

Ērika Teirumnieka

KANĒPJU ATTĪSTĪBAS ILGTSPĒJA ENERĢĒTIKĀ UN CITĀS TAUTSAIMNIECĪBAS NOZARĒS

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultāte

Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Ērika Teirumnieka

Doktora studiju programmas “Vides inženierija” doktorante

**KANĒPJU ATTĪSTĪBAS ILGTSPĒJA
ENERĢĒTIKĀ UN CITĀS
TAUTSAIMNIECĪBAS NOZARĒS**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja

profesore *Dr. habil. sc. ing.*

DAGNIJA BLUMBERGA

RTU Izdevniecība

Rīga 2023

Teirumnieka, Ē. Kaņepju attīstības ilgtspēja enerģētikā un citās tautsaimniecības nozarēs. Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU Izdevniecība, 2023. 53 lpp.

Iespiests saskaņā ar 2022. gada 9. septembra promocijas padomes “RTU P-19” lēmumu Nr. 161.

Vāka attēla autore – Ērika Teirumnieka

<https://doi.org/10.7250/9789934228957>

ISBN 978-9934-22-895-7 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2023. gada 20. aprīlī plkst. 14 Rīgas Tehniskās universitātes Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultātē, Rīgā, Āzenes ielā 12/1, 115. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. sc. ing.* Ainis Lagzdiņš,
Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Latvija

Asociētais profesors *Dr. Stelios Rozakis*,
Krētas Tehniskā universitāte, Grieķija

Asociētais profesors *Dr. Raimondas Grubliauskas*,
Viļņas Ģedimina tehniskā universitāte, Lietuva

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskās universitātes zinātnes doktora (*Ph.D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Ērika Teirumnieka (paraksts)
Datums 10.03.2023.

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, pielikums, 77 attēli, 20 tabulu, 16 formulu, kopā 165 lappuses. Literatūras sarakstā ir 184 nosaukumi.

SATURS

IEVADS.....	5
1. Kaņepju audzēšanas ilgtspējības aspekti.....	25
2. Kaņepju lietojuma ilgtspējības aspekti.....	30
3. Kaņepju izstrādājumu pilotrisinājumi.....	31
3.1. Kompozītmateriāls un tā apstrāde.....	31
3.2. Kaņepju spaļu betons.....	34
4. Datu analīžu metožu kombinēšana ilgtspējīgai kaņepju un niedru biomasas izmantošanai Latvijā.....	36
4.1. Metodoloģija.....	36
4.2. Metožu pielietošanas piemēri.....	37
4.2.1. Niedru izmantošanas analīze.....	37
4.2.2. Kaņepju izmantošanas analīze.....	40
SECINĀJUMI.....	50
ATSAUCES.....	52

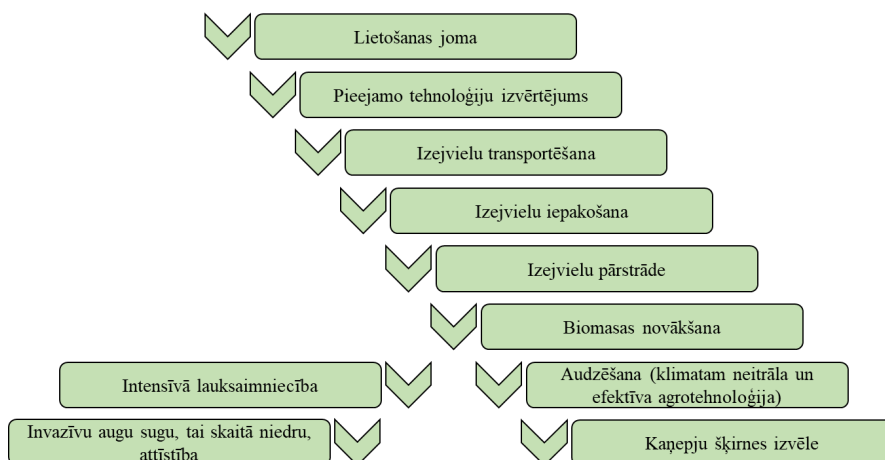
IEVADS

Tēmas aktualitāte

Sabiedrības un valsts attīstība tiešā veidā ir atkarīga no resursu, īpaši energoresursu ilgtermiņa pieejamības un ilgtspējas. Mūsdienu situācijā, kad jau ir iestājusies enerģētiskā krīze, kā arī ir traucētas globālās fosilo un neatjaunojamo resursu un to izstrādājumu piegādes ķēdes, ekonomiskā attīstība palēninās, ir jūtamas klimata izmaiņu sekas, aktuāla ir kļuvusi vietējo ilgtspējīgo resursu pieejamības nodrošināšana valstij nepieciešamās produkcijas un enerģijas ražošanai. Svarīgi ir atrast metodes, kā efektīvi un ātri iespējams novērtēt resursu izmantošanu mainīgos vides, ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Tas noteikti būtu pamats arī tehnoloģiju pielāgošanai un izstrādei, kas mūsdienu inovāciju attīstības tempos ir izdarāms salīdzinoši ātri. Šādos apstākļos bioekonomika un aprītes ekonomika kļūst par ilgtspējīgas attīstības dzinējspēku. Arvien vairāk izmantojot bioloģiskus produktus un procesus, rodas jauna ekonomika, un tai raksturīga augsta atjaunojamo resursu efektivitāte un ārkārtīgi zema oglekļa emisija. Bioekonomikas attīstībā ļoti svarīga nozīme ir zinātniskajiem pētījumiem, apvienojot vietējās izejvielas ar globālo zinātni. Kā rāda pieejamā informācija, publikāciju skaits šajā jomā pēdējā desmitgadē ir būtiski palielinājies un izveidojušās starptautiskās sadarbības ķēdes starp zinātniskajām institūcijām. [1] Latviju bioekonomikas pētījumu jomā pārstāv arī Rīgas Tehniskā universitāte, kas līdzdarbojas *BIOEAST* tīklā. [2] Plaši pētījumi daudzu gadu garumā bioekonomikā ir veikti Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātē, kā arī universitātes vadībā izstrādāta Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030. [3]

Galvenais uzsvars šajā pētījumā ir likts uz sējas kaņepēm kā ilgtspējīgu un bioekonomikai atbilstošu izejmateriālu dažādās tautsaimniecības nozarēs, to audzēšanas iespējām, mazinot slodzi vidē, un kaņepju lietošanas izvērtēšanu, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un dzīves cikla analīzes metožu kombināciju mainīgos ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Sējas jeb industriālās kaņepes (*Cannabis sativa L.*) ir augs, kas atbilst bioekonomikas prasībām un kam ir liels potenciāls produktu lietojamībā. [4]–[6] Visas augs daļas – stublāju, sēklas, ziedus un lapas – var novākt un apstrādāt, padarot kaņepes par augu, ko var daudzveidīgi izmantot. Tas nozīmē, ka no vienas kultūras ir iespējams

ražot plašu produktu klāstu. Pētījumā aktualizēts arī jautājums par kultūraugu mēslošanā izmantoto barības vielu noplūdes radīto biomasas pieaugumu ūdenstilpēs, konkrēti, par niedrēm un to lietojumu. Promocijas darbā kompleksi risināti jautājumi par lietderīgāko kaņepju produktu identificēšanu konkrētos ekonomiskajos un vides apstākļos, to ilgtspējīgas audzēšanas iespējām, kā arī kaņepes ekosistēmas ilgtspēju kopumā, nodrošinot bioekonomikas principu ievērošanu. Darbā autore ir izmantojusi starpdisciplināro hierarhisko metodi: augšā – kaņepju lietošanas joma, lejā – piemērotākās sējas kaņepju šķirnes izvēle audzēšanai un invazīvu augu sugu apzināšana, kas attīstās paralēli intensīvai lauksaimniecībai, tai skaitā kaņepju intensīvai audzēšanai (1. att.).



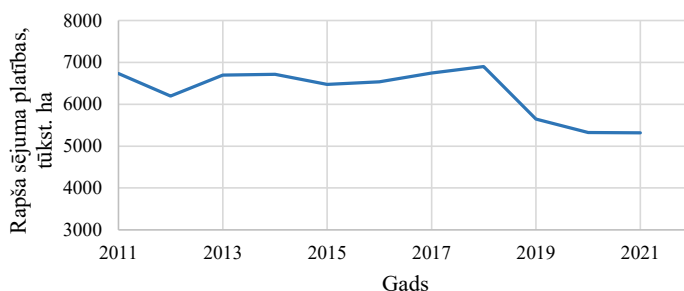
1. att. Starpdisciplināra hierarhiskā metode.

Autores veidots attēls.

Augsne ir viens no nozīmīgākajiem un vienlaikus ierobežotākajiem Latvijas resursiem, kas ietekmē biomasas ražošanu. Kaņepju sējumu platības var palielināt, aizstājot kādu no pašreiz kultivētajām kultūrām, piemēram, rapsis. Pēc biogēno elementu izskalošanās (noplūdes) apjoma ūdeņos videi visnelabvēlīgākās un piesārņojošākās kultūras ir ziemas rapsis un ziemas kvieši, savukārt vislabvēlīgākās kultūras – āboliņš un auzas. [7] Rapsi audzēšanā izmanto lielu minerālmēslojuma un augu aizsardzības līdzekļu apjomu [8], kas rada emisijas gaisā N_2O veidā, kavējot sasniegt klimata mērķus lauksaimniecības

sektorā, kā arī noplicina augsni. Vienlaikus slāpekļa savienojumi, nonākot ūdenstilpēs, veicina to aizaugšanu un monokultūru invāziju. Jārēķinās arī ar lauksaimniecības tehnikas patērēto dīzeļdegvielu mēslojuma iestrādei un augu aizsardzības līdzekļu izsmidzināšanai. Enerģijas izmantošanas palielināšana lauksaimniecības sektorā izraisa daudzas vides problēmas: siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas; apjomīgs neatjaunojamo dabas resursu patēriņu; vides piesārņojumu.

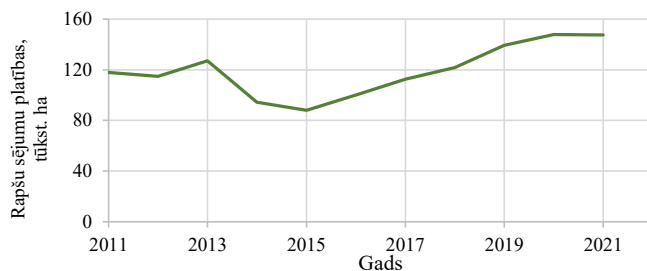
Pēc *Eurostat* datiem, Latvija rapša sējumu platību ziņā pašreiz ieņem 10. vietu Eiropas Savienībā (ES). Rapša sējumi ES valstīs 2021. gadā veidoja 531,97 tūkstošus ha, maksimālās ar rapsi apsētās platības bija 2018. gadā – 6900,62 tūkstoši ha (2. att.). [9]



2. att. Rapšu sējumu platības ES tūkstošos ha.

Autores veidots attēls, izmantojot *Eurostat* datus. [9]

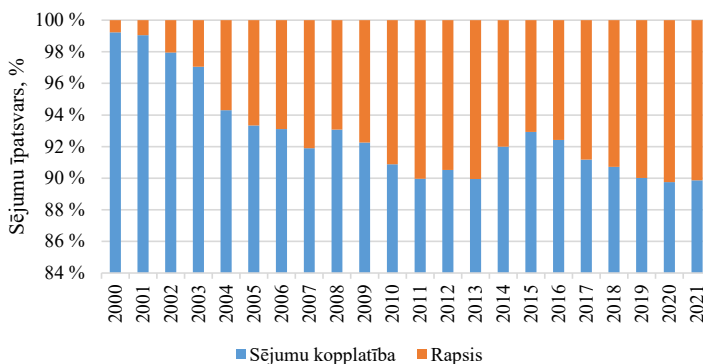
Latvijā rapša sējumu platības kopš 2018. gada nesamazinās, kā tas ir ES, bet gan palielinās, veidojot 147,4 tūkstošus ha 2021. gadā (3. att.). Jāatzīmē, ka 2020. un 2021. gadā rapša platības ir palikušas nemainīgas. [9] Ņemot vērā rapša platību sējumu dinamiku gan ES valstīs, gan Latvijā, pastāv reāla iespēja nepilnu 10 gadu laikā samazināt rapša sējumu platības Latvijā, mazinot arī slodzi vidē no rapšu audzēšanas. Promocijas darbā izvērtēta iespēja aizstāt rapša sējumus ar sējas kaņepēm (*Cannabis sativa L.*), kas ir rūpnieciska kultūra ar augstvērtīgām sēklām, šķiedru un koksnī. Kaņepju audzēšana salīdzinoši ir videi draudzīgāka, jo sējas kaņepju izaudzēšanā nav jāizmanto pesticīdi. [10] Kaņepju audzēšana novērš augsnes eroziju, uzlabo tās struktūru un sekmē aerāciju. Tās ir labs priekšaug daudzām kultūrām, jo nomāc daudzgadīgās nezāles un auga lapas ir augsnes dabiskais mēslojums.



3. att. Rapšu sējumu platības Latvijā tūkstošos ha.

Autores veidots attēls, izmantojot *Eurostat* datus. [9]

Pēc *Eurostat* datiem, Latvijā rapša sējumu platības aizņem nedaudz vairāk par 10 % no kopējiem sējumiem (4. att.). Ir redzams, ka ir bijuši periodi, kad rapšu platības ir samazinājušās pat līdz 2 % no kopējo sējumu platībām. Bet, lai pārietu no rapša uz sējas kaņepi, ir svarīgi identificēt priekšnoteikumus kaņepju izmantošanas pieaugumam. Galvenais ir pieprasījums pēc kaņepju produktiem, kam seko to pārstrāde un audzēšana. Būtiski ir izvērtēt ekosistēmu kopumā, kas ietver kaņepes kā rapšu aizvietotāju un rapšu lauku pārmēģlošanas dēļ dabiskajā vidē pastiprināti augošo biomasu – niedres.



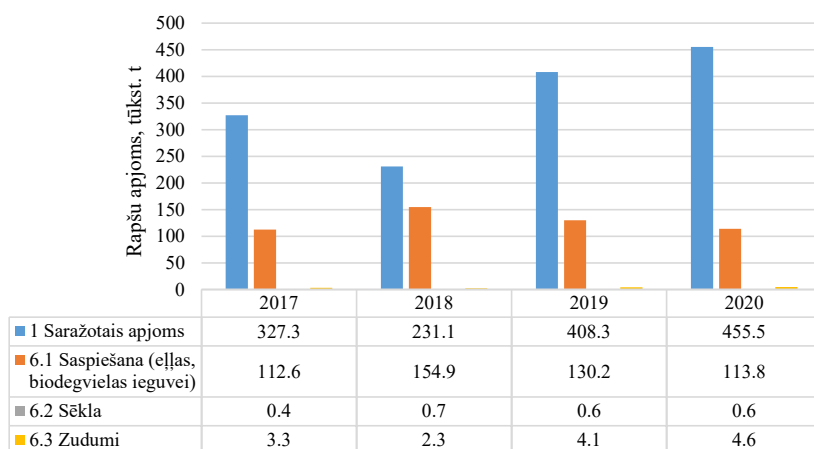
4. att. Rapša sējumu īpatsvars % no sējumu kopplatībām Latvijā.

Autores veidots attēls, izmantojot *Eurostat* datus. [9]

Pēc Latvijas oficiālās statistikas datiem, vairāk nekā 85 % no Latvijā izaudzētā rapša tiek eksportēts. [11] Tas nozīmē, ka rapšis netiek efektīvi izmantots kā vietējais resurss ražošanā, bet tikai rada slodzi vidē audzēšanas gaitā kā eksportprece ar zemu pievienoto vērtību. Importa daļu pārsvarā veido ievestais sēklas materiāls. Rapša aizstāšana ar

kaņepēm ir iesākama tikai pēc pozitīvu izpētes rezultātu iegūšanas par iespējamajiem kaņepju lietošanas veidiem un pieejamajām tehnoloģijām, lai vietējam tirgum un eksportam radītu iespējami augstas pievienotās vērtības produktus.

