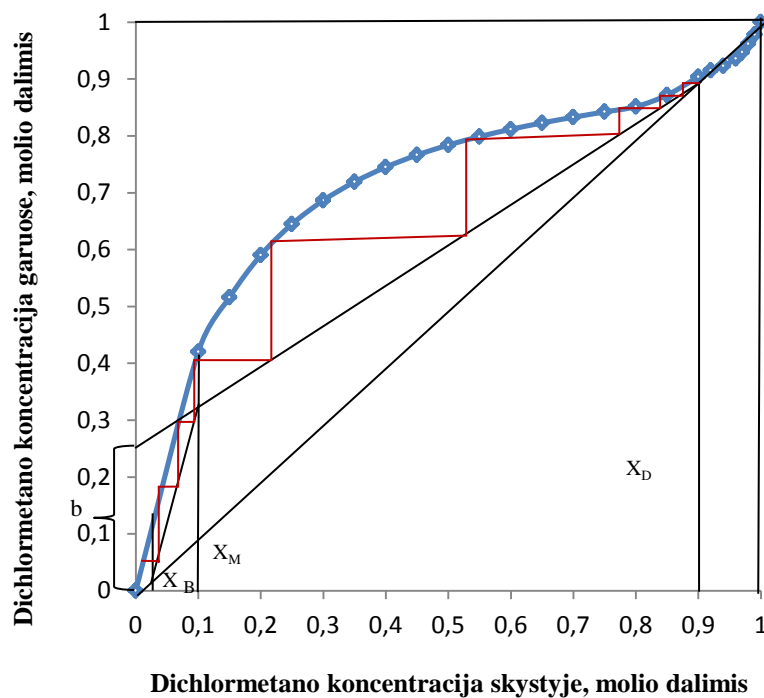
Apskaičiuojamas praktinis flegmos skaičius:

$$R = 1,3 \cdot R_{\min} + 0,3 = 1,3 \cdot 1,84 + 0,3 = 2,69$$

Apskaičiuojama atkarpa b:

$$b = \frac{X_D}{R+1} = \frac{0,978}{2,69+1} = 0,26$$

Pagal šiuos duomenis braižoma fizinė x-y diagrama (žr. 5.6.1 pav.).



**5.6.1 pav. X-Y diagrama**

Nustatyta, kad lėkščių skaičius, norint perskirti dichlormetano ir metanolio mišinį, kolonoje turi būti  $n=8$ , o atstumas tarp lėkščių pasirenkamas  $\alpha=0,4$ .

Priimame, kad kolonos dangtis pusiau sferinis, tai:

$$h_1 = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 0,696 = 0,35 \text{ m} \quad (5.6.5)$$

Kadangi kolona projektuojama taip kaip daugkartinės distiliacijos ir eliuento nugarinimo įrenginys (žr. 5.6.1 pav.), kad produktas neišeitų kartu su metanolio srautu, papildomai suprojektuojamos 4 vožtuvinės lėkštės. Bendras lėkščių skaičius  $n=12$ .

$$h_2 = (n - 1) \cdot \alpha = (12 - 1) \cdot 0,4 = 4,4 \text{ m} \quad (5.6.6)$$

$$h_3 = 3 \cdot \alpha = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ m} \quad (5.6.7)$$

Kadangi siekiama nugarinti visą tirpiklį nuo produkto, papildomai apatinėje kolonos dalyje įdedamos 3 kaskadinės lėkštės, kai  $\alpha = 0,3$ .

$$h_4 = 3 \cdot \alpha = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ m}$$

Priimame, kad  $h_5 = 0,5 \text{ m}$

$h_6$  aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$h_6 = r \cdot \frac{V_{\text{likuč.}} - V_{\text{pusferė}}}{F_{\text{skerspjūviū}}} = \frac{0,166 - 0,089}{0,382} = 0,55 \text{ m} \quad (5.6.8)$$

$$V_{\text{likuč.}} = \frac{G_{\text{likuč.}} \cdot 600}{\rho_{\text{likuč.}}} = \frac{0,219 \cdot 600}{791,8} = 0,166 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.6.9)$$

Kolonos apačios tūris apskaičiuojamas:

$$V_{\text{pusferė}} = \frac{2}{3} \pi r^3 = \frac{2}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,348^3 = 0,089 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5.6.10)$$

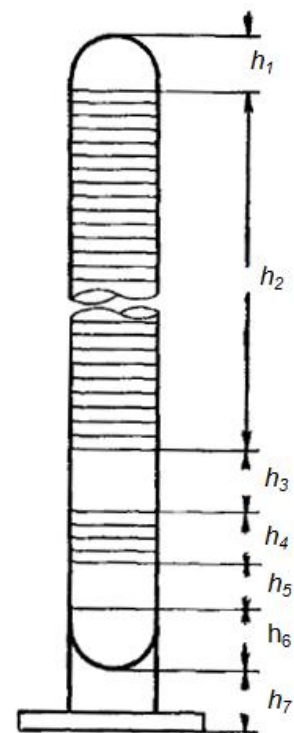
Kolonos skerspjūvio plotas apskaičiuojamas:

$$F_{\text{skerspjūviū}} = \pi r^2 = 3,14 \cdot 0,348^2 = 0,382 \text{ m}^2 \quad (5.6.11)$$

Priimame, kad  $h_7 = 1 \text{ m}$

Bendras kolonos aukštis:

$$h_{\text{bendras}} = h_1 + h_{2,4} + h_3 + h_5 + h_6 + h_7 = 0,35 + 4,4 + 1,2 + 0,9 + 0,5 + 0,55 + 1 = 8,9 \text{ m} \quad (5.6.12)$$



**5.6.2 pav. Principinė distiliacijos kolona**

## 6 TECHNOLOGINĖS LINIJOS APRAŠYMAS

Iš žaliavų sandėlio išcentriniais siurbliais metanolis ir dichlormetanas transportuojamas atitinkamais kiekiais į maišyklę M-1. Dalis paruošto pirmojo valymo chromatografijos kolonos eliuento iš talpos T-3 (MeOH:DCM, santykis 15:85) per tūrinio debito skaitiklį išcentrinio siurbliu S-3 transportuojamas į maišyklę M-2. Kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas talpoje T-1 pašildomas iki 50 °C temperatūros ir išcentrinio siurbliu S-1 per masės debito skaitiklį transportuojamas į maišyklę M-2. Paruoštas chromatografuojamasis mišinys iš maišyklės M-2 išcentrinio siurbliu S-4 tiekiamas į adsorbcijos koloną K-1. Palaikant 1,3 m<sup>3</sup>/h debitą eliuentas iš talpos T-3 išcentrinio siurbliu S-3 pumpuojamas į adsorbcijos koloną K-1.

Gauta tikslinės medžiagos frakcija (nustatoma detektoriaus pagalba) iš adsorbcijos kolonos K-1 surenkama talpoje T-5. Iš talpos T-5 išcentrinio siurbliu S-6 eliuatas transportuojamas į elektrinį kaitintuvą EK-1, kur pašildomas iki 100 °C temperatūros ir nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-1. Nudistiliuotas azeotropas ir metanolis gražinami į sandėlyje esančias talpas. Distiliavimo kolonos likutis surenkamas talpoje T-7.

Po adsorbcijos eliuatas be tikslinio produkto surenkamas talpoje T-4. Iš talpos T-4 eliuatas išcentrinio siurbliu S-5 tiekiamas į elektrinį kaitintuvą EK-1, kur tirpalas pašildomas iki 100 °C ir nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-1. Kolonos likutis išleidžiamas į atliekas, o nudistiliuotas azeotropas ir metanolis gražinami į sandėlyje esančias talpas.

Talpoje T-7 surinkta masė po pirminio valymo pašildoma iki 50 °C ir išcentrinio siurbliu S-8 tiekiamas į maišyklę M-3, kur ruošiamas antrinio valymo chromatografuojamasis mišinys. Iš žaliavų sandėlio siurbliais į maišyklę M-4 transportuojamas etilacetatas ir acetonitrilas eliuentui paruošti. Dalis paruošto antrojo valymo chromatografijos kolonos eliuento (etilacetatas:acetonitrilas, santykis 1:9) siurbliu S-13 per tūrinio debito skaitiklį transportuojama į maišyklę M-3. Iš maišyklės M-3 paruoštas chromatografuojamasis tirpalas išcentrinio siurbliu S-12 pumpuojamas į adsorbcijos koloną K-2. Eliuentas iš maišyklės M-4 palaikant 0,3 m<sup>3</sup>/h debitą siurbliu S-13 tiekiamas į adsorbcijos koloną K-2.

Gauta tikslinės medžiagos frakcija (nustatoma detektoriaus pagalba) iš adsorbcijos kolonos K-2 surenkama talpoje T-9. Iš talpos T-9 išcentrinio siurbliu S-15 eliuatas transportuojamas į elektrinį kaitintuvą EK-2, kur tirpalas pašildomas iki 100 °C temperatūros ir nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-2. Nudistiliuotas eliuentas gražinamas į maišyklę M-4. Kolonos likutis (produktas) iš distiliavimo kolonos DK-2 nukreipiamas į fasavimą.

Po adsorbcijos eliuatas be tikslinio produkto surenkamas talpoje T-10. Iš talpos T-10 tirpalas išcentrinu siurbliu S-14 transportuojamas į elektrinį kaitintuvą EK-2, kur tirpalas pašildomas iki 100 °C, ir nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-2. Distiliavimo kolonos likutis išleidžiamas į atliekas, o nudistiliuotas eliuentas gražinamas į maišyklę M-4.

Siurbliu S-2 iš talpos T-2 į adsorbcijos koloną K-1 jos valymui, po chromatografijos proceso, tiekiamas metanolis. Eliuatas po adsorbcijos kolonos K-1 valymo surenkamas talpoje T-6 ir išcentrinu siurbliu S-7 tiekiamas į elektrinį kaitintuvą EK-1, kur tirpalas pašildomas iki 100 °C temperatūros ir nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-1. Nudistiliuotas azeotropas gražinamas į žaliavų sandėlį, šoninis distiliatas – metanolis surenkamas talpoje T-8 ir siurbliu S-11 gražinamas į talpą T-2.

Distiliavimo kolonos DK-1 apatinės dalies praplovimui naudojamas eliuentas, kuris išcentrinu siurbliu S-3 tiekiamas iš talpos T-3 į elektrinį kaitintuvą EK-1. Tirpalas pašildytas iki 60 °C temperatūros nukreipiamas į distiliavimo koloną DK-1, kur praplaunama kolonos apatinė dalis po netikslinės frakcijos distiliavimo proceso. Kolonos likutis su daliniu eliuento kiekiu išcentrinu siurbliu S-8 tiekiamas į netikslinės frakcijos eliuato talpą T-4, kur proceso eigoje yra nudistiliuojamas ir distiliatas gražinamas antriniam panaudojimui.

## 7 DARBUOTOJŲ SAUGA IR SVEIKATA

Šiame skyriuje įvertinamas projektuojamos įmonės darbuotojų sauga, sveikata ir gaisrinė sauga. Apžvelgiamos šios sritys:

- projektuojamo objekto charakteristika;
- profesinės rizikos vertinimas;
- saugi gamyba;
- darbo higiena;
- gaisrinė sauga;

### 7.1 Projektuojamo objekto charakteristika

Projektuojamas objektas – kanapių ekstrakto kokybinis tikslinės medžiagos atskyrimas ir gryninimas. Technologinė proceso linija projektuojama naujai įmonei. Gamybines patalpas numatomos statyti Kauno rajone, Neveronių kaime esančiame žemės sklype. Šios linijos paskirtis gauti gryną kanabidiolį (CBD), kaip žaliavą naudojant pluoštinių kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktą. Kanapių ekstrakto be CBD gausu įvairių terpenų klasės junginių, kanabinoidų, tokių kaip THC, CBG, CBN, CBE, CBT ir kt., kurie selektyvios chromatografijos metodu turi būti pašalinti.

Numatyta, po perskyrimo, naudotus tirpiklius regeneruoti. Regeneraciją numatyta vykdyti naudojant distiliacijos kolonas. Proceso eigoje avarijos atveju galimas kenksmingų dujų išsiskyrimas į aplinką, kuris gali sukelti įvairių kvėpavimo ir odos ligų grėsmę. Normaliomis darbo sąlygomis išmetimų į aplinką nėra.

Kanabidiolio gryninimo technologinėje linijoje vykdomi procesai yra pavojingi dėl:

- Įrenginiuose naudojami kenksmingi tirpikliai, kurių garai su oru gali sukelti sprogimą;
- Procesų metu susidaro atliekų, kurias reikia tinkamai utilizuoti;
- Distiliacijos kolona, kurioje susidaro didelis kiekis garų, kelia grėsmę aplinkos užterštumui.

