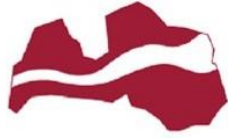


NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS  
Eiropas Lauksaimniecības fonds  
lauku attīstībai

**Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests**

Projekts Nr. 18-00-A01612-000026 Eiropas Lauksaimniecības fonda lauku attīstībai Latvijas Lauku attīstības programmas 2014.-2020.gadam pasākuma „Sadarbība” 16.1.apakšpasākuma “Atbalsts Eiropas Inovāciju partnerības lauksaimniecības ražīgumam un ilgtspējai lauksaimniecības ražīguma un ilgtspējas darba grupu projekta īstenošanai”



# **Inovatīvi risinājumi industriālo kaņepju apstrādē un pārstrādē**

**Projekta atskaite**

## SATURS

<b>KOPSAVILKUMS .....</b>	<b>4</b>
<b>INFORMĀCIJA PAR PROJEKTU .....</b>	<b>5</b>
<b>IEVADS .....</b>	<b>8</b>
<b>PROJEKTA PRAKTISKI-ZINĀTNISKAIS PĒTĪJUMS .....</b>	<b>10</b>
1. Kaņepju audzēšanas līdzšinējās situācijas analīze .....	10
1.1 Līdzšinējo veikto pētījumu analīze .....	10
1.2 Kaņepju līdzšinējās audzēšanas analīze .....	13
1.3 Situācijas analīze Lietuvā, Igaunijā un Latvijā.....	16
1.4 Industriālo kaņepju nozare Latvijā .....	17
1.5 KLP ietvaros pieejamais atbalsts .....	20
1.6 Kaņepju pielietojuma iespēju rūpniecības nozarēs analīze .....	20
1.7 Industriālo kaņepju iespējamie pielietojumi.....	21
1.8 Bioenerģija no industriālajām kaņepēm .....	23
1.9 Šķidrās biokurināmais .....	24
1.10 Gāzveida kurināmais .....	25
1.11 Cietais kurināmais .....	25
1.12 Ekonomiskie ieguvumi .....	26
1.13 Ieguvumi videi .....	27
1.14 Perspektīvie pētījumi .....	27
2. Kaņepju novākšanas tehnika.....	29
3. Kaņepju pārstrādes tehnika .....	34
3.1 Kaņepju sēklu lobīšanas un atdalīšanas iekārtas .....	34
3.2 Kaņepju eļļas ražošanas iekārta .....	34
3.3 Kaņepju dekortikators.....	35
3.4 Kulstīšana iekārta .....	36
3.5 Kaņepju šķiedras vēršanas mašīna .....	37
4 Ekstrakcijas iekārtas .....	39
4.1 CO <sub>2</sub> ekstrakcijas iekārtas .....	39
4.2 Kaņepju koncentrāta ekstraktors .....	39
5. Kaņepju izcelsmes produkti .....	40
5.1. Kaņepju eļļa .....	40
5.2. Kaņepju sula.....	40
5.3. Kaņepju piens.....	40
5.4. Kaņepju papīrs .....	41
5.5. Pakaiši dzīvnieku novietnēs .....	41
5.6. Kaņepju biodeģviela.....	41
5.7. Kaņepju izcelsmes kurināmās granulas .....	42
5.8. Kaņepju spaļi tiek izmantoti kā izolācijas materiāls celtniecībā.....	43
5.9. Kaņepju spaļu izmantošana kokskaidu plātnēs .....	43
5.10. Kaņepju atlikumvielas kā substrāts sēņu audzēšanai .....	43
5.11. Kaņepju izmantošana litija-sēra akumulatoros .....	43
6. Lauka eksperimentālie pētījumi.....	45
6.1. Dažādu kaņepju šķirņu audzēšana parauglaukos .....	45
6.2. Kaņepju audzēšana saimniecībās lauku apstākļos .....	58
6.3. Padziļināta industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas paņēmieni faktiskā rezultāta izpēte .....	67
7. Rekomendācijas optimālai kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiju izvēlei Latvijas agroklimatiskajos apstākļos .....	85
7.1. Kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģijas variantu iespējamie risinājumi.....	85
7.2. Kaņepju pārstrāde.....	87

8. Kaņepju audzēšanas ekonomisko rādītāju, enerģijas patēriņa un siltumnīcefekta gāzu emisiju novērtējums.....	89
8.1. Industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins rezultāti .....	94
9. Mākslīgā tilināšana.....	102
9.1. Kopsavilkums.....	106
9.2. Tilināšanas tehnoloģiju izvēle aprobācijas procesam laboratorijas mērogā .....	106
9.3. Eksperimentālā daļa – laboratorijas mērogs .....	106
9.4. Rezultāti un to izvērtējums – laboratorijas mērogs.....	111
9.5. Izvēle pilotmēroga tehnoloģiju aprobācijai.....	116
9.6. Eksperimentālā daļa – pilotiekārtas mērogs.....	116
9.7. Rezultāti un to izvērtējums – pilotiekārtas mērogs.....	119
9.8. Secinājumi un rekomendācijas.....	121
10. Kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģija .....	122
10.1. Aktuālās (ligno)celulozes šķiedru balināšanas tehnoloģijas .....	122
10.2. Balināšanas tehnoloģiju izvēle aprobācijas procesam .....	123
10.2. Eksperimentālā daļa .....	123
10.3. Rezultāti .....	125
10.4. Balināšanas tehnoloģiju aprobācijas izvērtējums un secinājumi .....	126
10.5. Eksperimentālā daļa – pilotiekārtas mērogs.....	127
10.6. Secinājumi un rekomendācijas kaņepju balināšanai .....	130
11. Kaņepju stiebru (šķiedru) sausināšanas tehnoloģija.....	131
11.1. Kaņepju un ūdens mijiedarbība - kaņepju stiebru aktuālās sausināšanas tehnoloģijas.....	131
11.2. Kaņepju novākšana un sausināšana lauka apstākļos.....	134
11.3. Metodika .....	137
11.3. Rezultāti .....	137
11.4. Secinājumi un rekomendācijas.....	138
12. Kaņepju biorafinēšanas “Food First Upscaling” (Vispirms pārtikai pieeja).....	139
12.1. Integrēta biorafinēšanas platforma lignocelulozes valorizācijai .....	139
12.2. Prebiotiku potenciāls lauksaimniecībā.....	140
12.3. Konkurētspējīgi prebiotiskie produkti izmantojot tvaika sprādziena metodi ..	141
12.4. Prebiotisku lopbarības piedevu ražošana no kaņepju čauliņām .....	142
12.5. Kaņepju ziedkopu prebiotiskais potenciāls.....	148
12.6. Secinājumi.....	151
13. Kaņepes saturošu produktu izstrāde .....	152
13.1. Kaņepju ilgtspējīga izmantošana enerģētikas jomā .....	154
13.2. Kaņepes saturošu granulu izstrādāšana un izpēte .....	156
13.3. Kaņepes saturoša kompozītmateriāla izstrādāšana un izpēte.....	162
14. Publicitāte .....	170
<b>SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS.....</b>	<b>174</b>
<b>IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....</b>	<b>176</b>

## KOPSAVILKUMS

Projekta ietvaros veikts apjomīgs komplekss praktiski-zinātnisks pētījums no kaņepes sēklas līdz gala pielietojumam, sevī ietverot kaņepju audzēšanas, novākšanas, pēcapstrādes tehnoloģiju izstrādi, izpēti (aprobāciju), pilnveidošanu, pielāgošanu Latvijas klimatiskajiem un agrārajiem apstākļiem, kā arī kaņepes potenciālo gala pielietojumu - kaņepju izejvielas saturošu produktu (kaņepju pārstrādes atliekas saturošu granulu, siltināšanas materiāla izgatavošana), materiālu (kaņepes saturošs kompozītmateriāls), prototipu izgatavošanu un testēšanu, kaņepju produktu iegūšanu biorafinēšanas procesā. Izvērtētas dažādas kaņepju novākšanas metodes, projekta laikā saskaroties ar būtiskiem izaicinājumiem, lai piemeklētu piemērotu novākšanas veidu. Īstenošanas laikā pierādījās, ka duāla industriālo kaņepju novākšana Latvijas apstākļos vienas sezonas ietvaros ir ļoti apgrūtinātā laikapstākļu dēļ – laikā, kad sēklas ir beidzot sasniegušas briedumu, kaņepju stiebru novākšanas ir apgrūtināta lielā mitruma dēļ, kā arī iegūtas sēklas kvalitāte ir zema un īpašības nav atbilstošas izmantošanai pārtikā. Izvērtējot kaņepju pēcapstrādes metodes (pēc kaņepju novākšanas) tika analizēta dabiskā tilināšana un sausināšana, kā arī mākslīgā tilināšana, balināšana un sausināšana. Labvēlīgu laika apstākļu gadījumā iespējams īstenot dabīgo tilināšanu un iegūt labas kvalitātes šķiedru, tomēr jāņem vērā, ka Latvijas klimatiskie apstākļi ir mainīgi un vienlīdzīgu kvalitāti nav iespējams garantēt. Tika izstrādāta mākslīgās tilināšanas tehnoloģija, kas dod iespēju kaņepes novākt no lauka arī pilnībā neizsausinātas (neizžuvušas). Mākslīgā tilināšana dod iespēju kaņepes tilināt ruļļos un pēc tam sausināt, lai novērst materiāla pelēšanu. Attiecīgi projekta ietvaros tika izstrādāta sausināšanas metode, kas nodrošina ātru kaņepju izžāvēšanu ruļļos, izmantojot industriālo gaisa sausinātāju. Izpētīta kaņepju novākšana un sausināšana uz lauka pirms ruļļošanas, kas īpaši veiksmīgi īstenojama kaņepes sagraujot pirms vālošanas. Tā pat kā dabīgā tilināšana, arī sausināšanai uz lauka nepieciešami atbilstoši laikapstākļi, tāpēc liela apjoma augstas kvalitātes industriālās kaņepes audzēšanas un šķiedru ieguves gadījumā nepieciešams attīstīt rūpnieciski mākslīgās tilināšanas un sausināšanas tehnoloģijas. Mākslīgi tilinātas šķiedras ir jau sākotnēji baltākas, kā dabīgi tilinātas, tāpēc nepieciešams mazāk balinošo vielu pie balināšana. Projekta ietvaros tika izstrādāta un aprobēta kaņepju šķiedru balināšanas metode ar nātrija perhlorātu, kas ir tehnoloģiski vienkārša, ar mazu enerģijas patēriņu un nodrošina izteikti baltas, augstas kvalitātes šķiedras. Industriālās kaņepes pielietojums ir ļoti plašs, zināms un daudz pētīts, tomēr šī projekta ietvaros tika izpētīti jauni inovatīvi industriālās kaņepes pielietojanas virzieni. Kaņepju sēklu čauliņu un ziedkopu izmantošana prebiotiku jeb balastvielu ražošanā kā viena no biorafinēšanas procesa daļām atbilstoši biorafinēšanas “*Foof first upscaling*” principiem. Tika iegūti vērtīgi un turpmākus pētījumus veicinoši rezultāti. Tā pat tika izstrādātas cietā kurināmā granulas no kaņepju spaļiem, kas uzrādīja koksnes granulām līdzvērtīgus rezultātus, kā arī noteiktas minerālpiedevas kaņepju spaļu saturošā kurināmā pelnu kušanas temperatūras paaugstināšanai. Balstoties uz iegūtajiem empīriskajiem datiem ir izveidots Excel formāta tabula (rīks), kas ļauj iegūt biomasas granulas recepti. Iegūtās kaņepju šķiedras tika izmantotas biokompozītu izveidē, kas izmantots dronu prototipu izstrādei. Projekta rezultāti apkopoti 6 zinātniskās publikācijās (5 publicētas, 1 iesniegta), demonstrēti 7 zinātniskajās konferencēs. Projekts popularizēts Latgales Lauku dienās (2022., 2023., 2024. gadā), kā arī FB lapā (<https://www.facebook.com/MezviduLauksaimniecibasTehnologijuParks>), mājas lapā (<https://mezvidi.lv>), radio, TV u.c. Balstoties projekta gaitā iegūtajos pētījumu datos, izstrādāts un aizstāvēts viens promocijas darbs (Ērika Teirumnieka) un viens bakalaura darbs (Paula Ločmele).

## INFORMĀCIJA PAR PROJEKTU

### Sadarbības partneri

- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "JUMIS GEO"** (reģistrācijas numurs 42403026202, juridiskā adrese: "Cīrulīši", Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737 (Vadošais partneris));
- **Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija** (reģistrācijas numurs 90000011588, juridiskā adrese: Atbrīvošanas aleja 115, Rēzekne, LV-4601);
- **Agroresursu un ekonomikas institūts, Priekuļu pētniecības centrs** (reģistrācijas numurs 90002137506, juridiskā adrese: Zinātnes iela 2, Priekuļi, Priekuļu pag., Cēsu nov., LV-4126);
- **Biedrība "Latvijas Industriālo Kaņepju Asociācija"** (reģistrācijas numurs 40008164015, juridiskā adrese: Latgales iela 250, Rīga, LV-1063);
- **Biedrība "Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks"** (reģistrācijas numurs 40008238102, juridiskā adrese: Atbrīvošanas aleja 115 k-4, Rēzekne, LV-4601);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Reits"** (reģistrācijas numurs 42403031862, juridiskā adrese: Janīnas Tabūnes iela 4-1, Lucmuiža, Zvirgzdenes pagasts, Ludzas novads, LV-5752);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Biorefic"** (reģistrācijas numurs 40203291311, juridiskā adrese: "Ūgas", Oviši, Tārgales pagasts, Ventspils novads, LV-3601);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Agrozona"** (reģistrācijas numurs 40003963646, juridiskā adrese: "Mārupītes", Baldones pagasts, Ķekavas novads, LV-2125);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Zalers"** (reģistrācijas numurs 41503031319, juridiskā adrese: "Zariņi", Marki, Piedrujas pagasts, Krāslavas novads, LV-5662);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Atzola"** (reģistrācijas numurs 42403027246, juridiskā adrese: Varoņu iela 38A, Rēzekne, LV-4604);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Saimniecība Nākotne"** (reģistrācijas numurs 44103099046, juridiskā adrese: Bambāļi, Jaunlaicenes pagasts, Alūksnes novads, LV-4336);
- **Zemnieku saimniecība "Kotiņi"** (reģistrācijas numurs 43401001218, juridiskā adrese: "Kotiņi", Šķilbēnu pagasts, Balvu novads, LV-4587);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Mežacīruļi"** (reģistrācijas numurs 41701004446, juridiskā adrese: "Mežacīruļi", Zaļenieku pagasts, Jelgavas novads, LV-3011);
- **Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs"** (reģistrācijas numurs 42403012490, juridiskā adrese: Kultūras laukums 1A, Viļāni, Rēzeknes novads, LV-4650);
- **Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes, Tehniskās fakultātes, Lauksaimniecības tehnikas institūta, Ulbrokas zinātnes centrs**, (turpmāk – Ulbrokas zinātnes centrs/LBTU-UZC) (reģistrācijas numurs 90000041898, juridiskā adrese Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001).

### Projekta īstenošanas periods

No 2019. gada 19. jūnija līdz 2024. gada 18. jūnijam

### Kopējās projekta izmaksas

Kopējās projekta attiecināmās izmaksas ir **459 704,63 EUR**

### Projekta mērķis

Izpētīt un uzlabot industriālo kaņepju (tai skaitā Latvijā sertificēto šķirni Pūriņi) audzēšanas ķēdi, izpētīt audzēšanas tehnoloģiju ietekmi uz kaņepju produktivitāti, kvantitatīvajiem un kvalitatīvajiem parametriem, produkcijas iznākumu, to piemērotību

produktu ražošanai ar augstu pievienoto vērtību un izstrādāt rekomendācijas optimālai kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiju izvēlei Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

### **Projekta pētnieciskie uzdevumi**

1. Izpētīt dažādu industriālo kaņepju šķirņu piemērotību (tai skaitā Latvijā sertificēto šķirni Pūriņi) produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanai, kas audzētas Latvijas atšķirīgos augsnes un agroklimatiskajos apstākļos.

2. Noteikt kaņepju fizikālo un ķīmisko īpašību, kā arī ražības izmaiņas, atmosfēriskā oglekļa piesaistes un augsnes reģeneratīvo potenciālu, pielietojot dažādus audzēšanas (augšnes un šķirņu izvēle, izsējas normas, sējas laiki, mēslošana), paņēmienus un apstākļus.

3. Pilnveidot kaņepju novākšanas tehnoloģijas un ražas pēcnovākšanas apstrādes tehnoloģiskos paņēmienus saimniecībās ar dažādu kaņepju ražošanas mērķi, apjomu un tehnoloģijām.

4. Veikt pētījumus par kaņepju šķiedras izmantošanu:

4.1. No iegūtās kaņepju šķiedras iegūt biokompozīta paraugus, ar dažādām fizikālajām īpašībām. Pētīt to piemērotību tirgū esošā produkcijā, ar iespēju aizstāt sintētisko šķiedru ar dabisko kaņepes šķiedru.

5. Veikt pētījumus par kaņepju spaļu, stiebru un lapu izmantošanu:

5.1. No kaņepju stiebriem un lapām iegūt hemicelulozi un citas ekstraktvielas ar dažādām biorafinēšanas metodēm, pārstrādāt iegūtās vielas augstvērtīgu produktu ražošanai (t.sk. dzīvnieku pārtikas piedevas), analizēt iegūto vielu fizikāli-ķīmiskās īpašības un bioloģisko aktivitāti.

5.2. Iegūt dažādas koksnes un spaļu, kā arī biorafinēšanas atlikumvielu sajaukuma granulas formulas, kuras var izmantot biomasas koģenerācijas stacijās, noteikt šo granulu fizikāli-ķīmiskās īpašības. Izstrādāt matricu granulu receptu sagatavošanai.

6. Organizēt apmācības nozares pārstāvjiem par kaņepju audzēšanu, novākšanu un pirmapstrādi.

7. Veikt kaņepju nozares ekonomiskās un vides analīzes pētījumu un sniegt rekomendācijas nozares perspektīvai, izvērtējot dažādas kaņepju audzēšanas un pārstrādes tehnoloģijas, analizējot oglekļa pēdu un dzīves ciklu, riskus noteiktas produkcijas veida ieguvē, pētīt gala produktus, kuri ir visvairāk pieprasīti tirgū, kā arī produktus, kuri uzņēmējiem sniegtu vislielāko finanšu līdzekļu apriti.

8. Sagatavot ieteikumus un informēt nozares pārstāvjus.

9. Nodrošināt projekta publicitāti.

### **Rezultāti**

- Izvērtēta industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģiju efektīvitate, ekonomiskais izdevīgums un dzīvotspējīgums, ņemot vērā mainīgos laika apstākļus.. Izpētītas dažādu kaņepju šķirņu piemērotība Latvijas apstākļos (AREI).
- Veikta dažādu kaņepju šķirņu audzēšana 5 sezonas lauku apstākļos atšķirīgos agroklimatiskajos apstākļos (SIA "Jumis GEO"; SIA "Atzola"; SIA "Reits", ZS "Kotiņi"; ZS "Mežacīruļi", SIA "Nākotne").
- Aprobētas dažādas kaņepju novākšanas tehnoloģijas Latvijā lauku apstākļos (SIA "Jumis GEO"; SIA "Reits"; AREI).
- Veikts industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiju apkopojums un tehnoloģisko operāciju izmaksu aprēķini (LBTU).
- Izstrādātas un aprobētas dažādas kaņepju mākslīgās tilināšanas metodes, tehnoloģijas un izveidota mākslīgās tilināšanas eksperimentālā iekārta, kas projekta ietvaros izmantota izaudzēto kaņepju stiebru mākslīgai tilināšanai.(SIA "Agrozona").

- Izstrādātas un aprobētas dažādas kaņepju balināšanas tehnoloģijas un izveidota šķiedru balināšanas eksperimentālā iekārta, kas projekta ietvaros izmantota izaudzēto kaņepju šķiedru balināšanai (SIA "Zalers").
- Aprobēti un izpētīti kaņepju žāvēšanas/sausināšanas paņēmieni, tehnoloģijas lauka un laboratorijas apstākļos, kā arī dažādos apstākļos žāvēto/sausināto kaņepju kvalitātes ietekme uz tālāko tilināšanas procesu (SIA "Jumis GEO").
- Ar biorafinēšanas procesos integrējamu tvaika sprādziena metodi, izstrādāti prebiotiskie savienojumi no kaņepju sēklu čauliņām, kas paredzēti izmantošanai kā lopbarības piedeva (SIA "Biorefic").
- Izstrādāti un izpētīti kaņepes saturoši biokompozīta un granulu paraugi. Sadarbībā ar SIA "Jumis GEO" eksperimentāli izveidoti vairāki kaņepju riekstiņu-sēklu apstrādes atlikumvielu granulu paraugi (RTA, SIA "Jumis GEO").
- Izstrādāti dronu prototipi ar kaņepju šķiedru kompozītmateriālu korpusiem, kuros 60% no sintētiskajiem materiāliem (kas iegūti no fosilajiem resursiem) aizvietoti ar augu izcelsmes vietējām izejvielām, kas atbilst aprites ekonomikas pamatnostādņem (RTA).
- Organizēti apmācību semināri nozares pārstāvjiem ar praktiskajiem paraugdemonstrējumiem kaņepju audzēšanā, novākšanā un pirmapstrādē (SIA "Jumis GEO", biedrība "Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks"). Veicināta kaņepju nozares atpazīstamība (Latvijas Industriālo Kaņepju Asociācija, biedrība "Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks", SIA "Jumis GEO", RTA).
- Izstrādāts projekta noslēguma ziņojums (LLZC) un nodrošināta zinātniskā publicitāte (LLZC, RTA).

## IEVADS

Pasaulē pēdējos gados būtiski pieaug pieprasījums pēc ekoloģiskiem dabiskas izcelsmes šķiedrmateriāliem, jo arvien vairāk šie materiāli tiek izmantoti jaunu produktu ražošanai. Latvijas Bioekonomikas stratēģijā 2030. gadam nospraustie uzdevumi liek maksimāli palielināt Latvijas atjaunojamo dabisko izejvielu izmantošanu dažādu rūpniecības produktu, pārtikas un barības produktu izejvielu ražošanā.

Lūksnes šķiedras saturošās kaņepes cilvēce ir izmantojusi jau tūkstošiem gadu [1-4]. Pierādījumi par lūksnes šķiedru izmantošanu ir atrasti senajā sabiedrībā visā cilvēces vēsturē, tostarp linu audzēšana un izmantošana Senajā Ēģiptē [5] un Šveicē [6-7]. Nesenākā pagātnē vairākas Āzijas un Eiropas kopienas audzēja un apstrādāja kaņepes, lai iegūtu dažādus tekstilizstrādājumus [8], bet vēlāk dažādu iemeslu dēļ lūksnes šķiedru ražošana krasī samazinājās, jo lielāka uzmanība tika pievērsta citiem šķiedras avotiem. Nozīmīgs iemesls bija kokvilnas vēršanas mehanizācija un vēlāk kokvilnas apstrādes iekārtas izgudrošana 1793. gadā, kas padarīja kokvilnu par ekonomiski ļoti konkurētspējīgu šķiedru salīdzinājumā ar kaņepēm un linu. Tomēr daudz plašāka ietekme ir sintētisko, uz naftas bāzes ražotu šķiedru materiālu izstrādei un ieviešanai, sākot ar 20. gadsimta pirmajām desmitgadēm. Kaņepju, kas bija galvenā Eiropā un Amerikas Savienotajās Valstīs audzētā lūksnes šķiedru kultūra, sociālā izstumšana radīja lielu triecienu kaņepju un lūksnes šķiedru apstrādes tehnoloģijas attīstībai kopumā. Tā rezultātā kaņepju un citu lūksnes šķiedru apstrādes tehnoloģijas kopš tā laika ir mazāk strauji attīstījušās, līdz ar to tām ir augstākas ražošanas izmaksas. Piemēram, saskaņā ar literatūrā minēto faktu [9], kaņepju šķiedru ražošanas izmaksas Vācijā bija piecas līdz desmit reizes lielākas salīdzinājumā ar kokvilnas vai sintētisko šķiedru ražošanas izmaksām. Tomēr pēdējā laikā ir atkal parādījusies interese par videi draudzīgu alternatīvu kokvilnai un sintētiskajām šķiedrām gan apģērbam, gan tehniskam lietojumam. Kaņepju šķiedrām ir liels potenciāls nodrošināt šo alternatīvu, jo salīdzinājumā ar kokvilnu tām ir lielāks šķiedru iznākums uz laukuma vienību, augšanas laikā nav vajadzīgas ķīmiskas vielas un parasti nav nepieciešama apūdeņošana [10]. Tāpēc ir svarīgi izstrādāt efektīvu un komerciāli dzīvotspējīgu kaņepju šķiedru ieguves sistēmu, lai pilnībā izmantotu šo šķiedru sniegtās iespējas.

No kaņepēm iegūstamo produktu pielietojuma paplašināšana ir uzskatāms par perspektīvu attīstības virzienu pasaulē, tie var veidot pamatu ilgtspējīgai ekonomiskai izaugsmei uz dabiski atjaunojamo resursu bāzes. Lai iegūtu konkurētspējīgu produkcijas kvalitāti, liela nozīme ir gan apkārtējās vides apstākļiem un audzēšanas tehnoloģijai, gan arī – konkrētās šķirnes potenciālam.

Kaņepes (*Cannabis sativa L.*) ir ļoti neparastas produktu daudzveidības ziņā. Tās var izmantot, lai ražotu vairāk nekā tūkstošu produktu, piemēram, papīru, tekstilu, kompozītmateriālus, izolācijas materiālus un citus produktus ar augstu pievienotu vērtību. Eiropas Komisijas ziņojumā „COM/2008/03/07” vērsta uzmanība uz kaņepēm kā efektīvu atjaunojamo resursu un vērtīgu izejvielu avotu dažādām nozarēm. Pasaulē tiek veikti pētījumi, izstrādāti arvien jauni produkti, kā arī akcentēta kaņepju pieaugošā nozīme izsīkstošo dabas resursu aizstāšanā. Neskatoties uz veiktajiem pētījumiem, pasaulē joprojām ir problēmas, kurām jārod risinājumi gan izejvielas iegūstošajās, gan pārstrādājošās nozarēs. Pasaulē turpmākajos gados samazināsies gan fosilo izejvielu daudzums, gan arī sintētisko šķiedru ražošanas apjomi. Tomēr pieprasījums pēc šķiedrmateriāliem pieaug, jo arvien vairāk šos materiālus izmanto jaunu produktu ražošanai un tāpēc svarīgi ir maksimāli palielināt Latvijas atjaunojamo dabisko izejvielu – kaņepju šķiedru, eļļas un spaļu izmantošanu dažādu produktu (šķiedru, dzijas, auklu, virvju, filca, audumu, adījumu, siltuma izolācijas un kompozītmateriālu) ražošanā. ES un pasaulē pieaug pieprasījums pēc dabīgajām šķiedrām, ko izmanto kā kompozītmateriālus, papīrrūpniecībā, mašīnbūvē u.c.



Kaņepes tiek uzskatītas par vienu no daudzsološākajiem atjaunojamo resursu avotiem, lai aizstātu neatjaunojamās sastāvdaļas plašam rūpniecības produktu spektram. Pēc pasaules speciālistu aprēķiniem 1 hektārs kaņepju ir līdzvērtīgs 4 hektāriem meža biomasas ražas pieaugumam vienā veģetācijas periodā. Kaņepju stublājos ir augsts celulozes saturs, kas ir 5-7 reizes lielāks, nekā koksnei. Tas ir unikāls, ļoti rentabls celulozes avots.

Kaņepju šķiedru un tās produktu funkcionalizēšana ir jauns virziens pasaulē, kas veido pamatu ilgtspējīgai ekonomiskai izaugsmei uz dabiski atjaunojamo resursu bāzes, jo kaņepes ir ekokultūra. Lai iegūtu konkurētspējīgu produkcijas kvalitāti, liela nozīme ir gan apkārtējās vides apstākļiem un audzēšanas tehnoloģijai, gan arī - ģenētiskajam potenciālam.

No kaņepēm iegūstamo produktu pielietojuma paplašināšana ir uzskatāms par perspektīvu attīstības virzienu pasaulē, tie var veidot pamatu ilgtspējīgai ekonomiskai izaugsmei uz dabiski atjaunojamo resursu bāzes. Lai iegūtu konkurētspējīgu produkcijas kvalitāti, liela nozīme ir gan apkārtējās vides apstākļiem un audzēšanas tehnoloģijai, gan arī – konkrētās šķirnes potenciālam.

## PROJEKTA PRAKTISKI-ZINĀTNISKAIS PĒTĪJUMS

### 1. Kaņepju audzēšanas līdzšinējās situācijas analīze

Lai aktualizētu kaņepju audzēšanas iespējas Latvijā, tika veikta esošās situācijas analīze un raksturotas jaunākās tendences šajā jomā Eiropā un pasaulē.

#### 1.1 Līdzšinējo veikto pētījumu analīze

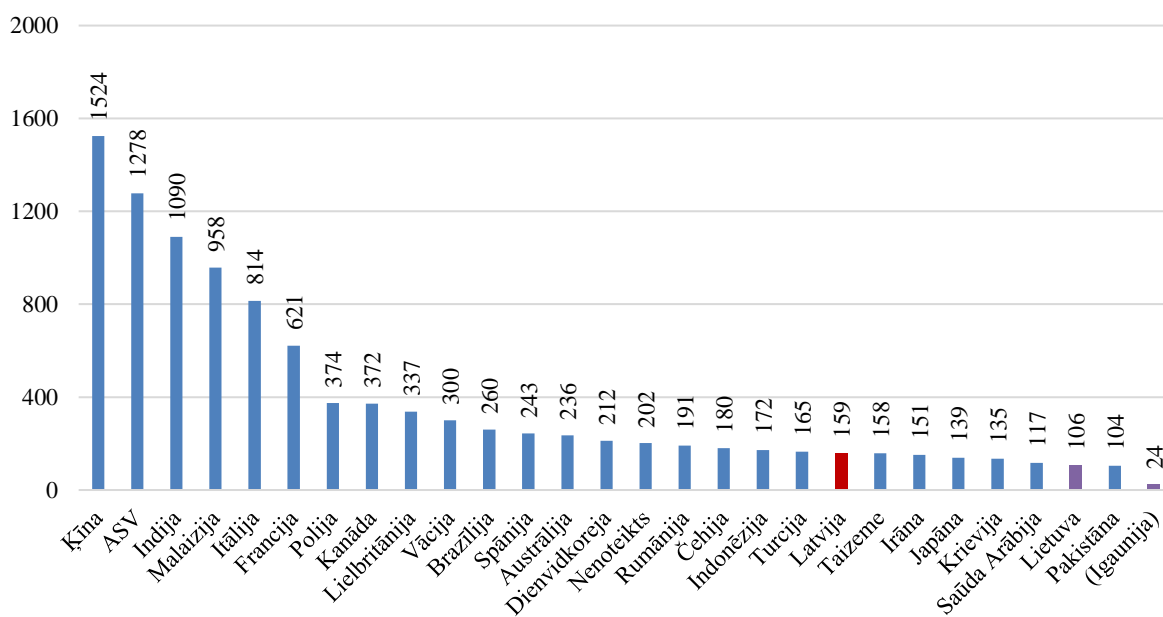
Līdzšinējo veikto pētījumu analīzei izvēlēts periods par pēdējiem desmit gadiem, kura laikā vairāk nekā 7000 publicētajos literatūras avotos, kas uz zinātniski balstītām atziņām novērtējuši uz kaņepēm balstītu materiālu ietekmi uz ilgtspējību, tomēr, tas joprojām ir ievērojami mazāks nekā publikāciju skaits, kurās novērtēts to tehniski ekonomiskais sniegums. Jāatzīmē fakts, ka lielākā daļa publicēto pētījumu (sk.1.1. att.) šajā periodā ir veikti ārpus Eiropas tādās valstīs kā Ķīna - 1524, ASV - 1278 un Indija - 1090, kas krasi kontekstā un klimata zonās atšķiras no Latvijas klimatiskajiem apstākļiem [11].

Analizējamā periodā industriālo kaņepju (*Cannabis sativa L.*) izmantošana ir pētīta daudzu nozaru kontekstā, bet pētnieku uzmanību kaņepes augs ir pievērsis kā biomateriāls, jo augu attīstības laikā tas spēj piesaistīt oglekļa dioksīdu (CO<sub>2</sub>), kā arī tā labās fizikāli-mehāniskās īpašības.

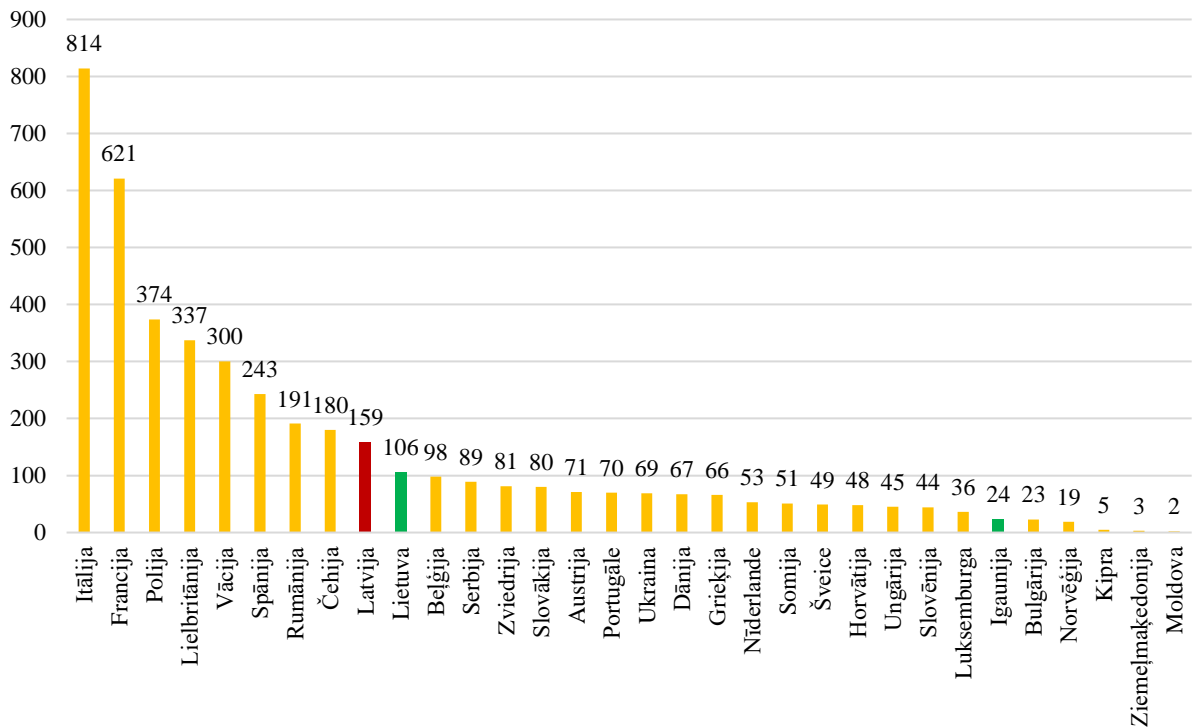
Veikto pētījumu analīzes mērķis ir aplūkot zinātniskajā literatūrā publicētos pētījumu rezultātus attiecībā uz kaņepju pielietojuma iespējām dažādās tautsaimniecībās nozarēs plašākā mērogā, tai skaitā Latvijas, īpašu uzsvaru liekot uz to ilgtspējības aspektu novērtēšanu dzīves cikla laikā.

Pētījumu analīzes mērķa sasniegšanai, tika veikts esošās Scopus datu bāzē publicētās literatūras pārskats par pēdējiem desmit gadiem, izmantojot iepriekš definētus atslēgvārdus. Par publicēto pētījumu analīzes periodu tika noteikts laika posms no 2013 gada līdz 2023 gadam.

Meklēšana tika veikta izmantojot atslēgvārdu “kaņepes” ar publikācijas nosaukumu, kopsavilkumu un atslēgvārdiem. Kopā tika iegūtas 7254 publikācijas no kurām tika atlasītas valstis, kurām publikāciju skaits pārsniedz 100 (skatīt 1.1. att.) un Eiropas valstu pētījumu publikācijas (skatīt 1.2. att.).

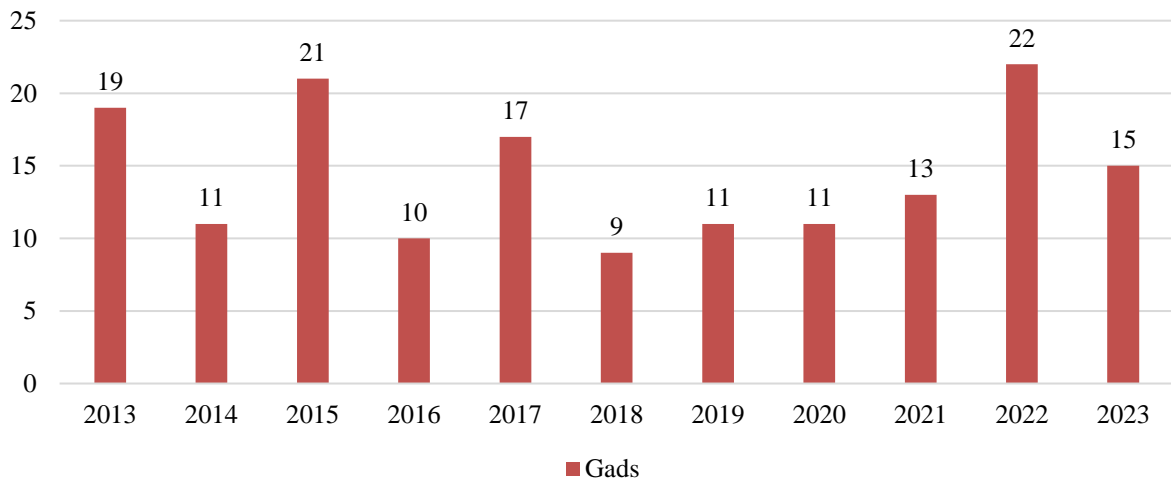


**1.1. attēls.** Valstu sadalījums pēc iegūto pētījumu publikāciju skaita, kuru skaits ir virs 100, atbilstoši meklēšanā izmantotajiem atslēgvārdiem par periodu no 2013 gada līdz 2023 gadam.



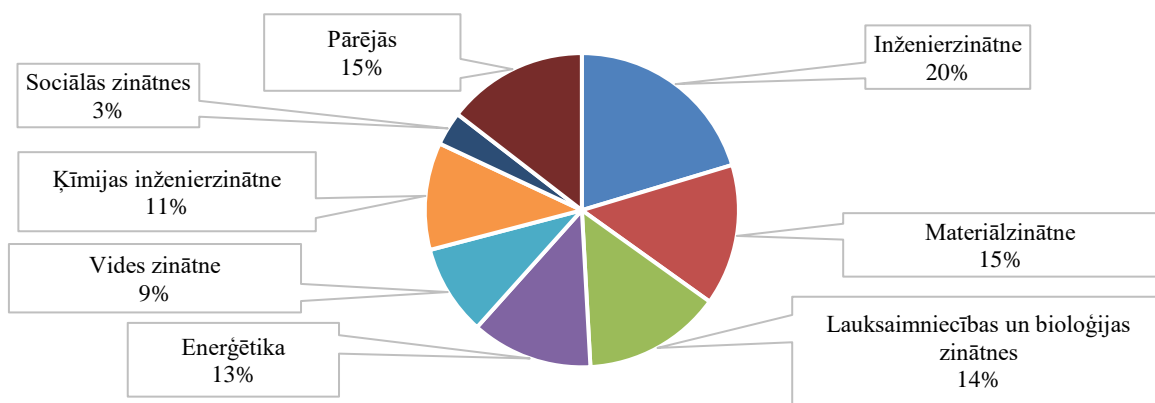
**1.2. attēls.** Sadalījums un iegūto Eiropas valstīs veikto pētījumu publikāciju skaits atbilstoši meklēšanā izmantotajiem atslēgvārdiem par periodu no 2013 gada līdz 2023 gadam.

Tika veikta meklēšana ar atslēgvārdiem "kaņepes" un "Latvija". Pēc iegūto rakstu nosaukuma un kopsavilkuma novērtēšanas tika izskatīti 159 pētījumi (skatīt 1.3. att.).



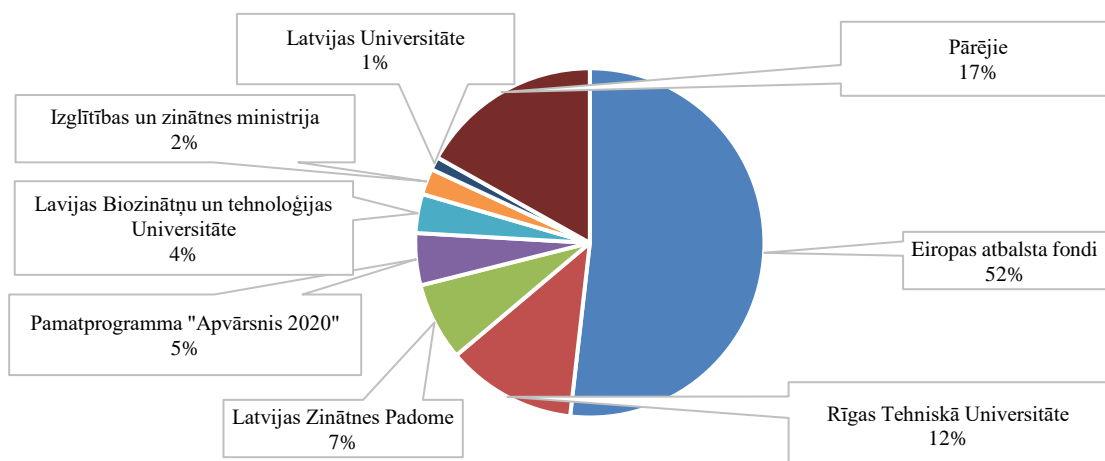
**1.3. attēls.** Latvijā iegūto pētījumu publikāciju skaits un sadalījums pa gadiem, atbilstoši meklēšanā izmantotajiem atslēgvārdiem par periodu no 2013 gada līdz 2023 gadam.

Latvijā iegūto pētījumu publikācijas tika sadalītas pa galvenajām publikācijās norādītām pētījumu jomām. (sk. 1.4. att.)



**1.4. attēls.** Latvijā iegūto pētījumu procentuālais publikāciju skaits un sadalījums pa galvenajām pētījumu jomām, atbilstoši meklēšanā izmantotajiem atslēgvārdiem par periodu no 2013 gada līdz 2023 gadam.

Latvijā iegūto pētījumu publikācijas tika procentuāli sadalītas pēc publikācijās norādītā finansējuma sniedzēja (skatīt 1.5. att.).



**1.5. attēls.** Latvijā iegūto pētījumu procentuālais publikāciju skaits un sadalījums pēc norādītā finansējuma sniedzēja, atbilstoši meklēšanā izmantotajiem atslēgvārdiem par periodu no 2013 gada līdz 2023 gadam.

Latvijā iegūto pētījumu procentuālais publikāciju skaits un sadalījums pēc norādītā finansējuma sniedzēja (skatīt 1.5.att.) parāda, ka lielāko pētījumu daļa ir veikta ar Eiropas atbalsta fondu finansējumu, kas sastāda kopā 57%, vērā ņemamu finansējumu pētniecībai ir ieguldījusi Rīgas Tehniskā universitāte 12%, savukārt Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte 4%.

Līdzšinējo veikto pētījumu publikāciju analīze norāda, ka Latvijā uz kaņepēm balstītu biomateriālu izmantošana plašāk pētīta inženierzinātnes, materiālzinātnes un lauksaimniecības bioloģijas jomās, kas kopā sastāda 49 % (skatīt 1.5. att.). Saistībā ar materiālzinātņu jomu ir veikti pētījumi (14%) par parasto būvmateriālu aizstāšanu ar ilgtspējīgām alternatīvām, piemēram, bioloģiskiem materiāliem, tādiem kā kaņepju betons, ģeotekstils, kokskaidu plātnes, siltumizolācija, skaņas izolācija un citiem, kas varēt palīdzēt mazināt Latvijas būvniecības nozares ietekmi uz vidi. Tomēr jāņem vērā, ka bioloģisko materiālu izmantošana varētu būt saistīta ar lielākām izmaksām. Lai gan šie alternatīvie risinājumi pašlaik nav plaši izplatīti Latvijā, tomēr ir nepieciešams padziļināti izpētīt un izstrādāt katram lauksaimniecības reģionam atbilstošu industriālo kaņepju audzēšanas iespējamus risinājumus, lai novērtētu un izprastu to

pārstrādes, ekonomisko, sociālo un izmantošanas ietekmi uz vidi, kas tuvākā nākotnē palīdzētu straujāk attīstīties nozarei.

Kopumā par veikto pētniecības publikāciju analīzi var secināt, ka Latvijā veiktie pētījumi ir veikti samērā plašā nozaru kontekstā, kas pārsvarā ir uzturējuši industriālo kaņepju audzēšanas aktualitāti, neskatoties uz nozares pašreizējo stagnējošo situāciju.

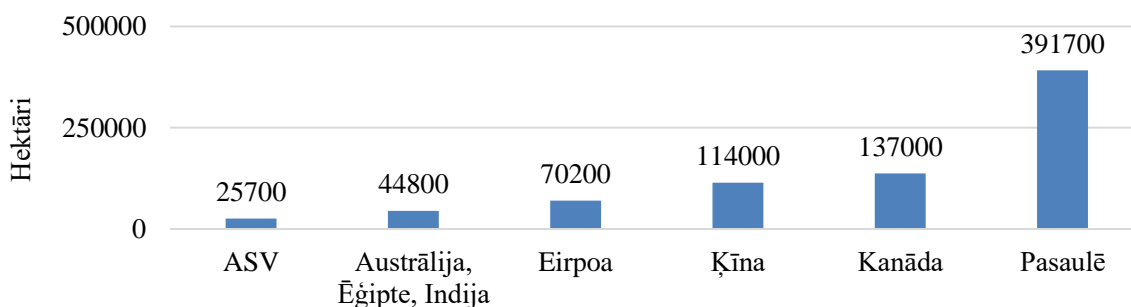
## 1.2 Kaņepju līdzšinējās audzēšanas analīze

Kaņepju līdzšinējās audzēšanas analīze veikta, lai salīdzinātu dažādu valstu kaņepju audzēšanas attīstības gaitu un tās ietekmējošos faktoros gan pozitīvā, gan negatīvā skatījumā. Apkopotā informācija pārsvarā balstīta uz zinātniskām publikācijām, tādējādi nodrošinot augstāku sniegto datu pamatotību.

Pašreiz galvenās kaņepju audzētājas valstis atrodas Āzijā (Ķīna, Indija, Dienvidkoreja, Mongolija un mazākā mērā Taizeme un Japāna), Ziemeļamerikā (Kanāda un ASV), Dienvidamerikā (Brazīlija) un Eiropā (Francija, Lietuva, Polija, Igaunija, Itālija, Nīderlande, Rumānija, Vācija un mazākā mērā Austrija, Dānija, Čehija, Horvātija, Slovēnija un Beļģija).

Āzijā kaņepju audzēšanas līderis ir Ķīna (114 000 ha 2022. gadā). Kanāda ir Amerikas tirgus līdere (137 000 ha 2022. gadā), savukārt Francija ir lielākais Eiropas ražotājs (42 100 ha no 70 200 ha Eiropā audzēto kaņepju 2022. gadā) [12].

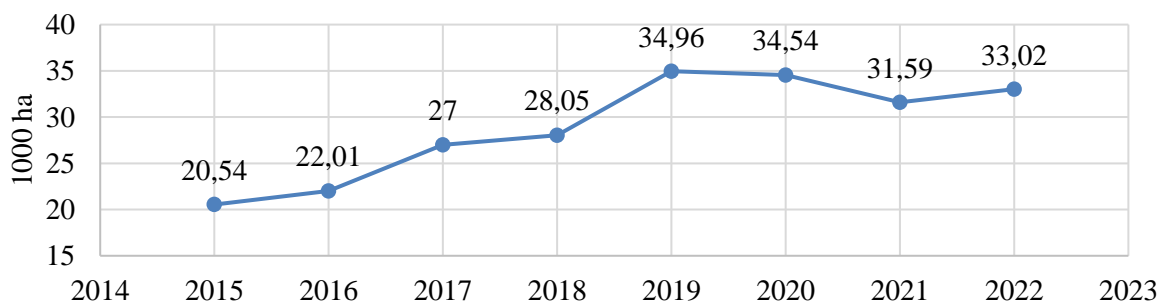
Saskaņā ar EIHA (Eiropas Industriālo Kaņepju Asociācija) [13] publicētajiem datiem 2022. gadā Ķīna (Āzija), Kanāda, ASV un Eiropa attiecīgi saražoja aptuveni 29.1 %, 35.0 %, 6.6 % un 17.9 % no visas pasaules kaņepju produkcijas. Piecu (2016.-2022.) gadu periodā šajās pasaules daļās ir sistemātiski palielinājušās kaņepju sējplatības (skatīt 1.6. attēlu).



## 1.6. attēls. Industriālo kaņepju audzēšanas apjomi pasaulē 2022. gadā [13]

Eiropā vislabvēlīgākie apstākļi industriālo kaņepju ražošanai ir Francijā, Itālijā, Nīderlandē, valstīs gar Baltijas jūras dienvidaustrumu daļu (Lietuvā, Igaunijā un Polijā), Rumānijā un Vācijā. Kad ES mainīja lauksaimniecības produktu dažādošanas politiku, šīs valstis sāka palielināt industriālo kaņepju audzēšanas apjomus (2. attēls), lai izmantotu kaņepju produktus daudzās rūpniecības nozarēs.

Literatūras dati norāda, ka kaņepes audzē praktiski visā Eiropā. Pēdējos gados kaņepju audzēšanai izmantotā platība ES ir ievērojami palielinājusies – no 20540 hektāriem 2015. gadā līdz 33020 hektāriem 2019. gadā (pieaugums par 75 %) (skatīt 1.7. att.).



## 1.7.attēls. Kaņepju audzēšanai izmantotā platība ES

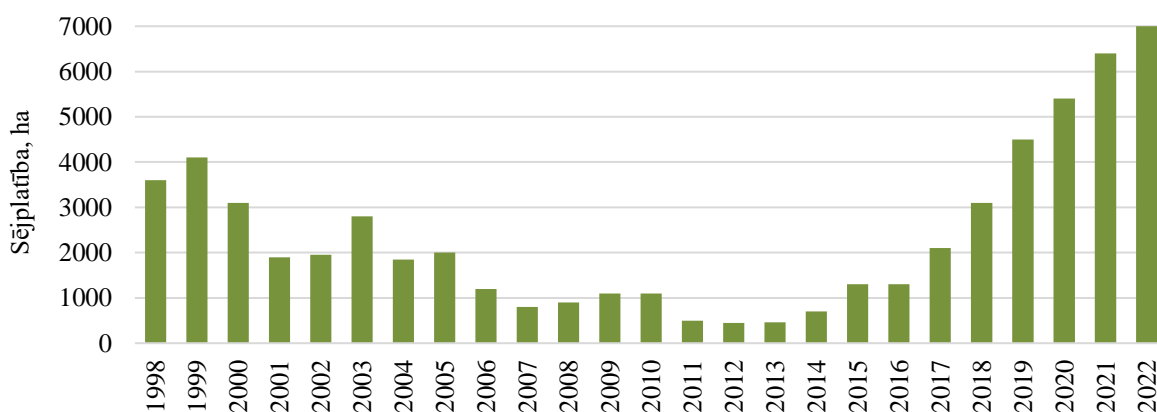
Ungārija un Apvienotā Karaliste ir nozīmīgas industriālo kaņepju ražotājas. Publiskos datu avotos ir pieejama samērā maz informācijas, tomēr var atzīmēt, ka Apvienotā Karaliste atcēla kaņepju aizliegumu 1993. gadā. Galvenie kaņepju produkcijas veidi ir dzīvnieku pakaiši, papīrs un tekstilizstrādājumi. Valdība piešķir subsīdijas kaņepju audzēšanai, kā arī Valsts atbalsta dotācija tika piešķirta, lai attīstītu jaunus dabisko šķiedru tirgus, jāatzīmē, ka jau 1994. gadā tika audzētas industriālās kaņepes 1618.8 ha platībā. Savukārt Ungārija atjauno savu kaņepju nozari un ir viena no lielākajām kaņepju tauvu, paklāju un kaņepju audumu eksportētājām uz ASV, kā arī eksportē kaņepju riekstiņus un kaņepju papīru [14].

Līdzīgi kā Latvijā arī Polijā 2012. gadā industriālās kaņepes audzēja tikai 530 ha platībā un turpmākajos gados samazinājās līdz 107 ha. Bet, pateicoties izmaiņām Eiropas lauksaimniecības subsīdiju sistēmā, kopš 2015. gada strauji palielinājās kaņepju audzēšanas platība, sasniedzot 2017. gadā jau 6777 ha. Polijā kaņepju audzēšanas platība 2018. un 2020. gadā samazinājās attiecīgi par aptuveni 7 % un 8 %. Tas bija saistīts ar zemākām subsīdijām kaņepju audzēšanai: par 1 ha 2015. gadā salīdzinājumā ar tikai 127.16 PLN (ap 30 EUR) par 1 ha 2020. gadā, t. i., 22.2 % no sākotnējās subsīdijas. Prognozētais kaņepju audzēšanas platību pieaugums līdz 6370 ha 2022. gadā bija saistīts ar pieaugošajām tehnoloģiskajām iespējām pārstrādāt industriālo kaņepju stiebrus [15].

Tajā pašā laikposmā Eiropas Savienībā kaņepju ražošana palielinājās no 94120 tonnām līdz 152820 tonnām (pieaugums par 62.4 %). Šajā periodā Francija bija lielākā ražotāja, kas nodrošināja vairāk nekā 70 % no kopējās ES produkcijas, tai sekoja Nīderlande (10 %) un Austrija (4 %) [16].

Analizētie dati par lielāku laika periodu Eiropas Savienībā parāda, kaņepju ražošana tieši pēdējos gados ir ievērojami pieaugusi. Kaņepju audzēšanai izmantotā platība palielinājās no 20540 hektāriem 2015. gadā līdz 33020 hektāriem 2022. gadā, kas ir pieaugums par 60%. Tajā pašā laikposmā kaņepju ražošana palielinājās no 97130 tonnām līdz 179020 tonnām, kas ir pieaugums par 84.3 %. Lielākā kaņepju ražotāja šajā periodā joprojām ir Francija, kas saražo vairāk nekā 60 % no ES produkcijas, tai seko Vācija (17%) un Nīderlande (5%) [16].

Vācijā industriālo kaņepju sējplatības turpina paplašināties, (1.8.att.) neskatoties uz ievērojamiem pastāvošas likumdošanas šķēršļiem, pieaugot 2022. gadā par 7%, sasniedzot visu laiku augstāko līmeni 7 000 hektāru. Saimniecību skaits, kurās tiek audzētas kaņepes, pēdējo piecu gadu laikā pieaugušas par 67%, palielinoties no 300 saimniecībām 2017. gadā līdz 889 saimniecībām 2022. gadā [14].



1.8. attēls. Industriālo kaņepju sējplatības Vācijā, 1998-2022 [14]

Eiropā pieprasījums pēc industriālajām kaņepēm pēdējos gados ir pieaudzis. 2023. gadā Eiropai tirgus daļa bija 22.2% no kopējās tirgus ieņēmumu daļas. Arvien vairāk nozaru, piemēram, tekstilrūpniecība, autobūve un citas visā reģionā, galvenokārt veicina tirgus izaugsmes tempu.

Tiek prognozēts, ka industriālo kaņepju legalizācija lielākajā daļā valstu, pateicoties to dažādajām priekšrocībām dažādās jomās, veicinās tirgus izaugsmes tempu. Pandēmijas periodā pieaugošais Covid-19 gadījumu skaits ir arī viens no faktoriem pieaugošajam pieprasījumam pēc industriālajām kaņepēm Eiropas reģionā. Pastāvīga ekonomiskā izaugsme attīstītajās valstīs palielina tirgus izaugsmes tempu. Apvienotā Karaliste un Vācija ir divas lielākās valstis, kas dod vislielāko tirgus daļu. Izpratnes veidošana un pieaugošais pieprasījums pēc kaņepju produktiem veselības aprūpē un citās jomās arī rada izaugsmes iespējas tirgum. CAGR (Compound Annual Growth Rate) prognozē, ka Vācija tuvākajā nākotnē sasniegs augstāko ieguldījumu pieauguma tempu. Patreiz lielākie uzņēmumi, kuriem ir dominējoša loma Eiropas industriālo kaņepju tirgū, ir HempcO, Ecofibre, Hemp Inc., Gencanna, Hempflax BV, Konoplex Group, Hemp Oil Canada, BAFA, Hemp Poland, Dun Agro, Colorado Hemp Works un Canah International [18].

Analizējot Eiropas industriālo kaņepju tirgus attīstības tendences no 2024. līdz 2029. gadam, tiek prognozēts, ka Eiropas industriālo kaņepju tirgus lielums šajā periodā pieaugs par 24.24%, un līdz 2029. gadam tiks novērtēts 8.57 miljardu USD apmērā, salīdzinot ar 2.89 miljardiem USD 2024. gadā.

Daudzu valstu valdības un nevalstiskās organizācijas palielina savus ieguldījumus jaunu produktu izstrādē, izmantojot industriālās kaņepes dažādās nozarēs, tādējādi izlīdzinot tirgus izaugsmes tempu. Paredzams, ka tirgus pieauguma tempu veicinās arī kaņepju eļļas atvasināto produktu pieaugošā izmantošana pārtikā, dzērienos un higiēnas līdzekļos. Turklāt pieaugošie ieguldījumi jaunu zāļu izstrādē un pieaugošais pētniecības un institūtu apjoms reģionos veicina tirgus izaugsmi. Daudzās valstīs valdības iestādes industriālās kaņepes legalizē, tas kopš 2018. gada ir veicinājis kaņepju audzēšanas attīstību. Jaunu kosmētisko produktu ieviešana ādas kopšanas nozarē, kas dod priekšroku galalietotājiem, ievērojami ietekmē pieprasījumu pēc industriālo kaņepju tirgus.

Tomēr valstu izstrādātie un vēl pastāvošie ierobežojošie likumi un noteikumi, apstiprinot jauno produktu ieviešanu tirgū, kavē tirgus izaugsmes tempu. Arī cilvēki lauku apvidos ir mazāk informēti par industriālo kaņepju audzēšanu, jo viņiem ir mazāk zināšanu par kaņepju produktu priekšrocībām, kas ierobežo pieprasījumu pēc industriālo kaņepju tirgus Eiropā. Sarežģītas regulatīvās sistēmas arī papildus samazina tirgus izaugsmes tempu [18].

Normatīvo aktu bāze[16] uz kā tiek balstīta ES likumdošana saistībā ar kaņepju audzēšanu:

Regula (ES) 2021/2115 – ar ko izveido noteikumus par atbalstu stratēģiskajiem plāniem, kuri dalībvalstīm jāizstrādā saskaņā ar kopējo lauksaimniecības politiku (KLP stratēģiskie plāni).

Regula (ES) Nr. 1308/2013 – ar ko izveido lauksaimniecības produktu tirgu kopīgu organizāciju.

Komisijas Deleģētā regula (ES) Nr. 639/2014 – ar ko nosaka prasību izmantot sertificētas to šķirņu sēklas, kuras uzskaitītas “Kopējā lauksaimniecības augu sugu šķirņu katalogā”.

Komisijas Deleģētā regula (ES) 2016/1237 un ES Īstenošanas regula (ES) 2016/1239 – ar ko nosaka noteikumus par kaņepju importa licencēm.

Komisijas Īstenošanas regula (ES) 2016/1239, ar ko paredz noteikumus par to, kā Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (ES) Nr. 1308/2013 piemēro attiecībā uz importa un eksporta licenču sistēmu.

Komisijas Regula (ES) 2022/1393 – attiecībā uz maksimāli pieļaujamo delta-9-tetrahidrokanabinola ( $\Delta^9$ -THC) koncentrāciju kaņepju sēklās un no tām iegūtos produktos.

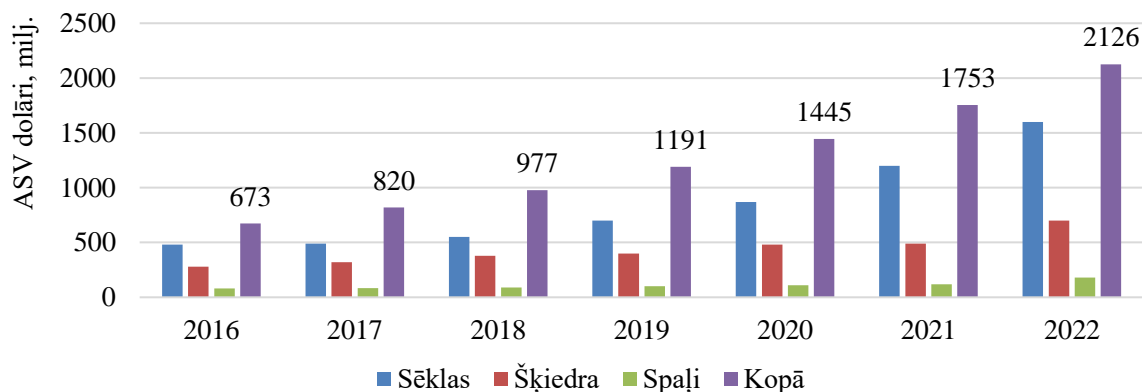
Komisijas Īstenošanas regula (ES) 2022/1173 – par kopējā lauksaimniecības politikā integrēto administrācijas un kontroles sistēmu.

Padomes Direktīva 2002/53/EK – par lauksaimniecības augu sugu šķirņu kopējo katalogu.

Padomes Direktīva 2002/57/EK – par eļļas augu un šķiedraugu sēklu tirdzniecību.

Padomes Lēmums 2003/17/EK – par tādu lauka apskāšu atbilstību, ko veic attiecībā uz sēklu ražošanai paredzētiem augiem trešās valstīs un par trešās valstīs ražotu sēklu līdzvērtīgumu.

Kaņepju audzēšana ASV pašlaik ir strauji augoša nozare ar ievērojamu ekonomiskās ietekmes potenciālu, kura 2020. gadā ASV ekonomikā nodrošināja vismaz 4 miljardus ASV dolāru (1.9. att.), un tiek prognozēts, ka līdz 2025. gadam tās devums būs gandrīz 16 miljardi ASV dolāru [19]. Neliela stagnācija šajā nozarē bija novērojama 2019. gadā, kad nozare saskarās ar problēmām - pārmērīgu piedāvājumu un regulējuma problēmas, kā rezultātā kaņepju ražošana pēdējos gados ir samazinājusies.



**1.9. attēls.** ASV industriālo kaņepju tirgus lielums pēc produkta veida 2016-2022

Neraugoties uz šīm problēmām, patreiz nozarē jau notiek līdzsvara atjaunošana un tiek prognozēts, ka līdz kaņepju tirgus stabilizēšanai varētu paiet vairāki gadi [20].

Pasaules mērogā tiek prognozēts, ka kaņepju tirgus līdz 2027. gadam varētu sasniegt 18,6 miljardus ASV dolāru, kas ir gandrīz četras reizes vairāk nekā 2020. gadā [21]

### 1.3 Situācijas analīze Lietuvā, Igaunijā un Latvijā

Par situācija saistībā ar kaņepju audzēšanu Lietuvā un Igaunijā var atzīmēt, ka Lietuvā nozares attīstība sākās līdz ar pirmā likuma par kaņepju audzēšanu pieņemšanu, kas stājās spēkā 2014. gadā, deva lauksaimniekiem atļauju audzēt ES apstiprinātās kaņepju šķirnes, lai ražotu šķiedru un riekstiņus. Saskaņā ar spēkā esošajiem tiesību aktiem lapu un ziedkopu pārstrāde Lietuvā atļauta tikai pētniecības un attīstības izpētes vajadzībām, lauksaimniekiem tās ir jāeksportē, bet CBD produkti patērētāju tirgū ir definēti kā nelegāli (2020) [22].

Savukārt Igaunijas tiesību aktos ir atļauts audzēt kaņepes lauksaimnieciskai ražošanai saskaņā ar Eiropas Savienības Kopējās lauksaimniecības politikas prasībām. Tas nozīmē, ka Igaunijā audzētām kaņepēm jābūt iekļautām kopējā lauksaimniecības augu sugu šķirņu katalogā, un THC saturam jābūt mazākam par 0.2 % (2020). CBD produktus Igaunijā var ražot kā jaunradītu pārtiku tikai tad, ja produkts vai pārtikas izejviela tiek tieši tirgotā valstī, kas nav ES dalībvalsts, kurā to lietošana ir atļauta. Igaunijas Veterinārijas un pārtikas pārvaldē ir jāsaņem apstiprinājums no galamērķa valsts kompetentās iestādes, ka CBD ir atļauts tirgot šajā valstī (2020) [22]. 2022. gadā Igaunija ar audzēto kaņepju platību 7120 ha bija otra lielākā kaņepju audzētāja Eiropā aiz Francijas [23].

Kaņepju audzēšanas paplašināšanos Igaunijā veicina to pārliecinošās ekonomiskās un vides priekšrocības. Tiek piedāvāts daudzveidīgu kaņepju produktu klāsts, tostarp šķiedras, riekstiņi un olbaltumvielas, kurām ir liels tirgus pieprasījums. Ieņēmumu potenciāls no kaņepju produktiem ir piesaistījis Igaunijas lauksaimniekus, kuri meklē ilgtspējīgas ienākumu plūsmas. Turklāt kaņepju zemās mitruma prasības, dabiskā izturība pret kaitēkļiem un spēja uzlabot augsnes veselību, izmantojot dziļo sakņu sistēmu, atbilst Igaunijas uzņemtajām saistībām attiecībā uz videi draudzīgu un ilgtspējīgu lauksaimniecības praksi.



Izšķirošā loma kaņepju audzēšanas veicināšanā un atbalstīšanā Igaunijā bija Ziemeļvalstu kaņepju sadarbības organizācijai, kuru 2017. gadā dibināja Igaunijas pieci lielākie kaņepju audzētāji, tai ir bijusi liela nozīme modernu kaņepju sēklu pārstrādes iekārtu izveidē, veicinot sēklu šķirošanu, atsēnalošanu un eļļas ieguvu. Asociācijas aktivitātes ne tikai nodrošināja Igaunijai kļūt par vienu no Eiropas lielākajiem kaņepju ražotājiem, bet arī panāca lauksaimniekiem nepieciešamo infrastruktūru un atbalstu, lai gūtu panākumus šajā jaunajā nozarē [24].

#### 1.4 Industriālo kaņepju nozare Latvijā

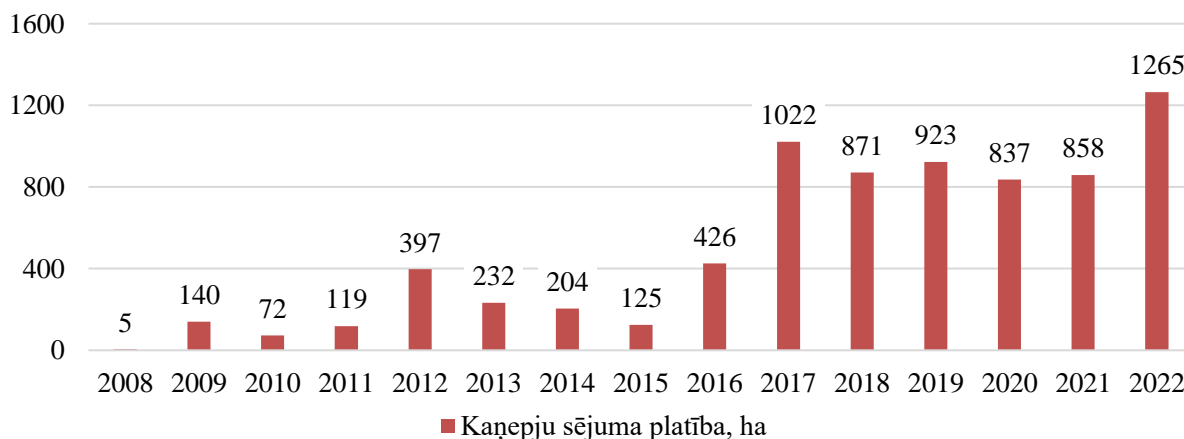
Kaņepju audzēšanas nozare Latvijā ir salīdzinoši jauna un stagnējoša, neskatoties, uz to ka Latvijā vēl pirms simts gadiem kaņepju produkcija daudzās saimniecībās bija būtisks atspazs, un kaņepe tiek dēvēta arī par latviešu nacionālo augu. Var atzīmēt, ka Latvijā 1923. gadā kaņepes audzēja 371 ha platībā [25].

Latvija pirms vairāk nekā desmit gadiem ar savām kaņepju platībām un pārstrādes iespējām bija Baltijas valstu līderis, bet ar pašreizējiem 1200 hektāriem būtiski atpaliek pretstatā Lietuvas 10 000 hektāru platībai ar izveidotām trīs lielām pārstrādes rūpnīcām, kurās notiek kaņepju stiebru pārstrāde, un Igaunijai, kur pašlaik kaņepes audzē vairāk nekā 7000 ha platībā, turklāt šīs kultūras audzēšanā ir iesaistīti kooperatīvi un ir izveidota pārstrāde [26].

Pēdējos gados Latvijā ir vērojama neliela nozares stabilizācija. Būtiskākais šķērslis nozares attīstībai ir esošajām audzēšanas iespējām atbilstošas jaudas pirmāpstrādes rūpnīcas trūkums, kur realizēt izaudzētos stiebrņus, kaut gan pēdējos gados ir vērojama neliela uzņēmēju aktivitāte pārstrādes jomas sakārtošanā.

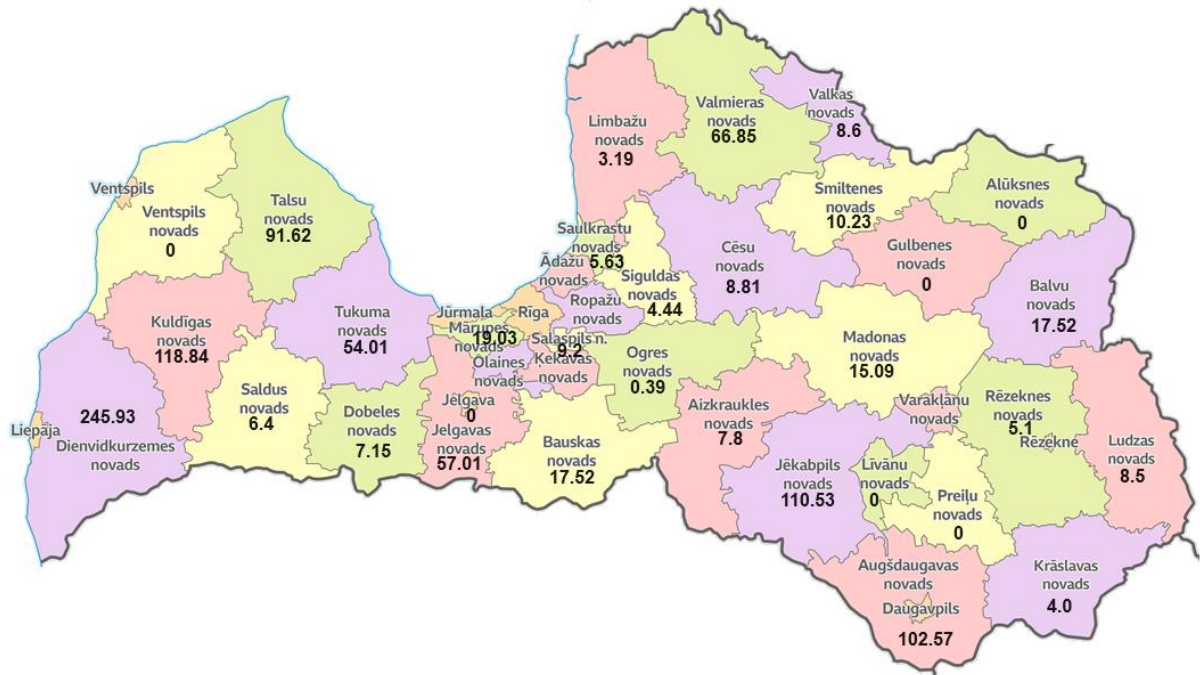
Kaņepju sējumu platības Latvijā 2022. gadā, pēc Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) datiem, salīdzinājumā ar 2021. gadu ir palielinājušās par 407 hektāriem. Liela daļa, apmēram 96 % no platības, tiek izmantota kaņepju riekstiņu ieguvei [27]. (sk. 1.10. att.)

Kaņepju sējumu platība Latvijā 2022. gadā no 1218 hektāriem jeb 96 % no kopējās novāktās kaņepes platības pārsvarā tika izmantotas riekstiņu ieguvei, savukārt no 23 hektāriem jeb 3 % – stiebrņņu ieguvei.



1.10. attēls. Kaņepju sējumu platības dinamika Latvijā, 2008 – 2022 [28]

Pēc statistikas datiem ir redzams, ka Latvijā kaņepju aizņemtās platības pēdējo gadu laikā ir mazliet stabilizējušās un 2022. gadā – pat ievērojami palielinājušās, tas nozīmē, ka 2022. gadā Latvijā lauksaimnieki būtiski vairāk nekā 2021. gadā audzēja kaņepes. Lielākās Lauku atbalsta dienestā (LAD) deklarētās kaņepju platības ir Dienvidkurzemes, Kuldīgas, Jēkabpils un Augšdaugavas novados. (sk.1.11. att.)



**1.11. attēls.** Deklarētās kaņepju platības (ha) pa novadiem, 2022. gads

Pēc Lauku atbalsta dienesta (LAD) datiem 2022. gadā atbalsts maksāts par 1263 ha lielu kopējo kaņepju platību. 2021. gadā atbalstīja kaņepju sējumus 856 ha platībā (par 32% mazāk nekā 2022. g.), bet 2020. gadā – 880 ha platībā [26].

Lielākie kaņepju audzētāji atrodas Kurzemes reģionā, kuru kopējā kaņepju sējplatība 2022. gadā bija 510.4 ha. (1.12. att)



**1.12. attēls.** Deklarētās kaņepju platības (ha) pa reģioniem, 2022. gads

Pašreiz lielākais nozares spēlētājs ir LPKS "Lādzeres grauds", kura 10 biedri šo kultūru audzē aptuveni 450–500 ha platībā. Kooperatīvam ir sertificēts pirmapstrādes uzņēmums bioloģiskajai apstrādei. Kaņepju riekstiņi tiek pārdoti pārsvarā uz Vāciju, Nīderlandi, Lietuvu un Igauniju. Diemžēl vietējā tirgū kooperatīvs nedarbojas [26].

Kā liecina kaņepju izmantošanas dažādās tautsaimniecības nozarēs analīze, ka jaunās nozares apgūšana Latvijai varētu dot daudz iespēju tieši veicināt uzņēmējdarbību un, iespējams, nodrošināt jaunas darba vietas, īpaši Latvijas reģionos.

Latvijas uzņēmumi, kuri šobrīd aktīvi darbojas kaņepju nozarē, ir SIA "Kichi" (tekstilizstrādājumi), SIA. "Sativa Fibris" (pirmapstrādes rūpnīca), "Remember Brothers" (kaņepju spaļu betona paneļu mājas); SIA "Dambrete" (kaņepju spaļu betona paneļi) "Transhemp" (pirmapstrādes rūpnīca), SIA. "Zalers", SIA. "Baltiks East", Ltd. "Larelini", SIA. "L.N.A.", Ltd. "Iecavnieks" (ražo kaņepju pastas); zemnieku saimniecība "Adzelviesi" (tīrs kaņepju sviests, Latvijas kaņepju šķirne "Puriņi"), zemnieku saimniecība "Kalnakalvi", zemnieku saimniecība "Raudoviski", SIA "Limbažu tīne" (kaņepju auduma aušana), "Straupe" un zemnieku saimniecība "Sidrabi" - kaņepju sviests (Latvijas kaņepju audzētāju un pārstrādātāju asociācija, 2014) [29].

Pēdējos gados arvien lielāka interese tiek izrādīta par kanabidiola ekstrakta iegūvi no kaņepēm un kaņepju lapām. ES palielinās pieprasījums pēc kaņepju eļļas un dabīgajām šķiedrām, kuras tiek izmantotas par kompozītmateriāliem, kā arī papīrrūpniecībā, pārtikā, mašīnbūvē un daudzās citās jomās.

1.1. tabula

**Pārskats par dažādu šķiedras kaņepju augu daļu sastāvdaļām un to galvenajiem pielietojumiem**

Auga daļa	Komponents	Pielietojums
Stublājs	Šķiedra	Tekstilmateriāli; kompozīti; izolācijas materiāli u. c.
	Spaļi	Dzīvnieku pakaišiem; celtniecības bloki u. c.
Lapas	Tējas lapas	Uzlējumi; dzērieni
	Ekstrakti	Uztura bagātinātāji, farmaceitiskie produkti;
Ziedi	Ekstrakti	Pārtika; barības piedevas; bioloģiskie produkti utt.
Riekstiņi	Eļļa	Pārtika; uztura bagātinātāji; kosmētika; rūpnieciskās sastāvdaļas u. c.
	Preses rauši	

Latvijā 2019. gada 3. jūlijā stājās spēkā grozījumi likumā "Par narkotisko un psihotropo vielu un zāļu likumīgās aprites kārtību", un tie paredz, ka industriālām vajadzībām, kā arī dārkopības mērķiem atļauts audzēt sējas kaņepes (*Cannabis sativa subsp. sativa*). Audzējot sējas kaņepes industriālām vajadzībām, atļauts izmantot tikai ES lauksaimniecības kultūraugu šķirņu kopējā katalogā iekļautās šķirnes, kuras ir sertificētas vai arī kaņepju saglabājamo šķirņu oficiāli pārbaudītās sēklas. Tādējādi vairs netiek ierobežots sējas kaņepju audzēšanas mērķis, tā ka nākotnē tas varētu būt par iemeslu plašākai kaņepju audzēšanas un pārstrādes attīstībai Latvijā.

Iegūtie riekstiņi gan tiek izmantoti kā sēklas materiāls, gan arī tiek pārstrādāti dažādos pārtikas produktos, pēc kuriem ir liels pieprasījums Rietumeiropā. Atzīstami, ka Latvijas augu šķirņu katalogā ir iekļauta Latvijā selekcionētā sējas kaņepju šķirne 'Loja' un kā saglabājamās šķirnes – 'Adzelviesi' un 'Puriņi', kuras zemnieki plaši audzē. Interese par kaņepju audzēšanu gan Latvijā, gan pasaulē ir liela, tomēr to audzēšanu un izmantošanu kavē atļauto produktu klāsts. Eiropas Savienībā ir atļauts pārtikā izmantot tikai šādus no sējas kaņepes (*Cannabis sativa*) iegūtus produktus un auga daļas:

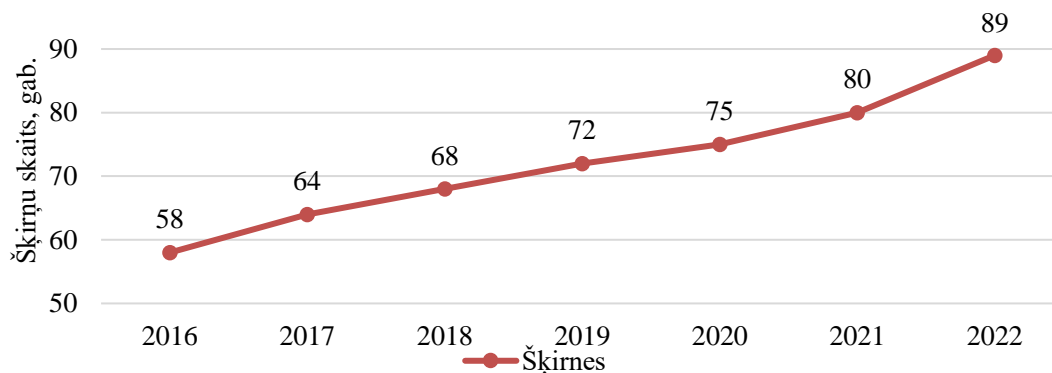
- riekstiņus;
- no riekstiņiem iegūtu eļļu;
- riekstiņu miltus un attaukotus kaņepju riekstiņus.

ES tirgū nav atļauts laist apgrozībā no kaņepēm iegūtu kanabidiolu (CBD) vai citus kanabinoīdus saturošus izstrādājumus kā pārtikas produktus, to sastāvdaļas vai uztura bagātinātājus, jo nav pierādīta to izmantošanas vēsture nozīmīgā apjomā cilvēku uzturā ES pirms 1997. gada 15. maija [27].

Pašlaik pasaulē ir tendence uz ātri atjaunojamu resursu izmantošanu pēc iespējas lielākā apjomā, un kaņepes ir lietderīgs būvmateriāls, kura popularitāte arvien pieaug. Tiek uzskatīts, ka mājā ar izbūvētām kaņepju vieglbetona sienām ir ideāli dzīves apstākļi, jo tajā ir antialerģisks, mitrumu regulējošs mikroklimats un ļoti laba gaisa kvalitāte. Latvijā arī novērojama aktivitāte no uzņēmēju puses, kur uzņēmums *Hemp Eco Systems Latvia* ir aizsācis tāda ekoloģiskā materiāla kā kaņepju vieglbetons ēku būvniecību, tehnoloģiju aizgūstot no Šveices. Jāatzīmē, ka kaņepju vieglbetons ir biokompozītmateriāls, kura pamatsastāvā ir ūdens, kaņepju spaļi, hidratēts tīrs kaļķis – bez jebkādam ķīmiskām piedevām. No šāda materiāla koka karkasa konstrukciju ēkām veido monolītas konstrukcijas – sienas, starpsienas, griestus, grīdas. Ēkas sienām nav šuvju un saduru vietu, kā arī ir monolīti izveidotas logu aillas, tādēļ nav iespēju veidoties aukstuma tiltiem, kur ziemā varētu rasties siltuma noplūde [30].

