

PĀRSKATS

Pētījuma
nosaukums:

LATVIJAS ZEMES IZMANTOŠANAS, ZEMES IZMANTOŠANAS
MAIŅAS UN MEŽSAIMNIECĪBAS (ZIZIMM) SEKTORA
KLIMATA PĀRMAIŅU MAZINĀŠANAS MĒRĶU SASNIEGŠANAI
ĪSTENOJAMO DARBĪBU SILTUMNĪCEFEKTA GĀZU (SEG)
EMISIJU MAZINĀŠANAI UN OGLEKĻA DIOKSĪDA (CO₂)
PIESAISTES VEICINĀŠANAI MEŽA APSAIMNIEKOŠANĀ SOCIĀLI
EKONOMISKAIS VĒRTĒJUMS

PĀRSKATS PAR 2023. GADA DARBA UZDEVUMU IZPILDI

IZPILDES LAIKS:

01.03.2023-15.11.2023

IZPILDĪTĀJS:

LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

LĪGUMA NR.

23-00-S0INZ03-000 002

PROJEKTA VADĪTĀJS:

A. Lazdiņš

Kopsavilkums

Pētījuma mērķis ir veikt Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomisko vērtējumu.

Pētījuma ietvaros precizēti vienādojumi, kas raksturo klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu potenciālu mežsaimniecībā, tajā skaitā aprobēti vienādojumi augsnes oglekļa aprites raksturošanai; novērtēta dabas atjaunošanas regulas ietekme uz ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā efektivitāti un sagatavoti priekšlikumi kompensējošu pasākumu īstenošanai negatīvās ietekmes mazināšanai; sagatavots ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai sociāli ekonomiskais vērtējums, tai skaitā vērtētas pasākumu izmaksas un sagaidāmie papildus ieņēmumi; raksturots aizstāšanas efektu, ko rada klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai ZIZIMM sektorā īstenojamās darbības enerģētikas sektorā. Pētījuma ietvaros attīstīti modelēšanas instrumenti darbību ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai, tai skaitā mežaudžu līmenī.

Izmantotie saīsinājumi

CO₂ – oglekļa dioksīds;

EK – Eiropas Komisija;

ES – Eiropas Savienība

ETS – emisiju tirdzniecības sistēma

KLP – kopējā lauksaimniecība politika;

MZV - monitorings, ziņošanas un verifikācija;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

UNFCCC - Apvienoto Nāciju Organizācija Vispārējai konvencijai par klimata pārmaiņām;

ZIZIMM – zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektors;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

N₂O – dislāpekļa oksīds;

CH₄ – metāns;

NH₃ – amonjaks;

NO – slāpekļa oksīds;

NO₃ – nitrāti;

C/N – oglekļa/slāpekļa attiecība, kas nosaka ātrumu, ar kādu mikroorganismi sadala organisko vielu;

N – slāpeklis;

C – ogleklis;

ppm – tilpuma miljondaļas;

LVGMC – Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs;

SOC – augsnes organiskais ogleklis.

Saturs

Kopsavilkums.....	2
Izmantotie saīsinājumi.....	3
Saturs.....	4
Ievads.....	7
Augsnes oglekļa aprites vienādojumu integrēšana klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ietekmes aprēķinos.....	11
Yasso aprēķins lauksaimniecības zemēm.....	20
Yasso aprēķins meža zemēm.....	23
Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes uz ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanas iespējām.....	25
Dabas atjaunošanas regulas sagaidāmās ietekmes vērtējums klimata neitralitātes scenārijā.....	25
Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes novērtējums.....	26
Meža apsaimniekošanas darbietilpīguma aprēķinu metodika.....	28
Ietekme uz SEG emisijām meža zemēs.....	32
ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu sociāli ekonomiskais vērtējums.....	41
Meža apsaimniekošanas finanšu plūsmas modelēšanas metodika.....	41
Mežsaimniecības scenāriju finanšu plūsmas salīdzinājums.....	45
ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību aizstāšanas efekts.....	49
Modelēšanas instrumenti uz attālās izpētes datiem balstītai meža resursu raksturošanai... 52	
Pētījuma objektu raksturojums.....	52
Datu apstrāde.....	53
Aktualizēta informācija par ZIZIMM sektora virzību uz klimata neitralitāti.....	55
Klimata neitralitātes scenārijs.....	56
Mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas pasākumu komplekss.....	56
Zemes izmantošana un resursu ieguve.....	56
Klimata neitralitātes scenārijā iekļautās darbības.....	58
Mazāk vērtīgu lauksaimniecības zemju (LIZ) ar minerālaugsnēm apmežošana.....	58
Lauksaimniecības zemju (LIZ) ar organiskajām augsnēm mērķtiecīga apmežošana.....	60
Organisko augšņu lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (LIZ) pārslāpināšana un apmežošana.....	61
Bijušo kūdras ieguves vietu pārslāpināšana un apmežošana.....	64
Hidroloģiskā režīma uzlabošana platībās ar pārmitrām minerālaugsnēm.....	65
Ķīmiskās šķiedras ražošana no lapkoku papīrmalkas.....	66
Kokaugu joslu stādījumu audzēšana meliorācijas sistēmām piegulošajās platībās LIZ.....	68
Meža mēslošana un koksnes pelnu izmantošana.....	69
Kokaugu stādījumi notekūdeņu dūņu izmantošanai.....	72
Kokaugu grupas ganībās ārpus meža zemēm.....	73

Mazproduktīvo mežaudžu nomaiņa.....	75
SEG emisiju prognoze.....	77
Izmantotā literatūra.....	83

Tabulas

Tab. 1. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām priedes audzēs.....	11
Tab. 2. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām egles audzēs.....	12
Tab. 3. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām lapkoku audzēs.....	14
Tab. 4. Oglekļa ieneses frakcijas meža zemēs.....	23
Tab. 5. Darba ražīgums meža stādīšanā atkarībā no atjaunojamo koku skaita.....	29
Tab. 6. Aprēķinos pieņemtais darba ražīgums agrotehniskajā kopšanā.....	29
Tab. 7. Aprēķinos pieņemtais agrotehniskās kopšanas reižu skaits.....	30
Tab. 8. Darba ražīgums koku aizsardzībai pret dzīvnieku bojājumiem.....	30
Tab. 9. Harvesteru darba ražīgums, m ³ h ⁻¹	31
Tab. 10. Aprēķinos izmantotās mežizstrādes darbu izmaksas (€ m ⁻³).....	41
Tab. 11. Aprēķinos izmantotās mežsaimniecisko darbu izmaksas.....	42
Tab. 12. Aprēķinos pieņemtais agrotehniskās kopšanas reižu skaits.....	42
Tab. 13. Aprēķinos izmantotās sortimentu dimensijas un cenas patēriņa vietā.....	42
Tab. 14. Aprēķinos izmantotā sortimentu korekcija.....	43
Tab. 15. Aprēķinos izmantotā nekustamā īpašuma nodokļa likme.....	44
Tab. 16. Koeficienti biokurināmā aizstāšanas efekta aprēķinam.....	49
Tab. 17. Galvenie aprēķinu ievades dati.....	67
Tab. 18. Klimata neitralitātes scenārijā ietvertu darbību novērtējuma kopsavilkums.....	89

Ilustrācijas

Att. 1. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobirām meža zemēs egļu audzēs.....	16
Att. 2. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs egļu audzēs.....	16
Att. 3. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās egļu audzēs.....	17
Att. 4. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobirām meža zemēs bērza audzēs.....	17
Att. 5. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs bērza audzēs.....	18
Att. 6. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās bērza audzēs.....	18
Att. 7. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobirām meža zemēs priežu audzēs.....	19
Att. 8. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs priežu audzēs.....	19
Att. 9. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās priežu audzēs.....	20
Att. 10. Aprēķinu gaita lauksaimniecības zemēs.....	21
Att. 11. Aprēķinu piemērs Yasso20 modelim.....	22
Att. 12. Mežu platība pa vecuma grupām dažādos mežsaimniecības scenārijos 2021. gadā mežos, kuros nav mežsaimniecības aprobežojumi.....	28
Att. 13. Mežaudžu platība pa valdošajām koku sugām dažādos mežsaimniecības scenārijos 2020. gadā mežos, kuros nav mežsaimniecības aprobežojumi.....	28
Att. 14. SEG emisijas no meža zemēm BAU scenārijā.....	32
Att. 15. Valdošo sugu sadalījums pēc platības.....	33
Att. 16. Ar mežizstrādi saistītais krājas samazinājums.....	33
Att. 17. Bruto krājas pieauguma, atmiruma un mežizstrādes prognožu kopsavilkums.....	34
Att. 18. SEG emisiju samazinājums BAU scenārijā, salīdzinot ar NRR scenāriju.....	34
Att. 19. Darba laika patēriņa prognoze augsnes sagatavošanai.....	35
Att. 20. Darba laika patēriņa prognoze koku stādīšanai.....	35
Att. 21. Darba laika patēriņa prognoze agrotehniskajai kopšanai.....	36

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Att. 22. Darba laika patēriņa prognoze aizsardzībai pret dzīvnieku bojājumiem.....	36
Att. 23. Darba laika patēriņa prognoze jaunaudzū kopšanas cirtei.....	37
Att. 24. Darba laika patēriņa prognoze pameža zāģēšanai.....	37
Att. 25. Darba laika patēriņa prognoze kokmateriālu sagatavošanai mežā.....	38
Att. 26. Darba laika patēriņa prognoze kokmateriālu pievešanai.....	38
Att. 27. Kopējā darba laika patēriņa prognoze.....	39
Att. 28. Darba laika patēriņš uz 1 m ³ pieauguma.....	39
Att. 29. Darba laika patēriņš uz 1 m ³ pieauguma.....	40
Att. 30. Klimata neitralitātes scenārija ietekme uz ienākumiem mežsaimniecībā.....	46
Att. 31. Klimata neitralitātes scenārija ietekme uz tīro tagadnes vērtību mežsaimniecībā 100 gadus ilgam periodam.....	46
Att. 32. Mežsaimniecības finanšu plūsma klimata neitralitātes scenārijā.....	47
Att. 33. Diskontētā finanšu plūsma pasākumiem ārpus meža zemēm pie dažādām diskonta likmēm.....	48
Att. 34. SEG emisiju samazinājuma izmaksas darbībām, kas īstenojamas ārpus meža zemēm, atkarībā no diskonta likmes.....	48
Att. 35. Ogleklis biokurināmajā, kas ražots no Latvijas izcelsmes koksnes.....	50
Att. 36. Meža biokurināmā aizstāšanas efekts.....	51
Att. 37. Klimata neitralitātes scenārija prognozējamā ietekme uz aizstāšanas efektu.....	51
Att. 38. Pilotteritorija.....	53
Att. 39. Organisko augšņu platības izmaiņas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.....	64
Att. 40. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums kokaugu stādījumā.....	69
Att. 41. Mēslojamā platība.....	72
Att. 42. Atjaunotā mazvērtīgo audžu platība.....	76
Att. 43. Valdošo sugu sadalījums meža zemēs.....	77
Att. 44. Krājas izmaiņu prognoze meža zemēs.....	77
Att. 45. Koksnes krājas meža zemēs.....	78
Att. 46. SEG emisiju prognoze ZIZIMM sektorā.....	79
Att. 47. SEG emisiju prognoze dažādās zemes izmantošanas kategorijās.....	80
Att. 48. SEG emisiju prognoze dažādās zemes izmantošanas kategorijās.....	80
Att. 49. SEG emisiju prognoze meža zemēs.....	81
Att. 50. Pārslapināšanas iespējamā ietekme uz SEG emisijām ZIZIMM sektorā.....	82
Att. 51. SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar SEG emisiju prognožu scenāriju, saglabājoties esošajai situācijai.....	82

Ievads

Eiropas Savienība (ES) noteikti ambiciozi klimata neitralitātes mērķus 2030. gadam, tostarp zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektorā. ZIZIMM sektorā ES cenšas nodrošināt, ka līdz 2030. gadam siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas un piesaiste ir līdzsvarā. Tas nozīmē, ka sektorā nevajadzētu rasties neto emisijām kopējā SEG bilanci. Lai to sasniegtu, ES aicina uz ilgtspējīgu zemes resursu izmantošanu, tajā skaitā mežu apaudzēšanu, mežu atjaunošanu un meža resursu saglabāšanu.

Lai uzraudzītu progresu un nodrošinātu atbilstību, ES ir izveidojusi visaptverošu uzskaites sistēmu ZIZIMM sektoram. Tā ietver noteikumus emisiju un piesaistes mērīšanai, ziņošanai un verificēšanai. Šai sistēmai ir jāpalīdz klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ieviešanā un jānodrošina pārredzamību ES centienos sasniegt klimata neitralitāti.

2021. gada 14. jūlijā Eiropas Komisija publicējusi virkni regulu un plānošanas projektu, kas būtiski ietekmēs siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mērķus zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM), kā arī pēc 2030. gada – AFOLU sektorā. Viens no publicētajiem dokumentiem ir priekšlikumi regulas par ZIZIMM sektora iekļaušanu SEG emisiju un CO₂ piesaistes iekļaušanu klimata izmaiņu mazināšanas saistībās. Regulas projektā paredzēta pāreja no references līmeņiem uz fiksētu emisiju samazināšanas mērķi. Latvijai sagatavotajā saistību projektā ZIZIMM sektorā paredzēts piekārtīgs SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar nacionālajām SEG emisiju prognozēm, sasniedzot 644 Gg CO₂ ekv. atbilstošas neto piesaistes ZIZIMM sektorā.

Eiropas līmeņa zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un piesaistes uzskaites regulējuma scenārijus vērtēsim atbilstoši publiski pieejamajai informācijai un konsultējoties ar citu valstu ekspertiem. Pētījumā aprēķināsim prognozējamo saistību līmeni dažādos scenārijos un to ietekmi uz saistību izpildes iespējām ZIZIMM sektorā. Aprēķinos izmantoti līdz 2021. gadam iesniegtie SEG inventarizācijas un prognožu ziņojumi, iespēju robežās nodrošinot atbilstību Eiropas Komisijas izmantotajai aprēķinu metodikai.

Pētījuma ietvaros sniegsim atbalstu Latvijas viedokļa un argumentu sagatavošanā par piemērotāko ZIZIMM regulējuma risinājumu. Pētījuma izpildē iesaistīsim pieredzējušus ekspertus, tajā skaitā 2 akreditētus ZIZIMM sektora uzskaites ekspertus, lai nodrošinātu pieņemumu un aprēķinu atbilstību starptautiskajām SEG inventarizācijas vadlīnijām. Pētījumā noteiksim, ar kādiem pasākumiem varēs sasniegt klimata pārmaiņu

mazināšanas mērķus ZIZIMM sektorā. Aprēķinos izmantosim AGM, Yasso20 un EPIM rīkus, emisiju faktorus kūdras augsnēm, kas izstrādāti jaunākajos pētījumos, un mašīnmācības metodes “no sienas līdz sienai” veida oglekļa aprites modelēšanas sistēmas izveidei visai Latvijas teritorijai.

Pētījuma ietvaros risināsim jautājumus, kas saistīti ar Informatīvā ziņojuma par zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektora virzību uz klimatneitralitāti izstrādāšanu, sagatavojot SEG emisiju prognozi un priekšlikumus klimatneitralitātes mērķu sasniegšanai ZIZIMM sektorā 2025. un 2030. gados un pēc 2050. gada.

Pētnieciskie uzdevumi saskaņā ar Ministru kabineta noteikumu Nr. 232 “Grozījumi Ministru kabineta 2015. gada 3. februāra noteikumos Nr. 59 “Valsts un Eiropas Savienības atbalsta piešķiršanas kārtība investīciju veicināšanai lauksaimniecībā”” 7. pielikumu:

1. integrēt augsnes oglekļa aprites vienādojumus klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu meža apsaimniekošanā ietekmes uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti prognožu aprēķinos un izstrādāt darbību datus oglekļa ieneses ar augu atliekām raksturošanai, izmantojot literatūrā pieejamos datus un kaimiņvalstīs izmantotos augsnes oglekļa aprites pieņēmumus;
2. novērtēt dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes uz ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā efektivitāti un sagatavot priekšlikumus kompensējošu pasākumu īstenošanai;
3. sagatavot ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā un dabas atjaunošanas regulas iespējamo ietekmi kompensējošo pasākumu sociāli ekonomisko vērtējumu, tai skaitā ietekmi uz nodarbinātību, tehniskā nodrošinājuma un izmaksu analīzi;
4. raksturot aizstāšanas efektu ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamām darbībām SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā;
5. attīstīt modelēšanas instrumentu un programmnodrošinājumu darbību (scenāriju) ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai, tai skaitā mežaudžu līmenī;

6. aktualizēt informatīvā ziņojuma projektam par ZIZIMM sektora virzību uz klimatneitralitāti pamatinformāciju (SEG emisiju un CO₂ piesaistes faktisko situāciju un iespējamus scenārijus)

Pētījuma 1. darba uzdevuma īstenošanai izmantots Yasso20 modelis, integrējot klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu meža apsaimniekošanā ietekmes uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti prognožu aprēķinos oglekļa piesaistes aprēķinus minerālaugsnēs, un aktualizējām aprēķinu rezultātus organiskajās augsnēs atbilstoši LIFE REstore, LIFE OrgBalt un citu pētījumu par SEG emisijām no augsnes rezultātiem. Darbību dati (virszemes un pazemes koku nobiras, dabiskais atmirums, zemsedzes augu radītā oglekļa ienese augsnē) oglekļa ieneses ar augu atliekām raksturošanai izstrādāti, izmantojot literatūrā pieejamos datus un kaimiņvalstīs izmantotos augsnes oglekļa aprites pieņēmumus, tajā skaitā vērtēta iespēja izmantot 2022. gadā Somijā aprobēto metodiku meža augsnes oglekļa aprites raksturošanai. Aprēķinu verificēšanai meža zemēs izmantoti demonstrācijas projekta BioSoil rezultāti, tomēr pētījumā secināts, ka oglekļa ieneses rādītāju precizitāte ir nepietiekoša, it īpaši apmežotās platībās.

Pētījuma 2. uzdevumā novērtēta dabas atjaunošanas regulas iespējamā ietekme uz ZIZIMM sektorā klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamām darbībām, novērtējot saimnieciskās darbības ierobežojumu ietekmi 30% mežu platības, tajā skaitā saimnieciskās darbības pārtraukšanu 10% no Latvijas mežiem. Aprēķinā pieņemts, ka esošie saimnieciskās darbības ierobežojumi ietilpst dabas atjaunošanas regulas noteiktajās prasībās. Nemeža zemēs pieņemts, ka apmežošana iespējama tikai daļā no kūdras augsnēm, uz kurām neattiecas prasība veikt renaturalizācijas pasākumus, savukārt, renaturalizācijas nepieciešamības novērtējumā ņemta vērā iespēja organiskās augsnēs LIZ ierīkot paludikultūras ar melnalksni. Meža zemēs pieņemts, ka renaturalizētās platības ietilpst tajās teritorijās, kurās pārtrauc saimniecisko darbību saskaņā ar dabas atjaunošanas regulas prasībām. Renaturalizētajās LIZ ar organiskām augsnēm aprēķinos pieņemts, ka veidojas purvainiem raksturīgs kokaugu apaugums. Priekšlikumos kompensējošu pasākumu īstenošanai novērtēts, cik liela platība papildus jāapmežo, lai kompensētu dabas atjaunošanas regulas prasību ieviešanas ietekmi. Pasākumu ietekmes raksturošanai izmantoti 2022. gadā izstrādātie un 2023. gadā papildinātie ietekmes aprēķinu darbību dati.

Pētījuma 3. uzdevumā sagatavots ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību SEG emisiju mazināšanai un CO₂ piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā un dabas atjaunošanas regulas iespējamo ietekmi kompensējošo pasākumu sociāli ekonomiskais vērtējums, tai skaitā vērtēta ietekme uz nodarbinātību, tehniskā nodrošinājuma un izmaksu analīzi, balstoties uz 2022. gadā veiktā pētījuma "Klimata scenāriju sociālekonomiskās ietekmes aprēķini" (22-00-S0MF01-000003) rezultātiem. Izmaksu novērtējums veikts atbilstoši patreizējām cenām, izmantojot atvērtos avotos pieejamu informāciju.

Pētījuma 4. uzdevumā raksturots aizstāšanas efekts enerģētikas sektorā un koksnes produktos, ko rada ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamās darbības meža apsaimniekošanā. Vērtējamās darbības ir meža ieaudzēšana, meža mēslošana un koksnes pelnu izmantošana mežā, mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas darbību komplekss, koksnes ķīmiskās pārstrādes attīstīšana Latvijā, nodrošinot šobrīd eksportējamās lapu koku papīrmalkas pārstrādi Latvijā. Pētījumā vērtēta arī negatīvā ietekme, ko rada saimnieciskās darbības iespējamie ierobežojumi.

Pētījuma 5. uzdevumā uzsākta modelēšanas instrumentu un programmnodrošinājumu izstrādāšana SEG emisiju mazināšanas un CO₂ piesaistes veicināšanas darbību ietekmes novērtēšanai un prognozēšanai, tai skaitā mežaudžu līmenī, tajā skaitā sākām veidot uz attālās izpētes (LiDAR, Sentinel 2, ortofoto, lauku reģistra un citiem) datiem un meža resursu monitoringa parauglaukumos pieejamo informāciju balstītu “biogrupu” interpretācijas un modelēšanas sistēmu meža un nemeža zemēm. Darbā izmantotas mašīnmācības metodes, lai izveidotu “siena līdz sienai” veida datu slāni, kurā pārstāvēta visa Latvijas teritorija. 2023. gadā uzsākta sistēmas veidošana meža zemēm, izstrādājot vienādojumus oglekļa uzkrājuma izmaiņu kokaugu biomasā raksturošanai, kā arī uzsākām harmonizēta datu slāņa veidošana oglekļa uzkrājuma datiem visiem mežiem Latvijas teritorijā, tajā skaitā analizētas nenoteiktības novērtējuma metodes.

Pētījuma 6. uzdevumā, izmantojot aktualizētos datus, papildināts informatīvais ziņojums projektu par ZIZIMM sektora virzību uz klimatneitralitāti, ietverot bāzes scenāriju un līdz šim identificēto pasākumu ietekmi, tajā skaitā vērtējot nepieciešamās tiešās investīcijas pasākumu īstenošanai. Pētījumā vērtētie pasākumi ir meža ieaudzēšana organiskajās augsnēs un minerālaugsnēs, zālāju ar kūdras augsnēm renaturalizācija (dabiskā meža atjaunošanās iepriekš atmežotās platībās, veidojoties purvainiem raksturīga veģetācija), mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas pasākumu komplekss, saīsinot apriti un palielinot jaunaudžu kopšanas ciršu intensitāti, koksnes pelnu un minerālmēslu izmantošana mežā, koksnes ķīmiskās pārstrādes attīstīšana Latvijā, kokaugu stādījumi nemeža zemēs, tajā skaitā kokaugu aizsargjoslas gar meliorācijas sistēmām, hidroloģiskā režīma uzlabošana minerālaugsnēs un kūdras augsnēs.

Augsnes oglekļa aprites vienādojumu integrēšana klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ietekmes aprēķinos

Pētījuma ietvaros izstrādāti vienādojumi augsnes oglekļa aprites raksturošanai apmežotās zemēs un meža zemēs. Atšķirīga starp vienādojumiem ir pieņēmumos par sākuma stāvokli; apmežotās zemēs pieņemts, ka sākuma stāvokli (pirmie 5 gadi pēc apmežošanas) raksturo oglekļa ienese ar augu atliekām dabiskos zālajos, bet meža zemēs izmantoti rādītāji, kas raksturīgi meža zemēm. Yasso20 šie ieneses rādītāji raksturo oglekļa frakcijas ar mazām dimensijām (Tab. 4).

Oglekļa uzkrājuma zemsedzes veģetācijā un ienese augsnē ar augu atliekām aprēķinu gaita meža zemēs parādīta Tab. 1, 2 un 3. Visām lapu koku sugām izmantoti bērza vienādojumi.