Naudojant sanitarinių apsaugos zonų nustatymo ir režimo taisyklių priedus, parenkamas sanitarinių apsaugos zonų ribų dydis, kuris lygus 500 m už įmonės teritorijos ribų [32].

## 7.2 Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra ištirti galimą profesinę riziką projektuojamame objekte ir numatyti jo prevencijos ar mažinimo priemones darbuotojams.

Profesinės rizikos vertinimas atliekamas identifikuojant veiksnius, vietas, kuriuose darbuotojai gali būti veikiami rizikos veiksnių, kenkiančių jų sveikatai.

Darbo vietoje ir aplinkoje gali pasireikšti cheminiai, fizikiniai, biologiniai, ergonominiai ir psichosocialiniai veiksniai. Šių veiksnių duomenys pateikiami 7.2.1 lentelėje. [33]

### 7.2.1 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	Prevencijos priemonių būtinumas
<b>Cheminiai veiksniai</b>				
Metanolis	Technologiniai įrenginiai	100 mg/m <sup>3</sup>	260 mg/m <sup>3</sup> (IPRD)	Respiratoriai Ventiliacija
Dichlormetanas	Technologiniai įrenginiai	80 mg/m <sup>3</sup>	120 mg/m <sup>3</sup> (IPRD)	Respiratoriai Ventiliacija
Etilacetatas	Technologiniai įrenginiai	200 mg/m <sup>3</sup>	500 mg/m <sup>3</sup> (IPRD)	Respiratoriai Ventiliacija
Acetonitrilas	Technologiniai įrenginiai	30 mg/m <sup>3</sup>	70 mg/m <sup>3</sup> (IPRD)	Respiratoriai Ventiliacija
<b>Fizikiniai veiksniai</b>				
Aukšta temperatūra		30 °C	45 °C	Izoliacija
Triukšmas	Išc. Siurblys	80 dBA	87 dBA	Ausinės
Šiluminė aplinka Oro drėgnis	Gamybos patalpos	30-45%	Iki 75%	
Apšvieta		500 lx	500 lx	-

Statinės elektros pavojus	Mėginio paėmimo vieta	-	-	Naudoti įžeminimą, įnulinimą
Ergonominiai veiksniai				
Darbo poza	Operatorinė	Nepatogi darbo poza 20% darbo laiko	Nepatogi darbo poza 25% darbo laiko	Pertraukos
Nuovargis	Operatorinė	-	-	Pertraukos

Nustatytos patalpų, pastatų, išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų, atsižvelgiant į patalpoje esančių ir technologiniame procese naudojamų medžiagų gaisrinio pavojingumo rodiklius (žr. 7.2.2 lentelė) ir kiekį bei technologinių procesų ypatumus, pateiktos 7.2.3, 7.2.4 ir 7.2.5 lentelėse.

#### 7.2.2 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		
Etilacetatas	0,183	4	2,1	11,5	426	- 4
Metanolis	6,787	8	5,5	44	436	10
Dichlormetanas	26,449	45	13	22	-	-
Acetonitrilas	1,442	5	4,4	16	524	6

#### 7.2.3 lentelė. Patalpų ir išorinių įrenginių kategorijos pagal sprogimo ir gaisro pavojų

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Kategorija
Žaliavų sandėlys	Naudojami lengvai užsiliepsnojantys skysčiai, kurių $t_{pl.} < 28\text{ °C}$ bei degūs skysčiai, kurių temperatūra $> t_{pl.}$	A <sub>sg</sub>

Maišyklės	Naudojami lengvai užsiliepsnojančios skystosios, kurių $t_{pl} < 28\text{ }^\circ\text{C}$ bei degios skystosios, kurių temperatūra $> t_{pl}$	$A_{sg}$
Chromatografijos kolonos	Naudojami lengvai užsiliepsnojančios skystosios, kurių $t_{pl} < 28\text{ }^\circ\text{C}$ bei degios skystosios, kurių temperatūra $> t_{pl}$	$A_{sg}$
Distiliacijos kolonos	Naudojami lengvai užsiliepsnojančios skystosios, kurių $t_{pl} < 28\text{ }^\circ\text{C}$ bei degios skystosios, kurių temperatūra $> t_{pl}$	$A_{sg}$
Kokybės laboratorija	Naudojamos nedegios medžiagos, patalpa nepiskiriama $A_{sg}$ , $B_{sg}$ , $C_g$ ir $D_g$ kategorijoms.	$E_g$

**7.2.4 lentelė. Patalpų, išorinių įrenginių pavojingų vietų zonos pagal sprogo ir gaisro pavojų**

Objekto, kuriam suteikiama kategorija, klasifikuojama pavojinga vieta, pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją, pavojingos vietos zoną	Pavojingos vietos zona
Žaliavų sandėlys	Patalpa, kurioje, dirbant normaliuoju režimu, negali susidaryti sprogi aplinka, kurią sudaro oro ir lengvai užsiliepsnojančių dujų, skystųjų, garų arba rūko pavidalo medžiagų mišinys, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai retai, mažai tikėtinių avarijų ir stichinių nelaimių atvejais ir išlieka tik trumpai.	2 zona
Maišyklės	Vieta, kurioje, dirbant normaliuoju režimu, negali susidaryti sprogi aplinka, kurią sudaro oro ir lengvai užsiliepsnojančių dujų, skystųjų, garų arba rūko pavidalo medžiagų mišinys, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna	2 zona



	labai retai, mažai tikėtinų avarijų ir stichinių nelaimių atvejais ir išlieka tik trumpai.	
Chromatografijos kolonos	Vieta, kurioje, dirbant normaliuoju režimu, negali susidaryti sprogį aplinka, kurią sudaro oro ir lengvai užsiliepsnojančių dujų, skysčių, garų arba rūko pavidalo medžiagų mišinys, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai retai, mažai tikėtinų avarijų ir stichinių nelaimių atvejais ir išlieka tik trumpai.	2 zona
Distiliacijos kolonos	Vieta, kurioje, dirbant normaliuoju režimu, negali susidaryti sprogį aplinka, kurią sudaro oro ir lengvai užsiliepsnojančių dujų, skysčių, garų arba rūko pavidalo medžiagų mišinys, tačiau jei tokia aplinka susidaro, ji būna labai retai, mažai tikėtinų avarijų ir stichinių nelaimių atvejais ir išlieka tik trumpai.	2 zona
Kokybės laboratorija	Patalpa, kurioje dirba tyrimus atliekantis personalas, dirbama nedideliais kiekiais, ir esant normaliom darbo sąlygom negali susidaryti sprogį aplinka	2 zona

**7.2.5. lentelė. Pastato kategorija pagal sprogo ir gaisro pavojų**

Objekto pavadinimas	Požymis, nulemiantis kategoriją	Kategorija
Projektuojamas statinys	Kai pastatas nepriskiriamas $A_{sg}$ kategorijai, o pastate esančių $A_{sg}$ ir $B_{sg}$ kategorijų patalpų bendras plotas viršija 5% pastato patalpų ploto arba užima daugiau nei 200 m <sup>2</sup> .	$B_{sg}$

### 7.3 Saugi gamyba

Siekiant išvengti pavojingų situacijų, projektuojamoje technologinėje linijoje, vykdomas viso personalo apmokymas valdyti procesus. Darbuotojams privaloma išklaudyti įvadinį, pirminį, periodinį, tikslinį (specialų darbo vietoje) bei papildomą saugaus eksploatavimo ir gamybos instruktažus. Praveisti instruktažai įforminami instruktavimo registracijos žurnale ir instruktavimo darbo vietoje žurnale.

Norint išvengti pavojingų situacijų vadovaujamosi sekančiais nurodymais:

- Saugus darbas priklauso nuo aptarnaujančio personalo kvalifikacijos ir dėmesio, griežtos saugumo technikos, priešgaisrinės saugos reikalavimų laikymosi ir proceso darbo pagal technologinio režimo normas.
- Technologinėje linijoje numatomas distancinis elektros įrangos, elektros variklių, siurblių įjungimas/išjungimas iš operatorinės skydo. Tai leidžia saugiai valdyti įrangą.
- Saugiam technologinio proceso vykdymui visi įrenginių darbą charakterizuojantys parametrai rodomi prietaisų skyduose.

Įrenginiai, kuriuose yra tikimybė susidaryti viršslėgiui (rektifikavimo kolonos), turi atitikti reikalavimus, nurodytus saugaus slėginių indų eksploatavimo taisyklės [34]. Pastoviam parametru stebėjimui įrengiami kontroliniai prietaisai: manometrai, termometrai, skysčio lygio matuokliai. Nuo viršslėgio įrengimai apsaugoti apsauginiais vožtuvais. Visi slėginiai indai registruojami TPT (technikos priežiūros tarnyboje). Priklausomai nuo darbo aplinkos terpės, technologinių parametru slėginiams indams per tam tikrą laikotarpį atliekama priežiūra. Pagal slėginių indų naudojimo taisykles veikiančio indo apžiūra turi vykti kas 2 metai, o vidaus ir išorės apžiūra kas 8 metai.

Pavojus susijęs su technologinės linijos įrenginiais ir pagalbinais aparatais – susižeidimas dėl įrenginio, jo dalies ar naudojamo darbo įrankio mechaninio poveikio (sutraiskymas, įpjovimas ir kt.)

Saugos priemonės:

- Naudoti visas gamintojo numatytas įrengimo apsaugas;
- Naudoti privalomas ir numatytas asmenines saugos priemones;
- Įranga, kuri naudojama potencialiai sprogoje aplinkoje, turi atitikti visus saugos reikalavimus.

Projektuojamos patalpos priskiriamos pavojingoms patalpoms (grindys laidžios elektros srovei). Būtina įnulinėti patalpose, taip pat lauke esančius aukštesnės kaip 50 V įtampos kintamosios srovės ir aukštesnės kaip 75 V įtampos nuolatinės srovės elektros įrenginius. Elektros varikliai įnulinami. Remontuoti elektrinius įrenginius privalo tik atitinkamos srities specialistas. Griežtai laikomasi elektrotechnikos taisyklių. Dirbama laikantis šių saugos taisyklių principų: išjungti, užtikrinti, kad nebūtų įjungta pakartotinai, įsitikinti, kad nėra įtampos; įžeminti greta esančias įrenginių dalis, kuriose yra įtampa. Elektros įrangos sprogiuose zonose duomenys pateikiami 7.3.1 lentelėje.

### 7.3.1 lentelė. Elektros įrangos sprogioms zonoms parinkimas

Sprogiosios zonos tipas	Reikiamas apsaugos lygis	Įrangos grupė ir kategorija	Pastabos
Sprogiosios zonos, kur susidaro oro ir dujų arba skysčių garų ir lašelių mišiniai			
2	Normalus	II 2G	II 2G – skirta naudoti užsiliepsnojančių dujų, skysčių garų arba lašelių ir oro mišinių aplinkoje

Apsaugos būdai nurodyti specialiuose Europos standartuose atsižvelgiant į nustatytą elektros įrangos tipą sprogioms zonoms numatyti „e“ ir „d“ („d“ – ugniai atsparus apgaubas; „e“ – padidintoji sauga).

Visa kanabidiolio gryninimo technologinė įranga skirta naudoti potencialiai sprogiuose aplinkoje turi būti aiškiai pažymėta ir nurodyta būtina informacija (gamintojo pavadinimas ir adresas, CE atitikties žymuo, serija arba tipas, serijos numeris, pagaminimo metai, apsaugos nuo sprogo ženklas). Įranga sertifikuota ir pažymėta E(Ex) ženklu, rodančiu, kad elektros įranga atitinka apsaugos būdus, nurodytus Europos standartuose.

Aptarnaujančio personalo ir įrenginių apsaugai nuo statinių elektros krūvių ir žaibų poveikio, pastatas turi būti įžemintas. Taip pat įžeminami ir vamzdynai įeinantys į patalpas.

#### Žaibolaidžio skaičiavimas:

Remiantis LST EN 62305-3 nuostatomis pastatas priskiriamas II kategorijos apsaugos klasei [35,36]. Pagal apsaugos klasę nustatomi žaibo ėmiklio ir apsaugos zonos matmenys. Kadangi

pastatas didelių matmenų pastatui skaičiuojama dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zona. Remiantis STR 2.01.06:2009 nuostatomis apskaičiuojami apsaugos zonos matmenys [36].

Pagal apsaugos klasę reikiamas patikimumas – 0,97. Pastato aukštis ( $h_x$ ) siekia 11,61 m, pasirenkamas žaibolaidžio aukštis  $h = 20$  m.