### 1.5 KLP ietvaros pieejamais atbalsts

Lauksaimnieki, kas audzē kaņepes, ir tiesīgi saņemt platību tiešos maksājumus saskaņā ar KLP. Viņiem ir jāatbilst standarta atbilstības nosacījumiem, kas noteikti attiecībā uz tiešajiem maksājumiem, kā arī specifiskām papildu prasībām, kas noteiktas attiecībā uz kaņepēm, nodrošinot, ka nelikumīgiem kultūraugiem netiek piešķirts KLP atbalsts. Kultivētās kaņepju šķirnes *THC* saturam jābūt mazākam par 0.3 %. Lauksaimniekiem jāizmanto sertificētas to šķirņu sēklas, kuras uzskaitītas ES lauksaimniecības augu sugu šķirņu kopējā katalogā. Šajā katalogā uz 2022. gadu ir reģistrētas 89 dažādas kaņepju šķirnes [16] (sk.1.13. attēlu).



1.13. attēls. ES reģistrēto industriālo kaņepju šķirņu dinamika, skaits

ES valstis ar zināmiem nosacījumiem var nolemt piešķirt brīvprātīgo saistīto atbalstu lauksaimniekiem, kuri audzē kaņepes. Brīvprātīgais saistītais atbalsts (BSA) kaņepēm pašlaik tiek īstenots Francijā, Polijā un Rumānijā.

Latvijā BSA 2022. gadā varēja saņemt par proteīnaugu platību, kurā iekļautas arī kaņepes, ja tā nav pieteikta citam BSA par platībām un tā ir atbalsttiesīga vienotā platību maksājuma (VPM) saņemšanai, lauksaimniekam pretendējot uz BSA par proteīnaugiem par kaņepju platību, kura nav mazāka par vienu hektāru un proteīnaugi netiek izmantoti enerģijas ieguvei.

Kaņepju audzētāji var arī izmantot atbalstu lauku attīstības pasākumu ietvaros saskaņā ar kopējās lauksaimniecības politikas (KLP) otro pīlāru [17]. Attiecīgā atbalsta veidu mērķis ir veicināt investīcijas, zināšanu veidošanu, jaunu uzņēmumu dibināšanu, inovāciju, piegādes ķēžu organizāciju, bioloģisko lauksaimniecību, vides aizsardzību un darbības klimata jomā.

Latvijā līdz šim VPM varēja saņemt arī par kaņepju platībām, ja kaņepju audzēšanai izmanto sertificētas kaņepju sēklas, kurās tetrahidrokanabinola (THC) saturs nepārsniedz 0.2%, un lauksaimnieks piedalās kaņepju THC monitoringā.

### 1.6 Kaņepju pielietojuma iespēju rūpniecības nozarēs analīze

Lai pilnvērtīgāk izprastu kaņepju pielietojuma iespējas, sākotnēji nepieciešams kaņepi kā augu aplūkot no morfoloģiskā viedokļa. Kaņepju stiebrs vēl terminoloģijā lietots kā stublājs,

sastāv no kokainās un plūksnainās daļas. Lūksnainajā daļā starp mizu un pirmlēksni atrodas lūksnes šķiedras, kas gredzena veidā ieskauj iekšējo koka serdi, ko veido spaļi. Atkarībā no šķirnes un augšanas apstākļiem lūksnes sastāv no celulozes 60-64%, hemicelulozes 7.7-19% un lignīna 2.3-4.7%, bet spaļi sastāv no celulozes 34.5-41%, hemicelulozes 17.8-37% un lignīna 19-21%. Kaņepju stiebrs, kas optimālos augšanas apstākļos var sasniegt ap četrus metrus augstumu, satur ar celulozi bagātās lūksnes šķiedras. Tās savukārt sastāv no augstvērtīgajām primārajām jeb garajām šķiedrām 5–55 mm garumā un sekundārajām jeb īsajām šķiedrām apmēram 2 mm garumā. Abu šķiedras veidu savstarpējās proporcijas un īpatsvars ir atkarīgs no šķirnes, augšanas apstākļiem un šķiedru novietojuma stiebrā. Lielākais šķiedru īpatsvars un lielākā šķiedru stiprība ir stiebra vidusdaļā. Kopējais šķiedru īpatsvars tiek izteikts procentos no kopējās stiebra masas, un šķiedras kaņepju šķirnēm vidēji svārstās no 20 līdz 35%. Tādējādi praksē no 10 tonnām sausu kaņepju stiebru var iegūt vidēji 2.0–2.5 tonnas garo un īso šķiedru. Lapas ir ar kātu. Lapas plātne izaug 8–20 cm garumā. Ziedi sāk ziedēt jūnijā, jūlijā blāvi zaļā krāsā, vīrišķie ziedi zarainās skarveida ziedkopās, sievišķie ziedi vārpveida ziedkopās. Zieda drīksnas purpursarkanas, bet auglis – brūni spīdīgs riekstiņš [31].

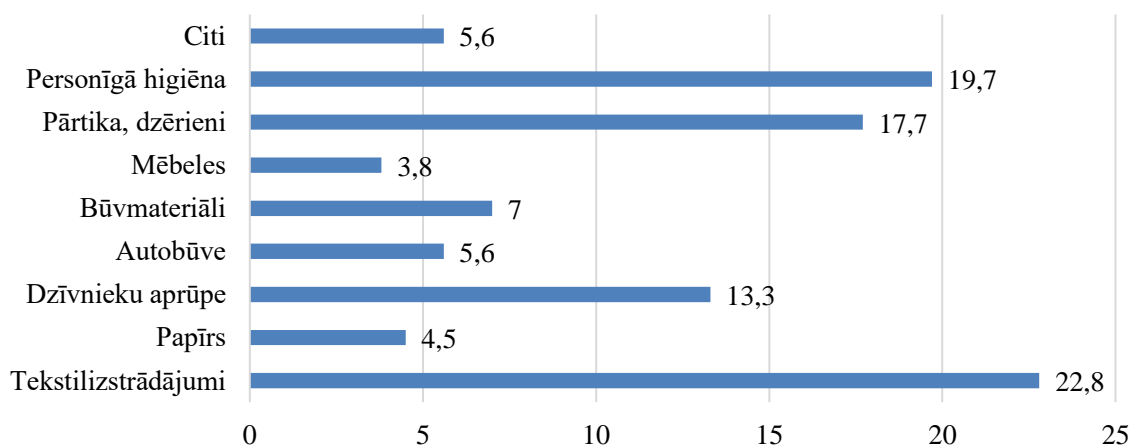
No iepriekš aprakstītā izriet, ka industriālo kaņepju galvenās sastāvdaļas, kuras izmantojamas rūpniecības nozarēs ir spaļi, garā un īsā šķiedra, riekstiņi un ziedkopas.

Zinātnieki ir veikuši pētījumus un analīzi par industriālo kaņepju pielietojumu dažādās rūpniecības nozarēs [30].

Industriālo kaņepju pielietojuma attīstības tendenču statistiskā analīze tika veikta Ziemeļamerikā (ASV un Kanādā) par periodu no 2018. līdz 2019. gadam. Analīzes dati apstiprināja, pastāvīgu un ilgtermiņa patērētāju industriālo kaņepju produktu pieprasījuma pieaugumu starpproduktu mikro un makroekonomiskajā jomā. [32].

Pateiz vislielākā kaņepju pielietojuma daļa ir tekstilrūpniecībā (22,8 %) un pārtikas un personīgās higiēnas ražošanas nozarēs (attiecīgi nedaudz virs 17,7 % un 19,7 %). Dzīvnieku kopšanas nozarei ir aptuveni 13,3 %. Šīs nozares kopumā aptver aptuveni 73,5 % kaņepju izmantošanas, kas liecina par to nozīmi cilvēku un dzīvnieku dzīvē visā pasaulē [32].

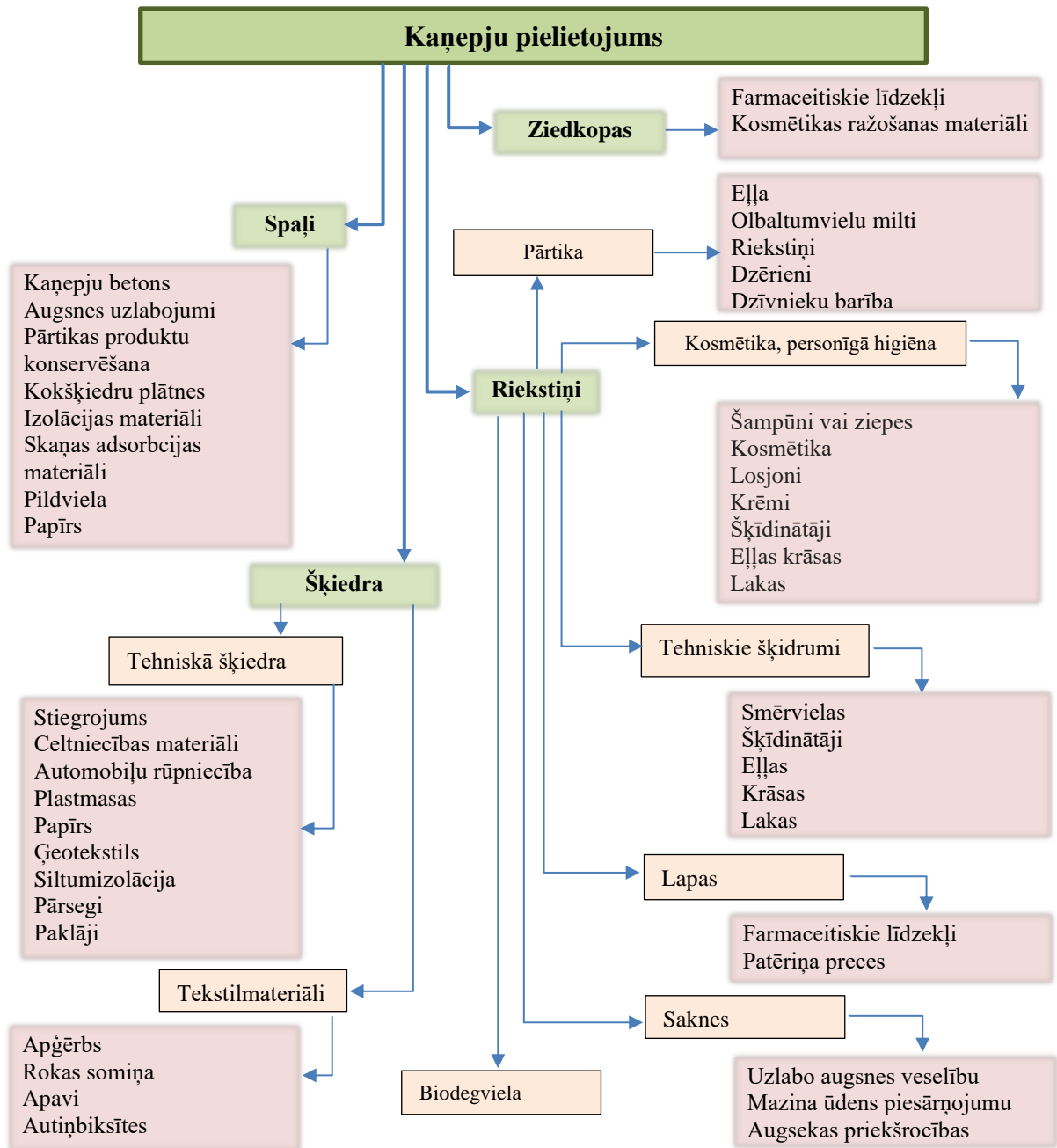
Lielāko īpatsvaru - 22,8% no tirgus daļas aizņem tekstilizstrādājumu ražošana (1.14. att.). Pārsvārā no kaņepēm tiek ražoti: tekstilšķiedras audumi, tostarp strukturālie audumus, virvju izstrādājumus (tīklus, traļus, dažāda veida virves), zaļās šķiedras, ko iegūst pēc tehnisko kaņepju stiebru dekortikācijas (paklāji un izolācijas materiāli) [33].



**1.14. attēls.** Industriālo kaņepju pielietojuma īpatsvars pasaules tirgū (%) [13].

## 1.7 Industriālo kaņepju iespējamie pielietojumi

Kaņepēm ir samērā daudz iespējamo pielietojumu (1.15. att.), un daudzi ir vēl izpētes sākumstadijā ar attīstības iespējām nākamajos gados [34].



**1.15. attēls.** Industriālo kaņepju pārstrādes un ražošanas procesu produkti, blakusprodukti [35]

Ja industriālo kaņepju ražošana pieaugtu un to izmaksas samazinātos, lai kļūtu konkurētspējīgākas ar bērza un priedes celulozi, industriālās kaņepes varētu izmantot papīra ražošanā [103]. No kaņepes var ražot augstākās kvalitātes papīru nekā koksnes, un tā rezultātā tiek samazināta mežu izciršana [104].

Kaņepes tuvākajos gados varētu atkal atgriezties tekstilrūpniecībā, jo kokvilnas ražošanu var veikt tikai subtropiskā vidē un tai ir nepieciešams liels ūdens daudzums, savukārt kaņepes var audzēt praktiski jebkur, kur ir maz ūdens, ja tāds ir [105]. Ir pierādīts, ka kaņepes ir ekonomiski konkurētspējīgas ar kokvilnu, nodrošinot ilgtspējīgu alternatīvu, kurai nav nepieciešami ne insekticīdi, ne pesticīdi, un kurai ir vajadzīgs ievērojami mazāk sējplatības nekā kokvilnai [96]. Kaņepēm ir arī potenciāls biokompozītu rūpniecībā, kur tās var rentabli izmantot, lai radītu antibakteriālu, bioloģiski noārdāmu iepakojumu [89]. Tāpat izolācijas materiāliem var izmantot kaņepju biokompozītus [88]. Kaņepju-kaļķa betons ir labs piemērs

šādam pielietojumam, kur kompozīts, kas izgatavots no kaņepju spaļiem un kaļķa, tiek izmantots kā pildījums, izolācija, apmetums vai kā ēku sienu izbūvei. Kaņepju-kaļķu betons izceļas ar daudzām vēlamām īpašībām, piemēram, ir viegls un elastīgs, un darbojas kā mitruma buferis [88]. Kaņepju pirolīzes produktus, piemēram, biokokogles, var izmantot degvielas maisījumos. Tomēr gan bioeļļai, gan biokokogļēm ir svarīgi ar degvielu nesaistīti pielietojumi, kas tomēr nav pilnībā izpētīti. Bioeļļu var izmantot, lai ražotu daudzus polimērus [109], biokompozītus [[107], sveķus [108]], oglekļa nanostruktūras [109] un daudzas rūpnieciski nozīmīgas ķīmiskas vielas [110]. Kaņepju biokokogles ir lielisks materiāls aktīvās ogles ražošanai [111], vērtīgs materiāls ar daudziem rūpnieciskiem lietojumiem [112]. Bioogles var izmantot arī kā spēcīgu mēslojumu [113], adsorbentu [114], kā metodi CO<sub>2</sub> sekvestrācija [115] un pildviela tādos materiālos kā betons [116]. Katrs no šiem lietojumiem izmanto unikālus procesus, no kuriem daudzi rada produktus, kas arī ir noderīgi [34].

Industriālo kaņepju pārstrādes un ražošanas procesu blakusprodukti un atkritumi atstāj iespēju tālākai to izmantošanai. Kaņepju apstrāde šķiedru iegūšanai pēc ražas novākšanas rada līdz pat 33 % atlikumvielas kaņepju putekļu veidā, ko var izmantot, lai radītu daudzus vērtīgus produktus, tostarp biodegvielu, izmantojot tādus procesus kā pirolīze, kas biomasu sadala noderīgākā formā [117]. Anaerobā pārstrāde, lai iegūtu bioetanolu no kaņepēm, rada pārstrādes atlikumus biokompostu, ar kuru var mēslojot gan kaņepes, gan citas kultūras [118]. Pēc kaņepju sēklu eļļas ekstrakcijas no sēklām atlikušo materiālu, kas pazīstams kā sēklu rauši, var izmantot kā dzīvnieku barību ar augstu olbaltumvielu saturu [98] vai kā biomasas izejvielu ar enerģijas blīvumu 17 MJ kg<sup>-1</sup> [34].

## 1.8 Bioenerģija no industriālajām kaņepēm

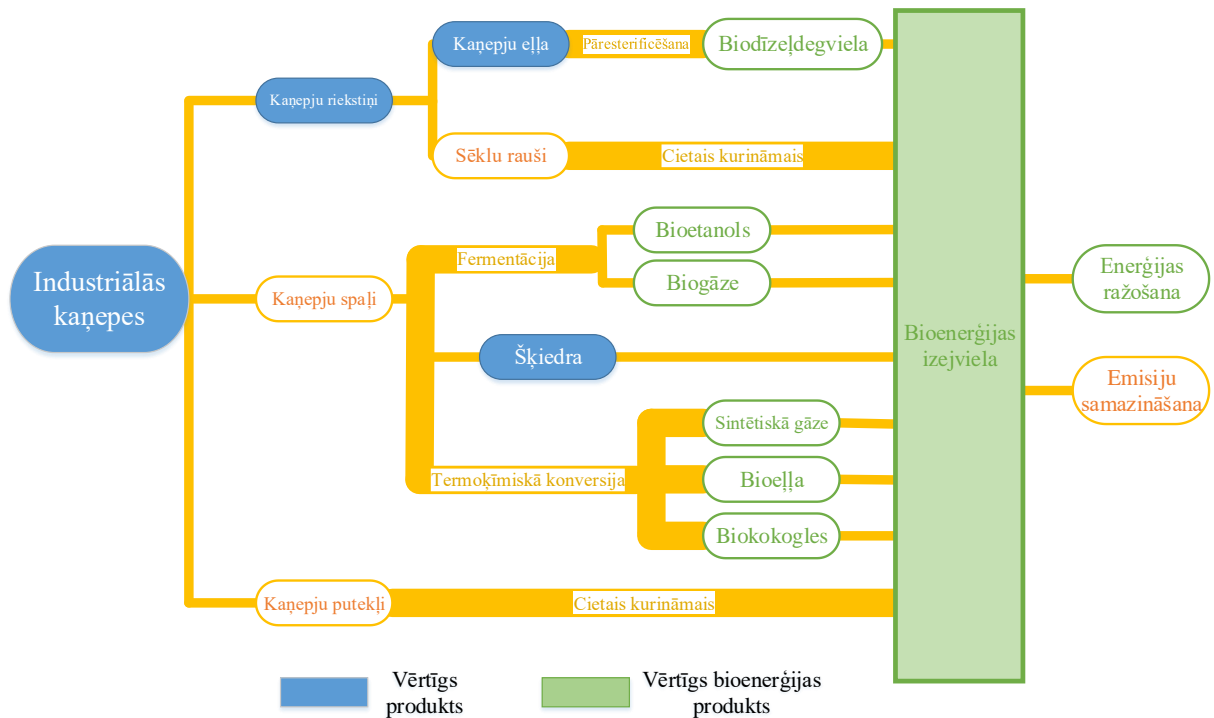
Industriālās kaņepes tiek uzskatītas par piemērotu izejvielu bioenerģijas vajadzībām, ņemot vērā to augsto biomasu [103] un enerģijas ieguves apjomu salīdzinājumā ar citām biomasas izejvielām, piemēram, graudaugu biomasu [92].

Industriālās kaņepes ir ļoti daudzsološas bioenerģētikā, jo īpaši tās daudzpusības dēļ. Līdzās citu vērtīgu produktu ieguvei var darboties vairākas enerģijas ražošanas metodes. Kaņepju sēklu eļļu var ražot kopā ar bioetanolu [94] un tādējādi ar biodīzeļdegvielu [121] un sēklu raušiem [86], kā arī metānu [91]. Daudzsološa ir arī biokokogļu un citas bioenerģijas kopražošana [155]. Kopražošanas procesi ir gan efektīvāki, gan ienesīgāki, demonstrējot ievērojamu potenciālu.

Pirolīze ir process, kas vēl ir ievērojami jāīsteno komerciālā mērogā, lai gan tas ir ļoti perspektīvs [156]. Šajā procesā varētu izmantot kaņepju biomasu, tādējādi uzlabojot rentabilitāti citiem lietojumiem, piemēram, šķiedrām, kas rada biomasas atkritumus.

Piemēram, Kanādas valdība ir veikusi pasākumus, lai atbalstītu bioenerģiju, jo īpaši lignocelulozes izejvielas bioetanolā ražošanai [134]. Tā rezultātā kaņepes, iespējams, gūs lielāku atbalstu, kā tas ir bijis agrāk, jo īpaši tāpēc, ka tas ir īpaši labs CO<sub>2</sub> sekvestrācijai, kas sakrīt ar nesen ieviesto oglekļa nodokli.

Daudzie kaņepju pielietojumi bioenerģijas nozarē, no kuriem daudzi ir zinātniski un praktiski apliecināti parādīti 1.16. attēlā [92, 34].



1.16. attēls. Industriālo kaņepju bioenerģijas ražošana [34]

### 1.9 Šķidrās biokurināmais

Šķidrās biokurināmais, kas iegūts no industriālās kaņepēm, parasti tiek radīts pārveidošanas procesos, piemēram, pāresterificēšanā, biomasas anaerobā sadalīšanās un pirolīzē [119]. Industriālo kaņepju produkti un pārveidošanas procesi, kas izmantoti šo degvielu radīšanai, ir redzami 1.16. attēlā. Šīs biodegvielas bieži tiek sajauktas ar tradicionālajām degvielām, piemēram, dīzeļdegvielu un benzīnu, lai veidotu degvielas maisījumus [120]. Atjaunojamās degvielas maisījumu mandāti pastāv vairākās valstīs, kas prasa minimālu atjaunojamās degvielas saturu benzīnos un dīzeļdegvielās, ko pārdod šajās valstīs. Tā rezultātā pieprasījums pēc šādām biodegvielām ir uzticams, novērtējot šķidro biodegvielu kā svarīgu daudzu enerģijas kultūru, tostarp industriālo kaņepju, produktu.

Biodīzeļdegvielu pārveido, pāresterificējot vai esterificējot dabiskās eļļas, un tā nodrošina tiešu dīzeļdegvielas maisījumu aizstājēju vai piedevu, aizstājot fosilo degvielu ar atjaunojamu alternatīvu. Šķiet, ka kaņepes ir pieņemams biodīzeļdegvielas avots, sasniedzot ziņoto 75.9% konversijas līmeni no kaņepju sēklu eļļas uz biodīzeļdegvielu, izmantojot kālija hidroksīda katalizatoru [121], kas ir salīdzināms ar daudzām citām eļļām, lai gan dažas no tām pārspēj vairāk nekā 95% konversijas [122]. Tomēr citur tika ziņots, ka kaņepju sēklu eļļa sasniedz pat 97% konversijas līmeni, kas liecina, ka kaņepju sēklu eļļu var efektīvi izmantot biodīzeļdegvielas ražošanai [93]. Salīdzinošiem nolūkiem 2. tabulā ir parādītas dažas galvenās biodīzeļdegvielas īpašības no vairākiem kultūraugiem, tostarp kaņepēm [93, 123, 124, 125, 126, 127].

ASTM specifikācijas, kas uzskaitītas 1.2. tabulā, apraksta vēlamās īpašības dīzeļiem: zems sēra saturs nodrošina, ka SO<sub>x</sub> emisijas ir zemas [128], augsta uzliesmošanas temperatūra palielina degvielas drošību un stabilitāti [129], un kinemātiskajai viskozitātei jābūt ASTM diapazonā, lai to būtu iespējams izmantot iekšdedzes dzinējos. Kā redzams 1.2. tabulā, kaņepju biodīzeļdegviela izceļas ar 53% zemāku sēra saturu nekā citu uzskaitīto biodīzeļdegvielu vidējais rādītājs, kas ir krietni zemāks par ASTM prasībām, kā arī ar 10% augstāku uzliesmošanas temperatūru un kinemātisko viskozitāti, kas ērti atrodas vēlamajā diapazonā. To raža no hektāra ir par 62% augstāka nekā vidēji uzskaitītajām kultūrām, lai gan tā ir zemāka nekā eļļas palmām, lai gan kaņepēm ir zemi audzēšanas izdevumi. Kaņepju biodīzeļdegvielai ir potenciāls būt ekonomiski konkurētspējīgai ar citu dīzeļdegvielu, izmantojot tās



blakusproduktus, jo kaņepju biodīzeldegvielas ražošanai ir nepieciešama kaņepju sēklu eļļa, bet kaņepju stiebi un atlikušās sēklas ir izmantojamas citiem mērķiem [121]. Vēl viena iespēja ražot šķidro degvielu no industriālajām kaņepēm pārstrādājot kaņepju bioeļļu. Kaņepju bioeļļu, ko ražo pirolīzes ceļā, varētu izmantot ar ogļūdeņražiem bagātu šķidrā kurināmā ražošanai, uzlabojot hidrodeoksigenāciju [130]

1.2. tabula

No dažādām biomasām ražotās biodīzeldegvielas apjoms un galvenās īpašības [34]

Kultūra	Kurināmā apjoms (l ha <sup>-1</sup> )	Sēra saturs (ppm)	Uzliesmošanas temperatūra (°C)	Kinematiskā viskozitāte 40°C temperatūrā (mm <sup>2</sup> /s)
Kaņepju	784	0.4	162	5.13
Eļļas palma	871	10 (maks.)	175	4.43
Rapsis	386	2.4	96	4.37
Sojas	210	1.1	138	3.15
Kukurūza	170	–	180	4.6
Aļģes	–	0.06–0.19	130	5.7
ASTM specifikācijas	–	15 maks	130 min	1,9–6,0

Industriālajām kaņepēm ir daudzsološs bioetanola ražošanas potenciāls, pateicoties augstajam celulozes un zemajam lignīna saturam [131]. Kaņepes ražo līdzīgu bioetanola apjomu kā kenafa (*Hibiscus cannabinus*), klūdziņprosa (*Panicum virgatum*) un sorgo (*Sorghum*), bet izceļas ar lielāku rentabilitāti, kopīgi ražojot graudus [94].

### 1.10 Gāzveida kurināmais

Kā redzams 1.16. attēlā [34], industriālās kaņepes var pārvērst gāzveida degvielā, tostarp biogāzē. Lai optimāli ražotu biogāzi, kaņepes vislabāk novākt no septembra līdz oktobrim, kad to biomasas sausna ir visaugstākā, kā noteikts ziemeļu, aukstā klimatā [137]. Kaņepēm ir salīdzinoši zema konversijas efektivitāte biogāzes ražošanā, bet tās ražo augstākas kvalitātes produktus salīdzinājumā ar citām kultūrām, piemēram, kukurūzu un cukurbietēm [138]. Turklāt kaņepēm ir zems enerģijas patēriņš, mazāk nekā cukurbietēm, kukurūzai, tritikālei un kviešiem, ja tās mēslo ar minerālmēsliem un digestātu [100]. Neskatoties uz šīm īpašībām, kaņepju biogāzei salīdzinājumā ar citām biogāzes kultūrām ir salīdzinoši zema ekonomiskā dzīvotspēja, pateicoties tās zemajai metāna konversijas efektivitātei [118] un mēslošanas līdzekļu pieprasījumam [100]. Tāpēc kaņepju izmantošana biogāzes ražošanai būtu jāsteno tur, kur ir pieejams digestāts, vēlamā kā blakus produkts.

Lignocelulozes biomasu, piemēram, kaņepes, var izmantot bioūdeņraža ražošanai [139]. Kanādas pētījumā, izmantojot kaņepju atliekas, kas iegūtas no Emerson Hemp Distribution Company, tika pētīts šī atlikuma potenciāls izmantošanai par izejvielu bioetanola un bioūdeņraža ražošanai [99]. Pētījums parādīja, ka pēc lignīna, hemicelulozes, pektīnu un vaska atdalīšanas no kaņepju atlikumiem palika celuloze, ko varēja izmantot kā izejvielu bioetanola un bioūdeņraža ražošanai [99]. Kaņepju bioeļļu varētu izmantot arī bioūdeņraža ražošanai, izmantojot tvaika riformingu [140].

### 1.11 Cietais kurināmais

Kaņepju cietā biodegviela ir dažādās formās, piemēram, briķetes, granulas un bioogles, ko var izgatavot no daudziem cietajiem industriālo kaņepju produktiem, kas parādīti 1.16. attēlā [131]. Briķešu un granulu priekšrocība ir tā, ka tām ir nepieciešama neliela apstrāde, un tās var

pārdot uz vietas apkures vajadzībām [141]. Cietā kurināmā ražošanu no kaņepēm vislabāk var panākt, ja kaņepes novāc no februāra līdz aprīlim, kad biomasas mitruma saturs ir zems [101]. Cietajai kaņepju biodegvielai ir visaugstākais enerģijas ieguvums, salīdzinot ar citām kaņepju biodegvielām, piemēram, biogāzi un šķidro biodegvielu, jo tā nekādā veidā nav atdalīta [138]. Cietā kurināmā enerģijas ieguvums no industriālajām kaņepēm ir ļoti augsts, aptuveni 100 GJ/ha/gadā [141], kas ir pārāks par lucernu un āboliņa zāli, bet zemāks par cukurbietēm un kukurūzu, no kurām katra ir konkurējoša enerģijas kultūra. Zemās prasības kaņepju audzēšanai ļauj tai būt konkurētspējīgai ar augstākas ražas kultūrām, un kaņepju daudzpusība paver daudzas iespējas kopprodukcijai.

Biokogles ražo no biomasas, piemēram, tām, kas iegūtas no industriālajām kaņepēm, kurām veikta pirolīze. Kaņepju bioogles var izmantot kā degvielu [142], mēslojumu [113] un kā papildinājumu daudziem produktiem, piemēram, betonam [116], lai uzlabotu īpašības un piesaistītu oglekli [115]. Biokogles kurināmajam vislabāk izmantot līdzsadedzināšanas sistēmā kopā ar citiem tradicionālajiem kurināmajiem, piemēram, oglēm, jo tas palielina kopējo procesa efektivitāti [143]. Turklāt šādā procesā tiek samazināta potenciāli toksisko elementu (PTE) iztvaikošana, tādējādi samazinot vides toksicitātes risku. Līdzsadedzināšanas procesā tiek samazinātas daudzas kaitīgas emisijas, tostarp SEG [142]. Pieejamie dati liecina, ka no industriālajām kaņepēm iegūtā biokogle varētu kalpot kā efektīvs risinājums, lai mazinātu kaitīgās emisijas, ko rada fosilā kurināmā sadedzināšana. Turklāt šai pieejai ir papildu priekšrocība, ka, papildinot ar šo biokogli jau izmantojamo kurināmo, tiek efektīvāk izmantota esošā infrastruktūra.

## 1.12 Ekonomiskie ieguvumi

Kanādā veiktie pētījumi apliecina, ka industriālo kaņepju ražošanas pieaugumam ir daudz potenciālu ekonomisku ieguvumu, un paredzams, ka tas palielinās ekonomiku, radot jaunas darbavietas [144]. Industriālās kaņepes ir ievērojami izdevīgākas audzēšanā, ja tās realizē kā riekstiņus un bioetanolam nekā līdzīgas kultūras [94]. Faktiski kaņepes Kanādā ir izdevīgākas ar ievērojamu ieņēmumu starpību, un tiek lēsts, ka ieņēmumi ir 2632 USD ha<sup>-1</sup>, salīdzinot ar 908 USD ha<sup>-1</sup>, 803 USD ha<sup>-1</sup> un 1725 USD ha<sup>-1</sup> attiecīgi par kenafa (*Hibiscus cannabinus*), klūdziņprosu (*Panicum virgatum*) un sorgo (*Sorghum*) ar līdzīgiem augšanas apstākļiem [94]. Kaņepes arī labi iederas augsekas ciklos, uzlabojot augsnes apstākļus, un papildina citas kultūras [145]. Papildus ekonomiskais ieguvums ir no kaņepju izmantošanas bioenerģijas un citu atjaunojamo resursu ražošanā, jo, piemēram, vēja un saules enerģijas ir nestabilas, un tās ir jāpapildina, lai apmierinātu ikdienas un sezonas pieprasījuma svārstības [146]. Biodegvielas sadedzināšanas iekārtas var novērst šīs nepilnības, nodrošinot elastību [147]. Līdzīgā veidā industriālo kaņepju audzētāji var viegli pielāgot savu kaņepju kultūru platību, lai apmierinātu pieprasījumu, jo augs ir viengadīgs, un tāpēc tam ir nepieciešami mazāki sākotnējie ieguldījumi nekā daudzgadīgajiem augiem [102]. Ar zemākiem sākotnējiem ieguldījumiem izredzes pievienoties augošajam industriālo kaņepju tirgum kļūst ekonomiski pievilcīgākas [148]. Visbeidzot, biogāzes stacijas ir ekonomiski konkurētspējīgas energoapgādes ārpuslauku apvidos, kas pētītajos gadījumos ir pārākas par saules paneļu sistēmām [149].

Galvenā kaņepju biomasas priekšrocība salīdzinājumā ar konkurējošām kultūrām ir tā, ka tai otrās paaudzes izejvielas statuss. Otrās paaudzes biodegvielas parasti netiek ražotas no pārtikas kultūrām, bet, gan izmantojot progresīvus procesus, piemēram, biomasas pārvēršanas šķidrā veidā procesu, kurā biomasu tiek pārvērsta par biodegvielām, piemēram, benzīnu un petroleju, izmantojot Fišera-Tropša sintēzi, vai hidrolīzi citām degvielām, piemēram, bioūdeņradim, ko iegūst no tādām biomasas formām kā lignoceluloze [149]. Pārtikas kultūraugu izmantošana biodegvielas ražošanai ir pretrunīga, un ir pierādīts, ka tā rada konkurenci starp pārtikas un degvielas cenām [85]. Piemēram, ASV kukurūzas izmantošana bioetanolā ražošanā tika vainota kukurūzas cenas palielināšanā [85]. Turklāt pašā Parīzes nolīgumā ir uzsvērts, ka emisiju samazināšanai jānotiek tā, lai neapdraudētu pārtikas ražošanu [82]. Kaņepes ir lielisks

kultūraugs kopprodukcijai un papildina citas pārtikas kultūras augsekā; Tāpēc maz ticams, ka kaņepju ražošana būtiski ietekmēs pārtikas cenas.

### 1.13 Ieguvumi videi

Industriālajām kaņepēm ir potenciāls sniegt daudzus ieguvumus videi [102]. Kaņepju ražošanas palielināšana veicinātu visus ieguvumus, kas saistīti ar fosilā kurināmā izejvielu aizstāšanu ar biomasu, tostarp samazinot SEG emisijas un piedāvājot ilgtspējīgu enerģijas avotu [150].

Kaņepju izmantošana betona rūpniecībā ir spēcīgs piemērs kaņepju ieguvumiem videi. Kaņepju-kaļķa (KK) betonam ir zems enerģijas patēriņš jeb materiāla kopējais dzīves cikla enerģijas patēriņš. [88]. KK darbojas kā izolators, uzlabojot klimata kontrolēto ēku efektivitāti, kas ir pārāka par tradicionālajiem betona blokiem. Vēl viens KK ieguvums videi ir oglekļa sekvestrēšana, ko nodrošina tā materiāli: kaņepes noņem ievērojamu daudzumu CO<sub>2</sub> augšanas fāzē, un kaļķis to panāk arī ar savu sacietēšanas procesu [88]. Šīs divas metodes ļauj KK uzskatīt par oglekļa negatīvu materiālu [88]. Izolācijas materiāli un biokompozīti, tostarp KK, kuros izmantots dabīgs materiāls, piemēram, kaņepes, piedāvā labāku ilgtspējību salīdzinājumā ar parastajiem produktiem [90], lai gan kaņepju biokompozīti prasa ievērojami vairāk pētījumu, lai tos izmantotu lielākajā daļā strukturālo lietojumu [151].

Industriālās kaņepes dod ekonomisku labumu lauksaimniekiem, uzlabojot augsnes apstākļus augsekā [145]. Papildus šim ieguvumam parauglaukumu bioloģiskās daudzveidības palielināšanai, iekļaujot ražošanā industriālās kaņepes, varētu būt tik tālejoši ieguvumi kā nitrātu līmeņa samazināšana gruntsūdeņos, lielāka oglekļa piesaiste augos un kaitēkļu un slimību samazināšana citos kultūraugos [152]. Kaņepēm ir priekšrocības salīdzinājumā ar līdzīgām kultūrām, jo tām ir augstāks SEG samazinājums (attiecīgi par 140 % un 540 % lielāks nekā rapšiem un cukurbietēm) ar līdzīgu ražu [102], un tās var samazināt mežu izciršanu [153]. Kaņepes var apstrādāt arī ar pirolīzes palīdzību, citu produktu starpā ražojot biokokogles; Biokokogles var piesaistīt oglekli, tās var izmantot piesārņotāju filtrēšanai [114], kalpo kā lielisks mēslojums un var tikt izmantotas degvielas maisījumos [92].

Kanādā kaņepju audzēšana joprojām ir nišas kultūras līmenī, un nedaudz tā atpaliek piemēram, no rapša un vasaras kviešiem [154], tādējādi tā negūst labumu tām infrastruktūrām ir galvenajām kultūrām, piemēram, kukurūzai, kviešiem un rapsim. Ja ražošanas apjomi pieaugs, līdz ar to pieaugs infrastruktūras attīstība.

### 1.14 Perspektīvie pētījumi

Papildus industriālo kaņepju pētījumi ir nepieciešami, lai sasniegtu vislielākos ekonomiskos un vides ieguvumus, ko var piedāvāt industriālās kaņepes. Tā kā kaņepēm ir plašs pielietojums, industriālo kaņepju blakus produktu veidi ir viegli pieejami, lai gan blakus produkts sastāvs vēl nav labi zināms. Piemēram, atkritumi no CBD ieguves varētu izrādīties liels izejvielu piedāvājums, ņemot vērā lielo un augošo CBD tirgu. Tādiem lietojumiem kā termokīmiskā pārveidošana un anaerobā pārstrāde informācija par sastāvu ir vērtīga, un tā ļautu optimizēt blakus produkta izmantošanu, izvēloties pareizos procesus, pamatojoties uz blakus produkta sastāvu. Alternatīvi varētu pētīt šo materiālu veiktspēju šajos procesos, piedāvājot tiešu informāciju par to dzīvotspēju kā izejvielām.

Otrs svarīgs pētījuma temats ir dekortikācijas procesu pilnveidošana, lai no auga iespējami efektīvi atdalītu kaņepju šķiedras. Pašreizējie dekortikācijas procesi ir ekonomiski nepraktiski vai nav pierādīti, tāpēc stiebrī, kas iegūti kaņepju sēklu audzēšanā, šķiedras ražošanai lielākoties nav ekonomiski dzīvotspējīgi [87]. Pētniecību, kas vērsta uz jauniem procesiem, varētu uzlabot, ļaujot efektīvāk ražot šķiedru un riekstiņus, tādējādi palielinot rentabilitāti. Tā kā industriālās kaņepes ir noderīgas daudzās bioenerģijas un bioproduktu lietojumos un jo īpaši kopražošanā, kaņepju poligenerācijas procesi varētu izrādīties ienesīgi.

Šo procesu iespējamības izpēte kaņepēm, izmantojot procesu simulācijas un optimizācijas rīkus, varētu ļaut nākotnē attīstīt efektīvus, ilgtspējīgus poligenerācijas procesus [157].

Jebkura produkta ekonomika ir svarīga tās izmantošanai rūpniecībā, un industriālās kaņepes nav izņēmums. Tehniski ekonomiskais novērtējums sniegtu būtisku informāciju investoriem, piedāvājot iespēju vislabāk izmantot kaņepes, un iespējamās kaņepju pārstrādes tehnoloģijas rūpniecībā. Tāpat arī industriālo kaņepju biodeģvielas gūtu lielu labumu no dzīves cikla novērtējuma pētījumiem. Bioetanola un biodīzeļdeģvielas ražošanas ietekme uz vidi, jo īpaši SEG emisijas, ir īpaši svarīga audzētājiem, jo vispārliciecināmais arguments par labu biodeģvielu izmantošanai ir to samazinātās SEG emisijas. Dati par kaņepju biodeģvielām parādītu kaņepju pārākumu pār fosilā kurināmā alternatīvām un ļautu veikt uz pētījumiem balstītas politikas izmaiņas, veicinot biodeģvielas izmantošanu [34].

## 2. Kaņepju novākšanas tehnika

Tehnikas tirgū ir ienācis samērā jauns dalībnieks - uzņēmums Hyler, kas koncentrējas uz kaņepju un linu novākšanas kombainu un ķīpu prešu ražošanu.

Pamatā firma Hyler specializējas novatorisku hibrīdu un lauksaimniecības mašīnu izstrādē un ražošanā šķiedru kultūru pārstrādei. Hyler atšķiras no pašreizējiem ražotājiem ar inovatīviem koncepcijas risinājumiem, koncentrējoties uz mašīnu maksimālu efektivitāti.

Galvenās nozares, kurās firma Hyler specializējas ir linu, kaņepju, miskantes, zāles un salmu novākšanu, plānota arī linu audzēšanas mašīnu ražošana.

### Hyler Sativa FL20 [36]

Modelis Hyler Sativa FL20 - garšķiedru kaņepju novākšanas mašīna. Ražas novākšanas laikā automātiski pielāgojas augu augstumam līdz 3,2 metriem. Darba ražīgums modelim "Sativa FL20" ar 18 m<sup>3</sup> tvertni aptuveni 2 ha h<sup>-1</sup>. [41].



2.1. attēls. Garšķiedru kaņepju novākšanas mašīna, modelis Hyler Sativa FL20

Tehniskie parametri:

Masa, t	5.0
Darba platums, m	2.60
Maksimālais augu garums, m	3.50

### Hyler Sativa FS20

Modelis **Hyler Sativa FS20** ir uzlabots linu/kaņepju novākšanas kombains novākšanai. Izmantotās inovatīvās tehnoloģijas palielina šīs mašīnas efektivitāti un samazina ražas novākšanas procesa darbietilpību. Mašīna ir aprīkota ar funkciju, kas ļauj tai pārvietoties pa kaņepju/linu laukiem ar palielinātu ātrumu. Sensoru sistēma automātiski nosaka kaņepju/linu rindas parametrus un pielāgo darba ātrumu un pļaušanas augstumu, lai nodrošinātu optimālus ražas novākšanas rezultātus. Tādējādi līdz minimumam tiek samazināts izlaisto augu skaits un līdz minimumam samazināti kultūraugu bojājumi [36].



**2.2. attēls.** Linu/kaņepju novākšanas kombains novākšanai

**Sativa FS20 tehniskie parametri**

Masa, t	3.0
Darba platums, m	2.6
Darba ražīgums aptuveni, ha h <sup>-1</sup>	3.0

**Easy-Turn 113A linu un kaņepju vālu apvērsejs [37]**

Modelis **Easy-Turn 113A** linu/kaņepju vālu apvērsejs raksturojas ar augstu darba ražīgumu un manevrētspēju uz lauka. Apvērš linu/kaņepju vālus ar stiebru garumu līdz 1.4 metriem.



**2.3. attēls.** Linu/kaņepju vālu apvērsejs, modelis Easy-Turn 113A

**Tehniskie parametri**

Priekšējo riteņu gareniskā balstiekārta + pacelājs  
Hidrauliski regulējams pacelāja riteņa augstums  
Transporta ātrums līdz 30 km h<sup>-1</sup>  
Motors Kubota 55kW/76 ZS bez AdBlue saskaņā ar V līmeņa prasībām  
Degvielas patēriņš ≈ 4 l h<sup>-1</sup> (135 litru tvertne)  
Augstums ≈ 240 cm; smaguma centrs ≈ 55 cm; klīrenss ≈ 35 cm  
ABS bremzes + dinamiskās drošības bremzes  
Vilces kontrole (ASR)

Elektroniskā stabilitātes programma (ESP)  
Salona gaisa kondicionēšanas  
Aizmugurējā kamera  
Kruīza kontrole  
Aizsprotojumu noteikšana  
Grozāms pacēlājs.

#### **Hylar Lupus HB12.9 kaņepju un linu prese [38]**

Agregatējas ar 150 ZS jaudas traktoru.  
Darba platums 8.40 m, savācējmehānisms hidrauliski salokāms.



**2.4. attēls.** Kaņepju / linu prese, modelis Hylar Lupus HB12.9

#### **CleanCut heders [39]**

Paredzēts blīvi augošu kaņepju pļaušanai un masas transportēšanai kravas automašīnā, piekabē vai izklāšanai uz lauka vālā, saglabājot kaņepju kvalitāti. Nogrieztais materiāls nonāk uz lentas konveijera un tiek transportēts tālāk savākšanai. Nogrieztā materiāla transportēšana notiek hedera labajā pusē.



**2.5. attēls.** Uz frontālā iekrāvēja uzkarināms kaņepju pļaušanas heders, modelis CleanCut

#### **Kaņepju novākšanas agregāts CleanCut heders**

Kaņepju novākšanas agregāts CleanCut hederus var uzstādīt uz traktora frontālā iekrāvēja. Montāžas kronšteinus un citus komponentus var piemērot 150 ZS vai jaudīgākiem traktoriem, un, ja traktora hidrauliskā jauda neatbilst CleanCut prasībām, var izmantot arī jūgvārpstu darbināmu hidrauliku.

2.1. tabula

**Kaņepju novākšanas hederu CleanCut modifikācijas [39]**

CleanCut aptuvenie budžeta izceļojumi un specifikācijas							
Modelis	Sākotnējā Cena [USD]	Ļaušanas platums, m	Traktora jauda, min. [ZS]	Masa, kg	Ražīgums, maks. [acre/hr]	Atstatums starp augiem, cm	Montāžas daļu komplekts [USD]
8550	96,400	2.59m	150	1,814	5	5-142	+4,900
1550	96,400	4.57m	210	2,268	7	5-183	+6,400
1850	99,000	5.49m	300	2,404	8	5-183	+7,200



2.6. attēls. Clean Strip Bud Stripping kaņepju novākšanas agregāts [41 a]

Kaņepju novākšanas agregāta **Clean Strip Bud Stripping** darba ražīgums ir līdz 10 hektāriem stundā, nopļaujot sēklas daļu - līdz pat 90% samazinot ar ražas novākšanas roku darbu un ņaušanas izmaksas. Atstājot aiz sevi stiebrus, līdz pat 80% samazinās materiālu daudzums, kas nonāk žāvēšanas procesos. Piekabe GrassHopper - lielgabarīta piekabe sēklas daļas savākšanai, piekabe ir speciāli izstrādāta kaņepēm. [40]

**John Deere T660i kaņepju novākšanas kombains**

John Deere T660i kaņepju novākšanas 370 ZS kombains paredzēts atsevišķai sēklu daļas un stiebru novākšanai. Būtsiska ir kombaina cena - 500,000 EUR, bet lietota kombaina cena: ≈ 355,000 EUR.



2.7. attēls. Kaņepju novākšanas kombains, modelis John Deere T660i

**Fiber Cut ņaujmašīna ar izvirzāmo griezējamehānismu**

Modelis Fiber Cut uz traktora aizmugures uzkares piekabināma, hidrauliski darbināma, vairāklīmeņu segmentu ņaujmašīna ar regulējamu ņaušanas augstumu. ņaujmašīna ir speciāli izstrādāta kaņepju ņaušanai. Šīs mašīnas modulārā konstrukcija ir veidota tā, lai operators varētu ērti regulēt mašīnas ņaušanas griezējaparātu augstumu.





**2.8. attēls.** Pļaujmašīna ar izvirzāmiem varāku līmeņu griezējamehānismu  
Darba ātrumu līdz  $20 \text{ km h}^{-1}$ ;  
4 līmeņu griezējmehānismiem nepieciešamā minimālā jauda 140 ZS;  
3 līmeņu griezējmehānismiem, nepieciešamā minimālā jauda 120 ZS;  
2 līmeņu griezējmehānismiem, nepieciešamā minimālā jauda 100 ZS;  
1 līmeņa griezē mehānismam, nepieciešamā minimālā jauda 80 ZS [41].

#### **KP-4 Fiber Hemp Cutter kaņepju pļaujmašīna**

KP-4 kaņepju pļāvējs ievērojami palielina ražas novākšanas darba efektivitāti. Tā pilnveidotā asmeņu sistēma kaņepes sagriež īsās, ērti apstrādājamās daļās, kas ir būtiski, lai nodrošinātu vienmērīgu darbību visā sezonā.



**2.9. attēls.** Kaņepju pļāvējs KP-4 [42]

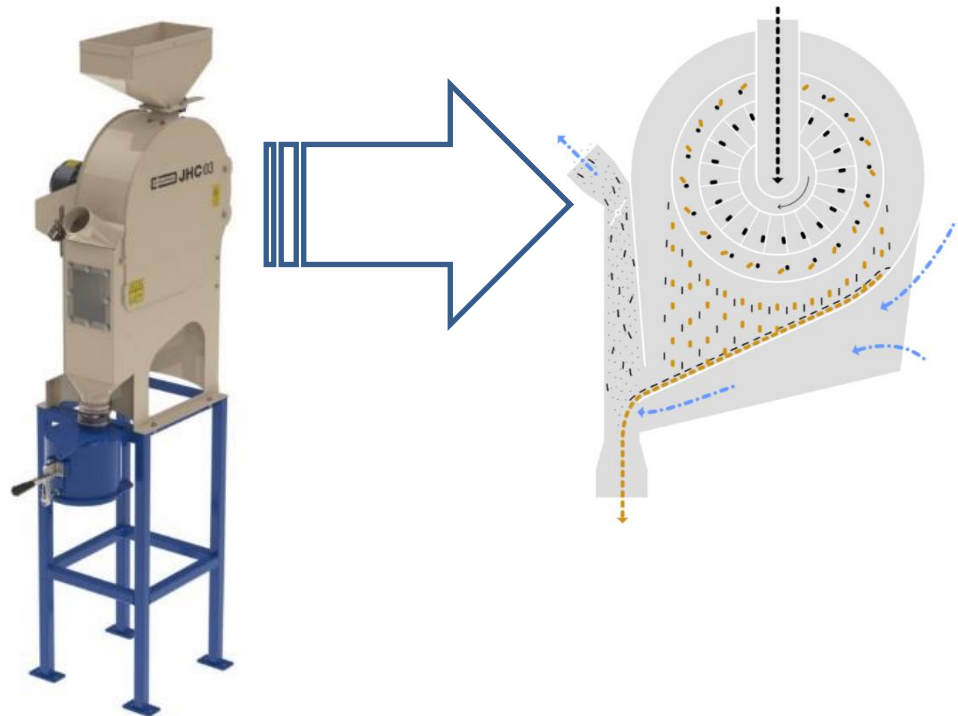
Pļaušanas darba ātrums ātrumu līdz pat  $20 \text{ km/h}$ , veidojot 2.8 metru platu joslu. Masa 4400 kg, darbināma ar 180 ZS traktors ar trīspunktu uzkari ar atbilstošu celtspēju. Tā darbojas ar četriem dažādā augstumā uzstādāmiem griezējmehānismiem, kas kaņepju stublājus nopļauj šķiedras pārstrādātāju rekomendētā, piemēram 60 cm, garumā. Darbināmo griezējmehānismu skaitu var samazināt. Pļāvēja aptuvenā cena - \$85,000.00 [43].

### 3. Kaņepju pārstrādes tehnika

#### 3.1 Kaņepju sēklu lobīšanas un atdalīšanas iekārtas

Sēklu kulšana un attīrīšana ir ļoti svarīga, lai nodrošinātu, ka riekstiņiem nepieliptu augu izcelsmes vielas. Augu vielu klātbūtne var mainīt eļļas ķīmisko sastāvu [44].

Mašīna ar triecienu atdala graudus no čaumalas. Maisījums izplūst no aspirācijas kanāla, kur kopā ar gaisu tiek izvadītas čaumalas un citi vieglie piemaisījumi. Gaisa no aspirācijas kanāla ir jāizvada, izmantojot centrālo aspirāciju, pārvietojamo aspiratoru vai atsevišķu ventilatoru ar ciklona separatoru vai filtru.



3.1. attēls. Mašīna JHC 03[45]

3.1. tabula

Mašīnas tips JHC tehniskie dati

Apstrādes ražīgums	t/h	0,3-1
Garums	Mm	735
Platums	Mm	570
Augstums (ar statīvu)	Mm	1260 (2270)
Jauda	kW	1,5
Masa, bez statīva	Kg	100

#### 3.2 Kaņepju eļļas ražošanas iekārta

Tradicionālā eļļas ieguves metode no jebkurām sēklām, ieskaitot kaņepju riekstiņus, kas ietver eļļas augu sēklu izspiedes iekārtu - skrūves presi. Pamatā tirgū pieejamaas ir divu veidu: nepārtrauktas darbības skrūves prese un pārtrauktās darbības skrūves prese ar pretzobiem. Šī augsnes spiešanas metode, ar kuru iegūst eļļu no sēklām un riekstiņiem, ļauj iegūt pēc iespējas tīrāku eļļu, jo eļļa tiek iegūta salīdzinoši zemā temperatūrā - ne augstākā par 50°C.

Kaņepju sēklu gadījumā - sēklu mitruma līmenim ir jābūt optimālam. Nepareiza riekstiņu uzglabāšana, kas izraisa pārāk augstu vai pārāk zemu mitruma līmeni, rada problēmas presēšanas procesā. Ja sēklās ir pārāk daudz mitruma, eļļa saistās ar ūdeni, un izspiešana ir

apgrūtināta. Ja riekstiņi ir pārāk sausi, ir nepieciešama spēcīgāka presēšana, kas var izraisīt augstākās temperatūras sliekšņa pārsniegšanu.

Faktiski viena no problēmām, ar ko saskaras izspiedējmašīnas, ir tā, ka, spiežot cietākas sēklas vai riekstus, tās var pārkarst. Daži uzņēmumi šīs problēmas risināšanai izmanto dzesēšanas šķidrumus. Izvēlēta eļļas spiešanas metode un arī sēklu kvalitāte ietekmē iegūtās eļļas kvalitāti.

Dažādām sēklām un riekstiņiem ir vajadzīgi dažādi presēšanas skrūvju veidi. Kļūda to izvēlē ietekmēs darbību. Vēl viens svarīgs faktors ir attāluma iestatīšana starp preses galvu un skrūves galu. Uzgaļa izmēram, ātrumam - tam visam ir jābūt atbilstošam, jo tam ir izšķiroša nozīme, lai saglabātu aukstās presēšanas metodē iegūtās eļļas kvalitāti.



3.2. attēls. Skrūves tipa prese YZS-85 Small Oil Press

3.2. tabula

Nepārtrauktas darbības skrūves tipa prese Hidrauliskā aukstās presēšanas prese [46]

Modelis	Ražīgums, kg h <sup>-1</sup>	Jauda, Kw/P	Kontūru izmēri	Masa, kg	Izmaksas, \$
YZS-85 Small Oil Press	60-80	5.5-7.5	120*400*900mm <sup>3</sup>	260	930
YZS-95 Small Oil Press	150-200	(7.5-11)-(10-15)	1600*700*1350mm <sup>3</sup>	530	
YZS-105 Small Oil Press	210-300	15-20	1850*700*1350mm <sup>3</sup>	580	
YZS-128 Small Oil Press	300-375	15-20	2000*800*1170mm <sup>3</sup>	720	
YZS-130 Small Oil Press	450-500	18.5-25	2010*800*1380mm <sup>3</sup>	820	
YZS-150 Small Oil Press	750-850	30-41	2180*790*1790mm <sup>3</sup>	1060	

### 3.3 Kaņepju dekortikators

Mazākām saimniecībām vai individuālām ražotnēm piemērots ir mazjaudas dekorators modelis FiberTrack 118, kas paredzēts mazākiem kaņepju pārstrādes apjomiem, kā arī pētniecības projektiem. Tajā izmantotas līdzīgas dekortikācijas metodes kā jaudīgākam modelim FiberTrack 660, lai no kaltētiem kaņepju stublājiem iegūtu tīru šķiedru [47].



3.3. attēls. Mazjaudas dekortikators FiberTrack 118 [47]

### Dekortikācijas iekārta FiberTrack 660

Dekortikācijas iekārtas modelis FiberTrack 660 – līdz ar dekortikāciju ļauj veikt materiālu papildu apstrādi, attīrīšanu, iepakojšanu maisos. Iekārtu var uzstādīt kā atsevišķu vienību sākotnējai testēšanai vai kā pilnībā automatizētu sistēmu. Dekortikācijas iekārtā koksainos kaņepju stublājus salauza 2-3 cm īsos gabalos, kurus satur šķiedra, tādējādi sagatavojot kaņepes tālākai apstrādei šķiedras ieguvei – kulstīšanai.



3.4. attēls. Kaņepju dekortikācijas iekārta Fiber Track 660 [48]

### 3.4 Kulstīšana iekārta

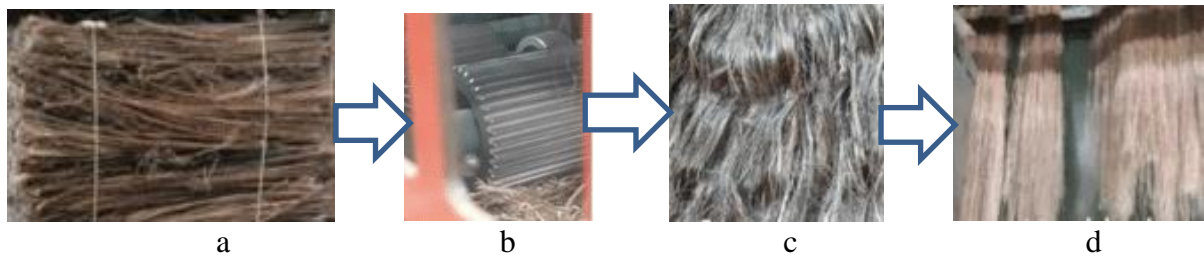
Kulstot dekorticētos stublājus tiek atdalīti koksainā stublāja īsie gabali – spaļi - no kaņepju šķiedras. Kulstīšanu var veikt gan ar rokāas instrumentiem, gan ar mehānizēti. Kulstīšanas procesa galarezultāts ir tīrāka kaņepju šķiedra, kas ir sagatavota tālākai pārstrādei vai izmantošanai dažādās rūpniecības nozarēs.



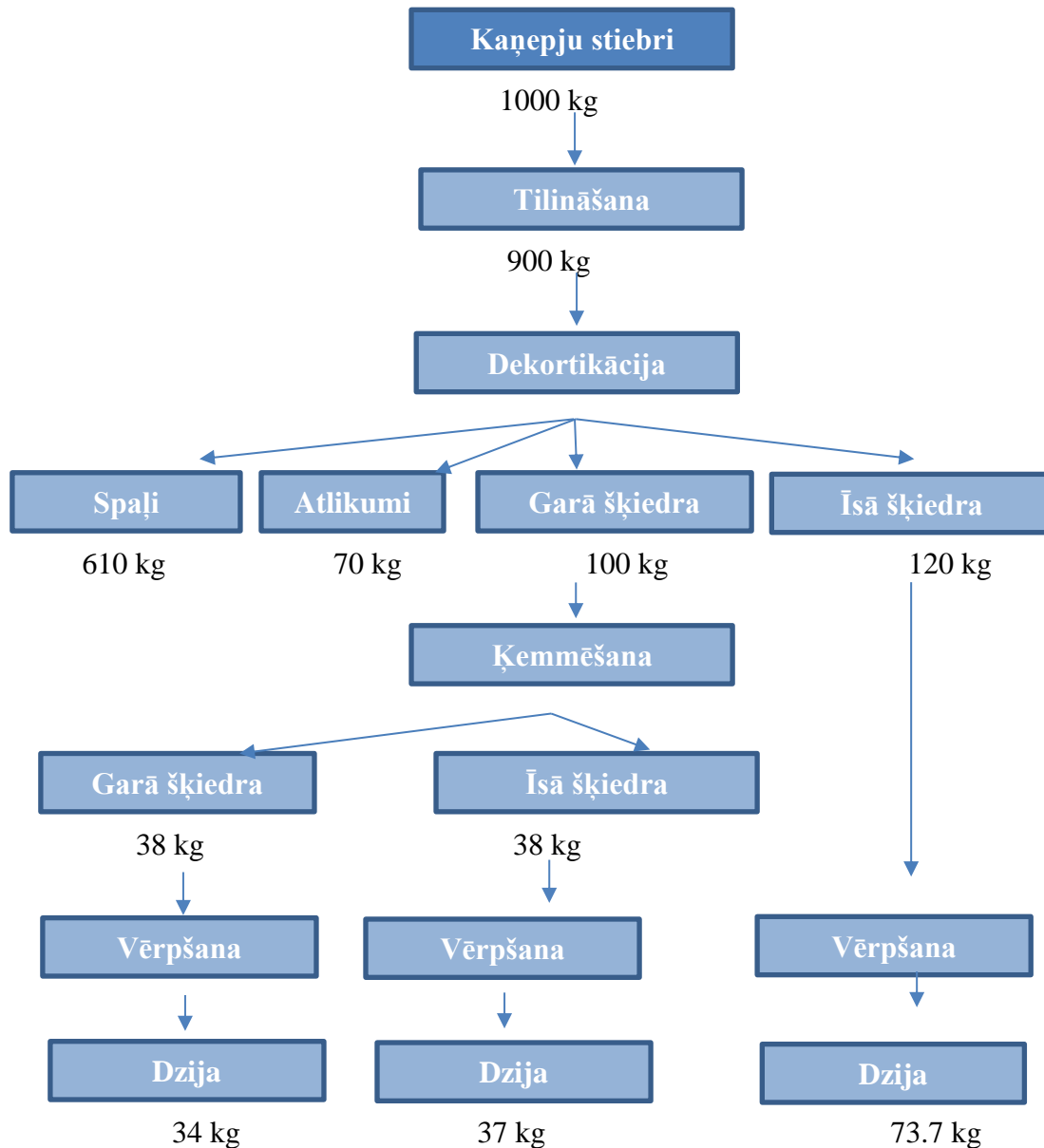
3.5. attēls. Kulstīšanas iekārta [49]

Pēc kaņepju šķiedras kulstīšanas tā tiek ķemmēta, izmantojot ķemmēšanas iekārtas. Šajā posmā garās šķiedras tiek paralēli izlīdzinātas. Šķiedras tiek izlīdzinātas vienā virzienā, kas palīdz izveidot spēcīgāku un viendabīgāku dziju vai diegu [50].

Pēc kulstīšanas seko ķemmēšana process, kura laikā šķiedras vairākkārt izvelk caur smalkām adatām, lai atdalītu atlikušās spaļu daļiņas un īsās šķiedras no garajām; Pēc tam garās šķiedras izlīdzina, izklāj vienu uz otras un apstrādā, veidojot nepārtrauktu, vijīgu auklas šķiedru vijumu. Šai šķiedrai tiek veikta neliela vērpsana, lai saglabātu konsekveni turpmākajās apstrādes operācijās, kas saistītas ar vērpsanu. Šādu ķemmētu šķiedrmateriālu pārvērš ķīpās [51].



**3.6. attēls.** Garās šķiedras ieguves process: a – stiebru izlīdzināšana; b – dekortikācija; c – kulstīšana; d – ķemmēšana. [52]



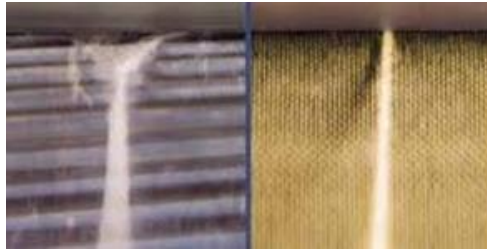
**3.7. attēls.** Pārskats par galvenajiem apstrādes posmiem un starpproduktiem dzijas izgatavošanai no šķiedras kaņepju stublājiem (salmiem). [51]

### 3.5 Kaņepju šķiedras vērpšanas mašīna

Šķiedru materiālu gredzenveida vērpšanas mašīnai piegādā grīstes veidā. Priekšdzijas šķiedras masu samazina ar caurvilkšanas ierīci. Ievietotā vērpē virzās atpakaļ un nonāk pie šķiedrām, kas iziet no vērpšanas ierīces. Šķiedras izvietojas viena ap otru koncentriskos

spirālveida ceļos. Normālie spēki, ar kuriem saskaras šķiedras, pastiprina saķeres spēkus starp šķiedrām un neļauj šķiedrām izslīdēt vienai gar otru zem sprieguma deformācijas. [53]

Kompaktā vērpsana ir process, kurā šķiedras pavediens pirms vērpsanas tiek sablīvēts. Tādējādi panākot tās lielāku izturību, kā arī dzijas vienmērīgumu.

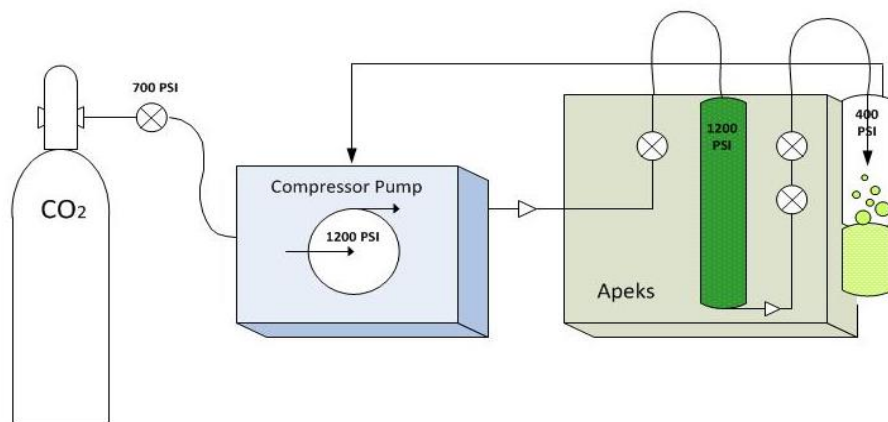


**3.8. attēls.** Gredzenveida vērpsana [54]

## 4 Ekstrakcijas iekārtas

### 4.1 CO<sub>2</sub> ekstrakcijas iekārtas

Kaņepju CO<sub>2</sub> ekstrakcijas iekārtas darbojas, izmantojot saspiestu oglekļa dioksīdu, lai no kaņepju auga iegūtu vēlamos savienojumus. Oglekļa dioksīds (CO<sub>2</sub>) tiek saspiests un atdzesēts līdz superkritiskam stāvoklim, tas nozīmē, ka tam piemīt gan šķidrums, gan gāzes īpašības. Superkritiskais CO<sub>2</sub> tiek izvadīts cauri kaņepju augu materiālam ekstrakcijas kamerā. Šādos apstākļos CO<sub>2</sub> darbojas kā šķīdinātājs, izšķīdinot vēlamos savienojumus (piemēram, kanabinoīdus) no augu materiāla. Pēc tam CO<sub>2</sub> un kanabinoīdu maisījumu pārnes uz atsevišķu kameru. Kamērā spiediens tiek atbrīvots, un CO<sub>2</sub> atgriežas gāzveida stāvoklī, atstājot ekstrahētos savienojumus. Pēc tam gāzveida CO<sub>2</sub> tiek uztverts un atkārtoti ievadīts atpakaļ spiediena kamerā atkārtotai izmantošanai. [55] Ekstraktora aptuvenā cena - 50,000\$ [56]



4.1. attēls. PSICO2 REBEL-CO2 Extractor (Hemp/Cannabis) [56]

### 4.2 Kaņepju koncentrāta ekstraktors

Kaņepju koncentrāta ekstraktora modelis "Source Turbo" ir vienīgā patreiz pieejamā ekstrakcijas ierīce tirgū, kas ir paredzama izmantošanai eļļas pārstrādei mājas apstākļos, vai arī ar zinātniski pētnieciskos uzņēmumos, lai nodrošinātu ekstrakciju.



4.2. attēls. Source Turbo koncentrāta ekstraktors[57]

## 5. Kaņepju izcelsmes produkti

### 5.1. Kaņepju eļļa

Kaņepju riekstiņi parasti satur vairāk nekā 30% eļļas un apmēram 25% olbaltumvielu, kā arī ievērojamu daudzumu šķiedrvielu, vitamīnu un minerālvielu. Kaņepju riekstiņu eļļā ir vairāk nekā 80% polinepiesātināto taukskābju (PUFA) un tas ir ārkārtīgi bagātīgs divu neaizvietojamu taukskābju (EFA) – linolskābes (18:2 *omega-6*) un alfa-linolēnskābes (18:3 *omega-3*) – avots. *Omega-6* un *Omega-3* attiecība (n6/n3) kaņepju eļļā parasti ir no 2:1 līdz 3:1, kas tiek uzskatīts par optimālu cilvēka veselībai. Turklāt abu ENP bioloģiskie metabolīti, gamma-linolēnskābe (18:3 *Omega-6*; 'GLA') un stearidonskābi (18:4 *Omega-3*; "SDA") ir arī kaņepju riekstiņu eļļā. Divi galvenie proteīni kaņepju riekstiņos ir edestīns un albumīns. Abas šīs augstās kvalitātes olbaltumvielas ir viegli sagremojamas un satur ievērojamu daudzumu visu neaizvietojamu aminoskābju. Turklāt kaņepju riekstiņiem ir ārkārtīgi augsts aminoskābes arginīna līmenis. Medicīnā kaņepju riekstiņi tiek izmantoti dažādu traucējumu ārstēšanai. Nesenie klīniskie pētījumi ir identificējuši kaņepju sēklu eļļu kā funkcionālu pārtiku, un dzīvnieku barošanas pētījumi parāda kaņepju sēklu kā svarīga pārtikas resursa ilgstošo lietderību [59].

### 5.2. Kaņepju sula

Kaņepju sula ir viens no daudzajiem veidiem, kā pārstrādāt un izmantot kaņepju dabīgā veidā. Literatūras avotos nav precīzi norādīts, kura kaņepju apstrāde un izmantošana ir vislabākā, jo katrai no tām ir savas priekšrocības. Ir dažas norādes par kaņepju sulu:

- Kad kaņepju augs ir sasniedzis ziedēšanas fāzes sākumu, tas ir tumši zaļā krāsā, tam ir spēcīgs kaņepju aromāts un pateicoties kaņepju terpēniem tam ir pikanta garša. Tas tiek novākts, izžāvēts, smalki sagriezts, sijāts un pie zemas temperatūras samalts smalkā pulverī. Kaņepju pulveris, kurš satur hlorofilu, terpēnus, šķiedrvielas, un kanabinoīdus, galvenokārt CBDa un CBD, ēterisko eļļu un vitamīnus. Kanabinoīdi ir iekļauti mazākā daudzumā, CBD un CBDa saturs ir 0.4 %, citi kanabinoīdi ir nelielā daudzumā. Garša ir izteikta.
- Kad kaņepju augs ir pilnībā nobriedis, tas tiek novākts rudenī, tiek žāvēts, sagriezts, sijāts un zemā temperatūrā samalts smalkā pulverī, kurš tiek pievienots ūdenim. Tādā veidā pagatavotu dzērienu sauc par kaņepju sulu.
- Kaņepju augs tiek novākts, kad vēl nav sasniedzis ziedēšanas fāzi. Tiek izspiesta sula, bet atlikumi tiek izžāvēti.

Kaņepju pulveri var arī izmantot kā garšas pastiprinātāju kokteiļos, svaigu augļu un dārzeņu sulās, kā arī jogurtam, muslim u.c., vai arī izmantot kā sastāvdaļu mājās apstākļos gatavotiem kosmētikas līdzekļiem, piemēram, ziedēs, krēmos, ziepēs utt. [58]

Laboratorijas testi liecina, ka auksti spiestas sulas paraugs laika gaitā ir izturīgāks nekā centrifūgas paraugs, šādu iemeslu dēļ:

- Centrifūgā spiesta sula ir ļoti oksidēta.
- Centrifūgas sulā ir vairāk cietvielu/mīkstuma, tāpēc tā sadalās ātrāk nekā sula, kas izspiesta presē [59].

### 5.3. Kaņepju piens

Komerciālo kaņepju pienu ražo, kombinējot kaņepju riekstiņus ar ūdeni [60] Kaņepju piena iegūšanai, vispirms kaņepju riekstiņus sajauc ar karstu ūdeni, tie uzsūcot ūdeni uzbriest un kļūst mīksti. Pēc tam šo karsto kaņepju sēklu un ūdens suspensiju mitrā veidā samal, līdz iegūst vēlamu konsistenci. Kaņepju piena salīdzinošie rādītāji parādīti 5.1. tabulā.



**Kaņepju piena salīdzinošie rādītāji [61]**

Parametri	Nesaldināts kaņepju piens (237 ml)	Piens bez taukiem (vājpiens) (237 ml)	Piens ar zemu tauku saturu (1%) (237 ml)	Pilnpiens (237 ml)
Enerģija (kalorijas)	60	83	102	150
Olbaltumvielas (g)	3	8	8	8
Kopējais tauku saturs (g)	4.5	0	2.4	8
Piesātinātie tauki (g)	NR	0.1	1.5	4.5
Ogļhidrāti (g)	0	12	12	12
Šķiedrvielas (g)	0	0	0	0
Kopējais cukuru daudzums (g)	0	12	13	12
A vitamīns (mcg)	NR	149	142	112
B12 vitamīns (mcg)	NR	1	1	1
D vitamīns (mcg)	2	3	3	3
Kalcijs (mg)	257	298	305	276
Nātrijs (mg)	110	102	107	105
Kālijs (mg)	100	381	366	322

Filtrēto šķidrums masu homogenizē, lai nodrošinātu stabilitāti un tad to atdzesē, lai apturētu eļļu un vitamīnu oksidēšanos. Kaņepju pienam pievieno ūdeni, emulgatorus, stabilizatorus, saldīnātājus un aromatizētājus. Visbeidzot, lai pagarinātu produkta glabāšanas laiku, veic pretpelēšanas apstrādi, piemēram, apstrādi īpaši augstā temperatūrā [61].

**5.4. Kaņepju papīrs**

Kaņepju garās šķiedras ir piemērotas celulozes iegūšanai. Pateicoties to stiepes izturībai, tās ir piemērotas augstas kvalitātes specializētiem papīra izstrādājumiem, piemēram, tējas maisiņiem, naudas papīram, cigarešu papīram vai specializētiem filtriem.

Serdes un veselus stiebrus var izmantot arī zemākas kvalitātes papīra izstrādājumu ražošanai atkarībā no pieejamās celulozes tehnoloģijas.

Kaņepju papīra ražošanā izmanto kaņepju šķiedras, kas iegūtas no industriālo kaņepju stublājiem kalpo kā galvenā izejviela izturīga un videi draudzīga papīra ražošanai. Atšķirībā no tradicionālā papīra, kas ražots no koksnes celulozes, kaņepju šķiedras izmantošana papīra ražošanai sniedz vairākas priekšrocības:

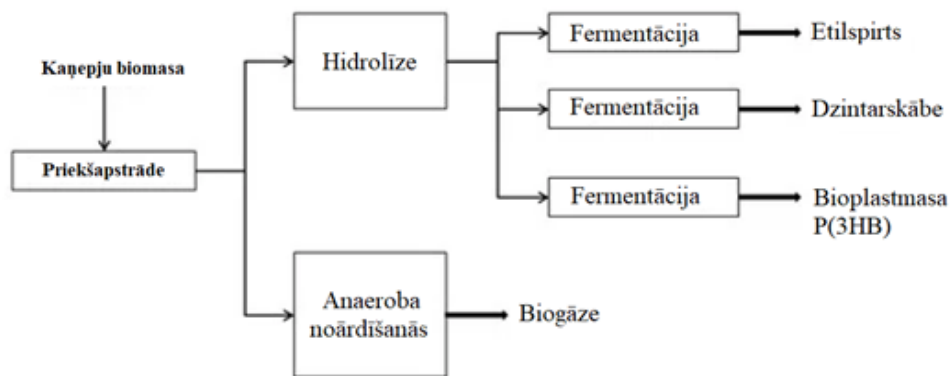
- Kaņepju stiebrī satur lielāku celulozes saturu, kas veicina papīra augstāku izturību un stiepes īpašības;
- Izmantojot kaņepju šķiedras kā izejvielu, kaņepju papīra ražošana piedāvā ilgtspējīgu alternatīvu tradicionālajam papīram, vienlaikus samazinot atmežošanu un saglabājot dabiskās ekosistēmas;
- Iegūtajam kaņepju papīram ir lielāka stiepes izturība, ko nodrošina augstais celulozes saturs dabiskajās šķiedrās;
- Papīra ražošanas process ir ne tikai ilgtspējīgāks, bet arī veicina vērtīgu dabas resursu, piemēram, ūdens un enerģijas, saglabāšanu. [62]

**5.5. Pakaiši dzīvnieku novietnēs**

Dzīvnieku guļvietas materiāls, ko ražo no kaņepju auga iekšējās mīkstās daļas - spaļiem. Spaļus pārstrādā un sadala mazos, absorbējošos gabaliņos, ko var izklāt uz grīdas dzīvnieku novietnēs, zirgiem, vistām un citiem mājlopiem [63].

**5.6. Kaņepju biodegviela**

Tradicionālie industriālo kaņepju produkti ir augstas kvalitātes šķiedras un kaņepju sēklu eļļa, kas satur lielu daudzumu polinepiesātinātu taukskābju, tostarp  $\gamma$  linoleīnskābe (GLA) un omega-6 neaizvietojoamo taukskābi [64, 65]. Kā atlikumus pēc šķiedru atdalīšanas iegūst spaļus, kas ir samērā lēts celulozes avots.



**5.1. attēls.** Kaņepju biomasas pārstrādes bioprodukti [66]

Augstā ogļhidrātu satura dēļ industriālās kaņepes uzskata par labu fermentējamu cukuru izejvielu bioetanolā un bioproduktu ražošanai, kas varētu dot papildus ienākumus saimniecībām [67]. Piemēram, vairāki autori norādījuši, ka industriālās kaņepes var izmantot bioetanolā, biogāzes un citu bioproduktu ražošanai [68, 69, 70, 71].

Biodīzeļdegvielu var piejaukt dīzeļdegvielai dažādās procentuālās daļās [110-115]. "B" koeficientu parasti izmanto, lai apzīmētu biodīzeļdegvielas procentuālo daudzumu maisījumā [110-130]. Visbiežāk sastopamie maisījumi ir B100, B20, B5 un B2, kas satur attiecīgi 20 %, 5 % un 2 %. B20 biodīzeļdegvielas maisījums ir viens no izplatītākajiem degvielas maisījumiem. Turklāt biodīzeļdegvielas maisījumiem ar 20 % vai mazāku biodīzeļdegvielas saturu nav jāveic nekādas dīzeļdzinēja modifikācijas. Biodīzeļdegvielu var izmantot arī bez maisījuma (B100). Tomēr, lai izvairītos no tehniskās apkopes un dzinēju jaudas problēmām, dzinējam ir nepieciešamas noteiktas modifikācijas. B100 (tīra biodīzeļdegviela) satur par 8 % mazāk enerģijas nekā tās naftas ekvivalents. Tas ir aptuveni 1-2 % no kopējās starpības. Tomēr biodīzeļdegvielas lietotāji ziņo, ka degvielas ekonomija vai veiktspēja atšķiras nenozīmīgi.

Biodīzeļdegvielai piemīt arī labāka dzinēja tīrīšanas iedarbība, jo tā darbojas kā šķīdinātājs un to var izmantot, lai attīrītu nogulsnes, kas dzinējā uzkrājušās dīzeļdegvielas lietošanā. Kaņepes labi darbojas biodīzeļdegvielas maisījumos. Vienā no salīdzinošajiem pētījumiem konstatēts, ka kaņepju B20 maisījums nodrošina labāku termisko efektivitāti, zemāku īpatnējo degvielas patēriņu, samazinātu CO un CO<sub>2</sub> emisiju, salīdzinot ar tīru dīzeļdegvielu un B20 maisījumiem. Tomēr pētījumā konstatēts, ka kaņepju maisījumam ir augstāks NOx (slāpekļa oksīda) izmešu līmenis. [72]

### 5.7. Kaņepju izcelsmes kurināmās granulas

No atjaunojamajiem enerģijas avotiem lielu interesi izraisa lauksaimniecības bioloģisko atlikumu biomasa, jo tās ietekme uz vidi ir mazāka, un pēdējā desmitgadē viena no visvairāk augošajām lauksaimniecības nozarēm Eiropā ir kaņepju rūpniecība, kas rada vairākus blakusproduktu veidus. Tika veikts eksperiments, kurā tika izmantots 50 % kaņepju un 50 % egļu zāģu skaidu smalcināts un granulēts maisījums. Granulas tika sadedzinātas sadzīves granulu krāsnī (9 kWth maksimālā nominālā siltuma jauda) ar dažādu biomasas plūsmas ātrumu. Lai salīdzinātu rezultātus ar komerciālām granulām, testus atkārtoja, kurinot to pašu krāsnī ar A2 kategorijas granulām.