Tab. 1. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām priedes audzēs¹

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
1.	Audzes vecums, gados	-	Ievades dati
2.	G, m ² ha ⁻¹	-	Ievades dati
3.	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	-	Ievades dati
4.	Nobiru biomasa, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$d = 0,597 * b^{0,489}$	Nepublicēti REstore pētījuma dati
5.	C ienese ar koku nobirām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$e = 0,323 * b^{0,489}$	Nepublicēti REstore pētījuma dati
6.	Sīksakņu biomasa, t ha ⁻¹	$f = 0,02 * c$	Neumann et al., 2019
7.	Sīksakņu biomasas atmirums, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$g = f * 0,61$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012
8.	Oglekļa saturs sīksaknēs, t t ₁	0,5	Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
9.	Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$i = g * h$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
10.	Sīkkrūmu virszemes biomasa, kg ha ⁻¹	$j = (16,68 + 0,219 * 2 + 0,0004 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
11.	Zālaugu biomasa, kg ha ⁻¹	$k = (11,725 - 0,098 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006

¹ Avoti: (Eggleston, Buendia, Miwa, Ngara, & Kiyoto, 2006; Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlom & Savidge, 2003; Mäkkönen, 1974; Muukkonen, 2006; Muukkonen u.c., 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005)

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
12.	Sūnu biomasa, kg ha ⁻¹	$l = (27,329 + 0,138 * a - 0,0005 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
13.	Ķērpju biomasa, kg ha ⁻¹	$m = (7,975 - 0,0002 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
14.	Sikkrūmu virszemes nobiru biomasa, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$n = j * 0,25$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
15.	Zālaugu virszemes atliekas, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$o = k * l$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
16.	Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$p = l * 0,33$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
17.	Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$q = m * 0,1$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
18.	Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$r = n + o + p + q$	-
19.	Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$s = \frac{r * 100}{30} * 0,7$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005
20.	Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = r * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005
21.	Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = s * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005
22.	Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes augu atliekām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$v = \frac{t + u}{1000}$	-
23.	Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$w = v + i + e$	-
24.	Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$x = (j + k + l + m) * 0,7 * 0,475$	-

Tab. 2. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām egles audzēs²

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
1.	Audzes vecums, gados	-	Ievades dati
2.	G, m ² ha ⁻¹	-	Ievades dati
3.	Stumbra biomasa, tonnas ha ⁻¹	-	Ievades dati
4.	Nobiru biomasa, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$d = 0,404 * b^{0,726}$	Nepublicēti REstore pētījuma dati
5.	C ienese ar koku nobirām,	$e = 0,211 * b^{0,726}$	Nepublicēti REstore

² Avoti: (Eggleston u.c., 2006; Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlo & Savidge, 2003; Mälkönen, 1974; Muukkonen, 2006; Muukkonen u.c., 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005)

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
	t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹		pētījuma dati
6.	Sīksakņu biomasa, t ha ⁻¹	$f = 0,02 * c$	Neumann et al., 2019
7.	Sīksakņu biomasas atmirums, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$g = f * 0,84$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012
8.	Oglekļa saturs sīksaknēs, t t ⁻¹	0,5	Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
9.	Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$i = g * h$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
10.	Sīkkrūmu virszemes biomasa, kg ha ⁻¹	$j = (10,375 - 0,033 * a + 0,001 * a^2 - 0,000004 * a^3)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
11.	Zālaugu virszemes biomasa, kg ha ⁻¹	$k = (15,058 - 0,113 * a + 0,0003 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
12.	Sūnu virszemes biomasa, kg ha ⁻¹	$l = (19,282 + 0,164 * a - 0,000001 * a^3)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
13.	Ķērpju biomasa, kg ha ⁻¹	0	Muukkonen, Mäkipää, 2006
14.	Sīkkrūmu virszemes nobiru biomasa, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$n = j * 0,25$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
15.	Zālaugu virszemes atliekas, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$o = k * l$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
16.	Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$p = l * 0,33$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
17.	Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$q = m * 0,1$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
18.	Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$r = n + o + p + q$	-
19.	Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$s = \frac{r * 100}{30} * 0,7$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005
20.	Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = r * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005
21.	Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = s * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
22.	Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes augu atliekām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$v = \frac{t+u}{1000}$	-
23.	Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$w = v + i + e$	-
24.	Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$x = (j + k + l + m) * 0,7 * 0,475$	-

Tab. 3. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām lapkoku audzēs³

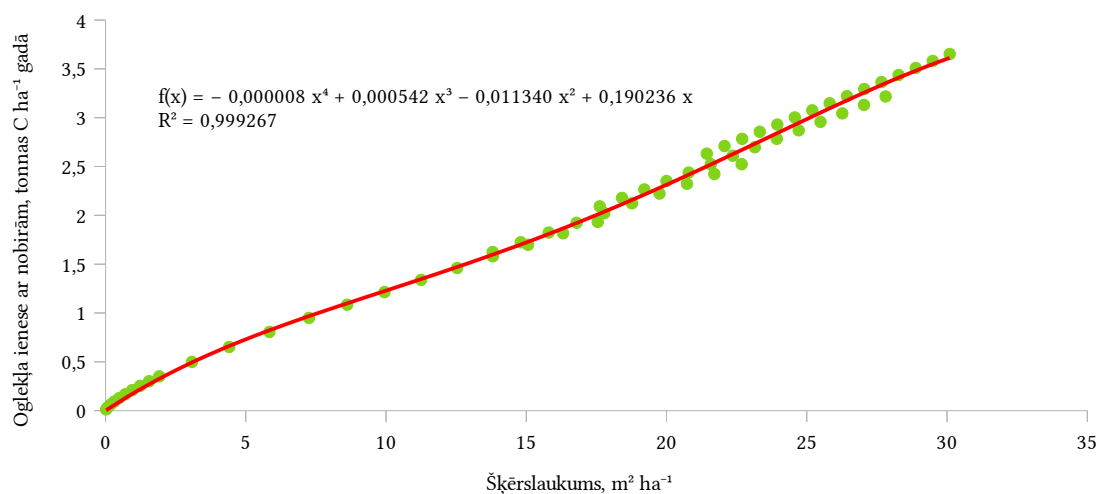
Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
1.	Audzes vecums, gados	-	Ievades dati
2.	G, m ² ha ⁻¹	-	Ievades dati
3.	Stumbra biomasas, tonnas ha ⁻¹	-	Ievades dati
4.	Nobiru biomasas, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	if $b \leq 10$; $d = 0,013 * b$ if $b > 34$; $d = -0,00639 * 34^2 + 0,433 * 34 - 2,391$ if $10 > b \leq 34$; $d = -0,00639 * b^2 + 0,433 * b - 2,391$	Nepublicēti REstore pētījuma dati
5.	C ienese ar koku nobirām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	if $b \leq 10$; $d = 0,007 * b$ if $b > 34$; $d = -0,00344 * 34^2 + 0,233 * 34 - 1,286$ if $10 > b \leq 34$; $d = -0,00344 * b^2 + 0,233 * b - 1,286$	Nepublicēti REstore pētījuma dati
6.	Sīksakņu biomasas, t ha ⁻¹	$f = 0,02 * c$	Neumann et al., 2019
7.	Sīksakņu biomasas atmirums, t ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$g = f * 1,22$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012
8.	Oglekļa saturs sīksaknēs, t t ⁻¹	0,5	Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
9.	Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$i = g * h$	Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006
10.	Sīkkrūmu virszemes biomasas, kg ha ⁻¹	$j = (7,102 + 0,0004 * a^2)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
11.	Zālaugu virszemes biomasas, kg ha ⁻¹	$k = (20,58 - 0,423 * a + 0,004 * a^2 - 0,00002 * a^3)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
12.	Sūnu virszemes biomasas, kg ha ⁻¹	$l = (13,555 - 0,056 * a)^2 - 0,5$	Muukkonen, Mäkipää, 2006
13.	Ķērpju biomasas, kg ha ⁻¹	0	Muukkonen, Mäkipää, 2006
14.	Sīkkrūmu virszemes nobiru biomasas, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$n = j * 0,25$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
15.	Zālaugu virszemes atliekas, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$o = k * 1$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006

³ Avoti: (Eggleston u.c., 2006; Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlom & Savidge, 2003; Mälkönen, 1974; Muukkonen, 2006; Muukkonen u.c., 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005)

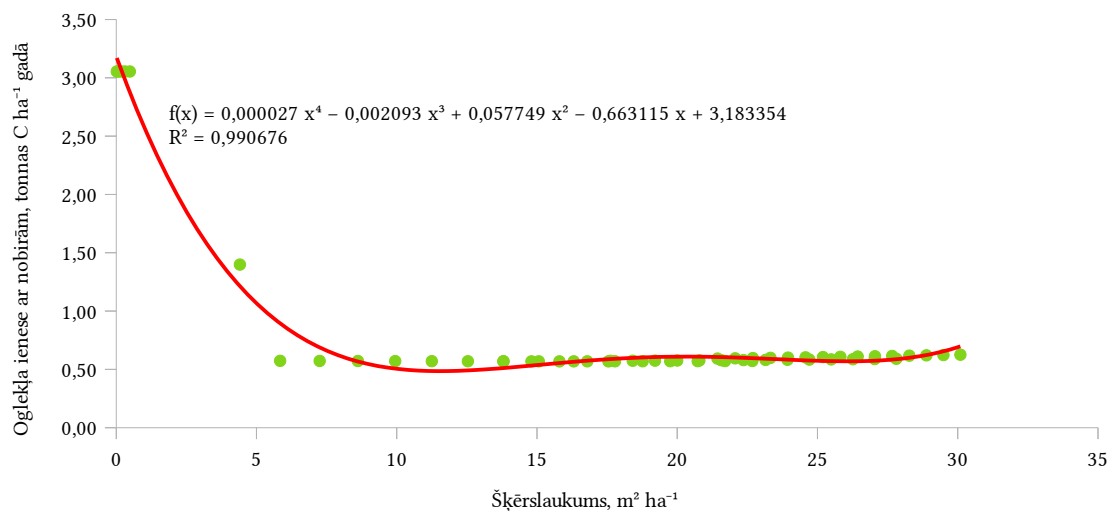
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Nr.	Rādītājs	Aprēķins	Datu avots
16.	Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$p = l * 0,33$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
17.	Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$q = m * 0,1$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006
18.	Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$r = n + o + p + q$	-
19.	Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$s = \frac{r * 100}{30} * 0,7$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005
20.	Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = r * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005
21.	Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$t = s * 0,475$	Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005
22.	Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes augu atliekām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$v = \frac{t + u}{1000}$	-
23.	Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$w = v + i + e$	-
24.	Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha ⁻¹ gadā ⁻¹	$x = (j + k + l + m) * 0,7 * \frac{0,475}{1000}$	-

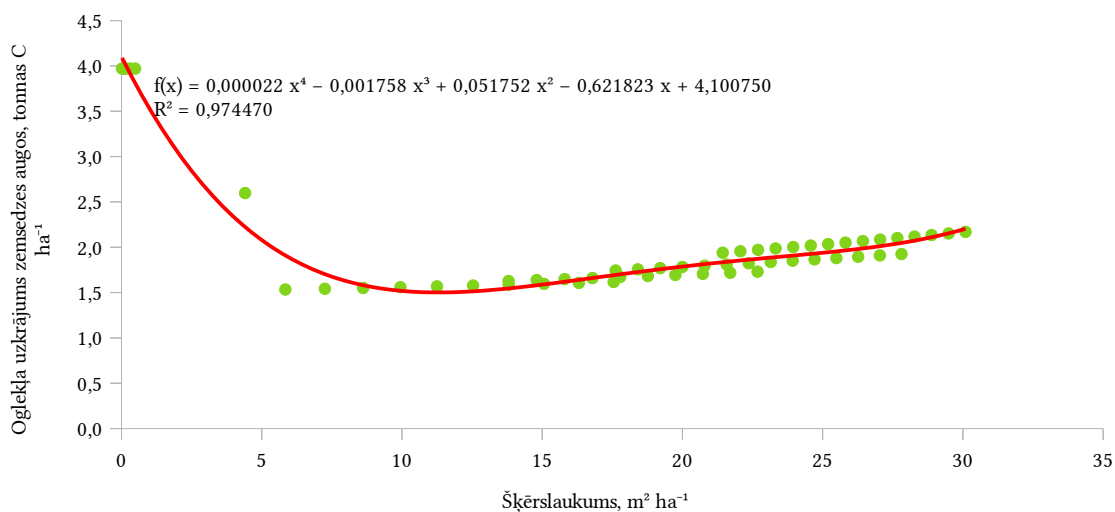
Lai vienkāršotu aprēķinu, izstrādāti polinomu vienādojumi ar audzes šķērslaukumu kā neatkarīgo mainīgo. Vienādojumu piemēri apmežotām platībām eglei parādīti Att. 1, 2 un 3; bērzam - Att. 4, 5 un 6; priedei - Att. 7, 8 un 9.



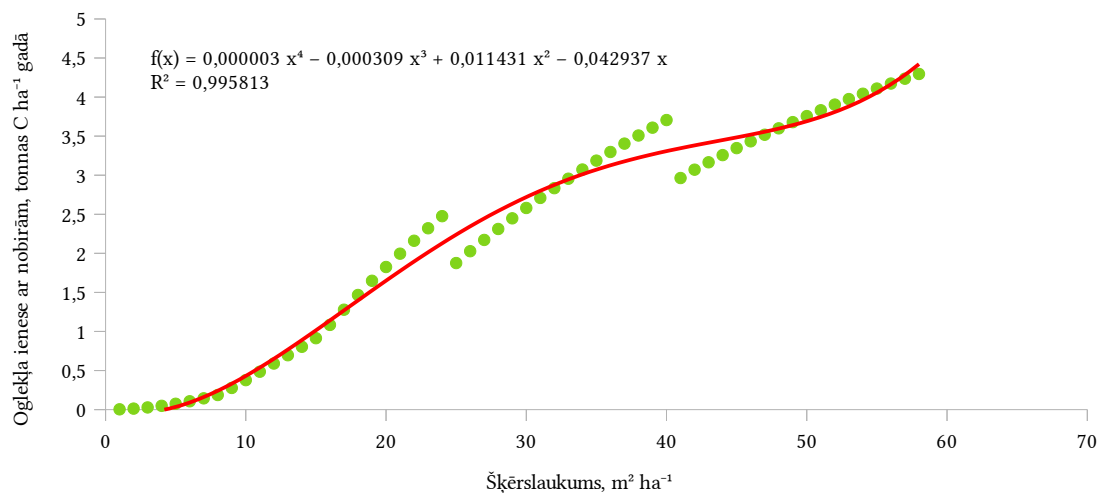
Att. 1. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobīrām meža zemēs egļu audzēs.



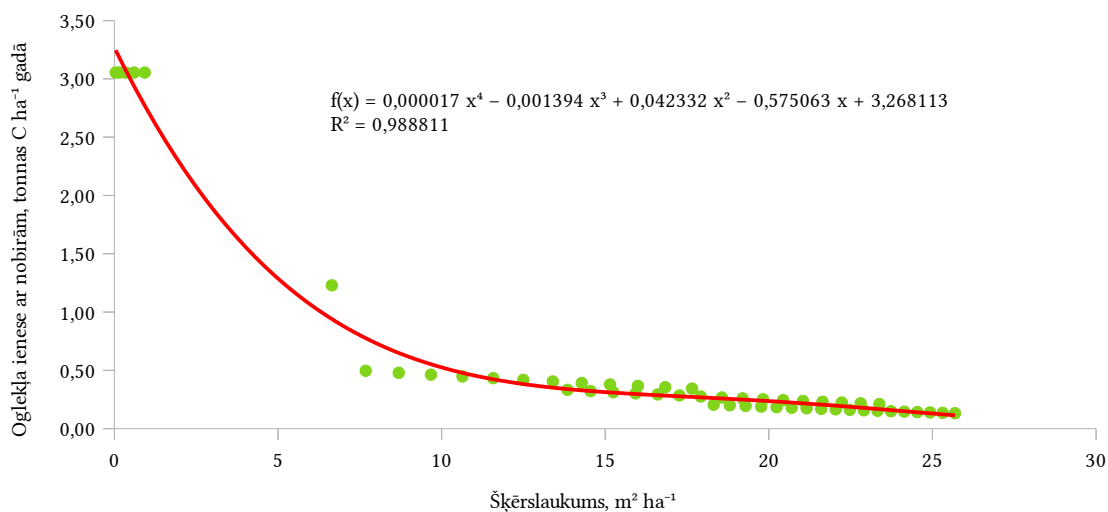
Att. 2. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs egļu audzēs.



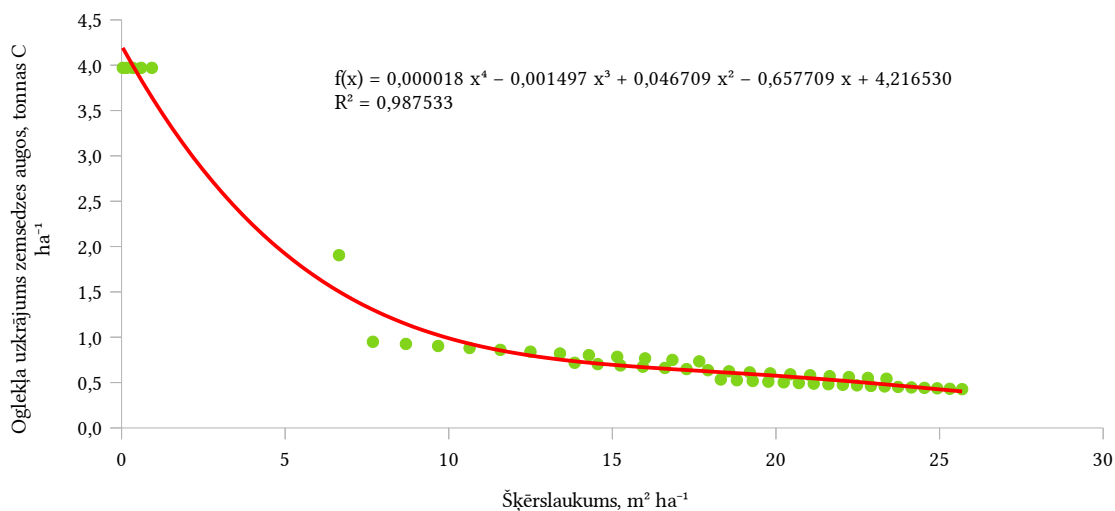
Att. 3. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās egļu audzēs.



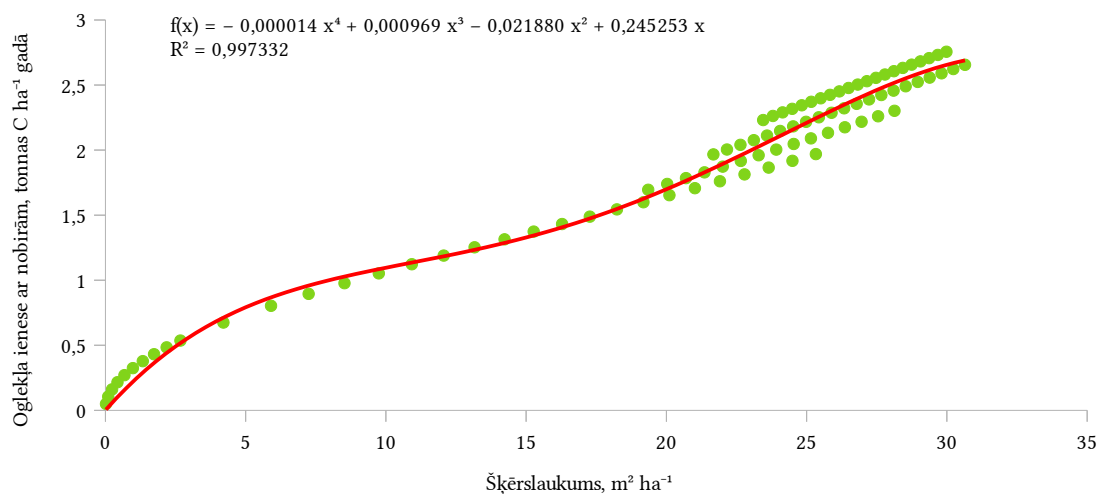
Att. 4. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobirām meža zemēs bērza audzēs.



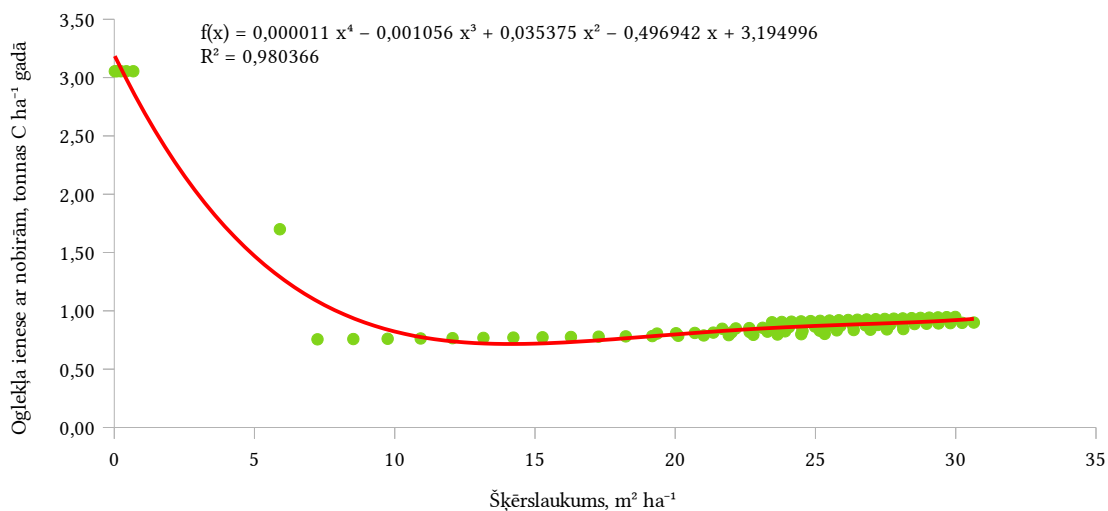
Att. 5. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs bērza audzēs.



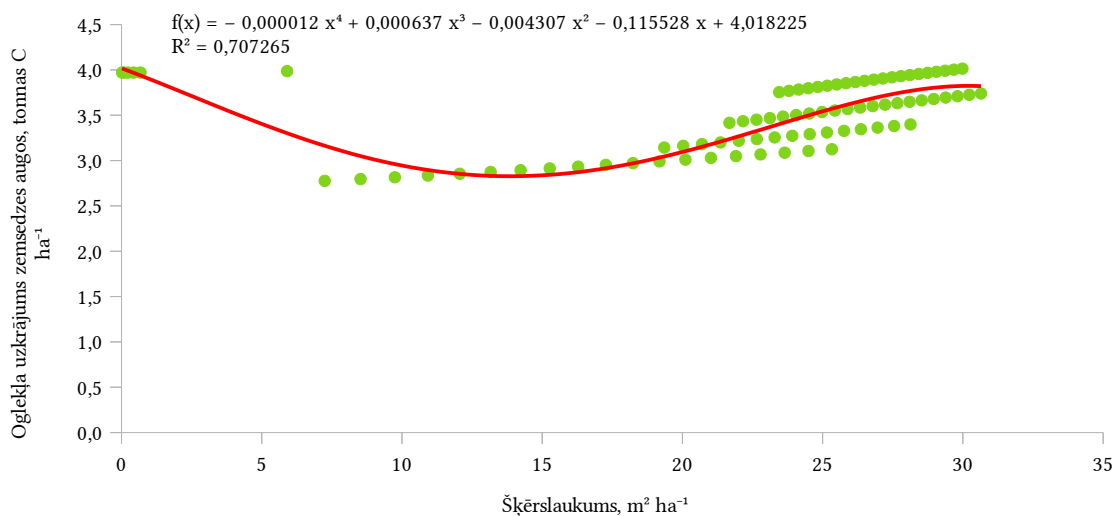
Att. 6. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās bērza audzēs.



Att. 7. Oglekļa ienese augsnē ar koku virszemes un pazemes nobīrām meža zemēs priežu audzēs.



Att. 8. Oglekļa ienese augsnē ar zemsedzes augu atliekām apmežotās zemēs priežu audzēs.

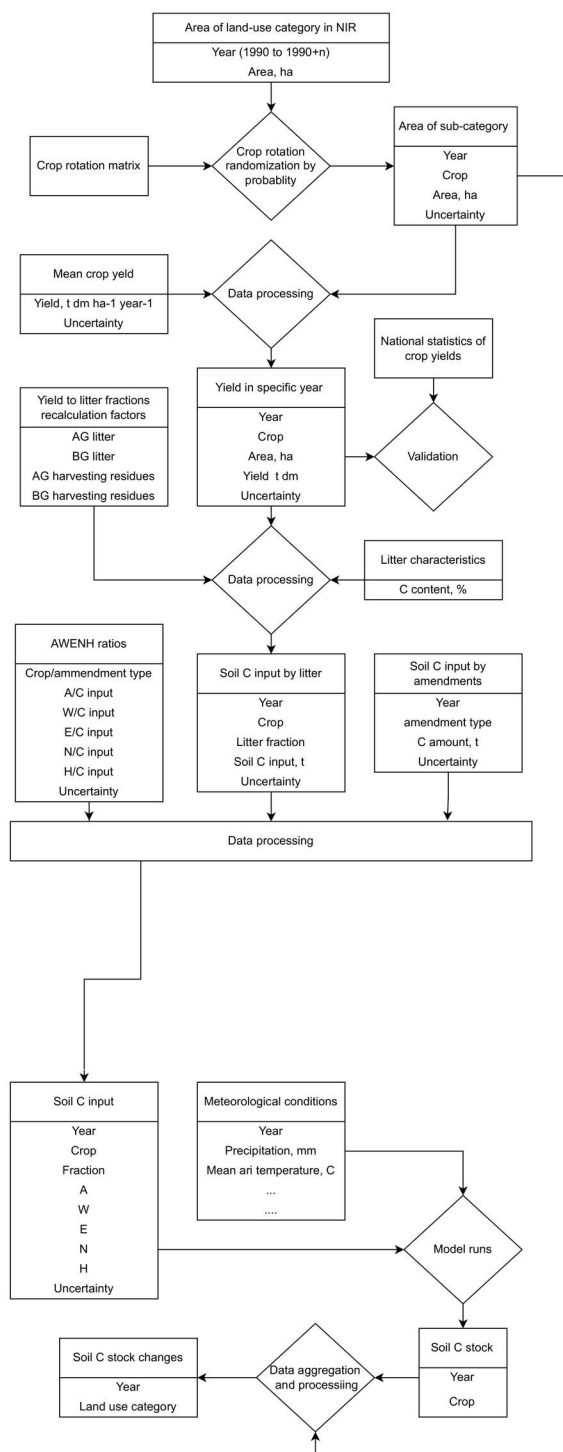


Att. 9. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augu biomasā apmežotās platībās priežu audzēs.

Yasso aprēķins lauksaimniecības zemēm

Pētījuma ietvaros veikta Yasso20 modeļa aprobācija, izveidojot lietotājam draudzīgāku datu ievades matricu un instrukciju aprēķinu veikšanai, izmantojot modeļa R saskarsmes vidi. Aprēķinu gaita grafiski parādīta Att. 10.