Latvijā rapši pārsvarā izmanto eļļas un biodegvielas ražošanā (5. att.). Savukārt Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva (ES) 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu nosaka modernās biodegvielas ražošanu, kuru neiegūst no pārtikas augiem. [12]



5. att. Rapšu izmantošana eļļai un biodegvielai. [11]

Savukārt kaņepju lietojums ir ārkārtīgi plašs, un par to ir veikti daudzi pētījumi. Ar kaņepēm saistītos patentus ASV patentu birojs izsniedz kopš 1942. gada. Vairāk nekā 1500 pieteikumu ir iesniegti tikai ASV patentu birojā. Tostarp aptuveni 500 pieteikumu ir ieguvuši patentaizsardzības tiesības. Patenti dažādās jomās tiek reģistrēti arī citās valstīs, vislielākais patenta skaits ir reģistrēts farmaceutiskajā nozarē. [13] Milzīgs ir arī publikāciju skaits par kaņepēm dažāda līmeņa un veida izdevumos. Kaņepe var būt izejviela ražošanā, aizstājot daudzus ilgi augošus, grūti iegūstamus un izsīkstošus dabas resursus. Gandrīz katru produktu, ko izgatavo no koka, kokvilnas, rapša un naftas, var izgatavot arī no kaņepēm. Kaņepes var izmantot un pārstrādāt pilnībā, neradot lauksaimnieciskos atkritumus. Kopumā no kaņepēm var izgatavot vairāk nekā 25 000 izstrādājumu. Iespējams, ka sējas kaņepju izmantošanu un audzēšanu kavē arī sabiedrībā valdošais aizspriedums par kaņepju izmantošanu marihuānas izgatavošanai. Ir jāuzsver būtiskā atšķirība psihotropās vielas

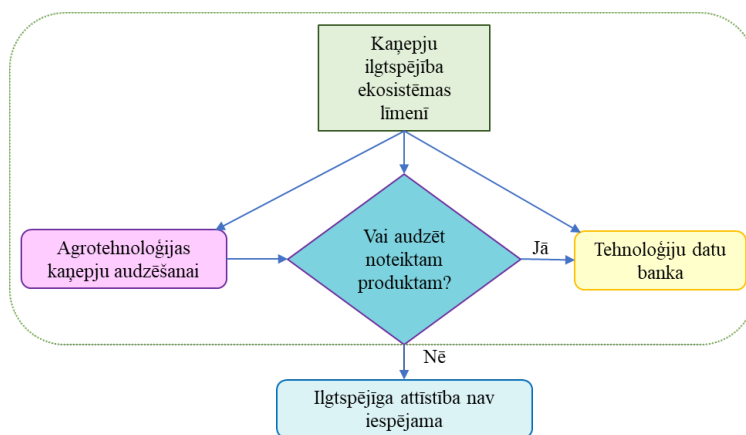
tetrahidrokanabinola (*THC*) saturā starp sējas kaņepi (*Cannabis sativa L.*) un Indijas kaņepi (*Cannabis Indica*) – sējas kaņepēs *THC* < 0,3 %, Indijas kaņepēs *THC* > 7 %. [14]

Lauksaimniecības sektora ietekme uz klimata pārmaiņām ir liela, tāpēc ir svarīgi audzēt tādas kultūraugus, kas veģetācijas periodā spēj vairāk saistīt CO₂. Viens kaņepju sējumu hektārs gadā adsorbē četras reizes vairāk CO₂ nekā viens hektārs meža. [15]

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 (6. att.).

Promocijas darbā analizēts kaņepju lietojums, 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.

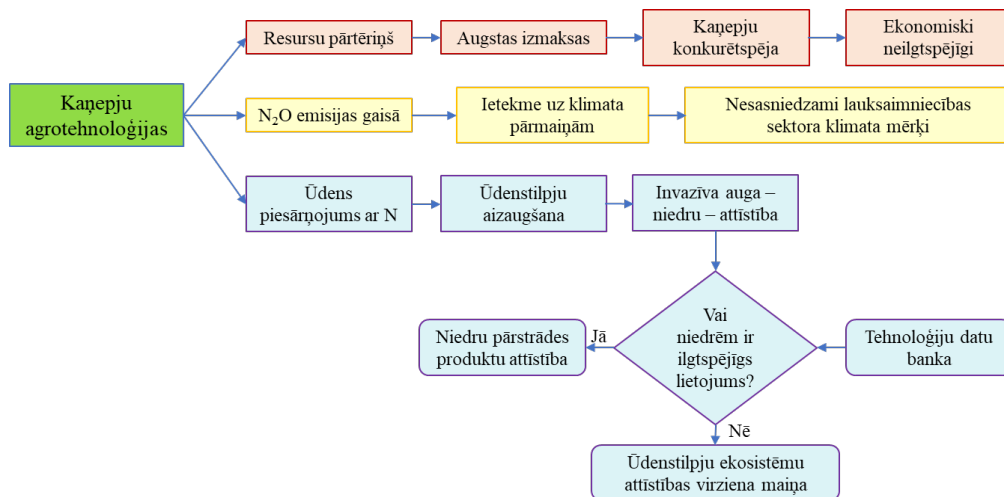


6. att. Kaņepju attīstības ilgtspēja.

Autores 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, vienlaikus palielinot kaņepju konkurētspēju citu bioresursu vidū. Ja netiek izpildīts iepriekšminētais, tad nav iespējams panākt ekonomisko ilgtspēju. Kaņepju audzēšanā

arī lieto slāpekļa minerālmēslojumu, bet ne tik plaši kā rapšiem. Analizējot kaņepju audzēšanas lauka pētījumos iegūtos datus, jārod risinājumi slāpekļa mēslojumu devu samazināšanai. Bioekonomikas mērķu sasniegšanai un rapša aizstāšanai jāvērtē visa kaņepju ekosistēma, tai skaitā rapša audzēšanas ietekmē jau radītās izmaiņas dabiskajā vidē. Tāpēc promocijas darbā ir risināta arī izplatītākā ūdensauga – niedres – lietderīga izmantošana bioekonomikā, radot produktus ar augstu pievienoto vērtību (7. att.).



7. att. Kaņepju audzēšanas agrotehnoloģijas risināmie jautājumi antropogēnās slodzes mazināšanai vidē.

Autores veidots attēls.

Katra bioresursa izmantošanai ir plašas iespējas, un ar to veiksmīgi var aizstāt citus bioresursus, kuru iegūšana un pārstrāde rada lielāku piesārņojumu dabā. Kaņepes ir viens no visātrāk augošajiem augiem, tāpēc to audzēšana prasa mazāk resursu nekā citi biomateriāli. Kaņepju šķiedru īpašības ļauj ar šo materiālu aizstāt arī izejvielas, kas iegūtas no naftas produktiem.

Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis – analizēt faktoros kaņepju produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanai, eksperimentāli noteikt sējas kaņepju (*Cannabis sativa L.*) ilgtspējīgai audzēšanai nepieciešamos apstākļus Latvijā, ņemot vērā klimata pārmaiņas, un pamatot ilgtspējīgu kaņepju izmantošanu mainīgos vides, ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos, kombinējot datu analīzes metodes.

Mērķa sasniegšanai tika definēti šādi uzdevumi:

- 1) veikt lauka pētījumu datu analīzi dažādu sējas kaņepju šķirņu ražības noteikšanai atkarībā no klimatiskajiem faktoriem, lai noteiktu Latvijas apstākļiem vispiemērotākās sējas kaņepju šķirnes noteikta produkta iegūšanai (sēklas, šķiedra, spaļi);
- 2) noteikt agrotehnoloģisko rādītāju efektivitāti (izsējas norma un slāpekļa mēslojuma deva) ilgtspējīgai sējas kaņepju audzēšanai, orientējoties uz noteikta produkta iegūšanu;
- 3) izpētīt kaņepju produktu daudzveidību un to pārstrādes tehnoloģijas, lai identificētu ilgtspējas indikatorus vislabākās kaņepju lietošanas alternatīvas noteikšanai;
- 4) izvērtēt N mēslojuma noplūdes izraisīto ūdensaugu, konkrēti niedru, izmantošanas lietderību bioekonomikā;
- 5) laboratorijas apstākļos eksperimentāli izstrādāt kaņepju produktus ar augstāku pievienoto vērtību, lai, balstoties konkrētos pilotrisinājumos, pierādītu kaņepes kā izejvielas potenciālu arī Latvijas apstākļos;
- 6) izmantojot datu un ilgtspējas kritēriju analīzi, kombinējot regresijas analīzes, dzīves aprites cikla un daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodes, parādīt kaņepju un niedru izmantošanas lietderību noteiktos vides, ekonomiskajos un ģeopolitikas apstākļos.

Hipotēze

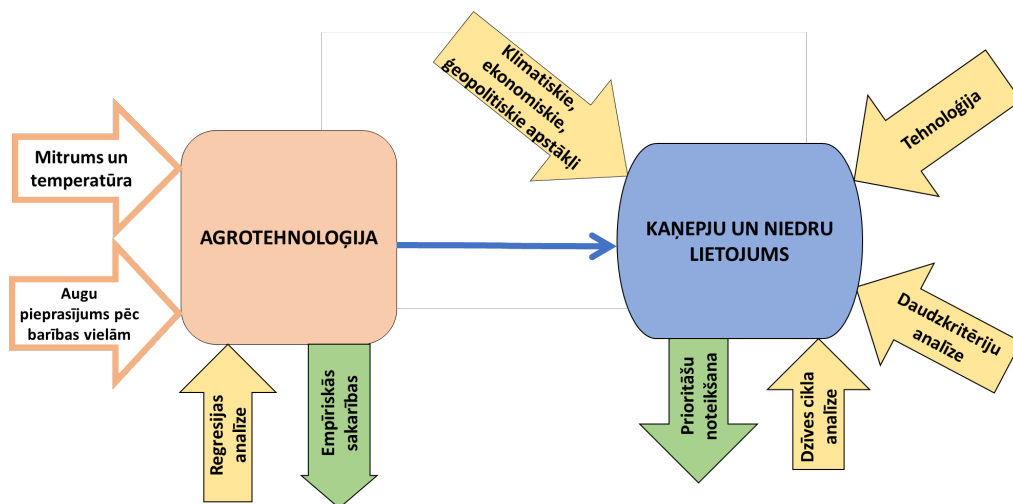
Sējas kaņepes (*Cannabis sativa L.*) audzēšana mērķtiecīgai kaņepju produktu ar augstāku pievienoto vērtību ražošanai Latvijā ir pamats rapšu lauku aizstāšanai līdz 2030. gadam.

Pētījuma struktūra un izmantotās metodes

Promocijas darba mērķa sasniegšanai, uzdevumu izpildei un hipotēzes pierādīšanai ir izstrādāta pētījuma struktūra, kas ietver:

- 1) lauka izmēģinājumu datu apstrādi;
- 2) laboratoriskos eksperimentus (paraugu analīze, kaņepju betona un kaņepju šķiedru saturošā kompozītmateriāla izstrāde);
- 3) regresijas analīzi ar empīrisko sakarību iegūšanu;
- 4) daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzi;
- 5) dzīves cikla analīzi.

Pētījuma struktūra redzama 8. attēlā. Lauka pētījumi veikti piecus gadus četrām sējas kaņepju šķirnēm, no kurām divas paredzētas kaņepju sēklu iegūšanai, divas – kaņepju šķiedru un spaļu iegūšanai. Pētījumi vērsti uz klimatisko apstākļu, slāpekļa mēslojuma, izsējas normas ietekmi uz kaņepju ražu, lai, izmantojot regresijas analīzi, atrastu empīriskās sakarības starp minētajiem parametriem un noteiktu agrotehnoloģiskos indikatorus. Analizējot zinātnisko literatūru, kā arī balstoties personīgo pētījumu rezultātos, ir atlasīti indikatori un izvēlētas alternatīvas kaņepju ilgtspējīgai lietošanai Latvijā mainīgos vides, ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Kombinējot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un dzīves cikla analīzes metodes, jānosaka vislabākās kaņepju izmantošanas alternatīvas Latvijas apstākļos.



8. att. Pētījuma struktūra.

Autores veidots attēls.

Zinātniskā novitāte

Promocijas darbā aprakstīta sējas kaņepju ilgtspēja ekosistēmas līmenī, kas ietver kaņepju agrotehnoloģijas aspektus konkrēta kaņepju produkta (sēklas, šķiedra, spaļi) iegūšanai mainīgos klimatiskajos apstākļos, vienlaikus mazinot slodzi vidē. Zinātniski pamatota vispiemērotākās sējas kaņepju (*Cannabis sativa L.*) šķirnes izvēle noteiktu kaņepes produktu iegūšanai Latvijas apstākļos.

Pētījuma rezultātā, veicot kaņepju audzēšanas lauka pētījumu datu regresijas analīzi, eksperimentāli pamatota slāpekļa mēslojuma devu samazināšana, lai samazinātu ietekmi uz vidi un veicinātu kaņepju vides ilgtspējību, vienlaikus saglabājot nemainīgi labas ražas. Atrastie empīriskie vienādojumi ir izmantojami slāpekļa mēslojuma lietošanas efektivitātes un kaņepju izsējas normas aprēķināšanai noteikta kaņepju produkta iegūšanai. Vairākkārtīgi samazinot lietotā slāpekļa mēslojuma devas, var mazināt N₂O emisijas no lauksaimniecības sektora, tādā veidā veicināt klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu lauksaimniecībā.

Lauku pārmēslošanas rezultātā, ko izraisa pārmērīga slāpekļa mēslojuma izmantošana rapšu audzēšanā, notiek barības vielu noplūde dabiskajā vidē, kas veicina biomasas

strauju attīstību tajā. Zinātniskā novitāte ir niedru kā bioekonomikas komponentes lietošanas izvērtēšana, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi un jutīguma analīzi, lai izvērtētu alternatīvu stabilitāti mainīgos apstākļos.

Izstrādāta inovatīva metodoloģija agrotehnoloģisko un ilgtspējas kritēriju un datu analīzes metožu kombinēšanai kaņepju produktu efektīvākai lietošanai mainīgos vides, ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos.

Izstrādāti kaņepes saturošu produktu ar augstu pievienoto vērtību pilotisinājumi – kaņepju betons un kaņepes saturošs kompozītmateriāls. Novitāte ir uzlabotu kaņepes saturošu bioproduktu prototipu izgatavošanas, to īpašību un arī apstrādes paņēmieni izpēte.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

- 1) Divi galvenie aspekti, kas nosaka nepieciešamību analizēt slāpekļa mēslojuma lietošanas efektivitāti, ir šādi:
 - slāpekļa mēslojuma lietderīga izmantošana ir ekonomiski izdevīga;
 - slāpekļa mēslojuma ilgtspējīga lietošana ir Latvijas klimatneitralitātes pamatnosacījums; samazinot slāpekļa mēslojuma devas kaņepju audzēšanā, tā izmantošanas efektivitāte palielinās, vienlaikus samazinās slāpekļa noplūde dabiskajā vidē un monokultūru (šajā pētījumā – niedru) biomasas pieaugums ūdenstilpēs, kas ir klimatam neitrāla un efektīva pieeja;
- 2) ir pienācis pēdējais brīdis Latvijā izlemt par kaņepju audzēšanas mērķi, definējot produktus ar augstu pievienoto vērtību. Kaņepju pārstrādes tehnoloģiju pieejamība un pieprasījums pēc inovatīviem kaņepes saturošiem produktiem nosaka atbilstošas šķirnes izvēli un mērķtiecīgu kaņepju audzēšanu izejvielu (sēklu un stiebru) iegūšanai;
- 3) pastāv dažādas metodes, ar kuru palīdzību var izvērtēt kaņepju lietojuma daudzveidību un identificēt ilgtspējīgākos risinājumus. Datu un ilgtspējas kritēriju analīze, kombinējot regresijas analīzes, dzīves aprites cikla un daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodes, parāda kaņepju un niedru izmantošanas lietderību noteiktos vides, ekonomiskajos un ģeopolitikas apstākļos.

Darba praktiskā nozīme

Pētījumu gaitā eksperimentāli noteikti sējas kaņepju (*Cannabis sativa L.*) audzēšanas agrotehnoloģiskie paņēmieni, kas vērsti uz slodzes mazināšanu vidē, ar mazākiem resursiem sasniedzot labas ražas. Izmantojot darbā izteiktās rekomendācijas un atrastās empīriskās sakarības kaņepju audzēšanas agrotehnoloģijā, mazinās lauksaimniecības sektora ietekme uz klimatu, jo mazāka slāpekļa mēslojuma lietošanas rezultātā samazinās SEG emisijas. Vienlaikus tiek mazināta slodze uz virszemes ūdeņiem, jo biogēno elementu izskalošanās un nonākšana ūdenstilpēs samazinās līdz ar mazākām slāpekļa minerālmēslojumu devām. Atrasta saite ekosistēmā starp kaņepju un niedru biomasa pieaugumu ūdenstilpēs, kas ir svarīgi, lai prognozētu biomasas resursu plūsmu ražošanā.