### 7.3.2 lentelė. Dviejų strypų apsaugos zonos parametrų skaičiavimas [36]

Apsaugos patikimumas	Žaibolaidžio aukštis $h$ , m	$L_{max}$ , m	$L_c$ , m
0,91	nuo 0 iki 30	$5,75 h$	$2,5 h$
	nuo 30 iki 100	$[5,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$2,5 h$
	nuo 100 iki 150	$5,5 h$	$2,5 h$
0,97	nuo 0 iki 30	$4,75 h$	$2,25 h$
	nuo 30 iki 100	$[4,75 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107(h - 30)] \cdot h$
	nuo 100 iki 150	$4,5 h$	$1,5 h$
0,99	nuo 0 iki 30	$4,25 h$	$2,25 h$
	nuo 30 iki 100	$[4,25 - 3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$	$[2,25 - 0,0107 \cdot 10^{-3}(h - 30)] \cdot h$
	nuo 100 iki 150	$4,0 h$	$1,5 h$

Atstumas tarp žaibolaidžių ir maksimalus galimas atstumas tarp žaibolaidžių (jam viršijus žaibolaidžiai tampa pavieniai) apskaičiuojami remiantis 7.3.2 lentelėje pateiktais skaičiavimais.

Atstumas tarp žaibolaidžių:

$$L_c = 2,25h = 2,25 \cdot 20 = 45 \text{ m} \quad (7.3.1)$$

Maksimalus leistinas atstumas tarp žaibolaidžių:

$$L_c = 4,75h = 4,75 \cdot 20 = 95 \text{ m} \quad (7.3.2)$$

Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonai nustatyti (pusiau kūgiui, kurio matmenys  $h_0$  – kūgio aukštis, m;  $r_0$  – kūgio spindulys, m) naudojamos pavienio strypo žaibolaidžio formulės:

$$h_0 = h_c = 0,8h = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ m} \quad (7.3.3)$$

$$r_0 = 0,8h = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ m} \quad (7.3.4)$$

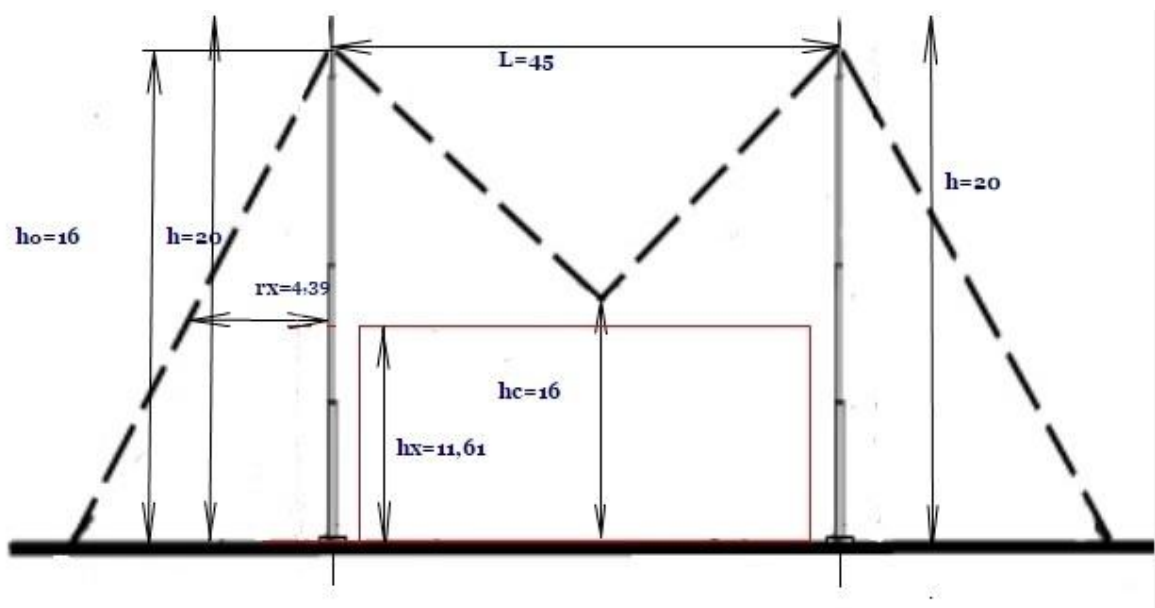
Zonos horizontalių pjūvių matmenys apskaičiuojami pagal formules bendras visiems patikimumams.

Horizontaliame pjūvyje  $h_x$  aukštyje didžiausias zonos  $r_x$  pusplotis:

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{16 \cdot (16 - 11,61)}{16} = 4,39 \text{ m} \quad (7.3.5)$$

Horizontalaus pjūvio plotis centre tarp žaibolaidžių  $r_{cx}$  aukštyje  $h_x \leq h_c$ :

$$r_{cx} = \frac{r_0 \cdot (h_c - h_x)}{h_c} = \frac{16 \cdot (16 - 11,61)}{16} = 4,39 \text{ m} \quad (7.3.6)$$



**7.3.1 pav. Dviejų strypų žaibolaidžio apsaugos zonos schema**

Paveiksle 7.3.1 matyti, kad pastatas patenka į žaibolaidžio apsaugos zoną, todėl žaibolaidžio parinkimas ir aukštis tinkamas reikalaujamai apsaugai.

## 7.4 Darbo higiena

Įmonėje naudojamos kenksmingos sveikatai medžiagos, todėl nustatomos jų ribinės vertės ir atitinkamai parenkamos asmeninės apsaugos priemonės. Kadangi gaminamas produktas naudojamas maisto papildų (vaistinių preparatų) gamyboje, tai apsaugos priemonės turi tenkinti sanitarines higienos normas, tiekiant kokybišką produktą. 7.4.1 lentelėje pateikiami ribiniai dydžiai, kuriuos galima naudoti vertinant profesinę riziką [37].

#### 7.4.1 lentelė. Profesinę riziką apibūdinantys ribiniai dydžiai

Cheminė medžiaga			Ribinis dydis						Poveikio sveikatai ypatumų žymenys
			Ilgalaikio poveikio ribinis dydis (IPRD)		Trumpalaikio poveikio ribinis dydis (TPRD)		Neviršytinas ribinis dydis (NRD)		
Eil. Nr.	Pavadinimas	CAS Nr.	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Etilacetatas	141-78-6	500	150	-	-	1100	300	-
2	Metanolis	67-56-1	260	200	-	-	-	-	O
3	Dichlormetanas	75-09-2	120	35	250	70	-		K O
4	Acetonitrilas	75-05-8	70	40	-	-	-	-	O

Naudojamos saugos priemonės:

- Kiekvienas darbuotojas informuojamas ir išmokomas kaip saugiai naudoti chemines medžiagas, vadovaujantis saugos duomenų lapais, naudojimo instrukcija, technologiniu reglamentu;
- Užtikrinamas cheminių medžiagų ženklavimas, išvengiant grėsmės dėl sąlyčio su pavojingomis medžiagomis;
- Ribojamas darbuotojų skaičius bei darbo trukmė patalpose ar darbo vietose, kur naudojamos kenksmingos cheminės medžiagos;
- Darbuotojai aprūpinami asmeninėmis saugos priemonėmis, skirtomis apsaugoti nuo darbo aplinkoje esančių kenksmingų ir pavojingų veiksnių;
- Darbuotojai aprūpinami tinkama įranga (darbo su cheminėmis medžiagomis) ir nustatoma šios įrangos priežiūros ir remonto tvarka, kuri garantuotų saugų darbą.

#### Asmeninės darbuotojų apsaugos priemonės [38]

Visas gamybinį procesą aptarnaujantis personalas bus aprūpintas apsaugos priemonėmis nuo nelaimingų atsitikimų susijusių su gamyba bei apsaugos priemonėmis sterilaus darbo vykdymui: lengvais galvos apdangalais plaukų apsaugai, apsauginiais akiniais, respiratoriais, pirštinėmis, avalyne, specialiais darbo drabužiais. Operatorinės bei kokybės laboratorijos personalui duodamos dujokaukės, gelbėjimosi virvė, jei ore garų koncentracija viršytų nustatytas ribines

vertes. Personalias aprūpinamas medicininėmis vaistinėmis ir medikamentaisis pirmajai pagalbai suteikti.

Technologinę liniją aptarnaujančio personalo darbo vietoje įvertinami parametrai:

- apšvietimas;
- šiluminė aplinka;
- triukšmas.

Patalpos apšvietimas – natūralus ir dirbtinis. [39] Darbams atlikti, kuriems reikia didelio regos tikslumo įrengiamas vietinis apšvietimas. Apšvietimas įrengtas taip, kad neakintų ir nevargintų darbuotojų. Minimali norma patalpose, kuriose neatliekami didelio tikslumo reikalaujantys darbai bei kur vyksta trumpalaikiai apsilankymai siekia minimalią normą 200 lx. Kokybės laboratorijos patalpos, bei sekcijos, kur reikalaujamas tikslumas – 500 lx. Komfortiškai ir reikalaujamai šiluminei aplinkai normuoti yra vertinami oro temperatūros, oro santykinio drėgumo ir oro judėjimo greičio parametrai. Šių parametrų reikšmės nustatomos priklausomai nuo laikotarpio: šiltojo ir šaltojo. Šaltasis laikotarpis prasideda tada, kai trijų iš eilės parų vidutinė oro temperatūra yra žemesnė arba lygi + 10 °C, o šiltasis – aukštesnė kaip + 10 °C.

Komfortinės šiluminės aplinkos parametrai parenkami pagal darbo sunkumo kategoriją ir laikotarpį [40].

Skiriamos trys darbų sunkumo kategorijos: lengvas (Ia, Ib), vidutinio sunkumo (IIa, IIb) ir sunkus fizinis darbas (III). Šios gamybos darbo sunkumo kategorija pagal atitinkamus duomenis parenkama Ib. Pagal šią kategoriją parenkami komfortinių sąlygų norminiai dydžiai, kurie pateikti 7.4.2 lentelėje.

**7.4.2 lentelė. Darbo patalpų komfortinių sąlygų įvertinimas**

Metų laikotarpis	Darbų kategorija	Oro temperatūra, °C	Oro santykinis drėgnumas, %	Oro judėjimo greitis m/s, ne daugiau kaip
1	2	3	4	5
Šaltasis	Lengvas - Ib	21-23	40-60	0,1
Šiltasis	Lengvas - Ib	22-24	40-60	0,2

## 7.5 Gaisrinė sauga

Projektuojamame pastate, kuriame sumontuota kanabidiolio gryninimo technologinė linija, atsižvelgiant į naudojamas medžiagas proceso metu, gali vykti B ir C klasės gaisrai. Būtina įrengti priešgaisrines priemones, tokias kaip hidrantai, rezervuarai, automatinės gesinimo sistemos bei stacionarią gaisro gesinimo sistemą. Pagal duomenis pateiktus 7.5.1 lentelėje nustatoma medžiaga tinkama gesinti patalpose esančias chemines medžiagas gaisro atveju. [41]

**7.5.1 lentelė. Gaisro klasės ir ugnį gesinanti medžiaga**

Klasė	Gaisro	Ugnį gesinanti medžiaga					
	Charakteristika	Vanduo	Putos	Dujos	Milteliai		
					ABC tipo	BC tipo	D tipo
A	Kietųjų medžiagų gaisrai, kai degimo metu susidaro anglis	+	+	-	++	-	-
B	Skystųjų arba galinčių suskystėti kietųjų medžiagų gaisrai	-	++	+	++	++	-
C	Dujų gaisrai	-	-	+	++	++	-
D	Metalų gaisrai	-	-	-	-	-	++

B tipo gaisrams gesinti, kai gesinami degūs skysčiai, naudojamos putos, milteliai taip pat tinka angliarūgštės gesintuvai. C tipo gaisrams, kai gesinamos degios dujos, tinkami milteliai bei angliarūgštės gesintuvai.