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

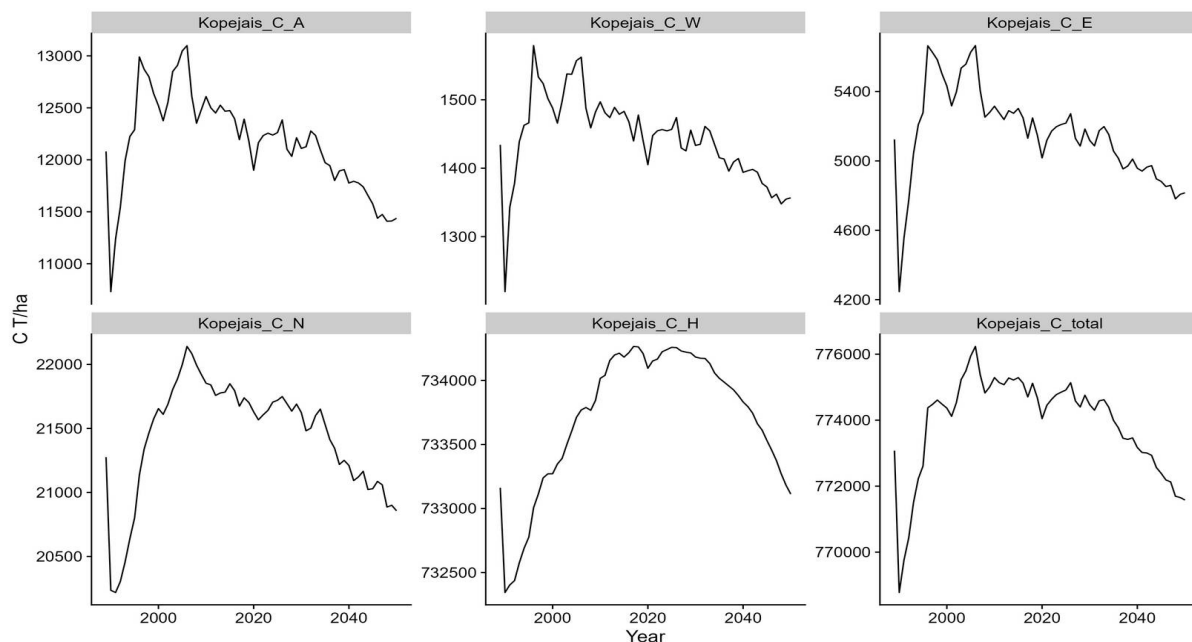


Att. 10. Aprēķinu gaita lauksaimniecības zemēs

Darbību secība:

1. Uz datora jābūt uzinstalētām R⁴ un RStudio⁵ programmām.
2. Uz datoru pārkopē mapi Yasso_aprekins ar visam apakšdirektoriem un failiem.
3. Atver failu Yasso_aprekins.Rproj (ar dubulto klikšķi un izvēloties programmu RStudio vai arī no sākuma atver RStudio un tur ņem File/Open project.... un izvēlas iepriekš minēto projekta failu).
4. Kad ir atvērts RStudio projekts, tad ņem File/Open file... un atver failu Darbibas_lietotajam.R, kas atrodas apakšdirektoriā Kodi.
5. Excel failu ar izejas datiem ievieto apakšdirektoriā Dati. Excel failā nedrīkst mainīt lapu un kolonnu nosaukumus.
6. RStudio atvērtajā failā Darbibas_lietotajam.R 4.rindiņā ieraksta aktuālo Excel faila nosaukumu (ja tas mainīts). Nosaukumam obligāti jābūt pēdīņām un precīzi jāatbilst nosaukumam (lielie/mazie burti, paplašinājums).
7. Kad tas izdarīts, tad augšējā rindā failam nospiež pogu "Source" un gaida, kad būs rezultāts (parādīsies uzraksts, ka viss ir izdarīts).

Aprēķinu rezultāta piemērs, kurā nodalītas dažādas oglekļa frakcijas, parādīts Att. 11. Modeļa validāciju plānots veikt projekta E2SOILAGRI ietvaros.



Att. 11. Aprēķinu piemērs Yasso20 modelim.

⁴ <https://cloud.r-project.org>

⁵ <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>

Yasso aprēķins meža zemēm

Aprēķins meža zemēs ir līdzīgs aprēķinam lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, bet tajā izmanto 15 dažādas oglekļa frakcijas un katrai frakcijai ir norādāms arī diametrs (Tab. 4), kas ietekmē frakcijas sadalīšanās ātrumu. Visām lauksaimniecības kultūrām izmanto vienu frakciju izmēru. Pētījuma ietvaros turpinās pētījumu datu apkopošana biomasas frakciju raksturošanai. Sekojot Somijas SEG inventarizācijas piemēram, kā neatkarīgais mainīgais visu parametru aprēķiniem izmantots audzes vai tās elementa šķērslaukums.

Tab. 4. Oglekļa ieneses frakcijas meža zemēs

Kategorija	Atkarīgais mainīgais		Neatkarīgais mainīgais
	Variants	Mērvienība	
Ilgadējā C ienese augsnē	Vainaga nobiru biomasas	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Kritalu biomasas	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹] vai cits no MRM iegūstams kokaudzes raksturlielums
	Ciršanas atlieku virszemes biomasas	t C ha ⁻¹ gadā	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Ciršanas atlieku pazemes biomasas (saknes)	t C ha ⁻¹ gadā	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Ciršanas atlieku pazemes biomasas (celms)	t C ha ⁻¹ gadā	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Nocirsto koku siksaknes	t C ha ⁻¹ gadā	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Mežizstrādes zudumi	t C ha ⁻¹ gadā	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Dzīvo Koku siksakņu atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Viengadīgo augu pazemes biomasas atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Viengadīgo augu virszemes biomasas atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Daudzgadīgo augu pazemes biomasas atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Daudzgadīgo augu virszemes biomasas atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku virszemes biomasas dabiskais atmirums	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais atmirums (saknes)	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais atmirums (celms)	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais	t C ha ⁻¹ gadā	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Kategorija	Atkarīgais mainīgais		Neatkarīgais mainīgais
	atmirums (sīksaknes)		
Ieneses vidējais caurmērs	Vainaga nobiru biomasa	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Kritalu biomasa	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Ciršanas atlieku virszemes biomasa	cm	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Ciršanas atlieku pazemes biomasa (saknes)	cm	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Ciršanas atlieku pazemes biomasa (celms)	cm	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Nocirsto koku sīksaknes	cm	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Mežizstrādes zudumi	cm	Mežizstrāde, likvidā stumbra tilpums [m ³]
	Dzīvo Koku sīksakņu atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Viengadīgo augu pazemes biomasas atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Viengadīgo augu virszemes biomasas atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Daudzgadīgo augu pazemes biomasas atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Daudzgadīgo augu virszemes biomasas atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku virszemes biomasas dabiskais atmirums	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais atmirums (saknes)	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais atmirums (celms)	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]
	Koku pazemes biomasas dabiskais atmirums (sīksaknes)	cm	Šķērslaukums [m ² ha ⁻¹]

Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes uz ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanas iespējām

Dabas atjaunošanas regulas sagaidāmās ietekmes vērtējums klimata neitralitātes scenārijā

Klimata neitralitātes scenārijā paredzēts, ka galvenās cirtes apjoms samazināts līdz 12 milj. m³ gadā, neskaitot lauksaimniecībā izmantotās zemes un mitrājus, kas apmežoti, īstenojot klimata pārmaiņu mazināšanas darbības. Mežizstrādes ierobežojumi pieņemti atbilstoši vidējiem mežizstrādes rādītājiem iepriekšējo piecu gadu laikā.

Kūdras ieguves apjoms laika posmā līdz 2050. gadam plānots 1,2 milj. tonnas (ar 40% rel. mitrumu) gadā, atbilstoši pamatnostādņēm par kūdras ilgtspējīgu izmantošanu (Ministru kabinets, 2020).

Meža platība, kur aizliegta mežsaimnieciskā darbība, klimata neitralitātes scenārijā pieaugs no 251 tūkst. ha līdz 400 tūkst. ha, sasniedzot 12,1% no kopējās mežu platības. Meža platības, kur nav atļauta galvenā cirte ar kailcirtes metodi, pieaug no 205 tūkst. ha līdz 800 tūkst. ha (24,2% no mežu kopplatības).

Aramzemju kopējā platība samazināsies līdz 1336 tūkst. ha (tajā skaitā 70 tūkst. ha, kur ierīkojami kokaugu joslu un grupu stādījumi) sakarā ar organisko augšņu apsaimniekošanas ierobežojumiem un mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju apmežošanu. Prognozēs iekļautā aramzemju platība nav mazāka par aramzemju platību 2022. gadā saskaņā ar CSB datiem, tāpēc var uzskatīt, ka klimata pārmaiņu mazināšanas darbību, kas saistīti ar zemes izmantošanas maiņu, īstenošana neietekmēs sējplatību. Tomēr šo darbību īstenošana ierobežos lauksaimniecības attīstības iespējas, palielinot sējplatības, it īpaši lauksaimniecības ekstensifikācijas apstākļos, samazinoties integrētās saimniecības platībām.

Apmežojot un pārslapinot organiskās augsnes un mazāk vērtīgās lauksaimniecībā izmantojamās zemes, zālāju platība samazināsies līdz 780 tūkst. ha (tajā skaitā 30 tūkst. ha koku grupu stādījumu). Tas ir par 180 tūkst. ha vairāk nekā zālāju un ganību platība 2022. gadā saskaņā ar CSB datiem, tāpēc var uzskatīt, ka plānotie klimata pārmaiņu

mazināšanas pasākumi neietekmēs ar zālāju apsaimniekošanu saistīto saimniecisko darbību un neradīs papildus ierobežojumus.

Dabas atjaunošanas regulas iespējamās ietekmes novērtējums

Dabas atjaunošanas regulas projekta iespējamo mežsaimniecības ierobežojumu iespējamā ietekme vērtēta, salīdzinot situāciju, kurā turpinās ikdienišķā mežsaimniecība, nepalielinoties platībām, kurās noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi, un situācijā, kurā kopumā 30% mežu skar dažāda veida saimnieciskās darbības ierobežojumi. Pētījumā modelētie mežsaimniecības scenāriji nav mēģinājums uzminēt kā nākotnē mežos tiks saimniekots vai arī kāda mežsaimniecība nākotnē jāpiekopj. Modelējot meža resursu izmaiņas, sākotnēji ir definēts mežsaimniecības scenārijs un nākošo 100 gadu periodā tas netiek mainīts. Šāda pieeja nodrošina to, ka mēs varam izvērtēt kāda mežsaimnieciska lēmuma ne tikai īstermiņa, bet arī ilgtermiņa ietekmi uz meža resursiem nākotnē.

Pētījumā izvērtēti divi mežsaimniecības scenāriji:

1. ikdienišķa mežsaimniecība (business as usual BAU);
2. zaļā vienošanās ar 30% aizsargājamo mežu platību (Nature restoration regulation – NRR).

BAU scenārijā meža resursu modelēšana veikta atbilstoši šī brīža mežsaimniecības praksei un meža īpašnieku uzvedībai un pie līdzšinējā normatīvā regulējuma. Šajā scenārijā netiek modelēta saimnieciskās darbības ierobežojumu maiņa un meža platību palielināšanās vai samazināšanās.

NRR scenārijā meža resursu modelēšana pamatā veikta atbilstoši šī brīža mežsaimniecības praksei un meža īpašnieku uzvedībai un pie līdzšinējā normatīvā regulējuma. Bet tiek modelēts, ka 30% no mežiem ir aizsargājami meži, no kuriem trešā daļa ir stingri aizsargāti meži. Tas nozīmē, ka 10% no mežiem netiek modelēta saimnieciskā darbība, 20% no mežiem tiek modelēta bezizcirtumu mežsaimniecība, bet 70% no mežiem tiek modelēta ikdienišķa mežsaimniecība. Šajā scenārijā netiek modelētas meža platību izmaiņas.

Modelēšanā izmantoti Latvijas meža statistiskās inventarizācijas (MSI) 2016-2020. gadā uzņēmīto mežaudžu dati. No MSI datiem atlasīti tikai tie parauglaukumus (PL) un PL sektori, kuros zemju kategorija ir mežaudze, iznikusi audze, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē. Tāpat modelēšanā izmantoti tikai tie PL un PL sektori, kuru platība ir vismaz 400 m², jo pieņemam, ka šādas platības sektoros ir pieejams adekvāts koku sadalījums. Šiem kritērijiem MSI datu bāzē atbilst 6633 PL un PL sektori (3197 valsts meži, 3436 pārējie meži). Modelēšanā izmantotajiem sektoriem 1 m²

reprezentatīvo platību mainīta tā, lai kopējā reprezentatīvā platība sakristu ar MSI pēdējā piecgadē šajās zemju kategorijās uzmērīto reprezentatīvo platību (3295 tūkst. ha).

Modelēšanā izmantotajos datos ir 13,8% aizsargājamo mežu, tajā skaitā 7,6% ir stingri aizsargāti (nedrīkst veikt mežsaimniecisko darbību, nedrīkst veikt galveno cirti un/vai kopšanas cirti), bet 6,2% mežu nav atļauts veikt vienlaidus atjaunošanās cirti. Šo saimnieciski aprobežoto platību īpatsvars modelēšanā izmantotajos datos ir līdzīgs ar Meža Valsts reģistrā norādīto saimnieciskās darbības aprobežoto mežu platību. Zaļās vienošanās scenārijos tiek modelēta mežsaimnieciskās darbības aprobežojumu maiņa.

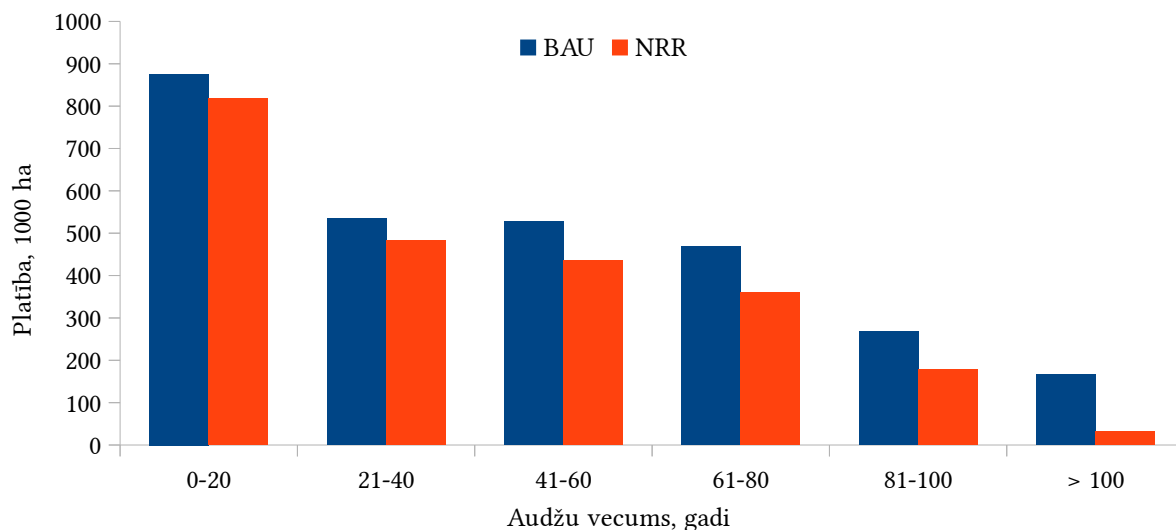
No saimnieciskajiem mežiem izņem mežus (MSI PL vai PL sektorus) pēc sekojoša algoritma:

- zaļā vienošanās ar 30% aizsargājamo mežu platību:
 - stingri aizsargātie meži jeb meži bez saimnieciskās darbības (10%);
 - visi meži, kuros jau šobrīd ir aizliegta mežsaimnieciskā darbība un aizliegta galvenā cirte un/vai kopšanas cirte,
 - visas vecās pāraugušās audzes (P>140 gadi, E>120 gadi, B un M>90 gadi, A>70, Ba un citi lapu koki>60 gadi, platlapji >120 gadi);
- aizsargājami meži jeb meži ar bezizcirtumu mežsaimniecību (20%):
 - visi meži, kuros jau šobrīd ir aizliegts veikt vienlaidus atjaunošanās cirti,
 - 75% no pieaugušām audzēm (P>100 gadi, E>80 gadi, B un M>70 gadi, A>40, Ba un citi lapu koki>30 gadi, platlapji >80 gadi),
 - visi platlapju meži,
 - atlikušo platību ģenerē nejauši.

Katrā no scenārijiem meža ierobežojumu maiņa notiek secīgi pa aprakstītajiem soļiem. Tas nozīmē, ka pāraugušās audzes, kurās šobrīd ir aizliegts veikt vienlaidus atjaunošanās cirti paliek nevis bezizcirtumu kategorijā, bet pāriet uz stingri aizsargāto mežu kategoriju.

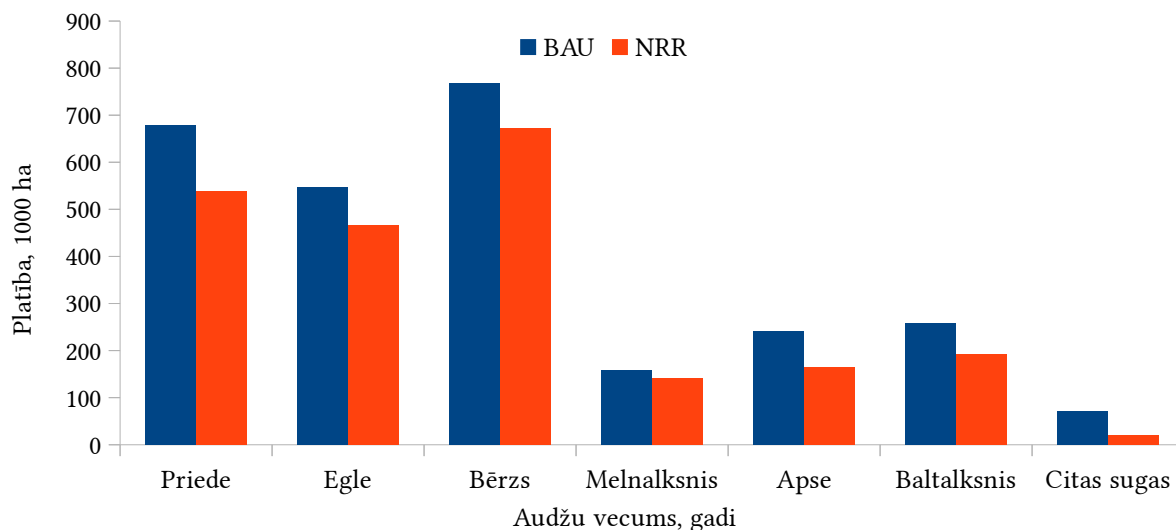
Šādas datu kopas manipulācijas zaļās vienošanās mežsaimniecības scenārijos ievērojami samazina veco mežaudžu platības mežos, kuros nav mežsaimniecības aprobežojumi (Att. 12).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 12. Mežu platība pa vecuma grupām dažādos mežsaimniecības scenārijos 2021. gadā mežos, kuros nav mežsaimniecības aprobežojumi.

Tāpat lielākā daļa no platības, kas tiek izņemta no apsaimniekojamiem mežiem ir priedes, egles un bērzu audzes (2. attēls).



Att. 13. Mežaudžu platība pa valdošajām koku sugām dažādos mežsaimniecības scenārijos 2020. gadā mežos, kuros nav mežsaimniecības aprobežojumi.

Meža apsaimniekošanas darbietilpīguma aprēķinu metodika

Augsnes gatavošana

Rēķinot nodarbinātību pieņem, ka augsnes gatavošanas darba ražīgums ir 0,9 ha stundā, un augsnes gatavošanu veic visās platībās, kur modelēta meža atjaunošana (stādīšana).

Meža stādīšana

Rēķinot nodarbinātību pieņem, ka meža stādīšanā darba ražīgums ir atkarīgs no iestādīto koku skaita:

$$R = \frac{-0,01 * N}{1000} + 0,11;$$

(1)

kur

R – darba ražīgums, $ha * h^{-1}$;

N – atjaunoto koku skaits, $gab * ha^{-1}$.

Lai vieglāk uztvert izmantoto pieeju darba ražīguma rēķinos, 1. tabulā apkopoti 1. formulas rezultāti.

Tab. 5. Darba ražīgums meža stādīšanā atkarībā no atjaunojamo koku skaita

Koku skaits, $gab * ha^{-1}$	1500	2000	2500	3000	3500
Darba ražīgums, $ha * h^{-1}$	0,095	0,09	0,085	0,08	0,075

Meža agrotehniskā kopšana

Rēķinot nodarbinātību pieņem, ka meža agrotehniskās kopšanas darba ražīgums ir atkarīgs no meža tipa (Zimelis et al., 2010). Koeficienti doti Tab. 6.

$$R = 0,06 * Bon + 0,11;$$

kur

R – darba ražīgums, $ha * h^{-1}$;

Bon – meža tipam raksturīgā vidējā bonitāte.

(2)

Tab. 6. Aprēķinos pieņemtais darba ražīgums agrotehniskajā kopšanā

Meža tips	Vidējā bonitāte (Zimelis et al., 2010)	Darba ražīgums R , $ha * h^{-1}$
Sl	4,1	0,356
Mr, Db, Am, Kv	3,0	0,290
Ln, Lk, As, Km	2,0	0,230
Dm	1,9	0,224
Vr, Ap	1,0	0,170
Gr	0,0	0,110
Gs	4,5	0,380
Mrs	3,9	0,344
Dms	2,3	0,248
Vrs	1,3	0,188
Grs	0,4	0,134
Pv	5,0	0,410
Nd, Av	4,0	0,350

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Meža tips	Vidējā bonitāte (Zimelis et al., 2010)	Darba ražīgums R, ha h ⁻¹
Ks	1,2	0,182
Kp	0,2	0,122

Aprēķinos pieņemts, ka agrotehniskās kopšanas reižu skaits, ja audze atjaunota stādot, auglīgākajos meža tipos ir lielāks nekā mazāk auglīgos meža tipos. Bet meža audzēs, kas atjaunojušās, agrotehniskā kopšana tiek modelēta vienu reizi (Tab. 7).

Tab. 7. Aprēķinos pieņemtais agrotehniskās kopšanas reižu skaits

Meža tips	Meža atjaunošana)	Meža atjaunošanās
Sl, Gs, Mr, Mrs, Pv, Av, Kv	2	1
Ln, Dms, Nd, Db, Lk, Am, Km	3	1
Dm, Vr, Gr, Vrs, Grs, As, Ap, Ks, Kp	4	1

Lai vienkāršotu aprēķinus, visas paredzētās agrotehniskās kopšanas reizes tiek modelētas (aprēķinos pieskaitītas) tajā piecgadē, kad modelēta meža atjaunošana vai atjaunošanās.

Koku aizsardzība pret dzīvnieku bojājumiem

Pētījumā pieņem, ka aizsardzību pret dzīvnieku postījumiem veic stādītās priežu audzēs trīs reizes (trīs gadus). Aprēķinot nodarbinātību, pieņem, ka darba ražīgums ir 815 stādi stundā un apstrādātas tiek visas stādītās priedes.

Lai vieglāk uztvert izmantoto pieeju, darba ražīguma rādītāji atkarībā no koku skaita atspoguļoti Tab. 8.

Tab. 8. Darba ražīgums koku aizsardzībai pret dzīvnieku bojājumiem

Koku skaits, gab. ha ⁻¹	1500	2000	2500	3000	3500
Darba ražīgums, ha h ⁻¹	0,54	0,41	0,33	0,27	0,23

Meža jaunaudzū kopšana

Rēķinot nodarbinātību pieņem, ka meža jaunaudzū kopšanas darba ražīgums ir atkarīgs no nocirsto koku vidējā augstuma un nocirsto koku skaita (Zimelis et al., 2010):

$$R = 0.473 - 0.032 \cdot \ln(H) - 0.052 \cdot \ln(N)$$

kur

$$R - \text{darba ražīgums, ha} \cdot \text{h}^{-1};$$

$$H - \text{nocirsto koku vidējais augstums, m};$$

$$Bon - \text{nocirsto koku skaits, gab} \cdot \text{ha}^{-1}.$$
(3)

Modelētajos datos jaunaudžu kopšanā katram meža elementam zināms nocirsto koku vidējās dimensijas un to skaits. Tādēļ jaunaudžu kopšanas darba ražīgums atsevišķai audzei tiek rēķināts kā summa no katra meža elementa darba ražīguma.

Meža starpcirte un galvenās cirte

Rēķinot nodarbinātību starpcirtē un galvenajā cirtē, iekļauj pameža zāģēšanu, sortimentu sagatavošanu un sortimentu pievešanu.

Rēķinot nodarbinātību pameža zāģēšanā, darba ražīgumu rēķina līdzīgi kā jaunaudžu kopšanā (3. formula), pieņemot, ka nozāģēti tiek 1000 koki un to vidējais augstums ir 4 m. Pameža zāģēšana modelēta katrā audzē, kur modelēta koku komerciāla ciršana (galvenā cirte un starpcirte).

Darba ražīguma raksturošanai ar harvesteru un forvarderu izmanto AS “Latvijas valsts meži” publiski pieejamos datus⁶. Harvestera darba ražīgums atkarīgs no cirtes veida, koku sugas un vidējā nozāģētā koka (Tab. 9), bet forvarderam atkarībā no cirtes veida – galvenajā cirtē 13.46 m³ stundā, starpcirtē 6.45 m³ stundā. Sortimentu sagatavošanai izlases cirtē darba ražīgumu rēķina par 25% mazāku kā vienlaidus atjaunošanas cirtē, bet sanitārās izlases cirtēs – par 25% mazāku kā starpcirtēs.

Sortimentu sagatavošanai ar benzīna motorzāģiem pieņem, ka darba ražīgums galvenajā vienlaidus cirtē ir 3 m³ stundā, izlases jeb pakāpeniskajā cirtē 2 m³ stundā un starpcirtēs (krājas kopšanas cirtēs un sanitārās izlases cirtēs) 1 m³ stundā.

Sortimentu sagatavošanā pieņem, ka valsts mežos tie 100% tiek sagatavoti ar harvesteru, bet pārējos mežos 50% ar harvesteru un 50% ar benzīna motorzāģiem.

Tab. 9. Harvestera darba ražīgums, m³ h⁻¹

Cirtes veids	Vid. koka tilpums, m ³	Priede	Egle	Lapu koki
Galvenā cirte ⁷	≤ 0,250	13,22	13,22	10,71
	0,251-0,300	14,95	14,95	12,11
	0,301-0,350	16,58	16,58	13,44
	0,351-0,400	18,2	18,2	14,74
	0,401-0,500	19,2	19,2	15,56
	0,501-0,600	19,79	19,79	16,03
	≥ 0,601	20,12	20,12	16,3
Starpcirte ⁸	≤ 0,050	2,53	2,53	2,53
	0,051-0,060	3,72	3,72	3,72

⁶ <https://www.lvm.lv/biznesa-partneriem/iepirkumi/liguma-pielikumi/contractadd/19>

⁷ vienlaidus atjaunošanas cirte, izlases un pakāpeniskajās cirtēs par 25% mazāks.

⁸ krājas kopšanas cirtēs, sanitārās izlases cirtēs par 25% mazāks.