Zinātniski pamatota informācija lauksaimniekiem par slāpekļa pārtēriņu. Izpētītie indikatori liecina par nepieciešamību lauksaimniekiem ieviest indikatoru sistēmu, lai novērstu nelietderīgu resursu patēriņu un ierobežotu ķīmisko elementu pārnesanu no litosfēras hidrosfērā un atmosfērā, kā arī ar mazākiem ieguldījumiem sasniegtu labus rezultātus.

Promocijas darba gaitā izveidoto kaņepju produktu pilotrisinājumu praktiskā nozīme ir iespēja vizualizēt Latvijas zinātnieku sasniegumus un plašāk izplatīt informāciju par šādu inovatīvu produktu ražošanu Latvijā. Pilotrisinājumu izstrāde sniegusi arī nozīmīgas atziņas turpmāko pētījumu veikšanai, lai sasniegtu nākamās tehnoloģiju gatavības līmeņus to komercializācijai. Izstrādātie pilotrisinājumi izmantojami industrijā produktu ar augstāku pievienoto vērtību ražošanas attīstībai uz vietējo resursu bāzes.

Pētījumu aprobācija

Promocijas darba pētījuma rezultāti ir prezentēti septiņās starptautiskajās zinātniskajās konferencēs.

1. Teirumnieka, E., Patel, N., Laktuka, K., Dolge, K., Veidenbergs, I., Blumberga, D. Is Hemp Sustainable Energy Resource? 1st International Conference on Sustainable Chemical and Environmental Engineering, Greece, 31st August to 4th September, 2022.
2. Teirumnieka, Ē., Pīgožnis, K., Blumberga, D., Teirumnieks, E., Lazov, L. Lasers Processing of Composite Materials. XXII International conference and school on

quantum electronics “Laser physics and applications” Bulgarian Academy of Sciences, Virtual forum 19–23 September 2022.

3. Stipniece-Jekimova, A. A., Teirumnieka, E., Blumberga, D. When Reed Application is Sustainable. CONECT, Conference of Environmental and Climate Technologies, 11–3 May, 2022, Latvia.
4. 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.
5. Teirumnieka, Ē., Blumberga, D., Teirumnieks, E. The application of hemp in bioeconomy. The 13th International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources. 2021, 17–8 June, Latvia.
6. Pubule, J., Kalnbalkite, A., Blumberga, D., Teirumnieka, E. The use of multi-criteria analysis for an evaluation of the Environmental Engineering study programme at university. CONECT, Conference of Environmental and Climate Technologies, 15–7 May, 2019, Latvia.
7. Teirumnieks, E., Pīgožnis, K., Teirumnieka, Ē., Bernāne, I., Jakovele, I. Šķiedraugu izmantošana kompozītmateriālu izgatavošanā. Latvijas Universitātes 76. Starptautiskā zinātniskā konferences Zemes un vides zinātnes sesija “Vides tehnoloģijas un dabas resursu ilgtspējīga izmantošana”, Rīga, 2018. gada 26. janvāris.

Promocijas darba pētījumu rezultāti ir atspoguļoti sešās starptautiskajās zinātniskajās publikācijās.

1. 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>.
2. Teirumnieka, E., Patel, N., Laktuka, K., Dolge, K., Veidenbergs, I., Blumberga, D. (2022) Sustainability Dilemma of Hemp Utilization for Energy Production. *Energy Nexus* (pieņemts publicēšanai).
3. Teirumnieka, Ē., Pīgožnis, K., Blumberga, D., Teirumnieks, E., Lazov, L. (2022) Lasers Processing of Composite Materials. // Pieņemts publicēšanai Bulgārijas zinātnu akadēmijā. <http://www.icsqe2022.ie-bas.org/proceedings.htm>. *Journal of Physics* (iesniegts publicēšanai), 2022.

4. Stipniece-Jekimova, A. A., Teirumnieka, E., Blumberga, D. (2022) When Reed Application is Sustainable. // *Environmental and Climate Technologies 2022*, vol. 26, no. 1, pp. 697–707. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0053>.
5. 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>.
6. Poisa, L., Adamovics, A., Antipova, L., Siaudinis, G., Karcauskiene, D., Platace, R., Zukauskaite, A., Malakauskaite, S., Teirumnieka, E. (2011) The chemical content of different energy crops. // *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference. Volume I*, pages 191–196. <https://doi.org/10.17770/etr2011vol1.913>.

Patenti

LV patents Nr. 14869 S. Pleikšnis, Ē. Teirumnieka. Sapropeļa un kaņepju spaļu betons ēku siltumizolācijai, 2014. Izgudrojums attiecas uz siltumizolācijas kompozītmateriāla iegūšanu no sapropeļa un sējas kaņepju atlikumiem.

Citas publikācijas

1. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Adijāns, I., Pacejs, A., Teirumnieka, Ē., (2021) Laser ablation of paint coatings in industry. // *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Volume III. – Rezekne*, pp. 187–194. Online ISSN 2256-070X (Scopus) <https://doi.org/10.17770/etr2021vol3.6662>.
2. Kangro, I., Kalis, H., Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E., (2021) Special spline approximation for the solution of the non-stationary 3-d mass transfer problem. // *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference. Volume II. – Rezekne*, pp. 69–73. Online ISSN 2256-070X (Scopus) <https://doi.org/10.17770/etr2021vol2.6577>.
3. Silicka, I., Dembovska, I., Teirumnieka E., Dembovskis, I. (2020) Analysis of Hiking Food Processing Technologies on the Market. *Journal of Regional*

- Economic and Social Development No. 1 (12). pp.171–181,
<http://dx.doi.org/10.17770/jresd2020vol1.12.5398>.
4. Silicka, I., Dembovska, I., Teirumnieka E., Dembovskis, I. (2020) Lyophilized Hiking Food Development Trends. Journal of Regional Economic and Social Development No. 1 (12). pp. 182–191, <https://doi.org/10.17770/jresd2020vol1.12.5400>.
 5. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Atanasova, N. (2020) Laser Safety for Eu Defence Forces – E-Learning Platform. Proceedings of International Scientific Conference, Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems , pp. 21–28.
http://www.aadcf.nvu.bg/scientific_events/papers/df2020.pdf.
 6. Pubule, J., Kalnbalkite, A., Teirumnieka, E., Blumberga D. Evaluation of the Environmental Engineering Study Programme at University. Published Online: 18 Nov 2019, Volume & Issue: Volume 23 (2019) – Issue 2 (November 2019) Special Issue of Environmental and Climate Technologies Part I: Energy, bioeconomy, climate changes and environment nexus, Page range: 310–324, DOI: <https://doi.org/10.2478/rtuct-2019-0070>.
 7. Kangro, I., Kalis, H., Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E. (2019). Special Hyperbolic Type Approximation for Solving of 3-D Two Layer Stationary Diffusion Problem. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 95–100. Print ISSN 1691-5402, Online ISSN 2256-070X. Database: Scopus. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2019vol3.4079>.
 8. Lazov, L., Angelov, N., Teirumnieks, E., Teirumnieka, Ē. (2019). Preliminary Numerical Analysis for the Role of Speed onto Laser Technological Processes. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 137–142. Print ISSN 1691-5402, Online ISSN 2256-070X. Database: Scopus. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2019vol3.4154>.
 9. Lazov, L., Teirumnieks E., Angelov, N., Teirumnieka, E. (2019). Methodology for Automatic Determination of Contrast of Laser Marking for Different Materials. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 137–142. Print ISSN 1691-5402, Online ISSN 2256-070X. Database: Scopus.
<http://dx.doi.org/10.17770/etr2019vol3.41434>.

10. Lazov, L., Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Cacivkin, P., Angelov, N., Karadzov, T. (2019). Laboratory Exercise to Determine Contrast in Laser Marking of Articles. Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, I, pp. 331–339. Database: Web of Science. <http://dx.doi.org/10.17770/sie2019vol1.3906>.
11. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Atanasova, N., Karadzov, T. (2019). On-line Professional Training for Workers With the Moodle System to Improve Professional Skills in Green Constructions. Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, I, pp. 393–402. Database: Web of Science. <http://dx.doi.org/10.17770/sie2019vol5.3908>.
12. Lazov, L., Teirumnieka, E., Atanasova, N. (2019) Green building training through Web modules – exchange of good practices. International Scientific Journal “Industry 4.0”, WEB ISSN 2534-997X; PRINT ISSN 2534-8582, Year IV, Issue 4, pp. 191–194.
13. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Atanasova, N., Angelov N., Karadzov, T., (2019) Основни принципи на концепцията “пасивна сграда” Engineering. Technologies. Information Technologies. Management. Safety And Ecology. pp. 121–123. <https://techtos.net/sbornik/2019/1-2019.pdf>.
14. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Pacejs, A., Kijaško, M. (2019) Laser safety training needs analysis in VET 11. Mittweidaer Lasertagung, Vol. 1. pp. 146–150. <https://www.lasertagung-mittweida.de/files/16E7F481119/16E7F4810B7.pdf>.
15. Lazov, L., Nikolić, V., Jovic, S., Milovančević, M., Deneva, H., Teirumnieka, E., Arsic, N. (2018) Evaluation of laser cutting process with auxiliary gas pressure by soft computing approach. Infrared Physics & Technology, Vol. 91, pp. 137–141. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.04.007>.
16. Nikolic, V., Petkovic, D., Milovanevic M., Deneva H., Lazov, L., Teirumnieka, E., (2018) Optimization of laser cutting parameters using an adaptive neuro-fuzzy methodology. Lasers in Engineering. Volume 40, Issue 4–6, Pages 341–346.
17. Deneva H., Teirumnieka, E., Lazov, L., Nikolic, V., Milovanevic M., (2018) Analysis of the influence of auxiliary gas pressure on cut characteristics of laser cut steel. Lasers in Engineering, Volume 40, Issue 4–6, Pages 253–263.

18. Lazov, L., Deneva, H., Teirumnieka, E. (2017). Laser as a device for measurement of thin threads – a school laboratory experiment in physics. Society. Integration. Education Proceedings of the International Scientific Conference. Volume II, pp. 72–80 <http://dx.doi.org/10.17770/sie2017vol2.2404>.
19. Kangro, I., Kalis, H., Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E. (2017). On Mathematical Modelling of the 2-D Filtration Problem in Porous Axial Symmetrical Cylinder. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 129–135. Print ISSN 1691-5402. Database: Scopus. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2017vol3.2566>.
20. Lazov, L., Deneva, H., Teirumnieka, E. (2017). Influence of Defocus Position on Laser Cutting Process in Sheet Steel. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 163–167. Print ISSN 1691-5402. Database: Scopus. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2017vol3.2658>.
21. Lazov, L., Deneva, H., Teirumnieka, E. (2017). Study of Auxiliary Gas Pressure on Laser Cutting Technology. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 159–162. Print ISSN 1691-5402. Database: Scopus. <http://dx.doi.org/10.17770/etr2017vol3.2659>.
22. Vilkaste, A., Lazov, L., Deneva, H., Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E., Narica, P. (2017). Laser Technologies – Master's Program Between Two European Universities of Applied Sciences from Latvia and Germany. Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference, I, pp. 434–441. Database: Web of Science. <http://dx.doi.org/10.17770/sie2017vol1.2405>.
23. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Deneva, H. (2017). Dangers of Irradiation of Military Staff With Laser Light. Defense Technology Forum 2017, International scientific conference, collection of papers, pp. 264–274. ISSN 2367-7902.
24. Lazov, L., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E., Deneva, H. (2017). Infrared Lasers in the Military Action. Defense Technology Forum 2017, International scientific conference, collection of papers, pp. 275–284. ISSN 2367-7902.
25. Teirumnieka, Ē. (2017). Inženierzinātņu speciālistu sagatavošana un ietekme uz izaugsmi Latgalē. 4. pasaules latgaliešu saiets “Latgales simtgades kongress”, tēzes, 71. lpp.

26. Teirumnieka, Ē., Kangro, I., Teirumnieks, E., Kalis, H. (2015). The Analytical Solution of the 3D Model With Robin's Boundary Conditions for 2 Peat Layers. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, III, pp. 186–192. Print ISSN 1691-5402. Database: Scopus.
27. Prols, J., Teirumnieka, Ē., Teirumnieks, E. (2015). Distribution of Iron and Iron Compounds in the Kemer-Jaunkemeri Occurrence of Sulphide Water. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, II, pp. 244–250. Print ISSN 1691-5402. Database: Scopus.
28. Kangro, I., Kalis, H., Gedroics, A., Teirumnieka, E., Teirumnieks, E. (2014). On Mathematical Modelling of Metals Distribution in Peat Layers. Mathematical Modelling and Analysis, 19 (4), pp. 568–588. ISSN: 1392-6292, Online ISSN: 1648-3510. Databases: Scopus, Thomson Reuters Web of science. DOI:10.3846/13926292.2014.963718; http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/13926292.2014.963718#.VFCbqFci_xvk.
29. Teirumnieka, Ē., Kangro I., Teirumnieks, E., Kalis, H. (2013) The mathematical modeling of metals mass transfer in three layer peat blocks. Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference. Volume I. Rezekne: Rēzeknes Augstskola, 87–94. ISSN 1691–5402. doi:10.17770/etr2013vol1.833.
30. Patents: Nr.14869 Sapropēja un kaņepju spaļu betons ēku siltumizolācijai, 2014.
31. Mednis, M., Matisovs, I., Teirumnieka, E., Martinovs, A., Valgis, G., Overview of the river basin management plans in the Baltic region under the waterpraxis project. Environment. Technology. Resources, Proceedings of the 8th international scientific and practical conference, 2011, vol I, pages 146– 151, published 2011, Indexed 2011-01-01, Document Type: Proceedings Paper.
32. Teirumnieka, E.; Kangro, I., ; Teirumnieks, E., Kalis, H., Gedroics, A, The mathematical modeling of Ca and Fe distribution in peat layers. Environment. Technology. Resources, proceedings of the 8th International scientific and practical conference, 2011, VOL II, pages 40–47, published 2011, Indexed 2011-01-01, Document Type: Proceedings Paper.

33. Teirumnieks, E., Teirumnieka, E., Kangro, I., Kalis, H., The mathematical modeling of metals content in peat | Metālu saturs kūdrā matemātiskā modelēšana. Vide. Tehnoloģija. Resursi – Environment. Technology. Resources. 2009, 1, pp. 249–257.
34. Noviks, G., Teirumnieks, E., Lemešenoka, N., Teirumnieka, E., Miklaševičs, Z., Evaluation of brownfields in Latvia | Degradēto teritoriju izvērtējums Latvijā. Vide. Tehnoloģija. Resursi – Environment, Technology, Resources, 2009, 1, pp. 185–192.

Projekti

Projekts “Inovatīvi risinājumi industriālo kaņepju apstrādē un pārstrādē”, Eiropas Inovāciju partnerības lauksaimniecības ražīgumam un ilgtspējai projekts Nr. 18-00-A01612-000026.

Projekta mērķis – izpētīt un uzlabot industriālo kaņepju audzēšanu, 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 tehnoloģijai Latvijas agroklimatiskajos apstākļos.

Balstoties pētījumos iegūtajos rezultātos, projekta partneriem 2022. gada sezonai bija ieteiktas Latvijas apstākļiem vispiemērotākās šķirnes – “*Bialobrzeskie*” šķiedru un spaļu iegūšanai, “*Finola*” sēklu iegūšanai. 1. tabulā redzams pārskats par projektā iesaistītajām saimniecībām un sētajām kaņepju šķirnēm.

1. tabula

Saimniecībās audzējamās kaņepju šķirnes projekta ietvaros

Gads	SIA “Jumis geo”	SIA “Atzola”, bioloģiskā saimniecība	ZS “Kotiņi”, bioloģiskā saimniecība	SIA “Mežacīruļi”	SIA “Saimniecība Nākotne”, bioloģiskā saimniecība	SIA “Reits”
2022	<i>Bialobrzeskie</i>	Pūriņi	Pūriņi	Pūriņi	–	<i>Bialobrzeskie</i>
2021	Austa	Austa	Pūriņi	Austa	–	Austa
2020	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	–
2019	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	–
2018	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	<i>USO 31</i>	–

Autores veidota tabula, izmantojot projekta Nr. 18-00-A01612-000026 informāciju.

Izmantojot promocijas darbā gūtās pētniecības atziņas, rakstiskā formā tiks sagatavotas rekomendācijas projekta partneriem par sējas kaņepju šķirņu izvēli, izsējas normām un slāpekļa mēslojuma devām 2023. gada audzēšanas sezonai.