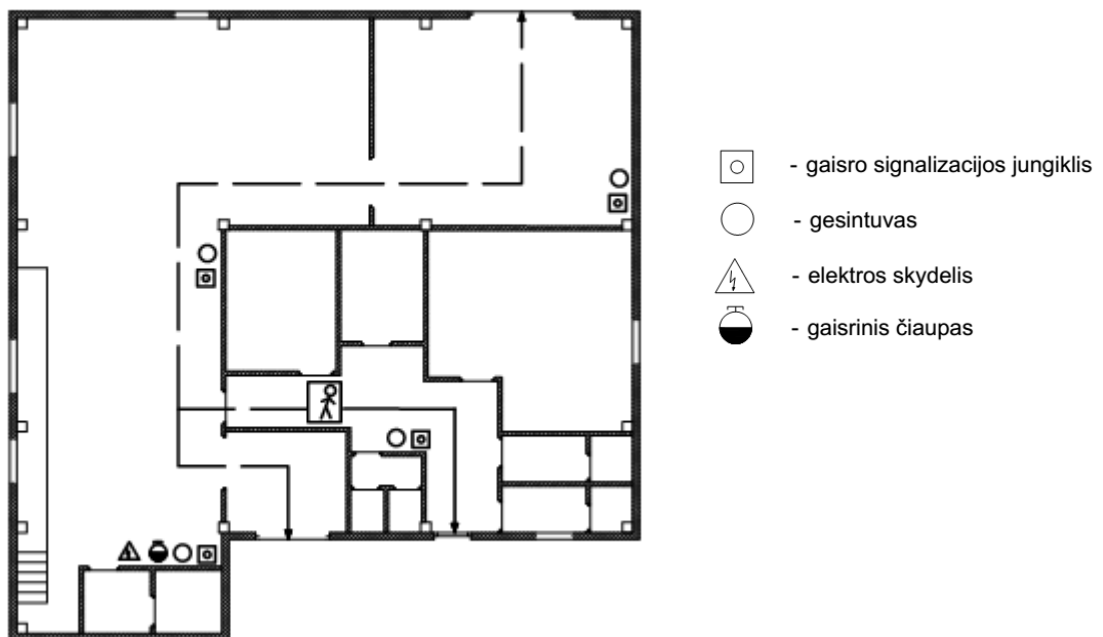
Gamybinėse patalpose būtinos šios gaisro gesinimo priemonės:

- Smėlis ir kastuvas;
- Nedegus priešgaisrinis audinys;
- Putų, milteliniai ir angliarūgštės gesintuvai;
- Požeminiai priešgaisriniai hidrantai;
- Automatinė putų gesinimo sistema.

Gesintuvų tipas ir skaičius nustatomas atsižvelgiant į patalpų kategorijas pagal sprogo ir gaisro pavojų, maksimalų gesinimo plotą, laikomų medžiagų fizikines ir chemines savybes.



Remiantis Bendrosios saugos taisyklėmis, projektuojamose patalpose minimalus miltelių ir angliarūgštės tipo gesintuvų kiekis – 4 vienetai (6 kg); privalomas nedegus audeklas. [41] Projektuojant pastatą numatomi žmonių evakuaciniai išėjimai iš patalpų (žr. 7.5.1 paveikslėlis). Iš kiekvieno aukšto turi būti ne mažiau kaip du evakuacijos išėjimai. Žmonių evakuacijos planas turi būti pakabinamas kiekviename aukšte. Koridoriuose, laiptinėse ir ant evakuacijos kelių esančių durų klijuojami evakuacijos kryptį rodantys ženklai. Bent vienas yra matomas iš bet kurio evakuacijos kelio taško. Durys evakuacijos metu iš vidaus atsidaro lengvai bet kuriuo paros metu.  $A_{sg}$  ir  $B_{sg}$  pagal sprogimo ir gaisro pavojų kategorijų patalpose yra pakabinamos gaisrinės saugos instrukcijos. Vietos, kur gali susidaryti ypač degių, labai degių ir degių medžiagų ir preparatų (garų, degių dujų ir skysčių) naudojama kibirkščiavimą nesukelianti avalynė, įrankiai ir statinio elektros krūvio nekaupiantys drabužiai.



7.5.1 pav. Evakuacijos planas

## 8 STATYBINIAI SPRENDIMAI

### 8.1 Bendrieji duomenys

Projektuojamas statinys suprojektuotas remiantis statybos įstatymo techniniais reglamentais, atsižvelgiant į gamybos apimtį bei užsiimamą veiklos pobūdį. Projektuojamas statinys skirtas kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimo technologiniams procesams vykdyti. Pagrindinė veikla – žaliavos gryninimas, tyrimai bei produkcijos eksploatavimas. Dalis statinio naudojama gamybiniais bei tyrimų tikslams, dalis pastato paskirta administracijai bei patalpoms, reikalingoms norint užtikrinti saugias bei higieniškas darbo sąlygas darbuotojams.

Projektuojamas statinys neturi specifinių poreikių, tarša aplinkai minimali, tačiau dėl didelių gamyklos matmenų statinio statybos vieta pasirinkta Kauno rajone, Neveronyse, Keramikų gatvėje. Ši statybos vieta pasirinkta todėl, kad ji šalia Kauno, taip pat tai patogi susisiekimo vieta (produkcija gabenama iš Lenkijos bei Suvalkijos). Įmonei reikalinga aukšta darbuotojų kvalifikacija bei operatyvūs pagaminamos produkcijos kokybės tyrimai, kurie tenkinami pasirinkus statybos vietą. Bendrieji statinio techniniai rodikliai pateikti 8.1.1 lentelėje.

#### 8.1.1 lentelė. Bendrieji statinio techniniai rodikliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis
1	I. SKLYPAS		
	1.1. sklypo plotas	ha	0,25
	1.2. statinio užimtas žemės plotas	m <sup>2</sup>	313
	1.3. apželdintas žemės plotas (žalioji plotas)	m <sup>2</sup>	943,5
	1.4. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	7
1.5. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	500	
2	II. PASTATAI		
	2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)		Produkcijos gamyba - 1 t per metus, darbuotojų skaičius 5.
	2.2. bendrasis plotas:	m <sup>2</sup>	286,6
	2.2.1. pagrindinis	m <sup>2</sup>	181,15
	2.2.2. pagalbinis	m <sup>2</sup>	105,45
	2.3. pastato tūris	m <sup>3</sup>	2742
	2.4. aukštų skaičius	vnt.	1
2.5. pastato aukštis	m	10	
2.6. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	MJ/m <sup>2</sup>	I	

## 8.2 Statinio architektūrinė, konstrukcinė sandara

Projektuojamas statinys yra 18,7 metrų ilgio ir 18,7 metrų pločio. Pastatas netradicinės formos, su išsikišimu, todėl vienos pastato sienos ilgis siekia 15,7 m. Pastato aukštis 11,61 m, administracinių patalpų aukštis 4,55. Gamybos vidinių patalpų aukštis 10 metrų, administracinių patalpų vidinis aukštis 3 metrai. Užimama sklypo teritorija – 25 arai.

Projektuojamo statinio konstrukcijai pasirinktos gelžbetoninės konstrukcijos, pastato 300x300 mm kolonų tinklelio išmatavimai 6x6 m. Stogo konstrukcijai parinktos lengvos metalinės sijos, kurios tvirtinamos ant laikančių kolonų. Įsikišimui plotas sumažintas ir kolonos tinklelio išmatavimas 6x3 m.

Projektuojamam statiniui naudojamos daugiasluoksnių plokščių konstrukcijos. Pasirinktos Rukki gamybos daugiasluoksnės sienų plokštės SPA E. Šios sienos susideda iš išorinio paviršiaus profilio Rib 150 (0,6 mm), mineralinės vatos (189 mm) ir vidinio paviršiaus profilio Rib 150 (0,5 mm). Šios plokštės šerdis pagaminta iš nedegios struktūrinės mineralinės vatos, todėl ji gerai sugeria garsą, padeda užtikrinti priešgaisrinę saugą ir pasižymi puikia šilumine varža. Šioms sienoms taikomi aukšti energijos vartojimo efektyvumo, atsparumo ugniai (degumo klasė A2-s1, d0) bei tvirtumo reikalavimai, kurie tenkina projektuojamo statinio reikalavimus.

Projektuojamo statinio stogui taip pat naudojamos daugiasluoksnės plokštės. Pasirinktos Paroc gamintojų daugiasluoksnės stogo plokštės, kurios susideda iš vidinės profiliuotos skardos (58 mm), šiltinimo vatos Paroc ROB 60 (20 mm), oro ir garus izoliuojančio sluoksnio, šiltinimo vatos Paroc ROS (160 mm) bei Paroc ROB 80 (20 mm), hidroizoliacijos (5 mm) ir stogo dangos (skarda).

Projektuojamo pastato pagrindas bei grindys taip pat naudojami remiantis Paroc siūlomais architektūriniais sprendimais. Statybai paruošiamas sutankintas gruntas (300 mm), drenuojantis sluoksnis (80 mm), įvedamas grindų šiltinimas Paroc GRS 20 (95 mm), paliekamas skiriamasis sluoksnis (5 mm), pilamas armuojantis lyginamasis masės sluoksnis (70 mm), klijų sluoksnis (5 mm) bei grindų danga (10 mm).

Projektuojamame statinyje numatomi trys įėjimai/išėjimai. Žaliavų sandėliui ir produkcijos sandėlio įėjimui/išėjimui numatomi pakeliami vartai Termo: įrengtas nuotolinis valdymas, ventiliacijos grotelės, praėjimo durelės. Vartai gaminami iš 40 mm storio sekcijų, kurių šilumos laidumo koeficientas yra 0,5 W/m<sup>2</sup>K. Į vartus įmontuota apsauga nuo spyruoklių ir lyno trūkimų,

pažangūs techniniai sprendimai – trijų taškų užraktas ir ypatingai žemas slenkstis praėjimo durelėse.

Darbuotojų įėjimui/išėjimui numatomos MEGRAME plastikinės durys, GEALAN S 3000 (3 kamerų) profilio be švino. Plastikinių durų plokštės vidus užpildytas polistirolu ar poliuretano putomis, todėl profilis pasižymi ypač geromis šilumos ir garso izoliacijos savybėmis. Šilumos laidumo koeficientas –  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Durys, į/iš gamybinių patalpų, numatomos plieninės lengvo tipo, MARS cinkuotos, geros garso ir šilumos izoliacijos, nes kaip užpildas naudojamas putų polistirenas. Šilumos laidumo koeficientas –  $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , garso izoliacija – 27 dB.

Durys iš gamybinių patalpų į žaliavų ir produkcijos sandėlius numatomos švaistinės iš lankstaus PVC, kurios sumažina oro cirkuliaciją, gerai apsaugo nuo drėgmės, skersvėjo, triukšmo. Konstrukcija susideda iš metalinio rėmo prie kurio pritvirtinta lanksti PVC medžiaga. Durys atsidaro  $90^\circ$  į abi puses.

Administracinėms bei pagalbinėms patalpoms numatomos plieninės vidinės durys ZK. Durų plokštė dviguba, 40 mm storio, iš trijų pusių falsuota. Šilumos laidumo koeficientas –  $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , garso izoliacija su koriniu įdėklų – 25 dB.

Langai projektuojamame statinyje numatomi įvairių matmenų. Pasirenkamas MEGRAME 3 kamerų plastikinių langų profilis su išorine tarpine, kurio šiluminis laidumo koeficientas –  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Galima įmontuoti savaiminio vėdinimo sistema GECCO, kuri būtų ypač tinkama gamybos patalpose.

Įmonės teritorijoje įrengtas įvažiavimas 6 m, kadangi žaliavų įvežimo ir produkcijos išvežimo srautas tokiai įmonei gali būti kartais intensyvus. Pagal pastato plotą bei numanomą darbuotojų skaičių įrengta asfaltuota, 7 vietų, automobilių stovėjimo aikštelė. Prie žaliavos iškrovimo bei produkcijos pakrovimo patalpų taip pat įrengta asfaltuota aikštelė patogiam transporto priemonių privažiavimui. Aplink pastatą išklotos trinkelės, visa likusi įmonės teritorija apželdinta bei apsodinta medžiais. Aplinkui nėra gyvenamųjų namų, o artimiausias pastatas nutolęs nuo projektuojamo pastato sklypo apie 150 metrų.

### **8.3 Bendrųjų statinio inžinerinių sistemų ir technologinės įrangos sprendimai**

Projektuojamam statiniui reikalingos inžinerinės sistemos: dujos, elektra, vanduo ir nuotekos.

Dujos, elektra bei vanduo tiekiami iš miestui naudojamų linijų. Elektra atvedama nuo šalia įsikūrusių pramonės įmonių. Nuosavos energijos šaltinių bei vandens rezervuarų įmonės teritorijose nenumatoma. Pastato apšildymui naudojamas šiluminė energija gaunama iš miesto šiluminių tinklų. Nuotekos gali būti nuvedamos į bendras miesto nuotekų sistemas. Gamybinėse patalpose įrengta oro tiekimo sistema. Oras iš aplinkos tiekiamas į patalpas, prieš tai jį filtruojant bei pašildant ar atšaldant pagal poreikį iki komfortiškos darbo vietos aplinkos temperatūros (pagal Higienos normas).

Projektuojamame statinyje numatoma pluoštinių kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto gryninimo technologinė linija. Žaliava iš žaliavų sandėlio tiekama į apšildomą talpą, kur medžiaga išlydoma ir toliau transportuojama į maišyklę, kurioje paruošiamas mišinys chromatografijos kolonos užpildymui. Žaliava valoma pirminio valymo adsorbcijos kolonoje, surinkti elientai nudistiliuojami, gauti po distiliavimo tirpikliai gražinami atitinkamai į maišykles ir talpas. Pirminio valymo tarpinis produktas transportuojamas į maišyklę chromatografuojamo mišinio paruošimui. Po antrinio valymo produktas sukonzentruojamas distiliavimo kolonoje. Regeneruoti tirpikliai gražinami į atitinkamas maišykles ir talpas.