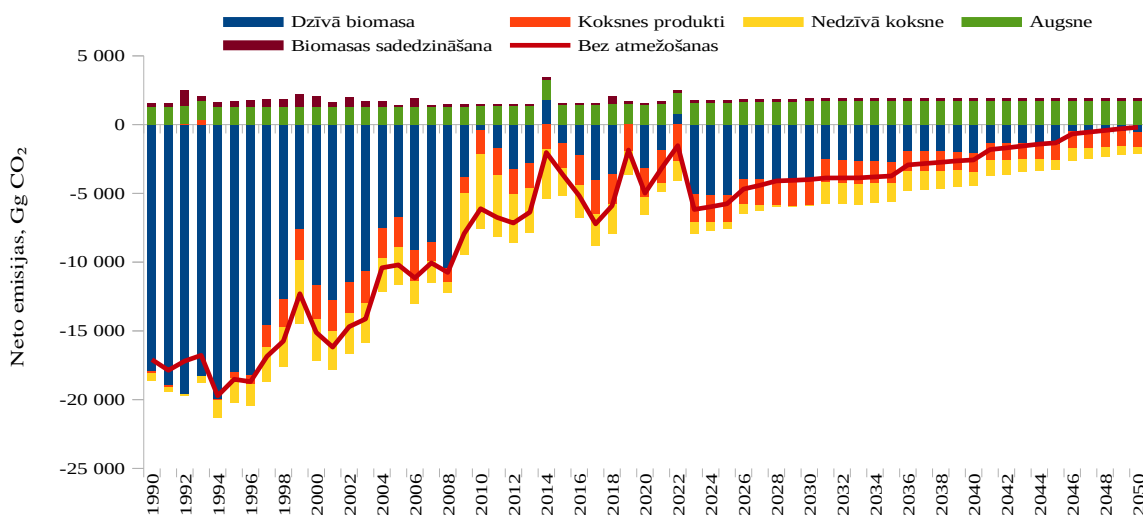
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Cirtes veids	Vid. koka tilpums, m ³	Priede	Egle	Lapu koki
	0,061-0,080	4,94	4,94	4,94
	0,081-0,100	6,15	6,15	6,15
	0,101-0,150	7,39	7,39	7,39
	0,151-0,200	8,6	8,6	8,6
	0,201-0,250	9,85	9,85	9,85
	≥ 0,251	11,19	11,19	11,19

Šajā pētījumā nevērtējam nodarbinātības izmaiņas saistībā ar sagatavoto sortimentu tālāko transportēšanu. Uzskatām, ka nodarbinātības izmaiņas ir tieši proporcionālas likvidās koksnes izmaiņām.

Ietekme uz SEG emisijām meža zemēs

SEG emisiju prognoze meža zemēs, neskaitot apmežošanu, atbilstoši ikdienišķajam scenārijam (BAU) 2026.-2050. gados atbilst vidēji –2562 Gg CO₂ ekv. (Att. 14). Jāņem vērā, ka šis rādītājs raksturo situāciju, realizējoties noteiktam scenārijam nevis reālo prognozi, ko būtiski ietekmējis mežizstrādes apjoma pieaugums iepriekšējos gados, tāpēc reālie piesaistes rādītāji mežā var nebūt tik optimistiski. Tuvojoties gadsimta otrajai pusei, neto piesaiste samazinās un meža zemes pakāpeniski pārvēršas par emisiju avotu šajā scenārijā.

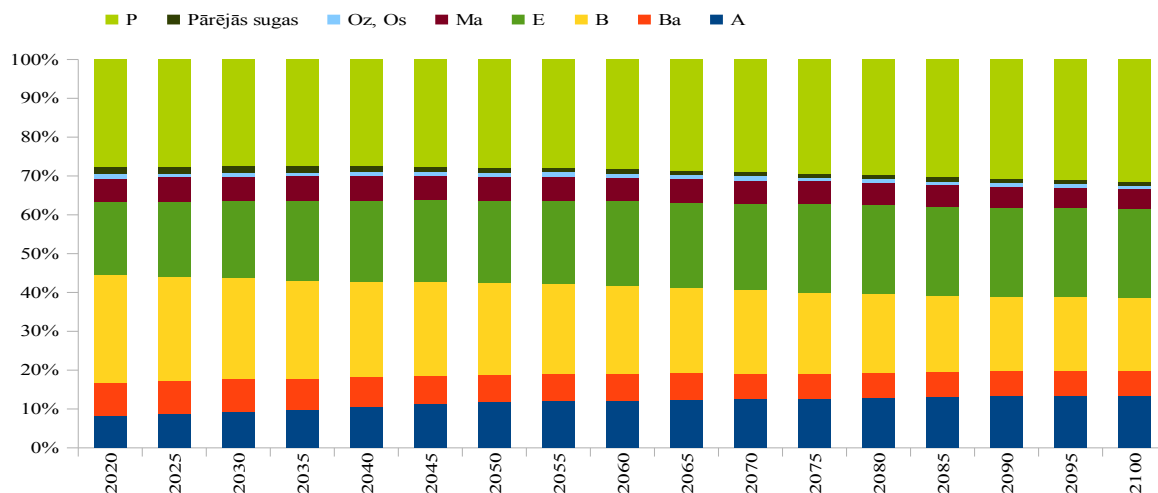


Att. 14. SEG emisijas no meža zemēm BAU scenārijā.

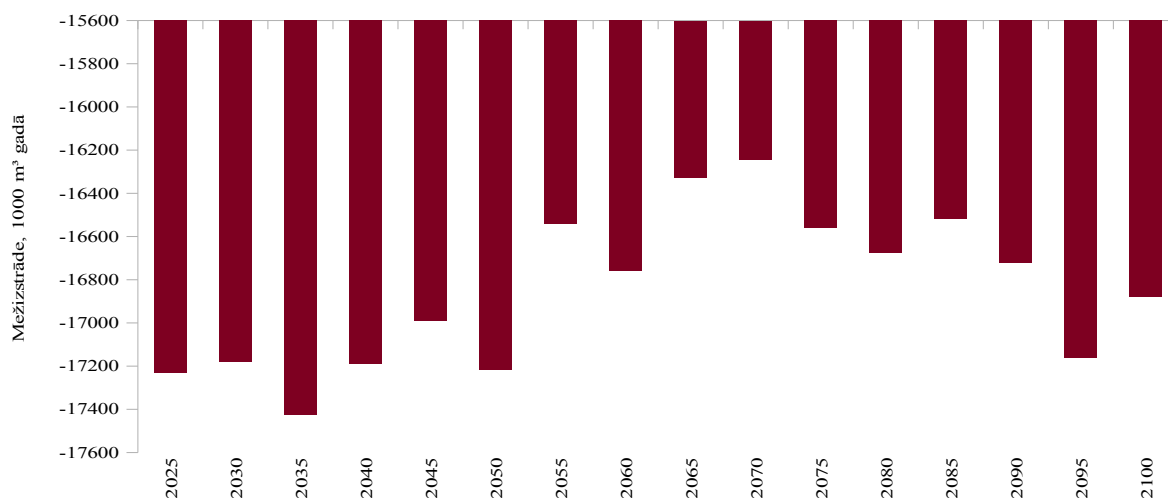
Valdošo sugu platības sadalījums BAU scenārijā mainīsies, pieaugot apses, egles un priedes audžu īpatsvaram un samazinoties bērza un baltalkšņa audžu īpatsvaram (Att. 15). Kopējā krāja meža zemēs šajā scenārijā palielinās no 705 milj. m³ 2026. gadā līdz

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

768 milj. m³, mežizstrādes apjomam saglabājoties vidēji 17. milj. m³ gadā (Att. 16), dabiskajam atmirumam – 7,4 milj. m³ gadā un bruto jeb potenciālajam tekošajam krājas pieaugumam – 27,6 milj. m³ gadā (Att. 17).

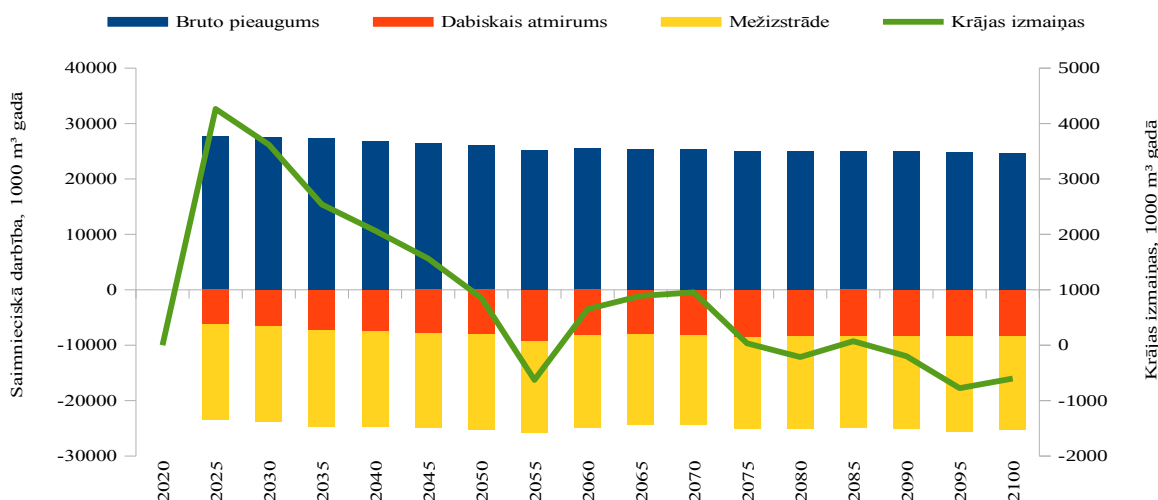


Att. 15. Valdošo sugu sadalījums pēc platības.



Att. 16. Ar mežizstrādi saistītais krājas samazinājums.

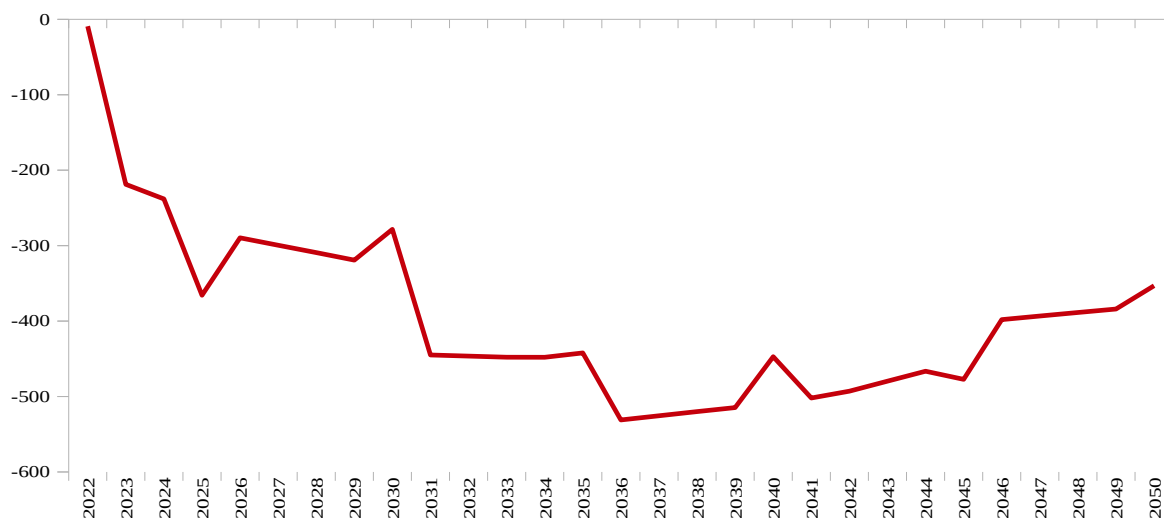
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 17. Bruto krājas pieauguma, atmiruma un mežizstrādes prognožu kopsavilkums.

NRR scenārijā vidējais ikgadējais bruto pieaugums 2026.-2050. gadā samazinās par vidēji 0,35 milj. m³ gadā. Tas saistīts ar bioloģiski vecu mežaudžu īpatsvara pieaugumu un intensīvāku saimniecisko darbību platībās bez saimnieciskās darbības ierobežojumiem. Dabiskais atmirums pieaug par vidēji 0,12 milj. m³ gadā. Mežizstrādes apjoms samazinās par vidēji 0,21 milj. m³ gadā, bet krājas izmaiņas samazinās par vidēji 0,31 milj. m³ gadā. Kopējais krājas samazinājums, salīdzinot ar BAU scenāriju, 2050. gadā ir 7,7 milj. m³, bet kopā ar mežizstrādes apjoma samazinājumu – 14,1 milj. m³.

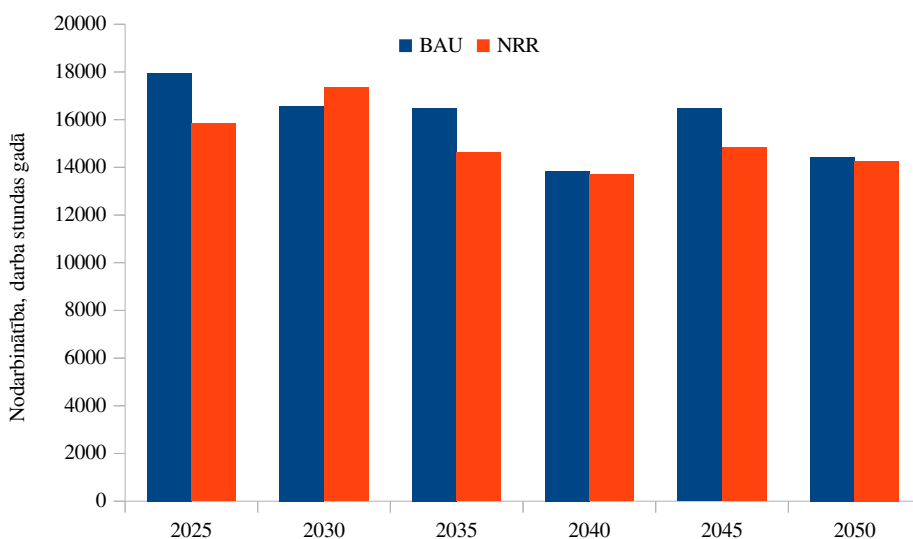
Ikgadējais SEG emisiju pieaugums 2026.-2050. gados, salīdzinot ar BAU scenāriju, ir 423 Gg CO₂ ekv. (Att. 18). Kopējais SEG emisiju pieaugums šajā laika posmā ir 10 599 Gg CO₂ ekv.



Att. 18. SEG emisiju samazinājums BAU scenārijā, salīdzinot ar NRR scenāriju.

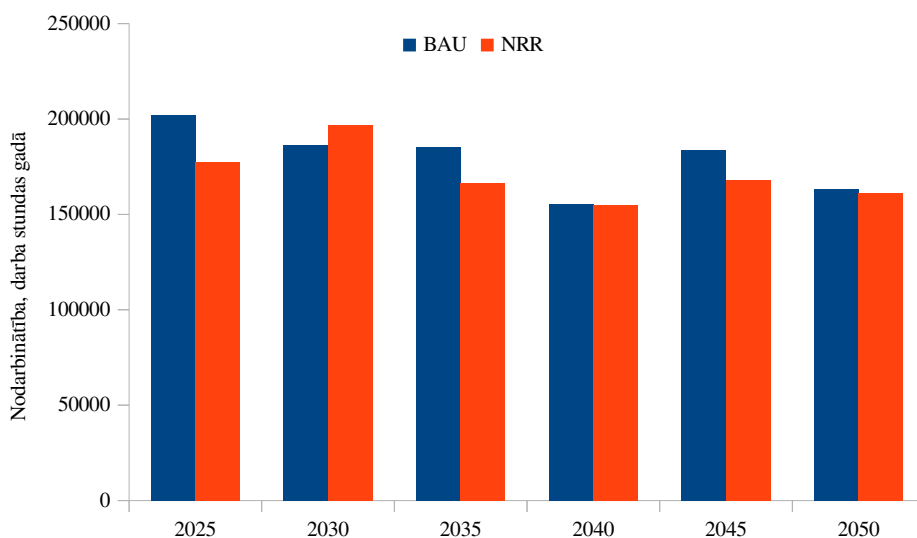
SEG emisiju pieaugums, pārrēķinot uz iespējamo piesaistes vienību cenu (50-70 € tonna⁻¹ CO₂), izmaksās 530-740 milj. € (vidēji 21,2-29,7 milj. € gadā).

NRR scenārija ieviešana samazina darba laika patēriņu augsnes sagatavošanā vidēji par 5% gadā (Att. 19). Tas saistīts ar pieņemumu par pakāpeniskās cirtes izmantošanu vismaz 20% mežu. Šajās platībās mērķtiecīga meža atjaunošana, tajā skaitā augsnes sagatavošana nav iespējama.



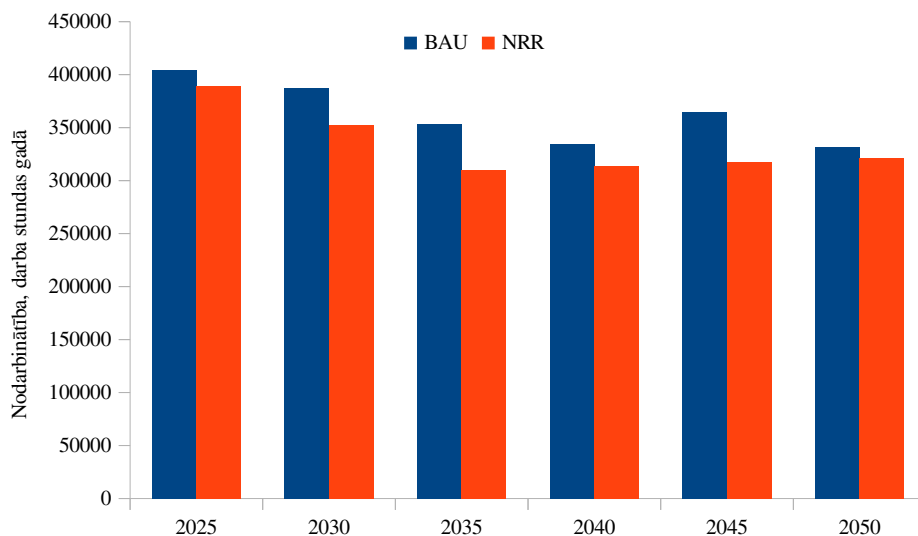
Att. 19. Darba laika patēriņa prognoze augsnes sagatavošanai.

NRR scenārija ieviešana samazina darba laika patēriņu vidēji par 5% gadā arī stādīšanai (Att. 20). Vēl vairāk, vidēji par 8% gadā prognozēta darba laika patēriņa samazināšanās agrotehniskajai kopšanai (Att. 21).



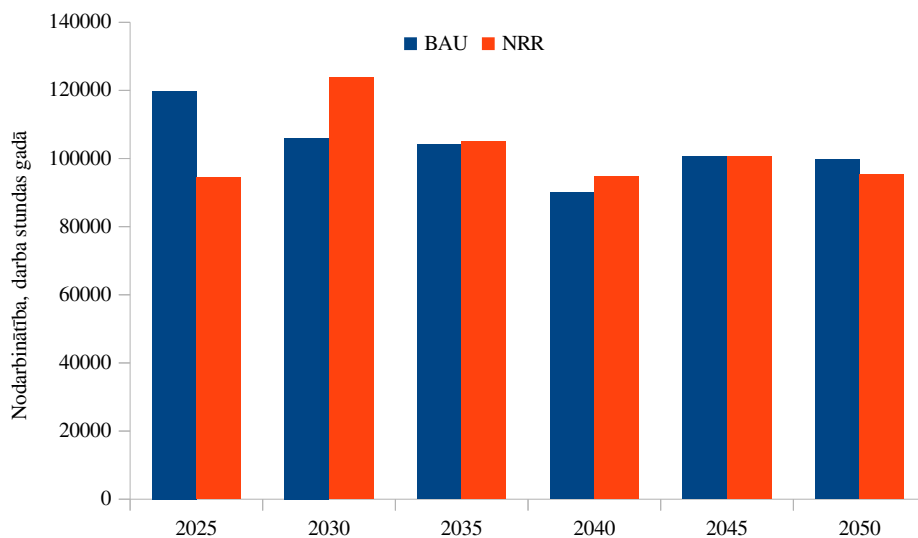
Att. 20. Darba laika patēriņa prognoze koku stādīšanai.

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 21. Darba laika patēriņa prognoze agrotehniskajai kopšanai.

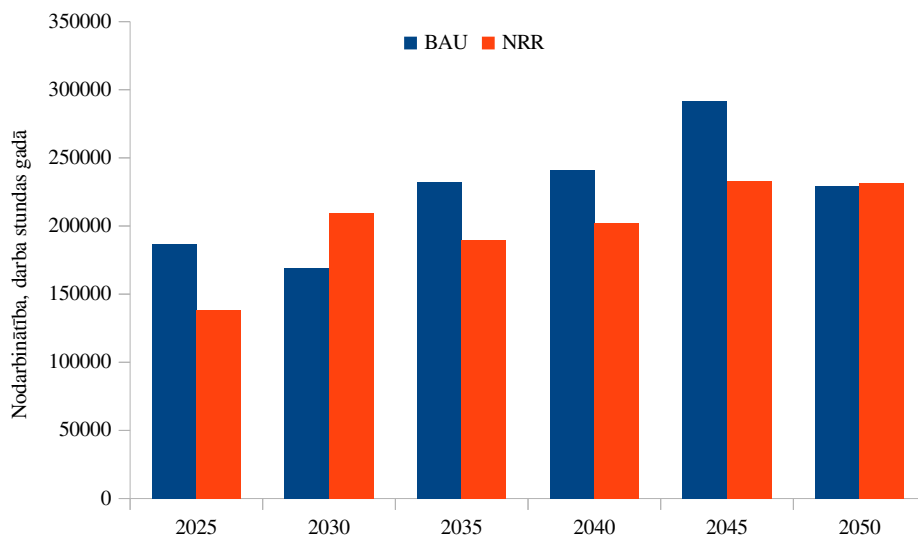
Pasākumi aizsardzībai pret dzīvnieku bojājumiem dažādās piecgadēs atšķiras, taču kopumā atšķirības periodā no 2025. līdz 2050. gadam nav būtiskas (Att. 22).



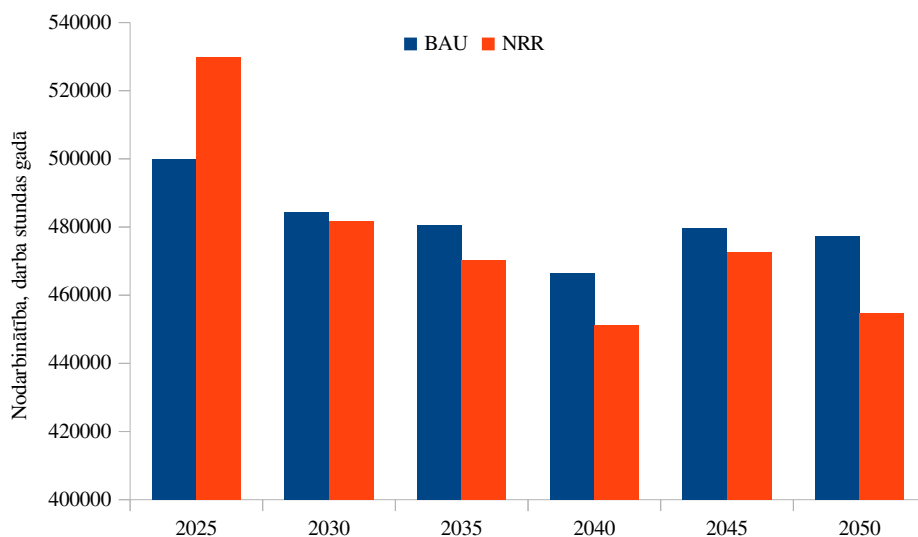
Att. 22. Darba laika patēriņa prognoze aizsardzībai pret dzīvnieku bojājumiem.

Darba laika patēriņš jaunaudžu kopšanai NRR scenārijā ir mazāks par 9% nekā BAU scenārijā (Att. 23). Darba laika patēriņš pameža zāģēšanai kopšanas cirtē un galvenajā cirtē būtiski neatšķiras (Att. 24).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



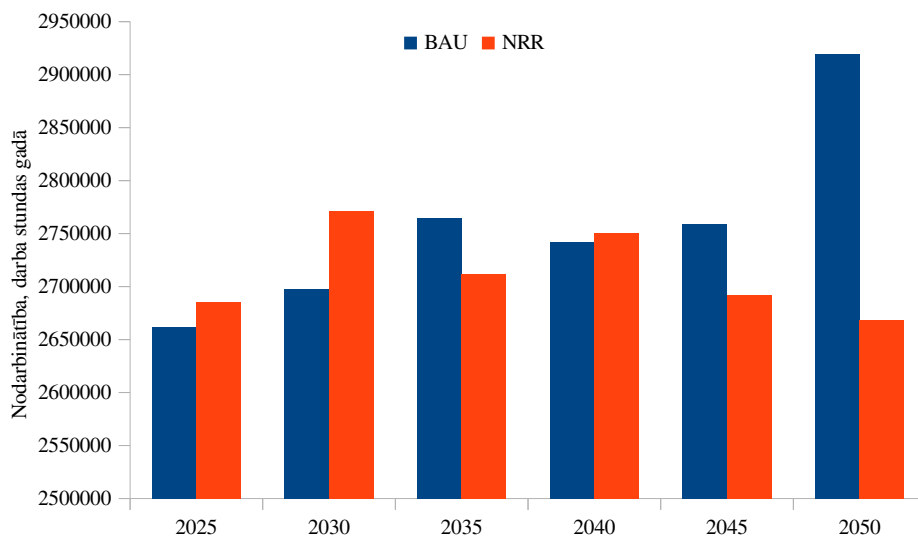
Att. 23. Darba laika patēriņa prognoze jaunaudžu kopšanas cirtei.