1. KAŅEPJU AUDZĒŠANAS ILGTSPĒJĪBAS ASPEKTI

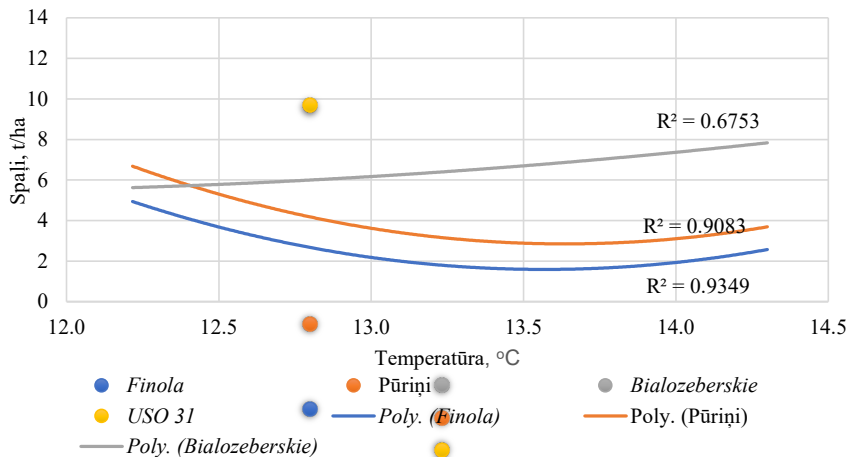
Galvenais uzsvars šajā pētījumā tiek likts uz sējas kaņepēm (*Cannabis sativa L.*) kā ilgtspējīgu izejmateriālu dažādās tautsaimniecības nozarēs, kas Latvijas sējumos aizvietotu rapsi, tās audzēšanas iespējām, mazinot slodzi vidē, un kaņepju lietošanas izvērtēšanu, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas un dzīves cikla analīzes metožu kombinēšanu mainīgos ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Tiek aktualizēts arī jautājums par kultūraugu mēslošanā izmantoto barības vielu noplūdes radīto biomasas pieaugumu ūdenstilpēs, konkrēti, niedrēm un to lietderīgu lietojumu.

Eurostat dati liecina, ka lauksaimniecības nozare nespēj sasniegt klimata mērķus, nemainot pieeju agrotehnoloģijām. Viens no aspektiem ir slāpekļa minerālmēslojuma izmantošana, jo N_2O emisijas atmosfērā no lauksaimniecības sektora daudzus gadus neuzrāda samazināšanās tendences. Iespējamais risinājumiem ir mazināt N_2O emisijas, ko rada N mēslojuma izmantošana. Aizstājot sējamajās platībās rapsi ar kaņepēm jau būtu iespējams samazināt N_2O , jo kaņepju audzēšanai nepieciešams mazāks slāpekļa mēslojuma daudzums nekā rapšiem. 2020. gadā Latvijā lauksaimniecības sektors radīja 87,3 % no kopējām N_2O emisijām gaisā. [16]

Klimatiskie apstākļi ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē kaņepju ražu. [17] Šo faktoru ietekme ir jāizpēta konkrētā kaņepju vietā, lai novērtētu klimatisko faktoru ietekmi uz ražu. [18] Izmēģinājuma vietas raksturojums: Rēzeknes novada Viļānu pagasts ((N) 56°34,053'; (A) 26°58,868'), 110 metri virs jūras līmeņa, reljefs – pārsvarā līdzens un nedaudz paugurains, klimats – mēreni kontinentāls, mēreni silts un mitrs. Lauka izmēģinājumi veikti Austrumlatvijā 2010., 2011., 2012., 2013., 2019. gadā. Visos parauglaukumos augsne tika uzarta rudenī, pavasarī – veikta sagatavošana ar kombinēto augsnes apstrādes agregātu, kultivēta. Kaņepēm nav nepieciešama speciāla augsnes sagatavošana, līdzīgā kā graudaugiem. Pirms sējas augsnes paraugi analizēti Valsts augu aizsardzības dienesta Agroķīmijas departamenta Agroķīmiskajā laboratorijā. Augsnes agroķīmiskie rādītāji pirms sēšanas: organiskās vielas saturs augsnē – no 6,5 % līdz 7,4 %, pH – no 6,6 līdz 7,0, P_2O_5 – no 145 mg/kg līdz 152 mg/kg augsnes, K_2O – no 118 mg/kg līdz 112 mg/kg augsnes. Pamatmēslojumā pirms sējas fosfors (P_2O_5) – 45 kg/ha, kālija K_2O – 45 kg/ha. Izsējas norma parauglaukumos – 70 kg/ha, sēklas kodinātas.

Lauki netika papildus apstrādāti ar minerālmēsliem, tāpēc papildu mēslojuma ietekme uz ražu ir izslēgta. Veģetācijas periodā – no aprīļa līdz septembrim – ir noteikta temperatūra un nokrišņi, lai novērtētu klimatisko apstākļu ietekmi uz kaņepju sēklu, šķiedras un spaļu ražu atkarībā no šķirnes un noteiktu kaņepju šķirnes piemērotību Austrumlatvijas vai līdzīgiem klimatiskajiem apstākļiem. Datu analīze izmantota, lai noteiktu vispiemērotāko šķirni konkrētam kaņepju produktam: sēklām, spaļiem, šķiedrai. Raža un spaļu saturs tika aprēķināts kā trīs atkārtojumu vidējais aritmētiskais. Augu paraugu analīzes veiktas Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas Ķīmijas laboratorijā, izmantojot Latvijas valsts noteiktās standarta metodes. Pētījumā izmantoti Viļānu meteoroloģiskās stacijas meteoroloģiskie dati par pētījuma periodu. Vērtējot klimatisko apstākļu svārstības, var secināt, ka augstākus dīgtspējas riska faktorus var radīt temperatūras paaugstināšanās un mazais nokrišņu daudzums maijā. Pētījumu periodā maijā nokrišņu daudzums nebija izteikts mazs. Tas mazina augu attīstības riska faktorus, jo augi pret mitruma nepietiekamību jutīgāki ir pirmajās sešās nedēļās. Pētījumā konstatēts, ka laikapstākļi dažādos gados ir diezgan atšķirīgi, tāpēc audzēšanai jāizvēlas tādas šķirnes, kas ir mazāk jutīgas pret temperatūras un mitruma svārstībām sēšanas laikā un augu attīstības sākumposmā. Šķiedru raža ir augstāka mērenā mitrumā un zemākā temperatūrā. Paaugstinoties temperatūrai, ievērojami samazinās šķiedru raža šķirnēm “*Finola*” un “*Pūriņi*”, nedaudz samazinās “*USO 31*”, savukārt šķiedras ražu šķirnei “*Bialobrzесьkie*” temperatūras svārstības praktiski neietekmē. “*Bialobrzесьkie*” ir arī augstāki šķiedru iznākuma absolūtie skaitļi neatkarīgi no novērošanas gada. Savukārt šķirnēm “*Finola*” un “*Pūriņi*” mitruma palielināšanās palielina šķiedras ražu, “*USO 31*” – nedaudz samazina, “*Bialobrzесьkie*” – neietekmē.

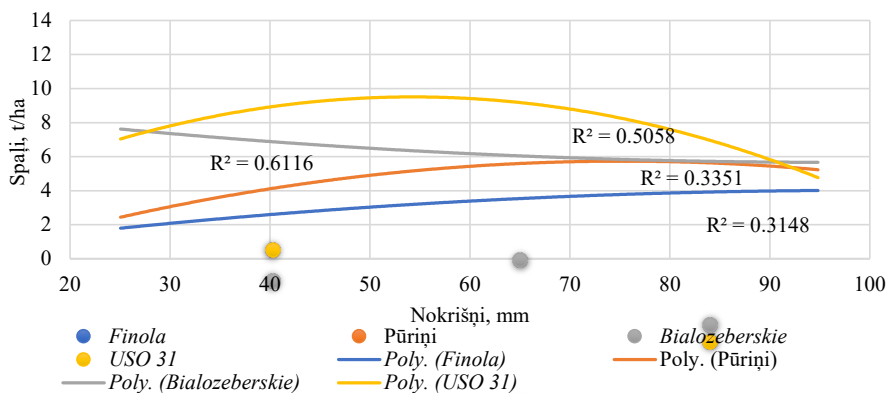
“*Bialobrzесьkie*” ir arī augstāki šķiedru iznākuma absolūtie skaitļi neatkarīgi no novērošanas gada. Savukārt šķirnēm “*Finola*” un “*Pūriņi*” mitruma palielināšanās palielina šķiedras ražu, “*USO-31*” – nedaudz samazina, “*Bialobrzесьkie*” – neietekmē. Lielā nokrišņu daudzumā (veģetācijas periodā virs 80 mm) un zemā temperatūrā (ap 12,5 °C augšanas sezonā) spaļu daudzums ir vismazākais visām pētāmajām šķirnēm (1.1. un 1.2. att.).



1.1. att. Spaļu ražas atkarība no temperatūras.

Autores veidots attēls, izmantojot Viļānu meteoroloģiskās stacijas un SIA “Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs” veikto lauka pētījumu datus.

Klimatisko faktoru analīze liecina, ka temperatūras un nokrišņu ietekme uz sēklu, spaļu un šķiedru ražu ir ļoti atkarīga no šķirnes. Tādējādi ir iespējams identificēt dažādas kaņepju šķirnes, lai iegūtu konkrētu kaņepes saturošu produktu. Kaņepju ražu spēcīgāk ietekmē nokrišņu daudzums, liela nokrišņu daudzuma gadījumā nesamazinās tikai biomasa. Ražas samazināšanos augsta mitruma un zemas temperatūras ietekmē bieži skaidro ar sēnīšu augšanu uz augiem.

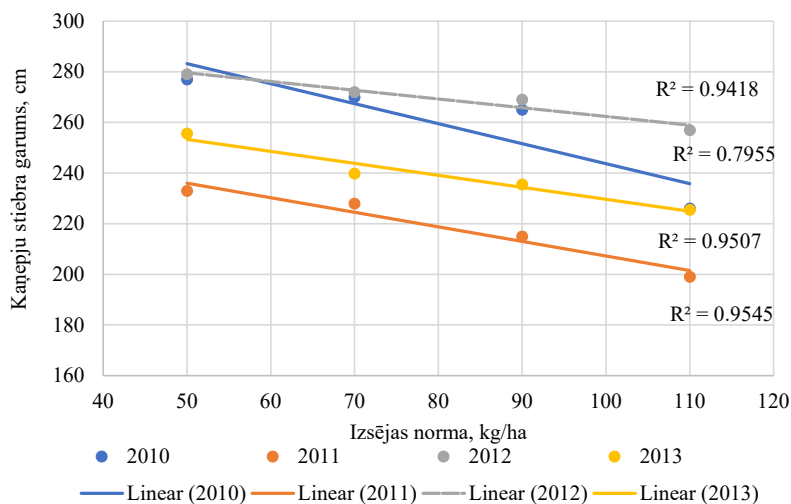


1.2. att. Spaļu ražas atkarība no nokrišņu daudzuma.

Autores veidots attēls, izmantojot Viļānu meteoroloģiskās stacijas un SIA “Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs” veikto lauka pētījumu datus.

No veiktās datu analīzes var secināt, ka identiskos augšanas apstākļos šķirne “*Bialobrzeskie*” ir stabilāka un mazāk atkarīga no klimatiskajiem apstākļiem šķiedru un spaļu ražošanas ziņā. “*Bialobrzeskie*” arī dod lielāku kopējo zaļās masas ražu no hektāra.

Kaņepju šķirnei “*Bialobrzeskie*” tika noteikta izsējas normas ietekme uz stiebru, šķiedru, spaļu un sēklu ražu. Visos pētījumu gados ir konstatēts, ka palielinot kaņepju izsējas normu, samazinās kaņepju stiebru raža. Tas nozīmē, ka var piemērot zemākās izsējas normas, tādā veidā samazinot sēklu iegādes izmaksas. Zemākas izsējas normas var piemērot arī resursu pieejamības problēmu gadījumā un sasniegt labu kaņepju stiebru un sēklu ražu (1.3. att.).



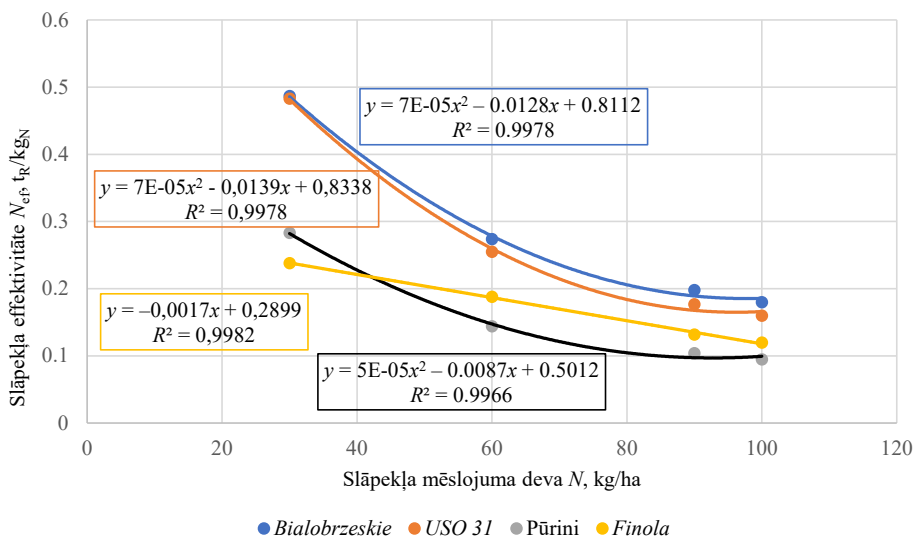
1.3. att. Salmiņu ražas atkarība no izsējas normas šķirnei “*Bialobrzeskie*”.

Autors veidots attēls, izmantojot SIA “Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs” veikto lauka pētījumu datus.

Visos pētījumu gados neatkarīgi no laika apstākļiem salmiņu raža samazinās. Tas liecina, ka nav nepieciešams izmantot lielas izsējas normas. Balstoties pētījumu rezultātos, rekomendējamā izsējas norma šķiedru un spaļu iegūšanai ir no 40 kg/ha līdz 60 kg/ha, savukārt sēklu iegūšanai – 50 kg/ha vai pat mazāk. Piemēram, Francijā rekomendējamās izsējas norma ir vēl zemāka, tas ir, no 40 kg/ha līdz 50 kg/ha, atstarpe starp rindām – no 12 cm līdz 15 cm.

Analizējot slāpekļa mēslojuma ietekmes efektivitāti salīdzinājumā ar kontrollauciņā iegūto ražu, var secināt, ka ražas pieaugums ir novērojams visām pētāmajām šķirnēm. Līdz ar slāpekļa mēslojuma devas palielināšanu salmiņu raža svārstās robežās no 0,23 % (pie

N 30 kg/ha) līdz 3,4 % (pie N 90 kg/ha). Vērtējot izlietotā slāpekļa mēslojuma efektivitāti, var secināt, ka lielās slāpekļa devas dot relatīvi zemāku salmiņu ražas pieaugumu. Slāpekļa papildmēslojuma ietekme uz kaņepju salmiņu ražu redzama 1.4. attēlā.



1.4. att. Kaņepju salmiņu ražas t uz 1 kg iestrādāta slāpekļa papildmēslojuma atkarība no slāpekļa papildmēslojuma devas.

Autors veidots attēls, izmantojot SIA “Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrs” veikto lauka pētījumu datus.

Slāpekļa mēslojuma izmantošanas efektivitāte N_{ef} ir kaņepju ražas t_{R} /ha attiecība pret izmantoto slāpekli N , kg_N /ha. Efektivitātes N_{ef} mērvienība ir t_{R}/kg_N .