Kurināmā un pelnu analīzes parādīja ļoti līdzīgu sastāvu, kā rezultātā HHV bija 19.8 MJ kg<sup>-1</sup> A2 un 18,9 MJ kg<sup>-1</sup> kaņepju granulām. Lai gan kaņepju granulu pelnu daudzums bija 2.7 %, krāsns režģa tīrīšanas mehānisms spēja pats iztīrīt degšanas kameru, saglabājot nemainīgu veiktspēju testa laikā.

Lietderības salīdzinājums tika veikts, testējot kurināmā sadegšanu pie dažādas siltuma jaudas, aprēķinot kopējo krāsns efektivitāti un gaisa/dūmu siltummaiņa efektivitāti. Rezultāti parādīja, ka abu kurināmo kopējais lietderības koeficients vienmēr pārsniedz 90 %, ar nelielu

priekšrocību A2 granulām, kas, iespējams, ir saistīts ar augstāku liesmas temperatūru, kas arī paaugstina siltummaiņa efektivitāti.

Tika novērots, ka gaisa pārpalikums nav saskaņots ar kaņepju un kurināmā granulu sadegšanu, un tā vērtības sasniedza 236 %, salīdzinot ar 140 % A2 kurināmajam pie tās pašas uzstādītās krāsns. Tas galvenokārt ir saistīts ar to, ka nav kontroles cilpas atgriezeniskās saites, kas kontrolētu sadegšanas gaisa plūsmas ātrumu, pamatojoties uz gaisa pārpalikumu (šajā krāsns modelī nav skābekļa sensora), un tas var ietekmēt krāsns piesārņotāju emisiju. Šā iemesla dēļ būtu jāveic papildu testi, lai izpētītu kaņepju kurināmā optimālos parametrus.

Jāsecina, ka 50/50 maisījumu starp egļu zāģu skaidām un kaņepju-šķeldas gabaliņiem var uzskatīt par granulējamu kurināmo parastai komerciālai granulū krāsni. Uzmanība būtu jāpievērš gan granulū granulēšanas procesa izpētei, lai homogenizētu granulū izmērus, gan krāsns parametru izmaiņām, lai palielinātu spirālveida padeves ātrumu un tādējādi sasniegtu maksimālo nominālo jaudu 9 kWth, izmantojot arī kaņepju kurināmo. [73]

### **5.8. Kaņepju spaļi tiek izmantoti kā izolācijas materiāls celtniecībā**

Šo pētījumu rezultāti liecina, ka kaņepju spaļus var labi izmantot kā beramo pildījumu siltumizolācijas materiālu karkasa konstrukcijās. Pašlaik autori turpina pētījumus par kaņepju spaļu mitruma īpašību noteikšanu. Iegūtie rezultāti kopā ar simulācijas aprēķiniem sniegs plašāku priekšstatu par kaņepju spaļu izmantošanu konstrukcijās. [74]

### **5.9. Kaņepju spaļu izmantošana kokskaidu plātnēs**

Pamatojoties uz pētījuma rezultātiem, var secināt, ka kaņepju spaļus var izmantot kā 10 % un 25 % koksnes izejmateriāla aizstājēju skaidu plātņu ražošanā. Ar 25 % piedevu plātņu vidus slānim, lai virsmas un vidus slānim varētu iegūt augstākos izgatavoto skaidu plātņu stiprības parametrus. Turklāt kaņepju spaļu īpatsvars skaidu plātnēs pozitīvi ietekmē izgatavoto skaidu plātņu mitrumizturību, samazinot to uzbriešanu dziļumu, kas ir izplatīta problēma, izmantojot alternatīvas lignocelulozei izejvielas. Jāatzīmē arī, ka 10 % un 25 % kaņepju spaļu īpatsvars skaidu plātnēs statistiski neietekmē augsto IB (Iekšējās saites izturība) vērtību un ūdens absorbciju. veiktais pētījums norāda uz to, ka atlikumu materiālu izmantošana augu biomasas veidā skaidu plātņu ražošanā ir neapšaubāma alternatīva koksnes resursiem. [75],

No mitrā veidā konservētām kaņepēm izgatavoto šķiedru plātņu veiktspēja, aprakstīti pētījumā [76].

### **5.10. Kaņepju atlikumvielas kā substrāts sēņu audzēšanai**

Pētījuma rezultāti liecina, ka kaņepju spaļus var veiksmīgi izmantot kā substrātu ēdamo sēņu (austeru) audzēšanā. Pamatojoties uz 2022. un 2023. gada pētījuma rezultātiem, tā autori ir snieguši ieteikumus tam, ka kaņepju stiebrus un spaļus var sekmīgi izmantot kā substrātu zilo, rozā un karalisko austeru (*Pleurotus ostreatus columinus*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus eryngii*) audzēšanai, iegūstot lielāku ražu, salīdzinot ar salmu substrātu. Netika arī konstatētas būtiskas atšķirības starp sēņu šķirnēm, kas audzētas ar salmu substrātu salīdzinājumā ar kaņepju substrātu. Sēņu barotavās, kurās izmantoja kaņepes, kopumā bija mazāks piesārņojuma līmenis. Kaņepju spaļi pēc kaņepju pārstrādes bieži ir pieejams kā atlikumprodukts, kas ir pieejams par zemāku cenu nekā salmi, un bieži vien to var arī iegūt par brīvu no vietējiem kaņepju audzētājiem, kuri tos neizmanto tālākai pārstrādei.

Pētījuma autori iesaka izmantot kaņepju spaļus, kā sēņu substrāta materiālu, lai palielinātu ekonomisko potenciālu, jo kopumā kaņepju substrāta izmantošanai sēņu audzēšanai ekonomiskā vērtība un raža ir lielāka, un piesārņojums nedaudz mazāks, bet barības vielu līmenis līdzīgs. Kaņepju spaļu izmantošana austeru audzēšanā veicina arī lauksaimniecības ilgtspēju [77].

### **5.11. Kaņepju izmantošana litija-sēra akumulatoros**

Teksasā (ASV) bāzētā kompānija "Hemp Research" ir izstrādājusi litija sēra akumulatoru, kas balstīts uz kaņepju biomasu, definējot to kā "B4C-hemp", kas saīsinājums

nozīmē "kaņepēm iegūts bora karbīds". Uzņēmums norāda, ka izstrādātais akumulators varētu pārvarēt daudzas litija jonu akumulatoru problēmas attiecībā uz izmaksām, svaru, mērogojamību, veiktspēju un pārstrādājamību [78].

Kaņepes tika izvēlētas kā viens no pamatmateriāliem to izturības, porainības un zemo izmaksu dēļ. LiS (Litija-sēra) akumulatoriem ir problēma ar katoda saraušanos/izplešanos uzlādes/izlādes laikā, kā arī katoda polisulfīdu pārvietošanos uz anodu, tādējādi pasliktinot akumulatoru veiktspēju. Pētnieki varētu atrisināt šīs problēmas, izmantojot dārgus materiālus, piemēram, grafēnu, taču grafēnu nav iespējams masveidā ražot. [78]

Literatūras avotos ir aprakstīts perspektīvas no kaņepju atlikumiem iegūtā oglekļa potenciāls, kā anodiem nātrija jonu baterijās (SIB). Akumulatoru izgatavošanai izmantotais ogleklis tika iegūts procesā, kas sastāv no neapstrādātas biomasas pirolīzes 500 °C temperatūrā, kam iegūtā oglekļa ķīmiska aktivizācija, izmantojot mitro piesūcināšanu ar K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, un tam sekojošu (pēc filtrēšanas un žāvēšanas) cietās fāzes karsēšanu līdz 700 vai 800 °C slāpekļī. Vislabāko elektroķīmisko veiktspēju novēroja cietai oglekļa vielai, kas aktivēta ar kālija karbonāta masas attiecību 1:4 un karsēta līdz 800 °C [79].

## 6. Lauka eksperimentālie pētījumi

Projekta ietvaros tika veiktas šādas pētnieciskās aktivitātes primārajā audzēšanā:

1. Dažādu kaņepju šķirņu audzēšana un detalizēta ražas analīze aptverot plašu sēklas un industriālo kaņepju daudzumu parauglaukos (AREI Viļānu nodaļa);
2. Kaņepju audzēšana saimniecībās lauku apstākļos, fiksējot iegūto kaņepju stiebru ražu (Z/S "Kotiņi", Z/S "Atzola", SIA "Jumis Geo", SIA "Reits", SIA "Saimniecība Nākotne" un Z/S „Mežacīruļi”);
3. Padziļināta industriālo kaņepju audzēšanas agrotehnoloģisko paņēmieni un faktiskā rezultāta izpēte, kā arī dažādu novākšanas tehnoloģiju un ražas pēcnovākšanas apstrādes paņēmieni izpēte un salīdzinošā analīze 2021., 2022. un 2023.gada audzēšanas sezonās (SIA "Jumis Geo", SIA "Reits”).

### 6.1. Dažādu kaņepju šķirņu audzēšana parauglaukos

Mērķa sasniegšanai pārskata periodā Agrolesursu un ekonomikas institūta, Laukaugu selekcijas un agroekoloģijas nodaļas, Viļānu daļā (AREI, LSAN, VD) atbilstoši izstrādātajai metodikai ierīkots lauka izmēģinājums kaņepēm. Izmēģinājumā pētītas 13 kaņepju šķirnes (7 sēklas un 6 šķiedras kaņepju šķirnes) (skatīt 6.1.tabulu). Izmēģinājums ierīkots 4 atkārtojumos randomizēti (skatīt 6.2.tabulu).

Veģetācijas periodā veikti fenoloģiskie novērojumi, noteiktas augu attīstības fāzes, augu garums, biezība. Noņemti paraugi ražas struktūras novērtēšanai. Lauka izmēģinājums novākts, veikta ražas uzskaitē, kvalitātes novērtēšana.

6.1.tabula

### Kaņepju šķirnes

	Šķirne	Izveidotājvalsts
Sēklas kaņepes	1. Adzelvieši	Latvija
	2. Pūriņi	Latvija
	3. KA-2-2011*	Latvija
	4. Finola	Somija
	5. Henola	Polija
	6. Estica	Igaunija
	7. Loja	Latvija
Šķiedras kaņepes	8. USO-31	Ukraina-Francija**
	9. Futura 75	Francija
	10. Futura 83	Francija
	11. Austa	Lietuva
	12. Rodnik	Krievija
	13. Bialobrzeskie	Polija

\*Selekcijas perspektīvā līnija

\*\*Kaņepju šķirne USO-31 ir selekcionēta Gluhovā (Ukraina), bet patenttiesības ir ieguvusi Francija

6.2.tabula

**Izmēģinājumu metodika LLZC**

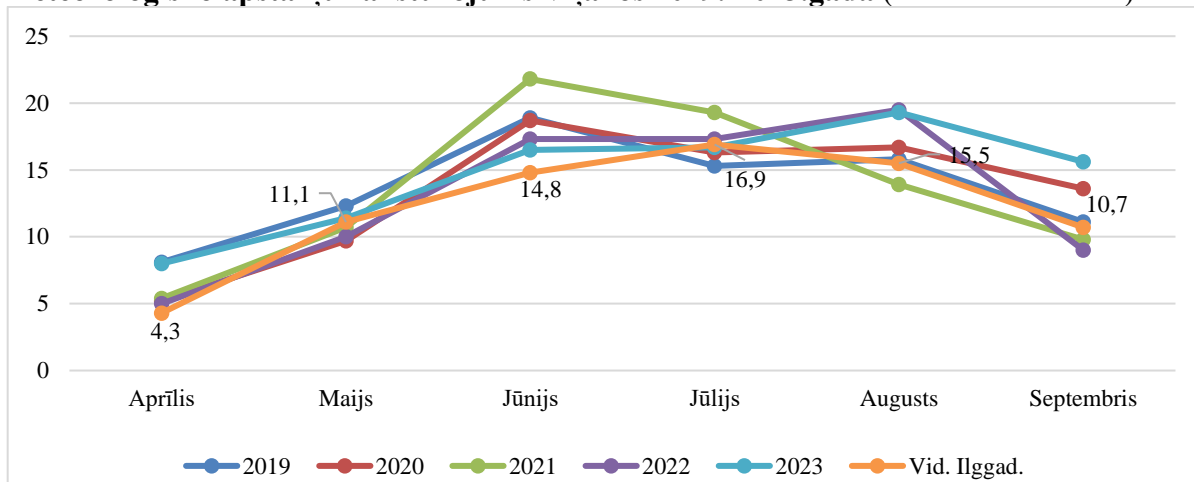
Izmēģinājuma veicējs	Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs (LLZC), Viļāni
Izmēģinājums veikts	02.01.2019.-18.06.2024.
Izmēģinājuma nosaukums	Inovatīvi risinājumi industriālo kaņepju apstrādē un pārstrādē

<b>Augsnes raksturojums</b>					
	2019	2020	2021	2022	2023
Tips	Trūdaina, podzolēta glejaugsne	Trūdaina, podzolēta glejaugsne	Trūdaina, podzolēta glejaugsne	Trūdaina, podzolēta glejaugsne	Trūdaina, podzolēta glejaugsne
Granulometriskais sastāvs	Trūdains glejs	Trūdains glejs	Trūdains glejs	Trūdains glejs	Trūdains glejs
Organisko vielu saturs, %	7,41	7,41	6,6	7,0	7,66
Augsnes reakcija, pH <sub>KCl</sub>	6,61	6,61	7,3	6,85	7,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg kg <sup>-1</sup>	151,3	151,0	199,0	169,5	209,6
K <sub>2</sub> O, mg kg <sup>-1</sup>	112,0	112,0	183,0	143,5	116,5
Šķirne	Adzelvieši Pūriņi KA-2-2011 Finola USO-31 Futura 75 Austa	Adzelvieši Pūriņi KA-2-2011 Finola Henola USO-31 Futura 75 Austa	Adzelvieši Pūriņi KA-2-2011 Finola Henola USO-31 Futura 75 Austa	Adzelvieši Pūriņi KA-2-2011 Finola Henola USO-31 Futura 75 Austa	Adzelvieši Pūriņi KA-2-2011 Finola Henola Estica Loja USO-31 Futura 75 Futura 83 Austa Rodnik Bialobrzskie

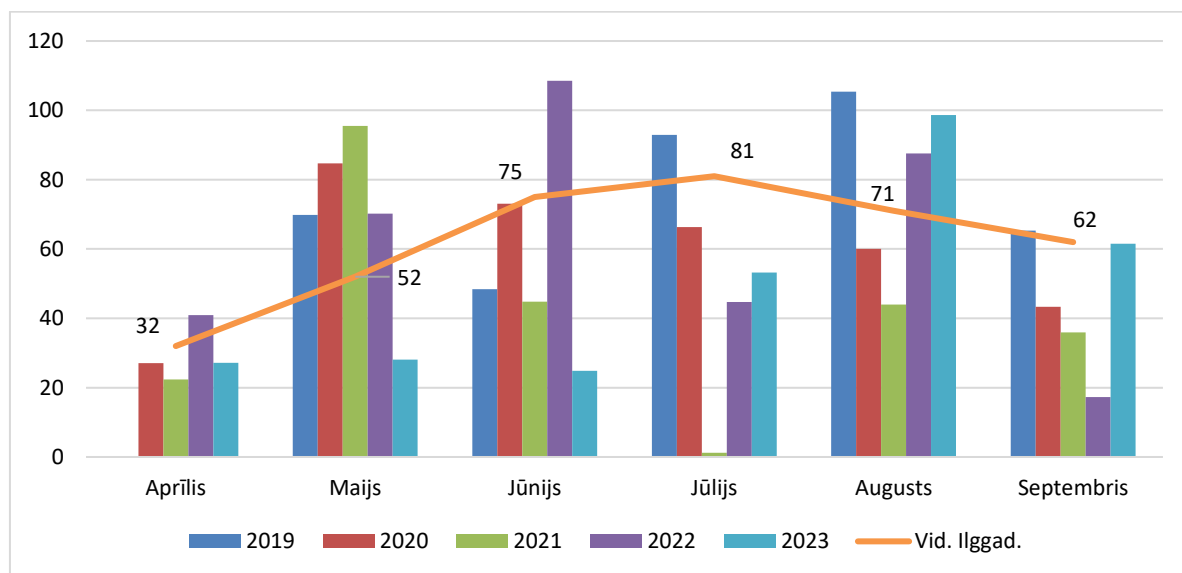
<b>Izmēģinājuma sēja un pielietotie AAL</b>					
	2019	2020	2021	2022	2023
Priekšaugi	Vasaras kvieši	Melnā papuve			Lini
Izsējas norma	Pielietotā izsējas norma kaņepju šķirnēm – 60 kg ha <sup>-1</sup>				
Sēja	13.05.2019.	07.05.2020.	12.05.2021.	09.05.2022.	09.05.2023., 18.05.2023., 26.05.2023.
Pamatmēslojums	Yara Mila NPK(S) 18-9-9(5) 300 kg ha <sup>-1</sup>	Yara Mila NPK(S) 18-8-16(8) 300 kg ha <sup>-1</sup>	Yara Mila NPK(S) 18-11-13(7) 300 kg ha <sup>-1</sup>	Yara Mila NPK(S) 18-11-13(7) 300 kg ha <sup>-1</sup>	
Papildmēslojums	AN 34 N 60 kg ha <sup>-1</sup>				

Novākšana	01.10.2019.	14.09. un 23.09.2020.	09.09., 17.09., 27.09.2021.	09.09., 27.09., 27.09.2022.	11.09., 28.09., 03.10.2023.
-----------	-------------	--------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

### Meteoroloģisko apstākļu raksturojums Viļņos 2019.-2023.gadā (Rēzeknes HC dati)



6.1.attēls. Temperatūra, °C



6.2.attēls. Nokrišņu daudzums, mm

### Meteoroloģisko apstākļu raksturojums 2019.-2023.

2019.gads Latvijā bija siltākais novērojumu vēsturē un tika pārspēti vairāk nekā 300 maksimālās gaisa temperatūras rekordi, tomēr 2019. gadā bija arī visvairāk valsts minimālo gaisa temperatūru rekordu pēdējos 12 gados. Gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā 2019. gadā bija +8,2°C, kas ir augstākā gada vidējā gaisa temperatūra novērojumu vēsturē par 0,4°C. 2019. gads ir pirmais pēdējos 12 gados, kad ir pārspēti vismaz 3 Latvijas minimālās gaisa temperatūras rekordi. Gada nokrišņu daudzums 2019. gadā bija 629,2 mm, kas ir 9% zem gada normas (692,3 mm). 2019. gads Latvijā bija saulaināks nekā vidēji 1983.-2018. gadu periodā.

2019. gada jūnijs ar vidējo gaisa temperatūru +18,6°C (3,8°C virs mēneša normas) kļuva par siltāko jūniju novērojumu vēsturē, savukārt ne jūlijs, ne augusts neierindojās siltāko mēnešu novērojumu vēsturē saraksta augšpusē. Augustā vidējā gaisa temperatūra bija +17,0°C (0,5°C virs mēneša normas), kļūstot par 26. siltāko augustu novērojumu vēsturē, bet jūlijs ar vidējo

gaisa temperatūru  $+16,2^{\circ}\text{C}$ , kas ir  $1,2^{\circ}\text{C}$  zem mēneša normas, noslēdza vēsāko jūliju trešo desmitu.

Latvijā 2020. gads ar vidējo gaisa temperatūru  $+8,8^{\circ}\text{C}$  ( $2,4^{\circ}\text{C}$  virs normas) kļuva par siltāko gadu novērojumu vēsturē (kopš 1924. gada), par  $0,6^{\circ}\text{C}$  pārspējot 2019. gada rekordu. Praktiski visā valstī gaisa temperatūra bija vairāk nekā  $2^{\circ}\text{C}$  augstāka par normu. Kopējais nokrišņu daudzums Latvijā 2020. gadā bija  $641,5\text{ mm}$ , kas ir  $7\%$  mazāk nekā gada norma ( $692,3\text{ mm}$ ). Lai gan nokrišņu daudzums 2020. gadā bija mazāks par normu, tas bija mitrākais no pēdējiem trīs gadiem. Šī gada vasara bija mēreni silta – vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija  $+17,2^{\circ}\text{C}$ , kas ir  $1,0^{\circ}\text{C}$  virs vasaras normas. No vasaras mēnešiem jau otro gadu pēc kārtas siltākais un vismitrākais vasaras mēnesis bija jūnijs ar vidējo gaisa temperatūru  $+18,1^{\circ}\text{C}$  ( $3,3^{\circ}\text{C}$  virs normas) un nokrišņu daudzumu -  $91,1\text{ mm}$ , kas ir  $24\%$  virs mēneša normas ( $73,3\text{ mm}$ ). Jūlijā nokrišņu daudzums vidēji Latvijā bija normas robežās. Kopējais nokrišņu daudzums Latvijā jūlijā bija  $77,5\text{ mm}$ , kas ir  $2\%$  virs mēneša normas ( $75,7\text{ mm}$ ). Augusts Latvijā bija sausākais no vasaras mēnešiem. Vidēji Latvijā augusta nokrišņu daudzums bija  $45,9\text{ mm}$  ( $40\%$  zem augusta normas  $76,7\text{ mm}$ ). Aizvadītā vasara ir mitrākā kopš 2017. gada, bet tik un tā bija sausāka par normu.

2021. gads ar vidējo gaisa temperatūru  $+7,0^{\circ}\text{C}$  bija  $0,2^{\circ}\text{C}$  siltāks par klimatisko standarta normu. Kopējais nokrišņu daudzums Latvijā 2021. gadā bija  $676,3\text{ mm}$ , kas ir  $1\%$  zem gada normas ( $685,6\text{ mm}$ ). Šī vasara (jūnijs-augusts) Latvijā bija siltākā novērojumu vēsturē. Vasaras vidējā gaisa temperatūra bija  $+18,8^{\circ}\text{C}$ , kas ir  $0,4^{\circ}\text{C}$  augstāk par līdzšinējo rekordu – 2010. gada vasaru, un  $2,6^{\circ}\text{C}$  augstāk par gadalaika normu (1981.-2010. gads). Jūnijā un jūlijā kopumā tikai 2 dienas vidējā gaisa temperatūra Latvijā nebija augstāka par normu, turklāt no jūnija vidus līdz jūlija vidum bija gandrīz mēnesi ilgs karstuma periods, kura laikā tika pārspēti vairāk nekā 100 maksimālās gaisa temperatūras rekordi. Ilgstošā karstuma ietekmē jūnijs ar vidējo gaisa temperatūru  $+18,9^{\circ}\text{C}$  kļuva par siltāko novērojumu vēsturē, par  $0,3^{\circ}\text{C}$  pārspējot 2019. gada jūnija rekordu, bet jūlijs ar  $+21,5^{\circ}\text{C}$  atkātoja 2010. gada jūlija rekordu. Vien augustā ilgstošāk gaisa temperatūra pazeminājās zem normas, tam ar vidējo gaisa temperatūru  $+16,0^{\circ}\text{C}$  esot  $0,5^{\circ}\text{C}$  vēsākam par normu. Vasaras kopējais nokrišņu daudzums Latvijā bija  $232,8\text{ mm}$ , kas ir  $3\%$  virs gadalaika normas ( $225,7\text{ mm}$ ).

2022. gads bija siltāks par klimatisko normu, īpaši jāizceļ vasara, kas kļuva par 3. siltāko meteoroloģisko novērojumu vēsturē. Nokrišņu daudzums pārsniedza klimatisko normu. Vidējā gaisa temperatūra Latvijā 2022. gadā bija  $+7,3^{\circ}\text{C}$ , kas ir  $0,5^{\circ}\text{C}$  virs klimatiskās standarta normas. Kopējais nokrišņu daudzums Latvijā 2022. gadā bija  $685,8\text{ mm}$ , kas ir  $0,2\text{ mm}$  virs gada normas ( $685,6\text{ mm}$ ). Aizvadītais gads bija mitrākais no pēdējiem pieciem gadiem un pirmais gads kopš 2017. gada, kas bija nokrišņiem bagātāks par normu, lai gan normu pārsniedza par mazāk nekā  $1\%$ . Jūnija sākumā un vidū bija dienas, kad gaisa temperatūra bija zem klimatiskās normas, kopumā mēneša vidējā gaisa temperatūra  $+16,9^{\circ}\text{C}$  ir  $1,7^{\circ}\text{C}$  virs klimatiskās normas. Pēc karstā jūnija sekoja jūlijs, kura laikā piedzīvojām gan jaunus maksimālās ( $11$ ), gan minimālās ( $9$ ) gaisa temperatūras rekordus. Kopumā jūlija vidējā gaisa temperatūra  $+17,6^{\circ}\text{C}$  ir  $0,2^{\circ}\text{C}$  zem klimatiskās normas. Šajā vasarā augstākā mēneša vidējā gaisa temperatūra  $+19,8^{\circ}\text{C}$  tika novērota augustā. Šovasar piedzīvojām ne tikai spēcīgus nokrišņus, bet arī sausuma periodus. Katrā no mēnešiem bija kāda dekāde, kurā nokrišņu daudzums bija ievērojami zem normas - jūnija trešajā dekādē nokrišņu daudzums vidēji Latvijā bija  $7,4\text{ mm}$  ( $72\%$  zem dekādes normas), jūlija 3. dekādē nokrišņu daudzums bija  $12,4\text{ mm}$  ( $55\%$  zem dekādes normas) un augusta 2. dekāde ar nokrišņu daudzumu vien  $1,2\text{ mm}$  bija  $95\%$  sausāka par normu. Vidēji Latvijā šovasar bija 57 dienas bez nokrišņiem.

2023. gads kļuva par 3. siltāko novērojumu vēsturē, dalot šo vietu ar 2015. gadu. Septembris ar vidējo temperatūru  $3,5^{\circ}\text{C}$  virs normas kļuva par siltāko novērojumu vēsturē. Nokrišņu daudzums 2023. gadā bija lielāks par normu, kaut gan maijā un jūnijā bija ļoti sauss, maijam kļūstot par sausāko un jūnijam par 2. sausāko mēnesi novērojumu vēsturē. Vasara (jūnijs-augusts) ar Latvijā vidējo gaisa temperatūru  $+17,3^{\circ}\text{C}$  kļuva par sesto vasaru pēc kārtas,



kas bijusi siltāka par gadalaika normu (+16,6 °C). Vasara iesākās ar lielu sausumu. Vasaras kopējais nokrišņu daudzums Latvijā bija 238,9 mm, kā rezultātā vasara bija 7% mitrāka par gadalaika normu (226,9 mm), tomēr dažādos Latvijas reģionos nokrišņu daudzums ievērojami atšķīrās. Jūnijā kopējais nokrišņu daudzums bija 22,9 mm, kas ir 67% zem mēneša normas (70,1 mm), līdz ar to jūnijs kļuva par otro sausāko novērojumu vēsturē. Pārējos divos mēnešos sausums krietni mazinājās. Jūlija nokrišņu daudzums bija krietni tuvāks normai – ar mēneša nokrišņu daudzumu 71,2 mm tas bija 6% sausāks par normu (75,7 mm). Kontrastā sausajam jūnijam, augusts kļuva par 4. mitrāko novērojumu vēsturē, tā kopējais nokrišņu daudzums bija 144,7 mm, kas ir 88% virs mēneša normas (76,8 mm). Jau pirmajā augusta dienā vietām Latvijā nolija vairākas reizes vairāk nokrišņu nekā visā jūnijā

### Izmēģinājuma rezultāti

Kaņepju šķirnēm veikti fenoloģiskie novērojumi. Kaņepju šķirņu fenoloģiskie rādītāji parādīti tabulā 7.1. Izvērtējot iegūtos rezultātus, redzams, ka visīsākais veģetācijas periods kaņepēm bijis 2021. gadā, kad augstākā temperatūra un lielākais nokrišņu daudzums bijis veģetācijas vidusposmā, bet garākais 2023. gadā, kad veģetācijas sākumperiods bijis vēsāks un ar mazākiem nokrišņiem, taču veģetācijas beigu periods bijis ar lielāku nokrišņu daudzumu un augstu temperatūru. Kaņepju šķirnei "Finola" ir īsākais veģetācijas periods (līdz kaņepju novākšanai) 113-115 dienas vidēji visā pētījuma periodā, turklāt var novērot, ka "Finola" šķirnei vismazāk ir ietekmēts veģetācijas periods atkarībā no laikapstākļiem. Pārējām kaņepju šķirnēm veģetācijas periods 117 – 126 dienas (2020. gads), 111-130 (2021. gads), 116-131 (2022. gads) un 123-138 (2023. gads). Sēklu kaņepju šķirnēm vidēji ir īsāks veģetācijas periods nekā šķiedru kaņepēm. No šķiedru kaņepēm visīsākais veģetācijas periods tika novērots šķirnei "Bialobrzeskie".

6.3. tabula

### Fenoloģiskie rādītāji pa visiem pētījuma gadiem

a) 2020. gads

Šķirne	Sēja	Masveida dīgšana	Ziedēšanas sākuma fāze	Ziedēšanas masveida fāze	Paraugu noņemšana	Veģ.periods līdz novākšanai dienās	Veldres noturība, ballēs
Adzelvieši	7.05.	19.05.	29.06.	10.07.	14.09.	118	9
Pūriņi	7.05.	19.05.	02.07.	15.07.	14.09.	118	9
KA-2-2011	7.05.	20.05.	15.07.	20.07.	14.09.	117	9
Finola	7.05.	19.05.	29.06.	10.07.	09.09.	113	9
Henola	7.05.	19.05.	03.07.	15.07.	14.09.	118	9
USO-31	11.05.	26.05.	19.07.	29.07.	23.09.	120	9
Futura 75	7.05.	20.05.	29.07.	10.08.	23.09.	126	9
Austa	7.05.	20.05.	13.07.	26.07.	23.09.	126	9

b) 2021. gads

Šķirne	Sēja	Masveida dīgšana	Ziedēšanas fāze vīrišķie ziedi	Ziedēšanas fāze sievišķie ziedi	Novākšana	Veģ.periods līdz novākšanai dienās	Veldres noturība, ballēs
Adzelvieši	12.05.	20.05.	02.07.	16.07.	09.09.	113	9
Pūriņi1	12.05.	21.05.	01.07.	14.07.	09.09.	112	9
Pūriņi2	12.05.	21.05.	01.07.	14.07.	09.09.	112	9
KA-2-2011	12.05.	22.05.	08.07.	20.07.	09.09.	111	9
Finola	12.05.	19.05.	30.06.	10.07.	09.09.	114	9
Henola	12.05.	21.05.	03.07.	16.07.	09.09.	112	9

USO-31	12.05.	20.05.	18.07.	17.09.	121	9
Futura 75	12.05.	21.05.	04.08.	27.09.	130	9
Austa	12.05.	22.05.	20.07.	17.09.	119	9

## c) 2022. gads

Šķirne	Sēja	Masveida dīgšana	Ziedēšanas fāze vīrišķie ziedi	Ziedēšanas fāze sievišķie ziedi	Novākšana	Veģ.periods līdz novākšanai dienās	Veldres noturība, ballēs
Adzelvieši	09.05.	20.05.	29.06.	07.07.	12.09.	116	9
Pūriņi	09.05.	20.05.	01.07.	09.07.	15.09.	119	9
KA-2-2011	09.05.	20.05.	03.07.	04.07.	17.09.	121	9
Finola	09.05.	20.05.	27.06.	05.07.	09.09.	113	9
Henola	09.05.	20.05.	29.06.	06.07.	12.09.	116	9
USO-31	09.05.	23.05.	03.08.		23.09.	124	9
Futura 75	09.05.	23.05.	19.08.		29.09.	131	9
Austa	09.05.	25.05.	09.08.		27.09.	126	9

## d) 2023. gads

Šķirne	Sēja	Masveida dīgšana	Ziedēšanas fāze vīrišķie ziedi	Ziedēšanas fāze sievišķie ziedi	Novākšana	Veģ.periods līdz novākšanai dienās	Veldres noturība, ballēs
Adzelvieši	09.05.	17.05.	26.06.	07.07.	28.09.	133	9
Pūriņi	09.05.	16.05.	23.06.	04.07.	28.09.	132	9
KA-2-2011	09.05.	17.05.	28.06.	08.07.	28.09.	133	9
Finola	09.05.	16.05.	14.06.	26.06.	11.09.	115	9
Henola	09.05.	17.05.	22.06.	06.07.	28.09.	133	9
Estica	09.05.	16.05.	22.06.	06.07.	28.09.	134	9
Loja	18.05.	25.05.	26.06.	08.07.	28.09.	127	9
USO-31	09.05.	17.05.		27.07.	28.09.	133	9
Futura 75	09.05.	17.05.		26.07.	03.10.	138	9
Futura 83	09.05.	17.05.		28.07.	03.10.	138	9
Austa	09.05.	17.05.		27.07.	03.10.	138	9
Rodnik	18.05.	25.05.		29.07.	28.09.	129	9
Bialobrzeskie	26.05.	02.06.		03.08.	03.10.	123	9

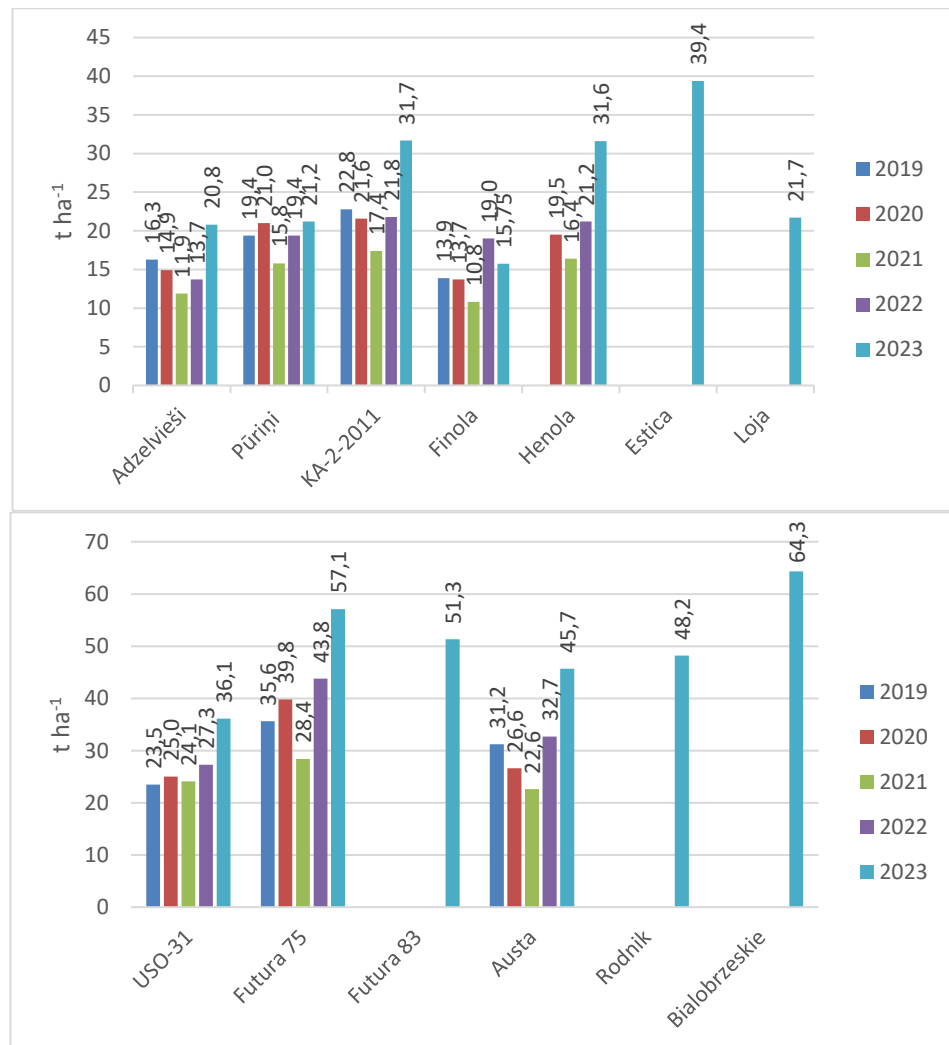
Novērojot fenoloģisko radītājus 6.3.tabulā, redzams, ka sēklu sadīgšana kaņepju šķirnēm ir līdzvērtīga, bet atšķirīga pa gadiem, kas norāda uz atkarību no laikapstākļiem – visātrāk sēklas sadīga 2023. gadā, kad bija visaugstākā gaisa temperatūra veģētācijas sākuma periodā.

Kaņepju šķirnēm uzreiz pēc paraugu paņemšanas noteikta stiebru raža. Šķiedras kaņepju šķirnēm atzīmēta ievērojami augstāka stiebru raža nekā sēklas kaņepju šķirnēm. Būtiski ( $p > 0.05$ ) augstāka stiebru raža iegūta šķiedras šķirnei "Futura 75" 28-57 t ha<sup>-1</sup> kā arī "Bialobrzeskie" (64 t ha<sup>-1</sup>) un sēklas šķirnei "KA-2-2011" 17-31 t ha<sup>-1</sup> (6.4. tabula, 6.3. attēls). Vislielākā stiebru (biomasas) raža tika iegūtā 2023. gadā, kad tika novērota augstākā gaisa temperatūra un lielākie nokrišņi veģētācijas perioda otrajā pusē (augusts-septembris). Viszemākā biomasas raža tika iegūta 2021. gadā, kad veģētācijas perioda otrajā pusē bija zemākā gaisa temperatūra un salīdzinoši zemāks nokrišņu daudzums, kā arī ļoti sauss (bez nokrišņiem) jūlijs.

**Kaņepju stiebru raža\*, t ha<sup>-1</sup>**

Šķirne/linija		2019	2020	2021	2022	2023
Sēklas kaņepes	Adzelvieši	16,3	14,9	11,9	13,7	20,80
	Pūriņi	19,4	21,0	15,8	19,4	21,20
	KA-2-2011	22,8	21,6	17,4	21,8	31,70
	Finola	13,9	13,7	10,8	19,0	15,75
	Henola	-	19,5	16,4	21,2	31,60
	Estica	-	-	-	-	39,40
	Loja	-	-	-	-	21,70
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			1,67	2,47	7,72
Šķiedras kaņepes	USO-31	23,5	25,0	24,1	27,3	36,10
	Futura 75	35,6	39,8	28,4	43,8	57,10
	Futura 83	-	-	-	-	51,30
	Austa	31,2	26,6	22,6	32,7	45,70
	Rodnik	-	-	-	-	48,20
	Bialobrzeskie	-	-	-	-	64,30
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			3,10	3,97	11,72

\*zaļās masa raža



**6.3.attēls.** Kaņepju stiebru raža, t ha<sup>-1</sup>

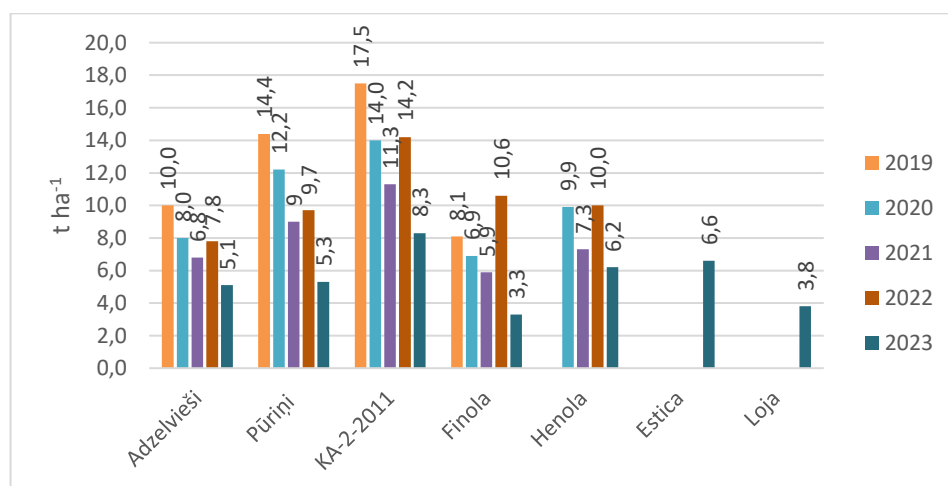
Sēklu kaņepju šķirnēm pētījuma periodā 2019.-2023. gads iegūta salmiņu raža no 3.3 t ha<sup>-1</sup> šķirnei “Loja” 2023. gadā līdz 14,4 t ha<sup>-1</sup> šķirnei “Pūriņi” 2019. gadā. Sēklu kaņepju salmiņu iznākums būtiski atkarīgs no klimatiskajiem un augšanas apstākļiem un to salmiņu

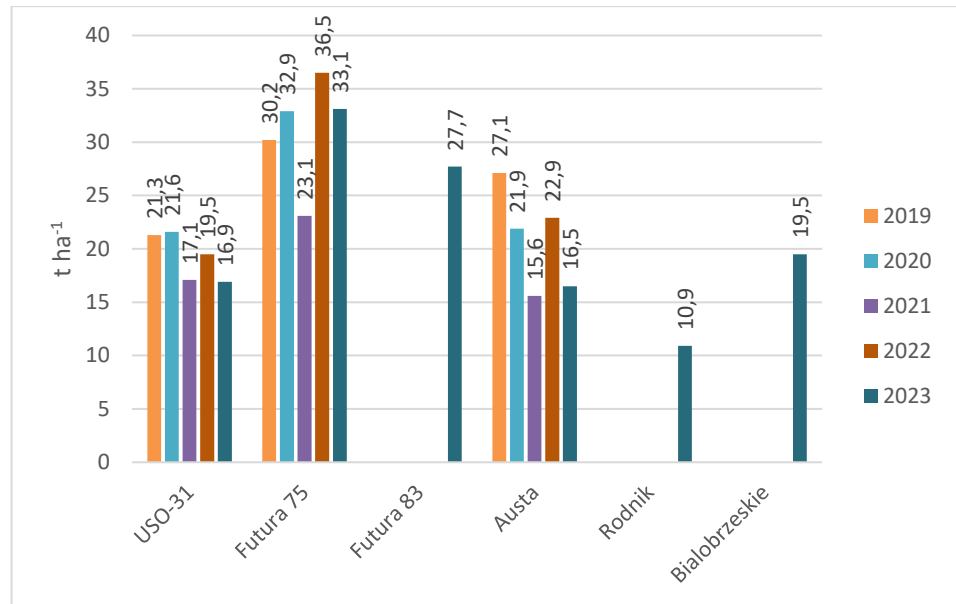
iznākums vienas šķirnes ietvaros variē pat līdz 3 reizēm atkarībā no audzēšanas gada. Šķiedru kaņepju salmiņu iznākuma atkarība no klimatiskajiem apstākļiem nav tik liela. Iznākumi vienas šķirnes ietvaros variē 40% apjomā atkarībā no audzēšanas gada. Līdzīgi kā stiebru ražai, salmiņu raža ir ievērojami augstāka šķiedras kaņepju šķirnēm. Būtiski ( $p > 0.05$ ) augstāka salmiņu raža atzīmēta šķiedras šķirnei "Futura 75" līdz  $36.5 \text{ t ha}^{-1}$  un sēklas šķirnei "KA-2-2011" līdz  $14.2 \text{ t ha}^{-1}$ . (6.5. tabula, 6.4. attēls). Lai arī 2023. gadā tika iegūta vislielākais kaņepju biomasas iznākums, tomēr salmiņu iznākums būtiski lielāks tika novērots 2019. un 2022. gadā, kad gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums bija vienmērīgāks (bez izteikti lieliem nokrišņu un sausuma periodiem).

6.5 tabula

 Salmiņu raža,  $\text{t ha}^{-1}$ 

Šķirne/linija		2019	2020	2021	2022	2023
Sēklas kaņepes	Adzelvieši	10,0	8,0	6,8	7,8	5,1
	Pūriņi	14,4	12,2	9,0	9,7	5,3
	KA-2-2011	17,5	14,0	11,3	14,2	8,3
	Finola	8,1	6,9	5,9	10,6	3,3
	Henola	-	9,9	7,3	10,0	6,2
	Estica	-	-	-	-	6,6
	Loja	-	-	-	-	3,8
<i>RS<sub>0,05</sub></i>				1,49	3,47	1,66
Šķiedras kaņepes	USO-31	21,3	21,6	17,1	19,5	16,9
	Futura 75	30,2	32,9	23,1	36,5	33,1
	Futura 83	-	-	-	-	27,7
	Austa	27,1	21,9	15,6	22,9	16,5
	Rodnik	-	-	-	-	10,9
	Bialobrzeskie	-	-	-	-	19,5
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>				2,19	7,04



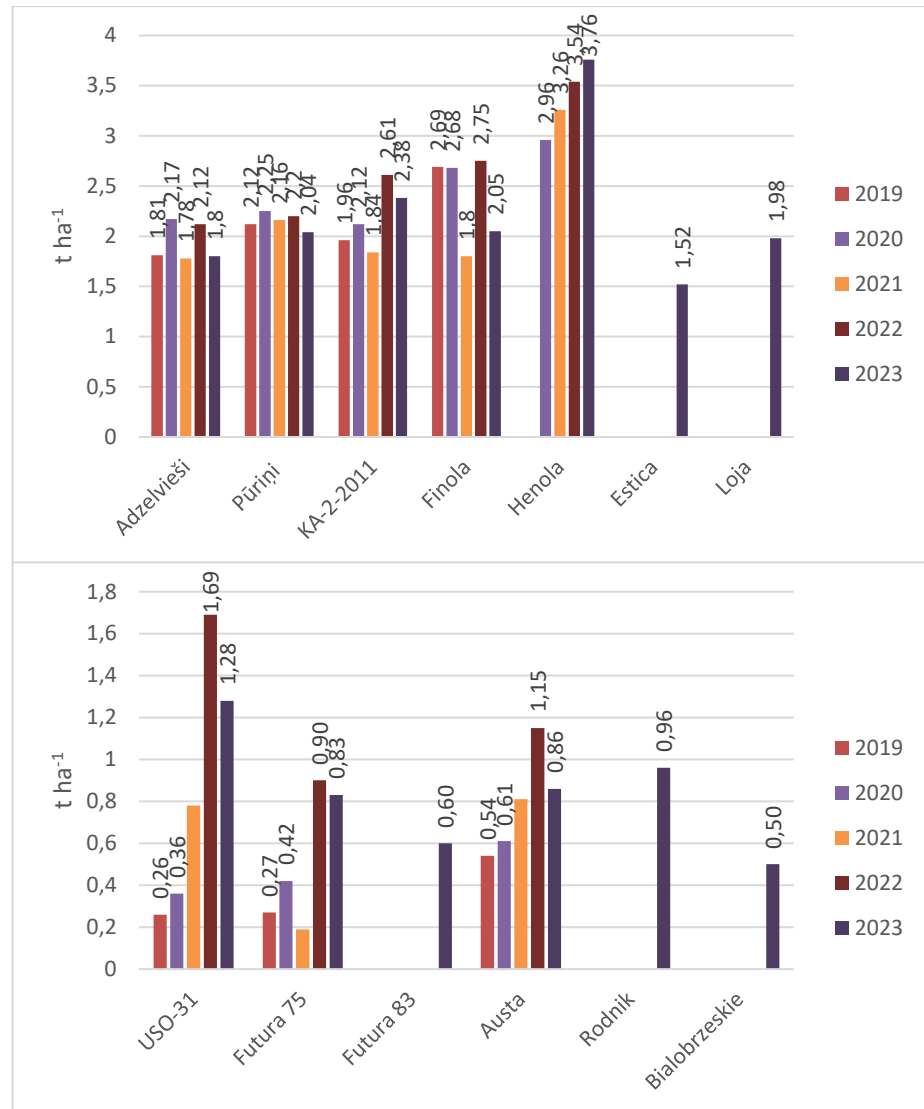
6.4.attēls. Kaņepju salmiņu raža, t ha<sup>-1</sup>

Pētījuma periodā vislielākā sēklu raža iegūta šķirnei “Henola” – no 2.96 līdz 3.76 t ha<sup>-1</sup>, bet zemākā sēklu raža šķirnei “Futura 75” – no 0.19 līdz 0.90 t ha<sup>-1</sup>. Salīdzinot sēklu un šķiedras kaņepju šķirnes, šķiedru šķirnēm sēklu raža ir ievērojami zemāka. Tika novērota arī klimatisko un augšanas apstākļu ietekme uz sēklu iznākumu. Sēklu iznākuma atšķirība šķiedru kaņepēm vienas šķirnes ietvaros var būt pat līdz 5 reizēm atkarībā no augšanas gada. Sēklu kaņepju šķirnēm šī atšķirība nav tik izteikta un variē 35% apjomā vienas šķirnes ietvaros. Vislielākā sēklu raža tika iegūta 2022. gadā, kad laikapstākļi bija visvienmērīgākie gan temperatūras, gan nokrišņu ziņā. Būtiski ( $p>0.05$ ) augstāka sēklu raža starp sēklu kaņepju šķirnēm konstatēta šķirnei “Henola” un no šķiedras šķirnēm “USO-31” 1.69 t ha<sup>-1</sup> (6.6. tabula, 6.5. attēls).

6.6.tabula

Kaņepju sēklu raža, t ha<sup>-1</sup>

Šķirne/linija		2019	2020	2021	2022	2023
Sēklas kaņepes	Adzelvieši	1,81	2,17	1,78	2,12	1,80
	Pūriņi	2,12	2,25	2,16	2,20	2,04
	KA-2-2011	1,96	2,12	1,84	2,61	2,38
	Finola	2,69	2,68	1,80	2,75	2,05
	Henola	-	2,96	3,26	3,54	3,76
	Estica	-	-	-	-	1,52
	Loja	-	-	-	-	1,98
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			0,36		0,27
Šķiedras kaņepes	USO-31	0,26	0,36	0,78	1,69	1,28
	Futura 75	0,27	0,42	0,19	0,90	0,83
	Futura 83	-	-	-	-	0,60
	Austa	0,54	0,61	0,81	1,15	0,86
	Rodnik	-	-	-	-	0,96
	Bialobrzeskie	-	-	-	-	0,50
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			0,16		0,12



6.5.attēls. Kaņepju sēklu raža, t ha<sup>-1</sup>

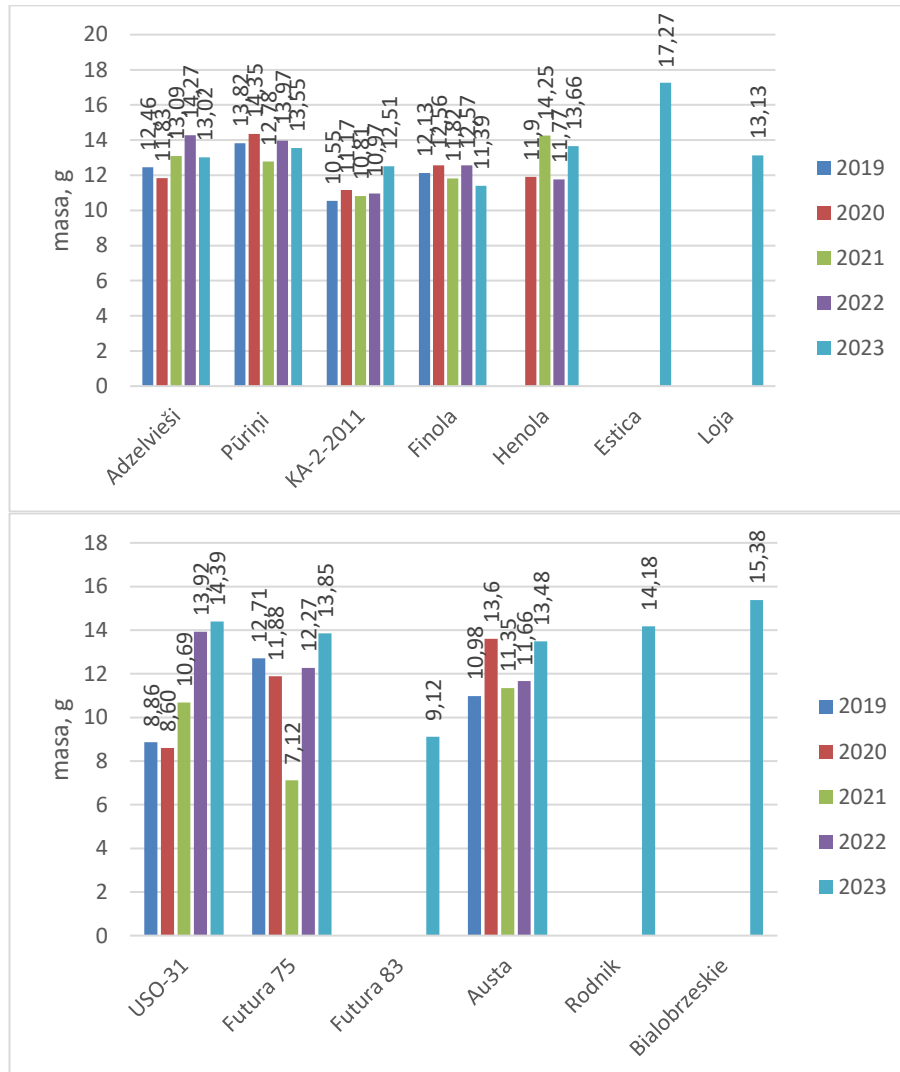
Būtiski ( $p > 0.05$ ) augstāka 1000 sēklu masa atzīmēta kaņepju šķirnēm “Estica” – 17,27 g un “Bialobrzieskie” – 15,38 g. Pārējām kaņepju šķirnēm 1000 sēklu masa atzīmēta robežās no 7,12 g šķirnei “Futura 75” 2021. gadā līdz 14,39 g šķirnei “USO-31”. Sēklu kaņepju šķirnēm 1000 sēklu masa līdzvērtīga ar masu šķiedras kaņepju šķirnēm (6.7. tabula, 6.6. attēls). Lai arī tika novērota atšķirība 1000 sēklu masai vienas šķirnes ietvaros atkarībā no audzēšanas gada, korelāciju nebija iespējams konstatēt, jo rezultāti atšķiras starp šķirnēm.

6.7.tabula

1000 sēklu masa, g

Šķirne/līnija	2019	2020	2021	2022	2023	
Sēklas kaņepes	Adzelvieši	12,46	11,83	13,09	14,27	13,02
	Pūriņi	13,82	14,35	12,78	13,97	13,55
	KA-2-2011	10,55	11,17	10,81	10,97	12,51
	Finola	12,13	12,56	11,82	12,57	11,39
	Henola	-	11,90	14,25	11,77	13,66
	Estica	-	-	-	-	17,27
	Loja	-	-	-	-	13,13
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			1,54	1,69	0,70

Šķiedras kaņepes	USO-31	8,86	8,60	10,69	13,92	14,39
	Futura 75	12,71	11,88	7,12	12,27	13,85
	Futura 83	-	-	-	-	9,12
	Austa	10,98	13,60	11,35	11,66	13,48
	Rodnik	-	-	-	-	14,18
	Bialobrzieskie	-	-	-	-	15,38
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>				1,76	0,62



6.6.attēls.1000 sēklu masa, g

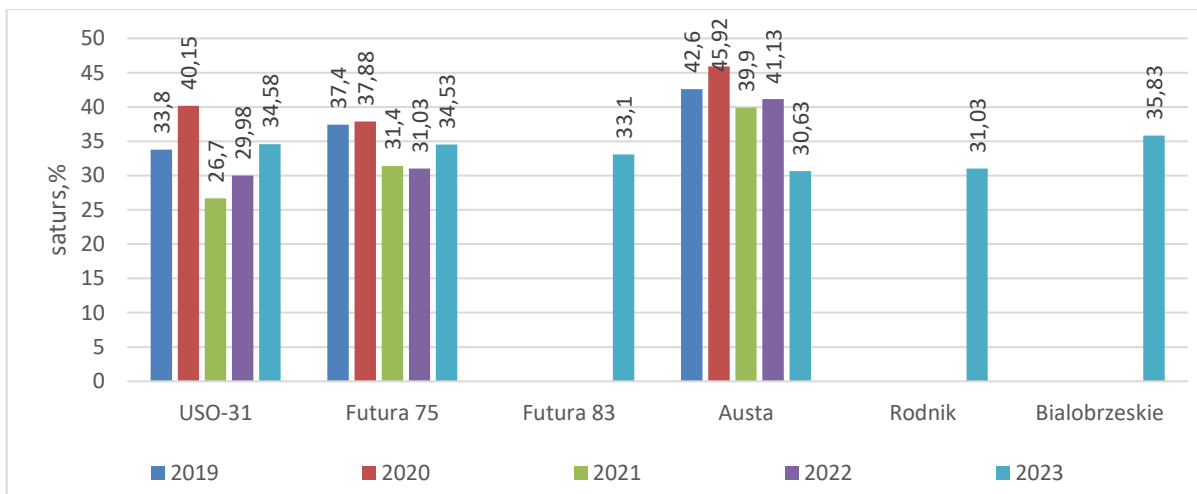
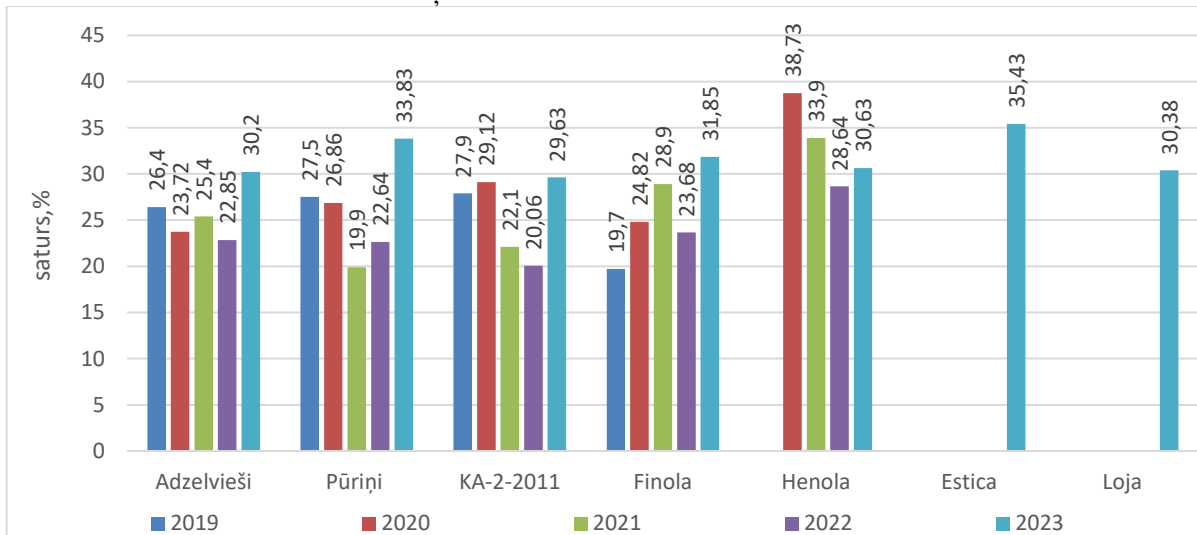
Lūksne iegūta, pārstrādājot netilinātos, bet izžāvētos kaņepju salmiņus. Augstākais netilināto kaņepju augu lūksnes saturs iegūts šķirnēm "Bialobrzieskie" – 35,83 %. Pārējām kaņepju šķirnēm lūksnes saturs ir robežās no 19,9% līdz 35,43 %. Kaņepēm lūksnes saturs ir vairāk šķirnes īpatnība, bet meteoroloģiskie apstākļi arī būtiski ietekmē lūksnas saturu. Izteikti lielāks lūksnas saturs tika novērots 2023. gadā. (6.8. tabula, 6.7. attēls).

6.8.tabula

Lūksnes saturs, %

Šķirne/linija		2019	2020	2021	2022	2023
Sēklas kaņepes	Adzelvieši	26,4	23,72	25,4	22,85	30,20
	Pūriņi	27,5	26,86	19,9	22,64	33,83
	KA-2-2011	27,9	29,12	22,1	20,06	29,63
	Finola	19,7	24,82	28,9	23,68	31,85
	Henola	-	38,73	33,9	28,64	30,63
	Estica	-	-	-	-	35,43
	Loja	-	-	-	-	30,38
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			2,55	3,75	0,70
Šķiedras kaņepes	USO-31	33,8	40,15	26,7	29,98	34,58
	Futura 75	37,4	37,88	31,4	31,03	34,53
	Futura 83	-	-	-	-	33,10
	Austa	42,6	45,92	39,9	41,13	30,63
	Rodnik	-	-	-	-	31,03
	Bialobrzeskie	-	-	-	-	35,83
	<i>RS<sub>0,05</sub></i>			1,91	4,70	6,37*

\*Nav statistiski būtiskas atšķirības



6.7.attēls. Lūksnes saturs, %

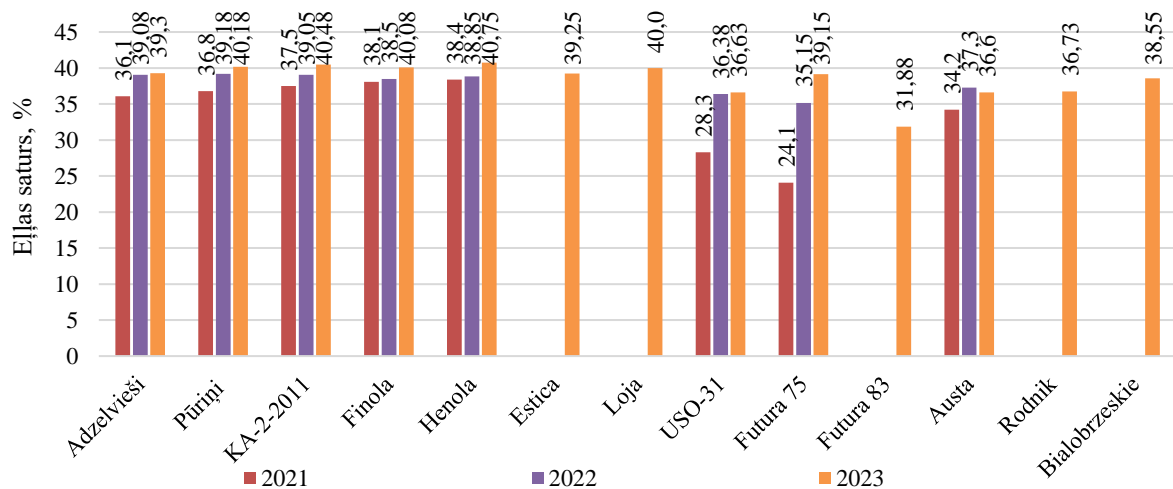


Eļļas satura noteikšana kaņepju sēklās veikta ar iekārtu Infratec 1241 Detector Unit. Dati par eļļas saturu kaņepju šķirņu sēklās apkopoti 6.9. tabulā. Eļļas saturs sausnā no 24,1% šķirnei "Futura 75" līdz 40,75% šķirnei "Henola". Sēklu šķirnēm eļļas saturs ir ļoti līdzvērtīgs no 36-41%, kas nedaudz variē arī pēc hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem, šķiedru kaņepju sēklu eļļas saturs ir mazāks – variē no 24-39%.

6.9. tabula

## Eļļas saturs, %

Šķirne	2019	2020	2021	2022	2023
Adzelvieši			36,1	39,08	39,30
Pūriņi			36,8	39,18	40,18
KA-2-2011			37,5	39,05	40,48
Finola			38,1	38,50	40,08
Henola			38,4	38,85	40,75
Estica			-	-	39,25
Loja			-	-	40,00
USO-31			28,3	36,38	36,63
Futura 75			24,1	35,15	39,15
Futura 83			-	-	31,88
Austa			34,2	37,30	36,60
Rodnik			-	-	36,73
Bialobrzeskie			-	-	38,55
<i>RS<sub>0,05</sub></i>			2,92	1,89	2,15



6.8.attēls. Eļļas saturs, %

Pētījuma ietvaros tika noteikts sēklu kaņepju eļļas sastāvs (6.10 tabula). Henola šķirnei eļļas sastāvs nedaudz atšķiras no pārējām šķirnēm ar lielāku oleīnskābes saturu, bet mazāku γ-linolēnskābes un stearidonskābes saturu.

6.10.tabula

**Auksti spiestas kaņepju eļļas taukskābju saturs un sastāvs**

Taukskābes nosaukums	Apz.	KA-2-2011 (%)	Henola (%)	Finola (%)	Adzelv. (%)	Pūriņi (%)
Palmitīnskābe	16:0	6,0	6,7	6,3	6,2	6,3
Stearīnskābe	18:0	2,1	2,8	2,5	2,6	2,6
Oleīnskābe	18:1, n-9	8,9	10	8,9	9,2	9,4
Vakcēnskābe	18:1, n-7	0,9	0,9	1,0	0,8	0,9
$\alpha$ -Linolskābe ( $\omega 6$ )	18:2, n-6	52,5	53,0	53,1	53,2	52,7
$\gamma$ -Linolēnskābe( $\omega 6$ )	18:3, n-6	4,2	2,5	4,4	4,4	5,0
$\alpha$ -linolēnskābe( $\omega 3$ )	18:3	22,4	21,6	20,6	20,4	19,7
Stearidonskābe	18:4, n-3	1,8	1,2	1,7	1,7	1,7
Arahīnskābe	20:0,	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0
Eikozēnskābe	20:1, n-9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nepiesātināto TS summa (%)		91,2	90,2	90,2	90,2	90
Eļļas saturs (%), ne mazāk kā		20	19	23	20	19
$\Omega 6/ \omega 3$ attiecība		2,3	2,4	2,6	2,6	2,7

**6.2. Kaņepju audzēšana saimniecībās lauku apstākļos**

Lauka eksperimentālie pētījumi projekta ietvaros tika uzsākti 2019.gadā SIA "Saimniecība Nākotne", iesējot industriālo kaņepju šķirni "USO31". 6.10.tabulā redzama informācija par SIA "Saimniecība Nākotne" kaņepju audzēšanas platībām 2019.gadā.

6.10.tabula

**Sabiedrība ar ierobežotu atbildību "Saimniecība Nākotne"  
2019.gads****1. audzēšanas platība**

Nr.p.k.	Nosaukums	Apraksts	Piezīmes
1.	Kadastra nr.	3684 004 0020	„Repukalns”
	Lauku bloka Nr.	66018-37125	
2.	Audzēšanas platība	0.96 ha	
3.	Izmēģinājuma lauka apstākļu raksturojums	1. Granulometriskais sastāvs: sL (smags smilšmāls, māla saturs 17-25%); 2. pH 6.2; P 8.3 (c-optim/vid); K 11,4 (c-optim/vid); Mg 12.00 (B-zems)	
4.	Priekšaugi	Dabīgais zālājs	
5.	Augsnes apstrāde	2019.maijs – diskots, arts, diskots	
6.	Kaņepju šķirne	USO 31	
7.	Izsējas norma	50 kg/ha	

8.	Sēja	2019.g. maija beigas	
9.	Mēslojums	Pirms aršanas liellopu pakaišu kūtsmēsli	
10.	Sēklu novākšana	-	
11.	Stiebru novākšana	2020.gada 26.martā nodiskojam	Fotofiksācija pielikumā

## 2. audzēšanas platība

Nr.p.k.	Nosaukums	Apraksts	Piezīmes
1.	Zemes vienības kadastra apzīmējums	3696 007 0094	„Dekteri”
	Lauku bloka Nr.	68273-37554	
2.	Audzēšanas platība	0.98 ha	
3.	Izmēģinājuma lauka apstākļu raksturojums	Ļoti mālaina augsne, laukam nav augsnes analīzes veiktas	
4.	Priekšaugi	Dabīgais zālājs	
5.	Augsnes apstrāde	2019.gada maijs – arts, diskots	
6.	Kaņepju šķirne	USO 31	
7.	Izsējas norma	50 kg/ha	
8.	Sēja	2019.g. maija beigas	
9.	Mēslojums	-	
10.	Sēklu novākšana	-	
11.	Stiebru novākšana	Iediskojam, nekas netika novākts, jo stieбри pavasarī ļoti samelnējuši, sašķīduši, daļēji sapuvuši.	

2019.gadā citi projekta partneri-primārie lauksaimnieki savus laukus jau bija apsējuši pirms projekta apstiprināts 2019.gada maijā. 6.11.tabulā ir redzams apkopojums par projekta ietvaros audzētajā kaņepju šķirnēm pa gadiem un saimniecībām. 2020.gadā visās saimniecībās kaņepju ražu ietekmēja sēklu sliktā kvalitāte un dīgtpēja. Kā rezultātā samazinājās stiebru ražu līdz 50-90 % no vidējās stiebru ražas iepriekšējā periodā, tāpēc 2020.gadā saimniecībās kaņepes netika novāktas, dati netika apstrādāti. 6.9.attēlā ir redzama kaņepju “USO31” lauka apsekošana 2020.gada septembra sākumā, augi ir vāji attīstīti. Kopumā kaņepes izauga ļoti mazas (maksimums 1m augstumā) un nevienmērīgas. 2021.gada aprīlis kaņepes tika iediskotas zemē, jo nebija iespējams novākt, jo stieбри pavasarī ļoti samelnējuši, sašķīduši, daļēji sapuvuši.

Bija plānota novākt ziemas periodā, kad zeme ir sasalusi, laika apstākļu dēļ to nebija iespējams īstenot. SIA “Saimniecība Nākotne” kaņepju kultūra nav piemērota audzēšanai, jo saimniecības īpašumā esošā augsme ir mālaina un smaga. Kā arī industriālās kaņepes nav atbilstošas audzēšanai bioloģiskajās saimniecībās. Šī iemesla dēļ tika pieņemts lēmums SIA “Saimniecība Nākotne” neturpināt dalību projektā 2021.gadā. Vienīgi SIA “Mežacīruļi”, kas atrodas Zemgalē, ieguva lielāku ražu. Iespējams, ka Zemgales agroklimatiskie apstākļi un augsnes sastāvs mazināja sēklu kvalitātes un dīgtpējas negatīvās sekas.



a

b

**6.9.attēls.** SIA “Jumis Geo” kaņepju lauka apsekošana 2020.gada septembra sākums (a), SIA “Mežacīruļi” kaņepju lauka apsekošana 2020.gada 21 augustā

Ē.Teirumniekas (RTA) promocijas darbā tika izvērtēta klimatisko apstākļu ietekme uz industriālo kaņepju ražību. Tika konstatēts, ka sausie un vēsie laika apstākļi pavasarī negatīvi ietekmē kaņepju dīgšanu. Lai izvairītos no augu stresa un iegūtu konkurētspējīgu ražu, aktīvās augšanas laikā, īpaši pirmās sešas nedēļas, ir nepieciešams pietiekošs mitrums. Kaņepes visjutīgākās pret sausuma apstākļiem dīgšanas stadijā. Ja aprīlī un maijā ir maz nokrišņu, tas kavē dīgšanu. Ja sausie un karstie laika apstākļi turpinās maijā un jūnijā, tas negatīvi ietekmē augu attīstību kopumā, līdz ar to arī ražu. Tas vēlreiz apliecina, ka klimatisko apstākļu ietekme ir jāņem vērā, izvēloties šķirni, un lielākā nozīme ir tieši nokrišņu ietekmei. Vērtējot klimatisko apstākļu svārstības, var secināt, ka augstākus dīgšanas riska faktoros var radīt temperatūras paaugstināšanās un mazais nokrišņu daudzums maijā, kā arī salnas risks pēc sadīgšanas. Pētījumā konstatēts, ka laikapstākļi dažādos gados ir diezgan atšķirīgi, tāpēc audzēšanai jāizvēlas tādas šķirnes, kuras ir mazāk jutīgas pret temperatūras un mitruma svārstībām sēšanas laikā un augu attīstības sākumposmā. Salīdzinoši silts un mitrs septembris var pagarināt veģetācijas periodu, tāpēc turpmāk varēs izvēlēties šķirnes ne tikai ar īsu, bet arī ar vidēju veģetācijas periodu. Austrumlatvijas mainīgajos klimatiskajos apstākļos primāri sēklu iegūšanai vislabāk ir audzēt agrinās šķirnes ar īsu veģetācijas periodu. No RTA pētītajām šķirnēm sēklaudzēšanai var ieteikt “Finola” vai “Pūriņi”. “Bialobzeskie” ir piemērota šķiedrām un spaļiem. Kopumā kaņepju šķiedru un spaļu raža ir mainīga, tāpēc ekonomiski izdevīgāk izmantot visas auga daļas, tai skaitā blakusproduktus.

Balstoties esošajā pieredzē, pētījumos un novērtējot kaņepju sēklu pieejamību, tika pieņemts lēmums nomainīt audzējamo industriālo kaņepju šķirni “USO31” (izveidotājvalstis Ukraina, Francija) pret šķirnēm, kas izveidotas valstīs, kuras tuvākas Latvijas agroklimatiskajiem apstākļiem: “Austa” (Lietuva) “Bialobzeskie” (Polija). Projekta īstenošanas gaitā tika veiktas izmaiņas – pētījumos iekļaut arī sēklu kaņepju šķirnes, izvērtējot to izmantošanu pārtikā (“Pūriņi”, “Loja” Latvija).

6.11. tabula

**Saimniecībās audzējamās kaņepju šķirnes projekta ietvaros**

ads	SIA Jumis geo	SIA Atzola, bioloģiskā saimniecība	ZS Kotiņi, bioloģiskā saimniecība	SIA Mežacīruļi	SIA "Saimniecība Nākotne", bioloģiskā saimniecība	SIA Reits
2023.	Bialo-brzeskie	Loja	Pūriņi	Loja	-----	Bialo-brzeskie
2022.	Bialo-brzeskie	Pūriņi	Pūriņi	Pūriņi	-----	Bialo-brzeskie
2021.	Austa	Austa	Pūriņi	Austa	-----	Austa
2020.	USO 31	USO 31	-----	USO 31	USO 31	-----
2019.	-----	-----	-----	-----	USO 31	-----

Pētījumam izvēlētās kaņepju šķirnes ir reģistrētas ES augu šķirņu datubāzē. Izvēlētās šķirnes, kurām ir salīdzinoši īss nogatavošanās periods, jo veģetācijas periods Austrumlatvijā vidēji ir 185 dienas.

2021.gadā AREI Viļānu nodaļa apsekoja visus primāros audzētājus. 2021.gadā SIA "Mežacīruļi" laukos kaņepes nesadīga, līdz ar to nav iegūti ražas dati. 6.12. tabulā ir apkopoti dati par kaņepju šķirņu ražu saimniecībās 2021.gadā.

6.12. tabula

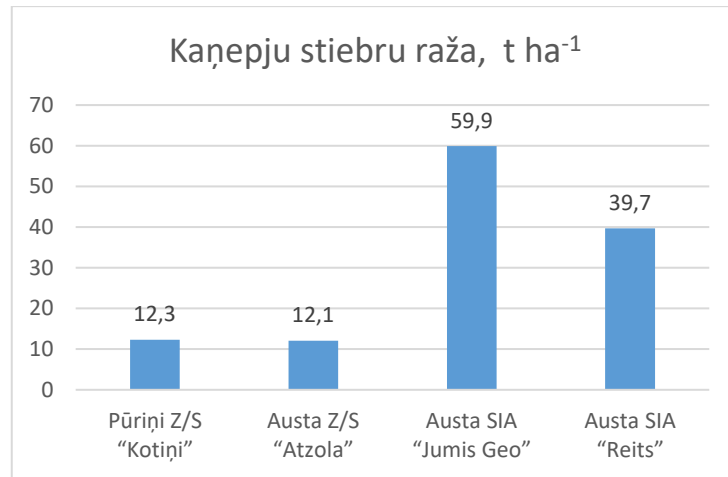
**Kaņepju šķirņu raža saimniecībās 2021.gadā**

	Kaņepju stiebru raža, t ha <sup>-1</sup>	Salmiņu raža, t ha <sup>-1</sup>	Lūksnes raža, t ha <sup>-1</sup>	Spaļu raža, t ha <sup>-1</sup>	Lūksnes saturs, %	Augu biezība uz m <sup>2</sup>	Augu garums, cm
Pūriņi Z/S "Kotiņi"	12.3	6.2	3.0	3.1	23.4	87	117.1
Austa Z/S "Atzola"*	12.1	5.1	2.9	2.1	37.9	299	69.0
Austa SIA "Jumis Geo"	59.9	24.5	12.5	10.6	41.9	107	220.1
Austa SIA "Reits"	39.7	18.0	9.1	8.5	44.4	115	213.5

\* BIO saimniecība

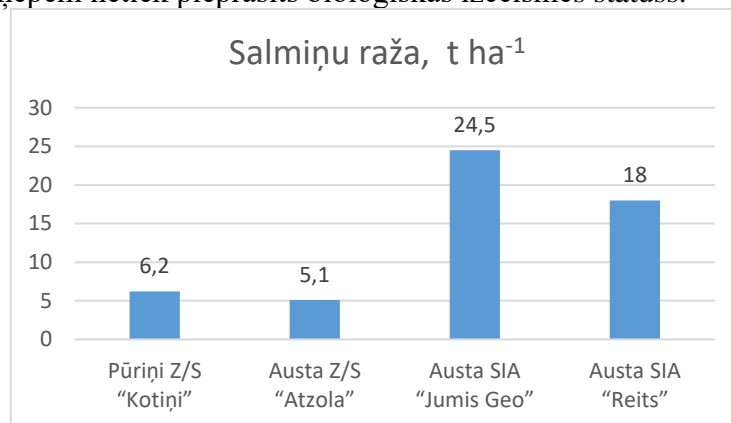
2021. gada 7. septembrī paņemti kaņepju paraugi ražas un kvalitātes izvērtēšanai no sadarbības partneriem: Z/S "Kotiņi", Z/S "Atzola", SIA "Jumis Geo", SIA "Reits". Augu biezība pirms ražas novākšanas 87-299 augi uz m<sup>2</sup>.

Kaņepju stiebru raža (skatīt 6.10. attēlu) saimniecībās šķirnei "Austa" ir no 12,1 t ha<sup>-1</sup> Z/S "Atzola" līdz 59,9 t ha<sup>-1</sup> SIA "Jumis Geo". Sēklu šķirnei "Pūriņi" stiebru raža 12,3 t ha<sup>-1</sup>.



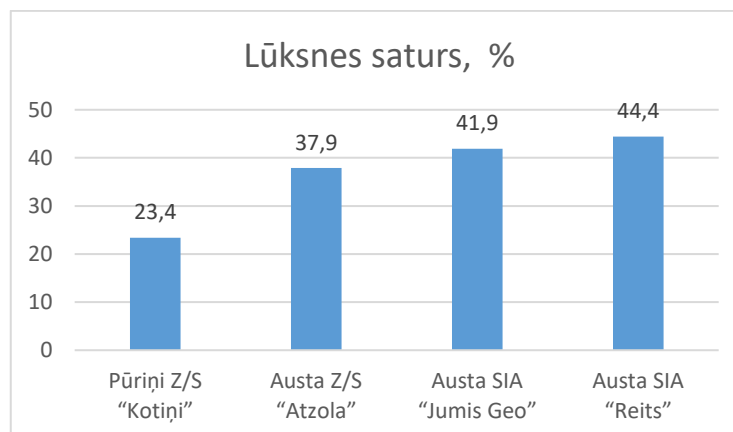
**6.10.attēls.** Kaņepju stiebru raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Kaņepju stiebru zemāka raža ir sēklu kaņepju šķirnei "Pūriņi", jo tā ir sēklu šķirne, kas ir ar ievērojami īsāku stiebra garumu nekā industriālajām kaņepēm. Z/S "Atzola" iegūta zema kaņepju stiebru raža izdusiālajai kaņepju šķirnei "Austa", jo tā ir bioloģiskā saimniecība, kur netika lietots mēslojums audzēšanas procesā. Ar bioloģiskās lauksaimniecības metodēm projekta ietvaros neizdevās iegūt konkurētspējīgu ražas apjomu idusiālajām kaņepēm. Industriālajām kaņepēm netiek pieprasīts bioloģiskās izcelsmes statuss.



**6.11.attēls.** Salmiņu raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Vislielākā salmiņu raža (skatīt 6.11.attēlu) šķirnei "Austa" 2021. gadā iegūta saimniecībā "Jumis Geo"- 24.5 t ha<sup>-1</sup>. Viszemākā salmiņu raža Z/S "Atzola" – 5.1 t ha<sup>-1</sup>. Saimniecībā "Reits" salmiņu raža – 18.0 t ha<sup>-1</sup>. Šķirnei "Pūriņi" salmiņu raža – 6.2 t ha<sup>-1</sup>.



**6.12.attēls.** Lūksnes saturs paraugos, %

Augstākais netilināto kaņepju augu lūksnes saturs (6.12.attēls) šķirnei "Austa" iegūts saimniecībā "Reits" – 44.4%. SIA "Jumis Geo" – 41.9%. Sēklu šķirnei "Pūriņi" lūksnes saturs 23.4%.

2022.gadā AREI Viļānu nodaļa apsekoja visus primāros audzētājus. 2022.gadā SIA "Mežacīruļi" laukos tika sētas nevis industriālās, bet sēklu kaņepju šķirne "Pūriņi", kura slikti sadīga un vājo attīstījās, tāpēc lauki tikai apsekoti vairākkārtīgi (skatīt 6.13.attēlu). Tā kā ražas iznākums bija prognozēts ļoti zems, bija pieņemts lēmums kaņepes iestrādāt augsnē.



**6.13.attēls.** SIA "Mežacīruļi" kaņepju lauka apsekošana 2022.gada 26.jūlijā (a) un 2022.gada 14.septembrī (b)

6.13. tabulā ir apkopoti dati par kaņepju šķirņu ražu saimniecībās 2022.gadā.