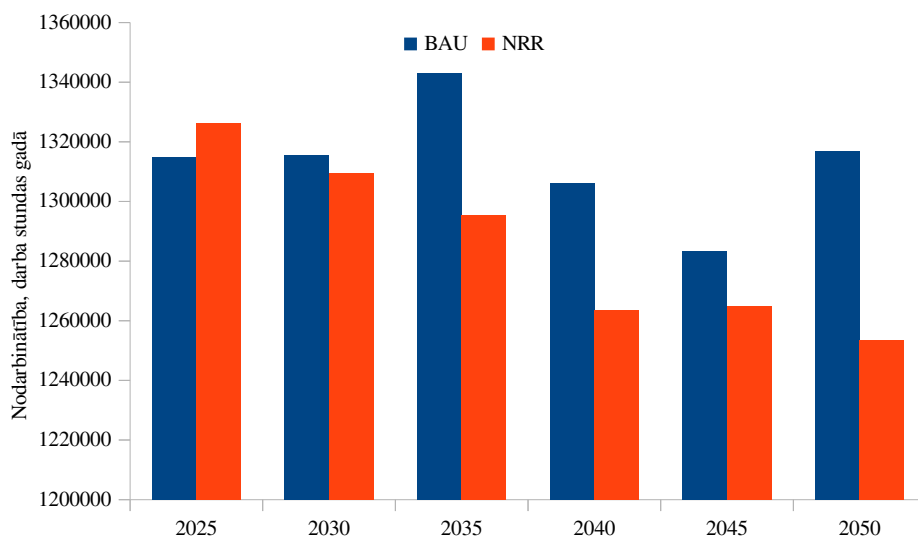
Att. 24. Darba laika patēriņa prognoze pameža zāģēšanai.

Darba laika patēriņš mežizstrādē un apaļo kokmateriālu pievešanā NRR scenārijā ir mazāks, par, attiecīgi, 1% un 2%, salīdzinot ar BAU scenāriju (Att. 25 un 26).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



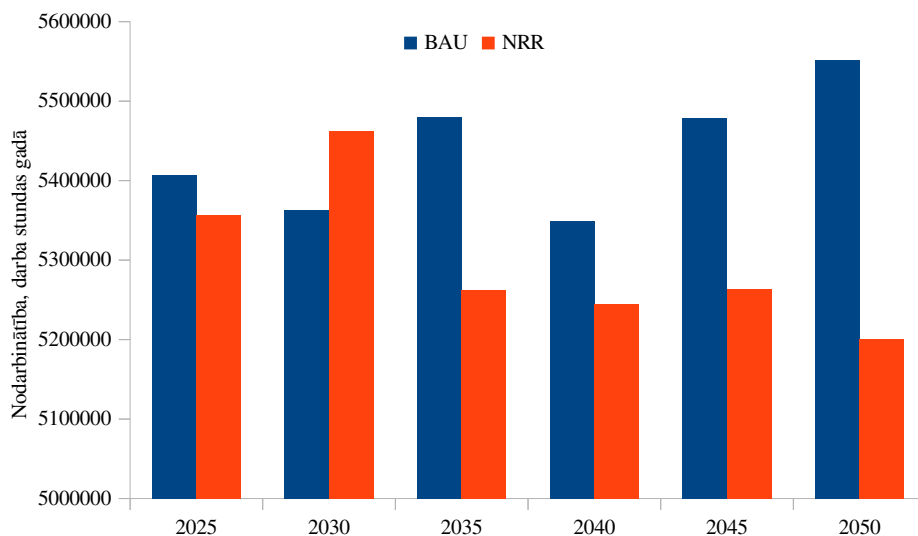
Att. 25. Darba laika patēriņa prognoze kokmateriālu sagatavošanai mežā.



Att. 26. Darba laika patēriņa prognoze kokmateriālu pievešanai.

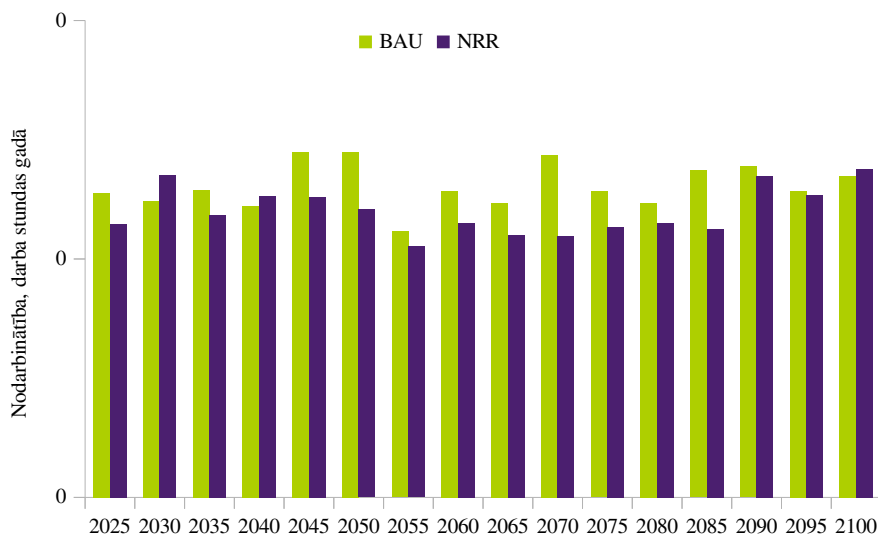
Kopējais darba laika patēriņš NRR scenārijā ir par 3% mazāks nekā BAU scenārijā (Att. 27)

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



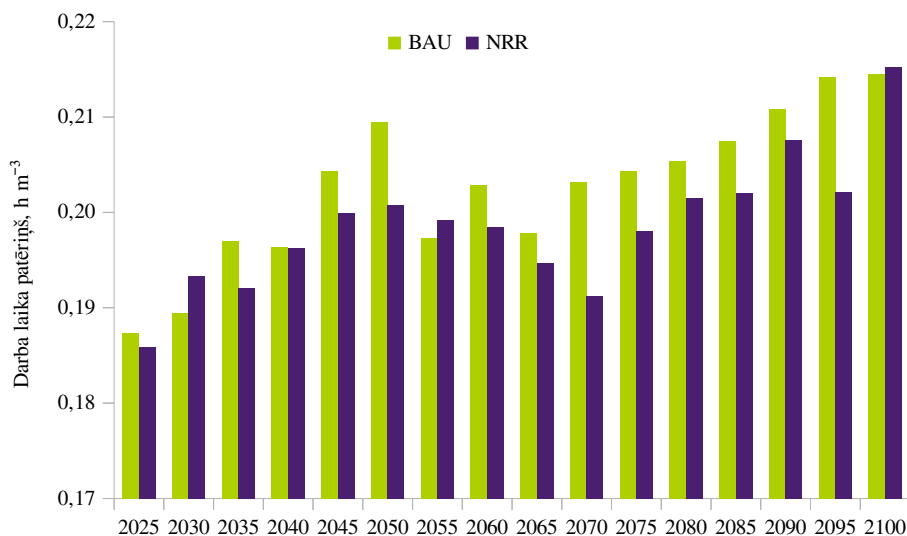
Att. 27. Kopējā darba laika patēriņa prognoze.

Pārrēķinot uz darba laika patēriņu uz saražoto koksni, vidējais darba laika patēriņš ir nedaudz lielāks BAU scenārijā (Att. 28). Šī tendence saglabājas arī, salīdzinot darba laika patēriņu un bruto pieaugumu (Att. 29). Lielāks darba laika patēriņš saistīts ar ieguldījumiem meža atjaunošanā un kopšanā. Turpretim, ja salīdzina darba laika patēriņu un krājas izmaiņas, BAU scenārijā tās ir par 10% mazākas.



Att. 28. Darba laika patēriņš uz 1 m³ pieauguma.

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 29. Darba laika patēriņš uz 1 m³ pieauguma.

Pētījumā konstatētā ietekme uz darba laika patēriņu nav transformēta konkrētās izmaksās, jo tās atkarīgas no vietējiem apstākļiem, taču pētījums parāda, ka NRR scenārija ieviešana īstermiņā nepalielinās meža apsaimniekošanas izmaksas, lai arī cilvēkresursu patēriņš, attiecīgi, arī izmaksas krājas palielināšanai un CO₂ piesaistes nodrošināšanai NRR scenārijā ir par 10% lielākas nekā BAU scenārijā.

ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu sociāli ekonomiskais vērtējums

Meža apsaimniekošanas finanšu plūsmas modelēšanas metodika

Mežaudžu vērtība tiek skatīta kā mežsaimniecības prognozēto ieņēmumu no koksnes realizācijas un izdevumu koksnes ražošanai, tajā skaitā meža atjaunošanai un kopšanai (pa piecgadēm) tīrā tagadnes vērtība. Finanšu plūsma rēķināta 100 gadus garam periodam. Mežaudžu vērtība aprēķināta kā tīrās tagadnes vērtība:

$$TTV = \sum_{y=0}^n \frac{R_y}{(1+r)^y} - \sum_{y=0}^n \frac{C_y}{(1+r)^y}$$

TTV – tīrā tagadnes vērtība ;
 R_y – ieņēmumi y gadā ;
 C_y – izdevumi y gadā ;
 r – diskonta likme ;
 y – diskontēšanas perioda garums .

(4)

Mežizstrādes jeb sortimentu sagatavošanas darbu izmaksas ņemtas no Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) 2019. līdz 2021. gada datiem (Tab. 10). Sanitārajā izlases cirtē pieņem, ka kokmateriālu sagatavošanas izmaksas ir par 25% lielākas kā starpcirtē. Tāpat tiek pieņemts, ka cirsmas plānošanas un citas sortimentu sagatavošanas un pārdošanas izmaksas ir 0,8 eiro par katru sagatavoto sortimenta kubikmetru.

Tab. 10. Aprēķinos izmantotās mežizstrādes darbu izmaksas (€ m⁻³)

Mežizstrādes darbības veids	Izmaksas € m ⁻³
Koksnes sagatavošana galvenajā cirtē	6,34
Kokmateriālu pievešana (no cirsmas līdz ceļam) galvenajā cirtē	4,91
Koksnes sagatavošana starpcirtē	9,08
Kokmateriālu pievešana (no cirsmas līdz ceļam) starpcirtē	6,43
Kokmateriālu transportēšana (no ceļa līdz iepirkšanas punktam)	6,49
Cirsmas sagatavošanas un pārdošanas izmaksas	0,80

Pārējās mežsaimniecisko darbu izmaksas, kas saistītas ar meža atjaunošanu un jaunaudžu kopšanu un aizsardzību, atspoguļotas Tab. 11. Tām, līdzīgi kā mežizstrādes izmaksām, pieņem, ka CSP dotos norādītās 2019. līdz 2021. gada izmaksas. Stādu izmaksu kompilē no AS “Latvijas valsts meži” publiski pieejamajām stādu cenām

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

2022. gadam⁹ - priede un egle 277 eiro par 1000 gab., bērzs un melnalksnis 270 eiro par 1000 gab. un ozols 310 eiro par 1000 gab.

Tab. 11. Aprēķinos izmantotās mežsaimniecisko darbu izmaksas

Mežsaimnieciskās darbības veids	Mērvienība	Izmaksas, € ha ⁻¹
Augsnes sagatavošanas vidējās izmaksas	ha	168,00
Stādīšanas izmaksas (darbs)	ha	151,14
Meža agrotehniskās kopšanas vidējās izmaksas	ha	144,69
Meža jaunaudžu sastāva kopšanas vidējās izmaksas	ha	157,15
Aizsardzība pret jaunaudžu bojājumiem priedes audzēs	ha	100,00
Koksnes pelnu izmantošana mežā	ha	120,00
Minerālmēslojuma izmantošana mežā	ha	350,00
Meliorācijas sistēmu ierīkošana	ha	1500,00

Aprēķinos pieņemts, ka agrotehniskās kopšanas reižu skaits auglīgākajos meža tipos ir lielāks nekā mazāk auglīgos meža tipos, tāpat tiek modelēts, ka atjaunotās mežaudzēs tas ir lielāks nekā meža atjaunošanās gadījumā (Tab. 12).

Tab. 12. Aprēķinos pieņemtais agrotehniskās kopšanas reižu skaits

Meža tips	Meža atjaunošana)	Meža atjaunošanās
Sl, Gs, Mr, Mrs, Pv, Av, Kv	2	1
Ln, Dms, Nd, Db, Lk, Am, Km	3	1
Dm, Vr, Gr, Vrs, Grs, As, Ap, Ks, Kp	4	1

Sortimentu dimensijas un to cenas patērīna vietā noteiktas, kompilējot publiski pieejamos CSP¹⁰, AS "Latvijas valsts meži"¹¹ un SIA "Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts"¹² datus par 2019. līdz 2021. gadu (Tab. 13).

Tab. 13. Aprēķinos izmantotās sortimentu dimensijas un cenas patērīna vietā

Suga	Sortimenta veids	L, m	D, cm	Cena, € m ⁻³
Priede	Resnie zāgbaļķi	4,9	28	79,28
	Vidējie zāgbaļķi	4,9	18	75,03
	Skuju koku tara	3,7	10	59,87
	Skuju koku papīrmalka	3	6	32,69
	Malka	2	3	25,95
Egle, baltegle	Resnie zāgbaļķi	4,9	28	78,98
	Vidējie zāgbaļķi	4,9	18	77,27

⁹ <https://www.lvm.lv/seklas-un-stadi/meza-stadi/>

¹⁰ Apaļkoku vidējās iepirkuma cenas (EUR/m³ (bez PVN))2006. gada 2. pusgads - 2022. gada 1. pusgads

¹¹ APALO_KOKMATERIALU_CENU_STATISTIKA_EUR_14.10.2022

¹² Latvijas reģionu apaļkoku tirgus cenu monitoringa rezultāti 2021.

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Suga	Sortimenta veids	L, m	D, cm	Cena, € m ⁻³
	Skuju koku tara	3,7	10	59,13
	Skuju koku papīrmalka	3	6	32,69
	Malka	2	3	25,95
Bērzs	Bērza zāģbaļķi / finieris	2,8	18	74,74
	Lapu koku tara	2,5	12	40,87
	Bērza papīrmalka	3	6	43,15
	Malka	2	3	25,95
Melnalksnis	Melnalkšņa zāģbaļķi	2,5	24	42,17
	Lapu koku tara	2,5	12	40,87
	Tehniskā koksne	3	6	31,85
	Malka	2	3	25,95
Apse, papele	Apses zāģbaļķi	2,5	24	52,65
	Lapu koku tara	2,5	12	40,87
	Tehniskā koksne	3	6	31,85
	Malka	2	3	25,95
Baltalksnis un citi mīksti lapu koki	Lapu koku tara	2,5	12	40,87
	Tehniskā koksne	3	6	31,85
	Malka	2	3	25,95
Ozols, osis, citi cietie lapu koki	Zāģbaļķi	2,5	18	116,40
	Lapu koku tara	2,5	12	40,87
	Malka	2	3	25,95

Koku sortimentu iznākums aprēķināts, izmantojot J. Doņa modificētu R. Ozoliņa (Ozolins, 2002) izstrādāto stumbra sortimentācijas modeli. Tā kā ar šo modeli tiek aprēķināts sortimentu iznākums veseliem (bez trupes, bez koksnes vainām, bez bojājumiem utt.) kokiem, tad lietkoksnis iznākumu koriģē un šis lietkoksnis samazinājums pieskaitīts papīrmalkas un malkas sortimentiem (Tab. 14). Šī sortimentu korekcija iegūta, salīdzinot sortimentācijas modeļa prognozēto sortimentu iznākumu ar AS "Latvijas valsts meži" 2017.-2020. gada cirsmu datiem jeb reālo sortimentu iznākumu (LVMI Silava, 2020).

Tab. 14. Aprēķinos izmantotā sortimentu korekcija¹³

Suga	Cirtes veids	R LK	V LK	T LK	PM	M
Priede	Galvcirte	0,90 no prognozētā	pieskaita 90% samazinājuma	0,60 no prognozētā	pieskaita 10% samazinājuma	nemainās
	Starpcirte	0,60 no prognozētā	0,6 no prognozētā	nemainās	pieskaita 90% samazinājuma	pieskaita 10% samazinājuma

¹³ R LK – resnie zāģbaļķi, V LK – vidējie zāģbaļķi, T LK – tievie zāģbaļķi un taras kluči, PM – papīrmalka un tehniskā koksne, M – malka (sortimentācijas dimensijas Tab. 13).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Suga	Cirtes veids	R LK	V LK	T LK	PM	M
Egle	GalvCirte	0,55 no prognozētā	pieskaita 10% samazinājuma	0,60 no prognozētā	pieskaita 90% samazinājuma	nemainās
	Starpcirte	0,05 no prognozētā	0,35 no prognozētā	0,80 no prognozētā	pieskaita 80% samazinājuma	pieskaita 20% samazinājuma
Bērzs	GalvCirte	0,70 no prognozētā	0,70 no prognozētā	0,70 no prognozētā	pieskaita 60% samazinājuma	pieskaita 40% samazinājuma
	Starpcirte	0,10 no prognozētā	0,10 no prognozētā	0,35 no prognozētā	pieskaita 85% samazinājuma	pieskaita 15% samazinājuma
Melnalksnis	GalvCirte	0,55 no prognozētā	-	0,55 no prognozētā	pieskaita 60% samazinājuma	pieskaita 40% samazinājuma
	Starpcirte	0,05 no prognozētā	-	0,45 no prognozētā	0,75 no prognozētā	pieskaita 100% samazinājuma
Apse	GalvCirte	0,30 no prognozētā	-	0,20 no prognozētā	pieskaita 85% samazinājuma	pieskaita 15% samazinājuma
	Starpcirte	0,01 no prognozētā	-	0,30 no prognozētā	pieskaita 60% samazinājuma	pieskaita 40% samazinājuma
Baltalksnis	GalvCirte	-	-	0,20 no prognozētā	pieskaita 60% samazinājuma	pieskaita 40% samazinājuma
	Starpcirte	-	-	0,10 no prognozētā	pieskaita 40% samazinājuma	pieskaita 60% samazinājuma
Ozols	GalvCirte	0,45 no prognozētā	-	0,30 no prognozētā	-	pieskaita 100% samazinājuma
	Starpcirte	0,05 no prognozētā	-	0,05 no prognozētā	-	pieskaita 100% samazinājuma
Osis	GalvCirte	0,45 no prognozētā	-	0,30 no prognozētā	-	pieskaita 100% samazinājuma
	Starpcirte	0,05 no prognozētā	-	0,05 no prognozētā	-	pieskaita 100% samazinājuma

Nekustamā īpašuma nodoklis aprēķināts katram meža tipam kā aritmētiski vidējais no visiem bāzes vērtību līmeņiem¹⁴ (Tab. 15). Nekustamā īpašuma nodoklis tiek modelēts skuju koku un cieto lapu koku audzēs virs 40 gadu vecuma, mīksto lapu koku audzēs virs 20 gadu vecuma, baltalkšņu audzēs virs 10 gadu vecuma, kā arī pirmos 3 gadus pēc audzes nociršanas atjaunošanas cirtē.

Tab. 15. Aprēķinos izmantotā nekustamā īpašuma nodokļa likme

Meža tips	Balles	Kvalitātes grupa	Nekustamā īpašuma nodokļa likme, € ha ⁻¹
Sl	14	2	1,85
Mr	24	3	3,45
Ln	30	3	3,45
Dm	44	4	4,67

¹⁴ Valsts zemes dienests, http://kadastralavertiba.lv/wp-content/uploads/2016/11/Kopejais_27_052016.pdf

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

Meža tips	Balles	Kvalitātes grupa	Nekustamā īpašuma nodokļa likme, € ha ⁻¹
Vr	48	4	4,67
Gr	50	4	4,67
Gs	7	1	1,13
Mrs	10	2	1,85
Dms	14	2	1,85
Vrs	16	2	1,85
Grs	20	2	1,85
Pv	8	1	1,13
Nd	10	2	1,85
Db	13	2	1,85
Lk	17	2	1,85
Av	15	2	1,85
Am	27	3	3,45
As	37	4	4,67
Ap	45	4	4,67
Kv	15	2	1,85
Km	27	3	3,45
Ks	37	4	4,67
Kp	45	4	4,67

Administratīvās un citas mežsaimnieciskās (meža inventarizācijas, uguns apsardzības, aizsardzība pret trupi, infrastruktūras uzturēšanas utt.) izmaksas pieņemtas: saimnieciskajos mežos jeb mežos, kur atļauta mežsaimniecība, 30 € ha⁻¹ gadā, bet aizsargājamajos mežos jeb mežos, kur nav atļauta mežsaimniecība – 20 € ha⁻¹ gadā.

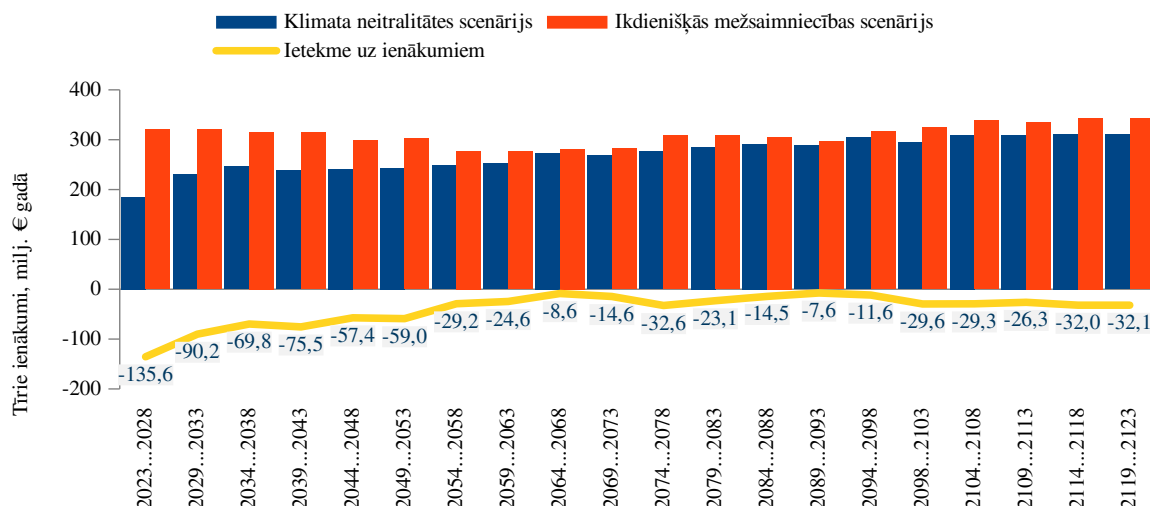
Mežsaimniecības finanšu plūsmas modelēšanai, saglabājoties esošajai situācijai, izmantoti 2022. gadā veikta pētījuma rezultāti, kas raksturo meža apsaimniekošanu atbilstoši līdzšinējai praksei un nesamazinot mežizstrādes apjomu (LVMI Silava, 2022).

Mežsaimniecības scenāriju finanšu plūsmas salīdzinājums

Klimata neitralitātes scenārijā pieņemts, ka mežizstrādes apjoms galvenajā cirtē būs par aptuveni 2 milj. m³ gadā mazāks nekā ikdienišķās mežsaimniecības scenārijā. Papildus izmaksas mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas scenārijā saistītas ar ieguldījumiem meža ieaudzēšanā, atjaunošanā, kopšanā un meliorācijas sistēmu ierīkošanā. Īstenojot klimata neitralitātes scenāriju, pirmajos 10 gados ienākumi samazināsies par 135,6-90,2 milj. € gadā, bet 2050. gadā ienākumu samazinājums būs

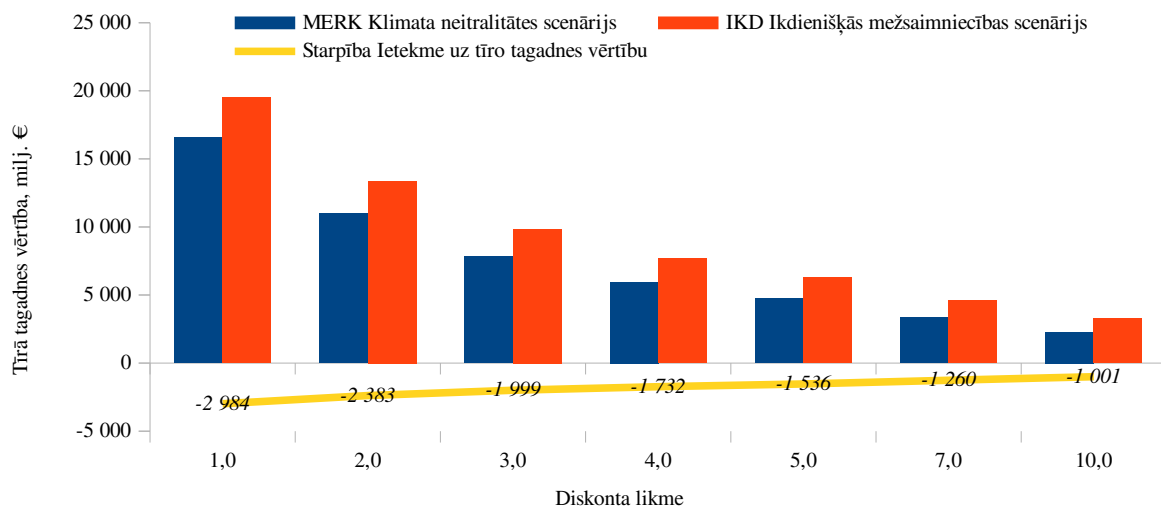
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

vidēji 59 milj. € gadā. Pēc 2050. gada ienākumu samazinājumu kompensē mežizstrāde apmežotajās platībās, taču ienākumi klimata neitralitātes scenārijā saglabājas mazāki nekā ikdienišķās mežsaimniecības scenārijā (Att. 14).



Att. 30. Klimata neitralitātes scenārija ietekme uz ienākumiem mežsaimniecībā.