Izmantojot empīriski iegūto vienādojumu šķirnei “*Bialobrzeskie*” (1. vienādojums), var izvērtēt gan lielāku, gan mazāku slāpekļa mēslojuma devu izmantošanas efektivitāti. Rezultāts uzskatāmi parāda slāpekļa mēslojuma efektivitāti.

$$N_{ef} = 7e^{-0,5N^2} - 0,0139N + 0,8338, \quad (1.)$$

kur

N_{ef} – slāpekļa mēslojuma izmantošanas efektivitāte, t_{R}/kg_N ;

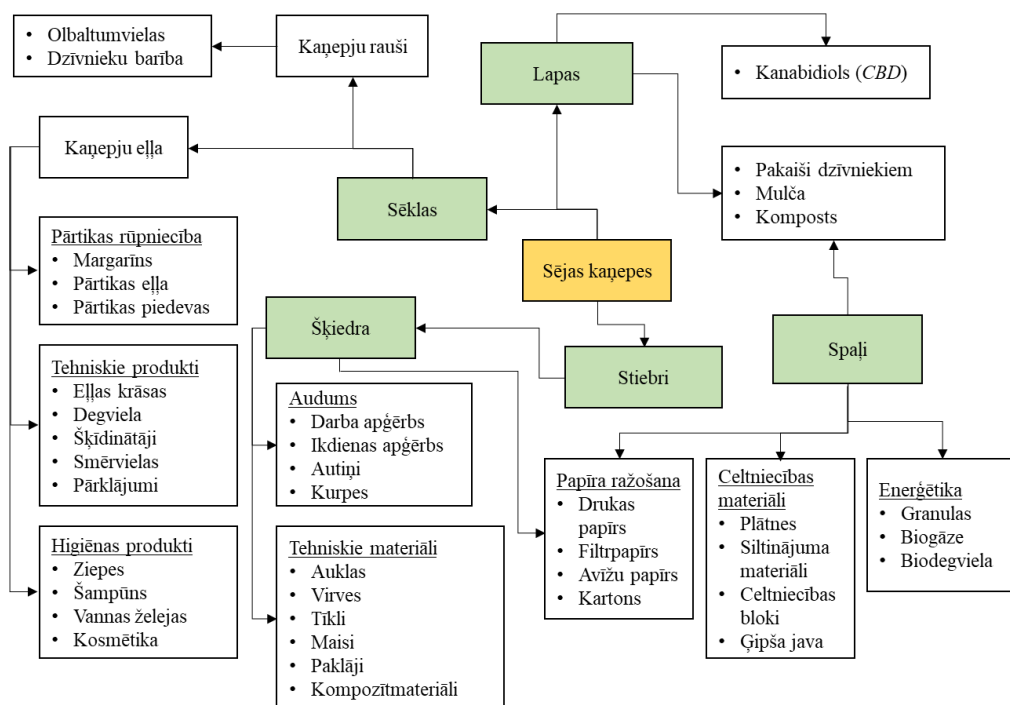
N – slāpekļa mēslojuma deva, kg/ha .

Līdzīgas sakarības ir novērotas arī sēklu un šķiedras ražai. Tas pierāda nepamatotu slāpekļa mēslojuma izmantošanu un nepieciešamību tā daudzumu samazināt.

2. KAŅEPJU LIETOJUMA ILGTSPĒJĪBAS ASPEKTI

Kaņepe ir sens un ļoti unikāls kultūraugs, no kura var iegūt dažādus produktus, kuru lietojums ir ļoti plašs. Kaņepes, pateicoties savām īpašībām, ir laba izejviela sabiedrībai noderīgu produktu ražošanai, tai skaitā eļļas, pārtikas produkti, būvmateriāli, papīrs, biodegviela, kurināmais, tekstilizstrādājumi u. c. (2.1. att.). Kaņepes ir vairāku produktu ar augstu pievienoto vērtību izejviela, kas palielina sējas kaņepju vērtību, salīdzinot ar daudzām citām industriālajām kultūrām. [19] Noteicošais ir izejmateriālu daudzveidība, jo kaņepju pārstrādes procesā tiek iegūti vairāki izejmateriālu veidi:

- kaņepju sēklas;
- lūksnes šķiedras;
- spaļi;
- lapas.



2.1. att. Kaņepju izmantošana bioekonomikā.

Autores veidots attēls. Avots: [19]

3. KAŅEPJU IZSTRĀDĀJUMU PILOTRISINĀJUMI

3.1. Kompozītmateriāls un tā apstrāde

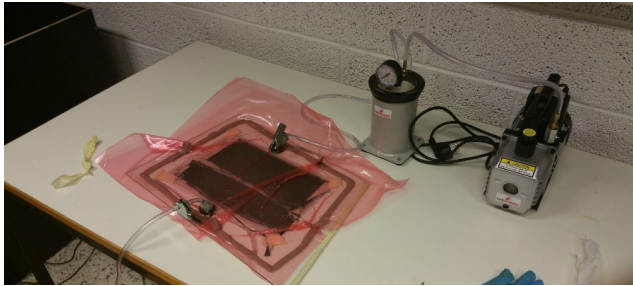
Kompozītmateriālus, kas sastāv no dabiskas un mākslīgas izcelsmes šķiedrām un saistvielām, arvien vairāk izmanto dažādās rūpniecības jomās. Bieži vien iegūto materiālu apstrāde gatavās formās ir sarežģīta un dārga. Pašlaik dominē kompozītmateriālu apstrāde, piemēram, frēzēšana, griešana vai slīpēšana. Mūsdienās ražošanas procesos, tai skaitā materiālu apstrādē, arvien vairāk tiek izmantoti lāzери. Taču, izmantojot lāzerus, ir nepieciešama to lāzera parametru sākotnējā pielāgošana optimālai materiāla apstrādei, jo, ņemot vērā dažādus lāzerus un apstrādājamus materiālus, atšķiras iestatāmie parametri un mainās iegūstamās apstrādes kvalitāte.

Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijā laboratorijas apstākļos tika izgatavoti kompozītmateriālu paraugi, kas sastāv no saistvielas – epoksīdsveķiem un armējošā materiāla – kaņepēm, līniem un oglekļa šķiedrām. Tika pētītas iegūtie kompozītmateriālu īpašības liecē un stiepē, kā arī analizēta to apstrādes kvalitāte ar šķiedru lāzeru. Saražotais, videi draudzīgais kompozītmateriāls ir videi draudzīgi arī jāapstrādā, lai iegūtu nepieciešamos detaļas izmērus un formu. Pētījums ir vērsts uz šķiedras lāzera izmantošanas efektivitātes novērtējumu kompozītmateriālu apstrādē. Lāzери dod iespēju apstrādāt materiālu ļoti precīzi un ātri. Tehnoloģija ir videi draudzīga, jo nerada, piemēram, putekļus, kā tas ir, materiālu griežot vai slīpējot.

Kompozītmateriāla izgatavošanai izmantota aukstā laminēšanas vakuumā (3.1.1. att.) Šķiedru audumi tiek piesātināti ar epoksīdsveķiem vakuumā. Tas nodrošina viendabīgu materiālu struktūru, un neveidojas poras.

Izstrādāti kompozītmateriālu veidi:

- oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- oglekļa šķiedra – oglekļa šķiedra, epoksīdsveķi;
- kaņepju šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- līnu šķiedra – kaņepju šķiedra, epoksīdsveķi;
- oglekļa šķiedra – līnu šķiedra, epoksīdsveķi.



3.1.1. att. Kompozītmateriālu izgatavošana.

Autores veidots attēls. Avots: autores foto RTA laboratorijā.



a)



b)



c)

3.1.2. att. Kompozītmateriāli: a) kaņepju šķiedra – kaņepju šķiedra; b) oglekļa šķiedra – kaņepju šķiedra; c) linu šķiedra – kaņepju šķiedra.

Autores veidots attēls. Avots: autores foto RTA laboratorijā.

3.1.2. attēlā redzami kompozītmateriālu paraugi pēc to izgatavošanas.

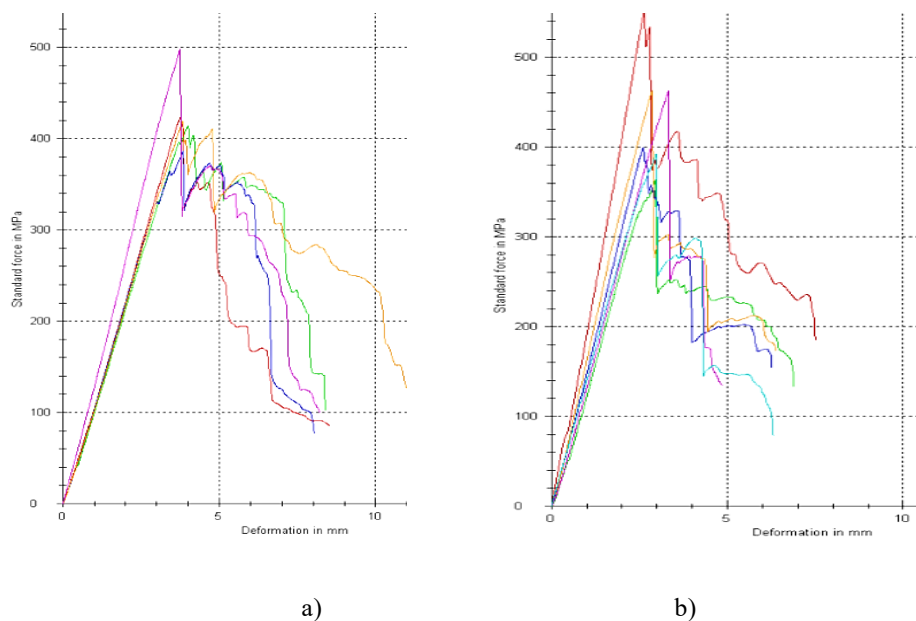
Liece ir svarīgs materiāla mehāniskais rādītājs automašīnu un aeronautikas detaļu izgatavošanā. Kompozītmateriālu paraugu lieces testēšana veikta ar testēšanas iekārtu *Zwick&Roell Z150*, katram izgatavotajam paraugam veikti trīs paralēlie mērījumi. Iegūtie rezultāti redzami 3.1.3. attēlā. Divu oglekļa šķiedru kompozītmateriāla lieces testēšana:

- maksimālā izturības robeža – vidēji 410 MPa;
- deformācija līdz izturības robežai notiek aptuveni 4 mm;
- deformācija ilgst līdz 7 mm, pēc kā notiek parauga sagraušana.

Oglekļa šķiedras un kaņepju šķiedras kompozītmateriāla tests:

- maksimālā izturības robeža – 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 lieces testi parāda, ka kompozītmateriālos izmantotie dabisko šķiedru materiāli, piemēram, kaņepes ir labs aizvietotājs oglekļa šķiedrai. Galvenās dabisko šķiedru kompozītmateriālu priekšrocības ir to mazais svars, noturība pret agresīvu vidi, augstā izturība stiepē un liecē.



3.1.3. att. Lieces tests a) oglekļa šķiedra – oglekļa šķiedra materiālam; b) oglekļa šķiedras un kaņepju šķiedras materiālam.

Autores veidots attēls, izmantojot RTA laboratorijā iegūtos testēšanas rezultātus ar *Zwick&Roell Z150*.

Šķiedru kompozītmateriālu lāzerapstrādei ir vairākas priekšrocības, salīdzinot ar tradicionālajām apstrādes metodēm.

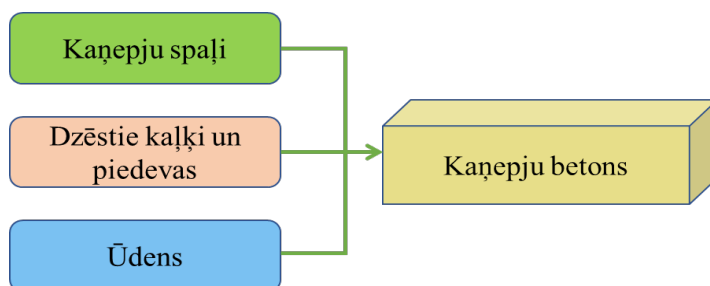
- Lāzerapstrāde ir materiālu apstrāde bez fiziska spēka ietekmes. Tas novērš instrumenta izmantošanu un nodilumu (jo tādu nav), darbgaldu vibrācijas un novirzes, kā arī izstrādājuma formas ierobežojumus, kā tas notiek mehāniskās apstrādes laikā.
- Salīdzinot ar abrazīvo procesu, lāzergriešanā var sasniegt šaurāku griezuma platumu un lielāku griešanas ātrumu, vienlaikus piedāvājot labākus griezumus.
- Svarīgi atrast optimālus lāzerapstrādes procesa parametrus, kas gala rezultātā nodrošina materiāla minimālus 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.

3.2. Kaņepju spaļu betons

Kaņepju spaļu betonu (kaņepju betonu) iegūst, kaņepju spaļus sajaucot ar dzēstajiem kaļķiem (nepieciešamības gadījumā pievieno arī piedevas) un ūdeni noteiktās proporcijās (3.2.1. att.). Kaņepju betons tiek izmantots kā siltumizolācijas materiāls un pildviela koka statņu ēkās nenesošajās konstrukcijās, kā arī kā skaņas izolācijas materiāls.



3.2.1. att. Kaņepju betona ražošanas sastāvdaļas.

Autores veidots attēls.

Promocijas darba autore kopā ar Rēzeknes Augstskolas (šobrīd Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija) kolēģiem veica pētījumus siltumizolācijas kompozītmateriāla iegūšanā no sapropeļa un sējas kaņepju atlikumiem receptūras izstrādē. Rezultātā iesniegts patenta pieteikums un saņemts patents: LV patents Nr. 14869, Sapropēja un kaņepju spaļu betons ēku siltumizolācijai (*Concrete containing sapropel and hemp sheaves for insulation of buildings*), 2014, izgudrotāji – S. Pleikšnis, Ē. Teirumnieka. Patenta īpašnieks – Rēzeknes Augstskola.

Izgudrojums attiecas uz ilgtspējīgu būvniecību, konkrēti – uz jauna ekoloģiska siltumizolācijas kompozītmateriāla iegūšanu.

Sapropēja un sējas kaņepju atlikumu siltumizolācijas kompozītmateriāls ir absolūti ekoloģisks siltumizolācijas materiāls: sapropēja un kaņepju spaļu betons (turpmāk tekstā – SKS betons). Galvenā saistviela ir organogēnie ezera nogulumu – sapropelis, kas šajā gadījumā aizvieto dzēstos kaļķus. SKS kā pildviela tiek izmantoti kaņepju spaļi, kas iegūti no sējas kaņepju šķirnēm (*Cannabis sativa L.*). Kaņepju spaļi ir kaņepju pārstrādes rezultātā iegūti atlikumi ar mazu tilpummasu. SKS betons ir elpojošs, tāpēc tiek nodrošināts labvēlīgs mikroklimats telpā. Ļoti svarīgs aspekts ir šī materiāla ietekme uz apkārtējo vidi.

SKS betonu var lietot visu ēku norobežojošo konstrukciju daļās. Šo materiālu var lietot ēkas grīdu, sienu, pārsegumu un mansardu siltināšanā. SKS betona sastāvs ir – kaņepju spaļi, sapropelis un ūdens maisījums attiecībā 1 : 2 : 1. SKS betonu var lietot karkasa ēku būvniecībā, kā arī pašnesošu sienu konstrukcijās. Ņemot vērā SKS betona relatīvi zemo spiedes stiprību, to labāk izmantot kā pašnesošu sienu siltumizolācijas materiālu. Vispirms veido ēkas koka karkasu un jumta konstrukciju ar segumu. Šāda darba tehnoloģija ļauj darbus veikt arī lietus laikā. Savukārt sienu izveidei tiek uzstādīti veidņi, SKS betonu pilda pakāpeniski pa slāņiem, labi sablīvējot. SKS betona maisīšanai var izmantot dažādus cikliskās darbības pārvietojamus betona maisītājus. Ja būvniecības apjomi ir lieli, var izmantot izsmidzināšanas paņēmieni, lietojot speciālus sūkņus. Kad materiāls ir pietiekami sacietējis, sienu atveidņo.

Pēc pilnīgas materiāla izžūšanas veic sienas iekšējo apdari. Palielinot saistvielas daudzumu (kaņepju spaļi, sapropelis un ūdens maisījums attiecībā 1 : 2,5 : 0,5) var veidot arī gatavus sienu blokus, taču tiem būs vajadzīgi speciāli veidņi un bloku žāvēšana var aizkavēt būvniecības procesu.

Lai uzlabotu SKS betona ugunsdrošību, ieteicams pievienot boraku (līdz 7 %), kas aizkavē uguns iekļūšanu ēkā – paaugstinoties temperatūrai, boraks izdala ūdeni, materiāls kļūst ugunsizturīgs un vienlaikus aizsargā arī ēkas koka konstrukcijas.

Lai aizsargātu SKS betonu pret grauzējiem un kukaiņiem, ieteicams pievienot būvniecības kaļķi vai smiltis (līdz 8 %).

SKS betonam ir labas ne tikai termiskās, bet arī akustiskās īpašības, kas ievērojami atšķiras no citiem betoniem. Darbs ar šādu materiālu nerada risku apkārtējai videi un cilvēka veselībai. SKS betonu ieteicams izmantot koka karkasa ēkās, kas nav augstākās par diviem stāviem.