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

Statybos kaina apskaičiuojama preliminariai priimant, kad 1 m<sup>3</sup> statinio kaina, kai pramoninis statinys daugiau nei 2000 m<sup>3</sup> tūrio, 107 €. Statybos kainos skaičiavimo duomenys pateikiami 8.5.1 lentelėje.

#### 8.4.1 lentelė. Suvestinė statybos kainos apskaičiavimas

Išlaidų aprašymas	Kaina, €			Iš viso (su PVM)
	Statybos ir montavimo darbai	Įrenginiai	Kitos išlaidos	
I. Statybos sklypas			25675	32500
II. Statybos sklypo paruošimas	4635,72			5868
III. Statinio statyba ir įrengimas	61612,74	175380		515394
IV. Projektavimo ir inžinerinės paslaugos			28825,52	36488
V. Kitos išlaidos	-	-	-	-
VI. Rezervas	-	-	-	-
Iš viso pagal I–VI skyrius	66248,46	175380	54500,52	590250

Priimame, kad statybos sklypo paruošimas siekia 2% nuo statinio statybos kainos, o projektavimo ir inžinerinės paslaugos atitinka 7% nuo sklypo paruošimo bei statinio statybos ir įrengimų kainos.

## 9 EKONIMINIAI SKAIČIAVIMAI

Kanabidiolio gryninimo technologija kuriama ne tik siekiant patenkinti vartotojus, bet ir norint sukurti stabilų ir pelningą verslą. Lietuvoje šios įmonės įkūrimas atneš daug naudos tiek gyventojams, tiek manoma ekonominiu požiūriu. Tačiau vertinant produkto paklausą Lietuvoje, ji bus niekinė, nes gyventojai nebus pajėgūs įsigyti šio produkto be to nėra ir įmonių, kurios šį gaminį galėtų perdirbti iki tinkamo vartotojo poreikiams. Didžiausia šio produkto paklausa yra JAV. Jau ir keletas Europos šalių šį produktą įsileidžia į rinką. Tokios šalys kaip Vokietija, Olandija, Šveicarija. Lėta šio produkto paklausos sklaida vyksta dėl stereotipinio mastymo, kad produktas gautas iš kanapių yra narkotinio poveikio. Tačiau vis didėjant informacijos šaltiniams apie šio produkto medicininį veiksmingumą, žmonių požiūris keičiasi apie šiuos naudingus preparatus, todėl didėja žmonių norinčių tai išbandyti.

Šios gamybos technologijos alternatyvos viešai nėra skelbiamos, todėl išsiaiškinti ar yra kitas būdas šį gaminį gaminti ekonomiškiau kol kas neįmanoma. Iki šiol žinomi keli pavieniai produkto gamybos patentai bei išvystyta gamybos technologija Didžiojoje Britanijoje, kur 100 g produkto kaina siekia 10 771 €, produkto grynumas siekia 99,99 %. [42]

Didžiausia šio produkto paklausa vyrauja tarp ekologinius gaminius gaminančių įmonių bei vartotojų, kurie sintetinius vaistus ir preparatus keičia į augalinės kilmės. Šis gaminys gali būti vartojamas ir kai kurių susirgimų atveju ir profilaktiniam kasdieniam vartojimui.

Norint įsitikinti šio projekto efektyvumą, patikimumą ir stabilumą šiame skyriuje nustatomos reikalingos investicijos ir parenkami jų šaltiniai, apskaičiuojami gamybos kaštai, laukiamas pelnas, pagrindiniai investicijų efektyvumo rodikliai. Iš gautų rezultatų nusprendžiama ar projektas naudingas, kokio finansinė rizika ir ar gamybos technologija nenuostolingas.

### 9.1 Projekto investicijos ir jų finansavimo šaltiniai

Naujam projektui vykdyti būtina surasti investicijų projekto įgyvendinimui. Investicijų skaičiavimas pradedamas nuo kaštų, reikalingų ilgalaikiam bei trumpalaikiam turtui įsigyti. Projekto kaštuose taip pat nurodomi statybos ir montavimo darbų reikalingos sąnaudos. Kaip finansavimo šaltinis pasirenkamos bankų paskolos, kadangi įmonė neturi jokio įstatinio kapitalo. Duomenys pateikiami 9.1.1 lentelėje.

### 9.1.1 lentelė. Projekto finansavimo poreikis ir šaltiniai

Projekto kaštai		Finansavimo šaltiniai	
Struktūra	eurų	Struktūra	eurų
Ilgalaikiam turtui įsigyti (tarp jo gamybos priemonėms)	222 000	Akcininkų nuosavybė: akcinis kapitalas; rezervai;	-
Trumpalaikiam turtui įsigyti (žaliavos ir pagrindinės medžiagos)	1645016	Paskola: ilgalaikė; trumpalaikė;	2115521 1000000
Statybos, montavimo darbų kaštai	557750	Lėšos, kurias įmonei laikinai skolingi tiekėjai	-
Kiti kaštai	690755		
Viso kaštų:	3115521	Viso šaltinių:	3115521

Ilgalaikio turto įsigijimo, t.y. pastato statybos kainos apskaičiavimas pateiktas 8 skyriuje 8.5.1 lentelėje.

### 9.2 Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) vertės skaičiavimas

Prie trumpalaikio turto kaštų priskiriamos reikalingų žaliavų sąnaudos produktui pagaminti. Kadangi kanbidiolio kristalų rinka siaura ir nežinoma ar šio produkto eksportas dėl kitose šalyse vyraujančių nuostatų pasikeis įmonės naudai, gamybos prieaugio artimiausiais 5 metais nežadama numatyti.

#### 9.2.1 lentelė. Trumpalaikio turto (apyvartinių lėšų) poreikis

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai					
	0	1	2	3	4	5
1. Gamybos apimtis, kg	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2. Gamybos prieaugio koeficientas	-	1	1	1	1	1
3. Apyvartinių lėšų metinis poreikis, tūkst. €	1645	1645	1645	1645	1645	1645



4. Apyvartinių lėšų poreikio prieaugis, tūkst. €	-	-	-	-	-	-
5. Apyvartinės lėšos, tūkst. €*	822,5	822,5	822,5	822,5	822,5	822,5

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

### 9.2.2 lentelė. Produkcijos gamybos apimtis ir realizacinės pajamos

Rodikliai	Gamybos įsisavinimo koeficientas	Gaminiai	Viso, tūkst. €
1. Produkcijos gamybos (pardavimo) apimtis brandos stadijoje, kg	1	1000	
2. Gaminio kaina, €		3197	
3. Realizacinės pajamos brandos stadijoje, tūkst. €	-	-	3197
4. Realizacinės pajamos pirmaisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. €	0,8	2557,6	2557,6
5. Realizacinės pajamos pirmaisiais projekto gyvavimo metais, tūkst. €	0,8	2557,6	2557,6

### 9.3 Tiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Nustačius gamybos planą bei pagaminamos produkcijos kiekį per metus, galima skaičiuoti žaliavų, energijos ir darbo sąnaudas reikalingas planuojamai gamybos apimčiai vykdyti. Medžiagų sąnaudų normos pateikiamos technologinėje dalyje. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms apskaičiuojamos dauginant medžiagų kiekį iš jų kainos rinkoje. Duomenys pateikti 9.3.1 lentelėje.

### 9.3.1 lentelė. Išlaidos pagrindinėms medžiagoms ir žaliavoms

Medžiagos pavadinimas	Gamybos planas, kg	Medžiagų sunaudojimo norma gaminiui, kg	Medžiagos kaina, €/kg	Medžiagos poreikis, tūkst. kg	Medžiagų kaštai	
					gaminio, €/kg	viso, €
<i>Pirmasis projekto gyvavimo metais</i>						
Kanapių ekstraktas	1000	16256	100,00	16,26	1625,60	1625600
Dichlormetanas		26449	0,48	26,45	12,70	12696
Etilacetatas		183	0,96	0,18	0,18	176
Metanolis		2787	0,37	2,79	1,02	1017
Acetonitrilas		1442	0,10	1,44	0,14	144
Silikagelis		3445	1,50	3,45	5,17	5168
Skystas azotas		1000	0,21	1,00	0,21	205
Iš viso:	1000	-	-	-	1645,01	1645005
<i>Antrasis projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	1000	-	-	-	1645,01	1645005
<i>Trečiasis projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	1000	-	-	-	1645,01	1645005
<i>Ketvirtasis projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	1000	-	-	-	1645,01	1645005
<i>Penktasis projekto gyvavimo metais</i>						
Iš viso:	1000	-	-	-	1645,01	1645005

### 9.3.2 lentelė. Tiesioginės išlaidos darbo užmokesčiui

Gaminys	Metinė gamybos apimtis, kg	Laiko norma arba išdirbio norma	Programos darbo imlumas, tūkst. h	Darbininkų skaičius	Valandinis tarifinis atlygis, €/val.	Vienetinis įkainis, €/kg	Bendras darbo užmokestis, €	Atskaitymai soc. draudimui, €
<i>Pirmais projekto gyvavimo metais</i>								
G <sub>1</sub>								
Darbininkai	1000	6,05	6048	5	2,65	16,03	16027,2	4808,16
<i>Antrais projekto gyvavimo metais</i>								
G <sub>1</sub>								
Darbininkai	1000	6,05	6048	5	2,65	16,03	16027,2	4808,16
<i>Trečiais projekto gyvavimo metais</i>								
G <sub>1</sub>								
Darbininkai	1000	6,05	6048	5	2,65	16,03	16027,2	4808,16
<i>Ketvirtais projekto gyvavimo metais</i>								
G <sub>1</sub>								
Darbininkai	1000	6,05	6048	5	2,65	16,03	16027,2	4808,16
<i>Penktais projekto gyvavimo metais</i>								
G <sub>1</sub>								
Darbininkai	1000	6,05	6048	5	2,65	16,03	16027,2	4808,16

Gamybos elektros sąnaudos priklauso nuo įrenginių kiekio ir jų galios. Technologinėje dalyje pateikiamos kai kurių įrenginių suvartojamos energijos sąnaudos, mažesnių ar analogiškų įrenginių galingumai randami kataloguose. Išlaidos technologinių procesų energijai pateikiamos 9.3.3 lentelėje.

### 9.3.3 lentelė. Tiesioginės išlaidos elektros energijai

Įrengimų pavadinimas	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
<i>Pirmais</i> projekto gyvavimo metais						
Siurblys (0,2 kW)	4	0,2	2032	406,4	0,12	48,77
Siurblys (0,37 kW)	12	0,37	5080	1879,6		242,47
Siurblys (0,75 kW)	2	0,75	508	381		49,15
Maišyklė (0,2 kW)	2	0,2	127	25,4		3,28
Maišyklė (0,75 kW)	2	0,75	508	381		49,15
Elektrinis kaitintuvas	1	40	3048	121920		15727,68
Elektrinis kaitintuvas	1	194	6096	1182624		152558,5
Distiliavimo kolona (I)	1	80	6096	487680		62910,72
Distiliavimo kolona (II)	1	50	3048	152400		19659,6
Apšildoma talpa (0,1 m <sup>3</sup> )	1	5	508	2540		327,66
Apšildoma talpa (0,05 m <sup>3</sup> )	1	2,5	254	635		81,92
<b>Viso:</b>		373,77	27305	1950872,4	0,12	251658,9
<i>Antrais</i> projekto gyvavimo metais						
<b>Viso:</b>		373,77	27305	1950872,4	0,12	251658,9
<i>Trečiais</i> projekto gyvavimo metais						
<b>Viso:</b>		373,77	27305	1950872,4	0,12	251658,9
<i>Ketvirtais</i> projekto gyvavimo metais						
<b>Viso:</b>		373,77	27305	1950872,4	0,12	251658,9
<i>Penktais</i> projekto gyvavimo metais						
<b>Viso:</b>		373,77	27305	1950872,4	0,12	251658,9

### 9.3.4 lentelė. Tiesioginės išlaidos vandeniui

Gaminio pavadinimas	Gamybos apimtis, natūriniais vnt.	Vandens sąnaudos vienam gaminiui, m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> vandens kaina, €	Išlaidos vandeniui, €
1	2	3	4	5
G <sub>1</sub> gaminys	1000	0,015	0,73	10,95

Kadangi vanduo bus skirtas aušinimui ir po panaudojimo jis bus gražinamas į pradinę talpą, tai vandens sąnaudos nekis, nes vanduo bus recirkuliuojamas ir panaudojamas daug kartų. Šviežio vandens papildymas nevertinamas, nes tai jau bus įvertinama skaičiuojant veiklos sąnaudas.