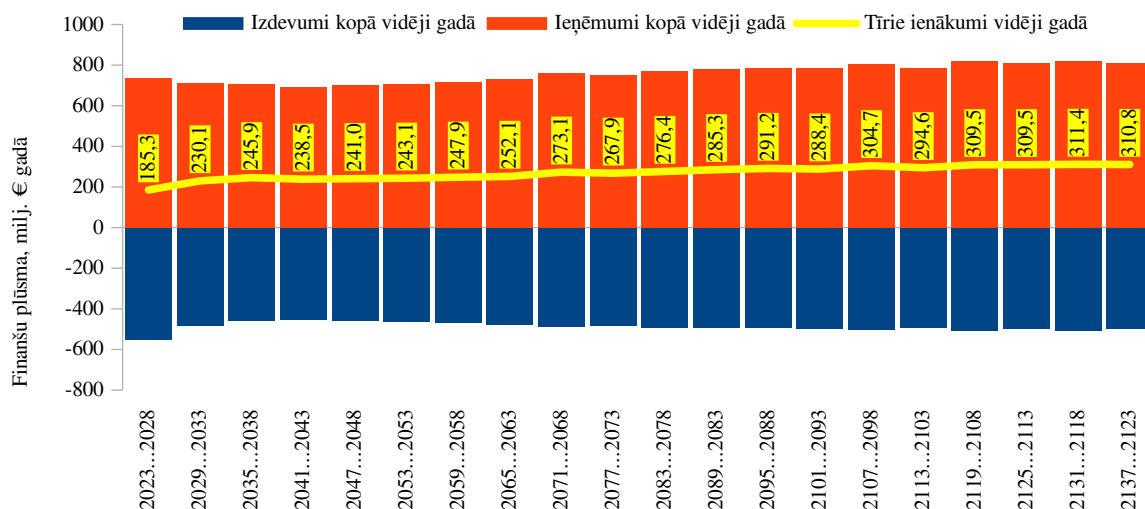
Klimata pārmaiņu mazināšanas darbību ietekme uz tīro tagadnes vērtību, pielietojot dažādas diskonta likmes, 100 gadu periodā, parādīta Att. 31.



Att. 31. Klimata neitralitātes scenārija ietekme uz tīro tagadnes vērtību mežsaimniecībā 100 gadus ilgam periodam.

Izdevumu un ieņēmumu struktūra klimata neitralitātes scenārijā parādīta Att. 32. Ieņēmumu samazinājums lielā mērā saistīts ar mazāku mežizstrādes apjoma prognozi klimata neitralitātes scenārijā. Pirmajos piecos gados 50% no ienākumu samazinājuma saistīts ar darbībām klimata pārmaiņu mazināšanai, bet turpmākajos gados līdz 2050. gadam, saglabājoties mežizstrādes apjomam kā ikdienišķās mežsaimniecības

scenārijā, tie ienākumi klimata neitralitātes scenārijā būtu lielāki nekā ikdienišķās mežsaimniecības scenārijā.



Att. 32. Mežsaimniecības finanšu plūsma klimata neitralitātes scenārijā.

Darbību ārpus meža zemēm (kokaugu joslu stādījumi, kokaugu stādījumi notekūdeņu dūņu izmantošanai un kokaugu grupu stādījumi) izmaksas vērtētas atbilstoši Latvijā veiktu pētījumu (Daugaviete u.c., 2022; Makovskis, 2021; Makovskis u.c., 2021) un potenciālo pakalpojumu sniedzēju aptaujām.

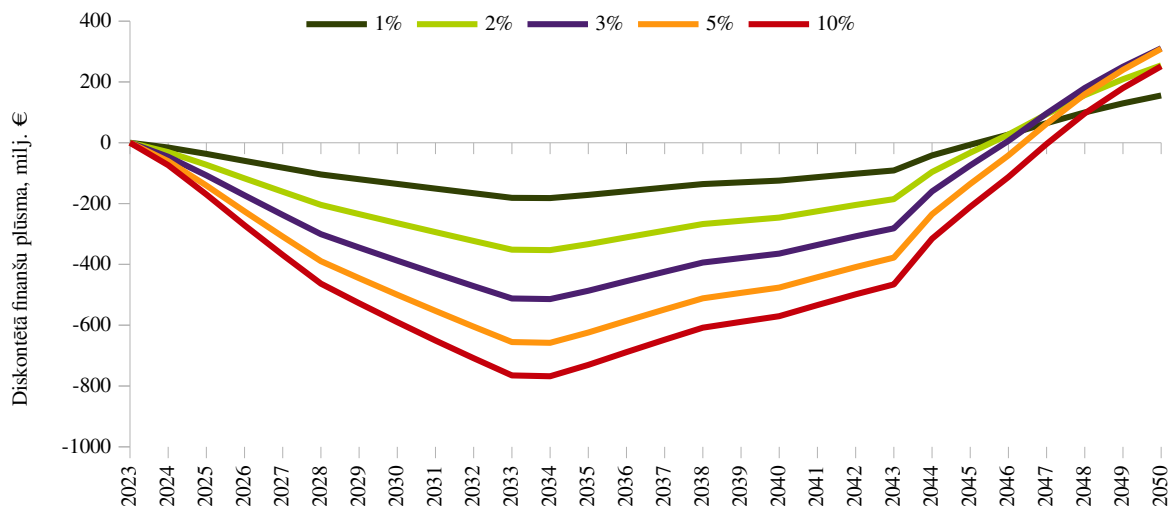
Kopējās izmaksas kokaugu joslu stādījumu ierīkošanai 12 gadu laikā sasniegs 115 milj. €. Pirmie ieņēmumi, atbilstoši izdarītajiem pieņēmumiem, sagaidāmi 21. gadā pēc projekta uzsākšanas, taču kokaugu joslu stādījumos, kur mistrotas koku un krūmu joslas, pirmie ienākumi būtu 5.-6. gadā pēc stādījuma ierīkošanas. Izmaksas kārkļu plantāciju ierīkošanai pirmajos 5 gados sasniegtu 31 milj. €. Sestajā gadā kārkļu plantācijas radītu pirmos ienākumus, realizējot šķeldas. Kārkļu plantāciju apsaimniekošanas izmaksās ietverta notekūdeņu dūņu izkļiedēšana, kas var tikt iekļauta notekūdeņu attīrīšanas tarifā. Šāda prakse ir Zviedrijā, kur zemes īpašniekam nav jāsedz šīs izmaksas (Dimitriou u.c., 2011; Rose-Marie, 2012), jo dūņu izmantošana kārkļu plantācijās ir lētākais drošs notekūdeņu dūņu izmantošanas paņēmieni, kas ļauj būtiski samazināt izmaksas, salīdzinot ar citām dūņu apsaimniekošanas metodēm.

Koku grupu ierīkošanas izmaksas ganībās 12 gadu laikā ir 50 milj. eur. Pirmie ieņēmumi sagaidāmi 21. gadā pēc stādījumu ierīkošanas, tomēr pastāv iespēja, ka zemes īpašnieki var izvēlēties neveikt mežizstrādi ganībās ierīkotajās kokaugu grupās un to atjaunošanās notiek dabiskās sukcesijas ceļā.

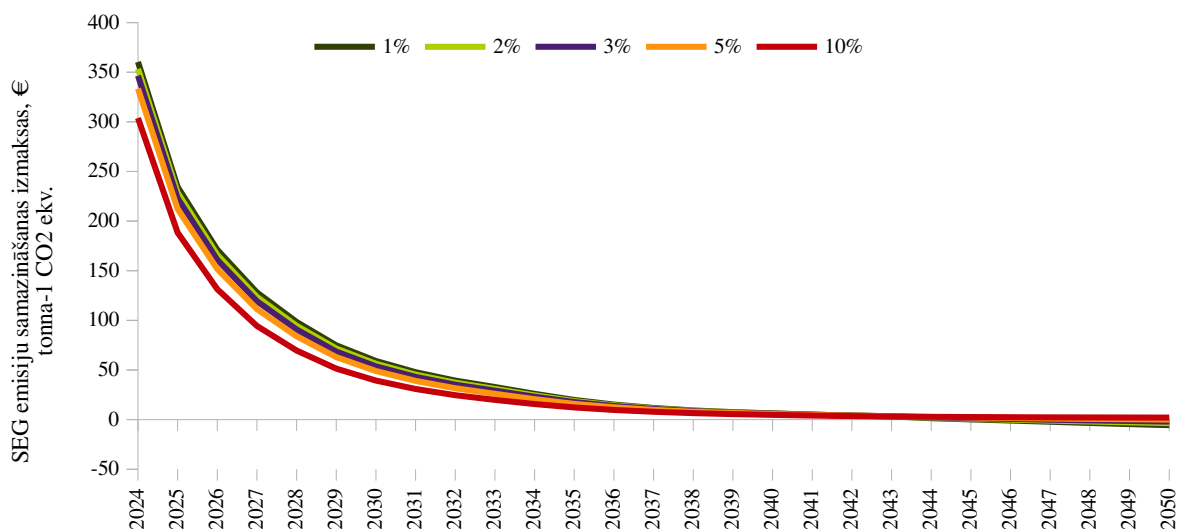
Finanšu plūsmas aprēķina kopsavilkums pie dažādām diskonta likmēm dots Att. 33. Neatkarīgi no variantā, finanšu plūsma kļūst pozitīva starp 2045. un 2048. gadu. Klimata pārmaiņu mazināšanas darbību, kas īstenojamas ārpus meža zemēm,

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

izmaksas, pārrēķinot uz CO₂ ekv. vienībām, 2030. gadā būtu 39-59 € tonna⁻¹ CO₂ ekv., bet 2050. gadā -6-2 € tonna CO₂ ekv. (Att. 34), t.i. pie mazākām diskonta likmēm šo darbību izmaksas 2050. gadā ir negatīvas.



Att. 33. Diskontētā finanšu plūsma pasākumiem ārpus meža zemēm pie dažādām diskonta likmēm.



Att. 34. SEG emisiju samazinājuma izmaksas darbībām, kas īstenojamas ārpus meža zemēm, atkarībā no diskonta likmes.

ZIZIMM sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību aizstāšanas efekts

Oglekli koksnes biokurināmajā aprēķina atbilstoši atsevišķi reciklētajai koksnei, mizām, kokapstrādes atliekām, mežizstrādes atliekām un malkai. Oglekļa ienesi ar mežizstrādes atliekām atsevišķi rēķina kopšanas cirtē un galvenajā cirtē iegūtajai koksnei, ja ievades parametros norādīts, ka mežizstrādes atliekas izmanto koksnes biokurināmā sagatavošanai.

Koeficienti, kas pēc noklusējuma izmantoti SEG emisiju samazinājuma aprēķināšanai, salīdzina koksni centralizētajā siltumapgādē un dabasgāzi (tab. 16). Aprēķini vienādojumi atbilst Starpvalstu klimata konvencijas paneļa vadlīnijās dotajām noklusētajām emisiju faktoru vērtībām (Eggleston, Buendia, Miwa, Ngara, & Tanade, 2006).

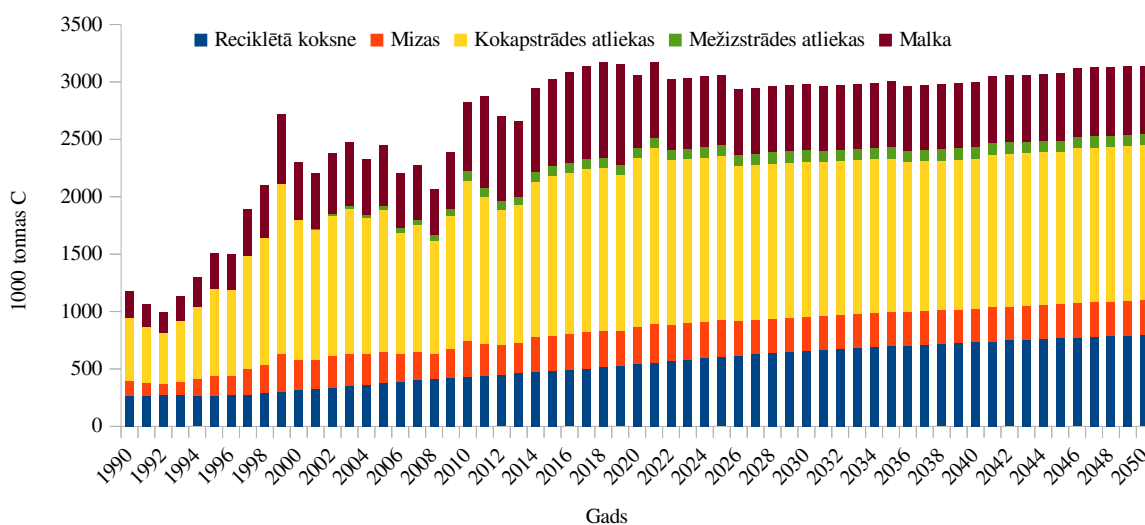
Tab. 16. Koeficienti biokurināmā aizstāšanas efekta aprēķinam

Parametrs	Mērvienība	ID	Skaitliskā vērtība
Emisiju faktori dabasgāzei			
Zemākā siltumspēja	MWh m ⁻³	[1]	0,0094
Katla lietderības koeficients	-	[2]	85%
CO ₂ emisiju faktors	tonnas CO ₂ MWh ⁻¹	[3]	0,1984
N ₂ O emisiju faktors	tonnas N ₂ O MWh ⁻¹	[4]	0,00000 036
CH ₄ emisiju faktors	tonnas CH ₄ MWh ⁻¹	[5]	0,00000 360
Biokurināmā raksturojums			
Zemākā siltumspēja	MWh tonnā ⁻¹	[6]	4,9000
Katla lietderības koeficients	-	[7]	80%
N ₂ O emisiju faktors	tonnas N ₂ O MWh ⁻¹	[8]	0,000014
CH ₄ emisiju faktors	tonnas CH ₄ MWh ⁻¹	[9]	0,000108

Aprēķina pirmais solis ir koksnes biokurināmā daudzuma aprēķins sausnas tonnās un saražotās enerģijas daudzums, kā arī N₂O un CH₄ emisiju daudzums biomasas sadedzināšanas procesā. CO₂ emisijas oglekļa zudumu no dzīvās biomasas veidā jau ietverts oglekļa aprites dzīvajā biomasā vienādojumos. Aizstāto fosilo kurināmo aprēķina, novērtējot, cik liels fosilā kurināmā daudzums nepieciešams, lai iegūtu enerģijas daudzumu, ko var saražot ar koksnes biomasu. Pēc tam aprēķina SEG

emisijas, ko radītu fosilā kurināmā sadedzināšana. Nākošajā solī SEG emisijas pārrēķina SEG emisijas CO₂ ekvivalentos.

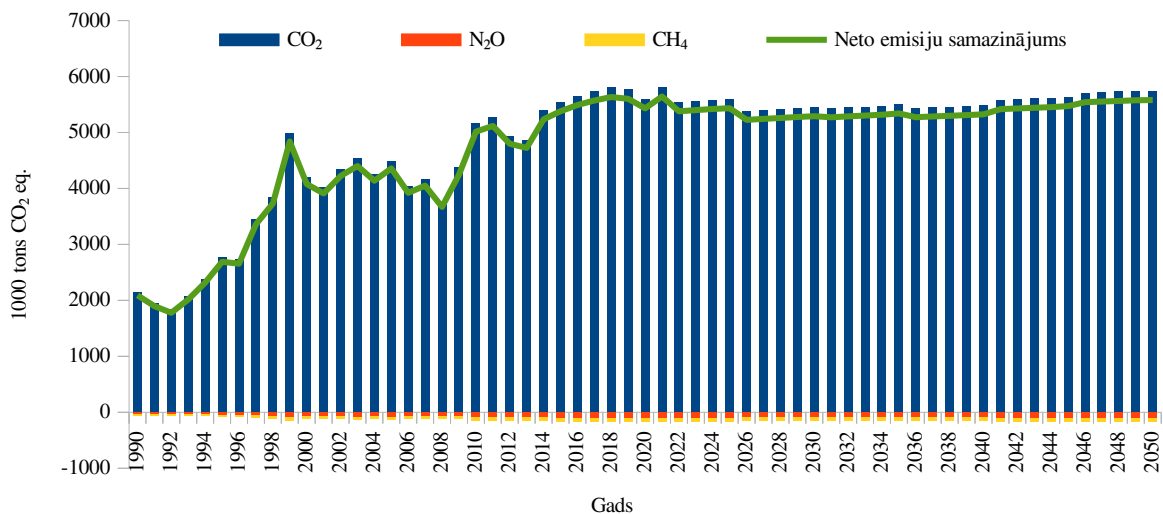
Prognozējamais biokurināmā ražošanas apjoms no Latvijas izcelsmes koksnes parādīts Att. 35. Ņemot vērā pieņēmumu par mežizstrādes samazinājumu galvenajā cirtē klimata neitralitātes scenārijā, paredzams, ka kopējais saražotā biokurināmā daudzums samazināsies, salīdzinot ar iepriekšējo piecgadi. Reciklētās koksnes apjoma pieaugums saistīts ar mežizstrādes un koksnes produktu ražošanas apjoma kāpumu pēc 1990. gadā, arvien lielākam koksnes daudzumam nonākot reciklētās koksnes kategorijā. Lielākais pieauguma potenciāls ir mežizstrādes atliekām un celmu koksnei.



Att. 35. Ogleklis biokurināmajā, kas ražots no Latvijas izcelsmes koksnes.

Meža biokurināmā aizstāšanas efekts 2022.-2050. gadā klimata neitralitātes scenārijā sasniegs vidēji 5381 Gg CO₂ ekv. (Att. 36). Pieauguma tendence saistīta ar reciklētās koksnes izmantošanu enerģētikā. Lielākā daļa aizstāšanas efekta saistīta ar meža biokurināmā izmantošanu ārpus Latvijas. Faktisko emisiju samazinājuma efektu samazina arī koksnes izmantošana granulu ražošanai (koksnes žāvēšanai).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 36. Meža biokurināmā aizstāšanas efekts.

Salīdzinot ar prognozi, saglabājoties esošajai mežsaimniecības praksei, meža biokurināmā klimata pārmaiņu mazināšanas efekts samazināsies vidēji par 297 Gg CO₂ ekv. gadā (vidēji 5% gadā, Att. 37).



Att. 37. Klimata neitralitātes scenārija prognozējamā ietekme uz aizstāšanas efektu.

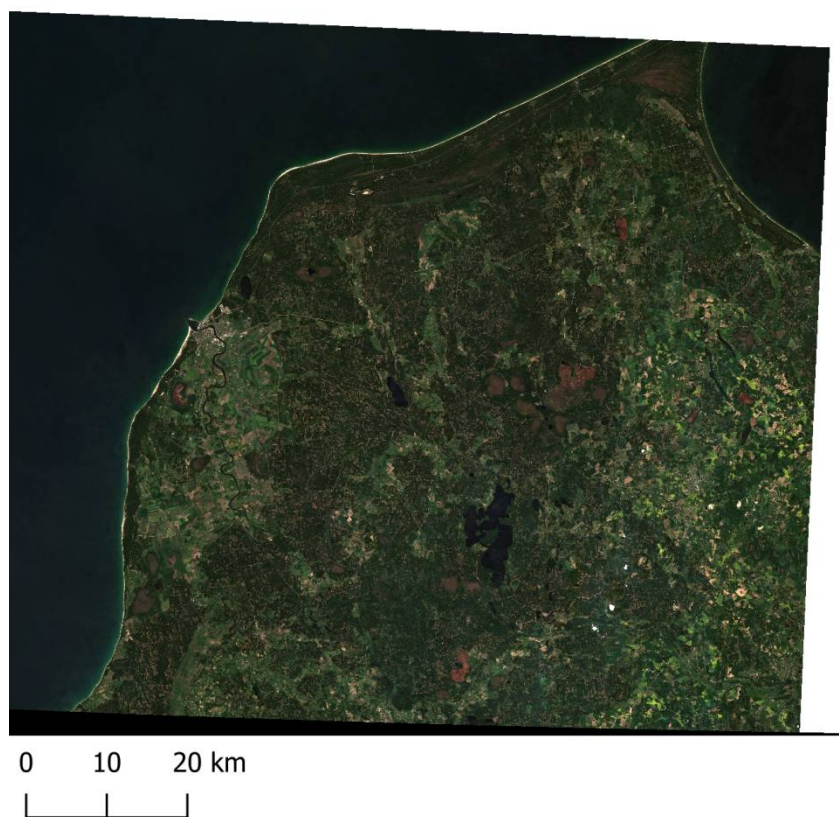
Klimata pārmaiņu mazināšanas scenārijā plānots īstenot pasākumus arī ārpus meža zemēm, tajā skaitā kārķļu plantāciju ierīkošana un joslu stādījumi. Kārķļu plantāciju ierīkošana 30 000 ha platībā nodrošinās SEG emisiju samazinājumu (aizstāšanas efektu enerģētikas sektorā) par vidēji 267 Gg CO₂ ekv. gadā, bet kokaugu joslu stādījumu ierīkošana 44 000 ha platībā var nodrošināt aizstāšanas efektu, kas atbilst vidēji 565 Gg CO₂ ekv. gadā; attiecīgi, kopējais aizstāšanas efekts enerģētikas sektorā pieaugs par vidēji 535 Gg CO₂ ekv. gadā.

Modelēšanas instrumenti uz attālās izpētes datiem balstītai meža resursu raksturošanai

Pētījuma ietvaros uzsākta uz attālās izpētes (LiDAR, Sentinel 2, ortofoto, lauku reģistra un citiem) datiem un meža resursu monitoringa parauglaukumos pieejamo informāciju balstītas “biogrupu” interpretācijas un modelēšanas sistēmas izstrādāšana meža un nemeža zemēm, lai ar attālās izpētes metodēm raksturotu zemes izmantošanu, zemes izmantošanas maiņu, zemsedzes veģetāciju un kokaugu stāvu (valdošās sugas, biomasu un oglekļa uzkrājumu), kā arī ietvertu zemes izmantošanas vērtējumā potenciālos un esošos saimnieciskās darbības ierobežojumus, riska teritorijas un citas pazīmes, kas būtiskas klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ieviešanai. 2023. gadā uzsākta sistēmas veidošana meža zemēm, izstrādājot vienādojumus oglekļa uzkrājuma izmaiņu kokaugu biomasā raksturošanai, kā arī uzsākām harmonizēta datu slāņa veidošana oglekļa uzkrājuma datiem visiem mežiem Latvijas teritorijā.

Pētījuma objektu raksturojums

Pētījuma teritorija klāj visu Latviju. Datu apstrādei atlasīti izmantoti LVM (AS “Latvijas valsts meži”) nogabalu datu bāzes, LAD (Lauku atbalsta dienesta), LIFE ReStore izstrādāto kūdrāju un LĢIA (Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras) ūdens objektu dati. Meža zemēs mežaudžu nogabali reprezentē sešas izplatītākās koku sugas – priede (*Pinus sylvestris* L.), egle (*Picea abies* (L.) H. Karst.), bērzs (*Betula pendula* Roth), melnalksnis (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), apse (*Populus tremula* L.) un baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench), kā arī citas sugas un dažādu sugu jaunaudzis. Pārējās zemes kategorijas, tajā skaitā lauksaimniecībā izmantojamās zemes, ūdeņi un purvi reprezentē nemeža zemes. Kopā datu apstrādes procesā izveidotas divas datu kopas, kur viena paredzēta meža maskas ģenerēšanai (24 134 punkti), bet otra koku sugu kartēšanai teritorijās, kurās klāj meža maska (6194 punkti). Meža maskas ģenerēšanai un koku sugu kartēšanai bez augstākminētajiem punktiem izmantotas arī Sentinel-2 satelītainu mozaikas (Att. 38), aerolāzerskenēšanas (ALS) dati un citi datu avoti.



Att. 38. Pilotteritorija

Datu apstrāde

Meža maskas izstrādei pēc nejaušības principa atlasīti 10 000 LVM nogabalu datubāzes poligoni, 10 000 LAD lauku poligoni, kā arī 2948 par 1 ha lielāki ūdens objekti un 238 LIFE ReStore projekta kūdras izstrādes vietu objekti. LVM, LAD un ūdens objektu poligoniem ģenerēti centroīdi, bet purvos esošajiem parauglaukumiem ģenerēti 5 nejauši punkti katram. Visi ģenerētie punkti apvienoti vienā datu kopā – *meža_maska*.

Koku sugu kartēšanai izveidota atsevišķa datu kopa, kura sastāv no 6194 ierakstiem. Šīs datu kopas izveidošanai atlasīti nogabalu dati visbiežāk sastopamajām koku sugām Latvijā – priede (*Pinus sylvestris* L.), egļu (*Picea abies* (L.) H. Karst.), bērzs (*Betula pendula* Roth), melnalksnis (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), apse (*Populus tremula* L.) un baltalksnis (*Alnus incana* (L.) Moench). Atlasīti tādi nogabali, kuros mežaudzes vecums ir vismaz 20 gadi un valdošās sugas īpatsvars ir vismaz 90%. Katrai sugai atlasīti līdz 1000 nogabali. Tāpat, atlasīti 1000 nogabali, kuros mežaudzes vecums ir līdz 10 gadi, neatkarīgi no koku sugas. Šie nogabali reprezentē jaunaudzes. Visiem atlasītajiem nogabaliem ģenerēti centroīdi un tie apkopoti datu kopā – *sugu_dati*.

Pētījumam nepieciešamie multispektrālie satelītdati apstrādāti *Google Colaboratory* vidē, izmantojot *s2cloudless* (Zupanc, 2017) algoritmu, tādējādi iegūstot multispektrālas satelītainu mozaikas, kuru izšķirtspēja ir 10 * 10 metri un kurās atainotas konkrēta laika perioda Zemes virsmas atstarojumu pikseļu vērtības (mediāna) noņemot mākoņu un mākoņu ēnu ietekmi. Pētījuma vajadzībām visai Latvijas teritorijai sagatavotas 120 karšu lapas ar multispektrālajās satelītainām 2021. gada pavasara (aprīlis – maijs), vasaras (jūlijs – augusts) un rudens (oktobris – novembris) periodiem.

Tālāk multispektrālās satelītainu mozaikas ielādētas QGIS vidē, kur ar paraugošanas algoritmu datu kopu *meža_maska* un *sugu_dati* punktiem noteiktas katra spektrālā kanāla vērtības. Tāpat šiem punktiem pievienota informācija par dažādiem ar zemes virsmas reljefu un augsnes mitrumu saistītiem indeksiem, kā, piemēram, augstums virs jūras līmeņa, nogāzes slīpums, normalizētais augstums, augsnes mitruma karte, gruntsūdens dziļuma karte, u.c. Tālāk visas atsevišķās rastru mozaikas pa karšu lapām savienotas vienā multi-kanālu rastrā, ko tālāk izmantot zemes virsmas klasificēšanas un koku sugu prognozēšanas procesā.