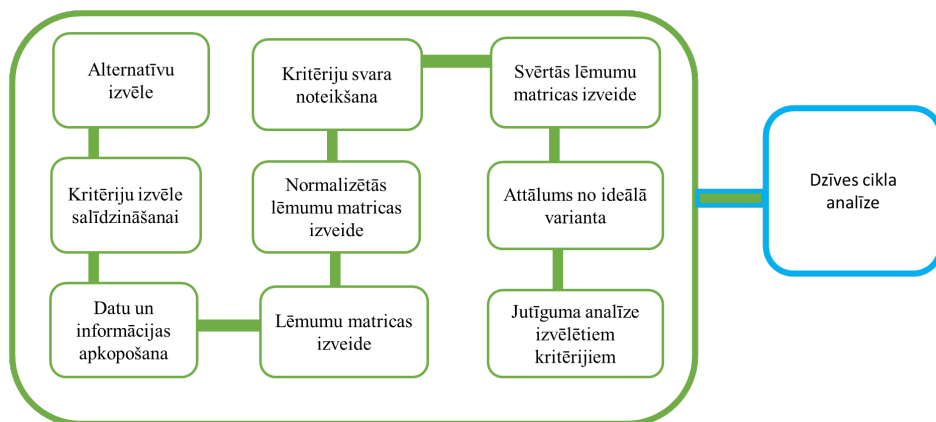
SKS betona blīvums ir no 140 kg/m līdz 170 kg/m. Vidējā materiāla siltumvadītspēja $\lambda = 0,0552 \text{ W/(mK)}$.

4. DATU ANALĪŽU METOŽU KOMBINĒŠANA ILGTSPĒJĪGAI KAŅEPJU UN NIEDRU BIOMASAS IZMANTOŠANAI LATVIJĀ

Lai noteiktu ilgtspējīgāko alternatīvu kaņepju un niedru biomasas izmantošanai, tika kombinētas daudzkritēriju analīzes metode un dzīves cikla analīzes metode. Kā tika atzīmēts jau iepriekš, lauksaimnieciskajos sējumos plaši tiek lietots slāpekļa mēslojums, kas slāpekļa savienojumu augstās šķīdības dēļ viegli pāriet hidrosfērā un nonāk ūdenstilpēs. Tas veicina barības vielu uzkrāšanos un ūdensaugu intensīvu attīstību, Latvijā īpaši pieaugušas niedru platības. Līdz ar to ir lietderīgi izvērtēt gan kaņepju kā kultivējamās kultūras, gan niedru kā dabiskajos apstākļos pastiprināti augošas biomasas izmantošanas potenciālu.

4.1. Metodoloģija

Pētījuma uzdevums ir novērtēt kaņepju izmantošanas ilgtspējību enerģijas ražošanai, izmantojot integrētu datu analīzes metožu kopumu. Lai sasniegtu šo uzdevumu, tika izstrādāta metodoloģija kaņepju izmantošanas ilgtspējas izvērtēšanai. Tika veikta arī rezultātu jutīguma analīze. Integrēti izmantojot iepriekšminētās metodes, ir iespējams iegūt pilnīgāku daudzkritēriju analīzes rezultātu. 4.1.1. attēlā redzama pētījuma metodoloģijas shēma. *TOPSIS* metode ir visvienkāršākā un ērtākā alternatīvu salīdzināšanai, savukārt jutīguma analīze dod iespēju novērtēt alternatīvu snieguma izmaiņas. Dzīves cikla analīze ļauj kvantitatīvi novērtēt produkta ietekmes uz vidi kvantitatīvo novērtējumu.



4.1.1. Pētījuma metodoloģijas shēma.

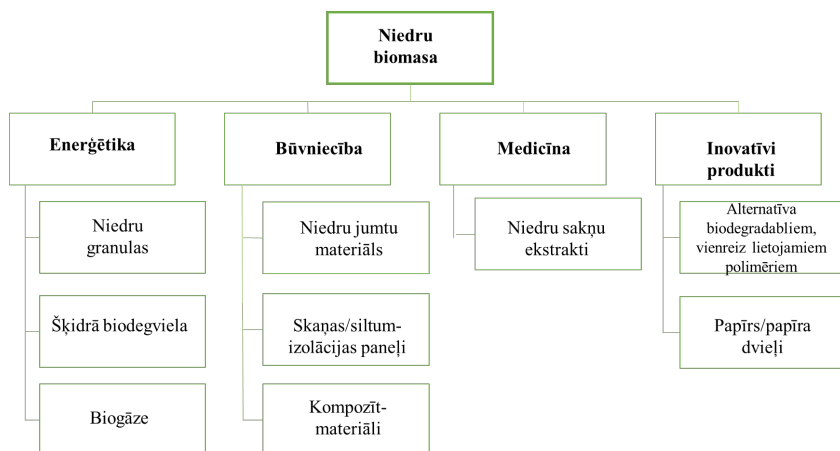
Autores veidots attēls.

4.2. Metožu lietošanas piemēri

4.2.1. NIEDRU IZMANTOŠANAS ANALĪZE

Lai rastu ilgtspējīgus risinājumus niedru augšanas un novākšanas problēmu risināšanai, nepieciešams ierobežot niedru izplatību, lai novērstu aizaugšanu un saglabātu dabisko bioloģisko daudzveidību mitrājos un ezeros, vasarā novācot zaļo niedru biomasu.

4.2.1.1. attēlā redzamas produktu alternatīvas, kas izmantotas arī tālākā analīzē. Analīzei izvēlētas deviņas alternatīvas – trīs enerģētikas sektorā, trīs būvniecības nozarē, viena tautas medicīnā un divi inovatīvi produkti. Izvēlētas gan tādas alternatīvas, kas labi zināmas jau ilgu laiku, piemēram, niedru jumta segumi, gan tādas, kas aprakstītas literatūrā tikai pēdējos gados.



4.2.1.1. att. Niedru biomasas produktu alternatīvas.

Autores veidots attēls.

Lai noteiktu ilgtspējīgāko alternatīvu niedru biomasas izmantošanai, tika lietota *MCDM TOPSIS*. Sarežģītam problēmu novērtēšanas procesam ir nepieciešama visaptveroša pieejamo risinājumu analīze. Resursu pārvaldība ir sarežģīta sistēma, tāpēc jāņem vērā visi iespējamie faktori – ietekme uz tautsaimniecību, tehnisko specifiku un tehnoloģiju gatavība, ietekme uz sabiedrību, kā arī ietekme uz vidi. Niedru biomasas izmantošanas alternatīvu novērtēšanai tika izvēlēti 11 kritēriji četrās grupās: ekonomiskie, tehnoloģiskie, vides un sociālie kritēriji (4.2.1.1. tab.).

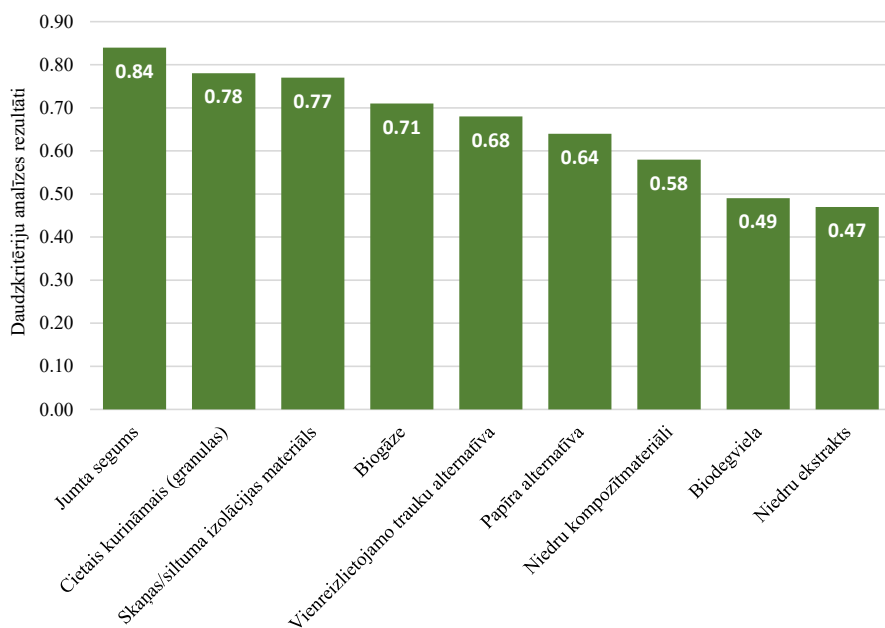
4.2.1.1. tabula

Daudzkritēriju analīzē iekļautie kritēriju

Ekonomiskie rādītāji	Tehnoloģiskie rādītāji	Vides rādītāji	Sociālie rādītāji
Produkta izmaksas	Enerģijas patēriņš ražošanas procesā	Iztīrītas niedru audzes platība gadā	Darba vietas, kas izveidotas, sākot ražošanas procesu
Ražošanas izmaksas no biomasas novākšanas līdz gatavam produktam	Tehnoloģiskā gatavība un pieejamība ražošanai	Vides piesārņojums ražošanas procesā	
Investīcijas <i>start-up</i> sākšanai		Ieguvumi videi no biomasas izmantošanas	
Gatavā produkta pieejamība tirgū		Ietekme uz klimata pārmaiņām un SEG emisijām	

Autores veidota tabula.

Izmantojot *TOPSIS MCA* metodi, tika analizēti deviņi alternatīvie produkti no niedru biomasas (4.2.1.2. att.). Tika noteiktas labākās niedru biomasas izmantošanas alternatīvas – jumta segumu izgatavošana, niedru granulu ražošana no sausas niedru biomasas, skaņas/siltumizolācijas paneļu ražošana, biogāzes iegūšana no zaļās niedru biomasas un bioloģiski noārdāmas vienreiz lietojamo polimēru lietošanas alternatīvas.



4.2.1.2. att. *TOPSIS* daudzkritēriju analīzes rezultāti.

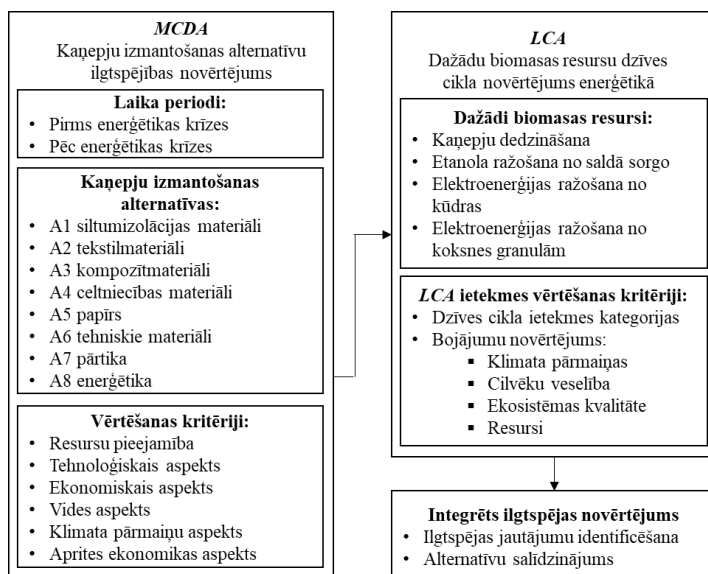
Autores veidots attēls.

Lai pārbaudītu rezultātus un izvērtētu alternatīvu stabilitāti mainīgos apstākļos, veikta jutīguma analīze visām alternatīvām. Vislielāko ietekmi uz *TOPSIS* analīzes rezultātiem un rezultātu atšķirību dažādiem risinājumiem var novērot, mainot tehnoloģisko un ekonomisko faktoru indikatoru īpatsvaru aprēķinos. Vides un sociālie faktori ietekmē alternatīvu uzrādītos rezultātus mazākā mērā un veido līdzīgas tendences līknes. Dzīvotspējīgākās alternatīvas ir enerģētikas nozare niedru izmantošanai, jo relatīvais tuvums ideālajam variantam saglabājas stabils un nav jutīgs pret rādītāju svara izmaiņām. Lai paplašinātu niedru biomasas izmantošanu, jāattīsta niedru izmantošana būvniecības sektorā vai inovatīvu produktu jomā. Enerģētikas nozares lietojumos var izmantot tikai līdz

3000 ha niedru biomasas gadā, atstājot iespēju būvniecības nozarei un inovatoriem, izstrādājot jaunus produktus.

4.2.2. Kaņepju izmantošanas analīze

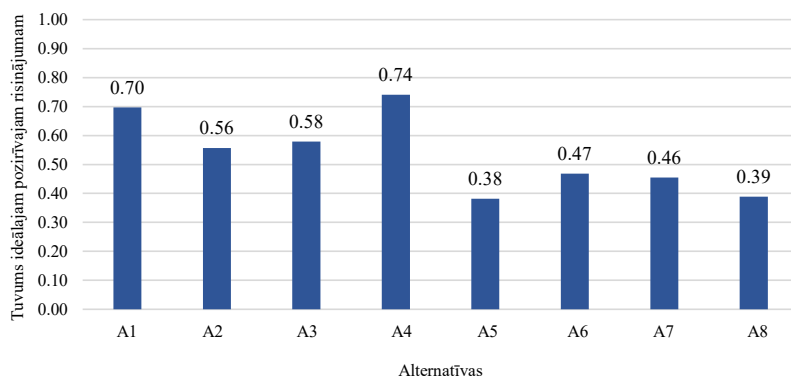
Pētījuma mērķis ir novērtēt kaņepju izmantošanas ilgtspējību enerģijas ražošanai, izmantojot integrētu datu analīžu metožu kopumu, tostarp daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi (*MCDA*) un dzīves cikla analīzi (*LCA*). Tika izstrādāta metodoloģija *MCDA* un *LCA* metožu integrētai izmantošanai. *MCDA* metode tika izvēlēta astoņu atlasīto kaņepju produktu novērtēšanai, ņemot vērā sešus noteiktos kritērijus (4.2.2.1. att.), kas ļauj novērtēt ne tikai vides, bet arī ekonomiskos un tehnoloģiskos aspektus. Ar *MCDA* identificētie kaņepju produkti un kritēriju kopums dod iespēju izvērtēt, kurš būtu ilgtspējīgākais kaņepju kā izejvielas izmantošanas variants. Turklāt *LCA* ļauj novērtēt kaņepes kā enerģijas ražošanas biomasu, salīdzinot ar trim citām biomasas enerģijas iespējām. *MCDA* un *LCA* rezultāti par kaņepju potenciālajiem lietojumiem ļauj plašāk aplūkot to stratēģisko izmantošanu krīzes un bezkrīzes apstākļos, lai labāk varētu pārvaldīt kaņepju plūsmu.



4.2.2.1. att. Pētījumam izstrādātās metodoloģijas vizuāls attēlojums.

Autores veidots attēls.

TOPSIS aprēķinu rezultāti, lai salīdzinātu astoņus kaņepju produktus ikdienas apstākļos, izmantojot ideālajam risinājumam vistuvāko metodi, redzami 4.2.2.2. attēlā. Vistuvāk ideālajam rezultātam ir būvmateriālu ražošana un siltumizolācija ar vērtībām attiecīgi 0,74 un 0,7. No otras puses, sliktākie rezultāti ir enerģijas un papīra ražošanai, attiecīgi 0,39 un 0,38. Visas astoņas salīdzinātās alternatīvas ir tālu no ideālā risinājuma, un būvmateriālu ražošana ir tikai par 0,24 vienībām tuvāk ideālam uz pusi mazākā attālumā. Labākā un otrā labākā alternatīva atšķiras tikai par 0,04 vienībām. Tomēr būvmateriālu ilgtspējības rādītāji ir gandrīz par 50 % labāki nekā papīra ražošanai no kaņepēm. Tā ir būtiska atšķirība, kas norāda, ka, vadoties pēc pētījumā izmantotajiem kritērijiem, *MCDA* analīzes rezultātā būvmateriālu ražošana no kaņepēm ir nepārprotami ilgtspējīgāka nekā papīra un enerģijas ražošana no kaņepēm.