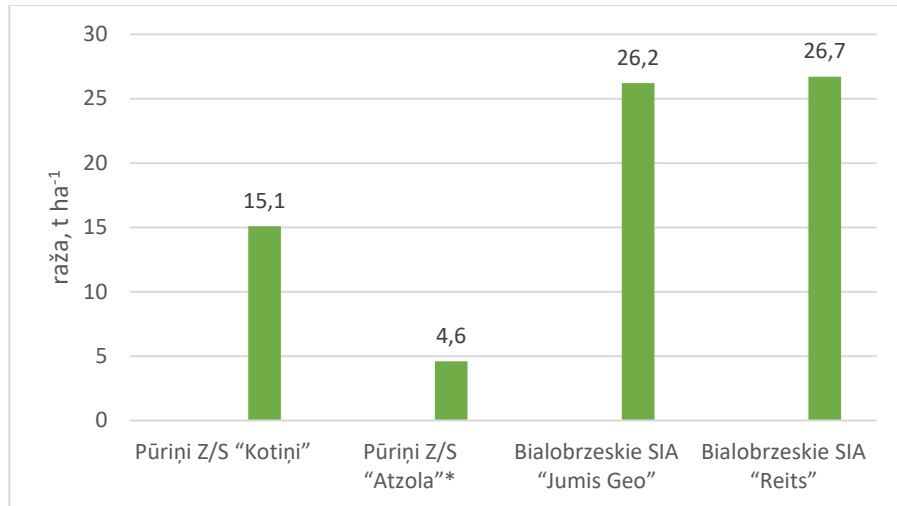
6.13. tabula

**Kaņepju šķirņu raža saimniecībās 2022.gadā**

Šķirne, sadarbības partneri	Kaņepju stiebru raža, t ha <sup>-1</sup>	Salmiņu raža, t ha <sup>-1</sup>	Augu biezība uz m <sup>2</sup>	Augu garums, cm
Pūriņi Z/S "Kotiņi"	15.1	8.4	99	90.0
Pūriņi Z/S "Atzola"*	4.6	2.4	112	63.4
Bialobrzeskie SIA "Jumis Geo"	26.2	20.2	123	235.0
Bialobrzeskie SIA "Reits"	26.7	20.2	125	233.0

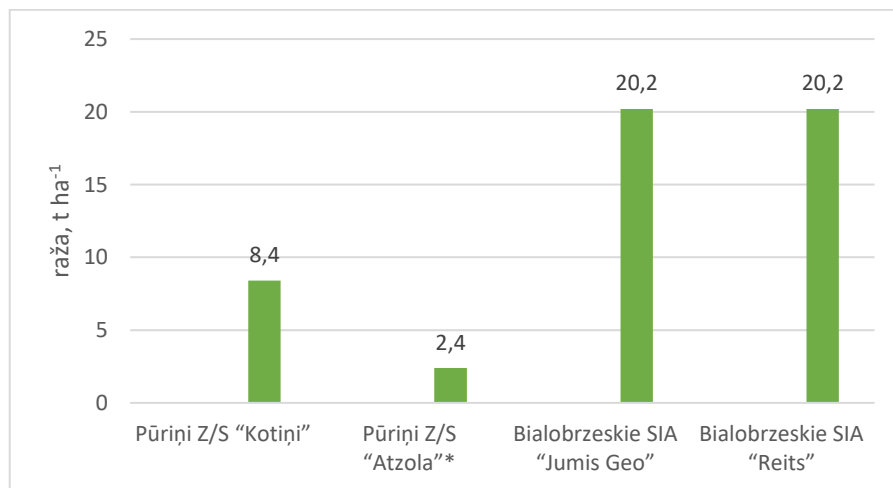
\* BIO saimniecība

2022. gada 8. septembrī paņemti kaņepju paraugi ražas un kvalitātes izvērtēšanai no sadarbības partneriem: Z/S "Kotiņi", Z/S "Atzola", SIA "Jumis Geo", SIA "Reits". Augu garums šķirnei "Pūriņi" -63.4 un 90.0 cm. Šķirnei "Bialobrzeskie" augu garums 233.0 cm saimniecībā "Reits" un 235.0 cm saimniecībā "Jumis Geo". Augu biezība pirms ražas novākšanas 99-125 augi uz m<sup>2</sup>.



**6.14.attēls.** Kaņepju stiebru raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Kaņepju stiebru raža (6.14. attēls) saimniecībās šķirnei "Bialobrzeskie" ir no 26.2t ha<sup>-1</sup> Z/S "Jumis Geo" līdz 26.7 t ha<sup>-1</sup> SIA "Reits". Sēklu šķirnei "Pūriņi" stiebru raža 4.6 t ha<sup>-1</sup> saimniecībā "Atzola" un 15.1 t ha<sup>-1</sup> saimniecībā "Kotiņi".



**6.15.attēls.** Salmiņu raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Salmiņu raža (6.15. attēls) šķirnei "Bialobrzeskie" 2022. gadā iegūta vienāda gan saimniecībā "Jumis Geo", gan saimniecībā "Reits" - 20.2 t ha<sup>-1</sup>. Viszemākā salmiņu raža Z/S "Atzola" - 2.4 t ha<sup>-1</sup>. Saimniecībā "Kotiņi" šķirnei "Pūriņi" salmiņu raža - 8.4 t ha<sup>-1</sup>.

Kaņepju stiebru zemāka raža ir sēklu kaņepju šķirnei "Pūriņi", jo tā ir sēklu šķirne, kas ir ar ievērojami īsāku stiebra garumu nekā industriālajām kaņepēm. Z/S "Atzola" iegūta zema kaņepju stiebru raža sēklu kaņepju šķirnei "Pūriņi", jo tā ir bioloģiskā saimniecība, kur netika lietots mēslojums audzēšanas procesā.

2023.gadā AREI Viļānu nodaļa apsekoja visus primāros audzētājus. 6.14. tabulā ir apkopoti dati par kaņepju šķirņu ražu saimniecībās 2023.gadā.



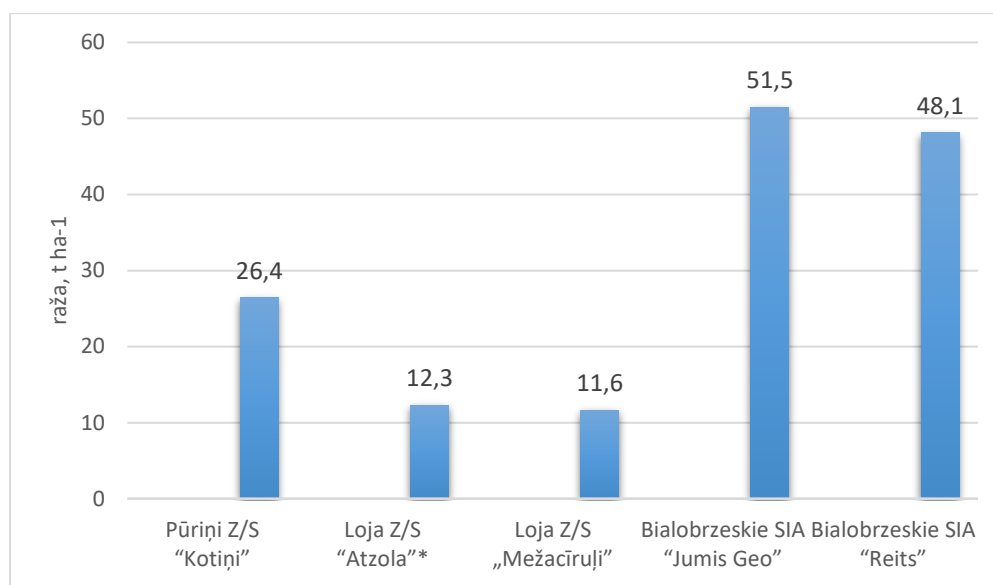
6.14. tabula

**Kaņepju šķirņu raža saimniecībās 2023.gadā**

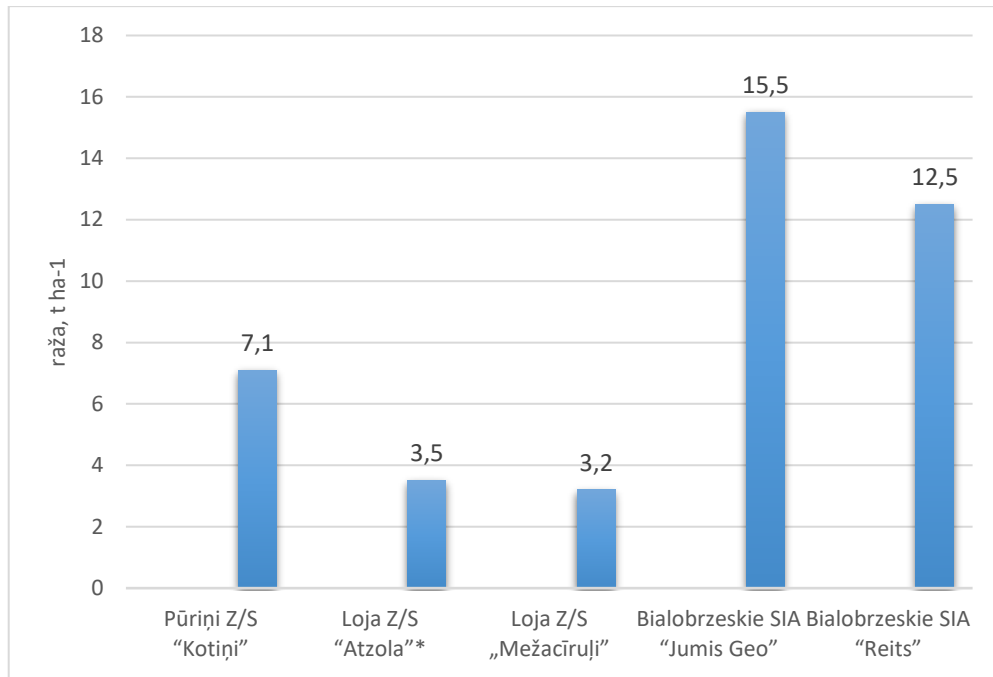
Šķirne, saimniecība	Kaņepju stiebru raža, t ha <sup>-1</sup>	Salmiņu raža, t ha <sup>-1</sup>	Lūksnes saturs, %	Augu biezība uz m <sup>2</sup>	Augu garums, cm
Pūriņi, Z/S "Kotiņi"	26,4	7,1	36,50	133	129,4
Loja, Z/S "Atzola"*	12,3	3,5	34,00	169	103,8
Loja, Z/S „Mežacīruļi”	11,6	3,2	34,00	140	98,5
Bialobzeskie, SIA "Jumis Geo"	51,5	15,5	28,90	157	257,2
Bialobzeskie, SIA "Reits"	48,1	13,5	28,60	177	242,5

\* BIO saimniecība

2023.gada 7. septembrī paņemti kaņepju paraugi ražas un kvalitātes izvērtēšanai no sadarbības partneriem: Z/S "Kotiņi", Z/S "Atzola", SIA "Jumis Geo", SIA "Reits" un Z/S "Mežacīruļi". Augu garums šķirnei "Pūriņi" 129,4 cm. Šķirnei "Bialobzeskie" augu garums 242,5 cm saimniecībā "Reits" un 257,2 cm saimniecībā "Jumis Geo". Šķirnei "Loja" augu garums 103,8 cm Z/S "Atzola" un 98,5 cm Z/S "Mežacīruļi". Augu biezība pirms ražas novākšanas 130-177 augi uz m<sup>2</sup>.

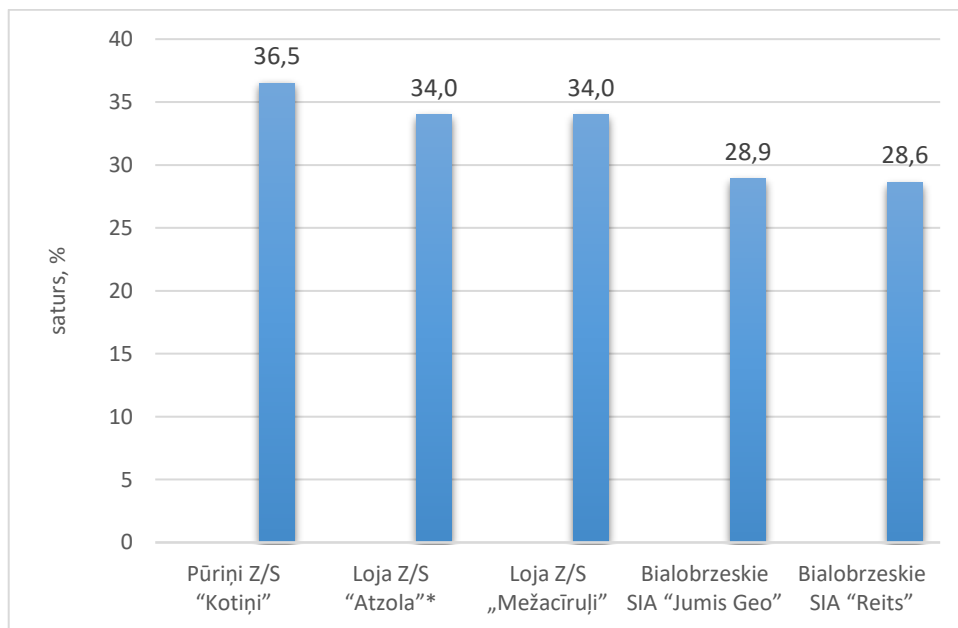
**6.16.attēls.** Kaņepju stiebru raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Kaņepju stiebru raža (skatīt 6.16.attēlu) saimniecībās šķirnei "Bialobzeskie" ir no 51,5 t ha<sup>-1</sup> SIA "Jumis Geo" līdz 48,1 t ha<sup>-1</sup> SIA "Reits". Sēklu šķirnei "Pūriņi" stiebru raža 26,4 t ha<sup>-1</sup>, šķirnei "Loja" Z/S „Mežacīruļi” 11,6 t ha<sup>-1</sup> un 12,3 t ha<sup>-1</sup> Z/S "Atzola".



**6.17.attēls.** Salmiņu raža saimniecībās, t ha<sup>-1</sup>

Salmiņu raža (skatīt 6.17. attēls) šķirnei “Bialobzeskie” 2023. gadā iegūta 15,5 t ha<sup>-1</sup> saimniecībā “Jumis Geo”, un saimniecībā “Reits” – 13,5 t ha<sup>-1</sup>. Viszemākā salmiņu raža šķirnei “Loja” Z/S „Mežacīruļi”–3,2 t ha<sup>-1</sup>, Z/S “Atzola” – 3,5 t ha<sup>-1</sup>. Saimniecībā “Kotiņi” šķirnei “Pūriņi” salmiņu raža – 7,1 t ha<sup>-1</sup>.



**6.18.attēls.** Lūksnes saturs paraugos, %

Augstākais netilināto kaņepju augu lūksnes saturs (skatīt 6.18.attēlu) šķirnei “Pūriņi” iegūts saimniecībā “Kotiņi”– 36,50%. Šķirnei “Bialobzeskie” lūksnes saturs SIA “Reits”– 28,60% un SIA “Jumis Geo”– 28,90%. Sēklu šķirnei “Loja” lūksnes saturs 34,00% saimniecībā “Atzola” un Z/S “Mežacīruļi”.

Z/S Kotiņi 2023. gadā uzstādītā meteostacija tika izmantota faktisko laikapstākļu noteikšanai un vēsturisko datu analīzei, kas fiksēja temperatūras un nokrišņu svārstības pavasarī un vasarā, kā rezultātā labi redzams klimatisko apstākļu ietekme uz ražas iznākumu.

Meteostacijas dati ir kā labs pierādījumu avots apdrošināšanas gadījumu pierādīšanai konkrētajā lokācijā, kas saistīti ar nelabvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem.

Salīdzinot kaņepju ražības rādītājus, kas faktiski iegūti saimniecībās ar lauku apsekošanas rezultātā un eksperimentālajos parauglaukos iegūtajiem kaņepju stiebru ražas rādītājiem (AREI Viļānu nodaļa), ir konstatētas būtiskas rezultātu atšķirības. Atšķirību cēloņi:

1. Veicot apsekošanu, paraugi ņemti no nelieliem lauka nogabaliem (apmēram 1m<sup>2</sup>), līdz ar to nav ņemta vērā kaņepju lauka (sējuma) neviendabīguma ietekme, kas bija novērota visos projekta partneru sējumos. Neviendabīguma cēloņu noteikšanai nepieciešama to ietekmējošo faktoru kopuma padziļināta izpēte;
2. Ražas rezultātu noteikšanai 6.1. un 6.2. nodaļās paraugs tika ņemts kā viss augs, bet netika ņemta vērā faktiskie novākšanas apstākļi (pļaušanas augstums, ziedkopas atsevišķa novākšana, graudiņu kulšana u.t.t.);
3. Nav ņemti vērā faktiskie ražas zudumi.

Līdz ar to var apgalvot, ka rezultāti, kas iegūti parauglaukos un apsekošanas rezultātā, parāda kaņepju sējuma potenciālu konkrētai šķirnei.

### **6.3. Padziļināta industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas paņēmieni faktiskā rezultāta izpēte**

Projekta īstenošanas laikā SIA "Jumis Geo" un SIA "Reits" veica audzēšanas un novākšanas paņēmieni (tehnoloģiju) aprobāciju un padziļinātu izpēti divos blakusesošos laukos no 2021. līdz 2024. gadam, lai iegūtu datus industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiju variantu un rekomendāciju izstrādei kaņepju audzētājiem, kā arī organizēt praktiskās apmācības lauka apstākļos nozares pārstāvjiem un citiem interesentiem. Ar 2021.gadu iepriekšminētā uzdevuma izpildei projektā tika iesaistīts jauns partneris SIA "Reits", nomainot SIA "Saimniecība Nākotne" (saimniecība pamatā strādā ar bioloģiskajām metodēm, kā arī augsne ir mālaina, kā rezultātā 2 gadus pēc kārtas nav izdevies izaudzēt kaņepes, skatīt 6.2.nodaļu). Eksperimentālā kaņepju audzēšana turpinās arī pēc projekta noslēguma.

#### **2021.gada industriālo kaņepju audzēšanas sezona.**

2021. gada pavasarī SIA "Jumus Geo" un SIA "Reits" ierīkoja divus eksperimentālos kaņepju audzēšanas laukus, Nr.1 un Nr. 2 atbilstoši industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas variantu shēmai:

lauks Nr. 1. SIA "Jumis Geo" iesēj industriālo kaņepju šķirni "Austa" zemesgabalā 1.08 ha apmērā (lauku bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: "Jaunlīči", Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

lauks Nr. 2. SIA "Reits" iesēj industriālo kaņepju šķirni "Austa" zemesgabalā 2.31 ha apmērā (lauku bloka numurs 71666-29374; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: "Jaunlīči", Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

10.05.2021. tika sākta lauku sagatavošana sējai, tos aparat, pirms sējas tika veikta kultivēšana (tā ir klasiskā augsnes sagatavošanai sējai) un NPK kompleksā minerālmēslojuma iestrādāšana (200 kg·ha<sup>-1</sup>) 29.05.2021. Abos laukos pirms apstrādes bija ilggadīgie zālāji. Kaņepju sēja tika veikta 31.05.2021. ar sējmašīnu *Väderstad 300* (skatīt 6.19. attēlu) 2-3 cm dziļumā.



**6.19.attēls.** Lauku sagatavošana sējai 2021.gada pavasarī

Kaņepju intensīvās veģetācija periodā (augšsasniedzis apmēram 20 cm garumu, notiek pāreja no dīgšanas fāzes uz augšanas un attīstības fāzi) 02.07.2021. veikta papildmēslošana ar slāpekli ( $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 6.20. attēls.



**6.20.attēls.** Slāpekļa papildmēslojuma iestrādāšana

04.10.2021. tika veikta kaņepju sēklu novākšana (graudiņu novākšana tika veikta ar projekta partneru Z/S "Kotiņi" kombainu CLAAS Lexion 770, kura hedera pacelšanas augstums ir pietiekams, lai varētu nodrošināt industriālo kaņepju graudiņu kulšanu) (skatīt 6.1. video). Pēc graudiņu tīrīšanas tika iegūta raža apmēram  $300 \text{ kg/ha}$ . Iegūto industriālo kaņepju graudiņu kvalitāte nav piemērota izmantošanai pārtikā.



Graudiņu  
novākšana.mp4

**6.1. video.** Graudiņu novākšana 2021.gada rudenī

2021. gadā daļā lauka stiebrī nopļauti rudenī (tilināšana notika guļus), daļa tilinājās uz kāta un nopļauti 2022.gada pavasarī (skatīt 6.21. attēlu), izmantojot divu līmeņu segmenta tipa pļaujmašīnu (skatīt 6.22. attēlu, 6.2. video).



**6.21. attēls.** Kaņepju dabiskā tilināšana



**6.22. attēls.** Divu līmeņu segmenta tipa pļaujmašīna



Divu līmeņu  
segmenta tipa pļaujm

**6.2. video.** Divu līmeņu segmenta tipa pļaujmašīna darbībā 2022.gada pavasarī

Pēc tilināšanas guļus, tika konstatēti spaļu zudumi un šķiedras kvalitātes pasliktināšanās. Neveiksmīga bija rudenī nopļautās kaņepes presēšana ar Class 520 RC Rollant. Kaņepes tinās ap preses elementiem, īpaši ap griezējmašīnām (skatīt 6.23.attēlu).



**6.23. attēls.** Kaņepju presēšana

2022. gada aprīlī, ņemot vērā iepriekšējo negatīvo pieredzi, presēšanai tika izmantota citas konstrukcijas prese (no Malnavas koledžas 22.04.2022. Metal Fach MF 562 Polijā ražotā prese). Presēšana bija veiksmīga, jo prese bija bez griezējnažiem (smalcinātājiem) un ar mazāku vienlaicīgu presējamās masas padošanu. Prese Metal Fach MF 562 ir ar šaurāku ieeju kamerā un mazāku pacēlāju (pacēlājs 1,8 m) nekā Class 520 RC Rollant (pacēlājs 2,1 m), skatīt 6.3. video. Tika sapresēti 40 rituļi.



Presēšana  
pavasari.mp4

### 6.3. video. Kaņepju stiebru presēšana 2022.gada pavasarī

Secinājumi un rekomendācijas:

1. Graudiņu kulšana rudenī iespējama ar graudu novākšanas kombainu, kuram hederis ir paceļams vismaz līdz 2-3 m.
2. Ja nolemts kaņepju gala vākšanu veikt pavasarī, tad tiek rekomendēts atstāt kaņepes tilināties uz kāta.
3. Kaņepju stiebru pļaušanai izmantot vairāku līmeņu segmenta tipa pļaujmašīnas.
4. Kaņepju presēšanai izmantot preses bez griezējnažiem (smalcinātājiem) un mazāku vienlaicīgu presējamās masas padošanu, lai mazinātu kaņepju šķiedras aptīšanos ap preses elementiem.
5. Duāla industriālo kaņepju novākšana Latvijas apstākļos vienas sezonas ietvaros ir ļoti apgrūtināta laikapstākļu dēļ – laikā, kad sēklas ir beidzot sasniegušas atbilstošu gatavības pakāpi, kaņepju stiebru novākšana vienas sezonas ietvaros (pļaušana, tilināšana, žāvēšana, presēšana) ir praktiski neiespējama klimatisko apstākļu dēļ, kā arī iegūtas sēklas kvalitāte ir zema un īpašības nav atbilstošas izmantošanai pārtikā.

Trūkumi:

1. Kaņepju graudu kulšana bez vienlaicīgas stiebru garumošanas, rada būtisku stiebru ražas zudumus (būtiska daļa kaņepju stiebru tiek iespiesta zemē), kā arī apgrūtināta tālāko stiebru novākšanu (kaltēšanas un presēšanas procesā);
2. Kaņepju pļaušana rudenī un atstāšana tilināties guļus stāvoklī pasliktina iegūstamās šķiedras kvalitāti un spaļu zudumus.

### **2022.gada industriālo kaņepju audzēšanas sezona.**

2022. gada pavasarī SIA “Jumis Geo” un SIA “Reits” ierīkoja divus eksperimentālos kaņepju audzēšanas laukus, Nr.1 un Nr. 2 atbilstoši industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas variantu shēmai:

lauks Nr. 1. SIA “Jumis Geo” iesēj kaņepju šķirni “*Cannabis sativa* L Bialobrzeskie” zemesgabalā 1.08 ha apmērā (lauku bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: “Jaunlīči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

lauks Nr. 2. SIA “Reits” iesēj kaņepju šķirni “*Cannabis sativa* L Bialobrzeskie” zemesgabalā 2.31 ha apmērā (lauku bloka numurs 71666-29374; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: “Jaunlīči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

Veikta lauku pirmssējas apstrāde pavasarī (03.05.2022. - lauks Nr.1 aparts un sadiskots, lauks Nr.2 sadiskots (skatīt 6.24.attēlu)).



Lauks Nr.1



Lauks Nr.2

#### 6.24. attēls. Lauku pirmssējas sagatavošana

09.05.2022. tika veikta kaņepju sēja ar Horsch Pronto 4 DC tipa sējmašīnu (skatīt 6.25.attēlu) ar vienlaicīgu komplekso minerālmēsļu NPK iestrādi (lauks Nr.1 -200 kg·ha<sup>-1</sup>, lauks Nr.2. - 150 kg·ha<sup>-1</sup>), izsējas norma (lauks Nr.1 - 60 kg·ha<sup>-1</sup>, lauks Nr.2 - 40 kg·ha<sup>-1</sup>), sējas dziļums 2-3 cm. 13.06.2022. veikta papildmēslošana ar slāpekli (60 kg·ha<sup>-1</sup>) (skatīt 6.4.video).



#### 6.25. attēls. Kaņepju sēja



N papildmēslojuma  
izkliede.mp4

#### 6.4.video. Slāpekļa papildmēslojuma izkliede

2022.gadā 23.septembrī tika veikta kaņepju ziedkopu novākšana ar vienlaicīgu kaņepju stiebra garumošanu, izmantojot specializēto kaņepju novākšanas kombainu "Claas XERION 4000" (skatīt 6.5. video).



Kaņepju  
novākšana.mp4

**6.5.video.** Kaņepju novākšana ar vienlaicīgu kaņepju stiebra garumošanu  
Pēc nopļaušanas tika plānota stiebru irdināšana, lai nodrošināt efektīvāku zaļās stiebru masas dabīgu žāvēšanu uz lauka. Stiebru irdināšana pēc pļaušanas bija apgrūtināta, vietām

pat neiespējama, jo vāli ir biezi, zaļā stiebrī smagi, masa liela. Ar klasisko siena vālotāju nevarēja izārdīt kombaina nopļautu kaņepju stiebru biezo vālu uzreiz pēc pļaušanas. Pēc 2-3 nedēļām apžuvušos kaņepju stiebru vālus daļēji izdevās izirdināt (skatīt 6.6. video).



Stiebrīņu  
irdināšana.mp4

### 6.6.video. Apžuvušo stiebru vālu irdināšana

Stiebrī tika atstāti dabīgai tilināšanai ziemas periodā (daļa vālos, daļa izirdināti) (skatīt 26.6. attēlu).



6.26.attēls. Kaņepju stiebru dabīgā tilināšanās ziemā

Pavasārī vāli tika izārdīti atkārtoti, lai nodrošinātu nepieciešamo mitruma saturu (apmēram 16%). Pēc izžūšanas dabiskajos apstākļos 14.04.2023. tika savāloti un 25.04.2023. tika sapresēti, izmantojot iepriekšējā sezonā izvēlēto tehniku (skatīt 6.27., 6.28. attēlu, 6.7. un 6.8. video).



6.27.attēls. Kaņepju stiebru vālošana



vālošana  
pavasārī.mp4

### 6.7.video. Kaņepju stiebru vālošana



Presēšana pavasarī  
(2).mp4

### 6.8.video. Kaņepju stiebru presēšana





**6.28.attēls.** Kaņepju stiebru presēšana

SIA "Jumis Geo" un SIA "Reits" lauki, 2022. gada sezonā audzēto kaņepju stiebru novākšanai, tika sadalīti 3 nogabalos:

1.daļā stieбри tika nopļauti un sapresēti rituļos (tas bija ļoti apgrūtināši, izdevās sapresēt tikai dažus rituļus);

2.daļā stieбри tika nopļauti, daļēji izirdināti un atstāti uz lauka dabīgai tilināšanai;

3.daļā stieбри palika uz lauka dabīgai tilināšanai vālos, pavasarī tos novācot.

2023. gada 25. aprīlī (6.29. attēls) tika veikta 2022. gada 3 ha audzēto kaņepju stiebru presēšana, sapresēti 40 rituļi, novēroti spaļu zudumi, kopējā vidējā rituļa masa 200 kg, kaņepju stiebru mitrums 12%.



**6.29. attēls.** 25.04.2023. sapresētie rituļi

Secinājumi un rekomendācijas:

1. Ziedkopu novākšana ar vienlaicīgu kaņepju stiebra garumošanu, izmantojot specializēto kaņepju novākšanas kombainu noritēja bez sarežģījumiem. Tika iegūti sagarumotie stieбри 50-60 cm garumā.
2. Kaņepju pļaušana septembra beigās ir par vēlu, lai stiebru tilināšana, žāvēšana un novākšana notiktu rudenī. Lielākā problēma Latvijas klimatiskajos apstākļos ir izžāvēšana rudenī, kā arī lēnāks tilināšanās process.
3. Ja nolemts kaņepju gala vākšanu veikt vienas sezonas ietvaros, tad tiek rekomendēts veikt kaņepju pļaušanu agrāk, nekā septembra otrā puse.

Trūkumi:

1. Pēc tilināšanas guļus stāvoklī ziemas periodā, iegūts mazāks kopējais kaņepju sausnas iznākums, šķiedras ar zemāku kvalitāti, lieli spaļu zudumi.
2. Novācot kaņepes pavasarī, nevar veikt augsnes sagatavošanu rudenī. Kā liecina veiktie pētījumi, augsnes sagatavošanā rudenī kaņepju audzēšanai ir optimālāka.

### **2023.gada industriālo kaņepju audzēšanas sezona.**

2023. gada pavasarī SIA "Jumis Geo" un SIA "Reits" ierīkoja divus eksperimentālos kaņepju audzēšanas laukus, Nr.1 un Nr. 2 atbilstoši industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas variantu shēmai:

lauks Nr. 1. SIA "Jumis Geo" iesēj kaņepju šķirni "*Cannabis sativa* L Bialobrzieskie" zemesgabalā 1.08 ha apmērā (lauku bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: "Jaunlīči", Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

lauks Nr. 2. SIA "Reits" iesēj kaņepju šķirni "*Cannabis sativa* L Bialobrzieskie" zemesgabalā 2.31 ha apmērā (lauku bloka numurs 71666-29374; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: "Jaunlīči", Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).

Veikta lauku pirmssējas apstrāde pavasarī (21.05.2023. - lauks Nr.1 un lauks Nr.2 aparts ar Lemken maiņvirziena 4 korpusu arklu un tai sekojoša augsnes kultivēšana. Traktors: John Deer 6630. 24.05.2023. tika veikta kaņepju sēja ar Horsch Pronto 4 DC tipa sējmašīnu (skatīt 6.30.attēlu un 6.9.video) ar vienlaicīgu komplekso minerālmēslu NPK iestrādi (lauks Nr.1 -200 kg·ha<sup>-1</sup>, lauks Nr.2. - 200 kg·ha<sup>-1</sup>), izsējas norma (lauks Nr.1 - 50 kg·ha<sup>-1</sup>, lauks Nr.2 - 60 kg·ha<sup>-1</sup>), sējas dziļums 2-3 cm. 26.06.2023. veikta papildmēslošana ar slāpekli (60 kg·ha<sup>-1</sup>). Sēklas materiālu cena 8.0 EUR kg<sup>-1</sup>.



**6.30. attēls.** Industriālo kaņepju sēja



Kaņepju sēja.mp4

### **6.9.video.** Industriālo kaņepju sēja

Apsētie kaņepju lauki sezonas laikā vairākkārtīgi tika apsekoti, lai fiksēt sējuma attīstību un kvalitāti (skatīt 6.31.attēlu).



**6.31 attēls.** Apsēto lauku apsekošana

Kaņepju audzēšanas 2023. gada sezonā tika turpināta augsnes sagatavošanas, kaņepju sēšanas un minerālmēslojuma iestrādes tehnoloģiskās kartes izstrāde un izejas datu iegūšana, kaņepju audzēšanas atbilstība izstrādātai audzēšanas tehnoloģijai un uzraudzība.



6.32. attēls. Veikti/apkopoti kaņepju paraugu kontrolmērījumi, 22.06.2023.



6.33. attēls. Minerālmēslojuma (slāpekļlis) iestrāde, 29.06.2023.

Minerālmēsļu dati redzami 6.33.1. attēlā.



6.33.1. attēls. Minerālmēslojuma specifikācija

Saņemtas 2023.gada maijā veiktās kaņepju lauku augsnes analīzes (Agricon Baltic) un balstoties uz tām un ņemot vērā NPK un slāpekli, kas iestrādāts 3,39 ha kaņepju abos laukos, Agricon sagatavojis digitālo mēslošana karti.



**6.34. attēls.** Veikti kaņepju paraugu kontrolmērījumi 04.07.2023.

Veiktajos kontrolmērījumos konstatēts, ka vidējais kaņepju garums ir aptuveni 1.50 m, kas atbilst šķirnes attīstības parametriem (skatīt 6.34.attēlu).



**6.35. attēls.** Veikti kaņepju paraugu kontrolmērījumi 22.07.2023. Mežvidi 2.67 m



**6.36. attēls.** Noteikts mitruma saturs ziedkopā svaigi grieztā, 03.08.2023.



**6.37. attēls.** Noteikts mitruma saturs, stiebos mazliet mazāks mitrums, 10.08.2023.



**6.38. attēls.** Veikti kaņepju paraugu kontrolmērījumi, 11.08.2023.

02.09.2023. ar drona palīdzību kopā ar Malnavas koledžas pārstāvjiem tika apsekoti un vizuāli novērtēti SIA “Reits” un SIA “Jumis Geo” kaņepju lauki, tika konstatēta būtiska kaņepju sējuma neviendabība. 2023.augustā tika paņemtas kaņepju lapu analīzes no kaņepju laukiem. Paraugi tika nosūtīti uz Yara laboratoriju (Lielbritānija) N saturs un citu elementu noteikšanai un analīžu veikšanai auga zaļajā masā (netika konstatēts makroelementu un mikroelementu iztrūkums).



**6.39. attēls.** Apsekotie SIA ” Reits” un SIA “Jumis Geo” kaņepju lauki 05.09.2023.

2023.gadā 9.septembrī (gandrīz 2 nedēļās ātrāk nekā 2022.gadā) tika veikta kaņepju ziedkopu novākšana ar vienlaicīgu kaņepju stiebra garumošanu, izmantojot specializēto kaņepju novākšanas kombainu "Claas XERION 4000".

2023. gadā, kā vienu no tehnoloģijas variantu izpētēm, tika veikta kaņepju stiebru “zaļās masas” novākšana agrā rudens periodā ar dabīgo tilināšanu ierobežotā periodā. Svaigi nopļautās stiebru masa tika sapresēta rituļos un iekonservēta, izmantojot rituļu plēvju tinēju. Savukārt daļa nopļauto kaņepju stiebru, izmantojot ārdītāju, tika izklidēti uz lauka tās tālākai vītināšanai, tādejādi sagatavojot to presēšanai, apejot līdz šim ierasto dabīgās tilināšanas procesu, kas iepriekšēja 2022. gada audzēšanas sezonā pazemināja šķiedras kvalitāti un veicināja ievērojamus zudumus. Savukārt no novākto ziedkopu zaļās masas tika izspiesta sula, kas sublimējot tika pārstrādāta kaņepju pulverī, turpmākai izpētei ar mērķi jaunu produktu attīstīšanai (skatīt 6.40.-6.45.attēlus un 6.10. video).

Jāatzīmē, ka šāda veida novākšanas tehnoloģisko paņēmieni kopums industriālajām kaņepēm Latvijā tika pielietots pirmo reizi.



**6.40. attēls.** Industriālo kaņepju novākšana (paraugdemonstrējumi), 08.09.2023.



**6.41. attēls.** 08.09.2023 kaņepju presēšana Mežvidos

Kopā ar projekta sadarbības partneriem un Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Malnavas koledžas Bioekonomikas un viedo lauksaimniecības tehnoloģiju centra speciālistiem tika diskutēts par kaņepju pārstrādes centra izveidi “Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parkā”.



**6.42. attēls.** 08.09.2023. Īsākie stiebrī lauks Nr.1, garākie – lauks Nr.2



**6.43. attēls.** Nopļauto vālu ārdīšana 11.09.2023.



**6.44.** Kaņepju sula izspiesta 09.09.2023.



**6.45. attēls.** Vidējā mitruma noteikšana no lauka ņemtajiem kaņepju stiebriem (diena pēc pļaušanas) 09.09.2023.



Kaņepju ietīšana  
plēvē.mp4

**6.10.video.** Zaļo kaņepju stiebru rituļa ietīšana plēvē

6.46. attēlā redzama fermentēto kaņepju stiebru pārstrāde, izmantojot tvaika spridzināšanas metodi (siltināšanas materiālu izgatavošanai).



**6.46. attēls.** Fermentēto kaņepju stiebru pārstrāde

Daļa kaņepju tika atstātas žāvēties apmēra 2 nedēļas, tad vālotas un presētas (skatīt 6.47. un 6.48. attēlus).



**6.46. attēls.** Kaņepju vālošana pirms presēšanas Mežvidi 22.09.2023.



**6.48. attēls.** Kaņepju vālošana un presēšana, Mežvidi 22.09.2023.

Kaņepju stiebru mitrums atbilst prasībai - pirms presēšanas līdz 16% 9skatīt 6.49. attēlu).



**6.49. attēls.** Kaņepju stiebru mitruma noteikšana

Secinājumi un rekomendācijas:

1. Ziedkopu novākšana ar vienlaicīgu kaņepju stiebra garumošanu, izmantojot specializēto kaņepju novākšanas kombainu noritēja bez sarežģījumiem. Tika iegūti sagarumotie stiebi apmēram 50 cm un 25 cm garumā.
2. Stiebru garums robežās 25-50 cm neatstāj būtisku iespaidu uz stiebru žūšanu, vālošanu, presēšanu, ja tiek lietotas kaņepju stiebru atbilstošas tehnoloģiskās iekārtas.
3. Kaņepju pļaušana septembra sākumā pie labvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem nodrošina stiebru izžūšanu, bet nenodrošina pilnīgu tilināšanās procesu (ko apliecināja kaņepju stiebru nepilnīgā dekortikācija – spaļi ne līdz galam atdalījās no šķiedras).



4. Lai stiebru tilināšana, žāvēšana un novākšana notiktu vienas sezonas ietvaros, iegūstot kvalitatīvu izejvielu un novēršot zudumus, kaņepju pļaušana ir jāveic pēc kaņepju ziedēšanas augusta 2.-3 .dekādē.
5. Zaļo kaņepju stiebru satīšana plēvē un fermentēšana ļauj ātri novākt kaņepju stiebru ražu.

Trūkumi:

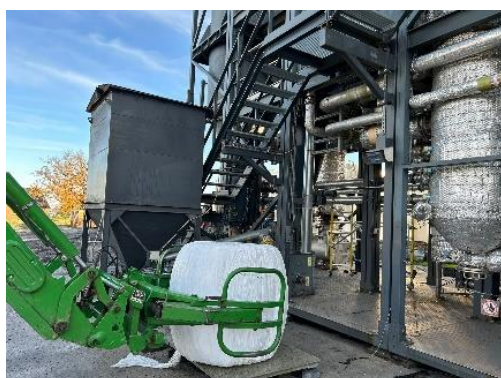
1. Novācot kaņepju stiebrus rudenī tilināšana ir nepilnīga.
2. Fermentēto kaņepju izmantošana patreiz ir ierobežota, trūkst pētījumu un zināšanu par to izmantošanu.

### Novākto kaņepju stiebru uzglabāšana un apstrāde

Novāktie kaņepju stieбри, kas sapresētas rituļos, sākotnēji tika uzglabātas uz lauka (skatīt 6.50., 6.51. attēlu). Lai uzglabāšanas procesā nepasliktinātos stiebru kvalitāte, būtiski ir nodrošināt presējamo kaņepju stiebru mitrumu līdz 16%. Uzglabāt atklātās platībās drīkst tikai līdz ziemas sezonai. Pirms ziemas iestāšanos rituļi ir jātransportē uz turpmākās pārstrādes vietu vai uzglabāšanu ventilējamās platībās, kurās rituļi ir pasargāti no tiešas nokrišņu ietekmes (piemirām nojumes, angāri u.tml.).



**6.50. attēls.** Kaņepju presēto stiebru rituļu uzglabāšana uz lauka 2023.gada oktobris



**6.51. attēls.** Kaņepju zaļā masas iekonservēta rituļa transportēšana turpmākai pārstrādei uz Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūtu

Projekta ietvaros 17.06.2024. rūpnieciskajos apstākļos tika veikta eksperimentālā kaņepju stiebru dekortikācija un nozares pārstāvju apmācība par kaņepju stiebru pirmapstrādi (skatīt 6.52. attēlu). Dekortikācija tika veikta 2021.gada sezonas pilnīgi tilinātajiem kaņepju

stiebriem (šķirne “Austa”), 2023.gada sezonas daļēji tilinātajiem kaņepju stiebriem (šķirne “Bielobrzeskie”), SIA “Agrozona” mākslīgi tilinātajiem stiebriem (skatīt 6.11. video). No daļēji tilinātiem kaņepju stiebriem atdalītā šķiedra satur daudz spaļu atliekas.



**6.52. attēls** Kaņepju stiebru dekortikācija un iegūtā šķiedra



Dekortikācija.mp4

**6.11. video.** Dekortikācijas process rūpnieciskajos apstākļos

### **2024.gada industriālo kaņepju audzēšanas sezona.**

2024. gada pavasarī SIA “Reits” turpina eksperimentālos kaņepju audzēšanu, iesēj kaņepju šķirni “*Cannabis sativa* L Bialobrzeskie” zemesgabalā 1.08 ha apmērā (lauku bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: “Jaunlīči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737). Mērķis ir izpētīt kaņepju novākšanu augusta 2. vai 3.dekādē un lauka sagatavošanu iepriekšējā gada rudenī pirms pavasara sējas, ņemot vērā iepriekšējo audzēšanas sezonu secinājumus un rekomendācijas.

2023.gada rudenī pēc kaņepju novākšanas lauks tika apartas 20 cm dziļumā, kaļķots, nedziļi diskots un kultivēts, lai to sagatavotu kaņepju sējai 2024.gada pavasarī (skatīt 6.50. – 6.53.attēlu).



**6.50. attēls.** 04.10.2023. uzsākta augsnes sagatavošana kaņepju sējai

06.10.2023 izkliedēts granulētais kaļķis un 07.10.2023 virskārtas nedziļa diskošana.



**6.51. attēls.** Kaļķošanas materiāla specifikācija



**6.52. attēls.** 06.10.2023 granulētā kaļķa izkliedēšana



**6.53. attēls.** 13.10.2023. lauka kultivēšana

2024.gada pavasarī pirms kaņepju sējas lauks tika kultivēts, sagatvots sēšanai, 21.05.2024 veikta sēja, izsējas norma 65kg/ha, sējas dziļums 3cm dziļumā, NPK 4 cm, rindstarp 12,5 cm, (skatīt 6.64.-6.56. attēlus).



**6.54. attēls.** Lauka sagatavošana sējai, augsnes kultivēšana 19.05.2024.



**6.55. attēls.** Pirmsējas sagatavošanas darbi, sēklas un minerālmēslojuma sagāde un sēja 21.05.2024.



**6.56. attēls.** Kaņepju sēja 21.05.2024.

2024.gada maija beigās un jūnija sākumā tika veikta lauku apsekošana. Neskatoties uz sauso pavasari kaņepes bija sadīgušas labi (skatīt 6.57.-6.58.attēlus).



**6.57. attēls.** Kaņepju sējumu apsekošana, 28.05.2024



**6.58. attēls.** Kaņepju sējumu apsekošana, 02.06.2024

## 7. Rekomendācijas optimālai kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiju izvēlei Latvijas agroklimatiskajos apstākļos

Apkopojot projektā iegūtās atziņas un LBTU iepriekš veiktos praktiskos izmēģinājumus, var secināt, ka kaņepju novākšanas procesa izstrāde tiek veikta saskaņā ar audzēšanas tehnoloģiju un plānoto galaprodukta veidu:

- garas šķiedras ieguvei, piemēram, tekstilrūpniecībai;
- īsas šķiedras ieguvei, piemēram, kompozītmateriāliem (plāksnēm);
- vienlaicīga stiebru un sēklu ieguvei.

Neatkarīgi no izvēlētajā galaprodukcijas veida, novākšanas tehnoloģijas balstās uz šādiem principiem:

- Atbilstoša pļaušanas/griešanas sistēmas izvēle, lai nopļautie stieбри atbilstu nepieciešamajam pārstrādes garumam;
- Vienmērīgas žūšanas procesa nodrošināšana pēc nopļaušanas;
- Laika apstākļu ietekmes samazināšana uz galaprodukta kvalitāti;
- Efektīvu žūšanas un tilināšanas procesu nodrošināšana, ietverot masas savākšanu presēšanai rituļos vai ķīpās bez masas zudumiem;
- Stiebru sagatavošana tālākam pārstrādes procesam.

### 7.1. Kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģijas variantu iespējamie risinājumi

Pamatojoties uz projekta ietvaros veiktajiem eksperimentālajiem lauka izmēģinājumu datiem un LBTU iepriekš veiktajiem pētījumiem, tika izveidotas tehnoloģiskās kartes tehnoloģisko operāciju izmaksu aprēķinam.

1. Izstrādāti kaņepju audzēšanas tehnoloģijas variantu iespējamie risinājumi (skat. 7.1. tabulu).
2. Veikta tehnoloģisko variantu izmaksu aprēķina metodikas izstrāde.

7.1. tabula

#### Kaņepju audzēšanas tehnoloģiskā shēma

N.p.k.	Kaņepju sēšana
1.1	Kūtsmēsļu izkliešana (40 t ha <sup>-1</sup> )
1.2	Augsnes lobīšana (2 virzienos – garenvirzienā)
1.3	Augsnes lobīšana (2 virzienos – šķērsvirzienā)
1.4	Aršana rudenī (nezāļu piesārņotos laukus uzar 15 – 20 dienas pēc lobīšanas)
1.5	Lemešu lobītājs
1.6	Augsnes izlīdzināšana, šļūce
1.7	Mīnērālmēsļu iekraušana
1.8	Akmeņu novākšana
1.9	Mīnērālmēsļu transportēšana
1.10	Mīnērālmēsļu izkliešana (slāpekļis - 90-120 kg ha <sup>-1</sup> , fosfora un kālija 60-90 kg ha <sup>-1</sup> ) pamatmēslojums NPK
1.11	Augsnes kultivācija un ecēšana
1.12	Mīnērālmēsļu iekraušana papildmēslojums slāpekļis - 60 kg ha <sup>-1</sup>
1.13	Mīnērālmēsļu izkliešana <b>papildmēslojums</b> slāpekļis - 60 kg ha <sup>-1</sup>
1.14	Sēklas kodināšana, (sējas materiāla 1000 sēklu masai jābūt 9-26 gramam)
1.15	Sēklas iekraušana, izkraušana
1.16	Sēklas transportēšana
1.17	1. Sēja ar pievelšanu (sēklu ieguvei 25 līdz 35 kg ha <sup>-1</sup> ; 2-3cm; slejsēja-2-3 rindas, attālums 10-15 cm)

1.18	2.Sēja ar pievešanu (stiebru, biomasas ieguvei 50 –70 kg ha <sup>-1</sup> ; ar sēklu 90-95% saimniecisko lietderību) dīgstība uz lauka ap 50-60%
1.19	Mīnerālmēslu izklieoššana (2 – 3 pāri lapiņām, papildmēslojums N50 – N68 kg ha <sup>-1</sup> ) Amonija salpetris
1.20	Smidzināšana, herbicīdiem (fuzilāts vai ažils)
1.21	Pesticīdu smidzināšana
1.22	Fungicīds (parasti neizmanto)

#### Kaņepju sēklu daļas novākšana

2.1	Sēklas daļas novākšana ar graudaugu kombainu
2.2	Sēklu transportēšana, (vidēji 500 – 1600 kg ha <sup>-1</sup> sēklu)
2.3	Sēklu tīrīšana (Priekštīrīšanas iekārtas darbojas uz sietu un gaisa plūsmas principu)
2.4	Sēklu kaltēšana (nepārtrauktas plūsmas konveijera tipa kalte)
2.5	Sēklu kaltēšana (apcirknī uz grīdas, no apakšas ar ventilatoru tiek pievadīts silts gaiss)
2.6	Sēklu transports
2.7	<b>Sēklu uzglabāšana</b> (glabāšana ventilējamās torņos 60 m <sup>3</sup> tilpumā).
2.8	Sēklu tīrīšana (no nevēlamajiem smalkākajiem piejaukumiem, sasniedzot 99,9% tīrību, Petkus)

Eiropas ražotājiem rosina mainīt šo secību, vispirms veicot priekštīrīšanu un tad žāvēšanu. Šāda secība var uzlabot sēklu mikrobioloģisko kvalitāti (kaltēšanas procesā ir mazāk nevēlamu piejaukumu).

#### Kaņepju stiebra daļas novākšana rudenī

3.1	Stiebru pļaušana, H ap 15 – 18 cm, (pļaujmašīnas ar vairāklīmeņu izkaps maiņvirziena kustību)
3.2	Stiebru tilināšana 21-28 dienas vai mērcēšana, placināt stiebrus! 10 dienas
3.3	Stiebru iridnāšana, nepieciešama 2-3-reizēja stiebru apvēršanu
3.4	Stiebru vālošana
3.5	Stiebru presēšana rituļos, sausa masa ar mitrumu līdz 15 – 16 %
3.6	Rituļu iekraušana, 10 – 15 tonnas ha <sup>-1</sup> sausas biomasas
3.7	Rituļu transportēšana
3.8	Rituļu uzglabāšana zem nojumes, (turpina apžāvēt līdz apmēram 10%)
3.9	<b>Rituļu pārstrāde</b> , stieбри maksimāli ātri jāpārstrādā, jo tie absorbē mitrumu, ja tiek glabāti nepiemērotos apstākļos. Ja rituļi tiek zem jumta un vēdināmās telpās, tad pārstrādi var veikt vairāku gadu garumā, nezaudējot izejvielas kvalitāti

Kaņepes absorbē aptuveni 2.5 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, kā rezultātā ievērojami samazinās siltumnīcas efekts [161].  
Veģetācijas periods šķiedras ieguvei ir 95– 110 dienas, sēklu ieguvei 120 – 150 dienas.

#### Kaņepju stiebru novākšana pavasarī

4.1	Stiebru dabiskā tilināšana uz kāta (ziemas periods)
4.2	Stiebru pļaušana (vairāklīmeņu segmenta tipa pļaujmašīnas)
4.3	Vālošana ar iridnātājgrābekļiem
4.4	Savākšana un presēšana rituļos (izmanto presi bez griezējnažiem)
4.5	Rituļu iekraušana
4.6	Transportēšana
4.7	<b>Presēti stieбри</b>

#### Kaņepju stiebru pļaušana

5.1	Pļaušana (vairāklīmeņu segmenta tipa pļaujmašīnas)
5.2	Stiebru tilināšanu
5.3	Stiebru presēšana rituļos (sausā masa ar mitrumu līdz 15 – 16 %)

5.4	Rituļu iekraušana, 10 – 15 tonnas ha <sup>-1</sup> sausas biomasas
5.5	Rituļu transportēšana
5.6	Rituļu uzglabāšana
5.7	<b>Rituļu pārstrāde</b>

## 7.2. Kaņepju pārstrāde

Aprēķini veikti pamatojoties uz līdzšinējiem literatūras analīzes rezultātiem, ka no katriem 1000 kg kaņepju stiebriem iespējams iegūt 300 kg šķiedras un 600 kg spaļu, no kuriem var ražot pakaišus, siltumizolācijas materiālus, briketes un granulas kurināšanai, metanolu, bioetanolu, biodīzeļdegvielu un metānu, tos sadedzinot, neizdalās sērs un citas ķīmiskas vielas, kas piesārņo gaisu, bet no kaņepju riekstiņiem var iegūt eļļu un citus vērtīgus produktus. Vidēji no sēklām, kuru sastāvā eļļa ir ap 35%, visos izmēģinājuma gados tika iegūts līdzīgs eļļas daudzums. Eļļas iznākums šķirnēm bija ļoti līdzīgs un atšķīrās vien par dažiem procentiem, tomēr, ja aprēķina, piemēram, ieguvumu, izspiežot 1000 kg sēklu, 30% sastādīs 300 l eļļas, bet 31% jau 310 litri eļļas. Tā kā kaņepju eļļas vairumtirdzniecības cena ir ap 10 EUR/l, tad finansiālais ieguvums pie šādiem rādītājiem ir ap 100 EUR t<sup>-1</sup>.

Lobītu kaņepju sēklu sastāvā ir ap 49% augstvērtīgās polinepiesātinātās taukskābes Omega 3, 6, 9, kuras ir pakļautas oksidācijas procesam, kas ietekmē produkta kvalitāti. Pie kaņepju sēklu lobīšanas, jāņem vērā, ka sēklu diametram jābūt virs 3 mm un tām jābūt izlīdzinātām, optimālais sēklu mitrums 7%, temperatūra telpā ne augstāk par 16°C. Kaņepju riekstiņu iznākums ir ap 40%. Atlikumi (sēklu dīgli, veselī sēklapvalki, veselās mazās sēkliņas, tukšās sēklas) [81]

7.2. tabula

### Kaņepju riekstiņu pārstrāde\*

6.1	Riekstiņu pārstrāde eļļā (Kaņepju riekstiņos eļļas saturs var pārsniegt 35%) 1000 mlg
6.2	Karstā spiešana <b>Nefiltrētas eļļas iznākums 30%</b>
6.3	Aukstā spiešana
6.4	Eļļas filtrēšanā (filtrē caur pārtikas filtriem (plātņu filtrs); nostādina, nodalot piemaisījumus)
6.5	Eļļas blakusprodukts (kaņepju rauši)
6.6	Lobīto riekstiņu rauši - pārtikā
6.7	Kaņepju raušu uzglabāšana
6.8	Kaņepju eļļas uzglabāšana (vēsā, tumšā vietā, vēsas telpas (vai ledusskapis) ar temperatūras režīmu 5-7 °C)
*(iegūst vidēji 500 – 1600 kg ha <sup>-1</sup> sēklu vid. 800 kg ha <sup>-1</sup> )	

### Kaņepju riekstiņu pārstrāde

7.1	Riekstiņu lobīšana (Kaņepju riekstiņu eļļas saturs var pārsniegt 35%) 500 mlg*
7.2	Trieciena/sadursmes tehnoloģijas lobīšana
7.3	Akmens disku tehnoloģijas lobīšana
7.4	Iepakošana PET ar vai bez iekšējā folijas slāņa
7.5	Kaņepju riekstiņu uzglabāšana (uzglabāšanas termiņš ir 12 mēneši.)
7.6	Lobītu riekstiņu rauši - pārtikā
*(iegūst vidēji 500 – 1600 kg ha <sup>-1</sup> sēklu vid. 800 kg ha <sup>-1</sup> )	

### Kaņepju stiebru pārstrāde šķiedrās un spaļos (dekortikācija)

<b>8.</b>	(īsie stiebri) 6 t ha <sup>-1</sup> kaņepju stiebru
8.1	Rituļu attīšana
8.2	Pārstrāde šķiedrā un spaļos
8.3	Spaļu tīrīšana
8.4	Spaļu smalcināšana
8.6	Šķiedras attīrīšana, balināšana

7.3. tabula

**Latvijā audzēto industriālo kaņepju gatavā produkta cenas**

<b>Produkta nosaukums</b>	<b>Cena, EUR/tonna</b>
Kaņepju riekstiņi	500-1200
Tilināti stiebi	70-140
Šķiedra	400-1000
Spaļi	90-450
Pakulas	līdz 450



## 8. Kaņepju audzēšanas ekonomisko rādītāju, enerģijas patēriņa un siltumnīcefekta gāzu emisiju novērtējums

Ekonomisko rādītāju, enerģijas patēriņa un siltumnīcefekta gāzu emisiju novērtējums, veikts izmantojot dažādas industriālo un sējas kaņepju audzēšanas metodes (sk. 8.1. att.)

Parasti tehnoloģiju novērtēšanai un izvēlei bieži tiek izmantoti ekonomiskie rādītāji, nosakot produkta ražošanas izmaksas EUR ha<sup>-1</sup> EUR t<sup>-1</sup>. Taču saskaņā ar ES zaļo kursu arvien lielāka nozīme ir tehnoloģiju ekoloģiskajai novērtēšanai.

Projekta ietvaros veiktajos aprēķinos iekļauts ir novērtējums pēc ekoloģiskajiem rādītājiem - SEG emisiju daudzuma CO<sub>2eq</sub> ha<sup>-1</sup> un energopatēriņa MJ ha<sup>-1</sup> salīdzinoši novērtēt divas industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas T1 un T2, noskaidrojot, vai šie rādītāji var kalpot kā kritērijs tehnoloģiju izvēlei. Metodika minēto rādītāju aprēķinam izstrādāta, analizējot vairākus citu autoru pētījumus. Tehnoloģijas īstenotas konkrēto saimniecību lauku nogabalos:

- Lauks Nr. 1. SIA “Jumis Geo” iesēja kaņepju šķirni “*Cannabis sativa* L Bialobrzeskie” zemesgabalā 1.08 ha apmērā (lauku bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: “Jaunlīči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737).
- Lauks Nr. 2. SIA “Reits” audzē kaņepju šķirni “*Cannabis sativa* L Bialobrzeskie” zemesgabalā 2.31 ha apmērā (lauku bloka numurs 71666-29374; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: “Jaunlīči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737)., ar šīs saimniecības tehniku, darbaspēku, mēslošanas un augu aizsardzības līdzekļiem, un atšķiras ar to, ka tehnoloģijā T1 nezāļu apkarošana vasaras periodā veikta ar ecēšanu, T2 – ar herbicīda smidzinājumu.

Divas industriālo audzēšanas tehnoloģijas T1K, T2K īstenotas divos ierīkotos eksperimentālos lauku nogabalos 3.39 ha platībā. Tehnoloģijām izmantoti vienādi augsnes apstrādes, sējas un mēslošanas paņēmieni – rudenī aršana pēc kaņepju stiebru novākšanas, pavasarī – augsnes pirmssējas sagatavošana, mēslošana ar vienāda daudzuma K un N saturošiem minerālmēsliem. Tehnoloģijas atšķiras ar izaudzēto kaņepju novākšanas paņēmieniem – T1 kaņepes tiek novāktas ziedēšanas fāzē, T2 - kaņepju stieбри tiek novākti rudenī. Savukārt, tehnoloģiju T3K un T4K veikto operāciju ekonomiskie rādītāji tika aprēķināti izmantojot 2023. gada tehnisko pakalpojumu cenas Latvijā [162], bet netika veikts enerģijas patēriņa un siltumnīcefekta gāzu emisiju novērtējums, jo pašas tehnoloģiskās operācijas ir identiskas attiecīgi T1K un T2K tehnoloģiskām operācijām. Līdzīgās operācijās izmantotā tehnika un tās ražīgums abām tehnoloģijām vienādi, patērētais degvielas daudzums katrai shēmai atšķirīgs. Tehnoloģijas shematiski parādītas 8.1. attēlā, tur parādīts arī darbu veikšanas kalendārie termiņi, kā arī darba un degvielas patēriņš operāciju īstenošanai.

Industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģiju radīto SEG emisiju novērtēšanas metodika balstīta uz emisiju komponentu atsevišķu aprēķinu ar sekojošu summēšanu, pamatojoties uz LBTU iepriekš veikto aprēķinu metodiku [160]. Industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas radītās kopējās emisijas aprēķināt kā summu  $C$  (1) no pieciem komponentiem: tehnoloģisko operāciju īstenošanai izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei radītajām emisijām  $C_1$  (2), tehnoloģijas īstenošanai patērētās degvielas radītajām emisijām  $C_2$  (3), mēslojuma ražošanai, piegādei un iestrādei radītajām emisijām  $C_3$  (4), pesticīdu ražošanai, piegādei un iestrādei radītajām emisijām  $C_4$  (5), sēklas ražošanai, piegādei un iestrādei radītajām emisijām  $C_5$  (6).

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \quad (1)$$

$$C_1 = \left( \frac{m_t}{L_{\Sigma t}} k_t + \frac{m_m}{L_{\Sigma m}} k_m \right) * F \quad (2)$$

kur  $m_t$  – traktora/kombaina masa, kg;  
 $m_m$  – mašīnas masa, kg;  
 $L_{\Sigma t}$  – traktora kopējais nostrādāto stundu skaits, h;

$L_{\Sigma m}$  – mašinas kopējais nostrādāto stundu skaits, h;  
 $k_t$  – traktora kopējais emisijas koeficients, kg CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup>;  
 $k_m$  – mašinas kopējais emisijas koeficients, kg CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup>;  
 $F$  – gada noslodze uz vienu mašīnu vai traktoru, ha yr<sup>-1</sup>.

$$C_2 = S_f * k_f, \quad (3)$$

kur  $S_f$  – degvielas patēriņš, l ha<sup>-1</sup>;  
 $k_f$  – degvielas emisijas koeficients, CO<sub>2</sub>eq, kg l<sup>-1</sup>.

$$C_3 = \sum S_{fert1} * k_{fert1} + \sum S_{fert2} * k_{fert2} \quad (4)$$

where  $S_{fert1}$  – mēslošanas līdzekļu deva 1, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $S_{fert2}$  – mēslošanas līdzekļu deva 2, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $k_{fert1}$  – mēslošanas līdzekļu emisijas koeficients 1, CO<sub>2</sub>eq kg N<sup>-1</sup>;  
 $k_{fert2}$  – mēslošanas līdzekļu emisijas koeficients 2, CO<sub>2</sub>eq kg K<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>.

$$C_4 = \sum S_{pest4} * k_{pest4} \quad (5)$$

kur  $S_{pest4}$  – pesticīdu daudzums, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $k_{pest4}$  – pesticīdu emisijas koeficients, CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup>.

$$C_5 = S_s * k_s \quad (6)$$

Where  $S_s$  – sēklu izsējas daudzums, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $k_s$  – sēklu emisijas koeficients, CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup>.

Līdz ar SEG emisiju aprēķinu kā tehnoloģiju ekoloģisko vērtējumu izmanto energopatēriņu (*energy input*). Šis rādītājs raksturo cik daudz enerģijas MJ jāiegulda, lai izaudzētu tonnu produkcijas MJ t<sup>-1</sup> vai kāds ir energopatēriņš tehnoloģijas īstenošanai platības vienībā MJ ha<sup>-1</sup>. Aprēķināto rādītāju iespējams salīdzināt ar no hektāra ievāktā produkta iegūstamās enerģijas daudzumu (*energy output*) MJ ha<sup>-1</sup>, tādējādi vērtējot industriālo kaņepju piemērotību enerģijas ieguvei vai ražošanas ekonomisko izdevīgumu [160]. Energopatēriņu vairākos LBTU pētījumos [160] iesaka aprēķināt kā summu  $E$  no tehnoloģijas īstenošanai patērētās cilvēku darba enerģijas  $E_1$ , izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei patērētās enerģijas  $E_2$ , patērētās degvielas enerģijas  $E_3$ , mēslojuma ražošanai un piegādei patērētās enerģijas  $E_4$ , pesticīdu ražošanai un piegādei patērētās enerģijas  $E_5$  sēklas ražošanai un piegādei patērētās enerģijas [160].

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 \quad (7)$$

$$E_1 = S_{hl} * e_{hl} \quad (8)$$

kur  $S_{hl}$  – patērētais cilvēku darba resurss uz hektāru, h ha<sup>-1</sup>;  
 $e_{hl}$  – cilvēka darba enerģētiskais ekvivalents, MJ h<sup>-1</sup>.

$$E_2 = \frac{m * e_e}{T_{\Sigma} * W} \quad (9)$$

kur  $m$  – mašīnas vai traktora masa, kg;  
 $e_e$  – konversijas ekvivalents, MJ kg<sup>-1</sup>;  
 $T_{\Sigma}$  – vienas mašīnas vai traktora nostrādātais laiks, h;  
 $W$  – mašīnu veiktspēja, ha h<sup>-1</sup>.

$$E_3 = S_f * e_f, \quad (10)$$

kur  $S_f$  – degvielas patēriņš, l ha<sup>-1</sup>;  
 $e_f$  – degvielas enerģijas ekvivalents, MJ l<sup>-1</sup>.

$$E_4 = S_{fert1} * e_{fert1} + S_{fert2} * e_{fert2} \quad (11)$$

kur  $S_{fert1}$  – mēslošanas līdzekļu daudzums 1, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $S_{fert2}$  – mēslošanas līdzekļu daudzums 2, kg ha<sup>-1</sup>;

$e_{fert1}$  – mēslošanas līdzekļu enerģijas ekvivalents 1, MJ kg<sub>N</sub><sup>-1</sup>;  
 $e_{fert2}$  – mēslošanas līdzekļu enerģijas ekvivalents 2, MJ kg<sub>K2O</sub><sup>-1</sup>.

$$E_5 = \sum S_{pest} * e_{pest} \quad (12)$$

kur  $S_{pest}$  – pesticīdu daudzums, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $e_{pest}$  – pesticīdu enerģijas ekvivalents, MJ kg<sup>-1</sup>.

$$E_6 = S_s * e_s \quad (13)$$

kur  $S_s$  – sēklu daudzums, kg ha<sup>-1</sup>;  
 $e_s$  – sēklu enerģijas ekvivalents, MJ kg<sup>-1</sup>.

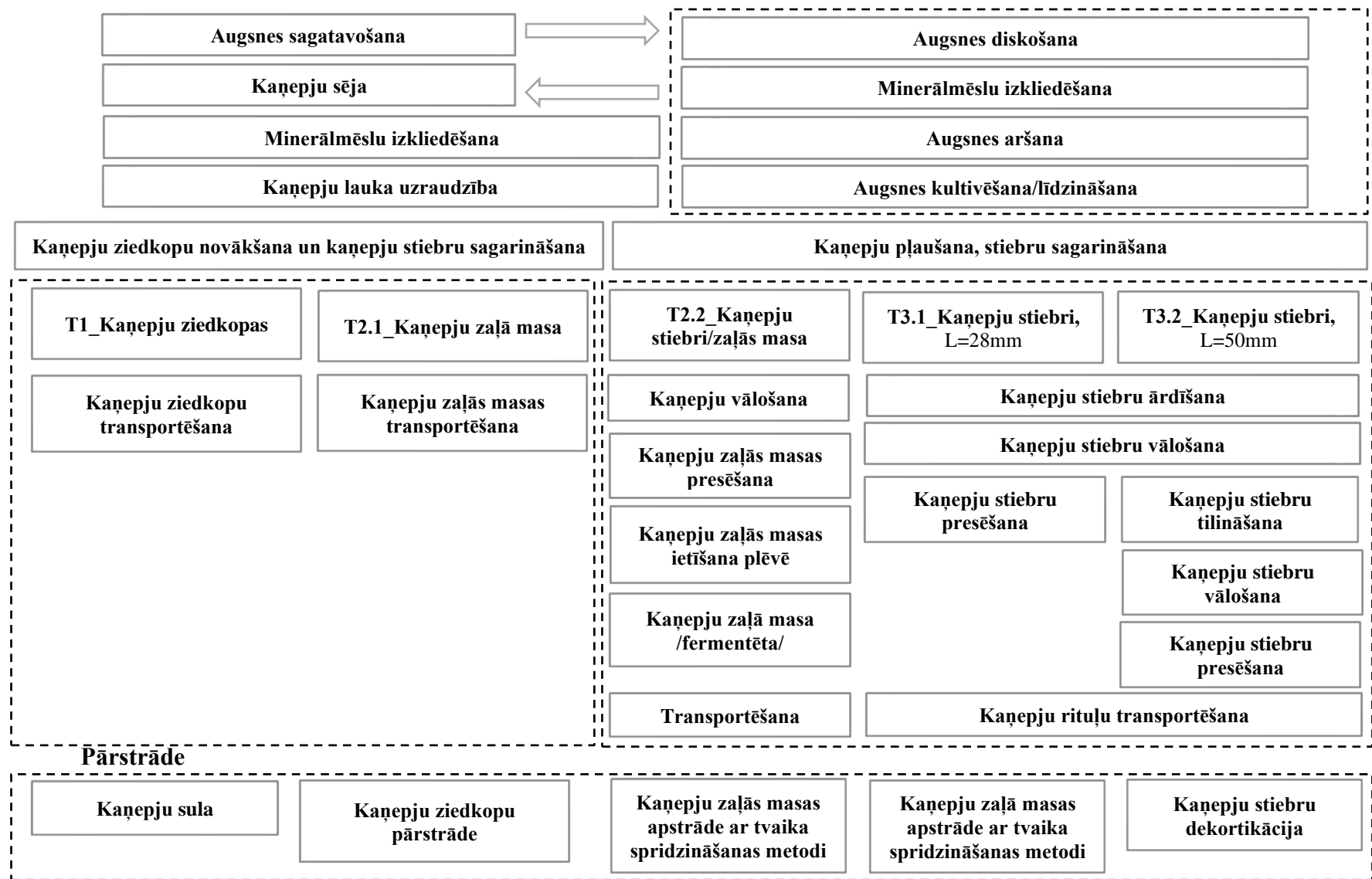
Literatūras avotos [160] aprakstītos aprēķinos izmantotie koeficienti  $k$  un  $e$  apkopoti 8.1. tabulā. Dažādi autori norāda atšķirīgas šo koeficientu vērtības, aprēķiniem izvēlēti aprakstītajām tehnoloģijām un ražošanas apstākļiem atbilstošākie.

8.1. tabula

**Koeficienti  $k$  un  $e$ , lai aprēķinātu siltumnīcefekta gāzu emisijas (CO<sub>2ekv</sub>) un ievadīto enerģiju (MJ) T1; T2 [160]**

Visas industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģiskās operācijas projekta ietvaros veiktas ar SIA “JUMIS GEO” esošo un projekta sadarbības partneru piesaistīto tehniku, tās raksturojums un dati aprēķiniem doti 8.3.tabulā, dati par darbaspēka un degvielas patēriņu tehnoloģiju īstenošanai 8.4. - 8.9. tabulās. Savukārt pēc formulām 2 - 6 un 8 - 13 veikto aprēķinu apkopoti rezultāti doti nākamajā nodaļā 8.3. - 8.4.tabulās.