### 9.4 Netiesioginių gamybos kaštų skaičiavimas

Prie netiesioginių gamybos kaštų priskiriamas priemonių nusidėvėjimas (amortizacija). Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas skaičiuojamas tiesiniu būdu. Tuomet amortizaciniai nuostoliai kiekvienais metais bus vienodi. Jie apskaičiuojami pagal formulę, kai likvidacinės įrenginių vertės priimamos 10 % nuo pradinės vertės:

$$A_m = \frac{F_{is} - F_{lv}}{T}; \quad (9.4.1)$$

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

#### 9.4.1 lentelė. Pagrindinių priemonių nusidėvėjimas (amortizacija)

Ilgalaikio turto rūšis	Vieneto kaina, tūkst. €	Vienetų skaičius	Įsigijimo vertė, tūkst. €	Eksploatavimo laikas, m	Nusidėvėjimo suma, € metams					Likutinė vertė, €
					I	II	III	IV	V	
Pastatas			236,32	50	4253	4253	4253	4253	4253	215060
Įrengimai:										

Chromatografi- jos kolona (I)	10	1	10	15	600	600	600	600	600	7000
Chromatografi- jos kolona(II)	7	1	7	15	420	420	420	420	420	4900
Siurblys (0,2 kW)	0,06	4	0,24	5	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	24
Siurblys (0,37 kW)	0,065	12	0,780	5	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	78
Siurblys (0,75 kW)	0,17	2	0,340	5	61,2	61,2	61,2	61,2	61,2	34
Maišyklė (0,2 kW)	1,65	2	3,300	10	297	297	297	297	297	1815
Maišyklė (0,75 kW)	5,78	2	11,56	10	1040	1040	1040	1040	1040	6358
Elektrinis kaitintuvas	9,5	1	9,5	15	570	570	570	570	570	6650
Elektrinis kaitintuvas	45,95	1	45,95	15	2757	2757	2757	2757	2757	32165
Distiliavimo kolona (I)	42,75	1	42,75	15	2565	2565	2565	2565	2565	29925
Distiliavimo kolona (II)	35,08	1	35,08	15	2104	2104	2104	2104	2104	24556
Apšildoma talpa (0,1 m <sup>3</sup> )	0,7	1	0,7	10	63	63	63	63	63	385
Apšildoma talpa (0,05 m <sup>3</sup> )	0,4	2	0,800	10	72	72	72	72	72	440
Talpa (5m <sup>3</sup> )	2,5	5	12,5	25	450	450	450	450	450	10250
Talpa (4m <sup>3</sup> )	2	4	8	25	288	288	288	288	288	6560
Talpa (1m <sup>3</sup> )	1	1	1	25	36	36	36	36	36	820
Žemės sklypas			32,5	50	585	585	585	585	585	29575
Viso			458,33		11508	11508	11508	11508	11508	376595

Apskaičiavus visas gamybos išlaidas, jos surašomos į suvestinę gamybos kaštų 9.4.2 lentelę.  
Brandos stadija pasiekama apie 3 projekto gyvavimo metus.

#### 9.4.2 lentelė. Gamybos kaštai

Kaštų rūšys	Gamybos kaštai, €
	Gaminys
<i>Brandos stadijoje</i>	
1. Pagrindinės medžiagos	1645005
2. Energija technologijai	251659
3. Gamybinių darbininkų darbo užmokestis	16027
4. Atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui	4808
5. Gamybinės netiesioginės išlaidos	11508
Viso gamybos kaštų, €	Σ 1929007
Produkcijos gamybos planas, kg	1000
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929
<i>Pirmaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	1929007
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929
<i>Antraisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	1929007
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929
<i>Trečiaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	1929007
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929
<i>Ketvirtaisiais projekto gyvavimo metais</i>	
Viso gamybos kaštų, €	1929007
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929

<i>Penktaisiais</i> projekto gyvavimo metais	
Viso gamybos kaštų, €	1929007
Gaminio gamybinė savikaina, €	1929

Gaminio gamybinė savikaina parodo vieno gaminio gamybos išlaidas. Ji apskaičiuojama, dalinant visą gaminio gamybos kaštų sumą iš jo gamybos apimties.

## 9.5 Veiklos kaštai

Į veiklos sąnaudas (kaštus) įtraukiamos: pagalbinių medžiagų ir administracijos patalpų išlaikymo išlaidos; administracijos darbuotojų darbo užmokestis ir atskaitymai socialiniam ir sveikatos draudimui; administracijos patalpų apšvietimo, apšildymo, vandens ir buitiniams reikmėms energijos išlaidos; administracijos pagrindinių priemonių amortizaciniai atskaitymai; paslaugos; produkcijos realizavimo išlaidos, mokesčiai, rinkliavos ir kitos išlaidos. Priimame, kad veiklos kaštai sudaro 20% gamybos sąnaudų. Veiklos kaštai pateikti 9.5.1 lentelėje.

### 9.5.1 lentelė. Veiklos kaštai

Gamybos kaštai, €	Priimamas procentas, %	Veiklos kaštai, €
<i>Pirmais</i> projekto gyvavimo metais		
1929007	20	385801
<i>Antrais</i> projekto gyvavimo metais		
1929007	20	385801
<i>Trečiais</i> projekto gyvavimo metais		
1929007	20	385801
<i>Ketvirtais</i> projekto gyvavimo metais		
1929007	20	385801
<i>Penktais</i> projekto gyvavimo metais		
1929007	20	385801



## 9.6 Finansinės ir investicinės sąnaudos

Finansinės ir investicinės projekto sąnaudas sudaro palūkanos už banko paskolas. Nutarta imti ilgalaikę ir trumpalaikę banko paskolas su 4% ir 6% palūkanų normomis atitinkamai.

Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas pateikiamas 9.6.1 lentelėje.

### 9.6.1 lentelė. Palūkanų mokėjimo ir paskolos grąžinimo planas

Rodikliai	Metai					
	0	I	II	III	IV	V
1. Kredito (paskolos) suma, €	3115521					
- ilgalaikė	2115521	1915521	1715521	1215521	715521	0
- trumpalaikė	1000000	500000	0			
2. Metinė palūkanų norma, %:						
-ilgalaikės	4	4	4	4	4	
- trumpalaikės	6	6	-	-	-	-
3. Palūkanos, € :						
- ilgalaikės	84620,84	76620,84	68620,84	48620,84	28620,84	0
- trumpalaikės	60000	30000	-	-	-	-
Viso:	144620,84	106620,84	68620,84	48620,84	28620,84	0

## 9.7 Gaminių kainos skaičiavimas

Apskaičiavus visas sąnaudas apskaičiuojama gaminio kaina.

Gaminio kainą sudaro jo pilnoji savikaina ir pelnas, kurį apskaičiuosime, įvertinę gaminio rentabilumą . Gaminio pilnąją savikainą sudaro jo gamybinė savikaina ir veiklos sąnaudos, ir finansinės veiklos sąnaudos (palūkanos). Gaminio kainos skaičiavimų rezultatai pateikiami 9.7.1 lentelėje.

### 9.7.1 lentelė. Gaminio kainos apskaičiavimas

Gaminiai	Gamybos savikaina, €	Veiklos sąnaudos, €	Investicinės veiklos sąnaudos, €	Pilnoji savikaina, €	Pelnas		Viso, €/vnt
					Rentabilumo procentas	€/vnt	
G <sub>1</sub>	1929	386	145	2459	0,30	738	3197

### 9.8 Projekto pelnas ir grynieji pinigų srautai

Šioje dalyje pateikiama pelno (nuostolio) ataskaita ir grynieji pinigų srautai. Įmonės pajamų ir pelno, gauto projekto gyvavimo laikotarpiu, duomenys pateikti 9.8.1 lentelėje.

#### 9.8.1 lentelė. Įmonės pelno (nuostolio) ataskaita, €

Rodiklis	Projekto gyvavimo metai				
	I	II	III	IV	V
1. Pardavimo apimtis	3197259	3197259	3197259	3197259	3197259
2. Parduodamos produkcijos gamybos kaštai	1929007	1929007	1929007	1929007	1929007
3. Bendras pelnas (nuostolis)	1268251	1268251	1268251	1268251	1268251
4. Veiklos sąnaudos	385801	385801	385801	385801	385801
5. Veiklos pelnas (nuostolis)	2811457	2811457	2811457	2811457	2811457
6. Finansinė ir investicinė veikla					
6.1. Pajamos					
6.2. Sąnaudos	144621	76621	68621	48621	28621
7. Pelnas (nuostolis) prieš apmokestinimą	2666836	2734836	2742836	2762836	2782836
8. Pelno mokestis	400025	410225	411425	414425	417425
9. Grynasis pelnas (nuostolis)	868226	858026	856826	853826	850826

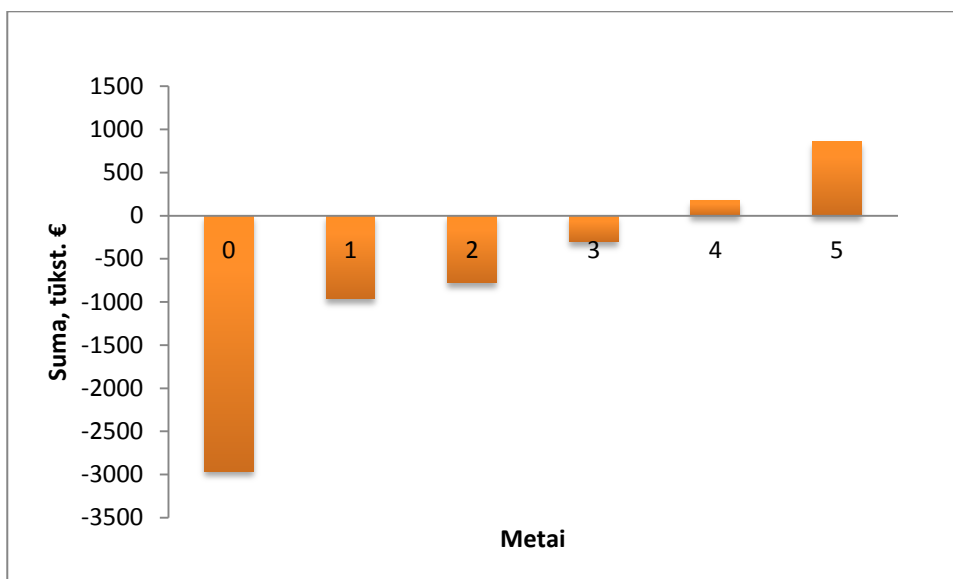
Apskaičiavus grynąjį pelną galima analizuoti įmonės finansinės būklės pakitimus artimiausiu 5 metų laikotarpyje. Pinigų srautų ataskaitoje (9.8.2 lentelė) parodomi per ataskaitinį laikotarpį gauti ir išleisti pinigai. Pinigų srautai iš įmonės veiklos apskaičiuojami prie grynojo pelno pridėdant nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudas; investicijas į apyvartinį kapitalą bei eliminavus finansinės ir investicinės veiklos sąnaudas (pridedamos palūkanos).

**9.8.2 lentelė. Finansinės būklės pakitimų (pinigų srautų) ataskaita, tūkst. €**

Eil. Nr.	Rodikliai	0 metais	1 metais	2 metais	3 metais	4 metais	5 metais
I.	Pinigų srautai iš įmonės veiklos						
1.1	Grynasis pelnas (nuostolis)	0	868	858	856	853	850
1.2	Nusidėvėjimo ir amortizacijos sąnaudos	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
1.3	Investicijos į apyvartinį kapitalą	-3115	-1915	-1715	-1215	-715	0
1.4	Finansinės ir investicinės veiklos sąnaudų eliminavimas	144	76	68	48	28	0
	Grynieji pinigų srautai iš įmonės veiklos (1.1 +1.2+1.3+1.4*)	-2959	-959	-777	-298	178	862

## 9.9 Investicijų efektyvumo įvertinimas

Investavimo naudingumo vertinimas parodo projekto naudą, siedamas ją su kapitalo sąnaudomis, nes dažnai yra sunku surasti vienintelį parametą, kuris tai įvertintų. Inžinerinio projekto ekonominio naudingumo vertinimo metu naudojama daugybė rodiklių, tačiau kiekvienas iš jų atspindi tik tam tikrą projekto aspektą. Pagal apskaičiuotus grynujų pinigų srautus galima įvertinti projekto atsipirkimo laiką. Literatūroje teigiama, kad projektas efektyvus, jei jis atsiperka per mažiau nei 5 metus.