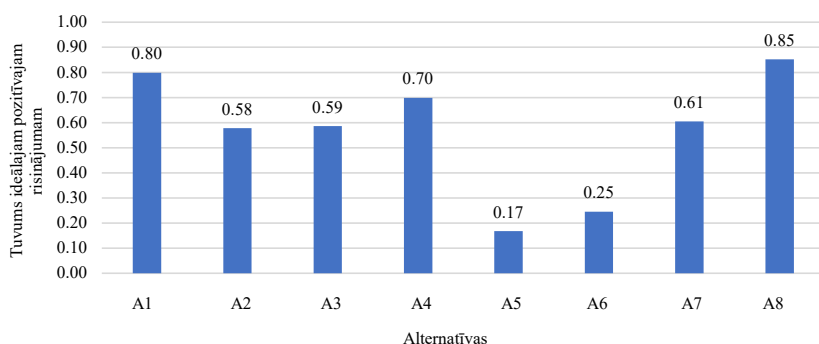


4.2.2.2. att. Kaņepju izmantošanas klasifikācija pirms enerģētikas krīzes.

A1 – siltumizolācija būvniecības nozarē, A2 – tekstilmateriāli dažādās nozarēs, A3 – kompozītmateriāli dažādās nozarēs, A4 – būvmateriāli dažādās nozarēs, A5 – papīrs rūpniecības sektorā, A6 – tehniskie materiāli dažādās nozarēs, A7 – pārtika lauksaimniecības nozarē, A8 – enerģija enerģētikas nozarē.
 Autores veidots attēls.

TOPSIS aprēķini, lai salīdzinātu astoņus kaņepju produktus ekonomiskās un enerģētiskās krīzes apstākļos, izmantojot ideālajam risinājumam vistuvāko metodi, deva rezultātus, kas parādīti 4.2.2.3. attēlā. Enerģijas un siltumizolācijas ražošana ir vistuvāk ideālajam pozitīvajam risinājumam ar vērtībām attiecīgi 0,85 un 0,8. Savukārt viszemākie rezultāti ir tehniskajiem materiāliem un papīra ražošanai, attiecīgi 0,25 un 0,17. Enerģijas ražošana ir pietuvojusies ideālam par 0,39. Arī siltumizolācija ir pietuvojusies ideālam, jo tā var samazināt enerģijas patēriņu mājokļos. Labākais un otrs

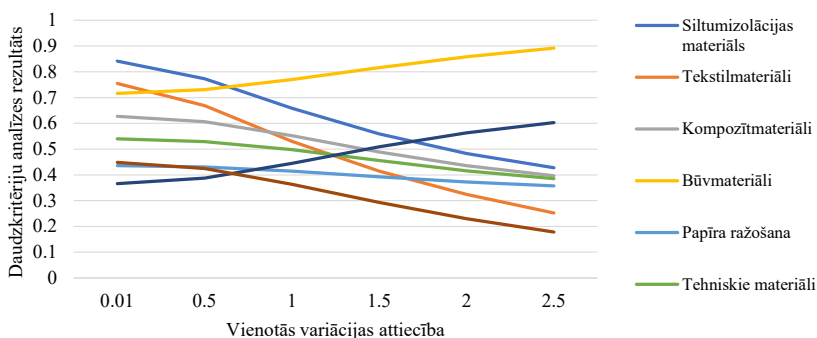
labākais sniegums atšķiras tikai par 0,05 vienībām. Pārējās sešas salīdzinātās alternatīvas ir tālāk no ideālā risinājuma. Enerģijas ražošanas ilgtspējības rādītāji ir četras reizes augstāki nekā papīra ražošanai no kaņepēm. Tā ir milzīga atšķirība, kas liecina par nepieciešamību veikt papildu analīzi un koriģēt kaņepju izmantošanas prioritātes ekonomikas krīzes kontekstā.



4.2.2.3. att. Kaņepju izmantošanas klasifikācija enerģijas krīzes laikā.

A1 – siltumizolācija būvniecības nozarē, A2 – tekstilmateriāli dažādās nozarēs, A3 – kompozītmateriāli dažādās nozarēs, A4 – būvmateriāli dažādās nozarēs, A5 – papīrs rūpniecības sektorā, A6 – tehniskie materiāli dažādās nozarēs, A7 – pārtika lauksaimniecības nozarē, A8 – enerģija enerģētikas nozarē.
 Autore veidots attēls.

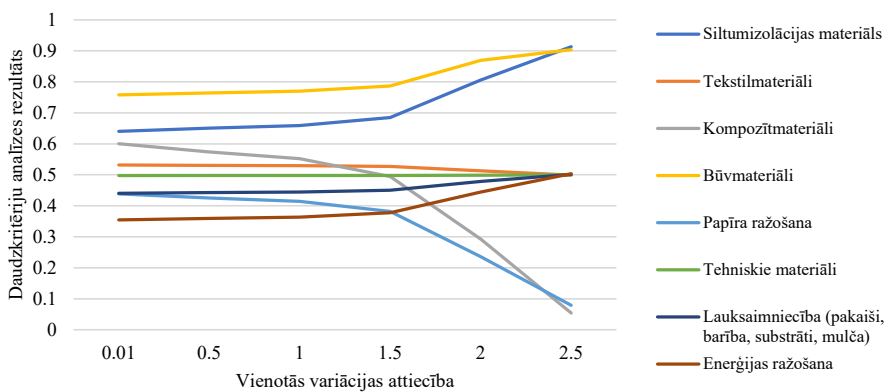
Rezultātu pārbaudei un alternatīvu stabilitātes izvērtēšanai mainīgos apstākļos veikta jutīguma analīze visām astoņām alternatīvām. Jutīguma analīze veikta ar vienotās variācijas attiecības vērtībām $\beta k = 0,01; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5$. Jutīguma analīze veikta visiem pieciem TOPSIS analīzē izmantotajiem kritērijiem (4.2.2.7.–4.2.2.12. att.).



4.2.2.7. att. Kritērija “Resursu pieejamība” jutīguma analīze.

Autore veidots attēls.

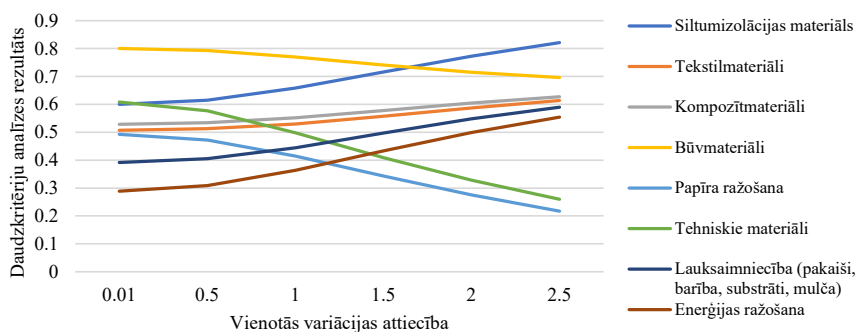
Nelabvēlīga ietekme *TOPSIS* rezultātu resursu pieejamības kritērija īpatsvara izmaiņām ir nozarēm, kur kā izejvielu pārsvarā izmanto kaņepju šķiedras (tekstilmateriāli, tehniskie audumi, kompozītmateriāli, papīrs, siltumizolācija). Stabilākās alternatīvas resursu pieejamības ziņā ir būvmateriālu un lauksaimniecības produktu ražošana, jo šim mērķim ir izmantojamas visas kaņepju sastāvdaļas, kā arī daļai produktu prasības izejmateriāla kvalitātei nav augstas. Enerģijas ražošanā kaņepju izmantošana nebūtu lietderīga.



4.2.2.8. att. Kritērija “Tehnoloģiskie aspekti” jutīguma analīze.

Autores veidots attēls.

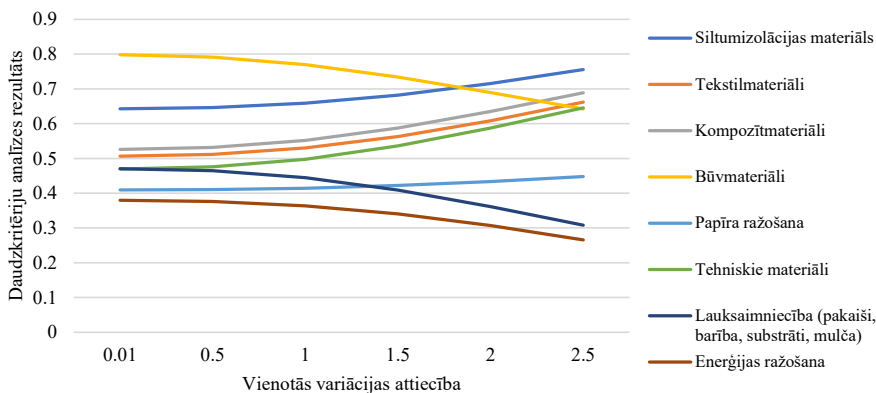
Tehnoloģisko aspektu svara izmaiņas būtiski ietekmē papīra un kompozītmateriālu ražošanas alternatīvu sniegumu *TOPSIS* analīzē. Iemesls tam varētu būt ražošanas sarežģītais tehnoloģiskais process. Kritērija īpatsvara palielināšanās labvēlīgi ietekmē siltumizolācijas un būvmateriālu ražošanas alternatīvu, jo tehnoloģijas nav sarežģītas un ir pieejamas. Pārējās alternatīvas kritērija izmaiņas neietekmē.



4.2.2.9. att. Kritērija “Ekonomiskie aspekti” jutīguma analīze.

Autores veidots attēls.

Pozitīva ietekme *TOPSIS* rezultātu ekonomisko aspektu kritērija īpatsvara izmaiņām ir lielākajai nozaru daļai. 4.2.2.9. attēlā redzams, ka ekonomisko aspektu izmaiņas būtiski ietekmē papīra un tehnisko materiālu ražošanas alternatīvas. Papīra ražošanā tas skaidrojams ar augstajām ražošanas un izejmateriālu izmaksām, savukārt tehnisko materiālu ražošanā kaņepes ir dārgāka izejviela nekā citas izejvielas.

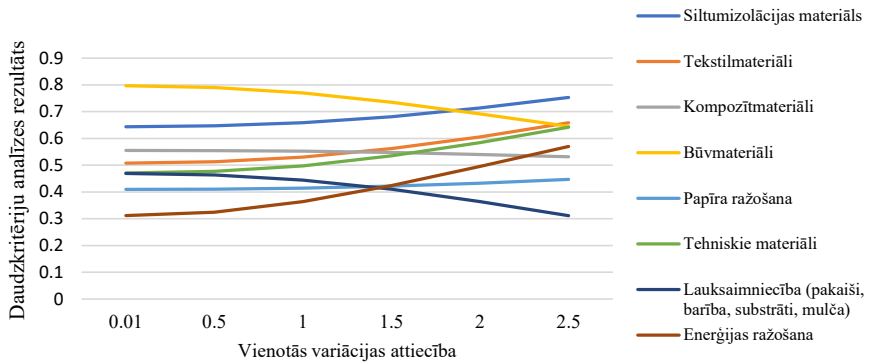


4.2.2.10. att. Kritērija “Vides aspekti” jutīguma analīze.

Autores veidots attēls.

Analizējot vides aspektu ietekmi uz kaņepju izmantošanas alternatīvu *TOPSIS* analīzes rezultātiem, redzams būvmateriālu, enerģijas un lauksaimniecības produktu ražošanas rezultātu pasliktināšanās. Iemesls ir fosilo resursu un ķīmikāliju izmantošana,

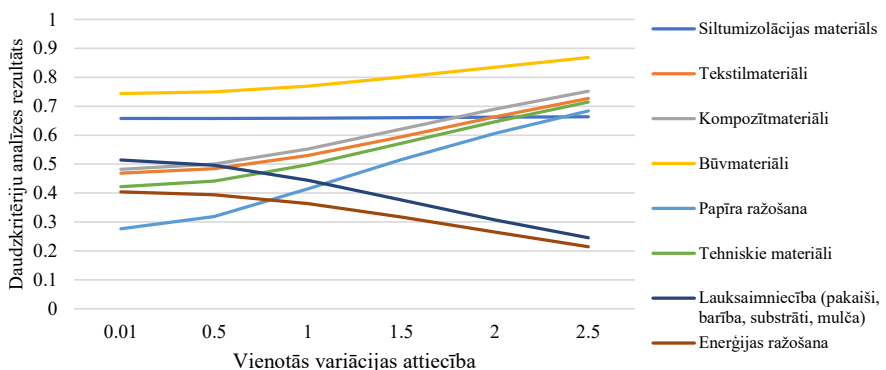
kā arī emisijas vidē ražošanas procesa gaitā. Pārējām alternatīvām ir pozitīva ietekme, jo daudzviet kaņepes aizstāj fosilos resursus. Siltumizolācijas materiālu ražošanai no kaņepēm ir pozitīva ietekme vides un klimata aspektu kritērijiem, jo siltumizolācijas materiāli paaugstina būvju energoefektivitāti.



4.2.2.11. att. Kritērija “Klimatiskie aspekti” jutīguma analīze.

Autores veidots attēls.

Analizētajām kaņepju izmantošanas alternatīvām pozitīva ietekme ir enerģijas ražošanai, jo kaņepju izmantošana dod nulles SEG emisijas. Kaņepju lietošanai dažādu materiālu alternatīvām arī ir pozitīva ietekme, jo tiek aizvietoti fosilie resursi, piemēram, sintētisko tekstilmateriālu, tehnisko materiālu, siltumizolācijas materiālu ražošanā. Negatīva ietekme uz *TOPSIS* rezultātu kritērija īpatsvara izmaiņām ir tikai kaņepju izmantošanai lauksaimniecībā un būvmateriālu ražošanā.



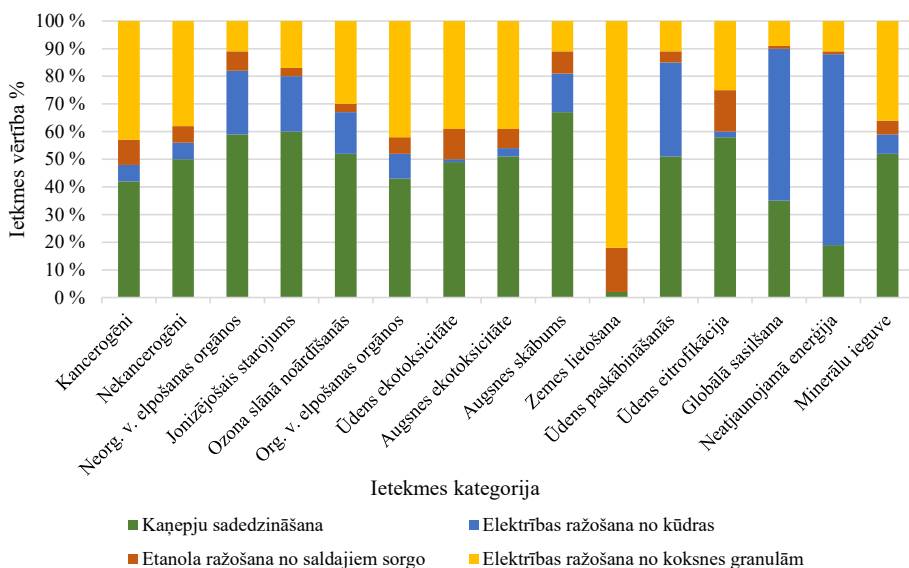
4.2.2.12. att. Kritērija “Aprites ekonomikas aspekti” jutīguma analīze.

Autoresveidots attēls.

Aprites ekonomikas aspektu svāra izmaiņas visnegatīvāk ietekmē kaņepju lietošanu lauksaimniecībā un enerģijas ražošanā. Pārējās alternatīvas kritērija īpatsvara palielināšanās ietekmē pozitīvi. Tas apliecina, ka kaņepes ir atbilstoša izejviela aprites ekonomikas prasībām un tai ir nākotne dažāda veida produktu ražošanā.

Dzīves cikla ietekmes novērtējums tika veikts, izmantojot rakturlielumu apstrādi ar *Sima Pro 9.3.0.3 IMPACT 2002+* ietekmes novērtējuma metodoloģiju. Tika analizētas šādas ietekmes kategorijas: kancerogēni; nekancerogēni; elpceļu neorganiskās vielas; jonizējošais starojums; ozona slāņa noārdīšanās; elpceļu organiskā ietekme; ūdens ekotoksicitāte, sauszemes skābe, zemes patēriņš, ūdens paskābināšanās, ūdens eitrofikācija; globālā sasilšana; neatjaunojamā enerģija; minerālu ieguve.