Pozīcija	Emisijas faktori	Enerģijas ekvivalenti
Cilvēku darbs		$e_{hl} = 2,3 \text{ MJ ha}^{-1}$
Traktors	$k_t = 14.41 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_e = 142.7 \text{ MJ kg}^{-1}$
Mašīna	$k_m = 10.23 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	
Degviela	$k_f = 3.36 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_f = 56.31 \text{ MJ l}^{-1}$
Minerālmēsli 1	$k_{fert1} = 4,57 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_{fert1} = 82.5 \text{ MJ kg}^{-1}$
Minerālmēsli 2	$k_{fert2} = 0.68 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_{fert2} = 14.30 \text{ MJ kg}^{-1}$
Pesticīdi (netiek lietoti)	$k_{pest} = 7.90 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_{pest} = 5.71 \text{ MJ kg}^{-1}$
Sēklas, kaņepju	$k_s = 0.87 \text{ kg CO}_2 \text{ eq kg}^{-1}$	$e_s = 22.9 \text{ MJ kg}^{-1}$



8.1. attēls Industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas tehnoloģisko varianta shēma

**Augsnes sagatavošanas, kaņepju sēšanas un ķimikāliju iestrādes operāciju tehnoloģiskā karte (Kaņepju šķirne "Cannabis sativa L Bialobrzescie")**

Datums	Tehnol. Nr.	Darbu nosaukums	Darba apjoms vien.	Mērv.	Agregāta sastāvs		Cilvēk stundu skaits	Darba	Degvielas patēriņš		Tehnika		KOPĀ
					Traktori, automaš.	Lauksaimn. mašīnas			Daudz.	summa	TR+TA	amortiz.	
									kg	EUR	EUR	EUR	
-		Augsnes lobīšana (2 reiz.)		ha									
-		Pirmssējas augsnes apstrāde		ha									
14.04.23		Stiebru vālošana 2022.g. nopļautie un pa ziemu dabīgi tilināti	2	ha	JD 6630	Class Volto 45, 630kg							
25.04.23		Stiebru presēšana, 40gab./12%/200kg	3	ha	JD 6630	Metal Fax MF 562							
25.04.23		Rituļu iekraušana, transportēšana	3.6	t	JD 6630	Fornt.uzkare							
22.07.23		Dekortikācija 2021. 18gada ruļļi											
<b>2023. gada audzēšana novākšana</b>													
21.05.23		Aršana	3.9	ha	JD 6630	Lemken, 4k							
21.05.23		Augsnes kultivācija, izlīdzināšana	3.9	ha	JD 6630	Kultivators							
21.05.23		Minerālm. iekraušana, transports	1	ha	JD 6630	Fornt.uzkare							
26.06.23		Minerālmēslu izkliešana	3.9	ha	DF 5125	Bogballe							
-		Akmeņu novākšana	-	m <sup>3</sup>									
26.06.23		Minerālmēslu iekraušana L1; L2 600 kg/600kg	1	t	DF 5125	Bogballe							
26.06.23		Minerālmēslu izkliešana NPK 14-14-21Yara; Amonija nitrāts N33.5	1	ha	DF 5125	Bogballe							
<b>KOPĀ:</b>													
<b>SĒJA UN SĒJUMU KOPŠANA</b>													
		Sēklas kodināšana	-	t									
		Sēklas transportēšana	-	t									
24.05.23		Sēja ar pievelšanu, L1,L2 65kg/h; 3cm, NPK 4 cm, rindstarpa 12,5 cm, izejas norma +/- 55-60 kg/ha,	1	ha	Class Axion 930	Bednar Omega 6000FL							
<b>KOPĀ:</b>													
<b>RAŽAS NOVĀKŠANAS (ražojot stiebrņus, kas novākti pēc rituļu tehnoloģijas)</b>													
		Sēklas daļas novākšana	-	ha									
		Stiebru pļaušana	-	ha									
11.09.23		Stiebru irdināšana	2	ha	JD 6630	Class Volto 45, 630kg							
08.09.23		Stiebru pļaušana	1.7		Kombains JD								
11.09.23		Nopļauto vālu ārdīšana	3.9	a	JD 6630	Class Volto 45, 630kg							
22.09.23.		Stiebru vālošana 2023.g. nopļautie	2	ha	JD 6630	Class Volto 45, 630kg							
22.09.23		Stiebru presēšana, 40gab./12%/200kg. Sapresēti 89 ruļļi, ruļļa vidējais svars 160 kg. apm 4,3 t sausnes no ha. Kaņepju vidējais mitrums 15,5%	3	ha	JD 6630	Metal Fax MF 562							
22.09.23		Rituļu iekraušana, transportēšana	3.6	t	JD 6630	Fornt.uzkare							
<b>KOPĀ KAŅEPJU NOVĀKŠANĀ:</b>													

## 8.1. Industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins rezultāti

## T1K - Industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins

Priekšaugi: kaņepes; Izsējas norma, kg ha<sup>-1</sup>: 50; Ražība: 0.8 t ha<sup>-1</sup>; S<sub>ha</sub>=1.0

Darba veids	Agregāta sastāvs		Cena, EUR		Gada noslodze, h		Agregāta darba ražīgums, ha h <sup>-1</sup>	Darba patēriņš, cilvēk-h ha <sup>-1</sup>	Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	Eksploatācijas izmaksas EUR ha <sup>-1</sup>					
	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna				Amortizācija	TA un TR	Degviela	Darba alga	Kopā	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Minerālmēsļu izkliedēšana	JD 6830	Minerālmēsļu kliepētājs	80000	110000	2000	150	36.00	0.03	3.00	2.05	2.05	2.28	0.25	6.62	
Aršana	JD 6920	Arklis	75300	40000	2000	600	2.45	0.41	20.00	3.18	3.18	15.20	3.67	25.24	
Kultivēšana	JD 6830	Kultivators	80000	45000	2000	100	6.40	0.16	5.00	7.06	7.06	3.80	1.41	19.33	
Minerālmēsļu izkliedēšana	JD 6830	Minerālmēsļu kliepētājs	80000	110000	2000	150	36.00	0.03	3.00	2.05	2.05	2.28	0.25	6.62	
Sēja+M2	JD 8335	Sējmašīna, kombinētā	212000	110000	2000	150	4.00	0.25	10.00	18.53	18.53	7.60	2.25	46.91	
Sēklas kaltēšana		Ārpakalpojums												15.39	
Kulšana	JD S685i	Kombains	330000		600		2.50	0.40	30.00	14.67	14.67	22.80	3.60	55.73	
Transports kaņepju sēkla (fiksēta)	JD 6920	Puspiekabe	75300	14100	2000	150	1.00	1.00	8.00	9.68	9.68	6.08	9.00	34.44	
							<b>Eksploatācijas izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>	2.27	79.00	57.22	57.22	64.85	20.43	210.29	
							<b>Eksploatācijas izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>	2.84	98.75	71.52	71.52	81.06	25.54	262.87	
							<b>Minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>						T1K	201.25	
							<b>Sēklu izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>							Sēkla, kaņepes "Bialobreskie"	625.00
							<b>Izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>							(iekļautas eksploatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)	<b>1036.54</b>
							<b>Izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>							(iekļautas eksploatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)	1295.68

## T2K - Sēklu kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins

Priekšaugi: Kaņepes; Izsējas norma, kg ha<sup>-1</sup>: 50; Ražība: 0.8 t ha<sup>-1</sup>; Stiebri 16 rulli ha<sup>-1</sup> (200kg); S<sub>ha</sub>=1

Darba veids	Agregāta sastāvs		Cena, EUR		Gada noslodze, h		Agregāta darba ražīgums, ha h <sup>-1</sup>	Darba patēriņš, cilvēk-h ha <sup>-1</sup>	Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	Ekspluatācijas izmaksas EUR ha <sup>-1</sup>				
	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna				Amortizācija	TA un TR	Degviela	Darba alga	Kopā
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Priekšaugi: Kaņepes														
Aršana	JD 6920	Arklis	75300	40000	2000	600	2.45	0.41	20.00	3.18	3.18	15.20	3.67	25.24
Kultivēšana	JD 6830	Kultivators	80000	45000	2000	100	6.40	0.16	5.00	7.06	7.06	3.80	1.41	19.33
Minerālmēsļu izkliešana	JD 6830	Minerālmēsļu klievētētājs	80000	110000	2000	150	36.00	0.03	3.00	2.05	2.05	2.28	0.25	6.62
Sēja+M2	JD 8335	Sējmašīna, kombinētā	212000	110000	2000	150	4.00	0.25	10.00	18.53	18.53	7.60	2.25	46.91
Minerālmēsļu izkliešana	JD 6830	Minerālmēsļu klievētētājs	80000	110000	2000	150	36.00	0.03	3.00	2.05	2.05	2.28	0.25	6.62
Kaņepju stiebriņu pļaušana	JD 6920	Pļaujmašīna	75300		2000		3.60	0.28	10.00	1.05	1.05	7.60	2.50	12.19
Kaņepju stiebriņu ārdīšana	JD 6830	Ārdītājs-vālotājs	80000	7100	2000	150	4.50	0.22	5.00	1.12	1.12	3.80	2.00	8.04
Kaņepju stiebriņu vālošana	JD 6830	Ārdītājs-vālotājs	80000	7100	2000	150	4.50	0.22	5.00	1.12	1.12	3.80	2.00	8.04
Kaņepju stiebriņu presēšana	JD 6830	Rituļu prese	80000	15790	2000	150	1.80	0.56	3.00	6.01	6.01	2.28	5.00	19.31
Kaņepju rituļu transportēšana	0	Ārpakalpojums	0	1.11	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Ekspluatācijas izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>								2.15	64.00	42.17	42.17	53.45	19.33	167.69
<b>Ekspluatācijas izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>								2.68	80.00	52.71	52.71	66.81	24.16	209.61
<b>Minerālmēslojuma un ķimikāliju izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>												T2K	201.25	
<b>Sēklu izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>									Sēkla, kaņepes "Bialobzeskie"				625.00	
<b>Izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>										(iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķimikāliju izmaksas)				<b>993.94</b>
<b>Izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>										(iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķimikāliju izmaksas)				1242.43

**T3K - Industriālo kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins ārpakalpojuma cenās**Priekšausgs: kaņepes; Izsējas norma, kg ha<sup>-1</sup>: 50; Ražība: 0.8 t ha<sup>-1</sup>; Stiebrī 16 ruļļi ha<sup>-1</sup> (200kg); S<sub>ha</sub>=1

Darba veids	Agregāta sastāvs		Cena, EUR		Gada noslodze, h		Agregāta darba ražīgums, ha h <sup>-1</sup>	Darba patēriņš, cilvēk-h ha <sup>-1</sup>	Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	Eksploatācijas izmaksas EUR ha <sup>-1</sup>				
	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna				Amortizācija	TA un TR	Degviela	Darba alga	Kopā
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Minerālmēsļu izkliešana	JD 6830	Minerālmēsļu klieētājs												20.56
Aršana	JD 6920	Arklis												63.30
Minerālmēsļu izkliešana	JD 6830	Minerālmēsļu klieētājs												20.56
Kultivēšana	JD 6830	Kultivators												35.40
Sēja+M2	JD 8335	Sējmašīna, kombinētā												60.19
Kulšana	JD S685i	Kombains												96.43
Transports kaņepju sēkla (fiksēta)	JD 6920	Puspiekabe												34.44
Kaņepju stiebrīņu pļaušana	JD 6920	Pļaujmašīna												17.59
Kaņepju stiebrīņu ārdīšana	JD 6900 (6630)	Ārdītājs-vālotājs												32.06
Kaņepju stiebrīņu vālošana	JD 6900 (6630)	Ārdītājs-vālotājs												32.06
Kaņepju stiebrīņu presēšana	JD 6830	Rituļu prese												60.40
Transports kaņepju sēkla (fiksēta)	JD 6920	Puspiekabe												34.44
Sēklas kaltēšana	0	Ārpakalpojums												15.39
Transports kaņepju sēkla (fiksēta)	JD 6920	Puspiekabe												34.44
<b>Eksploatācijas izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>														557.28
<b>Eksploatācijas izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>														696.60
<b>Minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>														T3K 201.25
<b>Sēklu izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>														Sēkla, kaņepes "Bialobreskie" 625.00
<b>Izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>														(iekļautas eksploatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas) <b>1383.53</b>
<b>Izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>														(iekļautas eksploatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas) 1729.41

\* Tehnisko pakalpojumu 2023. gada cenas [162]



8.6. tabula

**T4K - Sēklu kaņepju audzēšanas un novākšanas izmaksu aprēķins ārpakalpojuma cenās**Priekšsaus: Kaņepes; Izsējas norma, kg ha<sup>-1</sup>: 50; Ražība: 0.8 t ha<sup>-1</sup>; Stiebrī 16 ruļļi ha<sup>-1</sup> (200kg); S<sub>ha</sub>=10

Darba veids	Agregāta sastāvs		Cena, EUR		Gada noslodze, h		Agregāta darba ražīgums, ha h <sup>-1</sup>	Darba patēriņš, cīv-h ha <sup>-1</sup>	Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	Ekspluatācijas izmaksas EUR ha <sup>-1</sup>					
	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna	Traktors	Mašīna				Amortizācija	TA un TR	Degviela	Darba alga	Kopā	
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Priekšsaus: Kaņepes															
Lobīšana	JD 6900 (6630)	Lobītājs (diski)	30000	38500	2000	100	3.96	0.25	8.00	9.74	9.74	6.08	2.27	43.53	
Lobīšana	JD 6900 (6630)	Lobītājs (diski)	30000	38500	2000	100	3.96	0.25	8.00	9.74	9.74	6.08	2.27	43.53	
Aršana	JD 6920	Arkls	75300	40000	2000	600	2.45	0.41	20.00	3.18	3.18	15.20	3.67	63.30	
Minerālmēsļu izkliedēšana	JD 6830	Minerālmēsļu klievētājs	80000	110000	2000	150	36.00	0.03	3.00	2.05	2.05	2.28	0.25	20.56	
Kultivēšana	JD 6830	Kultivators	80000	45000	2000	100	6.40	0.16	5.00	7.06	7.06	3.80	1.41	35.40	
Sēja+M2	JD 8335	Sējmašīna, kombinētā	212000	110000	2000	150	4.00	0.25	10.00	18.53	18.53	7.60	2.25	60.19	
Kaņepju stiebrīņu pļaušana	JD 6920	Pļaujmašīna	75300	19800	2000	150	3.60	0.28	10.00	3.75	3.75	7.60	2.50	43.60	
Kaņepju stiebrīņu ārdīšana	JD 6830	Ārdītājs-vālotājs	80000	7100	2000	150	4.50	0.22	5.00	1.12	1.12	3.80	2.00	32.06	
Kaņepju stiebrīņu vālošana	JD 6830	Ārdītājs-vālotājs	80000	7100	2000	150	4.50	0.22	5.00	1.12	1.12	3.80	2.00	32.06	
Kaņepju stiebrīņu presēšana	JD 6830	Rituļu prese	80000	15790	2000	150	1.80	0.56	3.00	6.01	6.01	2.28	5.00	96.64	
Kaņepju rituļu transportēšana	0	Ārpakalpojums	0	1.11	0	0	80.00							88.80	
<b>Ekspluatācijas izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>								2.63	77.00	62.30	62.30	58.52	28.44	705.93	
<b>Ekspluatācijas izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>								3.28	96.25	77.88	77.88	73.15	35.54	882.42	
<b>Minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>													T1K	201.25	
<b>Sēklu izmaksas EUR ha<sup>-1</sup></b>										Sēkla, kaņepes "Bialobrzeskie"					625.00
<b>Izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>										(iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)					<b>1532.18</b>
<b>Izmaksas, EUR t<sup>-1</sup></b>										(iekļautas ekspluatācijas, sēklu, minerālmēslojuma un ķīmikāliju izmaksas)					1915.23

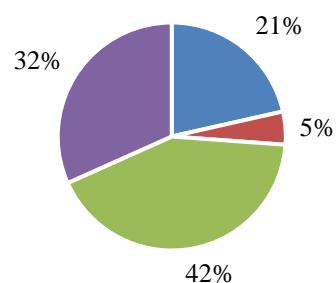
\* Tehnisko pakalpojumu 2023. gada cenas [162]

**Enerģijas patēriņa sadalījums, MJ ha<sup>-1</sup>**

	T1K	T2K
Mēslošanas līdzeklis	5583.4	5583.4
Kopā:	5583.4	5583.4
Mēslošanas līdzeklis:	5583.4	5583.4
Ķīmija:	0.0	0.0
Sēkla, kaņepes "Bialobrzeskie"	11.5	11.5
<b>Kopā:</b>	<b>5594.8</b>	<b>5594.8</b>
Cilvēka enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	5.18	8.09
E_3 Summārā enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	1233.01	1465.61
E_2 Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha <sup>-1</sup>	4448.49	5743.62
Kopā:	<b>5686.7</b>	<b>7217.3</b>
<b>Enerģijas patēriņa, MJ ha<sup>-1</sup> kopā:</b>	<b>11281.5</b>	<b>12812.1</b>

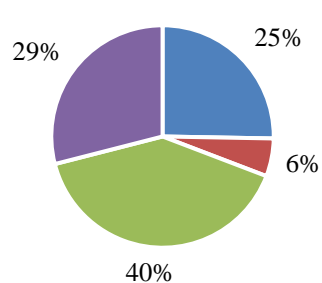
**CO<sub>2</sub> sadalījums pa ražošanas resursiem**

	T1K	T2K
Mēslošanas līdzeklis	135.24	135.24
Kopā:	135.24	135.24
Mēslošanas līdzeklis:	135.24	135.24
Ķīmija:	0.00	0.00
Sēkla, kaņepes "Bialobrzeskie"	29.50	29.50
<b>Kopā:</b>	<b>164.74</b>	<b>164.74</b>
Operāciju/ agregāta CO <sub>2</sub> emisijas	199.57	280.64
Degvielas CO <sub>2</sub> emisijas	265.44	342.72
Kopā:	465.01	623.36
<b>CO<sub>2</sub> kopā:</b>	<b>629.75</b>	<b>788.10</b>



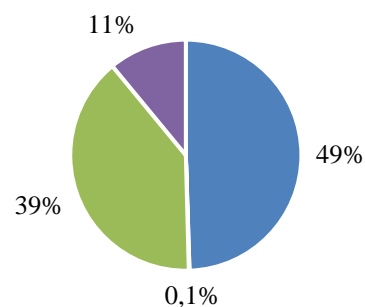
■ Mēslojums ■ Sēklas  
■ Degviela ■ Mašīnas

**8.2. attēls** T1K - CO<sub>2</sub> sadalījums pa ražošanas resursiem, %



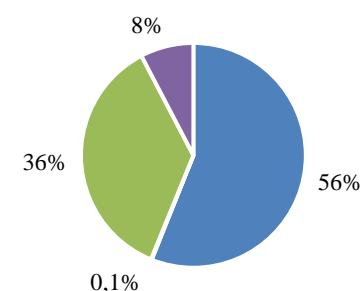
■ Mēslojums ■ Sēklas  
■ Degviela ■ Mašīnas

**8.3. attēls** T2K - CO<sub>2</sub> sadalījums pa ražošanas resursiem, %



■ Mēslojums ■ Sēklas  
■ Degviela ■ Mašīnas

**8.4. attēls** T1K - Enerģijas patēriņa sadalījums, %



■ Mēslojums ■ Sēklas  
■ Degviela ■ Mašīnas

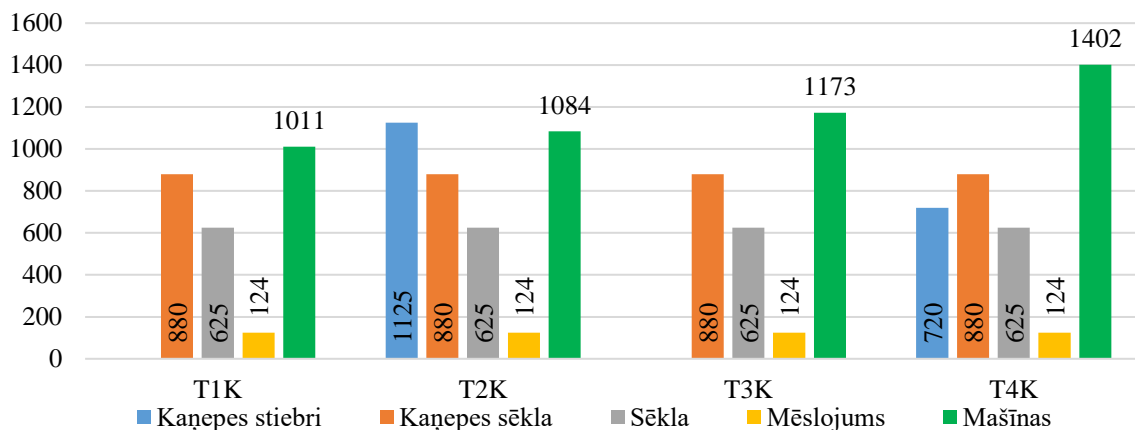
**8.5. attēls** T2K - Enerģijas patēriņa sadalījums, %

8.8. tabula

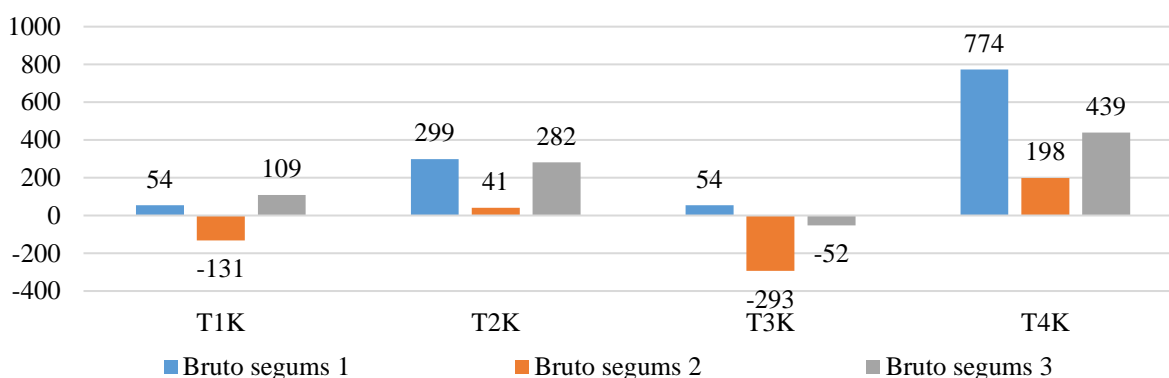
## Kaņepju audzēšanas bruto segums\*

	Mēr- vienība	Cena, EUR	T1K		T2K		Ārpakalp. cena, EUR	T3K		T4K	
			Daudz.	Kopā, EUR	Daudz.	Kopā, EUR		Daudz.	Kopā, EUR	Daudz.	Kopā, EUR
<b>IEŅĒMUMI</b>											
Kaņepes stiebri	t	150.00		0.00	7.5	1125	150.00	4.8	0	4.8	720
Kaņepes sēkla	t	1100.00	0.8	880.00		0	1100.00	0.8	880	0.8	880
KOPĀ (1)				<b>880.00</b>		<b>1125.00</b>			<b>880.00</b>		<b>1600.00</b>
<b>MAINĪGĀS IZMAKSAS IZEJVIELU IZMAKSAS</b>											
Sēkla	kg	12.50	50	625.00	50	625.00	6.00	50	625.00	50	625.00
Mēslojums NPK 14-14-21 Yara	kg	710.00	175	124.25	175	124.25	710.00	175	124.25	175	124.25
Amonija nitrāts N33.5	kg	440.00	175	77.00	175	77.00	440.00	175	77.00	175	77.00
KOPĀ (2)				<b>826.25</b>		<b>826.25</b>			<b>826.25</b>		<b>826.25</b>
<b>MAŠĪNU UN ROKU DARBA OPERĀCIJAS</b>											
Lobīšana	reizes	0.00		0.00		0.00	43.53		0.00	2	87.06
Aršana	reizes	25.24	1	25.24	1	25.24	63.30	1	63.30	1	63.30
Minerālmēsļu izkliedēšana	reizes	6.62	2	13.24	2	13.24	20.56	2	41.12	2	41.12
Kultivēšana	reizes	19.33	1	19.33	1	19.33	35.40	1	35.40	1	35.40
Sēja+M2	reizes	46.91	1	46.91	1	46.91	60.19	1	60.19	1	60.19
Kulšana	reizes	55.73	1	55.73	1	55.73	96.43	1	96.43	1	96.43
Transports kaņepju sēkla (fiksēta)	tkm	34.44	1	34.44	1	34.44	34.44	1	34.44	1	34.44
Sēklas kaltēšana	t/%	15.39	1	15.39	1	15.39	15.39	1	15.39	1	15.39
Kaņepju stiebrīņu pļaušana	reizes	12.19		0.00	1	12.19	17.59		0.00	1	17.59
Kaņepju stiebrīņu ārdīšana	reizes	8.04		0.00	1	8.04	32.06		0.00	1	32.06
Kaņepju stiebrīņu vālošana	reizes	8.04		0.00	1	8.04	32.06		0.00	1	32.06
Kaņepju stiebrīņu presēšana	rituļi	19.31		0.00	1	19.31	60.40		0.00	1	60.40
Kaņepju rituļu transportēšana	tkm	0.00		0.00	1	0.00	0.00		0.00	1	0.00
KOPĀ (3)				185.06		257.87			346.28		575.45
KOPĀ MAINĪGĀS IZMAKSAS (4=2+3)				<b>1011.31</b>		<b>1084.12</b>			<b>1172.53</b>		<b>1401.70</b>
<b>BRUTO SEGUMS 1</b> (5=1-2) (ieņēmumi-izejvielu izmaksas)				53.75		298.75			53.75		773.75
<b>BRUTO SEGUMS 2</b> (6=1-4) (ieņēmumi-kopā mainīgās izmaksas)				-131.31		40.88			-292.53		198.30
<b>ATBALSTS</b>											
Ilgtspēju sekmējošais ienākumu pamatatbalsts (ISIP)				84.64		84.64			84.64		84.64
Atbalsts par videi un klimatam labvēlīgu lauksaimniecības praksi (EKO1)				30.10		30.10			30.10		30.10
Brīvprātīgais saistītais atbalsts par proteīnaugiem (SAP23)				126.00		126.00			126.00		126.00
KOPĀ atbalsts (7)				240.74		240.74			240.74		240.74
<b>BRUTO SEGUMS 3</b> (8=(1+7)-4) ((ieņēmumi+atbalsts)-kopā mainīgās izmaksas)				<b>109.43</b>		<b>281.62</b>			<b>-51.79</b>		<b>439.04</b>

\*Bruto seguma sastādīšanai izmantoti LLKC Augkopības nodaļas dati un \*\* (ārpakalpojuma cenas) [162].

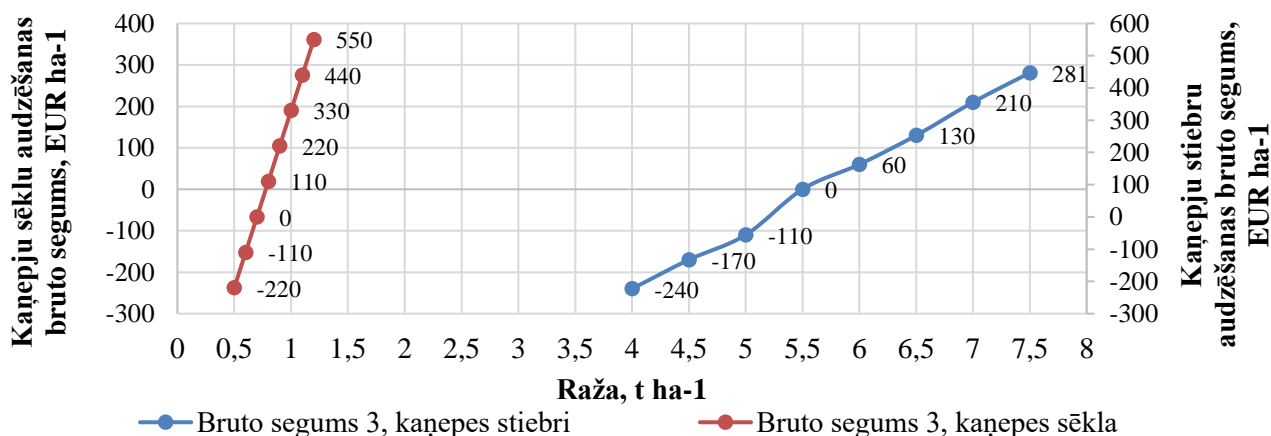


8.6. attēls Mainīgo izmaksu sadalījums pa ražošanas resursiem, EUR



8.7. attēls Bruto seguma sadalījums pa audzēšanas tehnoloģijām, EUR

Bruto seguma sastādīšanai izmantoti LBTU Ulbrokas zinātnes centrā izstrādātais aprēķinu rīks un LLKC Augkopības nodaļas un lauku saimniecību sniegtie dati par vidējām tehnisko pakalpojumu (ārpalpojuma) cenām Latvijā 2023 gadā [162]. Aprēķinātais kaņepju bruto segums parāda aprēķināto industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģiju (T1; T2; T3; T4), kas tika aprēķināts pie konkrētiem audzēšanas apstākļiem un ražības. Izmaksu salīdzināšanai industriālo kaņepju audzēšanas tehnoloģijas (T3; T4) tika aprēķinātas atbilstoši tehnisko pakalpojumu cenām Latvijā 2023 gadā [162].



8.8. attēls Bruto segums 3 atkarībā no kaņepju ražības

Iegūto rezultātu salīdzināšanai bruto segums sastādīts kaņepēm, kas audzētas augsnē ar vidēju P un K nodrošinājumu. Augsnes skābums pH 6.5, trūdvielu saturs augsnē 2.0-2.5% [162].

Kaņepju sēklas *Cannabis sativa* L "Bialobrzieskie" izsējas un mēslojuma daudzums izvēlēts atbilstoši projekta sadarbības partnera SIA "Latgales lauksaimniecības zinātnes centrs" ieteikumam

vadoties pēc izmēģinājuma lauciņu iegūtiem rezultātiem. Kaņepju rituļi (T2; T4) tika transportēti no lauka (bloka numurs 71653-29373; kadastra numurs 6870 002 0036; adrese: "Jaunlīči", Klonešniki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737) līdz kaņepju stiebru dekortikācijas vietai 80 km attālumā pa 5 t vienā reizē.

Pieejamie atbalsta veidi un lielumi attiecīgām saimniecībām, kurās tiek audzētas industriālās kaņepes, norādītas atbilstoši 2023. gadam [162].

Secinājumi un rekomendācijas.

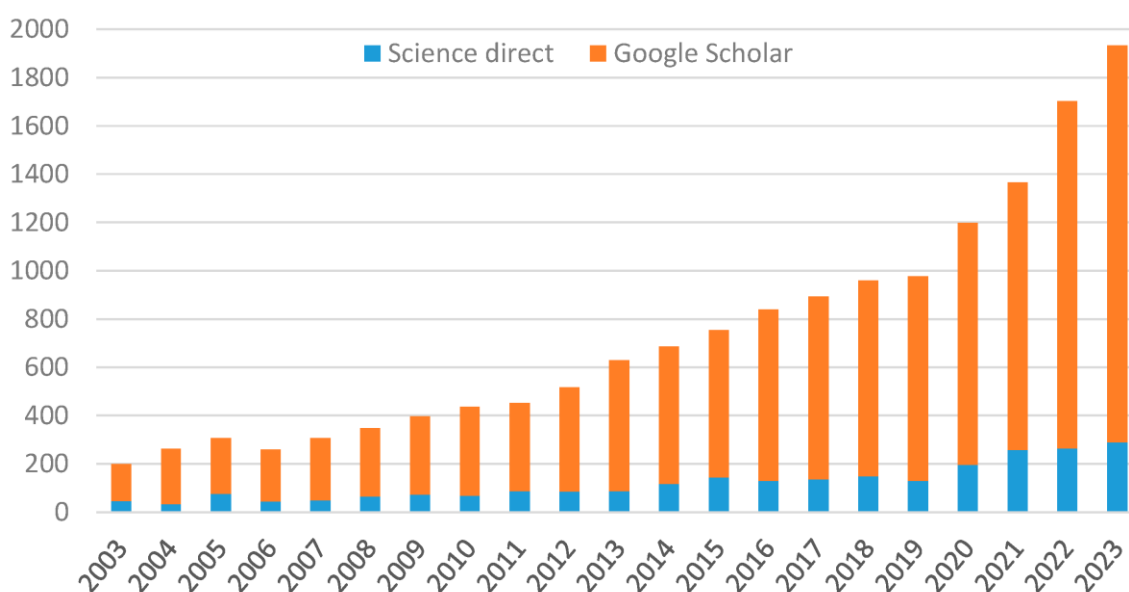
1. Eiropā pieprasījums pēc industriālajām kaņepēm pēdējos gados ir pieaudzis. 2023. gadā Eiropai tirgus daļa bija 22.2% no kopējās pasaules tirgus ieņēmumu daļas, kuras pieprasījuma pieaugumu galvenokārt veicinājušas tekstilrūpniecība, autobūve un citas nozares visā reģionā.
2. Analizējot Eiropas industriālo kaņepju tirgus attīstības tendences līdz 2029. gadam, tiek prognozēts, ka Eiropas industriālo kaņepju tirgus lielums šajā periodā līdz 2029. gadam pieaugs par 24.24%, un tiek novērtēts 8.57 miljardu USD apmērā.
3. CAGR (Compound Annual Growth Rate) prognozē, ka tieši Vācija tuvākajā nākotnē sasniegs augstāko ieguldījumu pieauguma tempu.
4. Kaņepju audzēšana ASV pašlaik ir strauji augoša nozare ar ievērojamu ekonomiskās ietekmes potenciālu, tiek prognozēts, ka līdz 2025. gadam tās devums sasniegs gandrīz 16 miljardus ASV dolāru.
5. Savukārt, Latvijā pēc statistikas datiem ir redzams, ka kaņepju aizņemtās platības pēdējo gadu laikā ir stabilizējušās. Latvijā kaņepju audzēšanas nozare joprojām ir salīdzinoši stagnējoša.
6. Būtiskākais faktors veiksmīgai industriālo kaņepju nozares attīstībai Latvijā ir cieša sadarbība starp audzētājiem un pārstrādātājiem.
7. Analizējot pieejamos datus par industriālo kaņepju novākšanas tehniku, var secināt, ka tehnikas tirgū ir ienākuši samērā jauni dalībnieki, kas būtiski atšķiras no pašreizējiem ražotājiem ar inovatīviem koncepcijas risinājumiem, koncentrējoties uz mašīnu maksimālu darba efektivitāti.
8. Lietotā CO<sub>2</sub> eq emisiju daudzuma un energopatēriņa noteikšanas metodika, izmantojot atskaitē dotos koeficientus ekoloģisko rādītāju aprēķinam, var būt kā papildu kritērijs industriālo un sējas kaņepju audzēšanas tehnoloģiju izvēlei saimniecībā.

## 9. Mākslīgā tilināšana

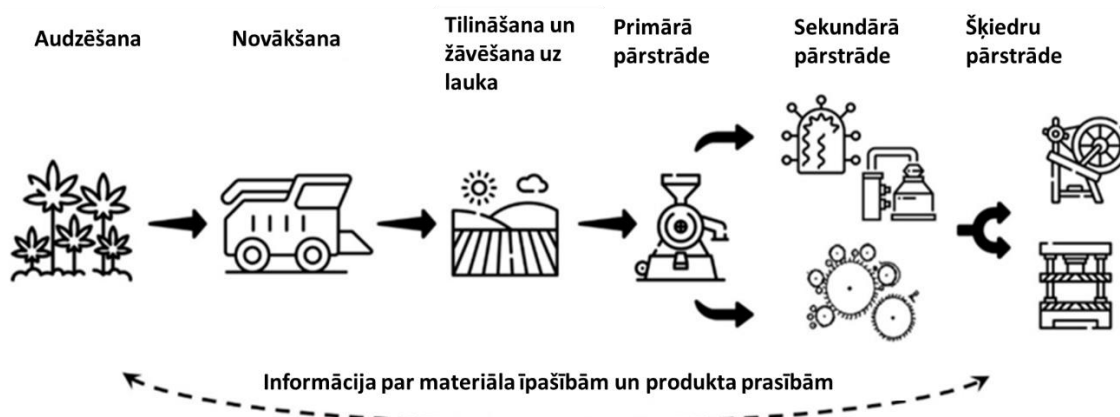
Lai izstrādātu un aprobētu piemērotāko industriālo mākslīgo tilināšanas metodi, “Agrozona” veica literatūras izpēti, apkopojot pasaules pētījumos balstītu informāciju un aprakstus.

Pēdējos gados mākslīgās tilināšanas jomā veikti daudzi pētījumi, attiecīgi ir publicēts liels skaits zinātnisko rakstu (9.1. attēls), kas attiecas uz dažādiem lūksnes šķiedras stiebru apstrādes pēc ražas novākšanas aspektiem un turpmāko šķiedru apstrādi, izmantojot bioloģiskas, ķīmiskas vai citas tehnoloģijas.

Tomēr joprojām ir dažādi viedokļi un izpratnes līmeņi procesiem lūksnes šķiedraugu, tostarp – kaņepju, stiebrus pēc-novākšanas periodā, par atsevišķu apstrādes posmu klasifikāciju visā procesa ķēdē un to vienotu definīciju. Lai varētu pareizi noskaidrot un novērtēt dažādu procesa faktoru ietekmi uz izejvielu, starpproduktu un galaproduktu īpašībām, ir būtiska skaidra izpratne par visu kaņepju stiebru apstrādes procesa ķēdi. Vēl neilgu laiku atpakaļ principā vienīgais tilināšanas veids bija atstāšana uz lauka dabīgo procesu norisei (9.2.attēls).



9.1.attēls. Ar kaņepju un linu tilināšanu (angļu val. *retting*) saistīto zinātnisko rakstu skaits no 2003. līdz 2023. gadam



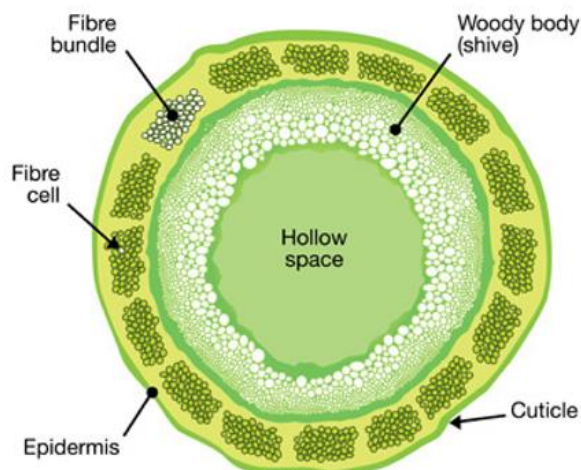
9.2.attēls. Vispārpieņemtais uzskats par kaņepju šķiedru pārstrādi, procesa posmi un informācijas aprīte [163]

Lai varētu šķiedras mehāniski atdalīt no koksnainās daļas dekortikācijas procesā, stiebrī vispirms ir jātilina. Pēc tam seko papildus attīrīšana un, ja neieciešams, šķiedru kūļu atvēršana.

Iepriekšminēto procesu dēvē par primāro apstrādi, kam var sekot bioloģiska, ķīmiska vai fizikāla/mehāniska apstrāde šķiedru produkta iegūšanai. Tiek veikta apstrāde, ko angļu valodā dēvē par *cottonization*, tajā, piemēram, lina vai kaņepju šķiedras tiek pielāgotas vēršanai ar citām štāpeļšķiedrām – kokvilnu vai vilnu. Tā sauktā kotonizācija noņem piemaisījumus (piemēram, lignīnu vai pektīnu) un saīsina šķiedru garumu turpmākajiem vēršanas procesiem [164,165].

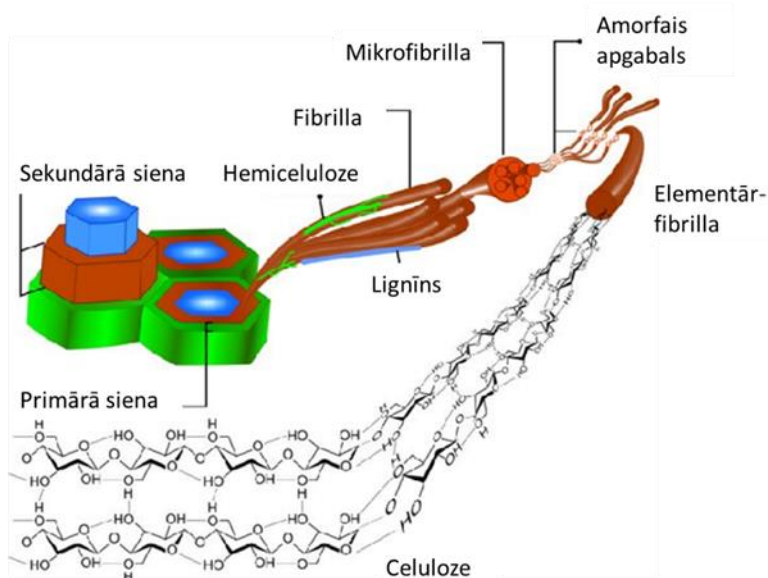
Tilināšana ir kontrolēta to vielu sadalīšanās, kas saista šķiedras ar citām stiebra sastāvdaļām (piemēram, spaļiem), kā arī šķiedras savā starpā, veidojot šķiedru kūļus. To uzskata par vienu no vissvarīgākajiem posmiem lūksnes šķiedru augu, tātad arī kaņepes, šķiedru pārstrādē, jo tas ietekmē gan turpmāko mehāniskās apstrādes darbību veikšanas vienkāršību, gan iegūto šķiedru kvalitāti. Tomēr, neskatoties uz šīs nozares seno vēsturi, retināšanas process nav tik tālu attīstīts, lai iegūtu apmierinošu šķiedru kvalitāti par saprātīgu cenu.

Kaņepju šķiedras ir cieši saistītas ar matricu materiālu auga stiebrā, atšķirībā, piemēram, no kokvilnas vai vilnas, kuras jau sākotnēji veidojas kā individuālas šķiedras formā ar nelielu piemaisījumu. Kaņepju auga stiebra siena sastāv no vairākiem slāņiem, kuri savukārt sastāv no dažādām elementārām struktūrām (9.3.attēls). Kaņepju šķiedras veido šķiedru kūļiņus, kas stiebro sakārtoti vairākos slāņos. Šķiedras ilgu laiku uzskatītas par nozīmīgākajiem audiem kaņepju kultivēšanā, apstrādē un izmantošanā, īpaši attiecībā uz pielietojumu tekstilrūpniecībā [166]. Stiebra centrālo koksaino daļu veido īsas šķiedras, ko kopā satur lignīns. Koksainie audi pilda kaņepes auga atbalsta funkciju. Kaņepju stiebru mehāniskās apstrādes laikā koksainā daļa tiek salauzta, veidojoties spaļiem. Kaņepes auga centru veido doba serde, kas izvietota visā stumbra garumā, izņemot tā savienojuma vietās.



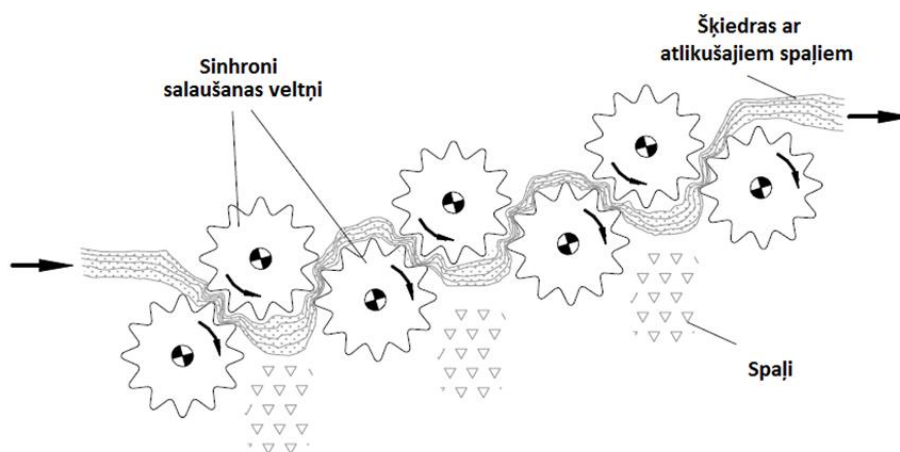
**9.3.attēls** [167]. Kaņepju stiebra šķērsriezuma vizualizācija: Fibre bundle – šķiedru kūlītis; Fibre cell – šķiedras šūna; Epidermis - epiderma; Cuticle – kutikula; Woody body (shive) – koksainā daļa (spaļi); hollow space - dobums.

Lielākā daļa kaņepes auga audu struktūru sastāv no dabisko polimēru – celulozes, lignīna, hemiceluložu - kombinācijas. Strukturālais komponentu izkārtojums redzams 9.4.attēlā. Struktūru nodrošina celulozes molekulas, kuras elementārfibrillas apkopotas mikrofibrillās, kas tālāk veido fibrillas un nodrošina šūnas sieniņas mehānisko struktūru. Lignīns un hemicelulozes ar fizikāli ķīmisku saišu palīdzību iesaistās šūnas sieniņas struktūrā.



**9.4.attēls** [168]. Kaņepju auga šūnas sieniņas celulozes uzbūves struktūras shematisks attēlojums

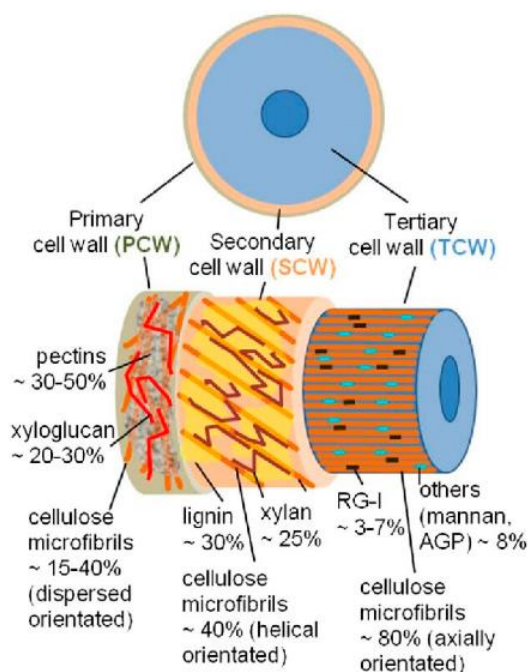
Lai atdalītu kaņepes kāta šķiedrains un spaļu daļu, jāveic daudzpakāpju apstrādes process. Pirmais no apstrādes posmiem paredz tilināšanu, lai atvieglotu lūksnes šķiedru atdalīšanu, tomēr tilināšanas posma nepieciešamība atkarīga no tālākās pārstrādes un iegūstamā produkta. Parasti tilināšanas process norit ūdens tvertnēs noteiktā temperatūra vai dabiskos apstākļos turpat uz lauka rasā. Pēc izžāvēšanas tiek veikta mehāniskā apstrāde (dekortifikācija), kuras rezultātā stiebi tiek salauzti un spaļi atdalīti no šķiedru kūļiem (9.5.attēls). Spaļi veido ~ 60 – 75 % apjoma no kopējās sausa stiebra masas un tiek uzskatīti par lauksaimniecības auga mazvērtīgu atlikumu [168].



**9.5.attēls.** Kaņepju stiebru mehāniskās pārstrādes process

Kā minēts iepriekš, lūksnes šķiedru stiebru tilināšana galvenokārt notiek bioloģisko organismu un ar tiem saistītās fermentatīvās aktivitātes rezultātā. Pektīna sadalīšanās tiek uzskatīta par galveno faktoru, kas ir atbildīgs par tilināšanas norisi un sekojošu šķiedru atdalīšanu, jo lielāko daļu lūksnes šķiedru ieskauj ar pektīnu bagātas viduslamellas un parenhīmas šūnas (9.6. attēls). Lai gan pektīna saturs ir mazāks, salīdzinot ar kopējām matricu saistošajām vielām, tā stratēģiskā atrašanās vieta starp šūnu sieniņām padara tā noārdīšanos ārkārtīgi svarīgu tilināšanas procesā.





9.6.attēls [169]. Kaņepju auga elementāršķiedras slāņu shematisks attēlojums

Diemžēl tradicionāli lietotās tilināšanas metodes ir nosacīti lētas, bet ar nekonsekventiem rezultātiem, un šķiedras kvalitāte ir atkarīga no ģeogrāfiskajiem un meteoroloģiskajiem apstākļiem, tāpēc ir pētīti vairāki citi tilināšanas veidi (9.1.tabula). Lai arī tilināšanai ar ķīmisku vielu palīdzību ir daudz priekšrocības un tai nepieciešams īsāks laiks nekā citām metodēm, rūpniecībā to izmanto ļoti reti.

9.1.tabula

**Tilināšanas metodes, to priekšrocības, trūkumi un nepieciešamais laiks[170]**

Tilināšanas metode	Apraksts	Priekšrocības	Trūkumi	Ilgums
Ūdens tilināšana	Stiebrus iegremdē ūdenī un periodiski pārbauda	Viendabīgas un labas kvalitātes šķiedras	Nopietna piesārņojuma problēma, ko izraisa anaerobā baktēriju fermentācija, slikta smaka, vides problēmas un augstās izmaksas. Nepieciešama intensīva notekūdeņu attīrīšana	7-14 dienas
Tilināšanas uz lauka	Stiebrus vienmērīgi izkļiedē uz lauka, dabīgi mitrināts (rasa, lietus), mikroorganismu kolonizācija sadala stiebru audus un pektīnus, lai atbrīvotu šķiedras	Pektīns efektīvi tiek sadalīts	Produkts piesārņots ar augsni, ierobežots līdz noteiktām klimata izmaiņām, neatbilstoša kvalitāte un samazināta izturība	2-3 nedēļas
Enzimātiskā tilināšana	Enzīmi hidrolizē pektīnvielas kaņepju stiebrā. Kontrolējami tilināšanas apstākļi uzlabo tilināšanas efektivitāti	Lietojot dažādus enzīmu veidus un tilināšanas apstākļus, var panākt specifiskas īpašības. Process ir tīrāks un īsāks	Samazināta šķiedras stiprība	12-24 stundas
Ķīmiskā tilināšana	Parasti izmanto ūdeņraža peroksīdu, nātrija benzoātu vai nātrija hidroksīdu.	Var iegūt gludu un tīru virsmu īsā laikā	Šķiedru stiprības pasliktināšanās, kad NaOH koncentrācija pārsniedz 1%. Augstas apstrādes izmaksas un šķiedras iekrāsošanās	60-75 minūtes
Mehāniska atdalīšana	Izmanto mehānisku spēku, lai no stiebra atdalītu	Daudz īsu un bojātu šķiedru	Zemāka šķiedru kvalitāte un augstas izmaksas	-

	šķiedras un tālākā šķiedru attīrīšanā			
--	---------------------------------------	--	--	--

## 9.1. Kopsavilkums

Uzņēmumam bija jānodrošina kaņepju paraugu mākslīgo tilināšana. Projekta beigās kā rezultāts bija jāizgatavo kaņepju mākslīgai tilināšanas iekārta un jāizstrādā tilināšanas tehnoloģija.

Lai īstenotu projektu uzņēmums bija paredzējis izgatavot tilināšanas vannu, iegādāties laboratorijas dekortikatoru un mērierīces – O<sub>2</sub> metru, šķidrums elektrovadītspējas mērītāju un pH mērītāju ūdenim.

Projekta īstenošanas sākumā tika nodibināti kontakti ar dekortikatoru ražotājiem dažādās pasaules valstīs - «HEMP TECH» LLC Ukrainā, Federālo šķiedraugu zinātnisko centru (ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур») Tverjā, Krievijā, ОАО «Завод им. Г.К. Королева» Ivanovo, Krievijā, CannaSystems Canada Inc Kanādā un Zhengzhou Taizy Machinery Co.,Ltd Ķīnā. Ņemot vērā Covida izraisītās sekas tirgū un radušos ģeopolitisko situāciju dēļ Krievijas iebrukuma Ukrainā, iegādāties dekortikatoru projekta ietvaros nebija iespējams. Līdz ar to tika meklētas iespējas dekortikatoru iznomāt, kas beigās arī vainagojās ar sekmīgu rezultātu.

Projektā paredzētā darbība mākslīgās tilināšanas vannas izgatavošana tika veiksmīgi realizēta, un vanna tika izmantota tilināšanas procesos. Vanna tika izgatavota tik liela, lai tanī varētu tilināt kaņepes rulli vislielākajā diametrā, kāds Latvijas zemniekiem ir pieejams tehnikas tirgū esošajām presēm.

Projekta ietvaros tika iegādātas arī paredzētās ūdens parametru (O<sub>2</sub>, pH un elektrovadītspējas) noteikšanas mērierīces. Šīs ierīces bija nepieciešamas pie tilināšanas procesu īstenošanas.

Projekta ietvaros SIA “Agrozona” izstrādātie tilināšanas paņēmieni tika aprobēti laboratorijas apstākļos KĶI un rūpnieciskajos apstākļos SIA “Agrozona” izstrādātajā tilināšanas iekārtā.

## 9.2. Tilināšanas tehnoloģiju izvēle aprobācijas procesam laboratorijas mērogā

Analizējot zinātniskās literatūras avotos uzrādīto informāciju un salāgojot to ar industriāla mēroga iespējām, SIA “Agrozona” definēja kaņepju stiebru tilināšanas paņēmiena izvēles kritērijus:

- būtiska ietekme uz spaļu un šķiedru atdalīšanos
- procesa vienkāršība
- procesam nepieciešamo vielu pieejamība un cena
- mazs enerģijas patēriņš
- iespēja veikt procesu bez sildīšanas
- iespēja veikt procesu atmosfēras spiedienā
- iespēja veikt procesu šķidrā fāzē (bez gāzu pievadīšanas)
- sasniegtā baltuma pakāpe
- uronskābju saturs kaņepes kātā pēc tilināšanas

Atbilstoši izvirzītajiem kritērijiem tika aprobētas SIA “Agrozona” izstrādātie kaņepju tilināšanas tehnoloģijas aprobācijas procesam laboratorijā : tilināšana ar ūdeni; tilināšana ķīmisko vielu šķīdumos (nātrija hidroksīds, nātrija karbonāts, ūdeņraža peroksīds) dažādās (zemās) koncentrācijās un dažādos temperatūras režīmos.

## 9.3. Eksperimentālā daļa – laboratorijas mērogs

### Tilināšana

Stiebru apstrādes tehnoloģiskās variācijas laboratorijas mērogā tika vaiktas pēc “Agrozona” iesniegtajiem tilināšanas metodoloģiju aprakstiem, kas izstrādāti balstoties uz apkopotās literatūras datiem un industriālo pieredzi.

Tilināšanas tehnoloģijas aprobācijai laboratorijas mērogā lietoti sausi kaņepju stiebi, kas ievākti 2023. gada oktobrī, izžāvēti istabas temperatūrā un uzglabāti sausi istabas temperatūrā līdz izmantošanai. Stiebi sagarumoti ~11 cm garos fragmentos, izmantojot elektrisku galda ripzāģi. Lai izvērtētu kaņepju stiebra diametra ietekmi uz izvēlētajās mākslīgās tilināšanas tehnoloģijas efektivitāti, eksperimentam izvēlēti stiebi ar dažādu diametru: no 0,3 cm līdz 1,7 cm (9.7.attēls).



**9.7.attēls.** Sagarumoti kaņepju stiebi tilināšanas tehnoloģijas aprobācijai laboratorijas mērogā

“Agrozona” izstrādātais laboratorijas mēroga tehnoloģijas aprobācijas plāns redzams 9.2.tabulā, katras izvēlētajās vielas šķīdumā kaņepju stiebi mērcēti vienu stundu četros temperatūras režīmos. Kopā veikta kaņepju šķiedru tilināšana 28 dažādos eksperimentālajos apstākļos. Eksperimenta veikšanai ~20 g stiebru (6-7 stiebra fragmenti) ievieto koniskā kolbā (9.8.attēls) un aplej ar 350 ml šķīdumu 2.tabulā norādītajās temperatūrās. Istabas temperatūras tilināšana veikta, nelietojot karsēšanas ierīces un bez temperatūras kontroles (9.9.attēls). Eksperimenta veikšanas dienā laboratorijas telpas temperatūra bija 27°C-28°C. Karsēšana 50°C temperatūrā veikta, novietojot kolbu uz sildvirsmas un kontrolējot temperatūru (9.10.attēls), bet karsēšana 80°C – 90°C veikta ūdens vannā atbilstošā temperatūrā, ievietojot kolbas kaklā ūdens atceses dzesinātāju šķīduma tvaiku savākšanai un šķīduma koncentrācijas saglabāšanai (9.11.attēls).

Apstrādes laikā šķīduma pH kontrolēts, izmantojot pH metru FiveGo F2 (Mettler Toledo, Šveice).

Pēc ķīmiskās tilināšanas procesa šķīdums ar ķīmisko vielu noliets, tā vietā ķīmiskās vielas noskalošanai uzliets tīrs Rīgas pilsētas ūdensvada ūdens. Pēc ķīmiskās vielas noskalošanas apstrādātie stiebru fragmenti žāvēti istabas temperatūrā 24 h (9.12.attēls).

9.2.tabula

**Tehnoloģijas aprobācijas plāns laboratorijas mērogā**

<b>Viela</b>	<b>Šķīduma koncentrācija</b>	<b>Citi mainīgi parametri, kopīgi visām lietotajām vielām</b>
Ūdens	n/a	<u>Apstrādes laiks:</u> 1 h <u>Apstrādes temperatūras:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• istabas temperatūra (27°-28°C)</li> <li>• 50°C</li> <li>• 80°C</li> <li>• 90°C</li> </ul>
Nātrija karbonāts Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5 %	
	1 %	
	0,5 %	

Nātrija NaOH	hidroksīds	1 %	<u>Hidro-modulis:</u> 20 g stiebru -> 350 ml šķīduma <u>Skalošana</u> pēc apstrādes: tīrs ūdensvada ūdens <u>Žāvēšana:</u> istabas temperatūrā
Ūdeņraža H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	peroksīds	1 %	
		5 %	



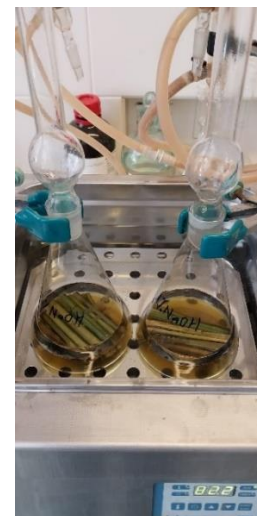
9.8.attēls. Apstrādei sagatavotie paraugi



9.9.attēls. Paraugu apstrāde istabas temperatūrā



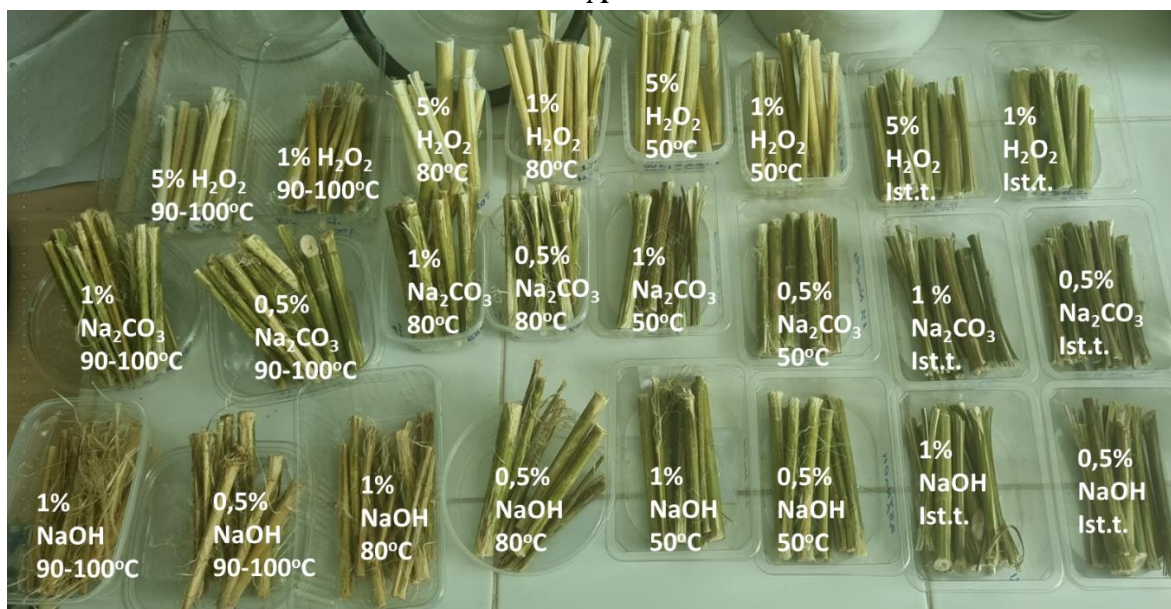
9.10.attēls. Paraugu apstrāde 50°C



9.11.attēls. Paraugu apstrāde 80°C-90°C



A



B

**9.12.attēls.** Dažādu ķīmisku vielu šķīdumos un dažādos temperatūras režīmos tilināti kaņepju stiebru fragmenti, kopskats: a) bez uzrakstiem labākai atšķirību vizualizācijai; b) ar uzrakstiem tehnoloģiju identificēšanai

Procesā laikā novērotas izmaiņas šķīduma pH rādītājos (9.3.tabula), kas liecina par reakcijas gaitu un iedarbību uz izejmateriālu. Šķīduma pH ir svarīgs rādītājs notekūdeņu apstrādes/attīrīšanas aspektā, kas jāņem vērā un jāizvērtē, veicot aprobācijas procesus lielākā mērogā. Novadīšanai vispārējā kanalizācijā šķīdumu pH jābūt robežās 6,00-8,00.

Procesa gaitā novērotās pH izmaiņas šķīdumos

Šķīdums	Šķīduma pH	27°C		50°C		80°C		90°C	
		30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60min	30 min	60 min
0,5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10,99	10,76	10,73	10,46	10,34	10,27	9,88	9,93	9,72
1% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	11,09	10,86	10,77	10,33	10,21	10,24	10,05	10,14	9,96
0,5% NaOH	12,27	12,26	12,25	11,94	12,02	12,02	11,97	11,96	11,93
1% NaOH	12,41	12,47	12,46	12,12	12,17	12,17	12,13	12,17	12,13
1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,15	6,61	6,16	6,43	6,35	5,90	5,72	5,85	5,60
5% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,15	5,85	5,65	6,92	5,81	5,38	5,16	5,12	4,82

### Tilināšanas efektivitātes izvērtēšana

Pēc apstrādes ķīmisko vielu šķīdumos "Agrozonas" vadībā kaņepju stiebru paraugi salīdzināti četros veidos:

- 1) vizuāli izvērtēts to izskats un īpašības;
- 2) veikts tilināšanas efektivitātes izvērtējums, imitējot dekortikācijas procesu un novērtējot šķiedru un spaļu daļas atdalīšanos;
- 3) veikta uronskābju satura analīze;
- 4) veikti atdalīto šķiedru baltuma (gaišuma) mērījumi.

Dekortikācijas imitācijai ņemts 1 kg smags rievots metāla rullis 15 cm diametrā ar perpendikulāri šķērsenisko rievu platumu 0,7 cm un dziļumu 0,5 cm (9.13.attēls). Kaņepju stiebra fragments novietots uz cietas virsmas un ar ruļļa palīdzību, pieliekot spēku, veikta stiebra saspiešana ar mērķi salauzt koksaino daļu (9.14. attēls). Pēc stiebra saspiešanas stiebrs manuāli sagabalots, pielietojot šķērsenisko spēku (ar laušanas metodi), vienlaikus atdalot stiebra koksnes (spaļu) daļu no šķiedrām un analizējot tilināšanas procesa efektivitāti, novērtējot spaļu un šķiedru atdalīšanas procesu (atdalās vai neatdalās; vai nepieciešams spēks, vai atdalās bez spēka pielikšanas) (9.15., 9.16. attēli)



9.13.attēls. Rievots metāla rullis šķiedru stiebru dekortikācijas imitēšanai



9.14.attēls. Dekortikācijas imitācija



9.15.attēls



9.16.attēls

### **Uronskābju satūra analīze**

Uronskābes noteiktas saskaņā ar Filisetti izstrādātu metodi, kaņepju stiebra biomasu hidrolizējot sērskābē un uronskābju saturu nosakot kolorimetriski, izmantojot UV fotometru.

### **Šķiedru baltuma (gaišuma) pakāpes noteikšana**

No spaļiem atdalītās šķiedras manuāli uzpūkotas, pēc tam mērījumam nepieciešamās gludās virsmas iegūšanai šķiedru materiāls izmērcēts dejonizētā ūdeni un presēts papīra žāvēšanas modulī 10 minūtes 90°C temperatūrā Rapid Köthen papīra veidošanas iekārtā (Frank-PTI, Austrija). Šķiedru baltuma pakāpe noteikta saskaņā ar standartu ISO 2470-1:2016 Paper, board and pulps. Measurement of diffuse blue reflectance factor. Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness) ar spektrofotometru Elrepho (Lorentzen&Wettre, Zviedrija). Mērījumi veikti vismaz 3 atkārtojumos katram paraugam.

## **9.4. Rezultāti un to izvērtējums – laboratorijas mērogs**

### **Tilināšanas efektivitāte**

#### ***Vizuāli nosakāmās īpašības***

Tilināšanas efektivitātes novērtēšana veikta “Agrozona” vadībā. Vizuāli novērtējot ar dažādām tehnoloģijām tilinātos kaņepju stiebrus (skat.9.12.attēlu), vērojamas būtiskas atšķirības starp istabas temperatūrā apstrādātiem paraugiem un paraugiem, kas apstrādāti temperatūrā 50°C augstāk. Istabas temperatūrā apstrādāti stiebri saglabājuši nemainīgu struktūru un krāsu, bet jau pēc apstrādes 50°C vērojama stiebru spurošanās jeb atsevišķu šķiedru atdalīšanās no stiebra struktūras. Īpaši izteikta spurošanās novērota NaOH apstrādātiem stiebriem, kas apstrādāti >80°C temperatūrā (9.17.attēls), kas liecina par pektīnvielu destrukciju. Arī ar Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> augstākās temperatūrās apstrādātiem stiebriem vērojama šķiedru atdalīšanās (9.18.attēls), bet mazākā pakāpē nekā ar NaOH apstrādātiem.



**9.17.attēls.** Šķiedru atdalīšanās no kaņepju stiebriem pēc 1h apstrādes 0,5-1% NaOH šķīdumā >80°C temperatūrā



**9.18.attēls.** Šķiedru atdalīšanās no kaņepju stiebriem pēc 1h apstrādes 0,5-1% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> šķīdumā >80°C temperatūrā

Ūdeņraža peroksīdā H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> apstrādātiem kaņepju stiebriem būtiska spurošanās netika novērota, tomēr tie kļuva ievērojami gaišāki, kas varētu būt skaidrojams ar balinošo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ietekmi uz lignocelulozes izejmateriālu (9.19.attēls). Īpaši gaiši stiebi iegūti pēc apstrādes 80°C gan 1%, gan 5% koncentrācijas šķīdumos.



**9.19.attēls.** Ūdeņraža peroksīda apstrādes rezultātā balinātie kaņepju stiebi

Ūdenī apstrādātiem stiebriem nevienā no apstrādes temperatūrām spurošanās netika novērota.

#### ***Tilināšanas efektivitātes izvērtējums***

Īstenojot dekortikācijas imitācijas metodi, iegūti novērojumi par spaļu un šķiedru daļas atdalīšanās vieglumu. Novērots, ka istabas temperatūrā apstrādātie stiebi ir ar stingrāku struktūru un gan spaļu salaušanai, gan šķiedru pilnīgai atdalīšanai jāpieliek lielāks manuālais spēks, kamēr augstākā temperatūrā, apstrādātie stiebi ir gan vieglāk salaužami, gan šķiedras vieglāk, dažos



gadījumos bez jebkādas piepūles, atdalāmas no spaļiem. Detalizēti novērojumi par šķiedru atdalīšanu no spaļiem apkopoti 9.4.tabulā.

9.4.tabula

**Tilināšanas efektivitātes izvērtējums, kaņepju spaļu un šķiedru atdalīšanas process**

Viela, koncentrācija	Istabas temperatūrā	50°C	80°C	90°+
Ūdens	Stingra struktūra, nepieciešama piepūle, slikti dalās, jāplēš	Viegli atdalās, tomēr nevienmērīgi – kādam stiebram labāk, kādam sliktāk	Viegli atdalās	Viegli atdalās
NaOH 0,5 %	Viegli atdalās, bez piepūles. Stieбри ar lielāku diametru – mazliet grūtāk, jāpieliek spēks atsevišķos sasaistes punktos. Labāk nekā Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> vai H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> identiskos apstākļos	Ļoti viegli atdalās, spaļi krīt nost. Labāk nekā istabas temperatūrā	Ļoti viegli atdalās, spaļi krīt nost. Stiebrim ar lielāku diametru jāpieliek vairāk spēka atdalīšanai	Šķiedras spurojas, ļoti viegli atdalās
NaOH 1%	Viegli atdalās, stieбри ar lielāku diametru atdalās vieglāk nekā 0,5% NaOH gadījumā.	Viegli atdalās, mazliet spēka jāpieliek, ja stiebram lielāks diametrs	Spurains stiebris; ļoti viegli atdalās, spaļi krīt nost paši	Spurains stiebris; ļoti viegli atdalās, spaļi paši krīt nost
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0,5%	Viegli salauzt, spaļi atdalās viegli, tomēr sliktāk nekā NaOH identiskos apstākļos, jāplēš	Viegli salauzt, bet nedalās labi, jāplēš	Atdalās viegli, labāk nekā 50°C	Viegli atdalās
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1%	Labi atdalās, bet stingrāk nekā NaOH gadījumā, jāplēš	Labi atdalās	Ļoti viegli atdalās, vienādi 80°C un 90°C apstrādāti stieбри	Ļoti viegli atdalās, vienādi 80°C un 90°C apstrādāti stieбри
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 1%	Nav viegli atdalīt, jāplēš	Dalās vieglāk nekā istabas temperatūrā, bet daži jāplēš	Viegli dalās, ar nelielu piepūli	Ļoti viegli atdalās
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 5%	Vieglāk nekā 1% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , tomēr spēks jāpieliek	Balts, viegli atdalās, spaļi ļoti gaiši	Viegli dalās, ar nelielu piepūli	Ļoti viegli atdalās, gaišs

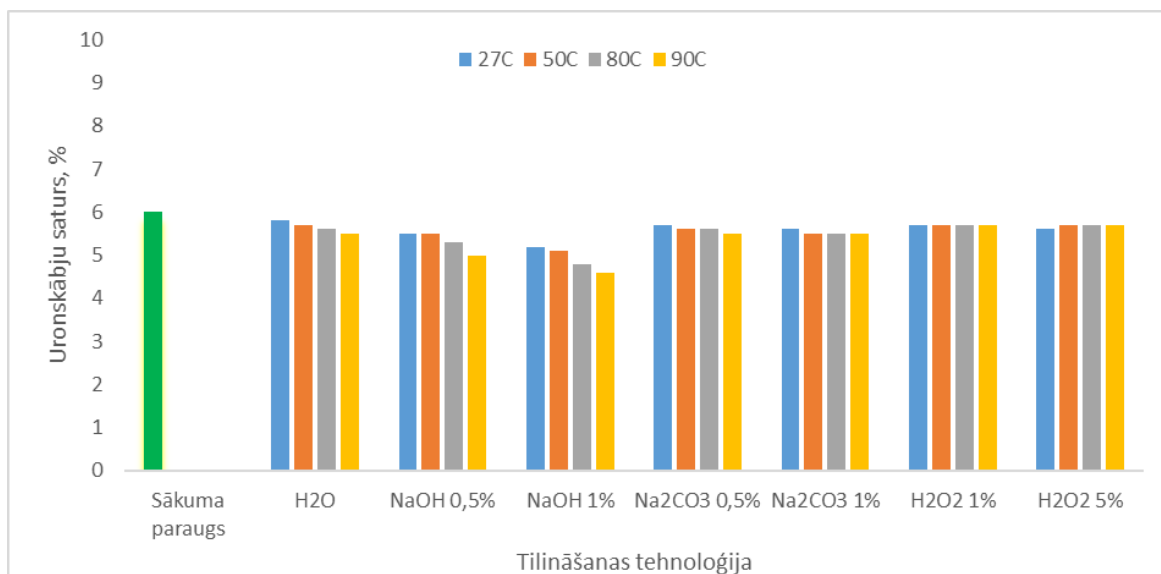
Secināms, ka ūdens apstrāde  $\geq 50^{\circ}\text{C}$  temperatūrā bez ķīmikāliju pievienošanas dod būtisku efektu spaļu un šķiedru daļas atdalīšanai, tomēr minimāla daudzuma ķīmikāliju pievienošana dod iespēju veikt efektīvu tilināšanas procesu zemākās temperatūrās. No izvērtētajām ķīmikālijām būtiskāko efektu dod NaOH pievienošana, atšķirības starp 1% un 0,5% šķīdumu ietekmi ir nebūtiskas, arī temperatūras celšana virs 50°C nedod būtisku uzlabojumu, jo efekts ir ļoti jūtams jau zemākās temperatūrās.

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> gadījumā būtisks efekts uz šķiedru un spaļu daļas atdalīšanu ir jūtams pie augstākām temperatūrām, bet H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> būtiskāk ietekmē stiebru gaišumu nevis spaļu un šķiedru atdalīšanu.

No tilināšanas efektivitātes viedokļa racionālākā izvēle ir 0,5% NaOH šķīdums istabas temperatūrā (27°C-28°C). Reāģents atbilst arī sākotnējiem izvirzītajiem kritērijiem - viegli pieejams, lēts, bieži izmantots un drošs (izmantojot atbilstošos individuālās aizsardzības līdzekļus), ērti pielietojams tehnoloģijas mērogošanā un ar labi zināmu iedarbību uz vidi un cilvēka organismu, viegli neitralizējams.

**Uronskābju satura analīze**

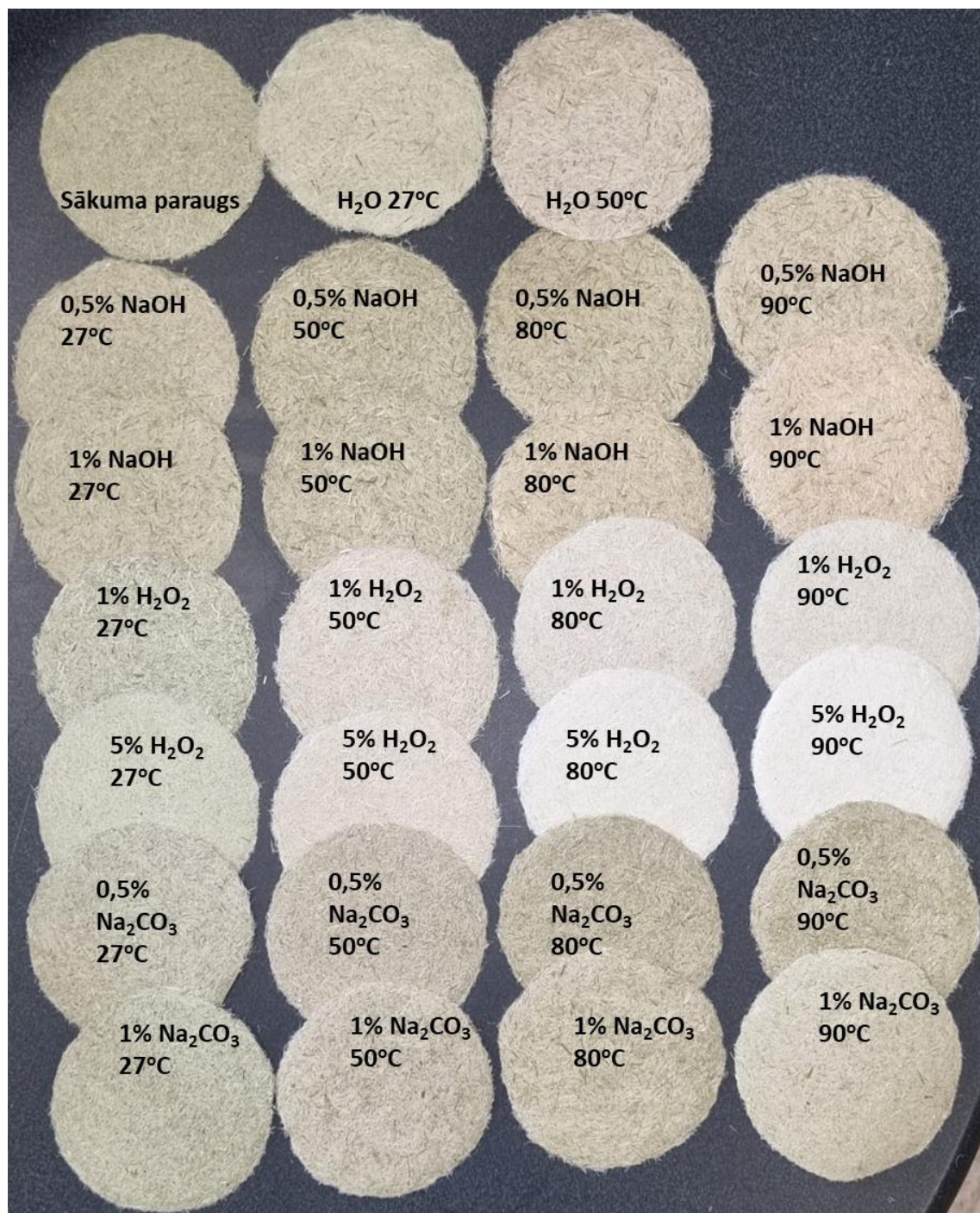
Iegūtie rezultāti attēloti 9.20.attēlā redzamajā grafikā. Novērojams, ka uronskābju saturs būtiski mainās, ja tilināšanai izmantots NaOH, turklāt nav novērotas būtiskas atšķirības starp koncentrācijām 0,5% un 1%. Uronskābju satura samazināšanās redzama jau 27°C un pieaug, palielinoties apstrādes temperatūrai.



**9.20.attēls.** Uronskābju satura rezultāti kaņepju stiebroš pēc tilīnāšanas

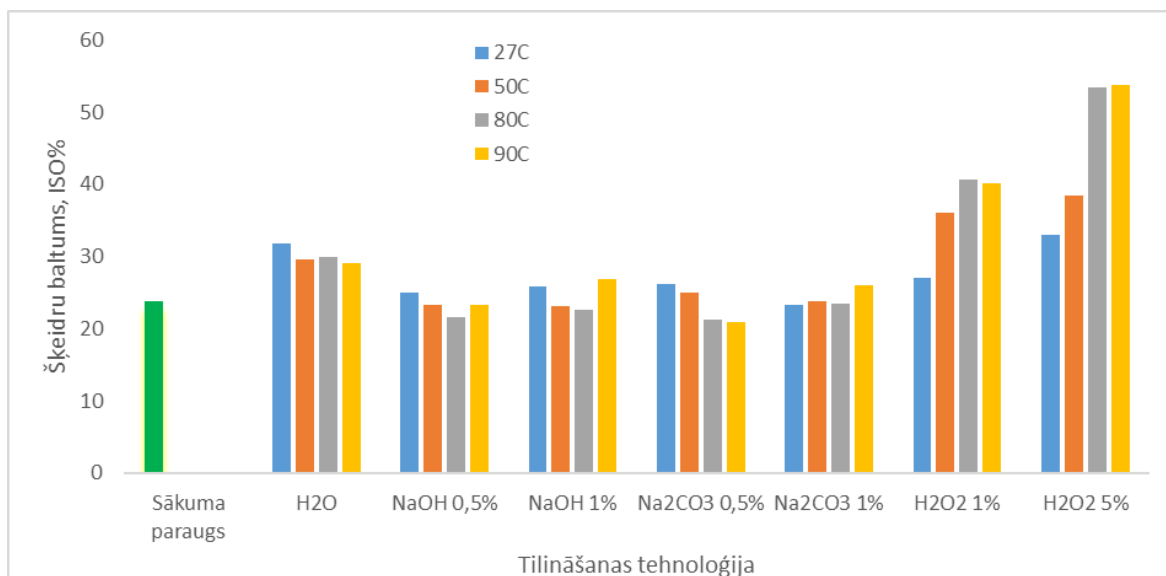
### Atdalīto šķiedru baltuma (gaišuma) mērījumi

Tika novērots atdalīto šķiedru vizuālais izskata atšķirības atkarībā no pielietotās tilīnāšanas tehnoloģijas (9.21.attēls). Vizuāli nosakāms, ka vislielākā ietekme uz šķiedru krāsu ir H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> apstrādei, vizuāli gaišākas ir šķiedras arī pēc 1% NaOH 90°C. Lielākajā daļā izmēģināto tehnoloģiju tilīnāto šķiedru baltums praktiski nemainījās vai pat samazinājās, tomēr šo parametru nevar uzskatīt par noteicošo tilīnāšanas tehnoloģijas izvēlē, it sevišķi, ja kādā no nākamajiem šķiedru apstrādes posmiem plānota balināšana.



**9.21.attēls.** No ar dažādām tehnoloģijām tilinātu kaņepju stiebriem atdalīto šķiedru atlējumu vizuālais izskats

9.22.attēlā redzamajā grafikā attēloti ar spektrofotometru noteiktās baltuma pakāpes izmaiņas tilināto kaņepju šķiedrās. Rezultāti ir saskaņā ar vizuālajiem novērojumiem: būtisks pieaugums vērojams, ja kā tilināšanas aģentu izmanto  $\text{H}_2\text{O}_2$ , turklāt iedarbība ir būtiskāka, ja izmantotas augstākas temperatūras un lielākas koncentrācijas. Iespējams sasniegt par 53 ISO% augstu baltumu. Jāpievērš uzmanība, ka dažos gadījumos tilināto kaņepju šķiedru baltums ir mazāks nekā sākotnējā parauga šķiedrām. Tas vērojams NaOH un  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  apstrādātām kaņepēm un ir saskaņā ar iepriekš literatūrā minētajiem datiem. Tomēr pēc tilināšanas atdalīto šķiedru baltums jāskata kontekstā ar tilināšanas efektivitāti, un pēdējais parametrs uzskatāms par būtiskāku. Savukārt šķiedru baltuma palielināšana panākama nākamajos apstrādes posmos.



**9.22.attēls.** Tilināšanas tehnoloģijas parametru ietekme uz atdalīto kaņepju šķiedru baltumu

### 9.5. Izvēle pilotmēroga tehnoloģiju aprobācijai

Nemot vērā laboratorijas mēroga tilināšanas rezultātus, “Agrozona” pilotmēroga aprobācijai izvēlējās izmantot divas tehnoloģijas:

- 1) Tilināšana 50°C ūdenī 1h
- 2) Tilināšana 0,5% NaOH šķīdumā, 27°C-28°C temperatūrā, 1 h.

### 9.6. Eksperimentālā daļa – pilotiekārtas mērogs

#### Materiāli un iekārtas

Pilotiekārtas mēroga eksperimentam “Agrozona” tika izmantoti kaņepju stiebri ruļļos ar izmēru 130 cm diametrā, 120 cm augstumā, ar svaru ~200 kg (9.23.attēls). Tilināšanas veikšanai izmantota “Agrozonā” izstrādāta pilotiekārta - hidrotermiska tvertne ar izmēru 189 cm diametrā un 124 cm augstumā (9.24.attēls), savienota ar apsildes ierīci. Tvertnē ierīkota ūdens cirkulācijas sistēma vienmērīga procesa nodrošināšanai, kas veido vienmērīgu ūdens kustības plūsmu ap tvertnē ievietoto kaņepju stiebru rulli.



**9.23.attēls.** Pilotmēroga tilināšanas tehnoloģiju aprobācijā izmantotie kaņepju stiebru rituļi



**9.24.attēls.** Pilotmēroga tilināšanas tehnoloģijas aprobācijā izmantotā SIA “Agrozona” izstrādātā mākslīgās tilināšanas iekārta (hidrotermiskā tvertne)

Ūdens temperatūras kontrolei izmantots temperatūras mērītājs GMH 3210 ar zondi (Greinsinger, Vācija), 9.25a.attēls. Citu procesa kontroles un lietotā šķīduma parametru noteikšanai lietoti: pH mērītājs FiveGo F2 (9.25b.attēls), elektrovadītspējas mērītājs FiveGo F3 (9.25c. attēls) un ūdenī izšķīdušā skābekļa daudzuma mērītājs FiveGo F4 (9.25d. attēls) (Mettler Toledo, Šveice). Kaņepju stiebra parauga mitrums procesa laikā noteikts ar automātisko mitruma noteicēju MBS65 (9.25e. Attēls) (Fisherbrand Moisture Series, ASV).



a



B



c



d



e

**9.25.attēls.** Pilotmēroga tilināšanas tehnoloģiju aprobācijas procesā lietotās mēriekārtas

Procesā izmantotās ķīmikālijas: Nātrija hidroksīda šķīdums 49-51%, iegādāts SIA TCB Sistēmas; Šķīduma neitralizācijai pēc procesa izmantota sālsskābe 36%, iegādāts SIA Krāsu pasaule.

#### Metodika

Saskaņā ar “Agrozona” novērojumiem un secinājumiem pēc tilināšanas tehnoloģiju aprobācijas laboratorijā, tika izvēlētas divas tehnoloģijas aprobācijai pilotmērogā:

- 1) Tilināšana 50°C tīrā ūdenī vienu stundu;
- 2) Tilināšana 27°-28°C 0,5% NaOH šķīdumā vienu stundu.

Aprobācijas veikšanai hidrotermiskā tvertnē iepildīts tīrs ūdens uzsildīts līdz nepieciešamajai temperatūrai, pievienots nepieciešamais daudzums NaOH (tikai otrās tehnoloģijas gadījumā). Pēc

temperatūras sasniegšanas kaņepju stiebru rullis ievietots tvertnē (9.26.attēls), pilnībā to iegremdējot šķīdumā.



**9.26. attēls.** Kaņepju šķiedru ruļļa ievietošana hidrotermiskā tvertnē tilināšanas tehnoloģijas aprobācijas veikšanai

Temperatūra ruļļa iekšpusē sasniedza vajadzīgo līmeni 5 minūšu laikā no iegremdēšanas brīža. Rullis izturēts šķīdumā vienu stundu. Šķīduma paraugi pH, elektrovadītspējas un izšķīdušā skābekļa mērījumiem ņemti procesa sākumā (0 min), vidū (30 min) un beigās (60 min) (9.27.attēls).



**9.27.attēls.** Paraugu ņemšana pH, elektrovadītspējas un izšķīdušā skābekļa daudzuma noteikšanai

Pēc hidrotermiskās apstrādes kaņepju stiebru rullis izcelts no tvertnes, noskalots ar tīru ūdeni, apžāvēts 30 minūtes virsējā mitruma aizvadīšanai, izmantojot cirkulācijas ventilatoru ar gaisa ražību 39 000 m<sup>3</sup>/h.

Neapstrādātam stiebru paraugam un paraugiem pēc katras no tehnoloģijām veikta dekortikācija. Stiebru dekortikācijai pilotmērogā izmantots HurdMaster MD 1000 (9.28.attēls).

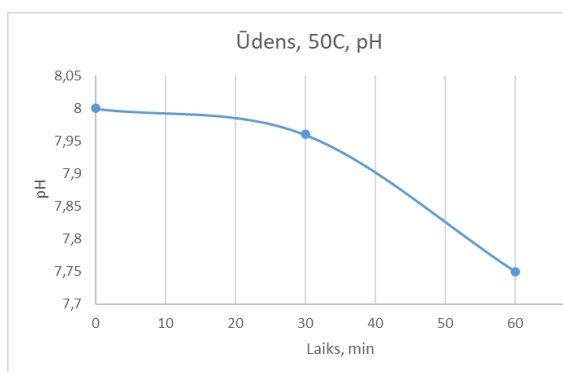


**9.28.attēls.** Mākslīgi tilināto stiebru dekortikācija laboratoriskajā iekārtā

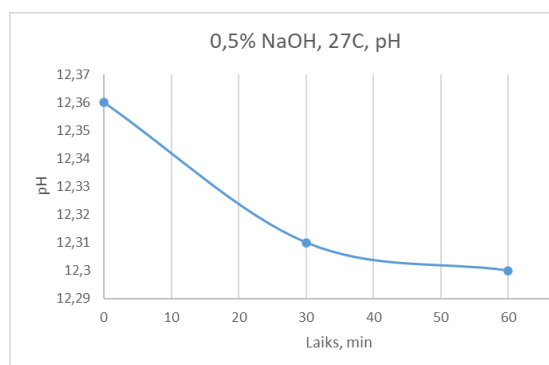
Dekortikācijas procesā vērtēta procesa norise, spaļu atdalīšanas kvalitāte, iegūto šķiedru baltums (metodiku skatīt laboratorijas mēroga aprobācijas eksperimentālās daļas aprakstā).

### 9.7. Rezultāti un to izvērtējums – pilotiekārtas mērogs

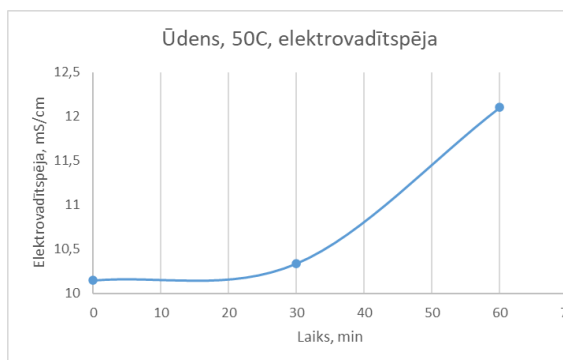
#### Izmantoto šķīdumu parametru izmaiņa procesa laikā



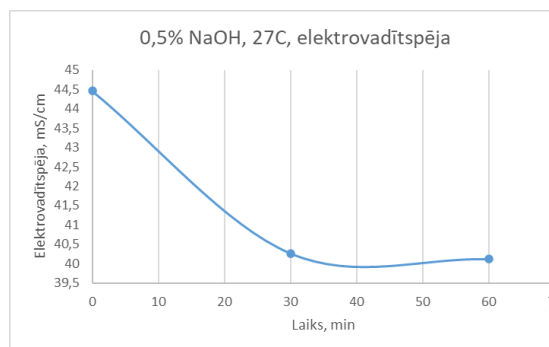
**a**



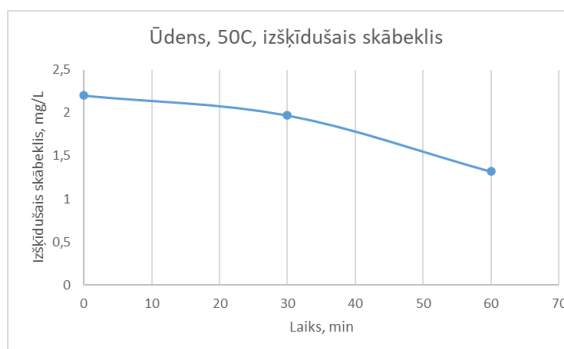
**b**



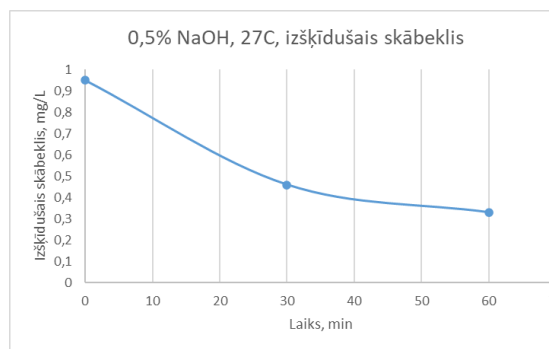
**c**



**d**



E



f

**9.29.attēls.** Šķīdumu pH, elektrovadītspējas un izšķīdušā skābekļa satura izmaiņas tilināšanas tehnoloģiju aprobācijas laikā.

9.29.attēlā apkopotas tilināšanas tehnoloģiju aprobācijas gaitā iegūtie šķīdumu parametru izmaiņas. Novērots, ka ūdens pH caņepju stiebru apstrādes laikā samazinās par 0,23 pH vienībām (9.29a.attēls), kas norāda, ka šķīdums paskābinās. Tas var būt saistīts ar hemiceluložu un pektīnvielu šķīšanas procesu. Izšķīdušās vielas satur skābās funkcionālās grupas, kas nedaudz samazina visa šķīduma pH. Līdzīga tendence novērota arī 0,5% NaOH šķīduma gadījumā, tur gan pH samazināšanās novērota daudz mazākā mērā, bet tas saistīts ar šķīduma sārmaino vidi (9.29b. attēls). Ūdens gadījumā sākuma pH bija 8,00, bet sārma šķīduma gadījumā 12,36. Jāņem vērā, ka pēc tilināšanas NaOH šķīdumā, procesa laikā izmantotais šķīdums pirms novadīšanas kanalizācija sistēmā ir jāskābina vismaz līdz pH 8,00.