Nākamajā posmā datu statistiskā analīze veikta R (R Core Team, 2022) vidē, kur *meža_maska* un *sugu_dati* datu kopu informācija, ar visiem pievienotajiem datiem, izmantota mašīnmācīšanās algoritma apmācīšanās. 80% no datu kopas izmantoti algoritma apmācīšanas procesam, atlikušie 20% - validācijai. Lai datu kopa būtu balansēta, veikts *upsampling* process, tādējādi nodrošinot vienādu skaitu parauglaukumu katrai no klasifikācijas klasēm. Lai izvēlētos precīzākos mašīnmācīšanās parametrus, veikta 5-kārtēja krossvalidācija, un algoritma apmācīšanai izmantots *xgbTree* modelis no Caret (Kuhn, 2008) bibliotēkas.

Izmantojot mašīnmācīšanās algoritmus, izveidoti divi modeļi, no kuriem pirmais paredzēts zemes virsmas klasificēšanai meža, lauksaimniecības, ūdens un purvu klasēs, tādējādi iegūstot klasificētu rastru, kuru izmantosim mežu nošķiršanai no pārējām zemes virsmas klasēm. Otrs modelis katra pikseļa ietvaros prognozē valdošās koku sugas katrā pikselī.

Aktualizēta informācija par ZIZIMM sektora virzību uz klimata neitralitāti

2023. gadā apstiprināti grozījumi regulā par zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora iekļaušanu SEG emisiju un CO₂ piesaistes klimata izmaiņu mazināšanas saistībās ((EU) 2018/841) un otrā regulā ((EU) 2018/1999), kas nosaka saistību izpildes uzskaites kārtību. Regulas grozījumos paredzēta pāreja no references līmeņiem uz daļēji fiksētu ZIZIMM sektoram kopīgu emisiju samazināšanas mērķi 2030. gadā. Latvijai Eiropas Komisijas sagatavotajās saistībās ZIZIMM sektorā paredzēts piekārtīgs SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar nacionālajām SEG emisiju prognozēm, sasniedzot 644 Gg CO₂ ekv. atbilstošas neto piesaistes ZIZIMM sektorā 2030. gadā.

Pētījumā vienā klimata neitralitātes scenārijā apvienotas 2022. gadā identificētās efektīvākās ZIZIMM sektora SEG emisiju mazināšanas darbības un novērtēta to iespējamā kumulatīvā ietekme no 2030. līdz 2050. gadam, īstenojot maksimālā apjomā. Papildus vērtējumā ietverti saimnieciskās darbības ierobežojumi, kas iekļauti dabas atjaunošanas regulā. Finanšu plūsmas vērtējums meža apsaimniekošanas pasākumiem veikts, salīdzinot ar ikdienišķās mežsaimniecības scenāriju, kas izstrādāts 2022. gadā Meža attīstības fonda pētījuma par klimata pārmaiņu mazināšanas darbībām ietvaros. Pētījumā pieņemts, ka klimata pārmaiņu mazināšanas darbības meža zemēs īsteno vienlaicīgi ar ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas prakses veicināšanu, palielinot mežaudžu noturību un palielinot CO₂ piesaisti visās oglekļa krātuvēs. Darbību novērtējumu ierobežo nepietiekošas zināšanas par oglekļa apriti augsnē, atkarībā no apsaimniekošanas režīma.

Pētījumā konstatēts, ka mērķtiecīga meža apsaimniekošana un identificēto darbību īstenošana, var nodrošināt klimata politikas mērķu sasniegšanu ZIZIMM sektorā 2030., 2040. un 2050. gadā, tomēr saimnieciskās darbības ierobežojumi 30% no mežu kopplatības apgrūtina klimata neitralitātes mērķu sasniegšanu 21. gadsimta 2. pusē. Obligāts priekšnosacījums klimata mērķu sasniegšanai 2030. un 2050. gadā ir organisko augšņu lauksaimniecībā izmantojamās zemēs apmežošana.

Papildus pētījumā vērtētajām darbībām ir jānodrošina esošo meliorācijas sistēmu saglabāšana mežos un lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, kā arī jāīsteno darbības augsnes oglekļa uzkrājuma saglabāšanai lauksaimniecībā izmantojamās zemēs. Ir jāpilnveido metodes augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņu uzskaitē, jo šī krātuve, visticamāk, būtiski palielinās pētījumā novērtēto SEG emisiju mazināšanas efektu.

Būtiskas izmaiņas SEG emisiju uzskaitē var radīt arī augstāka līmeņa metožu ieviešana kūdras produktu radīto SEG emisiju uzskaitē.

Klimata neitralitātes scenārijs

Mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas pasākumu komplekss

Klimata neitralitātes scenārijā pieņemts, ka meža apsaimniekošana notiek atbilstoši zinātnieku izstrādātām labas prakses rekomendācijām, kas iepriekšējā gadā izstrādātas pētījuma “Latvijai piemērotākā mežsaimniecības attīstības scenārija izvērtēšana iespējamā Eiropas līmeņa zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektora siltumnīcefekta gāzu emisiju un piesaistes uzskaites regulējuma pārskatīšanā” ietvaros. Meža resursu modelēšana veikta, ņemot vērā meža nozarē saskaņotās un valdībai piedāvātās galvenās cirtes (GC) caurmēra izmaiņas un ar koku ciršanas izmaiņām saistītās mežaudžu atjaunošanas nosacījumus, tajā skaitā atbilstoši 2020. gadā sagatavotajiem priekšlikumiem samazināts GC caurmērs; nozāgējot audzi GC pēc caurmēra to atjauno mērķtiecīgu stādot vai sējot, meža atjaunošanā izmanto mazāku koku skaitu; kopšanu veic intensīvāk (krājas kopšanas 70% (ikdienišķi 35-55%) no piecgadē pieejamām audzēm, jaunaudžu kopšana 50% audžu (ikdienišķi 30-40%); savlaicīgākas krājas kopšanas cirtes, kopšanu paredzot ar lielāku intensitāti jaunākās audzēs, bet ar mazāku intensitāti audzei tuvojoties GC vecumam; GC pēc caurmēra modelē arī valsts mežos (P – 10%, E un B – 20% apmērā no aprēķinātās GC nocērtamās platības).

Zemes izmantošana un resursu ieguve

Zemes izmantošanas maiņa aprēķinos iekļauta kā organisko augšņu lauksaimniecības zemēs un mazāk vērtīgo lauksaimniecības zemju ar minerālaugsnēm apmežošana. Aprēķinos pieņemts, ka citāda veida zemes izmantošanas maiņa neturpinās. Ņemot vērā iepriekšējo gadu tendenci, pastāv risks, ka būtisku emisiju pieaugumu var radīt zālāju transformācija par aramzemēm, kas iepriekšējo 5 gadu laikā palielinājusi aramzemju (periodiski uzaramu lauksaimniecības zemju platību) par 0,4 milj. ha. Mazāku, tomēr būtisku efektu var radīt arī atmežošanas darbības valsts un pašvaldību infrastruktūras objektu attīstīšanai. Saskaņā ar publiski pieejamiem datiem par Rail Baltic projektā plānotajām atmežošanas darbībām, šis projekts viens pats radīs aptuveni 1 miljonu tonnu CO₂ ekv. emisiju zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektorā. Šādu darbību ietekmes novēršanai ir jāplāno papildus siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai vai CO₂ piesaistes veicināšanai.

Saskaņā ar “Kūdras ilgtspējīgas izmantošanas pamatnostādņem 2020.-2030. gadam” kūdras ieguves apjoms plānots 12 milj. tonnas (ar 40% relatīvo mitruma saturu), tajā skaitā lielāko daļu kūdras izmanto lauksaimniecībā (Ministru kabinets, 2020). Kūdras ieguves lauksaimniecībai radīto emisiju raksturošanai izmantota tūlītējas oksidācijas metode, kas, iespējams, pārāk optimistiski novērtē uzskaitītās kūdras izmantošanas lauksaimniecībā radītās SEG emisijas, ņemot vērā vairākkārtīgu kūdras ieguves apjoma samazinājumu pēc 1990. gada. Mežizstrādes apjoms līdz 2050. gadam pieņemts vidēji 15 milj. m³ līmenī, tajā skaitā 12 milj. m³ galvenā cirte. Pēc 2050. gada mežizstrādes apjoms pakāpeniski pieaug, sasniedzot galvenās cirtes vecuma vai koku dimensiju robežvērtības apmežotajās platībās. Meža platība, kur aizliegta mežsaimnieciskā darbība, saskaņā ar dabas atjaunošanas regulas projektā iekļautajām prasībām, pēc 2023. gada pieaug no 251 tūkst. ha līdz 400 tūkst. ha (vismaz 10% no meža zemēm). bet meža platības, kur nav atļauta atjaunošanas (galvenā) cirte ar kailcirtes metodi, pēc 2023. gada pieaugs no 205 tūkst. ha līdz 800 tūkst. ha (vismaz 20% no mežu kopplatības).

Aramzemju kopējā platība samazināsies līdz 1336 tūkst. ha (tajā skaitā 70 tūkst. ha, kur ierīkojami kokaugu joslu un grupu stādījumi). Tāda aramzemju platība ir lielāka nekā kopējā sējumu platība, attiecīgi, klimata neitralitātes scenārija īstenošana nav saistīta ar sējplatību samazināšanos. Tomēr, ekstensificējot lauksaimniecisko ražošanu un palielinot bioloģisko saimniecību īpatsvaru, būs nepieciešamas arvien lielākas aramzemju platības, lai būtiski nesamazinātu lauksaimnieciskās produkcijas apjomu. Jau šobrīd vērojams būtisks aramzemju platības pieaugums, samazinoties ilggadīgo zālāju un ganību platībai. Aprēķinos pieņemts, ka 2030. gadā aramzemēs vairs nebūs organisko augšņu, jo tās transformēs par zālājiem vai uzreiz apmežos sakarā ar dabas atjaunošanas regulas projektā un citos Eiropas Savienības normatīvos noteiktajiem ierobežojumiem organisko augšņu apsaimniekošanai.

Aprēķinos pieņemts, ka, pateicoties organisko augšņu mērķtiecīgai apmežošanai stādot un sējot kokaugus, un pārslapināšanai ar sekojošu dabisku apmežošanos, zālāju platība samazināsies līdz 780 tūkst. ha (tajā skaitā 30 tūkst. ha koku grupu stādījumiem). Ilggadīgajos zālajos nav paredzēti saimnieciskās darbības ierobežojumi, jo šīs ekosistēmas saglabāšana Latvijā iespējama tikai antropogēnas iedarbības rezultātā, aizkavējot šo platību apmežošanos ar regulāru pļaušanu. Visticamāk, ka zālāju platība samazināsies vēl vairāk, jo notiek aktīva zālāju transformācija par aramzemēm.

Mitrājos plānota aptuveni 12 tūkst. ha izstrādātu kūdras lauku renaturalizācija un pakāpeniska apmežošanās, veidojot mazvērtīgas mežaudzes ar pārmitrām meliorētām augsnēm. Apmežojamā platība vērtēta atbilstoši pētījuma “Development of greenhouse gas emission factors and decision support tools for management of

peatlands after peat extraction” rezultātiem, vērtējot potenciālo hidroloģisko režīmu pārslapinātās kūdras ieguves vietās. Pētījumā secināts, ka aptuveni 50% bijušo un esošo kūdras lauku hidroloģiskais režīms pēc pārslapināšanas būs piemērots mežaudžu attīstībai, ja vien to neierobežos citi faktori.

Klimata neitralitātes scenārijā iekļautās darbības

Mazāk vērtīgu lauksaimniecības zemju (LIZ) ar minerālaugsnēm apmežošana

Mazāk vērtīgu lauksaimniecības zemju apmežošana ir viena no svarīgākajām darbībām klimata neitralitātes nodrošināšanai, kas nodrošina relatīvi nelielu īstermiņa efektu un lielu un noturīgu efektu ilgtermiņā. Darbībai ir vairākas alternatīvas – intensificēti isā aprites cikla meži (dažās valstīs plantāciju meži), kuru mērķis ir maksimizēt kokmateriālu ieguvu (piemēram, egļu audzes ar līdz 40 gadu ilgu aprites ciklu vai papeles hibrīdu plantācijas ar līdz 20 gadus ilgu aprites ciklu), ekstensificētas meža apsaimniekošanas sistēmas, ievērojot apsaimniekošanas noteikumus, kas piemērojami konvencionālajos mežos (piemēram, egļu audzes ar 60-80 gadus ilgu aprites ciklu, plānojot mežizstrādi atbilstoši koku vecuma vai caurmēra kritērija) vai kokaugu stādījumi, kuros plānots īstenot tikai dabas aizsardzības un rekreācijas funkcijas, neparedzot koksnes resursu ieguvu. Klimata neitralitātes scenārijā paredzēts, ka apmežotās platības apsaimnieko atbilstoši mežsaimniecības praksei augstāko bonitāšu mērķtiecīgi atjaunotās platībās. Šajā darbībā paredzēts, ka piecu gadu laikā, sākot no 2024. gada apmežo 350 tūkst. ha lauksaimniecībā izmantojamo mazāk vērtīgo zemju. Būtiski, lai pasākumu īstenotu īstenotu platībās, ko neizmanto lauksaimnieciskās produkcijas ražošanai un platībās, kur saimnieciskās darbības pārtraukšanu nosaka citi, ar klimata politikas mērķu sasniegšanu nesaistīti normatīvi, lai nenotiktu emisiju pārnese un SEG emisiju samazinājumu apmežotās platībās netiktu kompensēts ar emisiju pieaugumu atmežojamās platībās, uz kurām notiek lauksaimnieciskās ražošanas pārnese.

Minerālaugšņu apmežošana palielina oglekļa daudzumu dzīvās un nedzīvās biomasas oglekļa krātuvēs, tajā skaitā meža zemsegā, atjaunojot šīs krātuves, un palielina oglekļa krājumus augsnē. Apmežošanas rezultātā notiekošās augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas jāvērtē, ņemot vērā augsnes tilpummasas izmaiņas, jo pēc apmežošanas augsnes tilpummasa samazinās un oglekļa uzkrājums uz platības vienību šķietami samazinās (Hou u.c., 2020; Petaja u.c., 2023; Zhou u.c., 2022). Apmežošana ietekmē arī N₂O un CH₄ emisijas, tomēr šai ietekmei ir liela nenoteiktība, kas saistīta ar vietējiem apstākļiem, piemēram, hidroloģiskā režīma izmaiņām, un tā kopumā ir

nebūtiska. Intensīvā apsaimniekošana jāsaista ar mēslojuma izmantošanu mežā, lai palielinātu krājas pieaugumu un saīsinātu apriti.

Apmežošanai piemērotas mazauglīgas zālāju un aramzemju platības ar minerālaugsnī, kur apmežošana ir atļauta saskaņā ar valsts un vietējiem noteikumiem. Saskaņā ar dažādu pētījumu rezultātiem apmežošanai rekomendē lauksaimniecības zemju platības, kuru vērtība ir mazāka par 25-35 ballēm (Bārdulis u.c., 2022; Makovskis u.c., 2021; Valujeva u.c., 2022).

Apmežošanas efekta prognozēšanai izmantots AGM meža augšanas modelis, kas raksturo oglekļa krājumu izmaiņas dzīvajā un nedzīvajā biomasā, kā arī sagatavotajos kokmateriālos. Aprēķinos izmantoti pieņēmumi par meža apsaimniekošanu, kas raksturīgas augstāko bonitāšu mērķtiecīgi atjaunotām mežaudzēm. Oglekļa krājumu izmaiņas augsnē nav vērtētas, jo Latvijā nav īstenota meža augšņu monitoringa programma, kā arī pietrūkst darbību dati oglekļa ieneses raksturošanai, kas ļautu iegūt validētus prognožu rezultātus.

Lauku reģistra dati satur ierobežotu informāciju par augsnes kvalitāti, jo īpaši organisko augšņu izplatību un meliorācijas sistēmu (atvērtās un slēgtās meliorācijas sistēmas) nolietojumu. Šī informācija ir jāatjaunina, lai novērtētu apmežošanas potenciālu un prognozētu CO₂ piesaisti apmežošanas rezultātā. Jāpārbauda augsnes oglekļa krājumu izmaiņas, tajā skaitā oglekļa uzkrāšanos nobiru krātuvē minerālaugsnēs.

Darbībai ir ilgtermiņa ietekme, nodrošinot maksimālo efektu (līdz 700 tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹) pirmajā aprītē un pēc tam to pakāpeniski palielinot. Jo īsāka ir aprīte un jo lielāka ir koksnes ienese koksnes produktos, jo lielāks ir kopējais klimata pārmaiņu mazināšanas efekts.

Apmežošanas pamatā ir meža ekosistēmas atjaunošana atmežotajās zemēs, tāpēc apmežošana veicina Latvijai raksturīgo ekosistēmu, kurās dominē daļēji dabiskie meži, atjaunošanos.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas 61 gadu ilgam aprēķina periodam ar 10% diskonta likmi, ir 0,6 € tonna CO₂ ekv. Emisiju samazināšanas izmaksas var mainīties atkarībā no faktiskajām emisijām no augsnes aramzemē, zālajos un meža zemēs. kopējās izmaksas apmežotajās platībās ar minerālaugsnēm pirmajos 10 gados ir 1667 € ha⁻¹, tajā skaitā stādmateriāls, augsnes gatavošana, stādīšana, agrotehniskā kopšana un vismaz viena jaunaudžu kopšanas cirte. Izmaksas ir atkarīgas no vietējiem apstākļiem un darbaspēka pieejamības.

Krājas papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā izejumi sniegs ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Apmežošanas efektu var

maksimizēt, nodrošinot koksnes pieprasījumu izstrādājumiem ar augstu pievienoto vērtību un ilgu kalpošanas laiku.

Lauku attīstības programmas ietvaros ir paredzēts atbalsts apmēram 10 000 ha lauksaimniecības zemju apmežošanai laikā no 2023. līdz 2028. gadam.

Lauksaimniecības zemju (LIZ) ar organiskajām augsnēm mērķtiecīga apmežošana

Šajā scenārijā pieņemts, ka piecu gadu laikā no 2024. gada notiek mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (80 tūkst. ha), atjaunojot meža ekosistēmu iepriekš atmežotās platībās. Aprēķinos pieņemts, ka apmežotajās platībās saglabā vai atjauno meliorācijas sistēmas un augšanas gaita atbilst augstākās bonitātes audzēm. Meža apsaimniekošanas prakse (kopšanas cirtes, galvenā cirte un atjaunošana) atbilst vidējiem rādītājiem mērķtiecīgi atjaunotās platībās augstāko bonitāšu mežaudzēs kūdrenos mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas scenārijā.

Šīs darbības klimata pārmaiņu mazināšanas potenciālu nosaka piesaiste dzīvajā biomasā, ko pēc tam nonāk atmirušajā koksnē, nobirās, augsnē un sagatavotajos koksnes produktos; un SEG emisiju no augsnēm samazinājums. Lielākais SEG emisiju samazināšanas potenciāls ir saistīts ar SEG emisiju no augsnēm samazinājumu (Bērziņa u.c., 2018). Darbība ietekmē visas oglekļa krātuves un SEG emisijas. Atsevišķos gadījumos aramzemju apmežošanas rezultātā var pieaugt CH₄ emisijas.

Darbības īstenošanai piemērotas meliorētas organiskā augsne aramzemē un zālajos. Organisko augšņu definīcijai atbilst teritorijas, kur kūdras sadalīšanās būtiski ietekmē SEG emisiju bilanci. Formāli Latvijā šim kritērijam atbilst teritorijas, kur augsnes virskārtā ir vismaz 12% organiskā oglekļa. Pētījumi Dānijā parāda, ka emisiju pieaugums, salīdzinot ar minerālaugsnēm, vērojams arī platībās, kur organiskā oglekļa saturs ir vismaz 3% (Elsgaard u.c., 2012; Petersen u.c., 2012; Schäfer u.c., 2012).

Darbības ietekmes prognozēšanai izmantots AGM meža augšanas modelis, kas prognozē oglekļa krājumu izmaiņas dzīvajā un nedzīvajā biomasā, kā arī sagatavotajos kokmateriālos. Aprēķinos var izmantot vērtības, kas raksturīgas augstākajām meža bonitātes klasēm. Apmežošanas efekts atkarīgs no augsnes sagatavošanas kvalitātes, sugu izvēles, stādāmā materiāla, kopšanas ciršu kvalitātes un dabisko traucējumu ietekmes. Lielāka nenoteiktība apmežošanas ietekmei uz SEG emisijām raksturīga pirmajās divās desmitgadēs pēc apmežošanas. SEG emisiju aprēķinu otrā līmeņa metodes var izmantot, lai novērtētu ietekmi uz augsnes oglekļa krājumu izmaiņām un SEG emisijām no augsnes. Siltumnīcefekta gāzu neto samazināšanas potenciāls aprites ciklā ir vismaz 1000 tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹, taču var sasniegt arī 1800 tonnas CO₂ ekv.

ha⁻¹ (26 tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā), apmežojot aramzemes ar organiskām augsnēm (Licīte u.c., 2019, 2022). SEG emisiju samazināšanas efekts ir ilglaicīgs, pateicoties oglekļa uzkrājuma pieaugumam koksnes produktos un meža biokurināmā aizstāšanas efektam, taču maksimālo efektu nodrošina pirmā meža aprīte. aptuveni 70% no efekta nodrošina SEG emisiju no augsnes samazināšanās.

Organisko augšņu apmežošana Latvijai raksturīgās meža ekosistēmas atjaunošana, tāpēc šī darbība atbilst biodaudzveidības saglabāšanas ilgtspējas kritērijiem, kas formulēti Eiropas Savienības Zaļās vienošanās dokumentos.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas 61 gadu ilgām aprēķina periodam ar 10% diskonta likmi, ir 2,0 € tonna CO₂ ekv. Emisiju samazināšanas izmaksas var mainīties atkarībā no faktiskajām emisijām no augsnes aramzemē, zālajos un meža zemēs. Kopējās izmaksas darbības īstenošanai pirmajos 10 gados atbilstoši pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem, ir 1934 € ha⁻¹.

Krājas papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākums radīs ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Apmežotās organiskajās augsnēs augšanas apstākļu uzlabošanai var izmantot koksnes pelnos. Lielu organisko augšņu platību apmežošana ietekmēs lauksaimnieciskās ražošanas potenciālu, tomēr organisko augšņu apsaimniekošanas ierobežojumi noteikti dabas atjaunošanas regulas projektā un apmežošana nerada šo platību apsaimniekošanai papildus ierobežojumus.

Šobrīd organisko augšņu apmežošanai nav tieša valsts atbalsta, tomēr Kopīgās lauksaimniecības politikas ietvaros plānotajā atbalstā mazāk vērtīgo lauksaimniecības zemju apmežošanai nav noteikti aprobežojumi organisko augšņu apmežošanai.

Organisko augšņu lauksaimniecībā izmantojamās zemēs (LIZ) pārslapināšana un apmežošana

Darbība paredz, ka 10 gadu laikā no 2024. gada lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar organiskajām augsnēm 80 tūkst. ha platībā pārtrauc saimniecisko darbību, tajā skaitā slēdz meliorācijas sistēmas. Pēc tam šajās platībās notiek dabiskā apmežošana, veidojoties dumbrāja meža tipam raksturīgi apstākļi. Aprēķinos pieņemts, ka dabiski apmežojušās platībās notiek saimnieciskā darbība, kas saistīta ar koksnes resursu ieguvī. Ņemot vērā, ka šādas darbības ieviešanas nepieciešamību nosaka dabas atjaunošanas regulas projekta prasību ieviešana, darbības ieviešanas izmaksas aprēķinos var neņemt vērā, tomēr, lai sekmētu meža ekosistēmas atjaunošanos, nepieciešama vismaz augsnes sagatavošana un vēlams arī koku stādīšana un agrotehniskā kopšana, tāpēc pasākuma ietekmes vērtējumā iekļautas šīs izmaksas, izmantojot tādas pašu pieņēmumus kā meliorētās kūdras augsnēs.

Daļā zālāju (ko sākotnēji izmantoja kā ganībās vai zālājus) jau ir atjaunojies mitruma režīms, jo meliorācijas sistēmas ir nolietotojās vai meliorācijas sistēmu uzturēšana ir saistīta ar ievērojamiem izdevumiem vai organizatorisku jautājumu risināšanu, piemēram, līgumiem starp vairākiem zemes īpašniekiem. Šādos gadījumos mitru augšņu apmežošanu ar sugām, kas tolerantas pret ūdens uzkrāšanos (alkšņiem, bērziem) var uzskatīt par iespēju SEG emisiju samazināšanai. Siltumnīcefekta gāzu emisiju neto samazinājumu nodrošinās CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā, kas veicinās arī CO₂ piesaisti atmirušajā koksne un nobirās. Apmežošanai šādās teritorijās, visticamāk, būs nepieciešama pacilu veidošana vai pagaidu grāvji, lai uzlabotu augšanas apstākļus atjaunošanās periodā vismaz daļā audzes. Ietekme uz SEG emisijām no augsnes nav pietiekami pamatota; tomēr var būt gadījumi, kad SEG emisijas no augsnes palielinās pēc mežaudžu ierīkošanas, it īpaši, ja process ir saistīts ar periodisku gruntsūdens limeņa paaugstināšanos. Mežaudžu apsaimniekošana uz mitrām augsnēm ir saistīta ar lielu dabisko traucējumu risku.

Darbības īstenošanai piemēroti saimnieciski mazāk vērtīgi zālāji platībās ar organiskām augsnēm, kur atjaunojies mitruma režīms (nolietotojās meliorācijas sistēmas), kur meliorācijas sistēmas atjaunošana ir pārāk dārga vai tehniski un administratīvi sarežģīta, kā arī aizsargājamās dabas teritorijas nemeža zemēs ar pārmitrām augsnēm, kur atļauta apmežošana.