Kaņepju sadedzināšanas dzīves cikla rādītāji, lai saražotu 100 kWh elektroenerģiju, liecina par lielu ieguldījumu (100 %) visās ietekmes kategorijās, izņemot zemes aizņemšana, neatjaunojamo enerģiju un globālās sasilšanas potenciālu. 4.2.2.4. attēlā redzami ietekmes novērtējuma rezultāti kaņepju biomasai, kūdrai, kokskaidu granulām un saldajam sorgo. Elektroenerģijas ražošanai no kūdras ir liela ietekme uz globālo sasilšanu un neatjaunojamo enerģiju, savukārt etanola ražošanai no saldajiem sorgo ir liela ietekme tikai uz zemes aizņemšanu. Elektroenerģijas ražošana no koksnes granulām uzrāda 100 % ieguldījumu kancerogēnu un zemes patēriņa ietekmes kategorijās. Turpretim attiecībā uz vielām, kas nav kancerogēnas, ūdens ekotoksicitātei, sauszemes skābēm un minerālu ieguvei, ieguldījums ir no 65 % līdz 80 %. Kopumā ietekmes novērtējuma rezultāts kaņepju biomasai uzrāda negatīvus rezultātus, t. i., augstas veiktspējas rādītāju gandrīz visām ietekmes kategorijām, salīdzinot ar kūdras un saldo sorgo biomasu. Koksnes granulām biomasai ir arī otrais lielākais ietekmes devums ietekmes kategorijās.



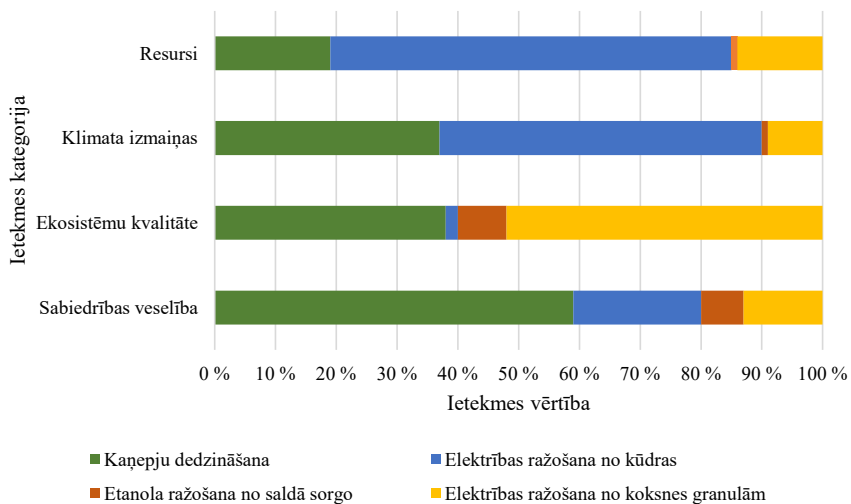
4.2.2.4. att. Ietekmes kategoriju salīdzinājums kaņepju, kūdras, kokskaidu granulū un saldā sorgo biomasai.

Autores veidots attēls.

LCA attiecas uz četrām ietekmju kategorijām, kas liecina par lielāko būtisko negatīvo ietekmi uz vidi. Identificētās ietekmju kategorijas ir resursi; cilvēku veselība; klimata pārmaiņas un ekosistēmu kvalitāte. Tālāk ir sniegta katras ietekmju kategorijas sīkāka definīcija:

- resursi veido resursu patēriņa procentuālo daļu;
- klimata pārmaiņas ir potenciālās globālās sasilšanas indikators, ko izraisa siltumnīcefekta gāzu emisijas gaisā;
- ekosistēmas kvalitāte parāda aizsargjoslu, kas saistīta ar ietekmi uz dabisko vidi;
- cilvēka veselība parāda vidē emitēto vielu toksicitātes ietekmi uz cilvēku.

Ietekmju novērtējuma salīdzinājums starp kaņepju sadedzināšanu, elektrības ražošanu no kūdras un etanola ražošanu no saldā sorgo redzams 4.2.2.5. attēlā. Rezultāti liecina, ka kūdras un saldo sorgo biomasai ir zemāks rādītājs cilvēka veselībai un ekosistēmas kvalitātei nekā kaņepju biomasai. Etanola ražošanai no saldajiem sorgo ir vismazākā ietekme visās kategorijās, savukārt kaņepju biomasas ieguldījums kaitējuma kategorijās ir būtisks.



4.2.2.5. att. Ķaņepju, kūdras, kokskaidu granulu un saldo sorgo biomasas ietekmju novērtējuma salīdzinājums.

Autores veidots attēls.

Rezultāti liecina, ka kūdras un saldo sorgo biomasai ir zemāks rādītājs cilvēku veselībai un ekosistēmas kvalitātei nekā ķaņepju biomasai. Etanola ražošanai no saldajiem sorgo ir vismazākā ietekme visās kategorijās, savukārt ķaņepju biomasai ir būtiska ietekme uz kaitējuma kategorijām. Elektroenerģijas ražošanai no koksnes biomasas ir 100 % ieguldījums ekosistēmas kvalitātē, savukārt cilvēku veselībai, klimata pārmaiņām un resursiem ir attiecīgi 21 %, 15 % un 16 % kaitējuma ieguldījums. Kopumā ķaņepju sadedzināšanai ir lielāka ietekme nekā kūdrai, koksnes granulām un saldo sorgo biomasai.

Ilgspējības daudzdimensionālitate ir skaidri redzama, kad runa ir par ķaņepju izmantošanu. No vienas puses, ir bioresursu vērtību piramīda, kas nosaka ķaņepju resursu izmantošanu sadedzināšanai un enerģijas ražošanai. Šis izmantošanas veids ir tuvu piramīdas pamatnei, kas liecina par zemu pievienoto vērtību. No otras puses, ilgtspējības pieeja var zaudēt prioritāti un konkrētos apstākļos, piemēram, ekonomikas, ģeopolitikas un/vai enerģētikas krīzēs.

Krievijas karš Ukrainā daudzās valstīs ir radījis lielas problēmas, jo tām bija jāizlemj par enerģētikas nozares ilgtermiņa atbilstību un jāmaina sava ilgtermiņa atbilstības politika. Eiropas valstīm steidzami bija jāatsakās no fosilā kurināmā, piemēram, dabasgāzes, un jāatrod veidus, kā šo fosilo kurināmo aizstāt ar atjaunojamiem enerģijas

avotiem. Šajā gadījumā ir svarīgi atrast kritērijus, kas aptver visus ilgtspējas spektru. *MCDA* analīze ikdienas situācijā parādīja, ka kaņepju izmantošanas enerģētikā uzrādītais punktu skaits ir zems, kas nozīmē, ka tas ir tālu no ideālā risinājuma. Tomēr situācija mainās enerģijas krīzes apstākļos, kad kaņepju izmantošana enerģijas ražošanā ierindojas pirmajā vietā un ir labākais risinājums.

Šie rezultāti liecina, ka ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai atbildētu uz jautājumu: vai īslaicīgs risinājums var būt arī uzskatāms par ilgtspējīgu risinājumu. Atbildi uz šo jautājumu sniedz kaņepju granulu *LCA*, salīdzinot ar citu biomasu un vietējo kurināmo (kūdras) enerģijas iegūšanai. Tika meklētas atbildes par dažādu enerģijas avotu ietekmi uz cilvēka veselību, klimata pārmaiņām, resursiem un ekosistēmu kvalitāti. Rezultāts bija pozitīvs – enerģētikas nozare enerģijas ražošanai nav ilgtspējīga, no tās būtu jāizvairās pat šādos laikos, kad ir ekonomiskā krīze.

Izstrādātā ilgtspējas novērtēšanas metodika parādīja, ka *MCDA* metodoloģija nodrošina tikai daļēju atbildi par bioprodukta efektivitāti. Tikai tad, ja rezultāti, kas iegūti ar *MCDA*, tiek tālāk analizēti ar *LCA*, var iegūt pilnīgu priekšstatu par to, vai kaņepju izmantošana enerģētikas nozarē ir ilgtspējīga jebkuros apstākļos un varētu būt nākotnes risinājums fosilās enerģijas avotu aizstāšanai. Tāpēc paredzams, ka integrētā ilgtspējības novērtēšanas metode tuvākajā laikā tiks plaši izmantota lēmumu pieņemšanā.

SECINĀJUMI

1. Mainīgos klimatiskajos apstākļos Latvijā ir iespējams audzēt sējas kaņepes (*Cannabis sativa* L.) gan sēklu, gan šķiedru, gan spaļu iegūšanai. Piemērojot pazeminātas izsējas normas (šķiedru un spaļu iegūšanai 40–60 kg/ha, savukārt sēklu iegūšanai 50 kg/ha vai pat mazāk, ja atstarpes starp rindām ir 12–15 cm) un slāpekļa mēslojumu trūdvielām bagātās augsnēs (30 kg/ha), var iegūt nemainīgi labas ražas kombinētai kaņepju izmantošanai, vienlaikus mazinot slodzi vidē.
2. Austrumlatvijas apstākļos sēklu iegūšanai labāk audzēt agrīnās šķirnes ar īsu veģetācijas periodu. No pērtītajām šķirnēm sēklaudzēšanai var ieteikt “Finola”. “Bialobrzeszkie” ir piemērota šķiedrām un spaļiem. Kopumā kaņepju šķiedru un spaļu raža ir mainīga, tāpēc ekonomiski izdevīgāk izmantot visas auga daļas.
3. Pētījumā atrastie empīriskie vienādojumi ir izmantojami slāpekļa mēslojuma un kaņepju izsējas normas aprēķināšanai noteikta kaņepju produkta iegūšanai. Tādējādi, samazinot slāpekļa mēslojuma devas, var mazināt N₂O emisijas no lauksaimniecības sektora, veicinot klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu lauksaimniecībā un eitrofikācijas mazināšanu.
4. Izstrādāti kaņepes saturoši bioproduktu prototipi ar uzlabotām īpašībām un augstu pievienoto vērtību – kaņepes saturošs kompozītmateriāls un kaņepju betons, kas ir pamats tālākai tehnoloģijas attīstībai un komercializācijai.
5. Noteikta ilgtspējīgākā alternatīvas niedru izmantošanai – enerģētikas nozare. Lai paplašinātu niedru biomasas izmantošanu, jāattīsta niedru izmantošana būvniecības jomā vai inovatīvu produktu jomā. Enerģētikas nozares vajadzībām var izmantot tikai līdz 3000 ha niedru biomasas gadā, atstājot iespēju būvniecības nozarei un jaunu produktu izstrādei.
6. Tika izstrādāta metodoloģija kaņepju izmantošanas ilgtspējas izvērtēšanai mainīgos vides, ekonomiskajos un ģeopolitiskajos apstākļos. Metodoloģija ietver agrotehnoloģiskos un ilgtspējas kritērijus un integrētu datu analīzes metožu kombinēšanu ilgtspējīga lēmuma pieņemšanai.

7. Biomasas izmantošanai enerģijas ražošanā ir jābūt mērķtiecīgai un rūpīgi izvēlētai. LCA parāda, ka kaņepju sadedzināšana rada lielāku kaitējumu nekā citi enerģijas avoti, piemēram, kūdra vai koksne un cita biomasas.
8. MCDA parādīja, ka kaņepes ir laba izejviela dažādu produktu ražošanai. Kaņepju produkti, ko var izmantot būvniecības nozarē (būvmateriāli un siltumizolācijas materiāli), ieņem visaugstāko vietu produktu ranžējumā. Tomēr jāņem vērā, ka šie rezultāti ir tikai ikdienas bezkrīzes apstākļos. Ekonomikas un enerģētikas krīžu laikā situācija būtiski mainās, un vistuvāk ideālajam risinājumam tad ir kaņepju izmantošana enerģijas ražošanā vai tāda materiāla (šajā gadījumā siltumizolācijas) ražošanā, kas palielina energoefektivitāti.
9. Pētījumā iegūtie rezultāti apstiprina, ka sējas kaņepes (*Cannabis sativa L.*) audzēšana mērķtiecīgai kaņepju produktu ar augstākus pievienoto vērtību ražošanai Latvijā ir pamats rapšu lauku aizstāšanai līdz 2030. gadam.

ATSAUCES

- [1] X. Wei *et al.*, “Knowledge Mapping of bioeconomy: A bibliometric analysis,” *J Clean Prod*, vol. 373, p. 133824, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.133824.
- [2] “BIOEAST - BIOEAST.” <https://bioeast.eu/home/> (accessed Oct. 06, 2022).
- [3] “Pētniecība | LBTU.” <https://www.llu.lv/lv/petnieciba> (accessed Dec. 06, 2022).
- [4] C. Moscariello, S. Matassa, G. Esposito, and S. Papirio, “From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.),” *Resour Conserv Recycl*, vol. 175, p. 105864, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.RESCONREC.2021.105864.
- [5] S. Amaducci *et al.*, “Key cultivation techniques for hemp in Europe and China,” *Ind Crops Prod*, vol. 68, pp. 2–16, Jun. 2015, doi: 10.1016/J.INDCROP.2014.06.041.
- [6] Victoria Troyano Fernández, “The Hemp Manifesto_EN,” 2020.
- [7] Z. Dimanta, “Augu sekas ietekmes analīze uz biogēno elementu noplūdēm,” Latvia University of Agriculture, 2012.
- [8] A. Fridrihsone, F. Romagnoli, and U. Cabulis, “Life Cycle Inventory for winter and spring rapeseed production in Northern Europe,” *J Clean Prod*, vol. 177, pp. 79–88, Mar. 2018, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.214.
- [9] “Statistics | Eurostat,” Aug. 22, 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00100/default/line?lang=en> (accessed Sep. 22, 2022).
- [10] A. Adamovics, S. Ivanovs, and V. Stramkale, “Investigations about the impact of norms of the fertilisers and cultivars upon the crop capacity biomass of industrial hemp,” 2016.
- [11] “Rapša un ripša ražošanas un patēriņa bilance (tūkst. t) – Rādītāji un Laika periods. PxWeb.” https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__LA__LAB/LAB020/table/tableViewLayout1/ (accessed Oct. 09, 2022).
- [12] “EUR-Lex – 02018L2001-20181221 – EN – EUR-Lex.” <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=celex%3A02018L2001-20181221> (accessed Dec. 06, 2022).

- [13] T. Hussain, G. Jeena, T. Pitakbut, N. Vasilev, and O. Kayser, “Cannabis sativa research trends, challenges, and new-age perspectives,” *iScience*, vol. 24, no. 12, p. 103391, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.ISCI.2021.103391.
- [14] J. M. McPartland and E. Small, “A classification of endangered high-THC cannabis (*Cannabis sativa* subsp. *indica*) domesticates and their wild relatives,” *PhytoKeys*, vol. 144, pp. 81–112, Apr. 2020, doi: 10.3897/phytokeys.144.46700.
- [15] G. Vilnītis, “Nozares analīze. Latvijas industriālo kaņepju asociācija,” 2012.
- [16] “Statistics | Eurostat.”
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN/default/table?lang=en&category=nrg.nrg_quant.nrg_quanta.nrg_ind.nrg_ind_share (accessed Sep. 24, 2022).
- [17] M. Baldini, C. Ferfuaia, F. Zuliani, and F. Danuso, “Suitability assessment of different hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties to the cultivation environment,” *Ind Crops Prod*, vol. 143, p. 111860, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.INDCROP.2019.111860.
- [18] S. Amaducci *et al.*, “Key cultivation techniques for hemp in Europe and China,” *Ind Crops Prod*, vol. 68, pp. 2–16, Jun. 2015, doi: 10.1016/J.INDCROP.2014.06.041.
- [19] T. Karche and M. R. Singh, “The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: a review,” *Turk J Botany*, vol. 43, no. 6, pp. 710–723, Jan. 2019, doi: 10.3906/bot-1907-15.



Ērika Teirumnieka dzimusi 1971. gadā Rēzeknē. Absolvējusi Latvijas Universitāti, iegūstot ķīmika kvalifikāciju (1994) un ķīmijas maģistra grādu (1995). Strādājusi par mācībspēku Rēzeknes Valsts ģimnāzijā, Valsts Robežsardzes koledžā, Latvijas Mākslas akadēmijas Rēzeknes filiālē kā mācībspēks, Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijā (iepriekš Rēzeknes Augstskola) kopš 1994. gada, ieņemot lektores, pētnieces un Inženieru fakultātes dekānes amatu. Aktīvi piedalījies daudzu projektu īstenošanā, īpaši aizraujošs darbs bija zinātnisko atklājumu komercializācijas projektos, jo tas ir brīdis, kad zinātniskie sasniegumi pārtop reālā produktā un tiek sākti ražošana. Patlaban ir Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas lektore un pētniece, Rēzeknes novada domes priekšsēdētāja vietniece. Zinātniskās intereses saistītas ar Latvijas resursu efektīvu izmantošanu un jaunu produktu ražošanu.