Vērojama būtiska atšķirība starp ūdens un NaOH šķīdumu elektrovadītspēju gan sākotnējo parametru, gan tendenču aspektā. Ūdens 50°C tilināšanas procesā pieaug no 10,1 līdz 12 mS/cm, kas saistīts ar šķīstošo vielu jonu koncentrācijas pieaugumu procesa gaitā (9.29c. attēls). Savukārt pie augstākas sākotnējās elektrovadītspējas 44,5 mS/cm NaOH šķīduma, kas ir labāks elektrolīts nekā ūdens, gadījumā rādītājs samazinājās par ~4 mS/cm, kas skaidrojams ar izšķīdušo vielu (hemiceluložu un pektīnvielu) vājāku elektrolītisko dabu (9.29d. attēls).

Izšķīdušā skābekļa koncentrācija tilināšanas procesa gaitā samazinājās gan ūdens, gan NaOH gadījumā (9.29e. un 9.29f. attēli), jo, šķīdumā nonākot izšķīdušajām hemicelulozēm un pektīnvielām, skābeklis darbojas kā oksidētājs un uz reakcijā patērētā daudzuma rēķina samazinās koncentrācija šķīdumā.

Procesā mērīto šķīduma parametru izmaiņām ir svarīgi sekot, lai kontrolētu procesa norisi un, iespējams, koriģētu kādu no procesa parametriem, ja kāds no mērītajiem šķīduma lielumiem norāda uz tilināšanas norises palēnināšanos, kas liecina, ja process noritējis un nav jāturpina. Viens no parametriem, kas tālākā aprobācijas procesā varētu būt maināms – ķīmikālijas koncentrācija vai apstrādes laiks, jo redzams, ka straujākās šķīduma rādītāju izmaiņas fiksētas pirmajās 30 minūtēs ar lēnāku izmaiņu gaitu no 30. līdz 60. minūtei.

### **Aprobēto tehnoloģiju parametru ietekme uz dekortikācijas procesu**

9.5.tabulā apkopotī novērojumi par dekortikācijas procesu pilotmēroga dekortikatorā. Abu aprobēto tehnoloģiju gadījumā šķiedru un spaļu atdalīšana vērtējama kā laba.

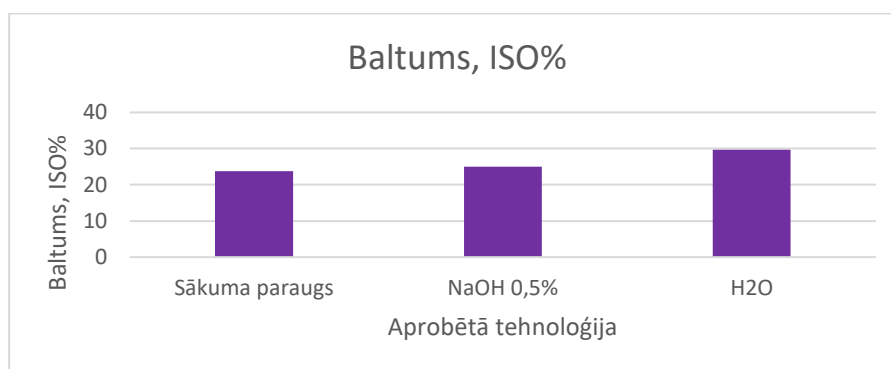


**Tilināšanas efektivitātes izvērtējums, kaņepju spaļu un šķiedru atdalīšanas process**

<b>Vielā, koncentrācija</b>	<b>27°C</b>	<b>50°C</b>
Bez apstrādes	Šķiedru un spaļu atdalīšanās notiek, tomēr šķiedru daļā novērojams spaļu piejaukums, kas liecina par nepilnvērtīgu atdalīšanu	
Ūdens	n/a	Atdalās ļoti labi, šķiedru daļā spaļu nav
NaOH 0,5 %	Atdalās labi, šķiedru daļā spaļu nav	n/a

**Aprobēto tehnoloģiju parametru ietekme uz šķiedru kvalitāti**

Ar divām pilotmērogā aprobētajām tehnoloģijām tilinātās kaņepju šķiedras tika novērtētas attiecībā uz sasniegto baltuma pakāpi (9.30.attēls). Salīdzinot ar paraugu bez apstrādes, vērojams neliels baltuma palielinājums abās aprobētajās tehnoloģijās, tilināšanai ar ūdeni 50°C uzrādot nedaudz labāku rezultātu. Sasniegtais baltums 25-28 ISO% vizuāli ir pelēcīgas šķiedras, kas būtu risināms tālākā apstrādes procesā, ja nepieciešamas gaišākas šķiedras.

**9.30.attēls.** Tilināto šķiedru baltuma pakāpe**9.8.Secinājumi un rekomendācijas**

Pilotmērogā aprobētās tilināšanas metodes uzrāda līdzvērtīgu efektivitāti attiecībā uz spaļu un šķiedru atdalīšanu, bet 50°C ūdenī tilinātās šķiedras ir gaišākas nekā netilinātas un 27°C 0,5% NaOH šķīdumā tilinātu kaņepju stiebru šķiedras. Izvēle par labu vienai vai otrai tehnoloģijai jāizdara, ņemot vērā un izvērtējot tādus kritērijus kā energoietilpība un ķīmisko vielu pieejamība/lietošanas iespējamība. Tilināšanas procesa norisi ieteicams kontrolēt, veicot šķīduma parametru mērījumus – pH, elektrovadītspēja, izšķīdušā skābekļa koncentrācija.

## 10. Kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģija

### 10.1. Aktuālās (ligno)celulozes šķiedru balināšanas tehnoloģijas

Lai izstrādātu un aprobētu piemērotāko kaņepju šķiedru balināšanas metodi "Zalers" veica literatūras izpēti, informācijas apkopošanu un aprobējamo metožu izvēli, balstītu uz pieejamo informāciju.

Kaņepju šķiedru sastāvs variē atkarībā no kaņepju šķirnes, augšanas apstākļiem un veiktās vai neveiktās pirmapstrādes. Kaņepju šķiedras sastāv no 70-74% celulozes, 3-6% lignīna, 15-20 % hemicelulozēm un līdz 6% citām vielām (pelni, vaski, pektīni) [171]. Kaņepju šķiedru balināšanas procesu no vienas puses var uzskatīt par līdzīgu koksnes komerciālas celulozes masas, piemēram, Kraft celulozes balināšanai, jo arī tās sastāvā ir līdz 15% hemiceluložu un līdz 4% lignīna, tomēr jāņem vērā, ka neapstrādātā kaņepju šķiedrā lignīns joprojām ir ķīmiski saistīts ar ogļhidrātu daļu un grūtāk atdalāms nekā no Kraft celulozes masas. Celulozes balināšana ir ķīmisks process, kurā no celulozes tiek atdalītas atlikušās sastāvdaļas, kas nav ogļhidrāti, galvenokārt lignīns. Krāsas uzlabošanās process ir saistīts ar to, ka hromoforās grupas, kas ir atbildīgas par krāsas maiņu, tiek ķīmiski modificētas vai sagrautas un atdalītas balināšanas gaitā, kā rezultātā celulozes īpatsvars materiālā pieaug un tā krāsa sāk līdzināties celulozes vielas dabiskajai baltajai krāsai. Efektīvai celulozes balināšanas ķīmijai jāatbilst vismaz diviem būtiskiem nosacījumiem – pirmkārt, tai ātri jāreaģē ar lignīnu, sadalot to šķīstošos fragmentos, un otrkārt, tās iedarbībai uz ogļhidrātiem, īpaši celulozi, jābūt ārkārtīgi lēnai, salīdzinot ar reakcijas ātrumu ar lignīnu [172].

Komerciālajā celulozes balināšanā svarīgu lomu ilgu gadu desmitus ir ieņēmušas hlora saturošas vielas, arī hlora gāze. Šobrīd lielākā daļa rūpniecības gan ir atteikusies no hlora gāzes lietošanas, tomēr hlora saturošas vielas ir efektīvi celulozes balinātāji, turklāt jaunākās tehnoloģijas ļauj šīs vielas efektīvi izmantot bez negatīvas ietekmes uz vidi. Viens no visplašāk izmantotajiem hlora saturošiem balināšanas aģentiem ir nātrija hipohlorīts NaClO, ko atšķaidītā formā lieto arī kā tīrīšanas un dezinfekcijas līdzekli mājsaimniecībā un medicīnā. Hipohlorīta balinošā iedarbība lignocelulozes materiālos tiek saistīta ar lignīna brīvo fenolisko -OH grupu oksidēšanu, kā rezultātā lignīns tiek degradēts un aizvadīts no reakcijas vides šķīdumā. Vairāki literatūras avoti liecina, ka 5% NaClO šķīdums dažādos temperatūru režīmos ir efektīvākais lignocelulozes balinātājs attiecībā uz lignīna un hemiceluložu atdalīšanu no celulozes [173,174,175], tomēr dažkārt izmanto arī teorētisko aktīvā hlora koncentrāciju šķīdumā un, izmantojot šo aprēķinu, nepieciešamā NaClO koncentrācija sasniedz 19% [176].

Ūdeņraža peroksīdu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var izmantot kā (ligno)celulozes balinātāju atsevišķi vai daudzposmu balināšanas shēmā kā vienu no posmiem. Maigos apstākļos ūdeņraža peroksīdam ir maza vai vispār nav delignifikācijas efekta, tomēr skarbākos apstākļos šim reaģentam ir delignifikācijas īpašības, kuras var izmantot, lai iegūtu ķīmisku celulozi ar pietiekamiem baltuma rādītājiem. Ūdeņraža peroksīda priekšrocības ir viegla transportējamība, uzglabāšana un lietošana, tas ir maz gaistošs un netoksisks. Balināšana ar ūdeņraža peroksīdu veicama sārmainā vidē (pH>8), kā arī jāpievieno īpašas ķīmisku vielu piedevas reaģenta stabilitātes saglabāšanai [177]. Balināšanas efektivitāte atkarīga no izejmateriāla veida, peroksīda koncentrācijas, temperatūras un pH. Balināšana parasti notiek 80-100°C temperatūrā vienu līdz divas stundas. Peroksīda balinošais efekts ir saistīts ar HOO<sup>-</sup> jonu oksidējošo darbību, kas no homoforām grupām veido bezkrāsainus aldehīdus un karbonskābes.

Amonija persulfāta NH<sub>4</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> dažādas koncentrācijas šķīdumus lieto koksnes delignificēšanai, notiek lignīna oksidēšana. Persulfāti ir H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> jeb persērskābes sāļi un ir interesanti ar to, ka skābā vidē atkarībā no skābes (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) koncentrācijas veido veselu gammu oksidētāju: O<sub>2</sub> – O<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub> – H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> [178]. Amonija persulfāts nav klasisks industriāls lignocelulozes balinātājs, bet ir vairāki pētījumi par šī reaģenta degradējošo iedarbību uz lignīnu. Aktīvā skābekļa ekvivalents daudzums (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> sastāvā izrāda stiprāku oksidējošu iedarbību nekā, piemēram, ūdeņraža peroksīdā esošais aktīvais skābeklis, ko var izskaidrot ar Karo skābes H<sub>2</sub>SO<sub>5</sub> veidošanos reakcijas gaitā. Amonija persulfāts var tikt lietots alternatīvs lignocelulozes balināšanas aģents tikai

divu posmu metodē, kuras otrais posms paredz celulozes apstrādi ar reducētāju, jo persulfāts kā spēcīgs oksidētājs var destruktīvi iedarboties arī uz celulozi.

Tekstilšķiedru industrijā kaņepju šķiedru balināšanai visbiežāk izmanto hipohlorītu un ūdeņraža peroksīdu, bet tiek pētītas iespējas izmantot dažādus citus reaģentus, piemēram, peretiķskābi [179]. Ražotāji atzīst, ka kaņepju šķiedras ir grūtāk balināmas nekā, piemēram, kokvilna, jo kaņepju šķiedra satur vairāk piemaisījumus un citus komponentus, tāpēc nākas izmantot augstākas temperatūras un ķīmisku vielu koncentrācijas. Sagaidāms, ka kaņepju šķiedru bez jebkādas priekšapstrādes balināšana varētu būt atšķirīga arī no delignificētas koksnes balināšanas, jo lignīns kaņepju šķiedrās ir savā dabiskajā uzbūvē un ķīmiski saistīts ar ogļhidrātiem – celulozi un hemicelulozēm. Kaņepju šķiedru balināšanas efektivitāte būs atkarīga no stiebru tilināšanas procesa apstākļiem, jo tilināšanas laikā tiek mērķtiecīgi degradētas saites starp celulozi un citiem kaņepes kātā esošiem komponentiem.

## 10.2. Balināšanas tehnoloģiju izvēle aprobācijas procesam

Analizējot zinātniskās literatūras avotos uzrādīto informāciju un salāgojot to ar industriālajām iespējām, “Zalers” definēja balināšanas tehnoloģiju izvēles kritērijus aprobācijas procesam:

- ❖ sasniegtā baltuma pakāpe
- ❖ mazs enerģijas patēriņš
- ❖ vienkāršs process
- ❖ neizmainītas šķiedru dimensijas un mehāniskās īpašības
- ❖ procesam nepieciešamo vielu pieejamība un cena
- ❖ balināšanas procesam nepieciešamais laiks
- ❖ iespēja veikt procesu bez sildīšanas
- ❖ iespēja veikt procesu atmosfēras spiedienā
- ❖ iespēja veikt procesu šķidrā fāzē (bez gāzu pievadīšanas)
- ❖ kaņepju šķiedru skalošanas nepieciešamība/atbrīvošanās no vielu pārpalikumiem

Aprobācijas procesam KĶI tika izmantotas šādas SIA “Zalers” projekta gaitā izstrādātās kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģijas ar amonija persulfātu, ūdeņraža peroksīdu sārmainā vidē un nātrija perhlorātu.

## 10.2. Eksperimentālā daļa

Eksperimentālā daļa laboratorijā veikta pamatojoties uz “Zalers” sniegtajiem balināšanas metodikas aprakstiem. Balināšanas tehnoloģiju aprobācijai laboratorijas mērogā saņemtas kaņepju šķiedras manuāli sagrieztas 0,5-1,0 cm izmēra gabalos ērtākai apstrādei. Vienam balināšanas eksperimentam izlietoti 5 g šķiedru (rēķinot uz absolūti sausu šķiedru masu, t.i. neņemot vērā šķiedru no gaisa absorbēto ūdens masu). Visiem balināšanas eksperimentiem lietota sausas vielas (g) : šķīduma (ml) attiecība 1:20. Visas lietotās vielas ar vismaz 99% tīrību, ražotājs Merck, piegādātājs SIA Labochema. Pēc eksperimenta veikšanas balināto šķiedru atlikums filtrēts uz celulozes filtra Bihnera piltuvē, tad ar destilētu ūdeni atmazgāts līdz neitrālai pH reakcijai un istabas temperatūrā izžāvēts sauss, noteikts svārs šķiedru masas zuduma aprēķinam, kas rēķināts pēc Formulas 1.

$$\text{Formula 1} \quad \text{Masas zudums, \%} = \frac{\text{sākuma svārs} - \text{svārs pēc balināšanas}}{\text{sākuma svārs}} * 100\%$$

Materiāla sasniegtā baltuma pakāpe noteikta saskaņā ar standartu ISO 2470-1:2016 Paper, board and pulps. Measurement of diffuse blue reflectance factor. Part 1: Indoor daylight conditions (ISO brightness) ar spektrofotometru Elrepho (Lorentzen&Wettr, Zviedrija). Mērījumam

nepieciešamās gludās virsmas iegūšanai šķiedru materiāls apsmidzināts ar destilētu ūdeni un presēts papīra žāvēšanas modulī 10 minūtes 90°C temperatūrā Rapid Köthen papīra veidošanas iekārtā (Frank-PTI, Austrija). Mērījumi veikti vismaz 3 atkārtojumos katram paraugam.

Lignīna saturs sākotnējam izejmateriālam un ar visām metodēm balinātajām šķiedrām noteikts ar Klāsona metodi Standards TAPPI T 222 om-21 Acid-insoluble lignin in wood and pulp.

### Balināšanas tehnoloģijas aprobācija, izmantojot ūdeņraža peroksīdu sārmainā vidē

Kaņepju šķiedru balināšana ar ūdeņraža peroksīdu veikta, kombinējot dažādas koncentrācijas šķīdumus un veicot divu posmu secīgu apstrādi, pirmajā posmā izmantojot augstākas koncentrācijas H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> un NaOH šķīdumus, bet otrajā posmā zemākas koncentrācijas šķīdumus. Visas izmantotās reagentu koncentrāciju variācijas uzskaitītas 10.1.tabulā un katrai metodei un posmam piešķirts numurs, kas saglabāts arī Rezultātu sadaļā. Šķiedras ievietotas NaOH šķīdumā un sildītas līdz 80°C temperatūrai. Pēc tam pievienots attiecīgs daudzums H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> šķīduma un šķiedras izturētas 90 minūtes reakcijas vidē, nepārtraukti tās maisot. Balstoties uz literatūras analīzes datiem, balināšana veikta 80°C temperatūrā 90 minūtes katrā posmā.

10.1. tabula

#### Balināšanas ar ūdeņraža peroksīdu variācijas

Metodes nr./posms	Sārma daudzums šķiedru, %	NaOH uz 1g	Ūdeņraža peroksīda daudzums uz 1g šķiedru, %	Reakcijas temperatūra, °C	Reakcijas laiks h
1 / 1	1,5		5	80	1,5
1 / 2	1		3	80	1,5
2 / 1	3		10	80	1,5
2 / 2	2		6	80	1,5

### Balināšanas tehnoloģijas aprobācija, izmantojot nātrija hipohlorītu

Kaņepju šķiedru balināšana ar nātrija hipohlorītu veikta ar 5% un 19% šķīdumu 23°C, 40°C un 80°C temperatūrās, reakciju turpinot 2 stundas. Balināšana 80°C veikta divos posmos, lai izvērtētu nepieciešamību pagarināt balināšanas laiku. 10.2.tabulā redzamas visas veiktās tehnoloģijas variācijas.

10.2. tabula

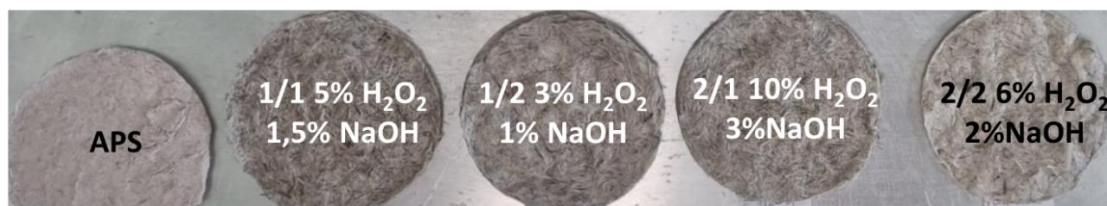
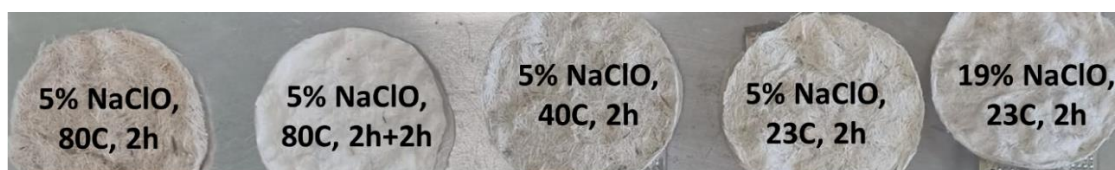
#### Balināšanas ar nātrija hipohlorītu variācijas

Nātrija hipohlorīta koncentrācija šķīdumā, %	Reakcijas temperatūra, °C	Reakcijas laiks, h
5	80	2 + 2
5	40	2
5	23	2
19	23	2

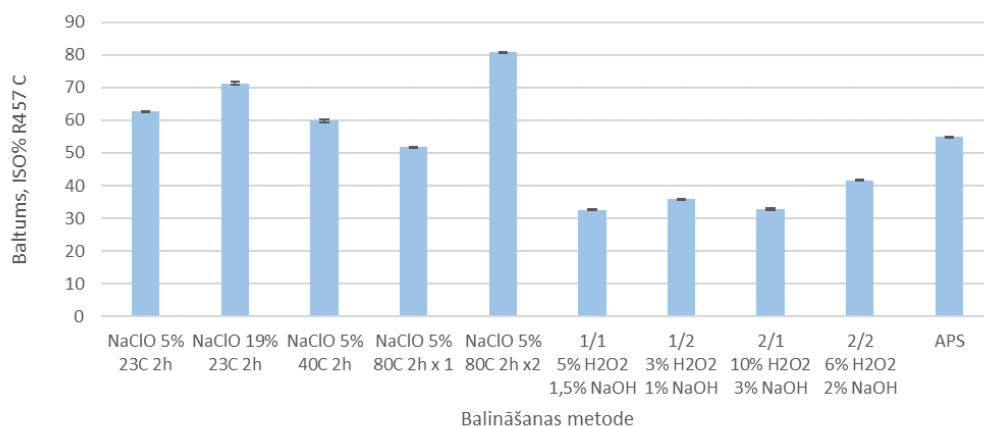
### Balināšanas tehnoloģijas aprobācija, izmantojot amonija persulfātu

Kaņepju šķiedru paraugu 250 ml apaļkolbā aplej ar 100 ml 1n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kurā izšķīdināti 10 g amonija persulfāta, vakuumā piesūcina. Maisot karsē pie 80°C zem atces dzesinātāja 4 stundas (pirmais posms), pēc tam caur stikla stabiņfiltru nosūc šķīdumu un atmazgā šķiedru masu ar destilētu ūdeni (4 reizes ar 50 ml), tad aplej ar 50 ml 2% NaOH, kurā izšķīdināts 0,09 g nātrija borhidrīda, maisot karsē pie 80°C zem atces dzesinātāja 40 minūtes (otrais posms). Atdzesētu līdz istabas temperatūrai, nofiltrē caur filtrpapīru Bihnera piltuvē, tad mazgā ar destilētu ūdeni, ar 0,5 % sālskābi un tad ar destilētu ūdeni līdz neitrālai pH reakcijai. NaBH<sub>4</sub>/(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> daudzuma attiecība 0,009.

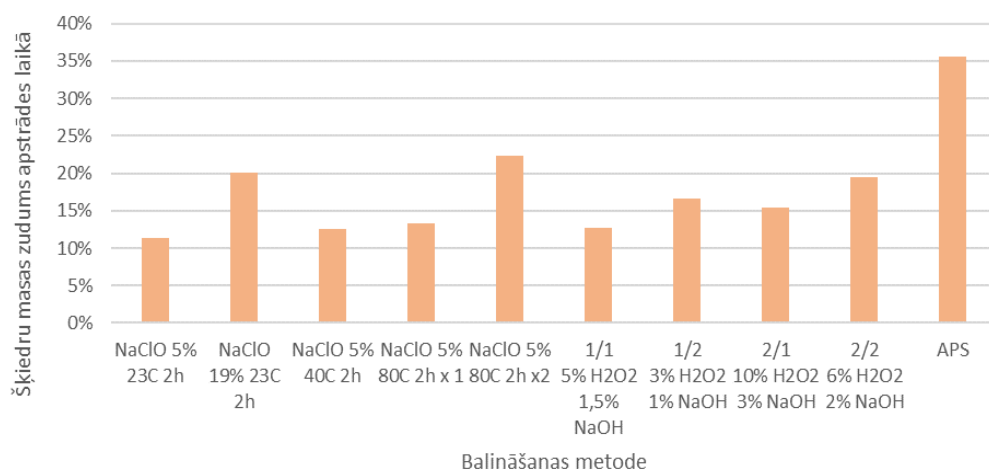
### 10.3.Rezultāti



10.1.attēls. Kaņepju šķiedru vizuālais izskats pēc balināšanas ar dažādām tehnoloģijām



10.2.attēls. Ar dažādām tehnoloģijām balinātu kaņepju šķiedru baltuma (ISO%, R457 C) atšķirības



10.3. attēls. Ar dažādām tehnoloģijām balinātu kaņepju šķiedru masas zudumi procesa laikā

Balināto šķiedru vizuālais izskats attēlots 10.1.attēlā, baltuma skaitliskie mērījumi redzami 10.2.attēlā, un šķiedru masas zudumu aprēķinu rezultāti izvērtējami 10.3.attēlā redzamajā grafikā.

Šķiedru baltuma pakāpe pirms balināšanas bija 30 ISO%. Amonija persulfāta balināšanas tehnoloģijas īstenošanas rezultātā novērotas būtiskas kaņepju šķiedru krāsas izmaiņas (54 ISO%), tomēr iegūtais tonis ir drīzāk pelēcīgs nevis balts. Notikusi arī būtiska celulozes šķiedru destrukcija, par ko liecina masas zudums 36%. Vizuāli novērojams, ka šķiedras sadalījušās mazākos fragmentos, ir trauslākas. Lai šo nevēlamo amonija persulfāta izraisīto oksidēšanas efektu novērstu, metodē tika īstenots otrs posms ar reducētāja  $\text{NaBH}_4$  pievienošanu, tomēr tas nebija pietiekams, lai novērstu celulozes destrukciju. Metodes īstenošanas nepieciešams arī būtisks enerģijas patēriņš, jo materiālu karsē  $80^\circ\text{C}$  4 stundas un pēc tam 40 minūtes.

Balināšana ar ūdeņraža peroksīdu tika veikta sārmainā vidē ( $\text{NaOH}$  klātbūtnē) 90 minūtes  $80^\circ\text{C}$  temperatūrā, variējot reģenta koncentrāciju no 3 līdz 10% no šķiedru masas. Izmēģinātas divas metodes ar atšķirīgām peroksīda un sārma koncentrācijām. Katra metode sastāvēja no diviem secīgiem šķiedru apstrādes posmiem, starp kuriem šķiedras skalotas ar destilētu ūdeni, lai aizvadītu izšķīdušās vielas. Lai arī balināšana tika veikta līdzīgi kā daļēji delignificēta koksne, kaņepju šķiedru balināšana nebija veiksmīga. Šķiedru krāsa palika praktiski nemainīga pat pie 10% peroksīda koncentrācijas. Baltuma rādītājs bija līdzīgs ar sākotnējām šķiedrām, kaut masas zudums ir 12% - 19%, atkarībā no tehnoloģiskā posma. Masas zudums var būt skaidrojams ar šķiedru smalkumu un fragmentu zaudēšanu filtrēšanas procesā, bet balināšanas neefektivitāte skaidrojama ar šķiedru tilināšanas procesa vai priekšapstrādes trūkumu, kā rezultātā lignīns nereaģē ar peroksīdu un netiek atdalīts no lignocelulozes kompleksa. Peroksīda balināšanas neveiksmīgais rezultāts var būt saistīts arī ar minerālvielu vai kādu citu elementu, piemēram, metālu klātbūtni kaņepju biomasā. Iespējams, rezultātu iespējams uzlabot, pievienojot peroksīdu stabilizējošas vielas (helātus), kas saistās ar lignocelulozē atrodamiem metāliem un uzlabo peroksīda reakcijas ar lignīnu. No enerģijas patēriņa viedokļa balināšana ar peroksīdu nav ekonomiska, jo nepieciešama karsēšana līdz  $80^\circ\text{C}$ . Lai arī balināšanu ar peroksīdu izmanto gan tekstilindustrijā kaņepju šķiedru balināšanā, gan ļoti plaši kā vienu no koksnes celulozes (Kraft vai sulfātcelulozes, arī mehānisko šķiedru masas) balinošiem aģentiem, neapstrādātu kaņepju šķiedru gadījumā tas nav ieteicams variants.

Izmēģinātas 5 dažādas variācijas kaņepju šķiedru balināšanai ar  $\text{NaClO}$ . Ar šīm metodēm balinātas šķiedras sasniedza augstākos baltuma rādītājus 50-80 %ISO. Redzams, ka šķiedru masas zudums atkarīgs no apstrādes skarbuma. Balinot  $80^\circ\text{C}$  četras stundas, sasniegts baltums 80 %ISO, tomēr arī masas zudums ir vairāk nekā 20%, kas ir lielāks nekā  $40^\circ\text{C}$  un  $23^\circ\text{C}$  (istabas temperatūrā) balinātām kaņepju šķiedrām. Veikta balināšana gan 5% šķīdumā, jo tas vairākos literatūras avotos minēts kā optimāls cita veida lignocelulozes biomasai, gan 19%, kas savukārt atbilst optimālajai aktīvā hlora koncentrācijai šķīdumā. Baltuma rezultāti rāda, ka pie vienādiem apstākļiem ( $23^\circ\text{C}$ , 2h) 19%  $\text{NaClO}$  ir efektīvāks balinātājs, tomēr šai tehnoloģijai novērots lielāks šķiedru masas zudums.

Salīdzinot vairākas balināšanas temperatūras, redzams, ka balināšana istabas temperatūrā ( $23^\circ\text{C}$ ) ir pietiekami efektīva un šķiedras ir gaišas, praktiski baltas. Rezultāti liecina, ka augstākā temperatūrā ( $40^\circ\text{C}$  vai  $80^\circ\text{C}$ ) iegūst šķiedras ar mazāku baltuma pakāpi, izņemot, ja balināšana  $80^\circ\text{C}$  temperatūrā veikta divos secīgos posmos ar kopīgo balināšanas laiku 4 stundas. Tomēr temperatūras vai koncentrācijas paaugstināšana palielina arī šķiedru masas zudumus, turklāt temperatūras paaugstināšana patērē būtiski vairāk enerģijas.

#### **10.4. Balināšanas tehnoloģiju aprobācijas izvērtējums un secinājumi**

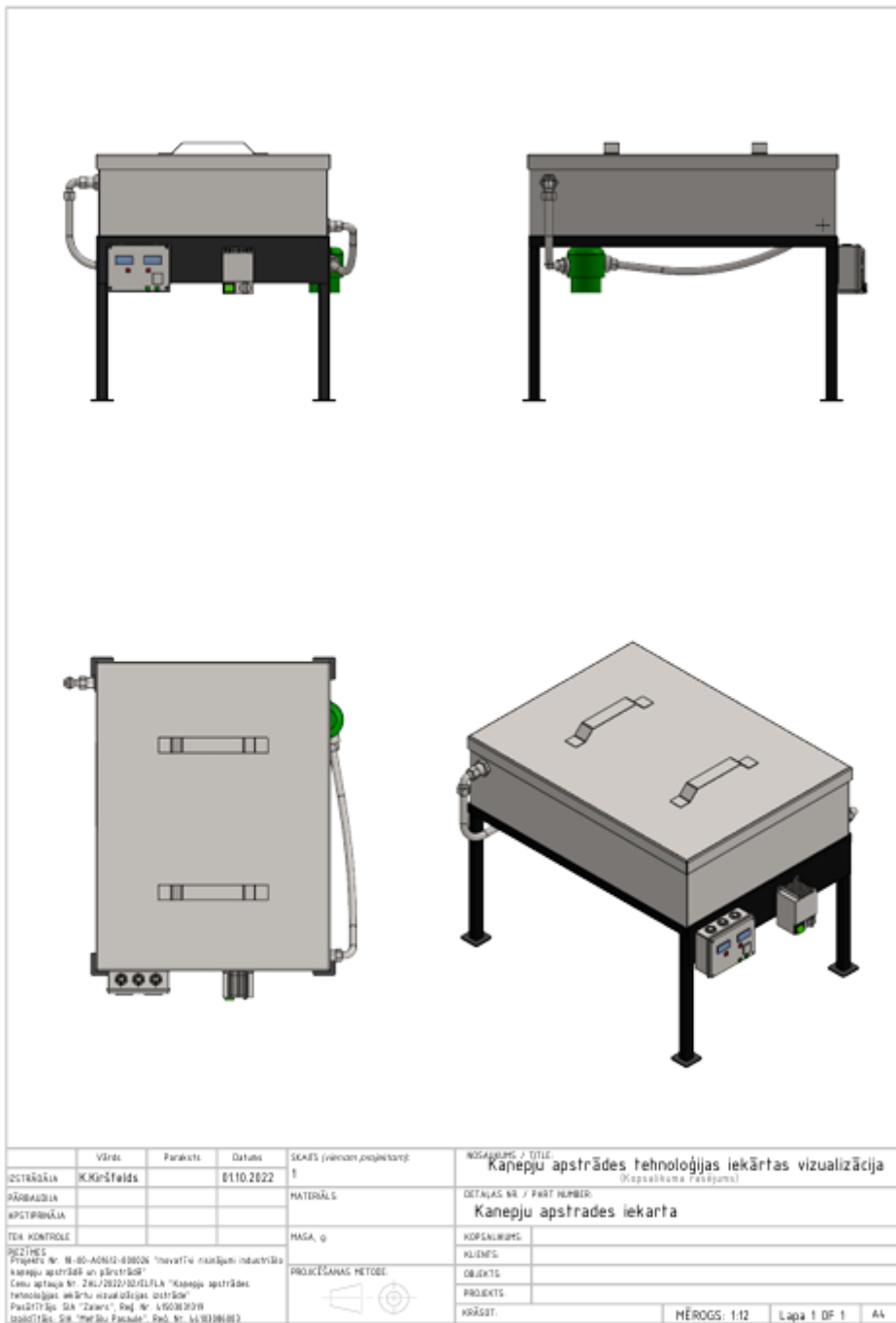
Kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģijas aprobācijas izvērtējums veikts "Zalers" vadībā. Kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģiju aprobācijas rezultāti apkopoti 10.3.tabulā. Atbilstība iepriekš izvirzītajiem tehnoloģijas novērtējuma kritērijiem apzīmēta ar krāsu. Atbilst – zaļa krāsa, daļēji atbilst – dzeltena krāsa, neatbilst – sarkana krāsa. Visvairāk kritērijos izvirzītajiem kritērijiem atbilst balināšanas tehnoloģija, kurā izmantots  $\text{NaClO}$ . Tehnoloģijas būtiskākā priekšrocība ir iespēja to īstenot bez karsēšanas, normālā istabas temperatūrā  $23^\circ\text{C}$ , iespējams, arī zemākā temperatūrā. Vēlamo baltuma pakāpi iespējams pielāgot, palielinot šķīduma koncentrāciju, bet jārēķinās, ka, pieaugot  $\text{NaClO}$  koncentrācijai, pieaug šķiedru masas zudumi.

**Aprobācijā izmantoto kaņepju šķiedru balināšanas tehnoloģiju izvērtējums attiecībā uz izvirzītajiem kritērijiem**

Kritērijs	NaClO balināšana	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> balināšana	APS balināšana
sasniegtā baltuma pakāpe	augsta	Zema	vidēja
enerģijas patēriņš	mazs (var balināt istabas temperatūrā)	Augsts	Ļoti augsts
Procesa vienkāršība	vienkāršs	Vidējs/sarežģīts	sarežģīts
Šķiedru izmaiņas	Istabas temperatūrā mazi šķiedru masas zudumi ~10%, atkarība no koncentrācijas	Mazi šķiedru masas zudumi	Būtiski šķiedru masas zudumi
procesam nepieciešamo vielu pieejamība un cena	Pieejama	Pieejama	Pieejama
balināšanas procesam nepieciešamais laiks	2h vai mazāks	2-4h	4h 40min
iespēja veikt procesu bez sildīšanas	Jā	Nē	nē
iespēja veikt procesu atmosfēras spiedienā	Jā	Jā	jā
iespēja veikt procesu šķidrā fāzē (bez gāzu pievadīšanas)	Jā	Jā	jā
kaņepju šķiedru skalošanas nepieciešamība/atbrīvošanās no vielu pārpalikumiem	jāskalo	Jāneitralizē	Jāskalo/jāneitralizē

### 10.5. Eksperimentālā daļa – pilotiekārtas mērogs

Piloteksperiments tika veikts “Zalers” speciāli izstrādātā balināšanas iekārtā (10.4. attēls).



#### 10.4. attēls. Kaņepju šķiedras balināšanas iekārtas vizualizācija

Gatavās iekārtas attēls redzams attēlā 10.5.





**10.5. attēls.** Izgatavotā kaņepju šķiedras balināšanas iekārta

Balināšana tika veikta ar Nātrija perhlorātu 23°C divas stundas, atbilstoši iepriekš izvēlētajai metodikai. Tā kā perhlorāts ir hlora saturošs reaģents, tad veicot balināšanu jāievēro piesardzība un jāizmanto aizsargtērpi. Izstrādātajā iekārtā iespējams veikt balināšanu arī ar peroksīdu, tomēr peroksīda efektivitāte bija ievērojami zemāka un nepieciešams nodrošināt 80°C, kas ir papildus enerģijas patēriņš. Lai paagstinātu peroksīda efektivitāti ir būtiski jāpalielina peroksīda koncentrācija, kas ievērojami paaugstina balināšanas procesa izmaksas. Tāpēc, neskatoties uz nātrija perhlorāta hlora saturu, tā tika izvēlēta kā piemērotākā metode tieši ekonomisko apsvērumu dēļ.

Balināšanas iekārta ar šķiedrām redzama attēlā 10.5.



**10.6. attēls.** Kaņepju šķiedru balināšanas iekārta

### **10.6. Secinājumi un rekomendācijas kaņepju balināšanai**

Atkarībā no kaņepju pielietošanas veida, gala lietotāja prasībām, ekoloģiskiem un ekonomiskiem nosacījumiem iespējams pielāgot un izvēlēties atbilstošu kaņepju šķiedru balināšanas metodi.

Var secināt, ka divas piemērotākās balināšanas metodes ir izmantojot nātrija perhlorātu (NaClO) vai peroksīdu sārmainā vidē (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Izmantojot nātrija perhlorātu iespējams iegūtu būtiski gaišāku šķiedru zemākā temperatūrā (23 grādi) un īsākā laikā.

Izmantojot nātrija perhlorātu jāievēro darba drošība, un jālieto personīgie aizsardzības līdzekļi. Jāņem vērā, ka tas ir hlora saturošs savienojums un atsavišķi gala lietotāji var lūgt neizmantot hlora saturošus balinātājus.

Peroksīda metodē tiek izmantotas nekaitīgāki savienojumi, taču daudz lielākas koncentrācijas, augstāka temperatūra (90 grādi) un ilgāks apstrādes laiks, kas arī būtiski ietekmē klimatu.

Lai izvērtētu piemērotāko metodi, kas rada mazāku kaitējumu dabai būtu jāveic dzīves cikla analīzes aprēķini.

Ekonomiski daudz mazākas izmaksas un augstākas kvalitātes šķiedras iespējams iegūt ar nātrija perhlorāta metodi.

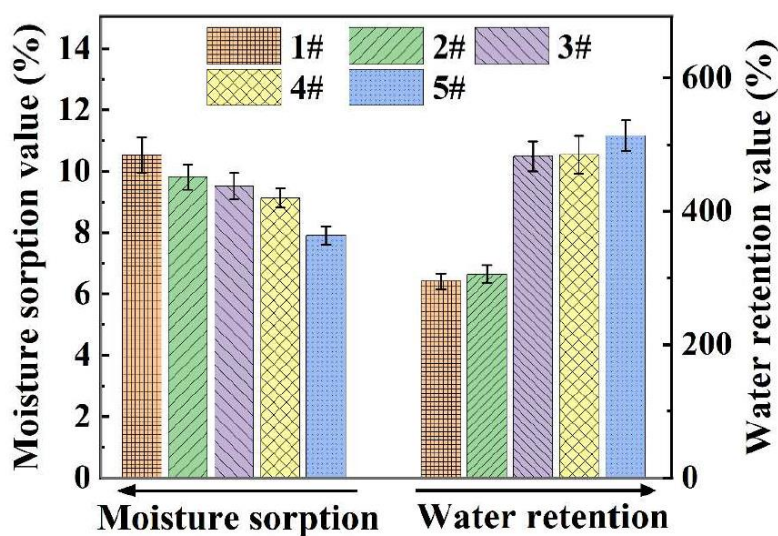
## 11. Kaņepju stiebru (šķiedru) sausināšanas tehnoloģija

### 11.1. Kaņepju un ūdens mijiedarbība - kaņepju stiebru aktuālās sausināšanas tehnoloģijas

Materiāla līdzsvara mitruma saturs ir mitruma saturs, ko materiāls sasniegs, ja tas ir pietiekami ilgu laiku pakļauts gaisa iedarbībai nemainīgā relatīvajā mitrumā un temperatūrā. No tā izriet, ka līdzsvara relatīvais mitrums ir apkārtējā gaisa relatīvais mitrums. Līdzsvara stāvokli var sasniegt vai nu mitruma zudums (desorbcija), vai pieaugums (adsorbcija). Līdzsvara mitruma satura un līdzsvara relatīvā mitruma diagramma, kas noteikta nemainīgā temperatūrā, raksturīgi veido formas līkni, ko sauc par adsorbcijas vai desorbcijas izotermu. Lielākajai daļai bioloģisko materiālu pastāv neliela histerēzes pakāpe starp adsorbcijas un desorbcijas līknēm un salīdzinoši neliela, bet tomēr svarīga temperatūras ietekme.

Lai noteiktu higroskopiska materiāla parauga raksturīgo žāvēšanas ātrumu, gaisa cirkulācijai jābūt būtiskai un ir jāizmanto pietiekami daudz žāvējoša gaisa, lai aizvadītu no materiāla izdalīto mitrumu un nodrošinātu siltuma pārnesei uz virsmu žūšanas nodrošināšanai. Ja šim procesam nepieciešamā minimālā gaisa plūsma tiek pārsniegta, žāvēšanas ātrums būs neatkarīgs no gaisa, un to var izmantot, lai raksturotu paša materiāla izturību pret mitruma zudumu. Šāda materiāla mitruma saturs samazinās, un galu galā tas tuvosies līdzsvara stāvoklim, kas savukārt būs atkarīgs no gaisa apstākļiem.

Kaņepēm raksturīga augsta ūdens adsorbcijas spēja un ātra žūšana [180]. Parasti ūdens aiztures vērtību ietekmē šķiedru sastāvs un garo šķiedru uzbriešanas spēja un fibrilācijas pakāpe, kā arī veiktā šķiedru apstrāde. 11.1.attēlā redzama kaņepju šķiedru ūdens sorbcijas spēja un ūdens aizture atkarībā no dažādiem apstrādes veidiem, kas veikti, lai atdalītu pektīnvielas, hemicelulozes, lignīnu un citas ne-celulozes vielas no kaņepju šķiedras.



**11.1.attēls.** Kaņepju šķiedras mitruma sorbcija un ūdens aizture ar dažādām apstrādēm: 1# neapstrādātas kaņepes, 2# kaņepes, kas apstrādātas ar buferšķīdumu, 3# kaņepes, kas apstrādātas ar sārmainās pektināzes šķīdumu, 4# kaņepes, kas apstrādātas ar sārmainās ksilanāzes šķīdumu, 5 # kaņepes, kas apstrādātas ar sārmaino pektināzi -ksilanāzes šķīdums.

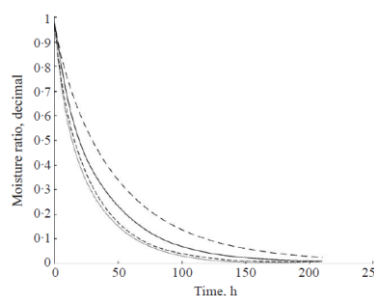
Ir izpētīts [180], ka kaņepju šķiedru uzbriešanas spēju var ietekmēt gan šķiedras struktūra, gan ķīmiskais saturs. Piemēram, lignīna saturs var ietekmēt šķiedras uzbriešanas spēju, jo lignīnam, kas apvijās ap celulozi, ir kompakta molekulārā struktūra, kas apgrūtina ūdens molekulu iekļūšanu. Šķiedru vaļīgumam (looseness) ir būtiska loma ūdens aiztures vērtībā. Savukārt neapstrādātai kaņepju šķiedrai (1#) ir visaugstākā mitruma adsorbcijas spēja, galvenokārt tāpēc, ka tajā ir liels daudzums ne-celulozes komponentu, īpaši pektīna un hemiceluložu, un pektīnam un hemicelulozēm ir daudz

hidrofilo funkcionālo grupu. Ja ne-celulozes komponentu, īpaši hemiceluložu, saturs šķiedrā tiek samazināts, samazinās arī ūdens/mitruma absorbcijas spēja.

Citā pētījumā atklāts, ka, pakāpeniski samazinot hemiceluložu vai lignīna saturu ar ķīmisku apstrādi, uzlabojas kaņepju šķiedru kapilārās īpašības, t.i., modificēto šķiedru kapilārā pacēluma augstums palielinās līdz 2,7 reizēm attiecībā pret nemodificētām šķiedrām. Turklāt hemicelulozes atdalīšana palielina kaņepju šķiedru mitruma sorbciju un samazina ūdens aiztures vērtības, savukārt lignīna atdalīšana samazina mitruma sorbciju un palielina kaņepju šķiedru ūdens aiztures spēju [181]. Konstatēts arī, ka lignīna atdalīšana noved pie ātrākas šķidrums izplatīšanās šķiedrās, ko veicina mazas, vienmērīgi sadalītas un savstarpēji saistītas poras.

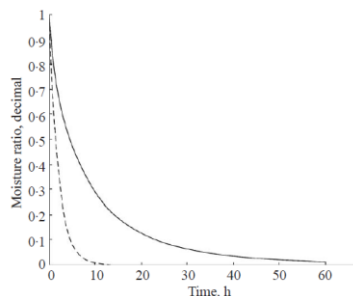
Šķiedru formas, uzbūves nevienmērīgums ietekmē šķidrums kustību tajās, t.i., plūsma kapilārā telpā var apstāties, kad dabīgi nelīdzenumi ļauj meniskam sasniegt malu un saplakt. Šķidrums sorbcija šķiedrās var izraisīt to uzbrišanu, samazināt kapilāru telpas šķiedrās un aizvērt mazākas poras, kā arī sarežģīt ūdens kinētiku.

Kaņepju šķiedru kapilārās īpašības var būt svarīgas, izvēloties galaproduktu pielietojumu. Laba šķiedru kapilaritāte var būt noderīga izstrādājumos, kuros nepieciešama laba uzsūkšanas spēja un/vai ātrums, kā arī ļauj šķiedrai absorbēt mitrumu, šķidrumus, smērvielas, apdari un kātu, ļaujot ātrāk balināt, krāsot, impregnēt utt [182].



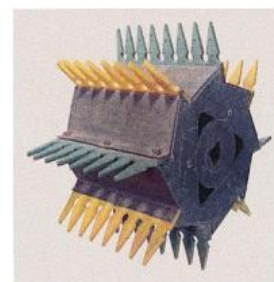
a

Kaņepju stiebru mitruma atdošanu raksturojošas līknes: nepārtraukta līnija – neapstrādāts stiebrs; gari raustīta līnija – manuāli atlapoti stiebri; īsi raustīta līnija – industriāli atlapoti stiebri, maigs režīms; punktota līnija – industriāli atlapoti stiebri, skarbs režīms



b

Kaņepju stiebru mitruma atdošanu raksturojošas līknes: nepārtraukta līnija – atlapoti, izžāvēti un atkārtoti samitrināti; raustītā līnija – atlapoti, tilināti, izžāvēti un atkārtoti samitrināti



c

Kaņepju stiebru atlapošanai (angļu val.- *stripping*) izmantotā iekārta.

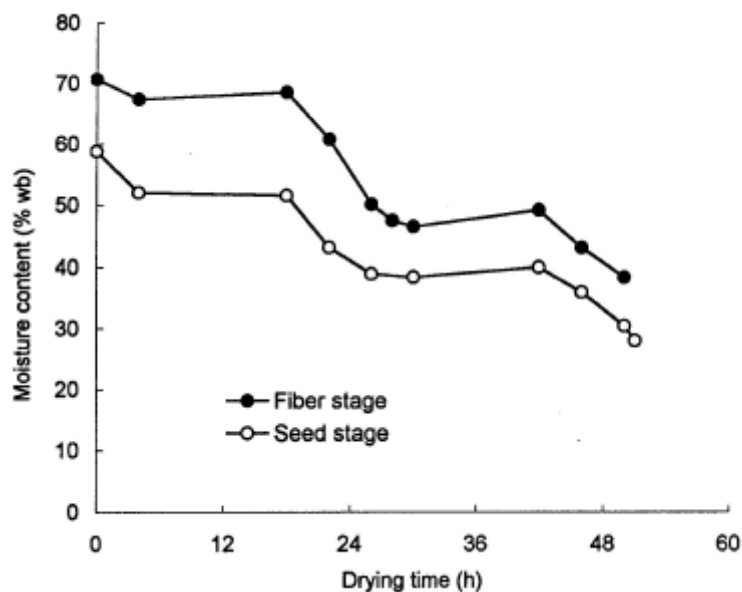
## 11.2.attēls. [183]

11.2.a un 11.2.b attēlos redzamas kaņepju stiebru žūšanu raksturojošas līknes. Tās iegūtas pētījumā [183], kurā kaņepju stiebri pēc novākšanas sagarumoti un žāvēti  $\sim 18^{\circ}\text{C}$ , kontrolējot to mitruma līmeni katru stundu. Redzams, ka stiebru žūšanu ietekmē to apstrādes veids. Daļa stiebru tika mehāniski atlapoti (autori angļu val. lieto terminu *stripping*) manuāli vai īpašā apstrādes iekārtā (11.2.c attēls), izmantojot maigākas vai skarbākas metodes. Redzams, ka stiebri, kuri ir mehāniski atlapoti un to ārējais slānis, iespējams, ir bojāts, žūst ātrāk.

Pēc nogriešanas kaņepju stiebri ir jāžāvē divos posmos un abi ir jāveic relatīvi ātri. Uzreiz pēc novākšanas stiebru mitrums ir 60–80%, atkarībā no novākšanas laika [184]. Pēc novākšanas stiebriem ir jānobriest un jāizžūst līdz mitruma saturam 20–25% pirms tilināšanas. Stiebru žūšanas process attēlots 11.2.attēlā. Klimatiskos apstākļos, kuros var novākt vairākas kaņepju ražas gadā, paātrinot žāvēšanu tūlīt pēc novākšanas, lai ļautu ātrāk uzsākt tilināšanu uz lauka, samazinās laiks, ko kultūra aizņem laukā, un tādējādi nākamo kultūru var iesēt ātrāk. Pēc dabīgās tilināšanas uz lauka kaņepju stiebri ir jāžāvē tālāk, lai pilnībā apturētu mikroorganismu darbību (sapūšanu, sapelēšanu), pretējā gadījumā tilināšana turpināsies un šķiedras būs ar sliktākām mehāniskām īpašībām. Ātrai žāvēšanai

dabiskos apstākļos ir nepieciešams intensīvs saules starojums, silts un sauss gaiss un vējš. Rudens periodā laikapstākļi bieži ir nelabvēlīgi tieši šim otrajam stiebru sausināšanas posmam, kas savukārt nelabvēlīgi ietekmē ievāktu kaņepju stiebru īpašību viendabīgumu. Lai no tā izvairītos, tilinātu vai netilinātu, kā arī individuāli uzglabātu vai ruļļos/vālos uzglabātu kaņepju stiebru sausināšanas un uzglabāšanas procesi ir svarīgi tālākai apstrādei un produktu kvalitātei [183].

Ja īsteno brīvi izvietotu stiebru žāvēšanu, t.i. katru stiebru žāvējot gaisa pārpalikumā tā, ka žāvēšanas ātrumu neietekmē gaisa mitruma piesātinājuma efekti, tad žūšanas procesu ietekmē tikai stiebra struktūra un veiktā vai neveiktā pirmā apstrāde. Ja kaņepju stiebrus tiek žāvēti vāla veidā, žūšanas ātrumu var ierobežot gaisa mitruma piesātinājums vālā, kas savukārt būs atkarīgs no gaisa un saules siltuma iekļūšanas tajā [185]. Brīvi izvietoti no lapām un ziedkopām attīrīti stiebrus, kuriem nodrošināta brīva gaisa cirkulācija, izžūst ievērojami ātrāk nekā neattīrīti stiebrus. Attīrīti un tilināti kaņepju stiebrus žūst ievērojami ātrāk nekā attīrīti, bet netilināti stiebrus, kas pierāda tilināšanas procesa nozīmību ne tikai dekortikācijā, bet arī žāvēšanas procesos. Izpētīts [186;187], ka kaņepju stiebru kondicionēšana un stiebru novietojuma maiņa no vāla apakšas uz augšu un otrādi būtiski uzlabo žūšanas procesu. Stiebru garumošana tiek piedāvāta kā viena no metodēm žūšanas veicināšanai, turklāt tas atvieglo arī vālošanas procesu uz lauka. Tas arī guva apstiprinājumu projekta īstenošanas laikā, kad Jumis Geo veica kaņepju novākšanu un kaņepju stiebru garumošanu ar specializētu kombainu (skatīt 7.nodaļu). Ir izpētīts, ka kaņepju stiebru mitruma saturam jābūt zem 16%, lai tos uzglabātu ruļļos, citādi ruļļu iekšpusē ir labvēlīgi apstākļi mikroorganismu attīstībai (pūšanai, rūgšanai un pelēšanai) un tas būtiski var ietekmēt tālāko produktu kvalitāti. Projekta īstenošanas laikā arī tika gūti praktiski pierādījumi, ka kaņepju stiebrus ruļļos praktiski sapelē, ja mitrums pārsniedz 15-16%.



**11.3.attēls.** Dažādās augšanas stadijās (šķiedras un sēklu stadijas) ievāktu kaņepju stiebru žūšanas procesa vizualizācija [184]

Daži autori apskata mehāniskās kondicionēšanas (angļu val. *mechanical conditioning*) procesu, lai sekmētu kaņepju stiebru mitruma atdošanas un uzņemšanas procesu, respektīvi – nodrošinātu ātrāku izžūšanu un samitrināšanos. Ar kondicionēšanu šajā aspektā saprot stiebru mehānisku apstrādi ar iekārtu plāvējs-kondicionieris, kas sastāv no diviem savstarpēji savienotiem gumijas ruļļiem, kuri mehāniski iedarbojas uz kaņepju kātiem ar spiedienu 0,3 līdz 6,6 N/mm<sup>4</sup>, saspiežot tos un padarot stiebru kūli blīvāku.

Apkopojot pieejamo literatūru par kaņepju stiebru un šķiedru sausināšanas tehnoloģijām, secināms, ka temats ir aktuāls, jo procesu ietekmē gan kaņepju audzēšanas, gan novākšanas, gan uzglabāšanas un papildu apstrādes faktori, turklāt korekta sausināšanas tehnoloģijas izvēle ļauj saglabāt labas šķiedru īpašības. Intensificēta sausināšana, piemēram, izmantojot kādas mehāniskas metodes, ir ieteicama, ja nepieciešams ātrāks un kontrolējams process un kvalitatīvākas šķiedras, piemēram, veicot kaņepju tūlītēju novākšanu, neveicot dabisko žāvēšanu un tilināšanu. Kā arī pie mākslīgās tilināšanas un balināšanas procesiem.

Projekta ietvaros kaņepju stiebru žāvēšanas (sausināšanas) tehnoloģiskie paņēmieni padziļināti tika pētīti reālos lauka apstākļos industriālo kaņepju šķirņu sējumos SIA “Jumis Geo” 2021.-2023. gadā (skatīt 7.nodaļu).

## 11.2. Kaņepju novākšana un sausināšana lauka apstākļos

2023.gada septembris novācot SIA “Jumis Geo” laukā kaņepju šķirni “Cannabis sativa L Bialobrzieskie” (11.4. attēls) adrese: “Jaunliči”, Klonešņiki, Mežvidu pagasts, Ludzas novads, LV-5737). Pēc novākšanas un sagarumošanas 30 un 50 cm (12.5. attēls) kaņepju vāls pēc kombaina tika izārdīts (apgriezti stiebri) un pēc noteikta laika savāloti (12.6. attēls) un sarulloti (12.7. attēls).

Pateicoties kaņepju novākšanai labvēlīgiem apstākļiem bija iespējams īstenot kaņepju dabīgu žāvēšanu uz lauka. Lauka eksperimentā bija iespējams gūt praktisku apstiprinājumu kaņepju salmiņu sagarumošanas nozīmībai pie kaņepju dabīgas sausināšanas. Sagarumojot kaņepju stiebrus, tie tiek salauzīti un tādejādi ātrāk notiek kaņepju sausināšana. Tas ir īstenojams pie nosacījuma, ka ir sausināšanai (žūšanai) piemēroti apstākļi – silts un sauss laiks (bez nokrišņiem), vēlams ar nelielu vēju.



11.4. attēls. Kaņepju zaļās masas stiebru sagarumošana.

11.5. attēlā redzami kaņepju stiebru izmēri tūlīt pēc sagarumošanas. Stiebru sākotnējais mitrums – 50-60%. 11.6. attēlā redzams kaņepju stiebru vāls pēc dabīgas sausināšanas (izžušanas). 11.8. attēlā redzams kaņepju stiebru mitrums pēc dabīgas sausināšanas uz lauka – 15,5%.



**11.5. attēls.** Kaņepju stiebru izmēri pēc sagarumošanas.



**11.6. attēls.** Dabīgi sausinātu (žāvētu) kaņepju vāls



**11.7. attēls.** Dabīgi sausinātu kaņepju stiebru rullis pēc novākšanas.



**11.8. attēls.** Kaņepju stiebru mitrums pēc dabīgas sausināšanas un novākšanas

Iegūtie lauka rezultātos tika iegūts pamatojošs apstiprinājums, ka kaņepju sausināšana ir īstenojama uz lauka pie atbilstošiem laika apstākļiem – sauss un silts laiks bez nokrišņiem. Kā arī apstiprinājās kaņepju stiebru garumošanas nozīmība. Sausos laika apstākļos notika nepilnīga tilināšana, ko pierādīja vēlāk veiktie 2023.gada kaņepju stiebru dekortikācija industriālajās iekārtās. Kvalitatīvas šķiedras iegūšanai vienlīdz būtiska ir gan žāvēšana, gan tilināšana.



Tomēr ne vienmēr Latvijas apstākļos ir iespējams nodrošināt atbilstošus laika apstākļus, lai notiktu dabīga žūšana uz lauka, tāpēc būtisks faktors ir savlaicīga industriālo kaņepju plaušana un novākšana (sākot ar augustu, kad kaņepju biomasa ir sasniegusi maksimumu un tās pieaugums ir apstājies). Kā viena no alternatīvām mākslīgās žāvēšanas (sausināšanas) metodēm tika izmēģināta sausināšanas tehnoloģija ar gaisa sausinātāju (industriāli tiek lietota būvniecības procesā). Mākslīgā žāvēšana (sausināšana) veicama pēc mākslīgā tilināšanas un/vai balināšanas telpās, kas aprīkotas ar piemērotām žāvēšanas iekārtām.

### 11.3. Metodika

#### Ūdens aiztures vērtība (WRV)

Ūdens aiztures vērtība (WRV) ir empīriskā šķiedru parauga spēja aizturēt ūdeni, kas ir svarīgs lignocelulozes - ūdens mijiedarbības rādītājs. Kaņepju šķiedru WRV noteica saskaņā ar standartu SCAN-C 62:00 metodoloģiju. Vispirms kaņepju šķiedru paraugus iegremdē ūdenī uz 24 stundām, pēc tam ievieto sausās stikla mēģenēs un centrifugē ar ātrumu 4500 apgr./min 15 minūtes, lai centrālās spēka ietekmē atdalītu lieko ūdeni. Pēc tam mēģenes nakti žāvē krāsnī 105° C temperatūrā, nosakot masu pirms ( $m_1$ ) un pēc ( $m_2$ ) žāvēšanas. Pēc mēģenes masas atšķirības WRV aprēķina procentos saskaņā vienādojumu:  $WRV = ((m_1/m_2) - 1) \times 100\%$ .

#### Kaņepju šķiedru ūdens absorbcijas spēja, ilgstoši izturot ūdeni.

Sākotnēji izlases veidā atlasa 1kg projektā izaudzēto BIALOBREZESKIE kaņepju šķirnes šķiedras, nosaka sākuma mitruma saturu un ievieto konteinerā ar ūdeni tā, lai tās pilnībā iegremdētas ūdenī, pa virsu uzliekot slogu, lai novērstu šķiedru uzpeldēšanu. Tad ik pēc 24h mēra šķiedru relatīvo mitruma saturu, ņemot (izgriežot) 2,5-3,0 cm garus šķiedru paraugus no 6 dažādām vietām konteinerā: divas augšpusē, divas apakšpusē un divas vidū. Šķiedras virspusēji nosusina ar papīra dvieli un mēra to relatīvo mitrumu ar svēršanas - žāvēšanas metodi, izmantojot iekārtu KERN MLB 50-3. Relatīvo mitrumu aprēķina procentos pēc saskaņā ar standartu LVS CEN/TS 14774-2, 2010.

Kad sasniegts maksimālais kaņepju šķiedru ūdens piesātinājums, kaņepju šķiedras ievieto noslēgtā telpā, kurā tika ievieto gaisa sausinātāju WDD90 Woods (Zviedrija) ar izmēriem 0,537 m x 0,358 m x 0,213 m un elektroenerģijas patēriņu 0,33-0,65 kW stundā. Šķiedru relatīvo mitrumu nosaka reizi 24 stundās saskaņā ar iepriekšminēto metodiku.

### 11.3. Rezultāti

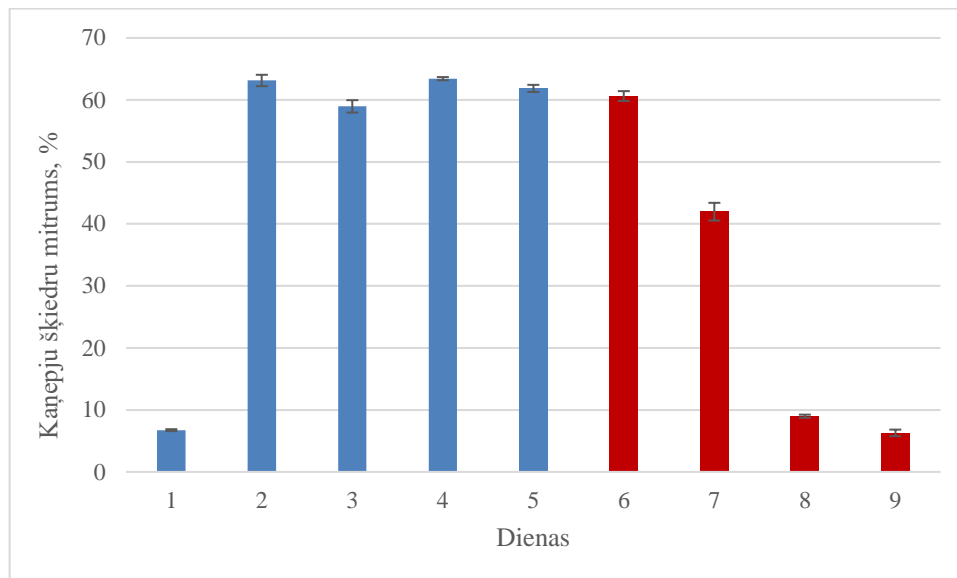
Kaņepju šķiedru ūdens aiztures vērtība ir 75,8±2,1 %, kas liecina par to spēju labi saistīt ūdeni. Šķiedru, kuras sastāv galvenokārt no celulozes, šķiedru aiztures vērtību nosaka tās virsmolekulārā struktūra un tukšumi (piemēram, lumeni), kas ir galvenais ūdens absorbcijas noteicējs celulozes šķiedrās.

Aplūkojot iegūtos rezultātus 11.9. attēlā (piesūcināšana 1.-6. diena) varam secināt, ka iegūtie rezultāti atbilst literatūras apskatā gūtajām atziņām, ka kaņepju šķiedras mitrumu uzņem strauji un (6.-9. diena) arī strauji atdod. Ievietojot kaņepes ūdens rezervuārā, maksimālais ūdens absorbcijas daudzums tiek sasniegts vienas diennakts laikā no iemēršanas brīža, sasniedzot relatīvo mitruma maksimumu 64,3%, no sākotnējā līdzsvara mitruma 6,7%. Kā redzams 11.9. attēlā (2.-6. diena), visās dienās kaņepju šķiedrās mitruma līmenis saglabājas līdzīgs, līdz ar to konstatēts, ka sasniegts šķiedru piesātinājums. Kaut arī materiāls ir nehomogēns un gaisīgs, ir novērojama maza kļūdu izkliede, kas liecina par šķiedru vienmērīgu uzsūktspēju.

Šķiedras ar sākotnējo masu 1 kg un relatīvo mitrumu 6,7%, piesūcinātas ar ūdeni sasniedz relatīvo mitrumu 64,3%. 1 kg šķiedru spēja absorbēt 1,858 kg ūdens ar kopējo masu pēc eksperimenta 2,858 kg. Pētītās kaņepju šķiedras sasniedza uzsūktspēju 186%, rēķinot pret to sākotnējo svaru.

Kad pētījumā tika sasniegts maksimālais kaņepju šķiedru ūdens piesātinājums, kaņepju šķiedras tika ievietotas noslēgtā telpā, kurā tika ievietots gaisa sausinātājs. Pielietojot vienkāršu gaisa sausinātāju, vienas diennakts laikā iespējams samazināt šķiedru relatīvo mitrumu par vismaz 20%,

respektīvi no 60 līdz 40%, bet divu diennakšu laikā iespējams samazināt mitrumu no 60% līdz 10%, savukārt trīs diennakšu laikā no 60% līdz 6%.



**11.9.attēls.** Kaņepju šķiedru ūdens absorbcijas spēja un ūdens atdošanas spēja, pielietojot sausinātāju (WDD90 Woods, Zviedrija). Šķiedru ūdens absorbcija (1-5). Šķiedru ūdens atdošana, lietojot sausinātāju (6-9).

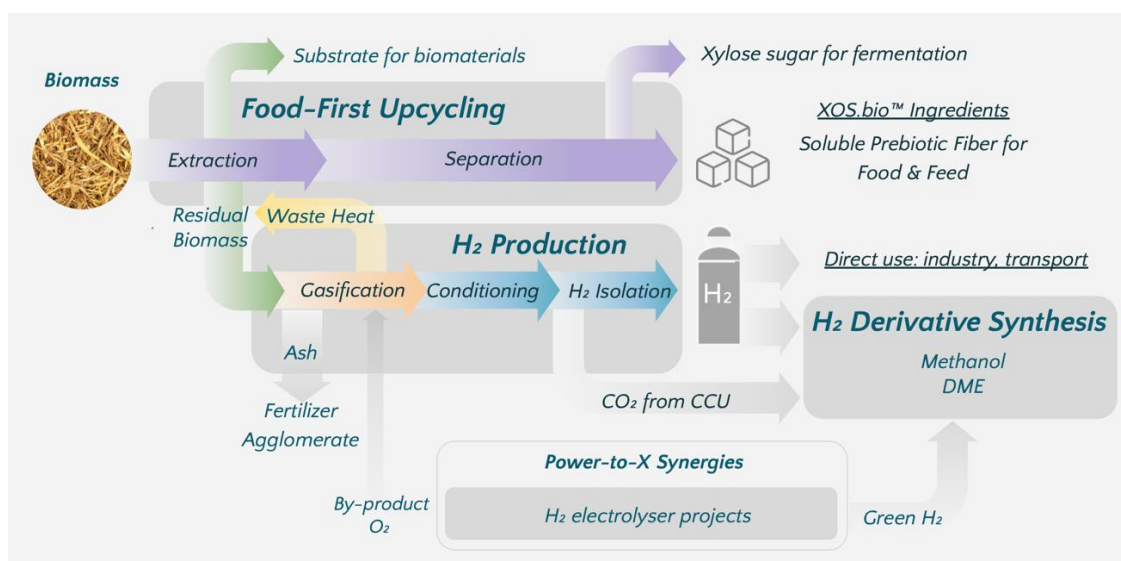
#### 11.4. Secinājumi un rekomendācijas

1. Kaņepju šķiedru žūšanas procesu ietekmē gan kaņepju audzēšanas, gan novākšanas, gan uzglabāšanas un papildu apstrādes faktori. Atbilstošas žāvēšanas (sausināšanas) tehnoloģijas izvēle ļauj nodrošināt labas kaņepju šķiedru īpašības.
2. Kvalitatīvas šķiedras iegūšanai vienlīdz būtiska ir gan žāvēšana, gan tilināšana. Žāvējot stiebrus uz lauka sausos un karstos laika apstākļos, notiek efektīva žāvēšana, bet nepilnīga tilināšana, kas apgrūtina tālāko dekortikācijas procesu un iegūtās šķiedras kvalitāti.
3. Latvijas mainīgajos klimatiskajos apstākļos apgrūtināsi nodrošināt dabīgo žūšanu uz lauka, tāpēc būtisks faktors augstas kvalitātes šķiedras un spaļu iegūšanai ir savlaicīga industriālo kaņepju pļaušana un novākšana (sākot ar augustu, kad kaņepju biomasa ir sasniegusi maksimumu un tās pieaugums ir apstājies).
4. Intensificēta mākslīgā žāvēšana (sausināšana) ir izmantojama, ja nepieciešams ātrāks, kontrolējams process un kvalitatīvākas šķiedras, piem. 1) novācot kaņepju zaļo masu uzreiz no lauka, neveicot žāvēšanu un tilināšanu uz lauka; 2) pēc mākslīgās tilināšanas un/vai balināšanas.
5. Kaņepju šķiedras maksimālo ūdens piesātinājumu sasniedz 1 diennakts laikā.
6. Ilgstoši izturot kaņepju šķiedras ūdeni, maksimālais šķiedru ūdens piesātinājums sasniedz 64% relatīvā mitruma.
7. Šķiedru ūdens uzsūktspēja sasniedz 186 % pret sākotnējo masu.
8. Mākslīgajā žāvēšanā (sausināšanā) šķiedru relatīvo mitrumu divās diennaktīs iespējams samazināt no maksimuma 64% līdz 9%.

## 12. Kaņepju biorafinēšanas “Food First Upscaling” (Vispirms pārtikai pieeja)

### 12.1. Integrēta biorafinēšanas platforma lignocelulozes valorizācijai

Projekta ietvaros *Biorefic*, SIA attīstīja “*Food-First Upcycling*” (tulk., “*vispirms pārtikai pārstrāde*”) pieeju (sk. 12.1. attēls) kā papildinājumu biorafinēšanas tehnoloģiskajai platformai, kas ir saskaņā ar Eiropas Zaļā kursa “*Farm-to-Fork*” stratēģiju un paredz maksimāli izmantot biomasas potenciālu un radīt vērtīgus produktus, vienlaikus samazinot emisijas un atkritumu daudzumu. Projekta ietvaros tika izmantotas kaņepju sēklu čauliņas, kas klasificējas kā lauksaimniecības atlikumviela un atbilst Atjaunīgās enerģijas direktīvas devītajam pielikumam, kas ļauj definēt saražotos enerģētiskos produktus kā modernās biodegvielas (angliski – advanced biofuels), kam tirgus piešķir būtisku “*zaļo prēmiju*”. Šāda veida “*Food-First Upcycling*” pieeja ļauj papildus pievienot vērtību esošajām biorafinēšanas platformām. Kā piemērs, zemāk (12.1. attēls) aprakstīta biorafinēšanas platforma, ko attīsta *Biorefic*, SIA.



**12.1. attēls.** Biorefic integrēta biorafinēšanas platforma ar “*food-first upcycling*”, kas koncentrējas uz biomasas pārvēršanu augstvērtīgos pārtikas produktos un sastāvdaļās pirms turpmākas pārstrādes enerģētiskos produktos.

Pirmais solis šajā platformā ir lignocelulozes biomasas (iespējamie biomasas avoti: salmi, sēnalas, čauliņas, spaļi) pārstrāde, izmantojot “*Food-First Upcycling*” pieeju. Šī pieeja koncentrējas uz vērtīgu biomasas komponentu – hemicelulozes un tās atvasinājumu ekstrahēšanu. Šī posma rezultātā iegūtie vērtīgie komponenti tiek tālāk atdalīti un pārstrādāti, radot dažādus augstvērtīgus produktus, primāri – ksilo-oligosaharīdus (angliski – *xylo-oligosaccharides*, saīsinājums – *XOS*) un ksilozi (angliski – *xylose*). *XOS* piemīt spēcīgas prebiotiskās īpašības, kas ir izmantojamas gan pārtikas, gan lopbarības sektoros, un kas veicina zarnu mikrobiomas veselību, uzlabojot gan cilvēku, gan dzīvnieku uztura kvalitāti. Savukārt ksilozi var izmantot kā oglekļa avotu biotehnoloģiskajiem un mikrobioloģiskajiem procesiem, lai ražotu, piemēram, ilgtspējīgas olbaltumvielas, taukskābes u.c. produktus ar augstu pievienoto vērtību.

Pēc hemicelulozes un tās atvasinājumu nodalīšanas, atlikušo biomasu iespējams izmantot ūdeņraža ražošanai. Gazifikācijas procesā biomasu tiek pārveidota par sintēzes gāzi jeb singāzi, kuras galvenās sastāvdaļas ir ūdeņradis, oglekļa monoksīds, oglekļa dioksīds un metāns. Pēc gazifikācijas sintēzes gāze tiek attīrīta un atdesēta, lai nodrošinātu nepieciešamo kvalitāti ūdeņraža izolēšanai. Izolētais ūdeņradis var tikt izmantots gan rūpniecībā, gan transporta sektorā, kā arī tas ir būtisks izejmateriāls tālākajai enerģētisko produktu jeb moderno biodegvielu, kā piemēram metanola vai DME (dimetilētera) ražošanai. Gazifikācija ir tehnoloģiski sarežģīts process, kas prasa precīzu procesu kontroli un pārdomātu tehnoloģisko risinājumu. Singāzes attīrīšana un ūdeņraža izolēšana

tiek veikta, izmantojot modernas membrānu tehnoloģijas un katalītiskos procesus, lai nodrošinātu augstu ūdeņraža tīrības pakāpi. Saražotais ūdeņradis ir stratēģiski svarīgs resurss, kas var tikt izmantots kā tīrā degviela, samazinot fosilā kurināmā atkarību un veicinot ūdeņraža ekonomikas attīstību t.sk. lauksaimniecības sektorā, kā piemēram, New Holland un Fendt ūdeņraža šūnu traktori. Gazifikācijas procesā rodas pelni, kas var tikt izmantoti kā mēslojums un augsnes uzlabotājs. Pelnu izmantošana kā mēslojums ļauj atgriezt biomasā esošās barības vielas augsnē, uzlabojot tās auglību un struktūru, kā arī piesaistot oglekli. Platforma sevī ietver arī Power-to-X (PtX) sinerģijas, kur zaļais ūdeņradis un skābeklis no elektrolīzes projektiem var tikt integrēts vienotā sistēmā, veicinot ūdeņraža ekonomikas attīstību un paaugstinot kopējo platformas efektivitāti.

Kā minēts augstāk, saražotais ūdeņradis var tikt izmantots dažādu enerģētisko produktu sintēzei, piemēram, metanola un DME ražošanai. Šie ķīmiskie savienojumi ir nozīmīgi rūpniecībā un transportā, kalpojot kā tīri degvielas avoti, kas samazina oglekļa emisijas. Metanola un DME sintēzei nepieciešamais oglekļa dioksīds tiek iegūts no singāzes līdzīgi kā tiek izolēts ūdeņradis, tādējādi veicinot oglekļa cikla apriti un samazinot kopējās emisijas. Šī integrētā platforma kopā ar *Food-First Upcycling* pieeju ļauj maksimāli izmantot biomasas potenciālu un radīt augstvērtīgus produktus ar minimālu atkritumu daudzumu.

## 12.2. Prebiotiku potenciāls lauksaimniecībā

Pasaulē pieaugot patērētāju pieprasījumam pēc proteīna nodrošinājuma pārtikā, līdz ar to palielinās arī saražotās gaļas un olu apjoms. Konkurētspējīgas, ekonomiski izdevīgas un videi draudzīgas olu un gaļas ražošanas nodrošināšanai un attīstībai ir būtiski ieviest jaunus risinājumus lopkopības uztura pārvaldībā, izstrādes tehnoloģijās un pārtikas nekaitīgumā, kā arī vides piesārņošanas mazināšanā. Lai nodrošinātu ekonomisko efektivitāti, jāizstrādā barības piedevu tehnoloģijas, kas ne tikai uzlabos zarnu veselību un ierobežos slimības, bet arī labvēlīgi ietekmēs kopējo dzīvnieku veiktspēju. Patreiz ir pieejams plašs barības piedevu klāsts, ko iespējams lietot lopkopībā, tostarp fitobiotikas, organiskās skābes, probiotikas, prebiotikas, bakteriofāgi un bakteriocīni utt.

Pēdējā desmitgadē ir strauji palielinājies pieprasījums tieši pēc prebiotikām, kas uzlabo gremošanas trakta veselību un veicina barības vielu izmantošanu. Probiotiskās baktērijas ir mikroorganismi, kas uzlabo zarnu trakta darbību, imunitāti un veselību kopumā, palīdz organismam cīnīties ar vīrusiem, kā arī veicina vitamīnu un minerālvielu uzsūkšanos. Savukārt prebiotikas jeb balastvielas kalpo kā pārtika “labajai” zarnu mikroflorai un veicina probiotiku darbību. Ja probiotiku vai prebiotiku organismā nav pietiekamā daudzumā, var rasties līdzsvara izmaiņas starp “labajām” un “sliktajām” baktērijām, jeb disbakterioze, kas var izraisīt barības vielu uzsūkšanas, vitamīnu sintēzes un imūnās sistēmas traucējumus.

Ksilo-oligosaharīdi (XOS) ir prebiotikas veids, kas ir oligosaharīdu maisījums, ko veido ksilozes ķēdes posmi, kas saistīti ar  $\beta$ -(1–4)-saitēm. To veidošanā iesaistīto ksilozes posmu skaits var svārstīties no 2 līdz 10. XOS tehnoloģiskās īpašības ir augsta stabilitāte skābā vidē, tie ir karstumizturīgi, spēj sniegt nozīmīgus bioloģiskos efektus pie mazām dienas devām, ar zemu kaloriju saturu un nav toksiski. XOS var uzlabot kalcija un magnija vielmaiņu. To galvenie darbības virzieni ir vides reakcijas pH samazināšana zarnu traktā un minerālvielu šķīdības palielināšana, kā arī zarnu absorbcijas virsmas palielināšana, veicinot zarnu epitēlija šūnu proliferāciju. *In vitro* eksperimentālos pētījumos konstatēts, ka XOS kā oglekļa un enerģijas avots var veicināt labvēlīgu baktēriju, piemēram, *Bifidobacterium adolescentis*, *B. longum*, *Lactobacillus brevis* un *L. fermentum*, augšanu [188]. XOS pievienošana barībai samazināja cāļu mirstību [189]). Pourabedin et al. [190] ziņoja, ka XOS pievienošana broileru cāļu diētā 2 g/kg palielināja *Lactobacillus* ģints īpatsvaru aklajā zarnā, kā arī palielināja acetāta un propionāta koncentrāciju aklajā zarnā, kā rezultātā cāļiem tika novērota labāka barības konversija un augstāki dzīvmasas pieaugumi. XOS iekļaušana dējējvistu barībā palielināja zarnu bārkstiņu augstumu, tika konstatēta labvēlīga ietekme uz *Escherichia Coli* un *Bifidobacterium* līmeni un sviestskābes koncentrāciju. Turklāt XOS izēdināšana uzlaboja imunitāti,

palielinot dējējvistu asins plazmas *IgA*, *IgM*, *IL-2* un *TNF- $\alpha$*  rādītājus [191] XOS iekļaušana dējējvistām barības sastāvā uzlaboja barības konversijas rādītājus, barības vielu sagremojamību, uzlaboja labvēlīgās mikrofloras sastāvu gremošanas traktā, palielinājās *Lactobacillus* baktēriju skaits un samazinājās *Bacteroides* baktēriju skaits [192]. No pētījumiem var secināt, ka XOS ir izmantojami kā mājputnu barības sastāvdaļa ar augstu pievienoto vērtību. To apliecina arī XOS iekļaušana (kopā ar ksilanāzes enzīmu) komerciāli pieejamā produktā “Signis” (ražotājs: AB Vista, pieejams: <https://www.abvista.com/products/signis>), kura ietekme ir apskatīta arī zinātniskajā literatūrā [193].