### 9.9.1 pav. Atsipirkimo laikotarpis

Iš pateikto grafiko matyti, kad projektas atsiperka jau 4 metais. Galima teigti, kad projektas efektyvus.

### 9.10 Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštų skaičiavimas

Vidutiniai svertiniai kapitalo kaštai apskaičiuojami taip:

$$KK = W_{is} \cdot k_{is} = 1 \cdot 5,1 = 5,1 \quad (9.10.1)$$

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

Kapitalo kaštai parodo kokią kapitalo dalį, procentais, įmonė turi sumokėti viena ar kita forma už galimybę juo naudotis.

Įsiskolinimų (paskolos) kaštai  $k_{is}$  paskaičiuojama pagal lygtį:

$$k_{is} = i \cdot (1 - M) = 6 \cdot (1 - 0,15) = 5,1\% \quad (9.10.2)$$

čia:  $i$  – palūkanų norma paskolai, %;  $M$  – vidutinė mokesčių norma (vidutiniškai 15%).

Kadangi įmonė nauja, tai akcijomis neprekiuojama ir net nežinoma jų kaina, todėl privilegijuotųjų ir paprastųjų akcijų lyginamieji svoriai kapitalo struktūroje nevertinami.

### 9.11 Grynosios esamosios vertės (GEV) skaičiavimas

Sumuojant grynuosius GPS, diskontuotus pagal kapitalo kainą, gauname grynąją esamąją vertę (*GEV*). *GEV* – tai visų projekto diskontuotų GPS suma, pradedant nuliniiais metais. Ji apskaičiuojama:

$$GEV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = \frac{(-2959000)}{(1+0,051)^0} + \frac{868226}{(1+0,051)^1} + \frac{858026}{(1+0,051)^2} + \frac{856826}{(1+0,051)^3} + \frac{853826}{(1+0,051)^4} + \frac{850826}{(1+0,051)^5} = 750327,08 \quad (9.11.1)$$

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

Apskaičiavus *GEV* matome, kad rezultatas teigiamas, todėl galime teigti, kad projektas priimtinas.

### 9.12 Vidinės pelno normos skaičiavimas

Vidinė pelno norma – tai diskonto norma *r*, kuri projekto būsimųjų grynųjų pinigų įplaukų dabartinę vertę prilygina projekto būsimų išlaidų dabartinei vertei. Vidinė pelno norma apskaičiuojama:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+KK)^t} = 12\% \quad (9.12.1)$$

Skaičiavimai atlikti naudojant Excel programą. Vidinė pelno norma lygi 12%, tai daugiau už *KK*, kuris siekė 5,1 %. Galima teigti, kad finansinė rizika neturės įtakos investiciniam projektui.

### 9.13 Pelningumo arba rentabilumo indekso skaičiavimas

Pelningumo arba rentabilumo indeksas – tai pelno ir išlaidų santykis:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{\left( \frac{GPS_i}{(1+KK)^n} \right)}{GPS_0} = 1,39; \quad (9.13.1)$$

čia:  $\frac{GPS_i}{(1+KK)^n}$  – diskontuotų GPS suma, pradedant pirmaisiais metais; *GPS*<sub>0</sub> – nulinių metų GPS.

Pelningumo indeksas parodo projekto pelningumą. Literatūros duomenimis teigiama, kad jei PI yra didesnis už vienetą, tai projektas yra priimtinas. Didėjant šiai reikšmei projektas labiau priimtinas. Kadangi šiam projektui PI yra 1,39, tai priimam, kad projektas priimtinas ir patikimas.

#### 9.14 Lūžio taško skaičiavimas

Pardavimų apimtis, kuriai esant bendrosios pajamos lygios visiems gamybos kaštams ir įmonės pelnas lygus nuliui vadinama lūžio tašku. Pagal lūžio tašką galima nustatyti, kokį kiekį produkcijos reikia pagaminti ir parduoti, kad įmonės veikla būtų pelninga.

Lūžio taško arba kritinę gamybinę apimtį dar galima rasti ir pagal lygtį:

$$B_{Lj} = \frac{PK_j}{c_j - kk_j}; \quad (9.14.1)$$

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

Apskaičiuotas lūžio taškas pateikiamas 9.14.1 lentelėje.

##### 9.14.1 lentelė. Lūžio taško apskaičiavimas

Rodikliai	Gaminio pavadinimas
Pastoviųjų kaštų suma, €	385801
Gaminio kaina, €	3197
Gaminio kintamieji kaštai, €	1912691
Lūžio taškas, vnt.	301
Pardavimų planas, vnt.	1000

## 10 APLINKOSAUGINIS VERTINIMAS

Aplinkosauginis vertinimas vykdomas visam gamybiniam ciklui, visam gaminio būvio ciklui (nuo žaliavų išgavimo iki atliekų šalinimo). Kadangi darbe analizuojamas kokybinis kanabidiolio perskyrimas, o naudojama žaliava (kanapių CO<sub>2</sub> ekstraktas) nėra sintetinama ar išgaunama, todėl bus vertinamas tik gamybos poveikis aplinkai. Šiame skyriuje pateikiamas naudojamų žaliavų pavojingumo aplinkai įvertinimas, informacija apie energetinėms reikmėms naudojamus išteklius gamybos proceso metu, panaudojamus gamtinius išteklius bei gamybos proceso metu susidariusių atliekų ir nuotekų balansai.

**10.1 lentelė. Duomenys apie naudojamas žaliavas [43]**

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
Kanapių ekstraktas	16,256	-	-	-
Etilacetatas	0,183	141-78-6	Xi; F	R36, R11, R66-67 S16,S26, S33
Dichlormetanas	31,117	75-09-2	Xn	R40 S: 2-23-24/25-36/37
Metanolis	2,787	67-56-1	T, F	R23/24/25-39/23/24/25, R11 S(1/2)-7-16-36/37-45
Acetonitrilas	1,442	75-05-8	Xn, Xi, F	R20/21/22, R36, R11 S16, S1/2,S36/37

Technologijoje naudojamų žaliavų kiekiai bus pastovūs, nes bus vykdoma eliuentų regeneracija, todėl žaliavų sandėliuose bus laikomas minimalus naudojamų žaliavų kiekis. Trūkstamos žaliavos bus papildomas atitinkamu laikotarpiu.

Technologiniame CBD perskyrimo gamybos procese energijos poreikiai nėra dideli, dėl paprastos gamybos technologijos ir mažų gamybos kiekių. Naudojama viena energijos rūšis – elektros energija, kuri reikalinga išcentrinių siurblių, maišyklių bei distiliatoriaus įrenginių veikimui. Duomenys pateikiami 10.2 lentelėje.

## 10.2 lentelė. Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai

Energetinėms reikmėms naudojami ištekliai		
pavadinimas	kiekis per metus	šaltiniai
Elektros energija	1950872 kW	Vietiniai elektros tinklai

Numatomoje gamybos technologijoje biologinės taršos normaliomis darbo sąlygomis nenumatoma. Galimas fizinės taršos šaltinis – triukšmas. Duomenys pateikiami 10.3 lentelėje.

## 10.3 lentelė. Konkrečiai veiklos sąlygojama fizikinė tarša

Taršos rūšis	Taršos šaltinio pavadinimas	Taršos šaltinių skaičius	Taršos šaltinio skleidžiamas taršos lygis	Priemonės taršai mažinti
Triukšmas	Išc. siurblys	18	80 dBA	Nėra

Remiantis Lietuvos Respublikos įstatymais leistinas triukšmo lygis gamybinės paskirties įrenginiams 87 dBA. Kadangi įranga neviršija leistinos ribos darbuotojams neprivalomos darbo apsaugos nuo triukšmo priemonės.

Gamybos proceso metu susidariusios atliekos bei metiniai jų kiekiai pateikiami 10.4 lentelėje.

## 10.4 lentelė. Gamybinės atliekos ir jų kiekiai

Technologinis procesas	Atliekos pavadinimas	Atliekų kiekis, t/metus	Atliekų agregatinė būseną	Atliekų kodas pagal atliekų sąrašą
1	2	3	4	5
Chromatografija	Silikagelis (adsorbentas)	3,445	Kieta	15 02 01
Chromatografija	Biomasė	15,240	Kieta	-
Regeneracija	Metanolis	2,787	Skysta	07 07 04
Regeneracija	Dichlormetanas	26,449	Skysta	07 07 04
Regeneracija	Etilacetatas	0,183	Skysta	07 07 04
Regeneracija	Acetonitrilas	1,442	Skysta	07 07 04



Gamybos metu susidariusių neorganinės kilmės atliekos tvarkomos pagal Atliekų tvarkymo įstatymą [44]. Silikagelio atliekos iki tam tikros masės kaupiamos uždaruose konteineriuose gamykloje, o po to utilizuojamos jas atiduodant tokias paslaugas vykdančioms įmonėms. Skystosios atliekos, kaip metanolis, dichlormetanas, etilacetatas ir acetonitrilas utilizuojamos vieną kart metuose, todėl jos gamybinėse patalpose nelaikomos, o tiesiai pertransportuojamos išvežimui į utilizaciją. Duomenys apie atliekų laikymą objekte pateikti 10.5 lentelėje.

**10.5 lentelė. Atliekų tvarkymo duomenys**

Atliekų pavojingumas	Atliekų saugojimo objekte laikymo sąlygos	Atliekų saugojimo objekte didžiausias kiekis	Numatomi atliekų tvarkymo būdai
1	2	3	4
Toksiška	Nėra	2 t	Laikyti atliekas tam skirtose uždaruose konteineriuose. Negalima pašalinti kartu su buitinėms atliekomis ar į kanalizaciją. Atsikratymas pagal žinybinį reglamentą.

Vanduo gamybos procese neišleidžiamas į nuotekas, gamyboje vanduo recirkuliuoja ir yra daugkartinio naudojimo. Suvartojamo vandens kiekis pateikiamas tik reikalingo administracinėms ir buitinėms reikmėms. Gamyboje nuotekų nesusidaro, todėl nuotekos į miesto inžinerinius tinklus patenka tik iš administracinių patalpų. Duomenys apie vandens sąnaudas ir nuotekų kiekis pateikiami 10.6 ir 10.7 lentelėse.

**10.6 lentelė. Naudojamo vandens balansas**

Vandens tiekimo (išgavimo) šaltinis	Vandens naudojimo sritys (tikslai)	Didžiausias paros debitas m <sup>3</sup> /d	Vidutinis metinis kiekis, m <sup>3</sup>	Taupymo ir apsaugos priemonės
1	2	3	4	5
Miesto inžineriniai tinklai	Buitinis	0,1	25,5	-
Miesto inžineriniai tinklai	Gamybai	-	15	Recirkuliacija, daugkartinis panaudojimas

### 10.7 lentelė. Susidariusių nuotekų balansas

Nuotekų susidarymo šaltiniai	Didžiausias paros nuotekų kiekis, m <sup>3</sup> /d	Vidutinis metinis nuotekų kiekis, m <sup>3</sup> /m	Teršalo pavadinimas
1	2	3	4
Administracinės patalpos	0,1	25,5	Buitinės nuotekos

Normaliomis darbo sąlygomis išmetimų į orą nenumatoma, todėl šios gamybos procesui tarša į aplinką nevertinama.

Kadangi žaliavos laikomos sandariai, o gamybos procesas uždara sistema, naudojamų žaliavų poveikis aplinkai minimalus. Fizinė tarša neviršija leistinos ribos ir kenksmingos žaliavos laikomos pagal reikalavimus. Į nuotekas neišmetama kenksmingų teršalų. Avarijos atveju pavojus aplinkai išskyla, tačiau gamybinis procesas vertinamas esant normaliomis darbo sąlygomis. Remiantis šiais duomenimis galima teigti, kad gamybos procesas potencialiai nekenksmingas aplinkai.