### 12.3. Konkurētspējīgi prebiotiskie produkti izmantojot tvaika sprādziena metodi

Pasaulē eksistē vairākas metodes, kā tiek iegūti ksilo-oligosaharīdi. Dominējošais veids ir ar biotehnoloģiju palīdzību, tas ir, ar skābes katalizētu priekšapstrādi no augu biomasas (parasti kukurūzas vāļīšu serdeņiem vai cukurniedru izspaidām) iegūstot ksilānu un ar enzīmu palīdzību no šī ksilāna iegūstot ksilooligosaharīdus. Šāda pieeja tiek izmantota Shandong (Ķīna) ražošanas procesā no kukurūzas vāļīšu serdeņiem. Šis produkts ir iekļauts “AB Vista” (Apvienotā Karaliste) ražotajā produktā “Signis”. Līdzīga ražošanas pieeja tiek izmantota arī Carbiotix (Zviedrija) procesā, bet kā izejmateriāls tiek izmantots kukurūzas klijas. Šī uzņēmuma produkti netiek izmantoti barībā, bet fokusējas uz ārstniecisko pārtiku. Ar enzīmiem ražotie produkti ir ar augstām izmaksām, jo gan ksilāna iegūšana, gan enzīmu ražošanas, gan biotehnoloģiskie procesi ir ar augstām izmaksām, kā rezultātā arī galaprodukts ir samērā dārgs un nesniedz pietiekamu atdevi pret produkta izmaksām. Tādēļ šī projekta ietvaros prebiotiskās dzīvnieku barības sastāvdaļas iegūšanai tika izmantots termoķīmiskais process – tvaika sprādziens (angliski – steam explosion, jeb STEX) bez enzīmu izmantošanas, kas ļauj samazināt ražošanas cenu un palielināt ražošanas apjomus. Analogisku projektā pielietotajam termoķīmiskajam procesam, uzņēmumā “Prebiotix” (ASV) agrāk ražoja ksilo-oligosaharīdus no cukurniedru izspaidām. Tomēr produkts bija orientēts uz uztura bagātinātāju un medicīniskās pārtikas tirgu un nebija pieejams Eiropā. Ar līdzīgu procesu šobrīd uzņēmums “Comet” (Dānija/ASV) no kviešu salmiem iegūst arabinoksilānus, kas ir līdzīgs, bet funkcionāli ievērojami atšķirīgs produkts no ksilo-oligosaharīdiem.

Šobrīd pasaulē nav pielāgotu ražošanas procesu, lai varētu izmaksu ziņā efektīvi un mērogojami ražot uz ksilo-oligosaharīdu bāzes izveidotu prebiotisku dzīvnieku barības sastāvdaļu. Eksistē arī citi oligosaharīdu prebiotiku veidi, kas tiek izmantoti barības sastāvā, bet neviens no tiem neizmanto kā izejvielu ražošanai vietējos graudkopības blakusproduktus. Frukto-oligosaharīdi un inulīns tiek ražoti primāri no cigoriņa saknēm, mannān-oligosaharīdi tiek ražoti no alus rauga, bet galaktooligosaharīdi tiek ražoti no laktozes. Kaņepju čauliņas un citas lauksaimniecības atlikumvielas, kā piemēram auzu sēnālas un saulespuķu sēklu čauliņas ir ļoti perspektīvi izejmateriāli ar ievērojami zemākām izmaksām, salīdzinot ar citiem izejmateriāliem, kas šobrīd tiek izmantoti prebiotisko produktu ražošanā.

Ir vairāki faktori, kas ietekmē ekonomiskos apsvērumus prebiotiku iekļaušanai uzturdevās:

- prebiotiku pievienošana barībā var palīdzēt samazināt zarnu trakta problēmas un uzlabot dzīvnieku veselību kopumā. Labvēlīgo baktēriju veicināšana zarnu traktā ar prebiotikām var samazināt slimību risku, kas varētu ietekmēt dzīvnieku produktivitāti un izmaksas saistībā ar ārstēšanu. Veselīgs dzīvnieks nozīmē mazākas veterinārās izmaksas un produktīvāks dzīvnieks.

- prebiotikas var palīdzēt uzlabot barības (sagremošanas) efektivitāti, nodrošinot, ka dzīvnieki labāk uzsūc barības vielas no barības. Tas var novest pie labākas barības izmantošanas un labāka dzīvnieku svara pieauguma, kas paaugstina ekonomisko izdevīgumu.

- prebiotikas var uzlabot dzīvnieku izturību pret stresu un nelabvēlīgām vides ietekmēm. To izēdināšana var samazināt mirstības gadījumu skaitu, kā arī uzlabot dzīvnieku kopējo veselības stāvokli un produktivitāti.

Lai gan prebiotiku iekļaušana barībā var palielināt izmaksas, dzīvnieku labklājības uzlabošana un produktivitātes palielināšana var palīdzēt palielināt dzīvnieku konkurētspēju tirgū, samazinot citas izmaksas un kāpinot produktivitāti.

## 12.4. Prebiotisku lopbarības piedevu ražošana no kaņepju čauliņām

### Metodes

Kaņepju čauliņas (12.2. attēls) tika apstrādātas izmantojot tvaika sprādziena metodi (12.3. attēls) dažādos temperatūras (T), spiediena (P) un uzturēšanās laika (t) apstākļos, lai atrastu optimālos ražošanas parametrus. Čauliņas tika testētas T amplitūdā no 190-200 °C, P amplitūdā no 13-17 bar, un t no 300-600 sec. Pēc tvaika sprādziena, iegūtais ekstrakts tika atdalīts no biomasas ar spiedpresi (12.4. attēls). Apstrādātā biomasa (12.5. attēls) tika izžāvēta, savukārt iegūtie ekstrakti (12.6. attēls) tālāk tika liofilizēti (žāvēšana ar sublimācijas metodi, 12.7. attēls). Liofilizētie ekstrakti tika tālāk analizēti, ar gēla caurlaidības hromatogrāfijas metodi, lai noteiktu oligosaharīdu un monosaharīdu saturu. Pēc iegūtās analītiskās datu kopas apstrādes tika secināti optimālie parametri prebiotisko ekstraktu ražošanai izmantojot tvaika sprādziena metodi. Optimālie parametri tika izmantoti, lai sagatavotu papildus ekstraktu (12.8. attēls), kas tika tālāk analizēts, lai iegūtu datus par atsevišķu mikroelementu kā arī smago metālu saturu. Šī datu kopa ir būtiska, lai gūtu pārliecību par ekstrakta piemērotību un drošību izmantošanai kā lopbarības piedevu.



12.2. attēls. Kaņepju čauliņas pirms tvaika sprādziena.



12.3. attēls. Tvaika sprādziena iekārta.



12.4. attēls. Prese ekstrakta atdalīšanai no biomasas.



12.5. attēls. Kaņepju čauliņas pēc apstrādes tvaika sprādziena iekārtā.



12.6. attēls. Ar prebiotikām bagāts kaņepju čauliņu hemicelulozes ekstrakts.





**12.7. attēls.** Liofilizēti ar prebiotikām bagātie kaņepju čauliņu hemicelulozes ekstrakti.



**12.8. attēls.** Optimālos tvaika sprādziena apstākļos iegūtais prebiotiskais kaņepju čauliņu ekstraksts.

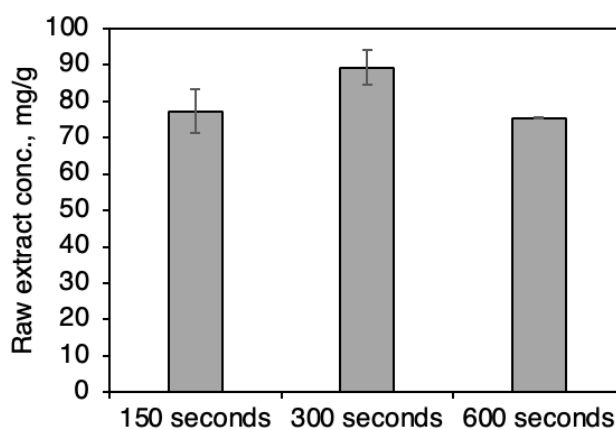
## Rezultāti.

Jēlekstrakta sausnes koncentrācija ir dota 12.1. tabulā 12.1. tabula un 12.9. attēlā; šeit varam secināt, ka optimālie temperatūras apstākļi, lai sasniegtu maksimālo sausnes koncentrāciju ir 200 °C un uzturēšanās laiks 300 sekundes. Ilgāks uzturēšanās laiks samazina sausnes koncentrāciju, kas izskaidrojams ar nevēlamu ogļhidrātu degradāciju (hidrolīzi), kā rezultātā rodas gaistošie savienojumi, kas samazina sausnes koncentrāciju. Monosaharīdu (ksilozes un glikozes) un ksilo-oligosaharīdu saturs ir dots 12.2. tabulā, 12.10. attēlā, 12.11. attēlā; no šiem datiem savukārt varam secināt, ka maksimālais kopējais XOS saturs ir novērojams pie ekstrahēšanas parametriem 200 °C un 600 sekundes, neskatoties uz iepriekšminēto optimālo sausnes koncentrāciju pie ekstrahēšanas parametriem 200 °C un 300 sekundes. Šie rezultāti liecina, ka uzturēšanās laiks 300 sekundes ļauj ekstrahēt vairāk hemicelulozi (ksilānu) polimēru formā, savukārt ilgāks uzturēšanās laiks nodrošina tālāku ksilāna hidrolīzi līdz oligomēriem un monomēriem. Tādējādi ir iespējami divi prebiotiski hemicelulozes atvasinājumu produktu tipi, kurus iespējams iegūt ar vienlīdz augstu efektivitāti – viens ar augstāku, otrs ar zemāku polimerizācijas pakāpi.

12.1. tabula

### Jēlekstrakta kopējais sausnes saturs dažādos tvaika sprādziena apstākļos

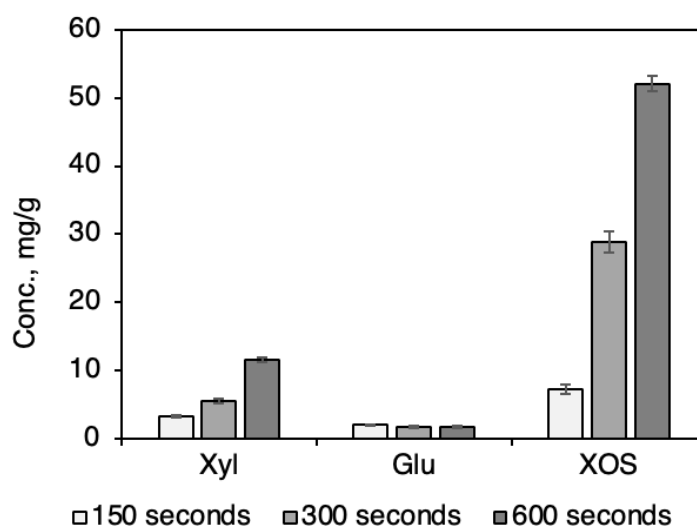
°C	sec	mg/g
T	t	Mass conc.
190	450	60
195	300	56
195	450	71
195	600	72
200	150	77
200	300	89
200	600	75



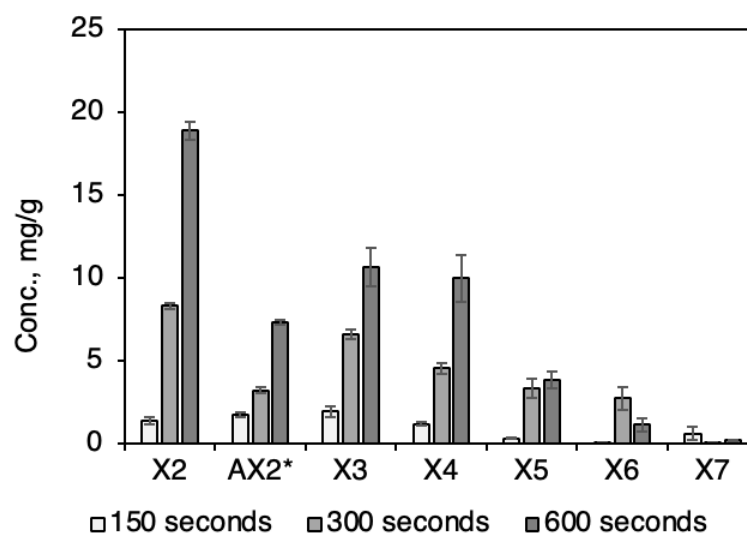
12.9. attēls. Jēlekstrakta kopējais sausnes saturs dažādos uzturēšanās laikos, 200°C temperatūrā

Ar dažādiem parametriem iegūto ekstraktu monosaharīdu un oligosaharīdu saturs; Xyl ksiloze, Glu glikoze, X2 ksilobioze, X3 ksilotriozs, X4 ksilotetroze, X5 ksilopentoze, X6 ksiloheksoze, X7 ksiloheptoze; AX2\* arabinoksilobioze, XOS kopējie ksilo-oligosaharīdi

°C	sec	mg/g									
T	t	Xyl	Glu	X2	AX2	X3	X4	X5	X6	X7	XOS
190	450	5.6	3.2	5.2	5.2	4.2	3.5	0.9	2.2	1.2	22.3
195	300	3.9	2.8	2.2	3.5	2.4	1.7	0.5	0.8	0.7	11.8
195	450	4.9	1.9	5.7	2.8	5.2	3.7	1.6	1.6	0.7	21.4
195	600	7.3	1.8	10.2	3.6	7.9	2.3	2.3	2.4	0.4	29.1
200	150	3.3	2.1	1.4	1.7	1.9	1.2	0.3	0.1	0.6	7.2
200	300	5.5	1.6	8.3	3.2	6.6	4.5	3.4	2.7	0.0	28.8
200	600	11.5	1.7	18.9	7.3	10.7	10.0	3.9	1.1	0.2	52.1



**12.10. attēls.** Ekstraktu ksilozes, glikozes un kopējo oligosaharīdu saturs dažādos uzturēšanās laikos, 200°C temperatūrā



**12.11. attēls.** Ekstraktu ksilo-oligosaharīdu saturs dažādos uzturēšanās laikos, 200°C temperatūrā; X2 ksilobioze, X3 ksilotriozē, X4 ksilotetrozē, X5 ksilopentozē, X6 ksiloheksozē, X7 ksiloheptozē; AX2\* arabinoksilobiozē.

Tabulā 12.3. ir doti rezultāti par nešķīstošo šķiedrvielu, smago metālu un atsevišķu mikroelementu saturu ekstraktā, kas iegūts ar parametriem 200 °C un 600 sekundes. Smago metālu saturs ir normas robežās, un indikatīvi liecina par drošu tā izmantošanu pārtikas un lopkopības sektoros. Kalcija un fosfora saturs ir salīdzinoši augsts un ir uzskatāms kā papildus pievienotā vērtība produktam.

12.3. tabula

**Nešķīstošo šķiedrvielu, smago metālu, kalķa un fosfora saturs prebiotiskajā ekstraktā**

<b>Analysis</b>	<b>Result</b>
Crude fiber (a) ISO 5498 (S)	0.6 g/100g
Arsenic (a) LS-PP-CH-85 (S)	<0.03 mg/kg
Salt (calculated from sodium) (a) LS-PP-CH-85 (S)	0.02 g/100g
Mercury (a) LS-PP-CH-85 (S)	<0.010 mg/kg
Cadmium (a) LS-PP-CH-85 (S)	0.045 mg/kg
Sodium (a) LS-PP-CH-85 (S)	82 mg/kg
Cooper (a) LS-PP-CH-85 (S)	2.3 mg/kg
Lead (a) LS-PP-CH-85 (S)	0.30 mg/kg
Calcium (a) LS-PP-CH-2/22 (S)	2160 mg/kg
Total phosphorus (a) LS-PP-CH-2/28 (S)	3050 mg/kg

**12.5. Kaņepju ziedkopu prebiotiskais potenciāls**

Kaņepju sula tikai iegūta no svaigi novāktām kaņepju ziedkopām (12.12. attēls), izmantojot skrūvpresi (12.13. attēls). Iegūtā kaņepju ziedkopu sula (12.14. attēls) tika liofilizēta (žāvēšana ar sublimācijas metodi), un liofilizētie ekstrakti tika tālāk analizēti ar gēla caurlaidības hromatogrāfijas metodi, lai noteiktu oligosaharīdu un monosaharīdu saturu.



**12.12. attēls.** Kaņepju ziedkopu novākšana.



**12.13. attēls.** Skrūvprese, sulas spiešanai no kaņepju ziedkopām.



**12.14. attēls.** Iegūtā kaņepju ziedkopu sula.

### **Rezultāti.**

Kaņepju ziedkopu sulas monosaharīdu un oligosaharīdu saturs ir dots. Lai arī ksilo-oligosaharīdi tika novēroti, to saturs kopējā masā nebija augsts, salīdzinot ar tvaika sprādzienā iegūtajiem ekstraktiem no kaņepju čauliņām. Monosaharīdu (ksilozes un glikozes) saturs, savukārt bija salīdzinoši augsts. Kā prebiotisks produkts, kaņepju ziedkopu sula nav perspektīva, un neskatoties uz salīdzinoši augsto monosaharīdu saturu, novākšanas periodikas un augsto izmaksu dēļ to izmantošana kā oglekļa avotu arī nav ekonomiski perspektīva.

**Kaņepju ziedkopu sulas monosaharīdu un oligosaharīdu saturs; Xyl ksiloze, Glu glikoze, X2 ksilobioze, X3 ksilotriozs, X4 ksilotetroze, X5 ksilopentoze, X6 ksiloheksoze, X7 ksiloheptoze; AX2\* arabinoksilobioze, XOS kopējie ksilo-oligosaharīdi**

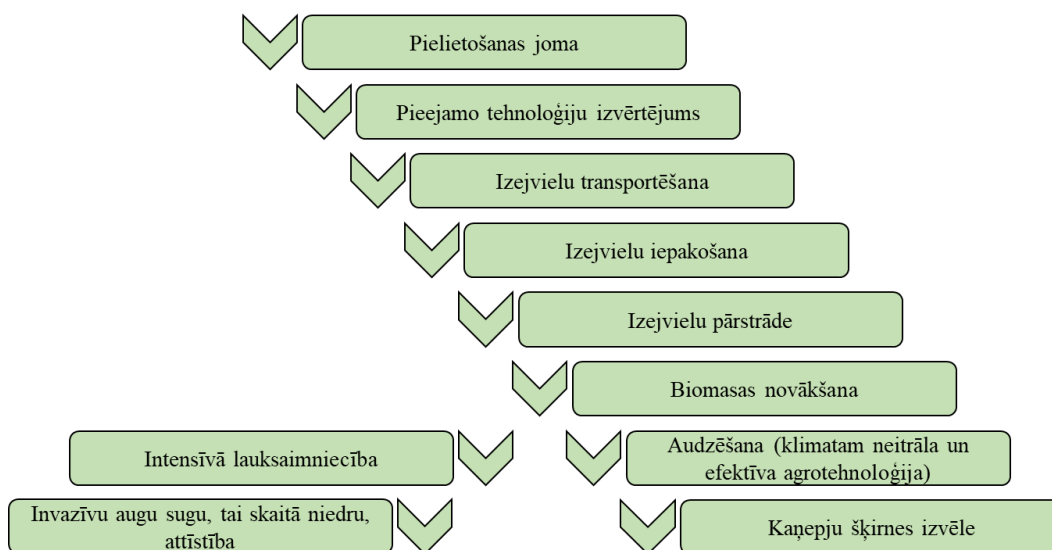
mg/g									
Xyl	Glu	X2	AX2*	X3	X4	X5	X6	X7	XOS
40.5	52.4	2.3	13.2	0.7	1.0	0.5	0.0	0.0	17.6

### 12.6. Secinājumi

- Projekta ietvaros Biorefic SIA izstrādāja un ieviesa “Food-First Upcycling” pieeju, kas saskan ar Eiropas Zaļā kursa “Farm-to-Fork” stratēģiju, maksimāli izmantojot lignocelulozes biomasas potenciālu un samazinot emisijas un atkritumu daudzumu. Projekta pamatā tika izmantotas kaņepju sēklu čauliņas, kas klasificējas kā lauksaimniecības atlikumviela un atbilst Atjaunīgās enerģijas direktīvas devītajam pielikumam, ļaujot saražotajiem enerģētiskajiem produktiem piešķirt zaļo prēmiju.
- Pirmais solis Biorefic biorafinēšanas platformā ir hemicelulozes un tās atvasinājumu, piemēram, ksilo-oligosaharīdu (XOS) un ksilozes, ekstrahēšana. XOS piemīt spēcīgas prebiotiskās īpašības, kas uzlabo zarnu mikrobioma veselību gan cilvēkiem, gan dzīvniekiem. Atlikusī biomasa var tikt izmantota ūdeņraža ražošanai, izmantojot gāzifikācijas procesus. Izolēto ūdeņradi var izmantot rūpniecībā, transporta sektorā un enerģētisko produktu, piemēram, metanola vai dimetilētera (DME), ražošanai. Gāzifikācijas procesā radušies pelni var tikt izmantoti kā mēslojums, uzlabojot augsnes auglību un struktūru.
- Prebiotiku potenciāls lauksaimniecībā ir nozīmīgs, jo pieprasījums pēc prebiotikām, kas uzlabo gremošanas trakta veselību un barības vielu izmantošanu, ir strauji pieaudzis. Ksilo-oligosaharīdi (XOS) ir viens no prebiotiku veidiem ar augstu pievienoto vērtību kā lopbarības piedeva, kas uzlabo dzīvnieku veselību un produktivitāti.
- Projekta ietvaros prebiotisko dzīvnieku barības sastāvdaļu ražošanai tika izmantota tvaika sprādziena metode, kas ir ekonomiski izdevīgāka salīdzinājumā ar citiem ražošanas procesiem un ļauj ražot prebiotiskos produktus ar zemākām izmaksām. Tika noteikti optimālie ražošanas parametri, lai sasniegtu maksimālo sausnes koncentrāciju un augstu XOS saturu: 200 °C temperatūra un 300-600 sekundes uzturēšanās laiks. Rezultāti liecina, ka maksimālais XOS saturs sasniedz 52.1 mg/g. Smago metālu saturs ekstraktā ir normas robežās, padarot to drošu izmantošanai pārtikas un lopkopības sektoros.
- Biorefic integrētā biorafinēšanas platforma, izmantojot “Food-First Upcycling” pieeju, veiksmīgi maksimāli izmanto biomasas potenciālu, radot augstvērtīgus produktus ar minimālu atkritumu daudzumu. Prebiotisko produktu ražošana no kaņepju čauliņām ir ekonomiski izdevīga un var veicināt dzīvnieku veselību un produktivitāti, tādējādi palielinot ekonomisko izdevīgumu un konkurētspēju tirgū.

### 13. Kaņepes saturošu produktu izstrāde

Industriālās kaņepes ir ilgtspējīgs un bioekonomikai atbilstošs izejmateriāls dažādās tautsaimniecības nozarēs. Kaņepju lietošanas izvērtēšana veicta, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un dzīves cikla analīzes metožu kombināciju mainīgos ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Kaņepju nozares attīstībai svarīgi kompleksi risināt jautājumus par lietderīgāko kaņepju produktu identificēšanu konkrētos ekonomiskajos un vides apstākļos, to ilgtspējīgas audzēšanas iespējām, kā arī kaņepes ekosistēmas ilgtspēju kopumā, nodrošinot bioekonomikas principu ievērošanu. RTA, izmantojot starpdisciplināru hierarhisko metodi - augšā kaņepju palietošanas joma, bet lejā piemērotākās sējas kaņepju šķirnes izvēle audzēšanai un invazīvu augu sugu apzināšana, kas attīstās paralēli intensīvai lauksaimniecībai, tai skaitā kaņepju intensīvai audzēšanai, izstrādājusi algoritmu kaņepju audzētāju un kaņepes saturošo produktu ražotāju sadarbībai nozares attīstības iespējai (skatīt 13.1.attēlu).



13.1.attēls. Starpdisciplināra hierarhiskā metode

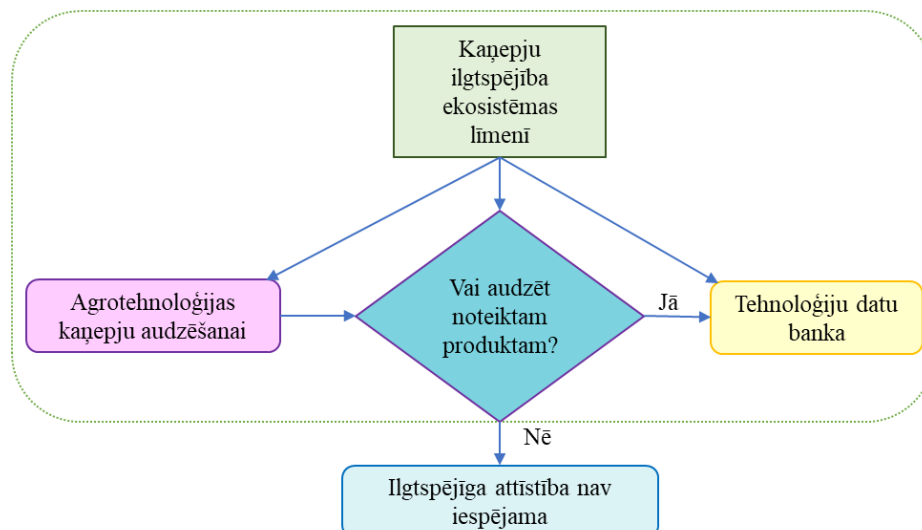
RTA veidots attēls.

Kaņepju ilgtspējību nosaka pieprasījums pēc:

- 1) noteikta kaņepju produkta veida (sēklas, šķiedra, spaļi);
- 2) pieejamās kaņepju saturošā izstrādājuma ražošanas tehnoloģijas;
- 3) kaņepju audzēšanas klimatam neitrāla un efektīva agrotehnoloģija (skatīt 13.2. attēlu).

RTA projekta ietvaros analizēja kaņepju lietojumu, kombinējot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un dzīves cikla analīzes metodes, lai sabiedrības pieprasījuma apmierināšana pēc noteikta produkta un tā ražošanai nepieciešamās izejvielas izvēle būtu ilgtspējīga ekosistēmas līmenī. Tehnoloģiju attīstība mūsdienās notiek strauji, līdz ar pieprasījuma pieaugumu un izejvielu pieejamību.

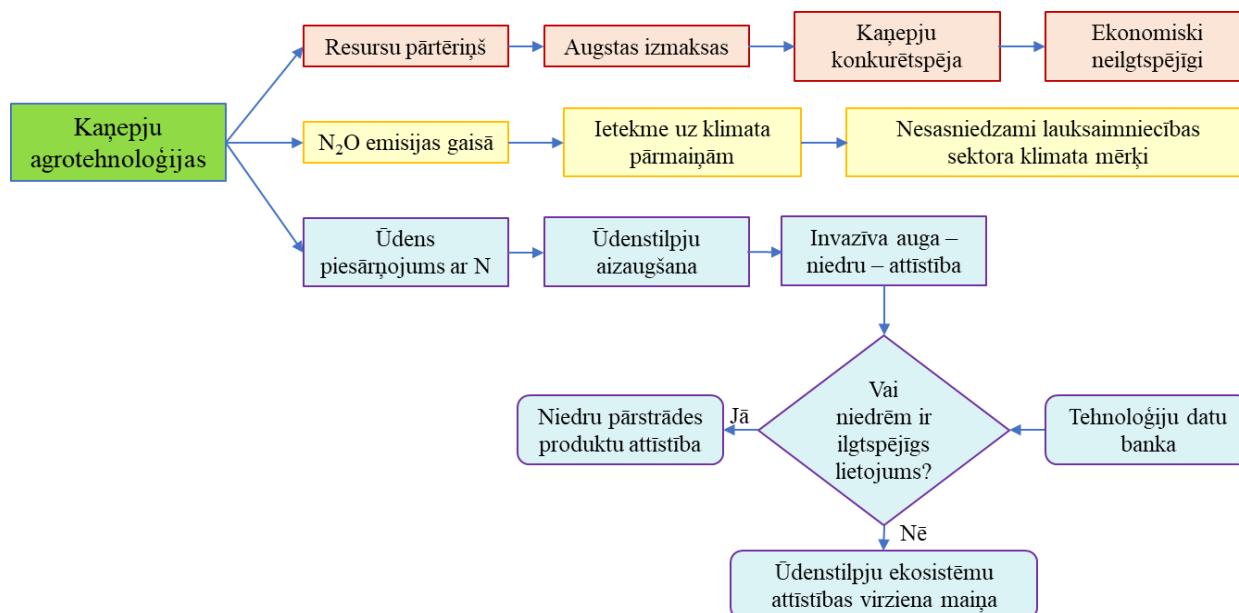




**13.2. attēls.** Kaņepju attīstības ilgtspēja

RTA veidots attēls.

Kaņepju audzēšanas agrotehnoloģija ir jāpielāgo konkrētai audzēšanas teritorijai, lai iegūtu maksimāli labus rezultātus ar mazākiem ieguldījumiem un ietekmi uz vidi. Būtiskākais ir samazināt resursu patēriņu, lai mazinātu gan ekonomiskos izdevumus, gan slodzi vidē, vienlaicīgi palielinot kaņepju konkurētspēju citu bioresursu vidū. Ja netiek izpildīts iepriekšminētais, tad nav iespējams panākt ekonomisko ilgtspēju. Kaņepju audzēšanā arī lieto slāpekļa minerālmēslojumu. Analizējot kaņepju audzēšanas lauka pētījumos iegūtos datus, jārod risinājumi N mēslojumu devu samazināšanai. Bioekonomikas mērķu sasniegšanai jāvērtē visa kaņepju ekosistēma, tāpēc tiek piedāvāta ideja paralēli risināt arī izplatītākā ūdensauga – niedres – lietderīga izmantošana bioekonomikā, radot produktus ar augstu pievienoto vērtību (skatīt 13.3. attēlu).



**13.3. attēls.** Kaņepju audzēšanas agrotehnoloģijas risināmie jautājumi antropogēnās slodzes mazināšanai vidē

RTA veidots attēls.

Katra bioresursa izmantošanai ir plašas iespējas, un ar to veiksmīgi var aizstāt citus bioresursus, kuru iegūšana un pārstrāde rada lielāku piesārņojumu dabā. Tā kā kaņepes ir viens no visātrāk

augošajiem augiem, tad to audzēšana prasa mazāk resursu nekā citi biomateriāli. Kaņepju šķiedru īpašības ļauj ar šo materiālu aizstāt arī izejvielas, kas iegūtas no naftas produktiem.

### 13.1. Kaņepju ilgtspējīga izmantošana enerģētikas jomā

Enerģija ir pamats tautsaimniecības attīstībai, kā arī iedzīvotāju primāro vajadzību nodrošināšanai. Mūsdienu aktualitāte ir vietējo ilgtspējīgo resursu pieejamība nepieciešamās enerģijas ražošanai, jo uz doto brīdi notikušas būtiskas izmaiņas energoresursi piegādes tīklos, fosilo resursu cenas pieaug, kā arī aizvien jūtāmākas kļūst klimata izmaiņu sekas. Aprites ekonomika un Eiropas zaļais kurss arī lielu uzsvāru liek uz vietējo atjaunojamo resursu izmantošanu un apglabājamo atkritumu mazināšanu. Biomasas ir viens no Latvijā pieejamākajiem resursiem, ko var izmantot arī enerģijas ražošanā. Koksnes produkti ir dominējošie enerģētikas sektorā, kur var izmantot zarus, celmus, zemas kvalitātes koksni, ko neizmanto kokmateriālu vai papīra ražošanā. Lauksaimniecības atliekas ir kā papildresurs biomasai enerģijas ražošanā. Viens no maz izmantotajiem bioresursiem Latvijā ir kaņepes. Kaņepes pilnībā atbilst aprites ekonomikas prasībām, jo tās iespējams izaudzēt Latvijā, kaņepe augšanas laikā spēj saistīt lielu CO<sub>2</sub> daudzumu, kā arī ir iespējams izmantot visas auga daļas: sēklas, šķiedras un spaļus. Kaņepes ātri aug (4–5 mēnešos sasniedz garumu pat līdz 4 m) un fotosintēzes procesā absorbē atmosfēras CO<sub>2</sub>. Kaņepes iekļauj oglekli auga struktūrā, atbrīvojot skābekli. Tādā veidā ogleklis tiek izņemts no atmosfēras un saglabāts augā. Kaņepēs tas paliek, līdz augs tiek apēsts, sadedzināts vai tas sadalās. Tad ogleklis atkal tiek izlaists atmosfērā, visticamāk, CO<sub>2</sub> veidā. Ja ar šādu pieeju CO<sub>2</sub> var piesaistīt ēkās vai audumā, tad izstrādājuma kalpošanas laikā tas tiek izņemts no atmosfēras. Oglekļa daudzums kaņepju saunā ir aptuveni 50 % no auga kopējā svara. Pārvēršot kaņepēs esošo oglekli ogļskābajā gāzē (12 t C atbilst 44 t CO<sub>2</sub>), tas ir līdzvērtīgs 1,83 t saistītā atmosfēras CO<sub>2</sub> uz t kaņepju. Vērtējot zemes izmantošanas aspektā, tad, ņemot vērā vidējo kaņepju ražu apmēram 14–15 t/ha, kaņepes saista 27,45 t CO<sub>2</sub> uz vienu ha. Kaņepēm ir zems blīvums, kas nozīmē, ka uzglabāšanas izmaksas, transporta izmaksas un saistītās CO<sub>2</sub> emisijas uz tonnu ir augstas. Vietējā ražošana samazina transportēšanas izmaksas un ietekmi, kā arī energoresursu patēriņu, kas ir būtiski, lai kaņepes kļūtu konkurētspējīgas. Pārvadājot 1 t kaņepju, izdalās no 7,5 kg līdz 18 kg CO<sub>2</sub> uz kilometru. Kaņepju enerģētiskā vērtība ir aptuveni 1,4 MJ/t, kas ir līdzvērtīgs 0,14 kg CO<sub>2</sub> uz t. Izdalītais CO<sub>2</sub> irniecīgs, salīdzinot ar 1,83 tonnām CO<sub>2</sub>, kas piesaistīts uz 1 t kaņepju.

Reaģējot uz globālo sasilšanu, Eiropas Parlaments ir pieņēmis ES Klimata aktu, kurā paredzēts līdz 2050. gadam nodrošināt ES klimatneitralitāti atbilstoši Eiropas zaļajam kursam. Jaunais ES Klimata akts nosaka ES mērķi samazināt SEG emisijas līdz 2030. gadam par vismaz 55 %, salīdzinot ar 1990. gada līmeni (iepriekš noteiktais ES mērķis bija 40 %). Šie klimata mērķi paredz palielināt un aizsargāt oglekļa piesaistītājus, piemēram, augsni un augus. Šī prasība veicina vienlaicīgu oglekļa uzglabāšanu aramzemē un antropogēnos produktos, kas ir stratēģija, lai izmantotu augus, kuri var uzglabāt papildu oglekli augsnē kā augsnes organisko oglekli augšanas fāzē un tehnosfērā kā bioprodukti, kas iegūti no novācāmās biomasas. Tas attiecīgi nozīmē vienlaikus radīt negatīvas emisijas un nodrošināt emisiju mazināšanu. Lai izvairītos no tādiem riskiem kā pārtikas nodrošinājuma samazināšanās, šādi augi jāaudzē platībās, kuras ir mazāk piemērotas augstvērtīgas pārtikas audzēšanai un kurās var palielināt augsnes organisko oglekli. Industriālās kaņepes ir daudzsoļa suga oglekļa uzglabāšanai aramzemē un antropogēnajos produktos.

Ilgtspējīgu enerģētiku var attīstīt, tikai liekot lielāku uzsvāru uz vietējiem energoresursiem, īpaši atjaunojamajiem resursiem. Atjaunojamā enerģija ir būtiska ne tikai ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai, bet arī nabadzības samazināšanai. Jau pirms desmit gadiem tika prognozēts gan globāls enerģijas patēriņa pieaugums 1,5 reizes 2040. gadā attiecībā pret 2010. gadu, gan izmaksu kāpums. Tradicionālais fosilais kurināmais negatīvi ietekmē vidi, to ražošanas un lietošanas laikā piesārņojot apkārtējo vidi, tādējādi veicinot klimata pārmaiņas. Kaņepju biodegvielu var uzskatīt par efektīvu alternatīvu kurināmo, lai mazinātu atkarību no fosilā kurināmā un samazinātu ietekmi uz vidi. Mūsdienās no kaņepēm var ražot dažādus energoproduktus, piemēram, granulas vai briketes siltuma ražošanai, biomasu elektroenerģijai vai transportlīdzekļu degvielai. Kaņepju lielā kopējā

biomasa un biomasas pieaugums demonstrē spēju izmantot saules enerģiju un piesaistīt CO<sub>2</sub> fotosintēzei, tādējādi palielinot iespēju kaņepes izmantot kā atjaunojamo energoresursu. Celulozes un hemicelulozes daudzums ir augstāks nekā jebkurā citā kultūraugā, tāpēc tā ir piemērota biodegvielas ražošanai.

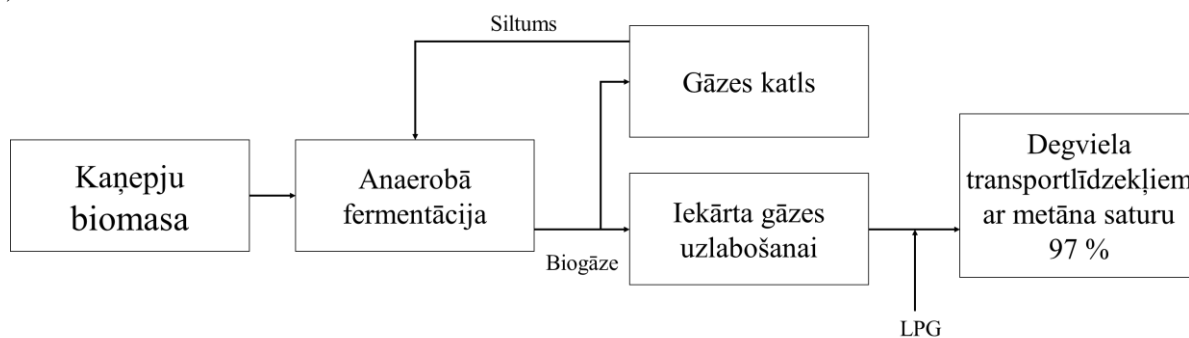
Kaņepēs veidojas pietiekami augsts daudzums eļļas uz hektāru. No kaņepēm iegūtā eļļa izmantojama biodīzeļdegvielas ražošanā. Kaņepju biodīzeļdegviela var konkurēt ar mazumtirdzniecības dīzeļdegvielas cenu. Malaizijā jau tagad šo degvielu plaši izmanto un ir paredzams izmantošanas pieaugums. Kaņepju biomasas izmantošanas veidus var grupēt pēc to novākšanas laikiem: kaņepes novāktas kā zaļie augi rudenī, ja tās ir paredzētas biogāzei, vai kā sausie augi, ko pārsvarā novāc pavasarī, ja tās paredzētas cietās biodegvielas ražošanai.

Siltuma un elektroenerģijas koģenerācijas ražošanā izmanto pavasarī novāktu kaņepju ķīpas, kas tiek sadedzinātas. Šajā gadījumā kaņepes darbojas kā papildinājums citam kurināmajam. Lai ražotu cieto biodegvielu, kaņepju raža ir jānovāc pavasarī, kad mitruma saturs biomasā ir zemāks par 30 %. Siltuma un elektroenerģijas koģenerācijas ražošanā pieņemts, ka kaņepes sagriež un saliek vālos, pēc tam sapresē lielās kvadrātveida ķīpās (2,4 m × 1,2 m × 1,3 m). Starpuzglabāšanai ķīpas var ietīt polimēra plēvē, kas ir ekonomisks uzglabāšanas variants un neprasa tik lielus ieguldījumus kā pastāvīga uzglabāšana ēkās.

Otrs cietās biodegvielas veids ir briketes. Brikešu ražošanai kaņepes arī novāc pavasarī. Tālāk kaņepes sasmalcina 20 mm garā frakcijā un žāvē. Turpmākā apstrāde ietver presēšanu briketēs, iepakojšanu un transportēšanu uz vietējām tirdzniecības vietām un klientiem. Briketes apkurei parasti sadedzina maza mēroga sadzīves apkures katlos (termiskā efektivitāte līdz 80 %). Pēdējos gados, attīstoties tehnoloģijām, norit intensīvs darbs arī pie kaņepju spaļu granulu ražošanas. Šī produkta galvenā problēma ir šķiedras klātbūtne kopējā masā, kas ierobežo augstvērtīgu granulu ražošanu. Projekta ietvaros RTA izstrādāja kaņepju spaļus saturošu granulu variantus.

Biogāzes ražošanai kaņepes parasti novāc rudenī. Kaņepes arī var sasmalcināt 20 mm garā frakcijā. Biogāzes reaktorā kaņepes bezskābekļa vidē veido biogāzi un barības vielām bagātu digestātu.

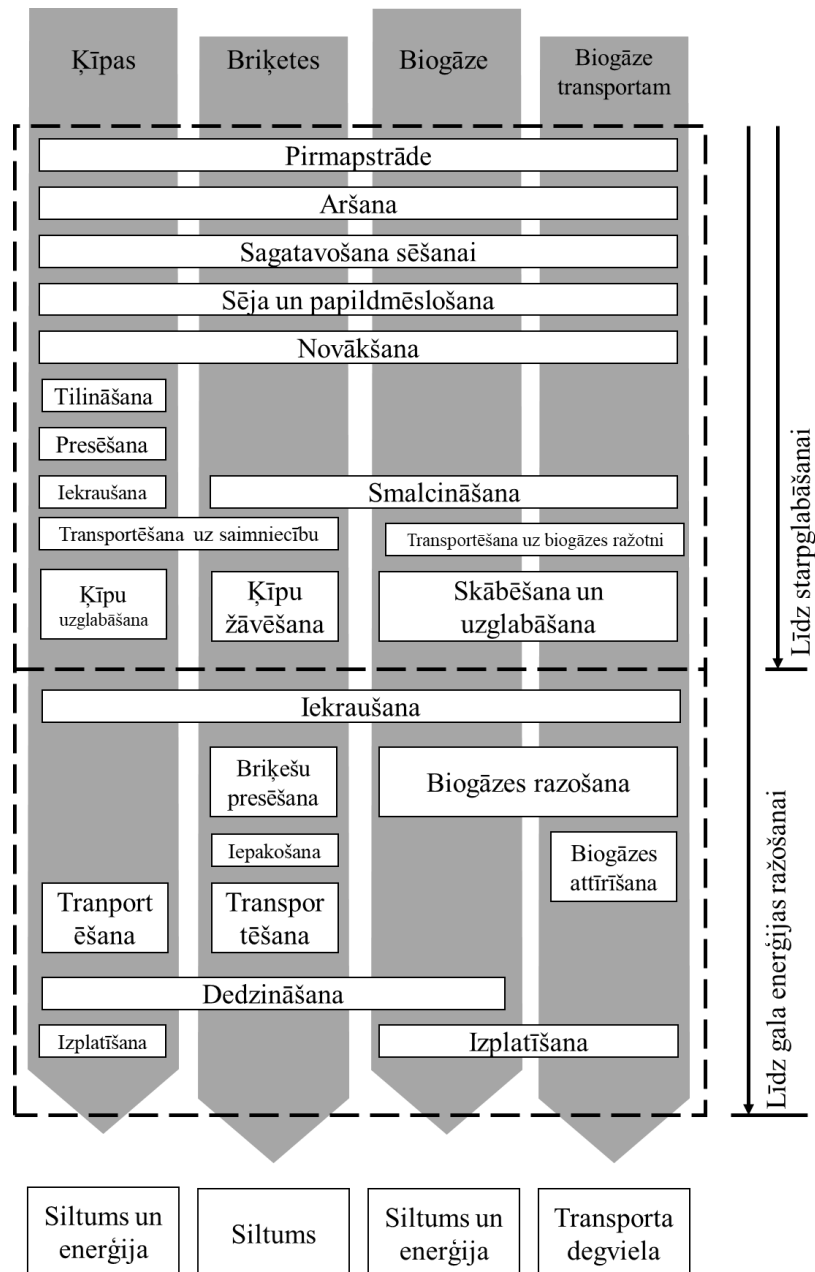
Ražojot biodīzeļdegvielu, process līdz pat neapstrādātai biogāzei ir tāds pats, kā ražojot biogāzi sadedzināšanai, taču tā vietā, lai sadedzinātu biogāzi, to pārstrādā līdz biodīzeļdegvielai (skatīt 13.4 attēlu).



**13.4. attēls.** Biodīzeļdegvielas ražošana no kaņepēm

13.5.attēlā redzami kaņepju biomasas enerģijas ražošanas posmi dažādu produktu iegūšanai.

Kaņepju biomasa ir 14–15 t/ha, no tās 70–75 % ir kaņepju spaļi. Tas nozīmē, ka enerģētikas nolūkos var izmantot ap 10–11 t/ha izejvielu. Kaņepju biomasai tādas īpašības kā siltumietilpība, pelnu saturs, pelnu kušanas temperatūra ir atkarīgas no ražas novākšanas sezonas. Novērots, ka pavasarī un ziemā novāktajām kaņepēm ir lielāka siltumietilpība (19,1 MJ/kg) nekā rudenī ievāktajām kaņepēm (18,4 MJ/kg).



13.5. attēls. Kaņepju biomasas enerģijas ražošanas posmi

### 13.2. Kaņepes saturošu granulu izstrādāšana un izpēte

Lai izmantotu kaņepju biomasu termokīmiskai apstrādei, ir svarīgi zināt tās siltumietilpību, pelnu kušanas temperatūru, emisijas izplūdes gāzēs un pelnu saturu. Vēlams, lai pelniem būtu augsta kušanas temperatūra, un krāsnī tiem vajadzētu palikt cietajā fāzē. 13.1. tabulā ir apkopoti kaņepju un koksnes granulu raksturlielumi.

13.1. tabula

**Kaņepju biomasas un koksnes granulu tehniskās un ķīmiskās īpašības**

Raksturlielums	Simbols	Mēr- vienība	Kaņepju granulas	Koksnes granulas
Kopējais mitrums	W <sup>a</sup>	%	10,98	6,00
Gaistošās vielas	V <sup>d</sup>	%	69,63	-
Siltumspēja	HHV	MJ/kg	18,089	19,520
Enerģētiskā vērtība	LHV	MJ/kg	16,64	17,36
Pelnu saturs	A <sup>d</sup>	%	2,51	0,20
Pelnu kušanas temperatūra	IT	°C	1000	>1500
Elementu saturs	C <sup>d</sup>	%	43,36	50,80
	H <sup>d</sup>	%	6,67	6,10
	N <sup>d</sup>	%	0,248	0,200
	S <sup>d</sup>	%	0,056	0,100
	O <sup>d</sup>	%	-	42,80

RTA veidota tabula.

Kaņepju biomasai gaistošo vielu saturs ir 69,63 %, kas ir salīdzinoši augsts. Siltumspēja jeb augstākais sadegšanas siltums vidēji ir 18,089 MJ/kg, un ir zems pelnu saturs – 2,51 % (skat. 13.1. tabulu). Siltumspēja ir nedaudz zemāka kā koksnes granulām, iespējams, ka to ietekmē kaņepju granulu lielāka mitruma vērtība. Izvērtēto parametru vērtības kaņepju granulām ir starp labākajām citu apkurē izmantoto biokurināmo vidū, savukārt augstais gaistošo organisko savienojumu saturs var uzlabot enerģijas pārveidošanas efektivitāti. Pētījumu rezultāti liecina, ka trīs galvenie ķīmiskie elementi (ogleklis, skābeklis un ūdeņradis) veido 93,1–94,9 % no biomasas granulu sastāva. Sākotnējā pelnu kušanas temperatūra biomasas granulām ir robežās no 976 °C līdz 1322 °C. No monokultūru granulām visaugstākā pelnu sākuma kušanas temperatūra ir kaņepēm, kas sasniedz 1079 °C. Visu paraugu pelnos ir augsta kālija (K), kalcija (Ca) un fosfora (P) koncentrācija.

Enerģijas ražošanā izmantojamas kaņepes daļas ir spaļi vai kaņepju riekstiņu (sēklu) apvalks. Diemžēl kurināmais, kas satur augu izcelsmes komponentes, ir ar salīdzinošu zemu kušanas temperatūra. Tas rada problēmas apkures katliem, jo katlu elementi apķēpst ar pelnu kušanas produktiem un to darbība tiek traucēta, īpaši iekārtās ar automātisko pelnu izvadīšanas sistēmu no kurtuves. Pelnu kušanas temperatūru var paaugstināt, ja biokurināmajam pievieno minerālvielu piedevas. RTA projekta ietvaros veica pētījumus, lai paaugstinātu kaņepes saturošā kurināma pelnu kušanas temperatūru, izmantojot sāļu un minerālvielu piedevas.

Pelni ir neorganiskās atliekas, kas veidojas kurināmā degšanas procesā. Pelnu galvenās sastāvdaļas ir silīcijs un kālijs. Pelni satur arī daudzus citus makroelementus (magnijs, kālijs, dzelzs, nātrijs, sērs, fosfors, hlors), mikroelementus (hroms, niķelis, varš, alumīnijs u.c.), kā arī var saturēt

kaitīgos elementus (smagie metāli u.c.). Pelnu kušanas temperatūra un to daudzums ir atkarīgs no dedzināmās biomasas veida, tās sastāva, mitruma satura, sadegšanas ātruma, sadegšanas temperatūras un gaisa piegādes daudzuma. Pazemināta pelnu kušanas temperatūra (850 – 1000°C) rada tehniskas problēmas korozijas, saķepšanas, nosēdumu un piesārņojuma veidošanās dēļ. Tas var bojāt katlus pelnu saķepšanas dēļ un palielināt uzturēšanas izmaksas. Pelnus veidojošie elementi: kālijs, fosfors, hlors, silīcijs, kalciji un sērs veicina iepriekšminētās tehniskās problēmas. Ja pelnu kušanas temperatūra ir zem 1100°C, var rasties problēmas apkures sistēmās.

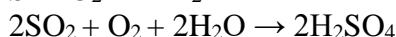
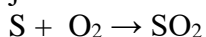
Augstāks mitruma saturs samazina pelnu kušanas temperatūru, jo tas absorbē daļu siltuma, kas ir nepieciešams pelnu kušanai. Līdzīgi, augstāka sadegšanas temperatūra un gaisa piegādes daudzums var paaugstināt pelnu kušanas temperatūru. Pelnus sastāvā esošie ķīmiskie elementi: kālijs, nātrijs, fosfors, sērs, hlors, silīcijs, samazina pelnu kušanas temperatūru, savukārt kalcija un magnija savienojumi to paaugstina. Pelnu plūstamības temperatūra ir atkarīga no pelnu ķīmiskā sastāva un nelielas elementu izmaiņas var radīt ievērojamas temperatūras izmaiņas. Vienā no pasaules bioenerģijas kongresā prezentētajiem referātiem norādīti varbūtēji pelnu saķepšanas cēloņi:

- 1) viegli kūstošu kālija fosfātu veidošanās degšanas procesā;
- 2) viegli kūstošu kālija silikātu veidošanās degšanas procesā.

Šo savienojumu veidošanās iespējama, ja kurināmā sastāvā ir palielināts kālija, fosfora un silīcija saturs un pazemināts kalcija saturs.

Informācijas avotos atrodamie dati liecina, ka lauksaimniecības augu atliekas saturošajam kurināmajam pelnu kušanas temperatūra (visbiežāk <1000°C) ir daudz zemāka nekā koksni saturošajam kurināmajam. Piemēram, koksnes mizu pelnu kušanas temperatūra ir 1500°C, šķeldas un kokskaidu pelnu kušanas temperatūra ir 1300 °C. Tas nozīmē, lai varētu izmantot kaņepju spaļus kā kurināmo, ir jāmeklē risinājums to pelnu kušanas temperatūras paaugstināšanai. Viens no risinājumiem varētu būt kalciju un magniju saturošo minerālvielu pievienošana kaņepju spaļu kurināmajam. Tas gan var palielināt pelnu daudzumu, bet mazināt korozijas riskus apkures sistēmām un skābo nokrišņu veidošanos no dūmgāzēm atmosfērā.

Dūmvadu un citu metāla konstrukciju koroziju rada palielinātais hlora un sēra saturs dūmgāzēs, kuri pazeminātā dūmgāzu temperatūrā veido sālsskābes un sērskābes tvaikus. Sērskābes veidošanās reakcija atmosfērā kurināmā dedzināšanas procesā:



Zinātniskajā literatūrā minētas vairākas metodes korozijas samazināšanai, piemēram, kaļķu pievienošana kurināmajam (līdz 2%), dzeramās sodas pievienošana kurināmajam. Šīs metodes ļauj samazināt sēra un hlora kaitīgo ietekmi aptuveni par 30%.

Pētījumi parāda, ka biomasas pelnu daudzumu, sastāvu un kušanas temperatūru ietekmē augsnes izvēle, pielietotais mēslojums, augšanas klimatiskie apstākļi (temperatūra, nokrišņu daudzums), augu šķirne. Tas nozīmē, ka svarīgi veikt pētījumus dažādos gados un dažādos apstākļos audzētajām kaņepju šķirnēm.

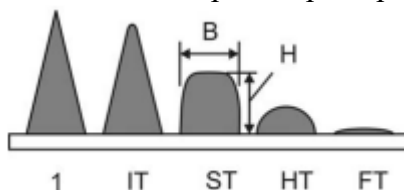
Lai iegūtu precīzus datus par pelnu kušanas temperatūru konkrētam materiālam, nepieciešams veikt laboratorijas testus. Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas Ķīmijas laboratorijā tika veikta 2023. gada ražas savākto kaņepju spaļu priekšapstrāde (žāvēšana, smalcināšana), to siltumspējas un pelnu kušanas temperatūras noteikšana spaļiem, kā arī vienas šķirnes spaļu ar minerālvielu piedevām pelnu kušanas temperatūras noteikšana.

## Materiāli un metodes.

Pelnu kušanas un saķepšanas temperatūra ir svarīga kvalitatīvai apkures katla darbībai. Kušanas temperatūras noteikšanai izmanto standarta pelnu konusa formas izmaiņu karsējot pelnus ar skābekli bagātinātā vidē.

Pelnu konusa izmaiņas redzamas 13.6.attēlā:

- 1 – pelnu konusa sākotnējā forma pirms karsēšanas uzsākšanas;
- IT – deformācijas sākuma temperatūra, konusa virsotne sāk noapaļoties;
- ST – kušanas sākums, konuss deformējas līdz izmēram  $H=B$ ;
- HT – hemisfēras punkts, konuss pārvēršas par puslodi ar augstumu  $H=0,5B$ ;
- FT – plūšanas temperatūra, izkusušie pelni izplūst pa virsmu.



**13.6.attēls.** Pelnu kušanas temperatūras raksturīgās formas

Pelnu kušanas temperatūra tika noteikta pēc standartmetodes ISO 21404 2020 rekomendācijām. IT punkts raksturo deformācijas sākumu un tas raksturo zemāko temperatūru, kuru sasniedzot sākas pelnu kušana. Kaņepju spaļu siltumspēja tika noteikta pēc standartmetodes rekomendācijām.

Kaņepju spaļu enerģētiskās vērtības un pelnu kušanas temperatūras noteikšanai tika ņemti kaņepju spaļu paraugi no 2022. un 2023. gadā pie projekta partneriem izaudzētajam kaņepēm (skatīt 13.7. attēlu). Paraugi ir ņemti gan no sēklu, gan šķiedru kaņepju šķirnēm.



**13.7. attēls.** Kaņepju spaļu paraugi

Savāktie kaņepju spaļu paraugi tika samalti, lai iegūtu viendabīgu masu. Paraugiem tika noteikta siltumspēja, izmantojot kalorimetrisko siltumspējas noteikšanas iekārtu. Īpatnējā sadegšanas enerģija jeb siltumenerģijas daudzums uz masas vienību, kas atbrīvojas, kurināmajam pilnīgi sadegot. Siltumspēja tika noteikta sausiem kaņepju spaļu paraugiem konstantā tilpumā. Lai iegūtu pelnus, kaņepju spaļu paraugi tika sadedzināti mufelkrāsnī, tos karsējot 120 minūtes  $550^{\circ}\text{C}$ . Apmēram 1g pelnu tika izmantots konusu veidošanai, pelnu kušanas temperatūra tika noteikta, izmantojot iekārtu *Carbolite Gero*, kas iegādāta projekta ietvaros (skatīt 13.8. attēlu).



**13.8. attēls.** Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijā esošais Carbolite Gero pelnu kušanas temperatūras noteikšanas iekārta

13.2.tabulā ir redzami spaļu siltumspējas un to pelnu kušanas temperatūras (deformācijas sākuma temperatūras IT) rezultāti pētāmajām kaņepju šķirnēm.

13.2.tabula

**Pētāmo kaņepju šķirnes, to spaļu siltumspēja un pelnu kušanas temperatūra**

N.p.k.	Kaņepju šķirne	Audzēšanas vieta	Siltumspēja, MJ/kg	Pelnu kušanas temperatūra IT, °C
1.	Bialobrežskie	Viļāni	17,25	1050
2.	Bialobrežskie	Mežvidi	17,14	1042
3.	Bialobrežskie	Krāslavas novads	17,28	1050
4.	Pūriņi	Viļāni	16,44	1180
5.	Pūriņi	Balvu novads	16,46	1180
6.	Futura 75	Viļāni	17,46	1120
7.	Futura 83	Viļāni	17,34	1110
8.	Atdzalvieši	Valmieras novads	16,42	1150
9.	Atdzalvieši	Viļāni	16,75	1100
10.	Finola	Viļāni	17,00	1120
11.	Austa	Viļāni	16,84	1080
12.	Estica	Viļāni	16,50	1100
13.	USO 32	Viļāni	16,38	1000

Analizējamajiem paraugiem siltumspēja ir robežās no 16,38 līdz 17,46 MJ/kg. Kaņepju šķirnes ietekmei uz siltumspēju nav būtiska. Kaņepju spaļu siltumspēja ir līdzīga kokskaidu granulu siltumspējai (vidēji 17 līdz 18 MJ/kg). Tas nozīmē, ka no enerģētiskā viedokļa kaņepju spaļus neatkarīgi no šķirnes var izmantot enerģijas ražošanai līdzīgi kā koksni. Pelnu kušanas temperatūra ir robežās no 1000 līdz 1180°C. Tā kā kaņepju spaļu kušanas temperatūru vairāk ietekmē to ķīmiskais sastāvs, kas atkarīgs no augsnes īpašībām un pielietotā mēslojuma, tad kaņepju šķirnei arī nav būtiskas ietekmes uz spaļu pelnu kušanas temperatūru. Kopumā tā ir zemāka nekā koksnes pelnu kušanas temperatūra, bet augstāka nekā salmu pelnu kušanas temperatūra. Ja pelnu kušanas temperatūra ir zem 1100°C, tad var rasties problēmas apkures sistēmām. Tas nozīmē, ka kaņepju



spaļus var izmantot kā piedevu koksnes granulām vai briketēm. Ja kurināmā ražošanā izmantotu tikai kaņepju spaļus, tad nepieciešams paaugstināt pelnu kušanas temperatūru.

Lielākā problēma kaņepju spaļu izmantošanai enerģētiskā ir salīdzinoši zemā pelnu kušanas temperatūra. Lai to paaugstinātu tiek piedāvāts pievienot minerālvielas kaņepes saturošajam kurināmajam. Eksperimenti tika veikti ar AREI Viļānu nodaļa izaudzēto “Bialobrežskie” kaņepju šķirnes spaļiem, jo tās ir šķiedras kaņepes, kas ir daudz garākas un ar lielāku stiebru un spaļu ražu, nekā sēklu kaņepes. Eksperimenti tika veikti ar kalciju saturošajām minerālvielām, jo kalcijs paaugstina pelnu kušanas temperatūru, kā arī kalcija savienojumus saturošie ieži ir pieejami Latvijā (dolomīts, kaļķakmens). Pētījumos tika izmantots kalcija karbonāts un kalcija hidroksīds (dzēstie kaļķi). Minerālvielas tika pievienotas sasmalcinātajiem kaņepju spaļiem pirms tie tika sadedzināti mufelkrāsnī. 13.3.tabulā ir redzamas pievienotās minerālvielas, to masas daļa kurināmajā un pelnu kušanas temperatūra.

13.3.tabula

**Pelnu kušanas temperatūra “Bialobrežskie” šķirnes kaņepju spaļu un minerālvielu maisījumam**

N.p.k.	Minerālviela	Pievienotās minerālvielas masas daļa, %	Pelnu kušanas temperatūra, °C
1.		0	1050
2.	CaCO <sub>3</sub>	10	1345
3.	CaCO <sub>3</sub>	5	1340
4.	CaCO <sub>3</sub>	3	1320
5.	CaCO <sub>3</sub>	1	1250
6.	Ca(OH) <sub>2</sub>	10	1390
7.	Ca(OH) <sub>2</sub>	5	1380
8.	Ca(OH) <sub>2</sub>	3	1385
9.	Ca(OH) <sub>2</sub>	1	1250

Lai palielinātu kaņepju spaļu pelnu kušanas temperatūru pietiekoši pievienot aptuveni 3% kalciju saturošos savienojumus (Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>). Lielākas devas būtiski pelnu kušanas temperatūru neietekmē, bet piedevas palielina pelnu apjomu, kā arī tās ir nevajadzīgas papildus izmaksas par minerālvielām. Ca(OH)<sub>2</sub> dod lielāku efektu, jo Ca masas daļa kalcija hidroksīdā ir lielāka (56%), bet kalcija karbonātā mazāka (40%). Kalcija masas daļu aprēķina pēc 13.1.formulas:

$$W_{Ca,\%} = \frac{M_{CaCO_3}}{M_{Ca}} \cdot 100\% \quad (13.1.)$$

kur  $W_{Ca,\%}$  – kalcija masas daļa, %

$M_{CaCO_3}$  – kalcija karbonāta molmasa, g/mol

$M_{Ca}$  – kalcija molmasa, g/mol.

Līdzīgi aprēķina kalcija masas daļu kalcija hidroksīdā.

Kalcija hidroksīds vienlaicīgi veicina korozijas un skābo nokrišņu veidošanās riska mazināšanu, jo neitralizē degšanas procesā radušos sēra un hlora savienojumus. Ja kaņepju spaļiem tiktu pievienoti smalcinātie kalciju saturošie ieži, tad pievienojamo iežu masu ir jāizrēķina, pamatojoties uz nepieciešamo kalcija saturu.

Secinājumi un rekomendācijas:

1. Kaņepju spaļus ir iespējams izmantot kā kurināmo, jo to siltumspēja (16,38 līdz 17,46 MJ/kg) ir līdzīga koksnes kurināma siltumspējai (vidēji 17 līdz 18 MJ/kg).

2. Kaņepju šķirne neietekmē kaņepju spaļu siltumspēju un kušanas temperatūru.
3. Lai paaugstinātu kaņepju spaļus saturošā kurināmā pelnu kušanas temperatūru, kaņepju spaļiem ir jāpievieno aptuveni 3% kalcija hidroksīda vai kalcija karbonāta. Efektīvāk pelnu kušanas temperatūru paaugstina kalcija hidroksīds - no 1050 °C (bez piedevām) līdz 1385°C (ar piedevām).
4. Sēra dioksīdam reaģējot ar gaisā esošo skābekli un ūdeni, veidojas sērskābe, kas izraisa skābos nokrišņus atmosfērā un apkures sistēmu koroziju, ko var novērst ar kalcija hidroksīda piedevām, kas saista degšanas procesā radušos sēra dioksīdu. Tātad vienlaicīgi ar pelnu kušanas temperatūras paaugstināšanu tiek neitralizēti degšanās procesā emitētie skābie sēra un hlora savienojumi.
5. Kaņepju spaļus un kalcija minerālvielas saturošais kurināmais ir ilgtspējīgs, jo tiek izmantoti vietējie resursi, kā arī kaņepes ir klimatam neitrāls energoresurss.

Projekta ietvaros tika izstrādātas kaņepju spaļus un koksni saturošo granulu recepte, lai sasniegtu pēc iespējas augstāku granulu siltumspēju un mazāku pelnainību (pelnu saturu). Kaņepju šķirne būtiski neietekmē iepriekšminētos rādītājus, tāpēc pētījumi tika veikti tikai ar industriālās kaņepes “Bielobrzieski” spaļiem un skujukoku koksni. Kaņepju spaļu un koksnes biomasas maisījuma granulām pelnainība samazinās proporcionāli koksnes daļas pieaugumam – jo lielāka koksnes daļa, jo zemāka pelnainība. Tas izskaidrojams ar zemāku koksnes pelnainību ( koksnes kurināmajam pelnainība ir 60–70% mazāka nekā augu izcelsmes biomasai). Kaņepju spaļu un koksnes granulu sastāva analīze liecināja, ka kaņepju granulām ar 30% koksnes piejaukuma pelnu saturs samazinājās par 20-25%, bet, piejaucot 50% līdz 75% koksnes, pelnu saturs samazinājās attiecīgi par 40% līdz 55%. Vērtējot kaņepju spaļu piemērotību kurināmā granulu ražošanai, jāņem vērā, ka salīdzinoši augstā pelnu satura dēļ (2,3 -2,8%) var ražot tikai zemākās kvalitātes granulas. Siltumspēja būtiski nemainās atkarībā no kaņepju spaļu un koksnes proporcijas granulās. Lai komercializētu kaņepju spaļu un koksnes granulu ražošanu, nepieciešami papildus pētījumi par citiem granulu kvalitāti ietekmējošajiem rādītājiem – granulas noturība, mitrums, pelnu kušanas temperatūra. Pievienojot koksnes granulām spaļus, samazinās granulu mehāniskā izturība, tās kļūs daudz birstošākas. Eksperimentāli tika izgatavotas granulas no kaņepju riekstiņu sēnalām. Granulas izdevās izgatavot, tās ir ar labu siltumspēju, bet ar paaugstinātu pelnu saturu. Kaņepēm (spaļi, sēnalas) kā izejvielai ir reāls potenciāls biomasas kurināmā ražošanā.

### 13.3. Kaņepes saturoša kompozītmateriāla izstrādāšana un izpēte

Kompozītmateriāli ir cilvēku radīti materiāli, kas sastāv no vismaz diviem atšķirīgiem materiāliem (izejvielām). Kompozītmateriāla fizikālās īpašības parasti būtiski atšķiras no tajā izmantoto materiālu īpašībām, kas var būt unikālas. Materiāli ar uzlabotām īpašībām, kas ir lētāki, videi draudzīgāki, ir nepieciešami daudzās nozarēs, piemēram, autobūvē, aeronautikā (galvenokārt pateicoties zemajam materiāla svaram, 20–30 % dabisko šķiedru var uzlabot degvielas izmantošanas efektivitāti un samazināt transporta emisijas), būvniecības industrijā, ballistiskajos aizsarglīdzekļos, sportā, mēbelēs, iepakojuma industrijā, biomedicīnas izstrādājumos utt. Kompozīti ar kaņepēm un sintētisko saistvielu lielās slodzēs uzrāda vislabāko nodilumizturību bioloģiskajos objektos. Šādas īpašības spēj nodrošināt augu (kaņepju, džutas, kenafa, linu, kokosrieksta, sizala, banānu, bambusa, ziloņzāles, arekas, abakas, ananāsa, slotas zāles) un dzīvnieku šķiedras, to nodrošina lignīns un celuloze.

Pateicoties Eiropas zaļajam kursam un pasaules kopējai tendencei pāriet uz videi draudzīgāku materiālu izgatavošanu no atjaunojamajiem dabas resursiem ir pieaudzis pētījumu skaits, kas vērsti uz kaņepju šķiedras un epoksīdsveķu izmantošanu kompozītu izgatavošanā. Turklāt gan Eiropas Savienības, gan Latvijas aktualitāte un tendences ir jaunu nanomateriālu un viedo materiālu radīšana, kas izmantojami jaunu produktu ražošanā, kā arī fosilo izejvielu

aizstāšana ar atjaunojamajiem materiāliem. Kompozītmateriālu funkcionālai sastāvdaļai ir jābūt no dabīgām vietējām izejvielām – šķiedraugiem, tai skaitā kaņepēm.

Kompozītmateriālu izgatavošanai izmanto gan neapstrādātas, gan apstrādātas kaņepju šķiedras, kā arī kaņepju audumu. Labākas mehāniskās īpašības uzrāda kompozīti ar mehāniski apstrādātām kaņepēm. Šķiedras ar dažādu novietojuma virzienu ietekmē materiāla mehāniskās īpašības (stiepi, lieci, triecienizturību, cietību, ūdens absorbciju, blīvumu). Arī kaņepju novākšanas tehnoloģija ietekmē to kvalitāti un izmantošanas iespējas kompozītmateriālos. Dabisko šķiedru īpašības ietekmē augšanas klimatiskie apstākļi – mitruma un siltuma režīms. Dabisko šķiedru izmantošana materiālu ražošanā būtiski samazina naftas produktu patēriņu.

Kompozītmateriālu izgatavošanai pamatā izmanto šādas metodes:

- injekcijas formēšanu;
- ekstrūzijas un termoplastisko injekcijas formēšanu.

Kompozītmateriālu ražošanā visplašāk izmantotie šķiedru materiāli ir:

- oglekļa šķiedra,
- stiklašķiedra,
- kevlara šķiedra,
- linu šķiedra,
- kaņepes šķiedra u. c.

Kompozītmateriālus, kas sastāv no dabiskas un mākslīgas izcelsmes šķiedrām un saistvielām, arvien vairāk izmanto dažādās rūpniecības jomās. Bieži vien iegūto materiālu apstrāde gatavās formās ir sarežģīta un dārga. Pašlaik dominē kompozītmateriālu apstrāde, piemēram, frēzēšana, griešana vai slīpēšana. Mūsdienās lāzerus arvien vairāk izmanto ražošanas procesos, tai skaitā materiālu apstrādē. Taču, izmantojot lāzerus, ir lāzera parametri sākotnēji ir jāpielāgo optimālai materiāla apstrādei, jo, ņemot vērā dažādus lāzerus un apstrādājamus materiālus, atšķiras uzstādāmie parametri un mainās iegūstamās apstrādes kvalitāte. Projekta ietvaros veikti pētījumi par lāzeru pielietošu kaņepes saturošu kompozītmateriālu apstrādē (skatīt zemāk).

Klimata pārmaiņas atstāj arvien pieaugošu spiedienu uz ražojošo industriju. Sabiedrība un attīstīto valstu politiķi uzsvāru liek uz atjaunojamu materiālu izmantošanu izstrādājumu izgatavošanā. Tas lielā mērā attiecināms arī uz kompozītmateriāliem. Agrāk pamatā tika izmantotas sintētiskās jeb mākslīgās šķiedras. Šobrīd tās daļēji vai pilnībā tiek aizstātas ar dabiskās izcelsmes šķiedrām, kas iegūtas no, piemēram, kaņepēm un liniem. Pasaulē šīnī jomā ir veikti daudzi nozīmīgi pētījumi. No dabiskām šķiedrām iegūtajiem kompozītmateriāliem ir labas mehāniskās īpašības. Šie materiāli labi konkurē ar mākslīgo šķiedru kompozītiem, kas izgatavoti, piemēram, no oglekļa šķiedras. Kā piemēru var minēt kaņepju šķiedru, kas parāda labus rādītājus stiepē un liecē. Šķiedru kompozītmateriāli paaugstina arī materiālu triecienizturību.

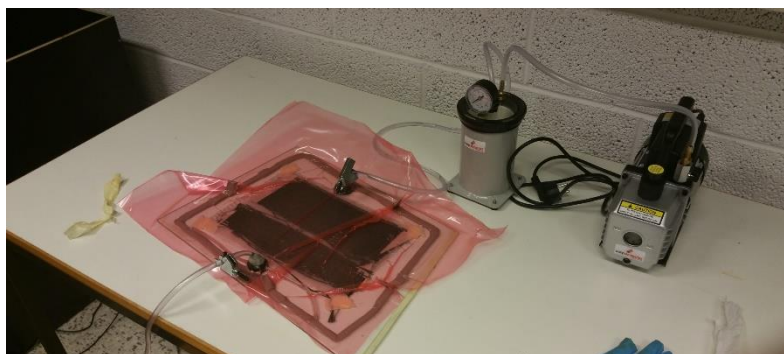
RTA laboratorijas apstākļos tika izgatavoti kompozītmateriālu paraugi, kas sastāv no saistvielas (epoksīdsveķiem) un armējošā materiāla (kaņepēm, liniem un oglekļa šķiedrām). Tika pētītas iegūto kompozītmateriālu lieces un stiepes īpašības, kā arī analizēta to apstrādes kvalitāte ar šķiedru lāzeru. Saražotais biokompozītmateriāls ir videi draudzīgi arī jāapstrādā, lai iegūtu nepieciešamos detaļas izmērus un formu. Pētījums ir vērsts uz šķiedras lāzeru izmantošanas efektivitātes novērtējumu kompozītmateriālu apstrādē. Lāzeri dod iespēju apstrādāt materiālu ļoti precīzi un ātri. Tehnoloģija ir videi draudzīga, jo nerada, piemēram, putekļus, kā tas ir materiālu griežot vai slīpējot. Tomēr, mainoties apstrādājamajam materiālam, ir jāpielāgo arī lāzera darbības parametri.

Pētījuma aktualitāte ir saistīta ar tendencēm ES – jaunu nanomateriālu un viedo materiālu radīšana, kas izmantojami jaunu produktu ražošanā, aizstājot no naftas produktiem izgatavotos materiālus. Kompozītmateriālu funkcionāla sastāvdaļa – dabīgās vietējās izejvielas – šīnī gadījumā ir šķiedraugi.

Kompozītmateriāla izgatavošanai tika izmantots:

- oglekļa šķiedras audums,
- kaņepju šķiedras audums,
- linu šķiedras audums,
- epoksīdsveķi.

Kompozītmateriāla izgatavošanai izmantota aukstā laminēšanas vakuumā (skatīt 13.9. attēlu). Šķiedru audumi tika piesātināti ar epoksīdsveķiem vakuumā. Tas nodrošina viendabīgu materiālu struktūru un neveidojas poras.



**13.9. attēls.** Kompozītmateriālu izgatavošana

Izstrādāti šādi kompozītmateriālu veidi:

- oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- oglekļa šķiedra – oglekļa šķiedra, epoksīdsveķi;
- kaņepju šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- linu šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- oglekļa šķiedra – linu šķiedra, epoksīdsveķi.



a)



b)



c)

**13.10. attēls.** Kompozītmateriāli: a) Kaņepju šķiedra – kaņepju šķiedra; b) Oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra; c) Linu šķiedra – kaņepju šķiedra

13.10. attēlā redzami kompozītmateriālu paraugi pēc to izgatavošanas.

Liece ir svarīgs materiāla mehāniskais rādītājs automašīnu un aeronautikas detaļu izgatavošanā. Kompozītmateriālu paraugu testēšana uz lieci veikta ar testēšanas iekārtu *Zwick&Roell Z150*. Katram izgatavotajam paraugam veikti trīs paralēli mērījumi. Iegūtie rezultāti redzami 13.11. attēlā. Oglekļa šķiedra – oglekļa šķiedra kompozītmateriāla tests uz lieci:

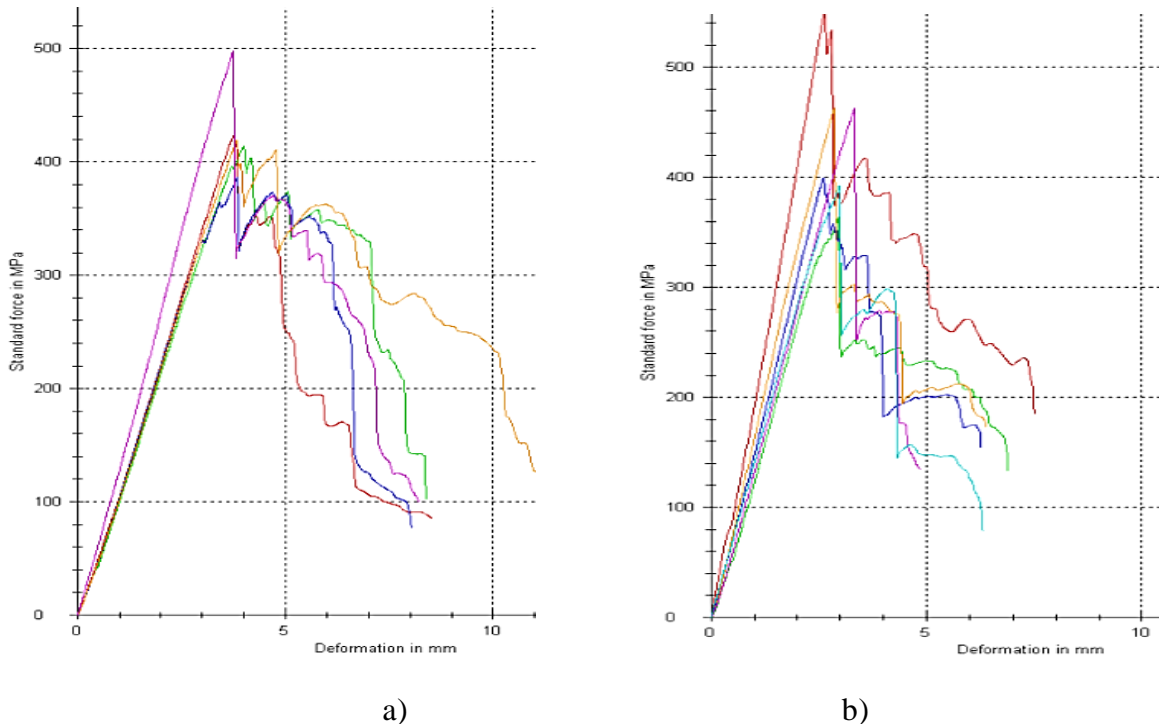
- maksimālā izturības robeža ir vidēji 410 MPa;
- deformācija līdz izturības robežai notiek aptuveni 4 mm;
- deformācija ilgst līdz 7 mm, pēc kā notiek parauga sagūšana;

Oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra kompozītmateriāla tests:

- maksimālā izturības robeža ir vidēji 440 MPa;

- deformācija līdz izturības robežai notiek aptuveni 3 mm;
- materiāla sagraušana notiek pakāpienveidīgi, ko parāda pīķi pie 3,6 mm un 4,3 mm.

Iegūtie kompozītmateriālu testi uz lieci parāda, ka kompozītmateriālos izmantotie dabisko šķiedru materiāli, piemēram, kaņepes, ir labi oglekļa šķiedras aizstājēji. Galvenās dabisko šķiedru kompozītmateriālu priekšrocības ir to mazais svars, noturība pret agresīvu vidi, augstā izturība stiepē un liecē.



**13.11. attēls.** Tests uz lieci: a) oglekļa šķiedra – oglekļa šķiedra materiālam; b) oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra materiālam

Pēdējos gados arvien vairāk tiek pievērsta uzmanība kaņepju kompozītmateriālu īpašību un pielietojuma pētījumiem. Starp daudzām dabiskām šķiedrām, tieši kaņepēm piemīt īpašības, kas tās padara plaši pielietojamas gan augstā celulozes satura, gan zemo izmaksu dēļ. Apstrādes rūpniecībā svarīga ir izmantojamā materiāla mehāniskā apstrāde, piemēram, griezējinstrumentu darba mūžs noteikta skaita detaļu apstrādē; kā arī produkta noturība un īpašību saglabāšana noteiktos vides apstākļos, iedarbības režīmos, slodzēs utt. Kompozītmateriāli ir svarīgs produkts daudzu konstruktīvo risinājumu elements aviācijā, tai skaitā bezpilota lidaparātu (dronu) korpusu izgatavošanā, un autobūvē. Tradicionālos oglekļa šķiedras – epoksīdu kompozītmateriālus, arvien vairāk aizvieto ar ekoloģiskākajiem kaņepju šķiedras – epoksīdu biokompozītiem. Kompozītmateriāliem piemīt augsta mehāniskā un korozijas noturība, zema tilpummasa. Tas padara kopējo izstrādājumu, piemēram, dronu vieglāku, kas, savukārt, ir būtisks faktors enerģijas patēriņa samazināšanai un līdz ar to risina gan ekonomiskos, gan ekoloģiskos izaicinājumus. Kompozītmateriālam svarīga ir tilpuma homogenitāte un epoksīda adhēzija ar armējošo materiālu (kaņepju, linu vai oglekļa šķiedra). Tieši adhēzija nodrošina materiālu noturību un neatslāņošanos to apstrādes laikā, kā arī gatavās detaļas vai izstrādājuma ekspluatācijas laikā. Veicot mehānisko apstrādi, piemēram, griežot vai urbjot, tiek ietekmēta kompozīta iekšējā struktūra. Arī apstrādātā materiāla apjoms ir mazāks, nekā pielietojot arvien vairāk izmantoto lāzerapstrādes metodi. Tā ir ātrāka, precīzāka, videi draudzīgāka.

Kaņepju šķiedras armatūras veiktspēja ir atkarīga no saražotā kompozīta pielietojuma. Īsās šķiedras parasti tiek izmantotas kompozītmateriālu ražošanā, kuri nav paredzēti izmantošanai pie lielām slodzēm. Šinī gadījumā šķiedras epoksīdā iestrādātas haotiski, bez striktas orientācijas.

Kompozīti, kas paredzēti izmantošanai pie lielām mehāniskām slodzēm, tiek ražoti no kaņepju šķiedru auduma vai arī neaustām šķiedrām, kas izvietotas noteiktā virzienā.

Lāzergriešanas testēšanai sagatavoti kompozītmateriālu paraugi standarta izmēros 100×100 mm. Paraugi izveidoti kā:

- oglekļa šķiedras un epoksīda kompozīts;
- kaņepju šķiedras un epoksīda kompozīts.

Apstrādājot paraugu ar lāzeru (veicot lāzergriešanu), attālums starp lāzera stara pārvietošanās līnijām bija 15 mm. Tas veikts ar nolūku, lai griezuma kvalitatīvajā analizē nebūtu konstatējama iedarbība no iepriekš veiktās apstrādes vietas.

Eksperimentos izmantotā lāzera galvenie rādītāji ir šādi:

- tips – šķiedras;
- viļņa garums (nm) – 1080 +/- 10;
- maksimālā jauda (W) – 1000.

Ar lāzeru uz paraugiem iegrieztas 10 paralēlas līnijas ar tādiem pašiem parametriem – griešanas ātrumu ( $v$ ) un lāzera stara jaudu ( $P$ ). Pēc pirmajiem eksperimentiem  $P$  un  $v$  vērtības tika mainītas.

Eksperimenti tika veikti sešās grupās, saglabājot nemainīgu griešanas ātrumu katrā no tām:

- 1) pirmā grupa  $v=10$  mm/s;
- 2) otrā grupa  $v=30$  mm/s;
- 3) trešā grupa  $v=50$  mm/s;
- 4) ceturtā grupa  $v=70$  mm/s;
- 5) piektā grupa  $v=90$  mm/s;
- 6) sestā grupa  $v=110$  mm/s.

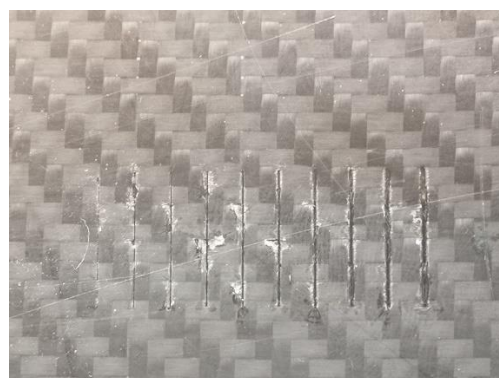
Katrai grupai tika mainīta iepriekš norādītā lāzera stara jauda ( $P$ ), jeb tika izmantotas šādas  $P$  vērtības: 100 W, 200 W, 300 W, 400 W, 500 W, 600 W, 700 W, 800 W, 900 W un 1000 W.

Griešanas līnijas šķērso paraugu visā tā garumā. Griešanas līnijas platums mērīts, izmantojot daudzfunkcionālo lāzerskenējošo mikroskopu *OLYMPUS LEXT OLS 5000*. Griešanas līnijas uz kompozītmateriāliem redzamas 13.12. attēlā.

Katram paraugam vidējo aritmētisko līnijas platumu aprēķina pēc 10 mērījumu rezultātiem.



a)



b)

**13.12. attēls.** Griešanas līnijas: a) kaņepju šķiedras un epoksīda kompozītam; b) oglekļa šķiedras un epoksīda kompozītam.

Tika vērtēta lāzera stara jauda ( $P$ ), griešanas ātrums ( $v$ ), ietekme uz griezuma platumu un griezuma kvalitāti jeb tas, kā lāzera stara jauda ietekmē griezuma platumu un griezuma kopējo kvalitāti. Izgatavotie paraugi tika analizēti, izmantojot digitālo attēlu apstrādi, lai novērtētu

griezuma platumu un šķiedras bojājumus gan staru ieejas pusē, gan staru izejas pusē. Tas tika veikts, izmantojot mikroskopu. Lāzera griešanas kvalitātes novērtējums sastāv no tādiem kritērijiem kā termiskie bojājumi un parauga ģeometrijas defekti. Lai optimizētu griezuma kvalitāti, svarīga ir šķiedras bojājumu samazināšana līdz minimumam. Liela ietekme uz lāzergriešanas procesa efektivitāti ir materiāla fizikālajām, termiskajām un noteiktām mehāniskajām īpašībām.

Parametri, kurus operators izvēlas atkarībā no materiāla, parasti ietver:

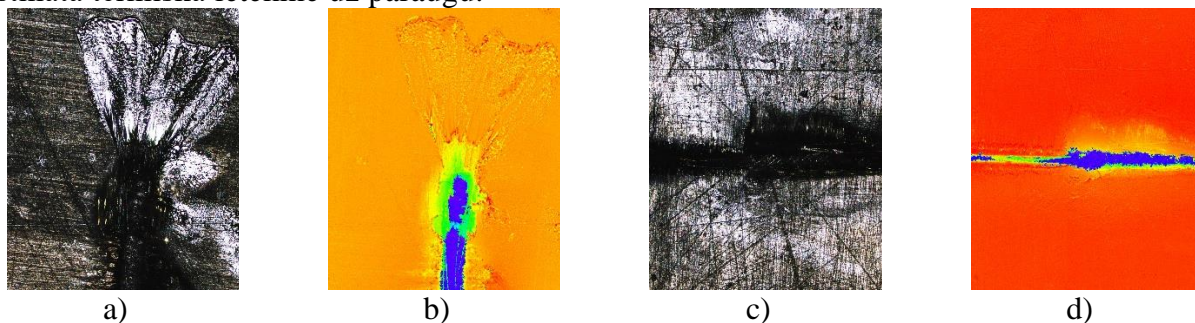
- lāzera tipu,
- lāzera stara jaudu,
- griešanas ātrumu,
- fokusa attālumu,
- palīggāzes tipu un spiedienu (ja piemēro).

Lāzera stara un materiāla mijiedarbība ir sarežģīta un tomēr ne pilnībā saprasta parādība lāzergriešanā. Lāzergriešanas laikā lāzera stari tiek izkliedēti, atstaroti un absorbēti materiālā, to ietekmē lāzera stara viļņa garums.

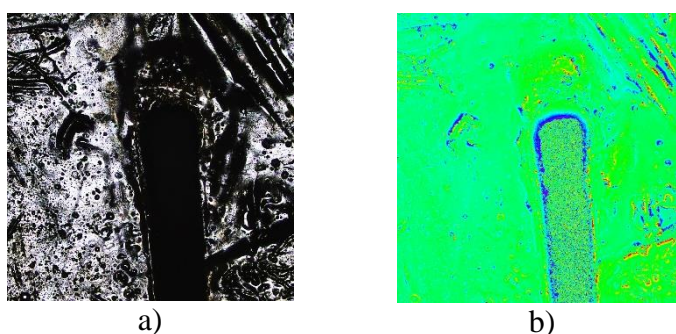
Parasti tiek pieņemts, ka lāzera jauda (kontrolē jaudas blīvumu) un griešanas ātrums (kontrolē mijiedarbības laiku) ir dominējošie faktori, kas ietekmē materiāla apstrādi. Griezuma platums un dziļums samazinās, palielinot griešanas ātrumu un samazinot lāzera stara jaudu. Palielinot ātrumu, arī samazinās sadegušie materiāli, kas rodas, ar lāzeriem apstrādājot organiskas izcelsmes materiālus.

Eksperimentos redzams, ka ir būtiskas kvalitatīvas atšķirības starp oglekļa šķiedras kompozītmateriāla un kaņepju šķiedras kompozītmateriāla griezumu līnijām. Tas novērojams gan šķiedrmateriāla pārogļošanās procesos, gan paraugu caurgriešanā.

Griezuma līnija ne vienmēr ir homogēna (skatīt 13.13. attēlu), kur redzams, ka veidojas materiāla caurgriešanas un necaugriešanas zonas. Tas ietekmē kompozītmateriāla turpmāko izmantošanu un palielina nepieciešamību pēc griezuma vietas pēcapstrādes. Oglekļa šķiedras kompozītam, kā tas redzams 13.13. a) un b) attēls, lāzergriešanas sākuma un beigu posmā ir paaugstināta termiskā ietekme uz paraugu.



**13.13. attēls.** Griešanas līnijas kvalitāte oglekļa šķiedras un epoksīda kompozītam



**13.14 attēls.** Griešanas līnijas kvalitāte kaņepju šķiedras un epoksīda kompozītam.

Savukārt kaņepju šķiedras kompozītam šāda termiskā ietekme netika novērota vai arī ietekmes zona bija mazāk izteikta (skatīt 13.14. attēlu). Arī griezuma līniju kvalitāte kaņepju šķiedras kompozīta gadījumā bija kvalitatīvāka. Tas ir tāpēc, ka oglekļa šķiedrai ir augstāka kušanas temperatūra, kas atstāj būtisku ietekmi uz griezuma kopējo kvalitāti. Izteikti paraugu termiski degradējoša ietekme ir tad, ja lāzera stara pārvietošanās ātrums ir zems un lāzera stara jauda augsta. Pēc lāzerapstrādes redzams, ka kaņepju un oglekļa šķiedras kompozītmateriālu griešanas kvalitāte ir būtiski atšķirīga. Kaņepju materiāla griešanai nepieciešama mazāka lāzera jauda un var izmantot lielāku griešanas ātrumu, savukārt oglekļa šķiedras materiālu optimāli griezt zemākā ātrumā un ar lielāku lāzera jaudu. Piemēram, oglekļa šķiedras materiāla griešana nenotiek, ja lāzera jauda ir zema (100 W un 200 W), bet, pieaugot griešanas ātrumam, arī pie lielākām jaudām materiāls netiek kvalitatīvi nogriezts. Kaņepju materiāls efektīvi tiek griezts arī zemas jaudas un liela ātruma gadījumā. Mainīgs ir arī griezuma platums. Oglekļa šķiedras gadījumā kompozītmateriāls tiek ietekmēts vairāk. Konstatējama materiāla pārdošanās. Kaņepēm tas novērojams ļoti minimāli.

Šķiedru kompozītmateriālu lāzerapstrādei ir vairākas priekšrocības, salīdzinot ar tradicionālajām apstrādes metodēm.

- Lāzerapstrāde ir materiālu apstrāde bez fiziska spēka ietekmes. Tā novērš instrumenta izmantošanu un nodilumu (jo tādu nav), darbgaldu vibrācijas un novirzes, kā arī izstrādājuma formas ierobežojumus, kā tas notiek mehāniskās apstrādes laikā.
- Salīdzinot ar abrazīvo procesu, lāzergriešanā var sasniegt šaurāku griezuma platumu un lielāku griešanas ātrumu, vienlaikus piedāvājot labākus griezumus.
- Svarīgi atrast optimālus lāzerapstrādes procesa parametrus, kas gala rezultātā nodrošina minimālus materiāla termiskos bojājumus. Lielā mērā tas ir atkarīgs no materiāla biezuma, griešanas ātruma un lāzera jaudas blīvuma.
- Kaņepju šķiedras kompozītmateriālu griešanai ir nepieciešama mazāka lāzera jauda nekā oglekļa šķiedras kompozīta gadījumā. Pie vienādiem lāzera parametriem kaņepju šķiedras kompozītam piemērojams lielāks lāzera griešanas ātrums nekā oglekļa kompozītam.

Projekta ietvaros RTA izgatavoja divus bezpilota lidaparātu prototipus (skatīt 13.15.attēlu), izmantojot projekta ietvaros izstrādāto kaņepju-epoksīdsveķu kompozītmateriālu. Kaņepes saturošā materiāla priekšrocības aprakstītas iepriekš. Dronu izgatavošanā izmantoti divi kompozītmateriālu veidi: vienā gadījumā kaņepju šķiedras iestrādātas putu slāni (izmatots oglekļa šķiedras audums), otrā gadījumā izmantots kaņepju šķiedras audums. Izgatavotie droni tika demonstrēti Lauku dienas 2024 Viļānos (skatīt 13.15.attēlu).





**13.15. attēls.** Droni, kas izgatavoti no kaņepes saturošs kompozītmateriāla

Būtiskākās priekšrocības kaņepes saturošo kompozītmateriālu izmantošanai dronu korpusu ražošanā ir to mehāniskās īpašības, fosilo resursu aizstāšana ar vietējo dabiskās izcelsmes resursu, gadījumā, ja drons tiek pazaudēts vai nonāk utilizācijā, tad tam ir mazāka ietekme uz vidi ar mikroplastmasas nonākšanas risku vai arī polimēru materiālu sadalīšanās, sadegšanas produktiem. Dronu duālās pielietošanas gadījumā kaņepes saturošie biokompozīti atbilst Aizsardzības ministrijas izvirzītajām prasībām par Latvijas aizsardzības vajadzībām iepērkamajam aprīkojumam 30% jābūt saražotiem Latvijā, īpaši atbalstāma vietējo resursu izmantošana.

Droni aprobēti izmantošanai lauksaimniecisko teritoriju apsekošanā lielos attālumos, izdevās lidot 16 km un var lidot apmēram stundu), otru – grūti pieejamo ar traktortehniku lauksaimniecisko teritoriju apstrādei ar minerālmēslojumiem, augu aizsardzības līdzekļiem (celtspēja līdz līdz 40 kg). Šāda veida droniem var būt arī duālā pielietošana, kas ir ārkārtīgi svarīgi patreizējos un tuvākajā nākotne prognozējamajos ģeopolitiskajos apstākļos. Izstrādātie prototipi varētu nodrošināt projekta ilgtspēju – uz esošā projekta rezultātu pamata var tikt izstrādāti nākamie projekti, kas turpinās kaņepju produktu izmantošanas paplašināšanu un kaņepes saturošo inovatīvo izstrādājumu attīstību ar duālo pielietojumu. Ir veiktas sarunas ar LBTU kā potenciālo projekta partneri, lai attīstītu dronu pielietošanu lauksaimniecības teritoriju apsekošanai slimību, invāziju detektēšanai agrīnā stadijā un lokālu problēmvieta apstrādi, izmantojot dronu. Tādā veidā ātri var ierobežot slimību, invāziju izplatīšanos, nodrošinot gan detektēšanu, gan lokālu apstrādi (nav jābrauc ar tehniku pa lauku). Šādu principu var pielāgot mežsaimniecībā (piemēram mizgrauža invāzijas apkarošanai).

## 14. Publicitāte

Projekta īstenošanas laikā regulāri tika veikti publicitātes aktivitātes atbilstoši projekta pieteikumam. Publicitātes pasākumus nosacīti var iedalīt šādās aktivitātēs.

### **Informācija par projekta aktivitātēm digitālajā vidē, dalība semināros, konferencēs, izstādēs, intervijās, TV raidījumos, vizītēs u.c. publiskos pasākumos.**

1. Informācija par projekta aktivitātēm regulāri tika ievietota biedrības “Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks” mājas lapā <https://mezvidi.lv/>
2. Biedrības “Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks” sociālajā tīkla FaceBook kontā <https://www.facebook.com/MezviduLauksaimniecibasTehnologijuParks/>
3. [https://www.youtube.com/watch?v=B0qNpLoxIs8&ab\\_channel=robertsstripkans](https://www.youtube.com/watch?v=B0qNpLoxIs8&ab_channel=robertsstripkans) (video no Projekta gala ziņojuma un rezultātu prezentācijas 2024.gada 11.jūlijs Lauku dienas Viļāni. Video Youtube platformā ievietots. Sižets demonstrēts TV kanālā ReTv 13.07.2024 un 18.07.2024 raidījumā “Atspēriens izaugsmei” un TV kanālā RĪGATV24 13.07.2024 un 18.07.2024;
4. 17.07.2024. Intervija Divu Krastu Radio (DVK) Lauku dienu 2024. ietvaros <https://www.dkradio.lv/lv/pi-myusu-latgola/1142/nu-kanepis-leidz-latgolys-dronam> ;
5. Projekta “Inovātīvi risinājumi industriālo kaņepju apstrādē un pārstrādē” gala ziņojumu un rezultātu prezentācija Lauku dienas ietvaros Viļānos 2024.gada 11.07.2024 (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/v37nakv0t1-projekta-inovatvi-risinajumi-industrilo-k>)
6. Starptautiskā zinātniski praktiskā konference “Vide, tehnoloģija, resursi” 27.06. – 28.06.2024 (Bulgārija, Veliko Tarnova) Konfereneces ietvaros 28.06.2024 tika rīkots starptautiskais seminārs “Kaņepju industrijas perspektīvas un iespējas” ([https://conferences.rta.lv/public/conferences/4/schedConfs/20/program-en\\_US.pdf](https://conferences.rta.lv/public/conferences/4/schedConfs/20/program-en_US.pdf));
7. Informācija par Projekta aktualitātēm 2024.gada “Vidzemes inovāciju nedēļas ietvaros” <https://innovation.vidzeme.lv/lv/jaunumi/2024.html>;
8. 29.02.2024 intervija publicēta Youtube platformā [https://www.youtube.com/watch?v=8M-QWX\\_ZUvY&ab\\_channel=RTUC%C4%93sis](https://www.youtube.com/watch?v=8M-QWX_ZUvY&ab_channel=RTUC%C4%93sis);
9. 2023.gada 8.septembris seminārs-diskusijas/praktiskās apmācības Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parkā (Ludzas novads, Mežvidu pagasts, Klonešņiki) “Industriālo kaņepju novākšanas paraugdemonstrējumi, projekta dalībnieku apspriede (diskusijas par kaņepju pārstrādes centra izveidi)” <https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/yn9s512561-notika-industrilo-kaepju-novkanas-paraug>;
10. 2023.gada 13.jūlijs Lauku dienas Viļānos prezentācija “Kaņepju selekcija un audzēšanas tehnoloģijas”. (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/k1s79rmry1-13jlij-lauku-diena-vinos>) SIA “Jumis Geo” un SIA “Reits” industriālo kaņepju lauku apskate Ludzas novada, Mežvidu pagasta, Klonešņikos. Diskusijas par projekta rezultātiem un nozares attīstības perspektīvām. (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/al1cdb5xh1-sia-jumis-geo-un-sia-reits-industrilo-ka>);
11. Starptautiskā zinātniski praktiskā konference “Vide, tehnoloģija, resursi” 15.06.-16.06.2023 (Latvija, Rēzekne) ([https://conferences.rta.lv/public/conferences/4/schedConfs/18/program-en\\_US.pdf](https://conferences.rta.lv/public/conferences/4/schedConfs/18/program-en_US.pdf)). Konfereneces ietvaros starptautisks seminārs “Kaņepju nozares perspektīvas un izaicinājumi” (semināra ietvaros notika nozares dalībnieku apmācības/pieredzes apmaiņa) (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/0j7sdec9k1-16062023-starptautisks-seminrs-kaepju-no>);
12. Publikācija par projekta aktivitātēm laikrakstā “Ludzas zeme” (06.02.2023) <https://ludzaszeme.lv/mezvidos-turpina-zalo-kursu/>;
13. Kaņepju novākšanas paraugdemonstrējumi/nozares pārstāvju apmācības Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parks (23.09.2022 Ludzas novads, Mežvidu pagasts, Klonešņiki) (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/58f2dle5r1-kaepju-novkanas-paraugdemonstrējumi>);

14. Sižets par paraugdemonstrējumiem un projekta aktualitātēm LTV1 (<https://replay.lsm.lv/lv/ieraksts/lv/273035/pirmo-reizi-latvija-izmegina-kanepju-novaksanas-kombainu>);
15. Informācija par projektu, raidījums “TE” (<https://play.tv3.lv/show/latvijas-raidijs-te,serial-4558103/serija-4,episode-4558108>) 08.2022;
16. Informācija par raidījumu [www.mezvidi.lv](http://www.mezvidi.lv) (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/sk1e622a81-par-zintnieku-un-uzmju-sadarbbu-industri>);
17. 25.03.-26.03.2022. “Zinātnieku nakts” projekta aktivitāšu seminārs Mežvidu lauksaimniecības un tehnoloģiju parkā (Ludzas novads, Mežvidu pagasts, Klonešņiki) SIA “Jumis Geo” un SIA “Reits” kaņepju lauku apskate (dabīgi tilināti 2021.gada sezonas kaņepju stiebrī atstāti uz kāta un daļēji nopļauti 2021.gada oktobrī) (<https://www.mezvidi.lv/kanepes/tpost/2oxanyprm1-zintnieku-nakts-paskumi-mevidu-lauksaimn>);
18. 2021.gada 13.septembris projekta partneru vizīte uz Lietuvu UAB “Bageta” un pārrunas par projekta rezultātiem un sadarbības perspektīvām.

### **Dalība zinātniskajās konferencēs un zinātniskās publikācijas.**

1. Dalība Daugavpils Universitātes konferencē.  
Stramkale V., Černova L., Morozova I., Stramkalis A. (2022) Evaluation of yield for hemp varieties. Proceedings of the 64th International Scientific Conference Of Daugavpils University. Part A. Natural sciences. 62.-68.lpp. Included in the database: EBSCOhost. ISSN 2500-9842 [https://dukonference.lv/files/978-9984-14-982-0\\_64\\_konf\\_kraj\\_A\\_Dabaszin.pdf](https://dukonference.lv/files/978-9984-14-982-0_64_konf_kraj_A_Dabaszin.pdf)
2. Dalība konferencē LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA  
Stenda referāts: Stramkale V., Stramkalis A., Justs A., Černova L., Kroiča I. (2022) Kaņepju raža un kvalitāte Austrumlatgalē 2021. gadā. Zinātniski praktiskā konference “LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA 2022”, 24.-25.02.2022., LLU, Jelgava, Latvija [https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-01/Stenda%20zi%C5%86ojums\\_13.png](https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-01/Stenda%20zi%C5%86ojums_13.png)
3. Dalība konferencē LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA  
Veneranda Stramkale, Larisa Černova, Ieva Kroiča, Aldis Stramkalis (2024) KAŅEPJU ŠĶIRŅU RAŽA UN KVALITĀTE 2023. GADĀ YIELD AND QUALITY OF HEMP VARIETIES IN 2023 Zinātniski praktiskā konference “LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA 2024”, 22.-23.02.2024., LBTU, Jelgava, Latvija 24.lpp. ISSN 2501-0255 [https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-02/T%C4%93zes%202024\\_LL.pdf](https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-02/T%C4%93zes%202024_LL.pdf)
4. Dalība konferencē LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA  
Stenda referāts. Veneranda Stramkale, Larisa Černova, Ieva Kroiča, Aldis Stramkalis (2024) KAŅEPJU ŠĶIRŅU RAŽA UN KVALITĀTE 2023. GADĀ YIELD AND QUALITY OF HEMP VARIETIES IN 2023 Zinātniski praktiskā konference “LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA 2024”, 22.-23.02.2024., LBTU, Jelgava, Latvija
5. Dalība konferencē starptautiskā konferencē Eļļas un proteīnu graudaugi  
Inga Morozova, Veneranda Stramkale & Larisa Černova (2023) FATTY ACID COMPOSITION AND YIELD COMPONENTS OF HEMP (CANNABIS SATIVA L.) GENOTYPES OF DIFFERENT ORIGINS CULTIVATED IN LATVIA. Proceedings of International Congress on Oil and Protein Crops, EUCARPIA Oil and Protein Crops Section 2-4 November 2023, Antalya, Turkey, pp.65. ISBN #: 978-605-73041-9-3 [https://agbiol.congress.gen.tr/files/site/20/files/Morozova\\_et\\_al\\_2023\\_hemp\\_genotypes.jpg](https://agbiol.congress.gen.tr/files/site/20/files/Morozova_et_al_2023_hemp_genotypes.jpg)
6. Dalība konferencē Grieķijā (attālināti).  
Teirumnieka, E., Patel, N., Laktuka, K., Dolge, K., Veidenbergs, I., Blumberga, D. Is Hemp Sustainable Energy Resource? 1<sup>st</sup> International Conference on Sustainable Chemical and Environmental Engineering, Greece, 31<sup>st</sup> August to 4<sup>th</sup> September, 2022.
7. Dalība konferencē Igaunijā (attālināti)

- Teirumnieka, Ē., Blumberga, D., Teirumnieks, E., Stramkale, V. Product-oriented production of industrial hemp according to climatic conditions. *Biosystem Engineering* 2021, May 5, 2021, Estonia.
8. Stramkale, V., Morozova, I., Cernova, L., Stramkalis, A. (2023) Industrial Hemp Varieties-Productivity Potential in the Latvian Climatic Conditions (2023) *Vide. Tehnologija. Resursi - Environment. Technology. Resources.* Rezekne, Latvia Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference. Volume 1, 214-219 ISSN 2256-070X <https://doi.org/10.17770/etr2023vol1.7281> View of INDUSTRIAL HEMP VARIETIES PRODUCTIVITY POTENTIAL IN THE LATVIAN CLIMATIC CONDITIONS (rta.lv) <https://www.lptf.lbtu.lv/sites/lptf/files/2024-02/7.png>
  9. Teirumnieka, Ē., Blumberga, D., Teirumnieks, E., Stramkale, V. (2021) Product-oriented production of industrial hemp according to climatic conditions. *Agronomy Research* 19(4), 2026–2036. <https://doi.org/10.15159/AR.21.123>
  10. Teirumnieka, E., Patel, N., Laktuka, K., Dolge, K., Veidenbergs, I., Blumberga, D. (2022) Sustainability Dilemma of Hemp Utilization for Energy Production. *Energy Nexus.* <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100213>
  11. Teirumnieka, Ē., Blumberga, D., Teirumnieks, E. (2021) The application of hemp in bioeconomy. // *Environment. Technology. Resources.* Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Volume I, pages 281–287. <https://dx.doi.org/10.17770/etr2021vol1.6966>. <https://journals.rta.lv/index.php/ETR/article/view/6966/5761>
  12. Stramkale, V., Andze, L., Cernova, L., Teirumnieka, E., Filipova, I., Stramkalis, A., Teirumnieks, E., and Andzs, M. (2024) Industrial Hemp Varieties Performance in Northern Europe's Baltic Sea Climate. *MDPI Agronomy.* Iesniegts publicēšanai. Q1 (starp 25% labākajiem nozares žurnāliem) līmeņa **zinātnisks raksts** – iesniegts, recenzēts, labošanas procesā.

Pievienota informāciju no epasta sarakstes ar zinātniskā raksta publicētāju:

*Manuscript ID: agronomy-3074095*

*Type of manuscript: Article*

*Title: Industrial Hemp Varieties Performance in Northern Europe's Baltic Sea Climate*

*Authors: Veneranda Stramkale, Laura Andze \*, Larisa Cernova, Erika Teirumnieka, Inese Filipova, Aldis Stramkalis, Edmunds Teirumnieks, Martins Andzs*

*Received: 8 Jun 2024*

*E-mails: [veneranda.stramkale@arei.lv](mailto:veneranda.stramkale@arei.lv), [laura.andze@kki.lv](mailto:laura.andze@kki.lv), [larisa.cernova@arei.lv](mailto:larisa.cernova@arei.lv), [erika.teirumnieka@rta.lv](mailto:erika.teirumnieka@rta.lv), [inese.filipova@kki.lv](mailto:inese.filipova@kki.lv), [aldis.stramkalis@arei.lv](mailto:aldis.stramkalis@arei.lv), [edmunds.teirumnieks@rta.lv](mailto:edmunds.teirumnieks@rta.lv), [martins.andzs@kki.lv](mailto:martins.andzs@kki.lv)*

*Horticultural and Floricultural Crops*

*[https://www.mdpi.com/journal/agronomy/sections/Horticultural Floricultural Crops](https://www.mdpi.com/journal/agronomy/sections/Horticultural_Floricultural_Crops)*

*Agronomy and Utilization of Industrial Hemp*

*[https://www.mdpi.com/journal/agronomy/special\\_issues/7AD5I5N0VF](https://www.mdpi.com/journal/agronomy/special_issues/7AD5I5N0VF)*

*Please could you update us on the progress of your revisions?*

*If you have finished your revisions, please upload the revised version together with your responses to the reviewers. The date that we hope to receive your revised manuscript is 28 June 2024.*

*You can find your manuscript and review reports at this link:*

*<https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/resubmit/416bccdd6a00011c24878d380a0e5e3ff>*

*If you have any questions, please feel free to contact us.*

*Thank you in advance for your kind cooperation and we look forward to hearing from you soon.*

*Kind regards,  
Ms. Yoanna Li  
Section Managing Editor  
E-Mail: [yoanna.li@mdpi.com](mailto:yoanna.li@mdpi.com)*

*Twitter: @Agronomy\_Mdpi  
LinkedIn: Agronomy MDPI  
Facebook: Agronomy MDPI*

*We are pleased to announce the new CiteScore and Impact Factor of 2023:*

*- CiteScore 2023: 6.2, ranking in Q1 (#62 of 406) in the "Agronomy and Crop Science" category, which has been rising for 5 consecutive years.*

*- IF 2023: 3.3, 5-Year Impact Factor: 3.7, ranking in Q1 (#20 of 125) in the "Agronomy" category and rising to Q1 (#64 of 265) in the "Plant Sciences" category.*

### **Projekta rezultātā izstrādātie un aizstāvētie darbi.**

1. Ē. Teirumnieka. Promocijas darbs “Kaņepju attīstības ilgtspēja enerģētikā un citās tautsaimniecības nozarēs”, Rīga, RTU, 2023. [https://ebooks.rtu.lv/wp-content/uploads/sites/32/2023/03/PD\\_Erika-Teirumnieka\\_LV.pdf](https://ebooks.rtu.lv/wp-content/uploads/sites/32/2023/03/PD_Erika-Teirumnieka_LV.pdf)

2. P. Ločmele. bakalaura darbs “Linsēklu "Vilani" un kaņepju "Pūriņi" auksti spiestu eļļu salīdzinājums”, Rīga, RSU, 2023.

## SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

1. Duāla industriālo kaņepju novākšana Latvijas apstākļos vienas sezonas ietvaros ir ļoti apgrūtināšana laikapstākļu dēļ – laikā, kad sēklas ir beidzot sasniegušas atbilstošu gatavības pakāpi, kaņepju stiebru novākšana vienas sezonas ietvaros (pļaušana, tilināšana, žāvēšana, presēšana) ir praktiski neiespējama klimatisko apstākļu dēļ, kā arī iegūtas sēklas kvalitāte ir zema un īpašības nav atbilstošas izmantošanai pārtikā. Industriālo kaņepju graudiņu realizācijas vērtība ir zema. Kaņepju audzēšana duālam mērķim (vienlaicīgi šķiedru un sēklu ieguvei) nav tehniski pamatota, jo vienlaicīga sēklu un šķiedru novākšana ir apgrūtināta atšķirīgo sēklu un šķiedru nobriešanas laika dēļ.
2. Ja nolemts kaņepju gala vākšanu veikt pavasarī, tad tiek rekomendēts kaņepes tilināt uz kāta. Pie kaņepju novākšanas un uzglabāšanas jāņem vērā, ka kaņepju stiebru mitrums nedrīkst pārsniegt 16%, lai tās nepelētu, nesarūgtu vai nesapūtu.
3. Ja nolemts kaņepju gala vākšanu veikt vienas sezonas ietvaros, tad tiek rekomendēts veikt kaņepju pļaušanu augusta 2. vai 3.dekādē Austrumlatvijā, citos Latvijas reģionos pļaušanas laika nobīde atbilstoši agroklimatiskajiem apstākļiem.
4. Zaļo kaņepju stiebru satīšana plēvē un konservēšana ļauj ātri novākt kaņepju stiebru ražu un atvieglo to uzglabāšanu. Konservēto kaņepju izmantošana patreiz ir ierobežota, trūkst pētījumu un zināšanu par to izmantošanu. Projekta ietvaros eksperimentāli iegūta izejviela no konservētās kaņepju masas siltumizolācijas ražošanai, kas pierāda šāda veida kaņepju izejmateriāla sagatavošanas potenciālu.
5. Efektīvai industriālo kaņepju novākšanai un izejmateriāla sagatavošanai visbūtiskākais ir atbilstošas tehnikas izmantošana (specializēta kaņepju stiebru garumošanas iekārta (Hemp Cut), vairāku līmeņu segmenta pļaujmašīnas, ātrgaitas ārdītāji, vālotāji, atbilstošas konstrukcijas presēšanas iekārtas (bez griezējnažiem/smalcinātājiem, ar mazāku vienlaicīgi padodamo presējamo masu).
6. Klimatiskie apstākļi būtiski ietekmē kaņepju augšanu un attīstību. Vērtējot klimatisko apstākļu svārstības, var secināt, ka augstākus dīgtspējas riska faktoros var radīt temperatūras paaugstināšanās un mazais nokrišņu daudzums maijā, kā arī salnas risks pēc sadīgšanas. Silts un nokrišņiem bagāts veģetācijas vidusposms (jūnijs-jūlijs) nodrošina vienmērīgu kaņepju augšanu un nobriešanu. Tad tiek iegūta vislielākā stiebru un sēklu raža.
7. Izvērtējot parauglaukumos dažādu kaņepju šķirņu piemērotību Latvijas klimatiskajiem un augsnes apstākļiem, tika secināts, ka sēklu ieguvei vispiemērotākā ir šķirne “Henola”, šķiedru ieguvei – “Futura 75”, duālai audzēšanai no sēklu šķirnēm – “KA-2-2011” (Latvijā selekcionēta šķirne projekta ietvaros) bet no šķiedru šķirnēm – “USO-31”. Vislielāko biomasas iznākumu nodrošina “Bialobrzeskie”.
8. Piemērotu laikapstākļu gadījumā, ievērojot novākšanas termiņus un tehnoloģiju, iespējama kaņepju dabīgā tilināšana uz lauka, iegūstot labas kvalitātes izejmateriālu. Augstākas kvalitātes (ar noteiktām šķiedras īpašībām) izejmateriālu iegūšanai veicama mākslīgā tilināšana, kas ir vadāms process ar paredzamu rezultātu.
9. Izvērtējot dažādas kaņepju stiebru tilināšanas metodes laboratorijas apstākļos kā piemērotākās industriālai izmantošanai tika izvēlētas - tilināšana 50°C ūdenī 1h, un tilināšana 0,5% NaOH šķīdumā 27°C-28°C temperatūrā 1 h.
10. Pilotmērogā apbērtās tilināšanas metodes uzrāda līdzvērtīgu efektivitāti attiecībā uz spaļu un šķiedru atdalīšanu, bet 50°C ūdenī tilinātās šķiedras ir gaišākas nekā netilinātas un 27°C 0,5% NaOH šķīdumā tilinātu kaņepju stiebru šķiedras.
11. Atkarībā no kaņepju pielietošanas veida, gala lietotāja prasībām, ekoloģiskiem un ekonomiskiem nosacījumiem iespējams pielāgot un izvēlēties atbilstošu kaņepju šķiedru balināšanas metodi.

12. Secināts, ka divas piemērotākās balināšanas metodes ir izmantojot nātrija perhlorātu ( $\text{NaClO}$ ) vai peroksīdu sārmainā vidē ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Izmantojot nātrija perhlorātu iespējams iegūtu būtiski gaišāku šķiedru zemākā temperatūrā (23 grādi) un īsākā laikā. Izmantojot nātrija perhlorātu jāievēro darba drošība, un jālieto personīgie aizsardzības līdzekļi. Jāņem vērā, ka tas ir hloru saturošs savienojums un atsavišķi gala lietotāji var lūgt neizmantot hloru saturošus balinātājus. Peroksīda metodē tiek izmantotas nekaitīgāki savienojumi, taču daudz lielākas koncentrācijas, augstāka temperatūra (90 grādi) un ilgāks apstrādes laiks, kas arī būtiski ietekmē klimatu.
13. Kaņepju šķiedru žūšanas procesu ietekmē gan kaņepju audzēšanas, gan novākšanas, gan uzglabāšanas un papildu apstrādes faktori, un korekta sausināšanas tehnoloģijas izvēle ļauj saglabāt labas šķiedru īpašības.
14. Intensificēta sausināšana (mākslīga) ir ieteicama, ja nepieciešams ātrāks, kontrolējams process un kvalitatīvākas šķiedras, piem. 1) novācot kaņepju zaļo masu uzreiz no lauka, neveicot žāvēšanu un tilināšanu uz lauka; 2) pēc mākslīgās tilināšanas un/vai balināšanas.
15. Projekta partnera SIA "Biorefic" izstrādātā integrētā biorafinēšanas platforma, izmantojot "Food-First Upcycling" pieeju, veiksmīgi maksimāli izmanto biomasas potenciālu, radot augstvērtīgus produktus ar minimālu atkritumu daudzumu. Prebiotisko produktu ražošana no kaņepju čauliņām ir ekonomiski izdevīga un var veicināt dzīvnieku veselību un produktivitāti, tādējādi palielinot ekonomisko izdevīgumu un konkurētspēju tirgū.
16. Pirmais solis biorafinēšanas platformā ir hemicelulozes un tās atvasinājumu, piemēram, ksilo-oligosaharīdu (XOS) un ksilozes, ekstrahēšana. XOS piemīt spēcīgas prebiotiskās īpašības, kas uzlabo zarnu mikrobioma veselību gan cilvēkiem, gan dzīvniekiem. Atlikusī biomasu var tikt izmantota ūdeņraža ražošanai, izmantojot gazifikācijas procesus. Izolēto ūdeņradi var izmantot rūpniecībā, transporta sektorā un enerģētisko produktu, piemēram, metanola vai dimetilētera (DME), ražošanai. Gazifikācijas procesā radušies pelni var tikt izmantoti kā mēslojums, uzlabojot augsnes auglību un struktūru.
17. Projekta ietvaros prebiotisko dzīvnieku barības sastāvdaļu ražošanai tika izmantota tvaika sprādziena metode, kas ir ekonomiski izdevīgāka salīdzinājumā ar citiem ražošanas procesiem un ļauj ražot prebiotiskos produktus ar zemākām izmaksām.
18. Kaņepju spaļus ir iespējams izmantot kā kurināmo, jo to siltumspēja (16,38 līdz 17,46 MJ/kg) ir līdzīga koksnes kurināma siltumspējai (vidēji 17 līdz 18 MJ/kg). Lai paaugstinātu kaņepju spaļus saturošā kurināmā pelnu kušanas temperatūru, kaņepju spaļiem ir jāpievieno aptuveni 3% kalcija hidroksīda vai kalcija karbonāta. Efektīvāk pelnu kušanas temperatūru paaugstina kalcija hidroksīds - no 1050 °C (bez piedevām) līdz 1385 °C (ar piedevām).
19. Kaņepju spaļus saturošās koksnes granulas ir ar salīdzinoši augstā pelnu saturu (2,3 - 2,8%), tamdēļ no kaņepju spaļus var izmantot tikai zemākās kvalitātes granulu ražošanā. Siltumspēja būtiski nemainās atkarībā no kaņepju spaļu un koksnes proporcijas granulās.
20. Kaņepes ir izmantojams kompozītmateriālu izgatavošanā, aizvietojoš sintētiskos materiālus, kas iegūti no fosilajiem resursiem.
21. Padziļināti papildus pētījumi veiksmīgai industriālo kaņepju nozares attīstībai būtu veicami industriālo kaņepju iekļaušanai augu sekā, papildus zaļmēslojuma izmantošanu industriālo kaņepju audzēšanā.

## Izmantotā literatūra

- [1] Clarke, R.C. Botany of the Genus Cannabis. In *Advances in Hemp Research*; Ranalli, P., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1999; pp. 1–19.
- [2] Tourangeau, W. Re-Defining Environmental Harms: Green Criminology and the State of Canada's Hemp Industry. *Can. J. Criminol. Crim. Justice* 2015, 57, 528–554.
- [3] Fu, Y.-B. Genetic Evidence for Early Flax Domestication with Capsular Dehiscence. *Genet. Resour. Crop Evol.* 2011, 58, 1119–1128.
- [4] Kvavadze, E.; Bar-Yosef, O.; Belfer-Cohen, A.; Boaretto, E.; Jakeli, N.; Matskevich, Z.; Meshveliani, T. 30,000-Year-Old Wild Flax Fibers. *Science* 2009, 325, 1359.
- [5] Melelli, A.; Shah, D.U.; Hapsari, G.; Cortopassi, R.; Durand, S.; Arnould, O.; Placet, V.; Benazeth, D.; Beaugrand, J.; Jamme, F.; et al. Lessons on Textile History and Fibre Durability from a 4000-Year-Old Egyptian Flax Yarn. *Nat. Plants* 2021, 7, 1200–1206.
- [6] Akin, D.E. Linen Most Useful: Perspectives on Structure, Chemistry, and Enzymes for Retting Flax. *ISRN Biotechnol.* 2013, 186534.
- [7] Allegret, S. The History of Hemp. In *Hemp: Industrial Production and Uses*; CAB International: Bar sur Aube, France, 2013; pp. 4–25. ISBN 978-1-84593-792-8.
- [8] Clarke, R.C. Traditional Fiber Hemp (Cannabis) Production, Processing, Yarn Making, and Weaving Strategies—Functional Constraints and Regional Responses. Part 2. *J. Nat. Fibers* 2010, 7, 229–250.
- [9] Carus, M.; Gahle, C.; Pendarovski, C.; Vogt, D.; Ortmann, S.; Grotenhermen, F.; Breuer, T.; Schmidt, C. Studie Zur Markt- Und Konkurrenz—Situation Bei Naturfasern Und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland Und EU)
- [10] Smith-Heisters, S. Environmental Costs of Hemp Prohibition in the United States. *J. Ind. Hemp* 2008, 13, 157–170.
- [11] SCOPUS datu bāze, tiešsaites resurs: <https://www.scopus.com/> [Skatīts 24.05.2024]
- [12] Global Industrial Hemp Market Report. 2022. “Increasing Legalization of Industrial Hemp Cultivation Drives Growth.” Accessed September 12, 2023. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/12/06/2568001/28124/en/Global-Industrial-Hemp-Market-Report-2022-Increasing-Legalization-of-Industrial-Hemp-Cultivation-Drives-Growth.html> Google Scholar
- [13] Scheibe, M., Urbaniak, M., & Bledzki, A. (2023). Application of Natural (Plant) Fibers Particularly Hemp Fiber as Reinforcement in Hybrid Polymer Composites - Part II. Volume of Hemp Cultivation, Its Application and Sales Market. *Journal of Natural Fibers*, 20(2). <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2276715>
- [14] Hempedification mājaslapa. Hemp production around the world. Amberznectarz (2022) Tiešsaite: <https://hempedification.wordpress.com/2022/11/04/hemp-production-around-the-world-2022/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [15] Pokora-Kalinowska, M. 2020. “Ministry of Agriculture Makes Chance for Hemp.” [In Polish]. Accessed February 25, 2021. <http://www.farmer.pl/finanse/podatki-rachunkowosc/ministerstwo-rolnictwa-stawia-na-konopie-wlokniste,91725.html>.
- [16] Oficiāla Eiropas Savienības tīmekļa vietne. Kaņepju ražošana ES. Tiešsaite: [https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp\\_lv](https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_lv) [Skatīts 24.05.2024.]
- [17] Oficiāla Eiropas Savienības tīmekļa vietne. Lauku attīstība. Tiešsaite: [https://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020\\_lv](https://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020_lv) [Skatīts 24.05.2024.]
- [18] Market Data Forecast. Europe Industrial Hemp Market Research Report - Segmented By Type, Application and Country (UK, France, Spain, Germany, Italy, Russia, Sweden, Denmark, Switzerland, Netherlands, Turkey, Czech Republic & Rest of EU) – Industry Size, Share, Trends & Growth Forecast (2024 to 2029). 2024. Tiešsaite:



- <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-industrial-hemp-market> [Skatīts 24.05.2024.]
- [19] Hemp Industry Daily. Chart: Hemp's economic impact to US economy could near \$16 billion by 2025. (2021). Tiešsaite: <https://hempindustrydaily.com/chart-hemp-economic-impact-to-us-economy-could-near-16-billion-by-2025/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [20] Safe Harbor Financial. Hemp Cultivation – What are the Benefits to the US Economy? Tiešsaite: <https://shfinancial.org/hemp-cultivation-what-are-the-benefits-to-the-us-economy/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [21] Stateline. The Hemp Boom is Over. What Now? SOPHIE QUINTON (2021) Tiešsaite: <https://stateline.org/2021/07/09/the-hemp-boom-is-over-what-now/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [22] Hemp Industry Daily. HEMP CULTIVATION IN EUROPE. Monica Raymunt (2020) Tiešsaite: <https://hempindustrydaily.com/wp-content/uploads/2020/07/hemp-in-europe-2020-FINAL.pdf> [Skatīts 24.05.2024.]
- [23] Agricultural Registers and Information Board (ARIB), Ministry of Regional Affairs and Agriculture. Tiešsaites resurs. Saite: <https://www.pria.ee/en> [Skatīts 24.05.2024.]
- [24] Nordic Hemp Cooperation. Tiešsaistes resurss: <https://nordichemp.ee/our-story/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [25] Lauku tīkls. Kaņepju audzēšanai Latvijā ir nākotne. Rode, S. (2017) Tiešsaistes resurss: <https://www.laukutikls.lv/nozares/uznemejdarbiba/raksti/kanepju-audzesanai-latvija-ir-nakotne> [Skatīts 24.05.2024.]
- [26] Lasi.lv. Kur ir Latvijas lielākie linu un kaņepju lauki. Graudiņš, U. (2023) Tiešsaistes resurss: <https://lasi.lv/saimnieks-uznemejs/lauksaimnieciba/kur-ir-latvijas-lielakie-linu-un-kanepju-lauki.526> [Skatīts 24.05.2024.]
- [27] Latvijas Republikas Zemkopības ministrija. Latvijas lauksaimniecība 2022. (2023) Tiešsaistes resurss: <https://www.zm.gov.lv/lv/media/12006/download?attachment> [Skatīts 24.05.2024.]
- [28] Oficiālās statistikas portāls. Tiešsaistes resurss: [https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP\\_PUB/START\\_\\_NOZ\\_\\_LA\\_\\_LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/](https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__LA__LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/) [Skatīts 24.05.2024.]
- [29] Vilcina, A., Grinberga-Zalite, G., Makovska, M. Development of hemp industry in the european union and Latvia, RFDS. 14(2022), No. 3, 199, DOI 10.15181/rfds.v14i3.876
- [30] Saimnieks.lv Kaņepju audzēšanai Latvijā ir nākotne. Purviņa, A. (2021) Tiešsaistes resurss: <https://www.saimnieks.lv/raksts/kanepju-audzesanai-latvija-ir-nakotne> [Skatīts 24.05.2024.]
- [31] Strazds, G., Stramkale, V., Laizāns, L. Ieteikumi kaņepju ieteikumi rūpniecisko kaņepju audzētājiem un pārstrādātājiem. Praktiska rokasgrāmata. Rīga. SIA “Biznesa augstskola Turība”, 2012. Tiešsaistes avots: [https://xn--kaepes-xeb.lv/wp-content/uploads/2014/03/Rokasgramata\\_kanepju\\_audzetajiem\\_un\\_parstradatajiem.pdf](https://xn--kaepes-xeb.lv/wp-content/uploads/2014/03/Rokasgramata_kanepju_audzetajiem_un_parstradatajiem.pdf) [Skatīts 24.05.2024.]
- [32] Report. 2023. Industrial Hemp Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product (Seeds, Fiber, Shives), by Application (Animal Care, Textiles, Food & Beverages, Construction Materials, Personal Care), by Region, and Segment Forecasts, 2023 - 2030. Report ID GVR-2-68038-389-8. Historical Range 2018 - 2021. <http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market>. [Skatīts 24.05.2024.]
- [33] Freedom Stowarzyszenie Ekologiczno-Kulturalne. 2019. “Applications of Hemp.” [In Polish]. Tiešsaistes avots: <http://www.konopie.info.pl/zastosowanie> [Skatīts 24.05.2024.]
- [34] Parvez, A.M., Lewis, J. D., Afzal, M.T. Potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for bioenergy production in Canada: Status, challenges and outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews.141. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110784>
- [35] Ahmed, A. T. M. F., Islam, M. Z., Mahmud, M. S., Sarker, M. E., & Islam, M. R. (2022). Hemp as a potential raw material toward a sustainable world: A review. Heliyon, 8(1), e08753. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08753>

- [36] Hyler Tiešsaistes resurs: <https://www.hyler.be/en/machine/hyler-sativa-fl20/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [37] Hyler mājas lapa. Tiešsaistes resurs: <https://www.hyler.be/en/machine/hyler-easy-turn-113a/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [38] Hyler mājas lapa Tiešsaistes resurs: <https://www.hyler.be/en/machine/hyler-lupus-hi-density-bailer/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [39] Formation Ag mājaslapa Tiešsaistes resurs: <https://formation-ag.com/products/harvesting/cleancut> [Skatīts 24.05.2024.]
- [40] Formation Ag mājaslapa Tiešsaistes resurs: <https://formation-ag.com/products/harvesting/cleanstrip> [Skatīts 24.05.2024.]
- [41] HEMP HARVEST WORKS mājaslapa. FiberCut Tiešsaistes resurs: <https://hempharvestworks.com/fibercut/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [42] Hemp Cutter mājaslapa. The next generation of hemp harvester. Tiešsaistes resurs: <https://www.hempcutter.com/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [43] Hempdig mājaslapa. KP-4 Laurentis Hemp Cutter. Tiešsaistes resurs: <https://hempdig.com/companies/equipment-supplier/kp-4-laurentis-hemp-cutter/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [44] Hemp Foundation mājaslapa. The Complete Cycle of Hemp Oil Manufacturing. Vivek, V.(2019) Tiešsaistes resurs: <https://hempfoundation.net/the-complete-cycle-of-hemp-oil-manufacturing/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [45] JK Machinery mājaslapa. JHC Compact Dehullers. Tiešsaistes resurs: <https://jk-machinery.com/machines/jhc-compact-dehullers/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [46] ABC-machinery mājaslapa. Single screw oil press machine. Tiešsaistes resurs: <https://www.bestoilpressmachines.com/single-screw-oil-press-machine/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [47] FormationAg mājaslapa. FiberTrack Micro. Tiešsaistes resurs: <https://formation-ag.com/products/processing/decorticator/fibertrack118> [Skatīts 24.05.2024.]
- [48] FormationAg mājaslapa. FiberTrack 660. Tiešsaistes resurs: <https://formation-ag.com/products/processing/decorticator/fibertrack660> [Skatīts 24.05.2024.]
- [49] YouTube. Mpacts DEM simulation of scutching machine. Tiešsaistes resurs: [https://www.youtube.com/watch?v=wkIadVGhQeg&ab\\_channel=TexdecorGroupExport](https://www.youtube.com/watch?v=wkIadVGhQeg&ab_channel=TexdecorGroupExport) [Skatīts 24.05.2024.]
- [50] Gregoire, M., De Luycker, E., Bar, M. et al. Study of solutions to optimize the extraction of hemp fibers for composite materials. *SN Appl. Sci.* 1, 1293 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1332-4>
- [51] Van den Oever M, de Wagenaar D, Hosper G, Reinders M, Vermeire S, de Raeve A et al. Handbook of hemp cultivation, processing and applications : from farm to products. Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research, 2023. 61 p. (Report / Wageningen Food & Biobased Research; 2509). doi: 10.18174/642557
- [52] Marie Grégoire, Mahadev Bar, Emmanuel De Luycker, Salvatore Musio, Stefano Amaducci, Xavier Gabrion, Vincent Placet, Pierre Ouagne, Comparing flax and hemp fibres yield and mechanical properties after scutching/hackling processing, *Industrial Crops and Products*, Volume 172, 2021, 114045, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114045>.
- [53] Textile school mājaslapa. Ring Spinning, the widely used yarn formation technique. (2018) Tiešsaistes resurs: <https://www.textileschool.com/317/ring-spinning-the-widely-used-yarn-formation-technique/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [54] YouTube mājaslapa. Rieter K45 Compact spinning machine- Compacting principle shortened. Tiešsaistes resurs: [https://www.youtube.com/watch?v=rMtYID--o7k&ab\\_channel=Rieter](https://www.youtube.com/watch?v=rMtYID--o7k&ab_channel=Rieter) [Skatīts 24.05.2024.]
- [55] Extractz mājaslapa. What is co2 extraction and how does it work? (2017) Tiešsaistes resurs: <https://www.extractz.com/what-is-co2-extraction> [Skatīts 24.05.2024.]

- [56] Labx mājaslapa. PSICO2 REBEL-CO2 Extractor (Hemp/Cannabis) Tiešsaistes resurss: <https://www.labx.com/item/psico2-rebel-co2-extractor-hemp-cannabis/10367804> [Skatīts 24.05.2024.]
- [57] Extractcraft mājaslapa. Source Turbo Concentrate Extractor. Tiešsaistes resurss: <https://extractcraft.com/product/source-turbo/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [58] haharvest mājaslapa. Hemp Juice – Its Benefits and Uses. Dane, K. (2022) Tiešsaistes resurss: <https://haharvest.com/hemp-juice-its-benefits-and-uses/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [59] Certified Laboratories, Inc. Certificate of analysis. Print. Date: 26.05.2016. Las Vegas, NV 89113. Tiešsaistes resurss: [https://prismic-io.s3.amazonaws.com/goodnature/cf82919e-30e1-46a7-b8d5-61c7ed41104b\\_Cold-pressed-vs-centrifuge-shelf-life-test.pdf](https://prismic-io.s3.amazonaws.com/goodnature/cf82919e-30e1-46a7-b8d5-61c7ed41104b_Cold-pressed-vs-centrifuge-shelf-life-test.pdf) [Skatīts 24.05.2024.]
- [60] Wang, Qingling, Jiang Jiang, and Youling L. Xiong. 2018. "High Pressure Homogenization Combined with Ph Shift Treatment: A Process to Produce Physically and Oxidatively Stable Hemp Milk." *Food Research International* 106:487–494. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.021> [Skatīts 24.05.2024.]
- [61] Curl, Sarah, Daniela Rivero-Mendoza, and Wendy J. Dahl. 2020. "Plant-Based Milks: Hemp: FSHN20-53/FS420, 10/2020". *EDIS 2020* (5). Gainesville, FL. <https://doi.org/10.32473/edis-fs420-2020>. [Skatīts 24.05.2024.]
- [62] Ellspringcbd mājaslapa. Hemp Paper Production Process. Tiešsaistes resurss: <https://www.wellspringcbd.com/hemp-paper/hemp-paper-production-process/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [63] Happyfarmer mājaslapa. Why Hemp Bedding? Robinson, T. Tiešsaistes resurss: <https://www.happyfarmer.co/journal/why-hemp-bedding> [Skatīts 24.05.2024.]
- [64] Bonini, S.A.; Premoli, M.; Tambaro, S.; Kumar, A.; Maccarinelli, G.; Memo, M.; Mastinu, A. *Cannabis sativa: A comprehensive ethnopharmacological review of a medicinal plant with a long history.* *J. Ethnopharmacol.* 2018, 277, 300–315. [Google Scholar] [CrossRef]
- [65] Schwab, U.S.; Callaway, J.C.; Erkkilä, A.T.; Gynther, J.; Uusitupa, M.I.; Järvinen, T. Effects of hempseed and flaxseed oils on the profile of serum lipids, serum total and lipoprotein lipid concentrations and haemostatic factors. *Eur. J. Nutr.* 2006, 45, 470–477. [Google Scholar] [CrossRef]
- [66] Ji, A.; Jia, L.; Kumar, D.; Yoo, C.G. Recent Advancements in Biological Conversion of Industrial Hemp for Biofuel and Value-Added Products. *Fermentation* 2021, 7, 6. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010006>
- [67] Zhao, J.; Xu, Y.; Wang, W.; Griffin, J.; Roozeboom, K.; Wang, D. Bioconversion of industrial hemp biomass for bioethanol production: A review. *Fuel* 2020, 281, 118725. [Google Scholar] [CrossRef]
- [68] Kuglarz, M.; Alvarado-Morales, M.; Karakashev, D.; Angelidaki, I. Integrated production of cellulosic bioethanol and succinic acid from industrial hemp in a biorefinery concept. *Bioresour. Technol.* 2016, 200, 639–647. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- [69] Zhao, J.; Xu, Y.; Wang, W.; Griffin, J.; Wang, D. Conversion of liquid hot water, acid and alkali pretreated industrial hemp biomasses to bioethanol. *Bioresour. Technol.* 2020, 309, 123383. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- [70] Prade, T.; Svensson, S.-E.; Andersson, A.; Mattsson, J.E. Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. *Biomass Bioenergy* 2011, 35, 3040–3049. [Google Scholar] [CrossRef]
- [71] Khattab, M.M.; Dahman, Y. Production and recovery of poly-3-hydroxybutyrate bioplastics using agro-industrial residues of hemp hurd biomass. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2019, 42, 1115–1127. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- [72] Ravindra B. Malabadi, Kiran P. Kolkar, Raju K. Chalannavar. Industrial Cannabis sativa: Hemp oil for biodiesel production *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, 2023, 09(02), 022–035 DOI: <https://doi.org/10.30574/msarr.2023.9.2.0145>

- [73] Morselli, N., Puglia, M., Pedrazzi, S., Tartarini, P., Allesina, G. (2021). Domestic heating: Can hemp-hurd derived pellet be an alternative? *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, Vol. 16, No. 1, pp. 1-8. <https://doi.org/10.18280/ijdne.160101>
- [74] Kosiński, P.; Brzyski, P.; Tunkiewicz, M.; Suchorab, Z.; Wiśniewski, D.; Palczyński, P. Thermal Properties of Hemp Shives Used as Insulation Material in Construction Industry. *Energies* 2022, 15, 2461. <https://doi.org/10.3390/en15072461>
- [75] Auriga, R.; Pędzik, M.; Mrozowski, R.; Rogoziński, T. Hemp Shives as a Raw Material for the Production of Particleboards. *Polymers* 2022, 14, 5308. <https://doi.org/10.3390/polym14235308>
- [76] Kirilovs, Edgars & Dr. Gusovius, Hans-Jörg & Kukle, Silvija & Emsins, Juris. (2014). Performance of Fibreboards Made from Wetpreserved Hemp. *Materials Science. Textile and Clothing Technology*. 8. 65. 10.7250/mstct.2013.011.
- [77] Sustainable Agriculture Research and Education (SARE). Economic and Yield Potential of Hemp Waste Material in Specialty Mushroom Substrate. Final report for FW22-400 (2023). Tiešsaistes resurss: <https://projects.sare.org/project-reports/fw22-400/> [Skatīts 24.05.2024.]
- [78] Cleantechnica mājaslapa. Hemp For Victory! Researchers Make Better, Cheaper Batteries From Plant Waste. Hanley, S. (2022) Tiešsaistes resurss: <https://cleantechnica.com/2022/10/24/hemp-for-victory-researchers-make-better-cheaper-batteries-from-plant-waste/>
- [79] Antorán, Daniel & Alvira, Darío & Peker, M. & Malón, Hugo & Irusta, Silvia & Sebastian, Victor & Manyà, Joan. (2023). Waste Hemp Hurd as a Sustainable Precursor for Affordable and High-Rate Hard Carbon-Based Anodes in Sodium-Ion Batteries. *Energy & Fuels*. 37. 10.1021/acs.energyfuels.3c01040.
- [80] Ulme, A., Freivalde, L. Renewable Material Development in Area of Latvia. *Material Science. Textile and Clothing Technology*. Vol.4, 2009, pp.63-67. ISSN 1691-3132.
- [81] Pārtikas kaņepju audzēšanas, pirmapstrādes tehnoloģiju izstrāde un produkcijas kvalitātes uzlabošana uzņēmumu ilgtspējības un ekonomisko rādītāju uzlabošanai, Nr.17-00-A01620-000023, ATSKAITE
- [82] United Nations. Paris, France: Paris Agreement; 2015.
- [83] Ozturk M, Saba N, Altay V, Iqbal R, Hakeem KR, Jawaid M, Ibrahim FH. Biomass and bioenergy: an overview of the development potential in Turkey and Malaysia. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;79:1285–302.
- [84] Liu C-M, Wu S-Y. From biomass waste to biofuels and biomaterial building blocks. *Renew Energy* 2016;96:1056–62.
- [85] Nuffield Council on Bioethics. Biofuels: ethical issues. 2011 [Abingdon, UK].
- [86] Schluttenhofer C, Yuan L. Challenges towards revitalizing hemp: a multifaceted crop. *Trends Plant Sci* 2017;22(11):917–29.
- [87] Robbins Lynn, Snell Will, Halich Greg, Maynard Leigh, Dillon Carl, Spalding David. Economic considerations for growing industrial hemp: implications for Kentucky's farmers and agricultural economy department of agricultural economics (AEC). Kentucky, USA: University of Kentucky; 2013.
- [88] Florentin Y, Pearlmutter D, Givoni B, Gal E. A life-cycle energy and carbon analysis of hemp-lime bio-composite building materials. *Energy Build* 2017;156: 293–305.
- [89] Khan BA, Chevali VS, Na H, Zhu J, Warner P, Wang H. Processing and properties of antibacterial silver nanoparticle-loaded hemp hurd/poly(lactic acid) biocomposites. *Compos B Eng* 2016;100:10–8.
- [90] Barth M. Carbon footprint and sustainability of different natural fibres for biocomposites and insulation material. Hürth, Germany: nova Institute; 2015.
- [91] Kreuger E, Sipos B, Zacchi G, Svensson S-E, Björnsson L. Bioconversion of industrial hemp to ethanol and methane: the benefits of steam pretreatment and Co-production. *Bioresour Technol* 2011;102(3):3457–65.

- [92] Branca C, Di Blasi C, Galgano A. Experimental analysis about the exploitation of industrial hemp (*cannabis sativa*) in pyrolysis. *Fuel Process Technol* 2017;162: 20–9.
- [93] Li S-Y, Stuart JD, Li Y, Parnas RS. The feasibility of converting *cannabis sativa* L. Oil into biodiesel. *Bioresour Technol* 2010;101(21):8457–60.
- [94] Das L, Liu E, Saeed A, Williams DW, Hu H, Li C, Ray AE, Shi J. Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum. *Bioresour Technol* 2017;244:641–9.
- [95] Boakye-Boaten NA, Kurkalova L, Xiu S, Shahbazi A. Techno-economic analysis for the biochemical conversion of *miscanthus x giganteus* into bioethanol, vol. 98. *Biomass and Bioenergy*; 2017. p. 85–94.
- [96] Rehman MSU, Rashid N, Saif A, Mahmood T, Han J-I. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renew Sustain Energy Rev* 2013;18:154–64.
- [97] 2015, Industrial hemp enterprise, Alberta agriculture and forestry, [Alberta, Canada].
- [98] Callaway JC. Hempseed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica* 2004; 140(1):65–72.
- [99] Agbor V, Zurzolo F, Blunt W, Dartiailh C, Cicek N, Sparling R, Levin DB. Singlestep fermentation of agricultural hemp residues for hydrogen and ethanol production, vol. 64. *Biomass and Bioenergy*; 2014. p. 62–9.
- [100] Giss'en C, Prade T, Kreuger E, Nges IA, Rosenqvist H, Svensson S-E, Lantz M, Mattsson JE, B"orjesson P, Bj"ornsson L. "Comparing energy crops for biogas production – yields. Energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation, vol. 64. " *Biomass and Bioenergy*; 2014. p. 199–210.
- [101] Prade T, Finell M, Svensson S-E, Mattsson JE. Effect of harvest date on combustion related fuel properties of industrial hemp (*cannabis sativa* L.),". *Fuel* 2012;102:592–604.
- [102] Finnan J, Styles D. Hemp: a more sustainable annual energy crop for climate and energy policy. *Energy Pol* 2013;58:152–62.
- [103] Danielewicz D, Surma-Ślusarska B. Properties and fibre characterisation of bleached hemp, birch and pine pulps: a comparison. *Cellulose* 2017;24(11): 5173–86.
- [104] Hemp frontiers. 2005 ["Hemp Paper vs Tree Paper," CBD Oiled].
- [105] Ebskamp MJM. Engineering flax and hemp for an alternative to cotton. *Trends Biotechnol* 2002;20(6):229–30.
- [106] Duque Schumacher AG, Pequito S, Pazour J. Industrial hemp fiber: a sustainable and economical alternative to cotton. *J Clean Prod* 2020;268:122180.
- [107] Hern'andez BS, Barde M, Via B, Auad ML. Sustainable products from bio-oils. *MRS Bull* 2017;42(5):365–70.
- [108] Kim J-S. "Production, separation and applications of phenolic-rich bio-oil – a review. *Bioresour Technol* 2015;178:90–8.
- [109] Ballotin FC, Perdig'ao LT, Rezende MVB, Pandey SD, Silva M J da, Soares RR, Freitas JCC, Teixeira AP de C, Lago RM. Bio-oil: a versatile precursor to product carbon nanostructures in liquid phase under mild conditions. *New J Chem* 2019; 43(6):2430–3.
- [110] Kohli K, Prajapati R, Sharma BK. Bio-based chemicals from renewable biomass for integrated biorefineries. *Energies* 2019;12(2):233.
- [111] Shi Z, Yue L, Wang X, Lei X, Sun T, Li Q, Guo H, Yang W. 3D mesoporous hempactivated carbon/Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> in preparation of a binder-free Ni foam for a high performance all-solid-state asymmetric supercapacitor. *J Alloys Compd* 2019; 791:665–73.
- [112] Zhang J, Gao J, Chen Y, Hao X, Jin X. Characterization, preparation, and reaction mechanism of hemp stem based activated carbon. *Results Phys* 2017;7:1628–33.
- [113] Yao C, Joseph S, Li L, Pan G, Lin Y, Munroe P, Pace B, Taherymoosavi S, Van zwieten L, Thomas T, Nielsen S, Ye J, Donne S. Developing more effective enhanced biochar fertilisers for improvement of pepper yield and quality. *Pedosphere* 2015;25(5):703–12.

- [114] Liu S, Ge L, Gao S, Zhuang L, Zhu Z, Wang H. Activated carbon derived from biowaste hemp hurd and retted hemp hurd for CO<sub>2</sub> adsorption. *Composit Commun* 2017;5:27–30.
- [115] Jung S, Park Y-K, Kwon EE. Strategic use of biochar for CO<sub>2</sub> capture and sequestration. *J CO<sub>2</sub> Util* 2019;32:128–39.
- [116] Cuthbertson D, Berardi U, Briens C, Berruti F. Biochar from residual biomass as a concrete filler for improved thermal and acoustic properties, vol. 120. ” *Biomass and Bioenergy*; 2019. p. 77–83.
- [117] Attard TM, Bainier C, Reinaud M, Lanot A, McQueen-Mason SJ, Hunt AJ. Utilisation of supercritical fluids for the effective extraction of waxes and cannabidiol (CBD) from hemp wastes. *Ind Crop Prod* 2018;112:38–46.
- [118] Ploechl M, Heiermann M, Linke B, Schelle H. “Biogas crops – Part II: balance of greenhouse gas emissions and energy from using field crops for anaerobic digestion. *Agric Eng Int: CIGR Journal* 2009;11(4).
- [119] Enagi II, Al-attab KA, Zainal ZA. Liquid biofuels utilization for gas turbines: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2018;90:43–55.
- [120] Chakraborty R, Mukhopadhyay P. “Green fuel blending: a pollution reduction approach,” reference Module in materials Science and materials engineering. Elsevier; 2019.
- [121] Ahmad M, Ullah K, Khan MA, Zafar M, Tariq M, Ali S, Sultana S. Physicochemical analysis of hemp oil biodiesel: a promising non edible new source for bioenergy. *Energy Sources, Part A Recovery, Util Environ Eff* 2011;33(14):1365–74.
- [122] Goh BHH, Ong HC, Cheah MY, Chen W-H, Yu KL, Mahlia TMI. Sustainability of direct biodiesel synthesis from microalgae biomass: a critical review. *Renew Sustain Energy Rev* 2019;107:59–74.
- [123] Veljković VB, Biberdžić MO, Banković-Ilić IB, Djalović IG, Tasić MB, Nježić ZB, Stamenković OS. Biodiesel production from corn oil: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2018;91:531–48.
- [124] Nautiyal P, Subramanian KA, Dastidar MG. Production and characterization of biodiesel from algae. *Fuel Process Technol* 2014;120:79–88.
- [125] Verma P, Sharma MP, Dwivedi G. Evaluation and enhancement of cold flow properties of palm oil and its biodiesel. *Energy Rep* 2016;2:8–13.
- [126] Brown Lester R. *Plan B 2.0: rescuing a planet under stress and a civilization in trouble*. New York, NY: W.W. Norton & Co.; 2006.
- [127] Mat Yasin MH, Mamat R, Najafi G, Ali OM, Yusop AF, Ali MH. Potentials of palm oil as new feedstock oil for a global alternative fuel: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2017;79:1034–49.
- [128] Krishna SM, Abdul Salam P, Tongroon M, Chollacoop N. Performance and emission assessment of optimally blended biodiesel-diesel-ethanol in diesel engine generator. *Appl Therm Eng* 2019;155:525–33.
- [129] Fu J. Flash points measurements and prediction of biofuels and biofuel blends with aromatic fluids. *Fuel* 2019;241:892–900.
- [130] In situ hydrodeoxygenation upgrading of pine sawdust bio-oil to hydrocarbon biofuel using Pd/C catalyst. *J Energy Inst* 2018;91(2):163–71.
- [131] Kuglarz M, Gunnarsson IB, Svensson S-E, Prade T, Johansson E, Angelidaki I. Ethanol production from industrial hemp: effect of combined dilute acid/steam pretreatment and economic aspects 163. ” *Bioresource Technology*; 2014. p. 236–43.
- [132] Tutt M, Kikas T, Olt J. Influence of harvesting time on biochemical composition and glucose yield from hemp 2013;11(1).
- [133] Sipos B, Kreuger E, Svensson S-E, R´eczey K, Björnsson L, Zacchi G. Steam pretreatment of dry and ensiled industrial hemp for ethanol production. *Biomass Bioenergy* 2010;34(12):1721–31.

- [134] Mabee WE, Saddler JN. Bioethanol from lignocellulosics: status and perspectives in Canada. *Bioresour Technol* 2010;101(13):4806–13.
- [135] Zhao J, Xu Y, Wang W, Griffin J, Wang D. Conversion of liquid hot water, acid and alkali pretreated industrial hemp biomasses to bioethanol. *Bioresour Technol* 2020;309:123383.
- [136] Maucieri C, Camarotto C, Florio G, Albergo R, Ambrico A, Trupo M, Borin M. Bioethanol and biomethane potential production of thirteen pluri-annual herbaceous species. *Ind Crop Prod* 2019;129:694–701.
- [137] Kreuger E, Prade T, Escobar F, Svensson S-E, Englund J-E, Björnsson L. “Anaerobic digestion of industrial hemp—effect of harvest time on methane energy yield per hectare. *Biomass Bioenergy* 2011;35(2):893–900.
- [138] Prade T, Svensson S-E, Mattsson JE. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass Bioenergy* 2012;40:36–52.
- [139] Cheng C-L, Lo Y-C, Lee K-S, Lee D-J, Lin C-Y, Chang J-S. Biohydrogen production from lignocellulosic feedstock. *Bioresour Technol* 2011;102(18):8514–23.
- [140] Bizkarra K, Barrio VL, Gartzia-Rivero L, Bañuelos J, López-Arbeloa I, Cambra JF. Hydrogen production from a model bio-oil/bio-glycerol mixture through steam reforming using zeolite L supported catalysts. *Int J Hydrogen Energy* 2019;44(3): 1492–504.
- [141] Prade T, Svensson S-E, Andersson A, Mattsson JE. Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. *Biomass Bioenergy* 2011;35(7): 3040–9.
- [142] Huang Y-F, Syu F-S, Chiueh P-T, Lo S-L. Life cycle assessment of biochar cofiring with coal. *Bioresour Technol* 2013;131:166–71.
- [143] Yousaf B, Liu G, Abbas Q, Wang R, Ubaid Ali M, Ullah H, Liu R, Zhou C. Systematic investigation on combustion characteristics and emission-reduction mechanism of potentially toxic elements in biomass- and biochar-coal Cocombustion systems208. ” *Applied Energy*; 2017. p. 142–57.
- [144] Agriculture and Agri-Food Canada. Growing the Canadian hemp sector through investment and cannabis legislation. 2018. Government of Canada [Online]. Available: <https://www.canada.ca/en/agriculture-agri-food/news/2018/09/growing-the-canadian-hemp-sector-through-investment-and-cannabis-legislation.html>. [Accessed 6 May 2019].
- [145] Chen J, Lærke PE, Jørgensen U. Optimized crop rotations increase biomass production without significantly changing soil carbon and nitrogen stock. *Ecol Indic* 2020;117:106669.
- [146] Papaefthymiou G, Dragoon K. Towards 100% renewable energy systems: uncapping power system flexibility. *Energy Pol* 2016;92:69–82.
- [147] Lauven L-P, Geldermann J, Desideri U. Estimating the revenue potential of flexible biogas plants in the power sector. *Energy Pol* 2019;128:402–10.
- [148] Lauer M, Thrän D. Biogas plants and surplus generation: cost driver or reducer in the future German electricity system? *Energy Pol* 2017;109:324–36.
- [149] Rajbongshi R, Borgohain D, Mahapatra S. Optimization of PV-Biomass-Diesel and grid base hybrid energy systems for rural electrification by using HOMER. *Energy* 2017;126:461–74.
- [150] McKendry P. Energy production from biomass (Part 1): overview of biomass. *Bioresour Technol* 2002;83(1):37–46.
- [151] Müssig J, Amaducci S, Bourmaud A, Beaugrand J, Shah DU. Transdisciplinary top-down review of hemp fibre composites: from an advanced product design to crop variety selection. *Composites Part C: Open Access* 2020;2:100010.
- [152] Donfouet HPP, Barczak A, D’etang-Dessendre C, Maigné E. Crop production and crop diversity in France: a spatial analysis. *Ecol Econ* 2017;134:29–39.
- [153] Casas XA, Pons JRI. Environmental analysis of the energy use of hemp – analysis of the comparative life cycle: diesel oil vs. Hemp-diesel. *Agric Resour Gover Ecol* 2005;4(2):133–9.
- [154] Government of Canada, S. C.. 2016 census of agriculture. *The Daily* [Online]. Available: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/170510/dq170510a-eng.htm?indid=10441-3&indgeo=0>. [Accessed 10 June 2019].

- [155] Homagain K, Shahi C, Luckai N, Sharma M. Life cycle cost and economic assessment of biochar-based bioenergy production and biochar land application in northwestern Ontario, Canada. *For Ecosyst* 2016;3(1):21.
- [156] Beneroso D, Monti T, Kostas ET, Robinson J. Microwave pyrolysis of biomass for bio-oil production: scalable processing concepts. *Chem Eng J* 2017;316:481–98.
- [157] Parvez AM, Wu T, Li S, Miles N, Mujtaba IM. Bio-DME production based on conventional and CO<sub>2</sub>-enhanced gasification of biomass: a comparative study on exergy and environmental impacts. *Biomass Bioenergy* 2018;110:105–13.
- [159] Poiša L., Adamovics A., Jankauskiene Z., Gruzdeviene E. Industrial hemp as a biomass crop Innovation and technology transfer.(2010).Tiešsaits avots: Microsoft Word - Ramiran2010\_0155\_final.doc (uvlf.sk). [Skatīts 24.05.2024.]
- [160] V. Zagorska, A. Ruciņš, D. Viesturs, S. Ivanovs. Assessment of the greenhouse gas emissions and energy inputs applying different weed control methods for wheat growing // *Agronomy Research*. Vol. 21(X) (2023), xxx–ccc. <https://doi.org/10.15159/AR.23.051>
- [161] Mańkowski, J., Kubacki, A., Kołodziej, J. Ecological disinfecting mats made of hemp fibres. [Ekologiczne maty dezynfekcyjne wykonane z włókna konopnego], *Przemysł Chemiczny* Volume 87(12), 2008, Pages 1164 - 1166
- [162] Tehnisko pakalpojumu cenu apkopojums par 2023. gadu. Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra (LLKC). Tiešsaits avots: Tehnisko pakalpojumu cenu apkopojums par 2023. gadu Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centrs (llkc.lv) [Skatīts 24.05.2024.]
- [163] Angulu, M.; Gusovius, H.-J. Retting of Bast Fiber Crops Like Hemp and Flax—A Review for Classification of Procedures. *Fibers* 2024, 12, 28. <https://doi.org/10.3390/fib12030028>
- [164] Lyu, P.; Zhang, Y.; Wang, X.; Hurren, C. Degumming Methods for Bast Fibers—A Mini Review. *Ind. Crops Prod.* 2021, 174, 114158.
- [165] Manian, A.P.; Cordin, M.; Pham, T. Extraction of Cellulose Fibers from Flax and Hemp: A Review. *Cellulose* 2021, 28, 8275–8294.
- [166] Zommere, G., Vilumsone, A., Kalnina, D., Solizenko, R., & Stramkale, V. (2013). Comparative Analysis of Fiber Structure and Cellulose Contents in Flax and Hemp Fibres. *Materials Science. Textile and Clothing Technology*, 8, 96–104. <https://doi.org/10.7250/mstct.2013.016>
- [167] LiveTextiles. (2019). Fibre Research - Hemp <https://livetextiles.online/new-blog/2018/7/16/fibre-research-hemp> 2019 Live Textiles. Retrieved from Fibre Research - Hemp website: <https://livetextiles.online/new-blog/2018/7/16/fibre-research-hemp>
- [168] Cader Mhd Haniffa, M. A., Ching, Y. C., Abdullah, L. C., Poh, S. C., & Chuah, C. H. (2016). Review of bionanocomposite coating films and their applications. *Polymers*, 8(7), 1–33. <https://doi.org/10.3390/polym8070246>
- [169] Mokshina, N.; Chernova, T.; Galinousky, D.; Gorshkov, O.; Gorshkova, T. Key Stages of Fiber Development as Determinants of Bast Fiber Yield and Quality. *Fibers* 2018, 6, 20. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2020/6074063> [skatīts 24.04.2022]
- [171] Manaia, J.P.; Manaia, A.T.; Rodrigues, L. Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers* 2019, 7, 106.
- [172] Sarkanen, K.V. The chemistry of delignification in pulp bleaching. *Pure and Applied Chemistry* 1962, 5, 219–232.
- [173] Aridi, A.S.; Chin, L.N.; Ishak, N.A.; Yosof, N.N.M.; Kadota, K.; Manaf, Y.N.; Yusof, Y.A. Effect of Sodium Hypochlorite Concentration during Pre-treatment on Isolation of Nanocrystalline Cellulose from *Leucaena leucocephala* (Lam.) Mature Pods. *BioResources* 2021, 16, 3137–3158.
- [174] Lian, H.L.; You, J.X.; Lian, Z.N. Effect of prior mechanical refining on biobleaching of wheat straw pulp with laccase/xylanase treatment. *BioResources* 2012, 7, 3113–3124.
- [175] Biermann, C.J. *Pulping Fundamentals. Handbook of Pulping and Papermaking* 1996, 55–100.
- [176] Wu, C.; Zhou, S.; Zhao, C.; Wang, D. Improved Reactivity of Bamboo Dissolving Pulp for the Viscose Process: Post-Treatment with Beating. *BioResources* 2014, 9, 3449–3455.



- [177] Ramos, E.; Calatrava, S.F.; Jiménez, L. Bleaching with hydrogen peroxide. A review. *Afinidad* 2008, 65, 366–373.
- [178] Filipova, I.; Fridrihsone, V.; Cabulis, U.; Berzins, A. Synthesis of Nanofibrillated Cellulose by Combined Ammonium Persulphate Treatment with Ultrasound and Mechanical Processing. *Nanomaterials* 2018, 8, 640.
- [179] Gedik, G.; Avinc, O. Bleaching of Hemp (*Cannabis Sativa L.*) Fibers with Peracetic Acid for Textiles Industry Purposes. *Fibers and Polymers* 2018, 19, 82–93.
- [180] Zhao, S., Qin, Z., Zhang, R. et al. The physical and chemical properties of hemp fiber prepared by alkaline pectinase–xylanase system. *Cellulose* 29, 9569–9581 (2022).
- [181] Pejic et al. The effects of hemicelluloses and lignin removal on water uptake behavior of hemp fibers *Bioresource Technology* 99 (2008) 7152–7159
- [182] Kymalainen, H.-R., Hautala, M., Kuisma, R., Pasila, A., 2001. Capillarity of flax/linseed (*Linum usitatissimum L.*) and fibre hemp (*Cannabis sativa L.*) straw fractions. *Industrial Crops and Products* 14, 41–50
- [183] Drying of Hemp for Long Fibre Production D.M. Bruce, R.N. Hobson, P.J.C. Hamer, R.P. White. *Biosystems Engineering* (2005) 91 (1), 45–59
- [184] Liu & Chen, Drying rate of hemp conditioned with a forage conditioner *CANADIAN AGRICULTURAL ENGINEERING*, 2000, 42(4)
- [185] D.M. Bruce, R.A. Sykes Apparatus for determining mass transfer coefficients at high temperatures for exposed particulate crops, with initial results for wheat and hops *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28 (5) (1983), pp. 385-400
- [186] H.-J. Gusovius, A. Prochnow, J. Hahn, U. Stressmann, D. Ehlert Feldtrocknung von Faserhanf. [Field drying of fibre hemp.] *Agrartechnische Forschung*, 4 (1) (1998), pp. 64-69
- [187] J. Liu, Y. Chen Drying rate of hemp conditioned with a forage conditioner *Canadian Agricultural Engineering*, 42 (4) (2000), pp. 201-204
- [188] Moura, P., Barata, R., Carvalheiro, F., Gírio, F., Loureiro-Dias, M.C. and Esteves, M.P., 2007. In vitro fermentation of xylo-oligosaccharides from corn cobs autohydrolysis by *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains. *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), pp.963-972.
- [189] Morgan, N.K., 2023. Advances in prebiotics for poultry: role of the caeca and oligosaccharides. *Animal production science*, 63(18), pp.1911-1925.
- [190] Pourabedin, M., 2015. *Effects of mannan-oligosaccharides and xylo-oligosaccharides on the chicken gut microbiota*. McGill University (Canada).
- [191] Ding, X.M., Li, D.D., Bai, S.P., Wang, J.P., Zeng, Q.F., Su, Z.W., Xuan, Y. and Zhang, K.Y., 2018. Effect of dietary xylooligosaccharides on intestinal characteristics, gut microbiota, cecal short-chain fatty acids, and plasma immune parameters of laying hens. *Poultry Science*, 97(3), pp.874-881.
- [192] Morgan, N.K., Wallace, A., Bedford, M.R. and González-Ortiz, G., 2022. Impact of fermentable fiber, xylo-oligosaccharides and xylanase on laying hen productive performance and nutrient utilization. *Poultry science*, 101(12), p.102210.
- [193] Davies, C., González-Ortiz, G., Rinttilä, T., Apajalahti, J., Alyassin, M. and Bedford, M.R., 2024. Stimbiotic supplementation and xylose-rich carbohydrates modulate broiler’s capacity to ferment fibre. *Frontiers in Microbiology*, 14, p.1301727.