## IŠVADOS

1. Efektyvios skysčių chromatografijos metodu nustatytas pradinėje žaliavoje esantis pagrindinio komponento kiekis, kuris siekia 9,29% žaliavos masės.
2. Atlikus preparatyvinės skysčių chromatografijos tyrimus su skirtingais eliuentų mišiniais buvo nustatyta, kad tinkamiausi eliuantai pagal eliuacinę gebą yra metanolis, etilacetatas, acetonitrilas ir dichlormetanas.
3. Optimalūs skysčių chromatografinio gryninimo rezultatai buvo pasiekti valant žaliavą per dvi kolonėles: pirmąją su metanolio ir dichlormetano mišiniu (santykis 15:85), antrąją su etilacetato ir acetonitrilo mišiniu (santykis 1:9). Pasiektas 98,4% kanabidiolio grynumas.
4. Nustatytas didžiausias perdirbamos žaliavos kiekis adsorbinėje kolonėlėje. Nustatyta, kad optimalus adsorbento ir žaliavos santykis pirminio valymo stadijoje – 24:1, antrinio valymo metu – 18:1.
5. Remiantis tyrimų duomenimis suprojektuota kanabidiolio gryninimo, iš pluoštinių kanapių CO<sub>2</sub> ekstrakto, technologinė schema.
6. Atlikti skaičiavimai ir nubraižyta tirpiklio regeneracijos rektifikacijos kolona.
7. Atlikus ekonominius skaičiavimus nustatyta, kad 1 t per metus produkto gamybos technologija, kai projekto finansavimo šaltinis yra paskolos, atsiperka per 4 metus. Nustatyta, kad projektas yra sėkmingas ir tenkina visus kriterijus.
8. Suprojektuotas gamybinės veiklos 313 m<sup>2</sup> ploto statinys, kurį numatoma statyti Kauno rajone, Neveronių kaime. Statybai reikalingas 25 a žemės sklypas.
9. Įvertinti darbo saugos reikalavimai pagal gamybos technologiją bei naudojamas žaliavas.
10. Įvertinti aplinkosauginiai aspektai atsižvelgiant į naudojamus energetinius šaltinius, naudojamas žaliavas ir susidariusias atliekas.

## LITERATŪRA

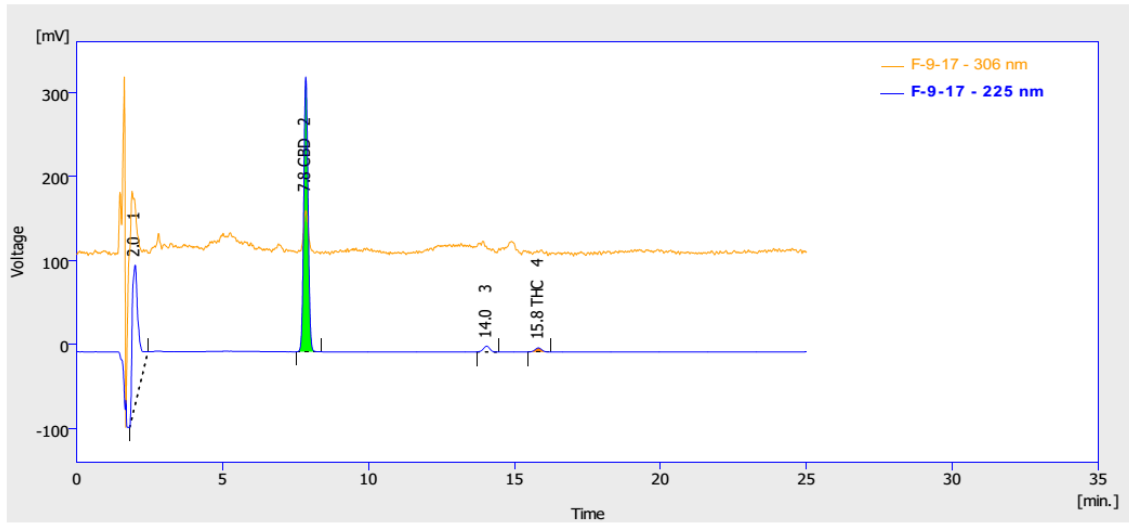
1. Informacinis tinklapis apie pluoštines kanapes: <http://www.mmj-guide.com/Cannabis-Varieties.html> (Žiūrėta 2015-04-15)
2. E. Gruzdevienė. Tetrahidrokanabinolio dinamikos tyrimai sėjamosios kanapės pluoštinių veislių augaluose ontogenezės eigoje Lietuvos sąlygomis (Galutinė ataskaita). Upytė, 2011.
3. Informacinis tinklapis: <http://www.madehow.com/Volume-6/Industrial-Hemp.html>. (Žiūrėta 2015-04-15)
4. Zuardi A. W., Crippa J. A. S. // Braz J Med Biol Res. 2006. Vol. 39, no. 4. P. 421-429.
5. ElSohly M. A. Marijuana and the Cannabinoids (Daktaro disertacija). Oksfordas, 2007.
6. Internetinis straipsnis: [http://www.ch.ic.ac.uk/vchemlib/mim/bristol/thc/thc\\_text.htm](http://www.ch.ic.ac.uk/vchemlib/mim/bristol/thc/thc_text.htm) (Žiūrėta 2015-04-15)
7. National Institute of Health puslapis: <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cannabidiol#section=Substance-Categorization-Classification> (Žiūrėta 2015-04-16)
8. Healthy hemp oil kompanijos internetinis puslapis: <https://healthyhempoil.com/cannabidiol> (Žiūrėta 2015-04-16)
9. California Pacific Medical Center Research Institute internetinis puslapis: <http://www.cpmc.org/professionals/research/programs/science/sean.html#> (Žiūrėta 2015-04-19)
10. National Cancer Institute. PDQ Cancer Information Summaries. JAV, 2002.
11. Project CBD organizacijos internetinis puslapis: <http://www.projectcbd.org/products/concentrates> (Žiūrėta 2015-04-20)
12. Internetinis google sistemos patentas: <http://www.google.com/patents/EP1542952A1?cl=en> (Žiūrėta 2015-04-21)
13. Internetinis google sistemos patentas: <http://www.google.com/patents/US20040049059> (Žiūrėta 2015-04-21)
14. Szabady B. // Chromatographia. 2002. Vol. 56, no. 1. P. 165-168.
15. Liesienė J., Buika G. Skysčių ir dujų chromatografijos pagrindai. Kaunas, 2007.

16. Aleksandro Stulginskio universiteto internetinis puslapis: <http://www.asu.lt/nm/l-projektas/ada/9.htm> (Žiūrėta 2015-04-22)
17. Sasnauskienė S., Firantienė R., ir kt. // Laboratorinė medicina. Vilnius, 2012. Vol. 53, no. 1. P-33-39.
18. Bagdonienė L., Bendikienė V. ir kt. Biochemijos laboratoriniai darbai. Vilnius, 2006.
19. Watson DG. Pharmaceutical analysis. A Textbook for Pharmacy students and Pharmaceutical Chemists. Elsevier Churchill Livingstone; 2005. Second ed. p. 318-32.
20. Touchstone JC, Dobbins MF. Practice of Thin Layer Chromatography. Second edition. New York, University of Pennsylvania School of Medicine; 1982.
21. Sherma J., Fried B. Handbook of Thin-Layer Chromatography. Third Edition, Revised and Expanded. Pennsylvania, 2003.
22. Galand N., Ernouf D. ir kt. // Journal of Chromatographic Science. Separation and Identification of Cannabis Components by Different Planar Chromatography Techniques (TLC, AMD, OPLC). 2004. Vol. 42. P. 130-134.
23. Schwoppe D. M. ir kt. // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2011. Vol. 401, no. 4. P. 1273-1283.
24. Balandis A., Valančius Z. ir kt. Chemijos inžinerija. I knyga. Kaunas, 2006.
25. Valančius Z., Vaickelionis G. ir kt. Chemijos inžinerija. III knyga. Kaunas, 2010.
26. И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С.А. Городинская, Р.Я. Ладиев, Ю.М. Тананайко, В.Т. Миргородский. Машины и аппараты химических производств. Москва, 1961, p.108–110.
27. Balandis A., Valančius Z. ir kt. Chemijos inžinerija. II knyga. Kaunas, 2007.
28. Сарданашвили А. Г., Львова А. И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. Москва, 1980.
29. Эмирджанов Р.Т., Лемьеранский Р. А. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии. Москва, 1989.
30. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щулкунов В.А. Процессы и аппараты нефте-газо-переработки и нефтехимии. Москва, 2000.

31. Balandis A. Chemijos inžinerijos laboratoriniai darbai: mokomoji knyga. Kaunas, 2005.
32. Sanitarinių apsaugos zonų ribų nustatymo ir režimo taisyklės. Valstybės žinios, 2004, Nr.134-4878. (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2011, Nr. 46 -2201).
33. Profesinės rizikos bendrieji vertinimo nuostatai. Valstybės žinios, 2012, Nr. 126-6350.
34. Slėginių indų naudojimo taisyklės DT 12-02. Valstybės žinios, 2002, Nr. 115-5165.
35. LST EN 62305-3:2011 Apsauga nuo žaibo. 3 dalis. Fizinė žala statiniams ir pavojus gyvybei. 157 p.
36. STR 2.01.06:2009 Statinių apsauga nuo žaibo. Išorinė statinių apsauga nuo žaibo. Valstybės žinios, 2009, Nr. 138-6095.
37. HN 23:2011. Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai. Valstybės žinios, 2011, Nr. 112-5274.
38. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
39. HN 98:2014. Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai. TAR, 2014. Nr. 5119.
40. HN 69:2003. Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 45-1485.
41. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios, 2012, Nr. 118-5970, Nr. 124).
42. CBD PUR kompanijos tinklapis: <http://cbdpureus.com/> (Žiūrėta 2015-05-16)
43. Aplinkos apsaugos agentūros tinklapis: <http://aplinka.lt/informacija-apie-chemines-medziagas> (Žiūrėta 2015-04-18)
44. Dėl Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro 1999 m. liepos 14 d. Įsakymo nr. 217 „Dėl atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo, 2012, Nr. D1-85. Valstybės žinios. 2012. Nr. 16-697.

# PRIEDAI

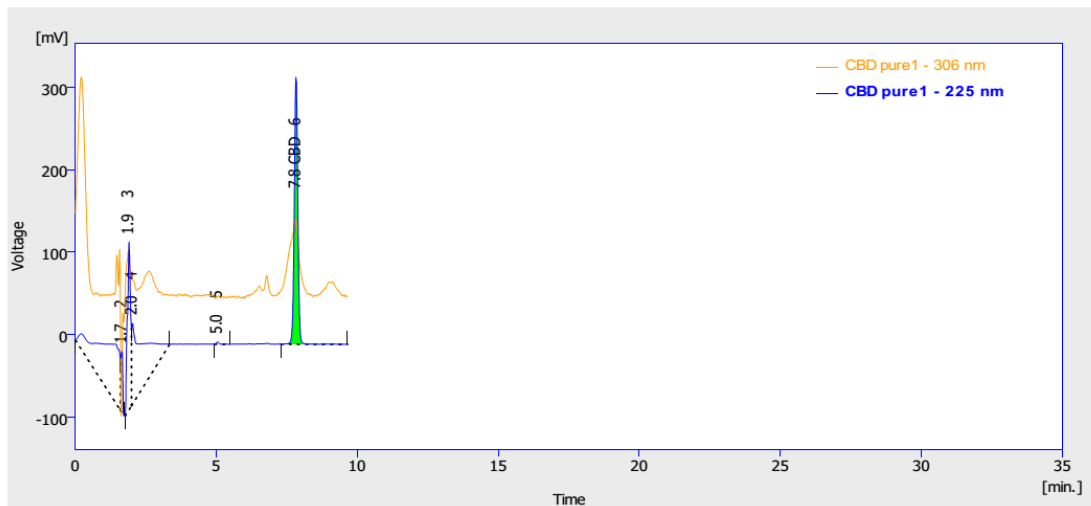
## Priedas A. Pirmuoju valymu gauto produkto HPLC rezultatai



Result Table (ESTD - F-9-17 - 225 nm)

	Reten. Time [min]	Response	Amount [mg/g]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
2	7.843	3390.616	0.567	56.7	Ordnr	CBD
4	15.823	79.652	0.012	1.2	Ordnr	THC
	Total		1.000	57.9		

## Priedas B. Antruoju valymu gauto produkto HPLC rezultatai



Result Table (ESTD - CBD pure1 - 225 nm)

	Reten. Time [min]	Response	Amount [mg/g]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
6	7.823	2846.978	0.984	98.40	Ordnr	CBD
	Total		1.000	98.40		

**Priedas C. Metanolio ir dichlormetano garų - skysčio pusiausvyros duomenys**

<b>Temperatūra</b>	<b>Dichlormetano koncentracija skystyje <math>x_1</math></b>	<b>Dichlormetano koncentracija garuose <math>y_1^*</math></b>
°C	mol/mol	mol/mol
64,205	0	0
53,7813	0,1	0,410
50,3161	0,15	0,516
47,5963	0,2	0,590
45,4294	0,25	0,644
43,6864	0,3	0,686
42,2763	0,35	0,719
41,1334	0,4	0,745
40,208	0,45	0,766
39,462	0,5	0,783
38,8652	0,55	0,798
38,3935	0,6	0,811
38,0271	0,65	0,822
37,7503	0,7	0,832
37,5505	0,75	0,842
37,4203	0,8	0,851
37,3621	0,85	0,872
37,4086	0,9	0,904
37,4825	0,92	0,915
37,6205	0,94	0,923
37,8804	0,96	0,936
38,0942	0,97	0,947
38,4053	0,98	0,962
38,8755	0,99	0,978
39,3921	1	1