Darbības īstenošana ietekmē visas oglekļa krātuves, ietekme uz SEG emisijām no augsnes ir atkarīga no sākotnējiem apstākļiem un ūdens režīma pēc paludikultūras izveidošanas, tomēr jāreķinās, ka CH₄ un N₂O emisiju apjoms būtiski pieaugs, gan salīdzinot ar sākotnējo stāvokli, gan salīdzinot ar apmežotām platībām ar meliorētām organiskām augsnēm (Butlers u.c., 2023). CO₂ emisijas no augsnes var gan pieaugt, gan samazināties, atkarībā no hidroloģiskajiem apstākļiem; vidēji aprites perioda laikā tas būtiski neatšķiras no CO₂ emisijām meliorētās apmežotās platībās ar organiskām augsnēm (Butlers u.c., 2022).

Pagaidām Latvijā trūkst datu par CO₂ piesaistes aprēķiniem dzīvajā biomasā un citās oglekļa krātuvēs apmežotās pārslapinātās platībās. Pētījumā izmantoti augšanas gaitas un dabiskā atmiruma raksturošanas vienādojumi, kas izstrādāti mežiem ar dabiski mitrām organiskajām augsnēm. Aprēķinu nenoteiktību palielina liels dabisko traucējumu risks (piemēram, plūdi, kas izraisa koku slimības asfiksijas rezultātā vai sekundāro kaitēkļu invāzijas dēļ).

Pieejamie lauku reģistra dati satur nepietiekamu informāciju par meliorācijas sistēmu nolietojumu, kā arī oglekļa saturu, ūdens režīmu un barības vielu nodrošinājumu zālajos; tādēļ pagaidām nevar novērtēt šīs darbības ieviešanas potenciālu valsts mērogā. Arī īstenošanai vietējā mērogā ir nepieciešams katra gadījuma atsevišķs novērtējums. Lauku reģistra dati jāpapildina ar informāciju par meliorācijas sistēmu

nolietojumu, gruntsūdens līmeņa dinamiku un barības vielu statusu. Jāizstrādā valsts un vietējā līmenī piemērojami rīki meliorācijas sistēmu izmaiņu ietekmes novērtēšanai, lai uzlabotu pārslāpinātu mežu ierīkošanas plānošanu (piemēram, lai identificētu teritorijas, kur meža augšana ir teorētiski iespējama pēc pilnīgas meliorācijas sistēmu nolietošanās).

Darbības ietekmes ilgums ir vismaz viens pilns aprites cikls; turpmāka SEG emisiju samazināšanās vai palielināšanās ir atkarīga no apsaimniekošanas prakses, ko piemēro nākamajai koku paaudzei. Ietekme uz SEG emisijām no augsnes ir nepārtraukta, tomēr ietekmes "zīme" un mērogs vēl nav novērtēts. Pastāv varbūtība, ka mitruma režīma atjaunošana var palielināt augsnes SEG emisijas ne tikai salīdzinot ar situāciju, ka mežu iesaistīja platībā ar meliorētu organisko augsni, bet arī salīdzinot ar sākotnējo stāvokli zālājos ar meliorētu organisko augsni.

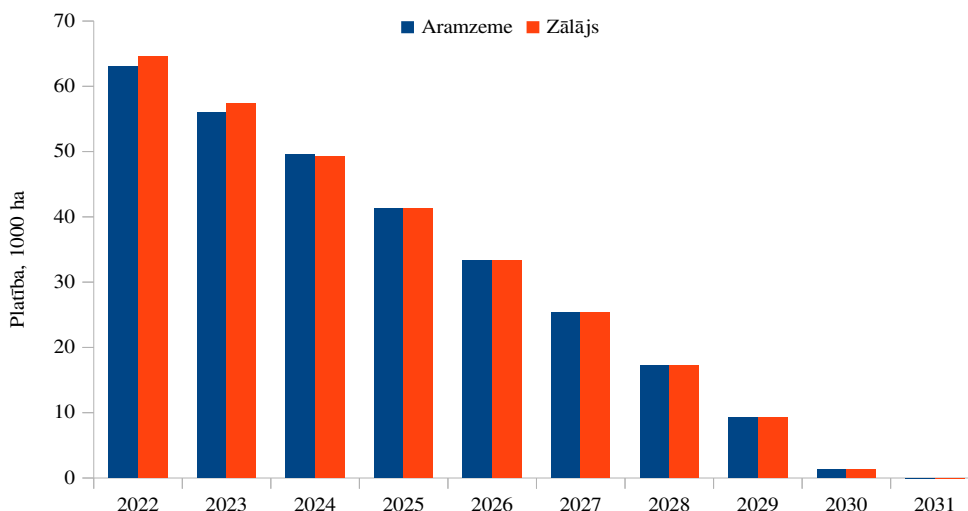
Apmežoti pārslāpināti zālāji rada dzīves vidi dažādām sugām un veicina dabīgajiem mitrājiem raksturīgās veģetācijas atjaunošanos augsnēs, kas bagātas ar barības vielām. Tādēļ pasākums atbilst ilgtspējības kritērijiem, kas noteikti dabas atjaunošanas regulas projektā.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas 71 gadu ilgam aprēķina periodam ar 10% diskonta likmi, bērza audzē ir ap 2,4 € tonna CO₂ ekv. Emisiju samazināšanas izmaksas var mainīties atkarībā no faktiskajām emisijām no augsnes aramzemē, zālājos un meža zemēs. Kopējās izmaksas darbības īstenošanai pirmajos 10 gados atbilstoši pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem, ir 1667 € ha⁻¹. Aprēķinā pieņemts, ka šajā periodā notiek augsnes sagatavošana, stādīšana un agrotehniskā kopšana.

Kokaugi pārslāpinātos zālājos ar organiskām augsnēm var kļūt par ievērojamu biokurināmā un apaļkoksnes avotu sagatavoto kokmateriālu ieguvei, tomēr augstās ražošanas izmaksas (zema augsnes nestspēja un maza koku krāja) padara to mazāk konkurētspējīgu salīdzinājumā ar citiem biomasas avotiem.

Īstenojot darbības, kas saistītas ar organisko augšņu apsaimniekošanu, to platība lauksaimniecībā izmantotajās zemēs samazināsies un, saskaņā ar pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem, pēc 2023. gadā lauksaimniecībā vairs neizmantos organiskās augsnes (Att. 39).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 39. Organisko augšņu platības izmaiņas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Bijušo kūdras ieguves vietu pārslapināšana un apmežošana

Darbības ietvaros paredzēts pārslapināt izstrādātos kūdras laukus, tajā skaitā 12 tūkst. ha platībā līdz 2030. gadam plānota dabiskā apmežošana. Apmežojamās platības novērtējums balstīts uz pētījuma “Siltumnīcefekta gāzu emisijas faktoru un lēmumu pieņemšanas atbalsta rīku izstrāde degradētu kūdrāju apsaimniekošanai pēc kūdras ieguves” (Nr. 1.1.1.1/19/A/064) ietvaros veiktās hidroloģiskā režīma izmaiņu modelēšanas rezultātiem, identificējot tās platības, kur gruntsūdens līmenis pēc pārslapināšanas saglabāsies pietiekoši zems, lai veidotos meža ekosistēma. Daļa no šīm platībām jau apaugusi ar kokaugu un krūmu veģetāciju, tāpēc faktiskais klimata pārmaiņu mazināšanas efekts var būt mazāks nekā prognozēts. SEG emisiju samazinājums pārslapinātajās platībās, kur neveidojas kokaudze, nav vērtēts, jo Latvijā veiktie pētījumi neapstiprina emisiju samazināšanas efekta esamību pārslapinātajās un appludinātajās platībās (Bārdule u.c., 2023). SEG emisiju samazinājums no augsnes vērtēts atbilstoši Latvijā dabiski apmežojamos izstrādātajos kūdras ieguves laukos iegūtiem datiem (Samariks u.c., 2023).

Augšanas gaitas prognozē pieņemts, ka apmežotajās platībās veidosies niedrājiem raksturīgi augšanas apstākļi. būtisks priekšnosacījums šī pasākuma īstenošanai ir augsnes ielabošana, izmantojot koksnes pelnus (5-10 tonnas ha⁻¹) vai atbilstošu devu kālija un fosfora mēslojuma, lai nodrošinātu kokaudzes attīstībai nepieciešamo barības vielu daudzumu. Pasākuma efektivitātes novērtējumā pieņemts, ka pārslapinātajās platībās, kur plānota meža ieaudzēšana, notiek augsnes sagatavošana, stādīšana un agrotehniskā kopšana, kā arī pelnu izkliešana.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas 71 gadu ilgām aprēķina periodam ar 10% diskonta likmi, bērza audzē ir ap 4,4 € tonna CO₂ ekv. Emisiju samazināšanas izmaksas var mainīties atkarībā no faktiskajām emisijām no augsnes aramzemē, zālājos un meža zemēs. Kopējās izmaksas darbības īstenošanai pirmajos 10 gados atbilstoši pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem, ir 1787 € ha⁻¹. Aprēķinā pieņemts, ka šajā periodā notiek augsnes sagatavošana, stādīšana, agrotehniskā kopšana un pelnu izkliešana.

Hidroloģiskā režīma uzlabošana platībās ar pārmitrām minerālaugsnēm

Šajā darbībā paredzēts ierīkot jaunas meliorācijas sistēmas slapjajos (slapjais mētrājs, slapjais damaksnis, slapjais vēris un slapjā gārša), 10 gadu laikā no 2024. gada uzlabojot hidroloģisko režīmu 160 tūkst. ha platībā. Hidroloģiskā režīma uzlabošana ne obligāti ietver grāvju tīkla ierīkošanu, bet arī hidroloģiskā režīma uzlabošanu ar dziļvagu tīkla un ievalku palīdzību. šādām darbībām nav vajadzīgi skaņojumi, kas nepieciešami meliorācijas sistēmu ierīkošanai. Hidroloģiskā režīma uzlabošana var ietvert arī pagaidu meliorācijas sistēmu ierīkošanu, lai uzlabotu augšanas apstākļus pēc galvenās cirtes, taču Latvijā pietrūkst pieredzes par šādu sistēmu ierīkošanu un apsaimniekošanu.

Jaunu meliorācijas sistēmu ierīkošana ir komplekss meža apsaimniekošanas pasākums, vajadzības gadījumā iekļaujot meliorācijas grāvju ierīkošanu vai paplašināšanu, mežu kopšanu, galveno cirti, koksnes pelnu atgriešanu mežā un meža augsnes ielabošanu. Pasākuma primārais efekts ir CO₂ piesaiste koku un zemsedzes veģetācijas dzīvajā biomasā, kā arī nedzīvajā koksne un koksnes produktos. Efekts vērojams uzreiz pēc meža meliorācijas un turpinās līdz galvenajai cirtei vai ilgāk, ja meliorācijas sistēmu atjauno pirms un pēc galvenās cirtes. Meža meliorācijas ietekme uz augsnes emisijām ir atkarīga no uzskaites metodes - ja ņem vērā emisijas no dabiski mitrām augsnēm un meliorācijas ietekme ir starpība starp emisijām no mitrām un meliorētām augsnēm, vai arī mitrās augsnes uzskata par emisiju neitrālām. Šajā gadījumā izmantota SEG inventarizācijas pieeja un potenciālais SEG emisiju samazinājums no augsnes nav ņemts vērā. Meliorācijas efektu var palielināt, ienesot koksnes pelnus, minerālmēslus vai šo ielabošanas līdzekļu maisījumus. Šīs darbības ietekme jau iekļauta darbībās, kas vērstas uz koku augšanas apstākļu uzlabošanu.

Darbības ietekmes novērtēšanai izmantots AGM augšanas gaitas modelis, kas salīdzina meža augšanas gaitu platībās ar meliorētām un dabiski mitrām augsnēm. Saskaņā ar mērķtiecīgas meža apsaimniekošanas scenārija pieņēmumiem par saimniecisko darbību mežos ar meliorētām minerālaugsnēm, šī darbība 80 gadu laikā nodrošina

papildus piesaisti dažādās oglekļa krātuvēs, kas atbilst vidēji 177 tonnām CO₂ ha⁻¹ (vidēji 2,3 tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā).

Pašreiz meža valsts reģistrs sniedz pietiekamu telpisko informāciju, tomēr ziņas par ūdens režīmu (gruntsūdens dziļumu un tā svārstībām) un augsnes īpašībām ir ierobežota, tādēļ pasākuma ietekmes novērtēšanai nepieciešams vietējo apstākļu novērtējums. Informācija par faktisko barības vielu režīmu (slāpekļa indekss), ūdens režīmu un audzes sastāvu. Šī informācija ir jāizstrādā valsts līmenī attiecībā uz meža valsts reģistru.

Darbības ietekme ilgst visu aprites ciklu un ilgāk, uzkrājoties ogleklī koksnes produktos. Lai saglabātu un palielinātu efektu, savlaicīgi jāveic kopšanas un galvenā cirte. Svarīgs priekšnosacījums papildus piesaistes nodrošināšanai ir meliorācijas sistēmu uzturēšana un atjaunošana pēc galvenās cirtes.

SEG emisiju samazinājuma izmaksas atbilstoši pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem ir 8,5 € tonna⁻¹ CO₂. Aprēķinā nav ņemti vērā papildus ieņēmumi, pārdodot koksni. Izmaksas meliorācijas sistēmu ierīkošanai pieņemtas atbilstoši Zviedrijā veiktu pētījumu rezultātiem (Öhrvall, 2003), jo Latvijā nav pieejami meliorācijas sistēmu ierīkošanas izmaksu apkopojumi, bet izmaksu novērtējums atbilstoši zemes darbu apjomam un grāvju platībai (vidēji 3% no meliorēto mežu platības) ir vairākas reizes mazāks nekā Zviedrijā. Meliorācijas sistēmu ierīkošanas izmaksas var neņemt vērā izmaksu novērtējumā, jo grāvju trašu atbrīvošanai nozāģētās koksnes vērtība pārsniedz meliorācijas sistēmu ierīkošanas izmaksas.

Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Lielāks kokmateriālu iznākums un mērķtiecīga meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂, kas piesaistīts kokaugu biomasā.

Ķīmiskās šķiedras ražošana no lapkoku papīrmalkas

Šobrīd Latvija eksportē lielāko daļu lapu koku papīrmalkas, ko SEG inventarizācijā uzskaita kā oglekļa zudumus dzīvajā biomasā. Vietējo pārstrādes jaudu attīstīšana papīrmalkas izmantošanai koksnes šķiedras un biodegvielu ražošanai nodrošinātu būtisku CO₂ piesaistes palielinājumu koksnes produktos dažu gadu laikā pēc ražošanas uzsākšanas. Aprēķinos pieņemtais koksnes šķiedras pussadalīšanās laiks ir 2 gadi, tāpēc ilgtermiņā šādai ražotnei būtu minimāla ietekme uz SEG emisijām, ja neskaita aizstāšanas efektu enerģētikas sektorā. Darbības ietekmes novērtējumā pieņemts, ka no 2026. gada sākas ķīmiskās šķiedras ražošana, ko pārstrādā gala produktos (papīrs, kartons, audums, biodegvielas) Latvijas teritorijā.

Ietekmes uz siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijām ietekmes aprēķinā iekļauta CO₂ piesaiste koksnes produktos, biokurināmā radītais aizstāšanas efekts, to izmantojot fosilā kurināmā vietā, kā arī kokšķiedru masas ražošanas radītās SEG emisijas. Ietekmes aprēķins veikts scenārijam, kas paredz 750 tonnas koksnes šķiedru produktu (ADTM) ražošanas apjomu.

Galvenie darbību dati apkopoti Tab. 17. Ietekmes aprēķins uzsākts ar 2026. gadu. Darbības īstenošanas izmaksas atkarīgas no iesaistītajiem tehnoloģiskajiem procesiem un ražošanas apjoma. Dažādos avotos minētās investīcijas šāda apjoma ražotnei ir no 130 līdz 800 milj. € (Trottier u.c., 2022; Tsagkari u.c., 2016). Ražošanas izmaksas nav vērtētas kā SEG emisiju samazināšanas izmaksas, jo SEG emisiju samazinājums ir ražošanas procesa blakusprodukts un nav saistīts ar papildus ražošanas izmaksām.

Tab. 17. Galvenie aprēķinu ievades dati

Rādītājs		Mērvienība	Kokšķiedru masas ražošanas apjoms, 750 tonnas ADTM dienā
Papīrmalkas patēriņš		1000 m ³ gadā ⁻¹	654,1
Kokšķiedru masas ražošana		ADTM tonnas gadā ⁻¹	262,5
Dabaszāģes patēriņš	notekūdeņu attīrīšana	m ³ gadā ⁻¹	23 625 000
	ķīmikāliju reģenerācija	m ³ gadā ⁻¹	29 820 000
Elektrības patēriņš	notekūdeņu attīrīšana	MWh gadā ⁻¹	420000
	ķīmikāliju reģenerācija	MWh gadā ⁻¹	427 875

Aprēķinos pieņemts, ka ražošanā izmanto koksni, kas izņemta no eksporta plūsmas, t.i. par attiecīgo apjomu (Tab. 17) samazinās eksportētais lapkoku un zāģbalku apjoms. Projekta īstenošana neietekmē šībrīža kokmateriālu plūsmas vietējās izcelsmes koksnes produktu ražošanai.

Koksnes produktu radītās CO₂ piesaistes aprēķinam adaptēta metodika, kas izmantota Nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā un ir balstīta uz Sebastian Rüter izstrādāto pieeju (Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2019; Rüter, 2011). Šī pieeja atbilst prasībām, kas noteiktas Kioto protokola 3.3 un 3.4 paragrāfos uzskaitīto darbību radīto SEG emisiju uzskaitēi (Hiraishi u.c., 2013; United Nations, 1998).

Aprēķinos pieņemts, ka kokšķiedru masas relatīvais blīvums ir 0,45 g cm⁻³, bet oglekļa (C) saturs ir 0,225 g C m⁻³. Kokšķiedru masas pussadalīšanās periods pieņemts 2 gadi. Oglekļa uzkrājuma izmaiņas koksnes produktos (HWP) rēķinātas, izmantojot 5. un 6. formulu.

$$G_{i+1} = e^{-k} * G_i + \frac{1 - e^{-k}}{k} * D_i, \text{ kur } C_{1900} = 0,0 \quad (5)$$

G_i – oglekļa uzkrājums HWP, kas saražots no vietējās izcelsmes koksnes aprēķinu gadā (i), 1000 tonnas;

G_{i+1} – oglekļa uzkrājums HWP, kas saražots no vietējās izcelsmes koksnes nākošajā gadā ($i + 1$), 1000 tonnas;

k – koeficients, kas raksturo HWP daudzumu, kas mineralizējas gada laikā;

e – koeficients (2,72);

D_i – oglekļa uzkrājums HWP, kas saražoti aprēķinu gadā, 1000 tonnas.

$$k = \frac{\ln(2)}{HL}, \text{ kur} \quad (6)$$

HL – pussadalīšanās periods (2).

Aprēķinā nav pieņemta, ka notiek citu koksnes produktu ražošana, t.i. visu koksni, kas nonāk ražotnē, izmanto kokšķiedru masas ražošanai.

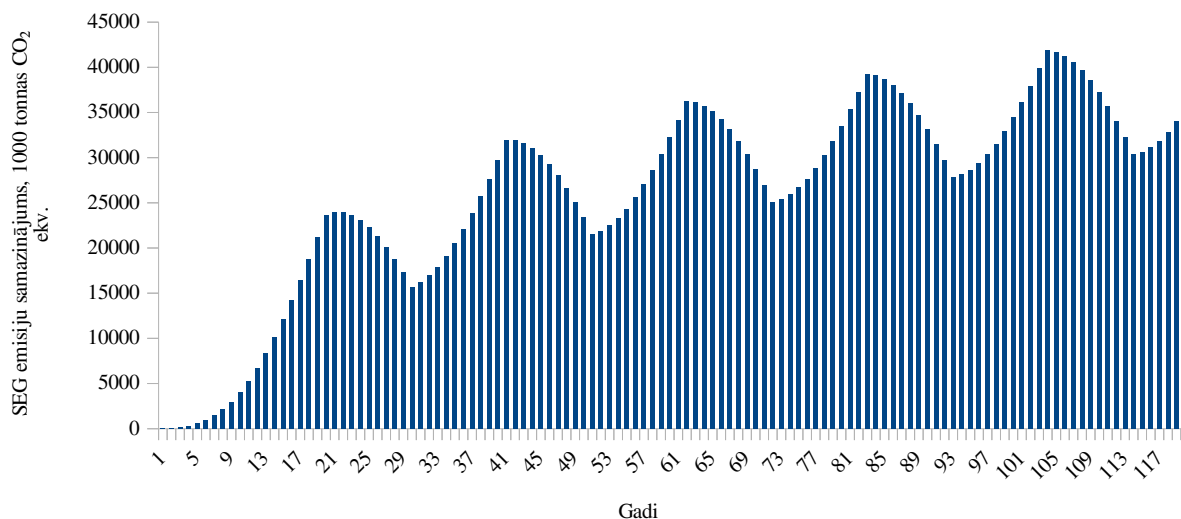
Aprēķinā nav ietverts, biokurināmā un elektroenerģijas ražošanas nodrošinātais aizstāšanas efekts, tomēr jāņem vērā, ka tas var veidot nozīmīgu SEG emisiju samazinājuma īpatsvaru, ko uzskaita citos sektoros.

Kokaugu joslu stādījumu audzēšana meliorācijas sistēmām piegulošajās platībās LIZ

Meliorācijas grāvju garums lauksaimniecībā izmantojamajās zemēs Latvijā ir 43 tūkst. km. Pieņemot, ka 10-20 m plata “biomasas ražotne” ir ierīkota ap katru grāvi, kur nav noteikti buferjoslu ierīkošanas ierobežojumi, potenciālā šāda veida kokaugu stādījumu platība var sasniegt 63 tūkst. ha. Ņemot vērā iespējamus ierobežojumus, kas identificēti Latvijā veiktos pētījumos (Bārdulis u.c., 2022; Lazdiņš u.c., 2021; Melniks u.c., 2022), darbības ietekmes aprēķinos pieņemts, ka kokaugu stādījumi ierīkojami 44 tūkst. ha platībā.

Kokaugu stādījumus var izmantot kokaugu biomasas audzēšanai, lai efektīvā un videi draudzīgā veidā apmierinātu augošo izejvielu pieprasījumu bioekonomikā. Kokaugu joslu stādījumi jau ir pierādījuši savu spēju samazināt barības vielas noteces ūdeņos (tie aiztur 30-99% nitrātu un 20-100% fosfora no noteces ūdeņiem (Christen & Dalgaard, 2013). Dānijā veiktie pētījumi liecina, ka koksnes biomasas iznākums ūdensteču krūmu stādījumos vienāds ar 9 tonnas ha⁻¹ gadā un kokaugu stādījumos – 6 tonnas ha⁻¹ gadā (attiecīgi 150 MJ ha⁻¹ gadā un 100 MJ ha⁻¹ gadā). Pētījums Zviedrijā nodemonstrēja potenciāli būtisku klimata pārmaiņu mazināšanas ieguldījumu kokaugu joslās stādītiem kārkliem – 11,9 t CO₂ ekv. ha⁻¹ gadā, salīdzinājumā ar 14,8 t CO₂ ekv. ha⁻¹ gadā kārklų plantācijās, kas mēslotas ar notekūdeņu dūņām (Styles u.c., 2016).

Novērtējot SEG emisiju samazinājumu kokaugu stādījumos, izmantots vienkāršots aprēķins, kas paredz 20 gadu apriti (Att. 40). Aprēķinā ietverta piesaiste dzīvajā biomasā, neņemot vērā iespējamo piesaisti koksnes produktos un aizstāšanas efektu.



Att. 40. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums kokaugu stādījumā.

Kopējās pasākuma izmaksas saskaņā ar projektā OrgBalt ietvaros veikto iepirkumu kokaugu stādījumu ierīkošanai izmaksām pirmajos 3 gados pēc stādījuma ierīkošanas ir 2602 € ha⁻¹. SEG emisiju samazinājuma izmaksas ar 10% diskontēšanas likmi pirmā aprites cikla beigās 21. gadā ir 1,2 € tonna⁻¹ CO₂. Izmaksu aprēķinā ņemti vērā ieņēmumi no koksnes realizācijas. Izmaksas sasniedz minimumu 41. gadā, t.i. otrās aprites beigās.

Meža mēslošana un koksnes pelnu izmantošana

Saskaņā ar Latvijā veiktu pētījumu rezultātiem koksnes pelnu izkliešanas palielina krājas pieaugumu kūdreņos egles audzēs vidēji par 1,3 m³ ha⁻¹ gadā, tādējādi palielinot CO₂ piesaisti visās oglekļa krātuvēs (Petaja u.c., 2018). Somijā veiktos pētījumos secināts, ka, ienesot koksnes pelnus mežā pēc starpcirtes, palielinātais krājas pieaugums sekmē evapotranspirāciju, tādējādi pazeminot gruntsūdens līmeni un samazinot CH₄ emisijas no augsnes (Korkiakoski u.c., 2019; Nieminen u.c., 2018; Ojanen & Minkkinen, 2019). Kopējais SEG emisiju samazināšanas potenciāls kūdreņos valsts mežos, izmantojot koksnes pelnus 10-15 gadus pirms atjaunošanas cirtes 20 gadu laikā var sasniegt 2,5 milj. tonnas CO₂, neskaitot SEG emisiju no augsnes samazinājumu un ilglaicīgu oglekļa uzkrājumu pieaugumu visās oglekļa krātuvēs (Petaja u.c., 2018).

Slāpekļa mēslojuma izmantošana ir viens no efektīvākajiem īstermiņa klimata pārmaiņu mazināšanas risinājumiem, kas saņem valsts atbalstu Norvēģijā (Kārklīņa

u.c., 2021) un iekļauts konvencionālajā meža apsaimniekošanas praksē Somijā un Zviedrijā.

Slāpekļa minerālmēslojuma ražošana saistīta ar SEG emisijām (1,18 kg CO₂ ekv. uz 1 kg produkta, ja tas ražots Eiropas valstīs), kas, pārrēķinot uz izmēģinājumos izmantoto mēslojuma devu (150 kg N ha⁻¹), rada 514 kg CO₂ ekv. ha⁻¹ SEG emisiju. Papildus līdz 50 kg CO₂ ekv. ha⁻¹ rada mēslojuma transports un izkliedēšana mežā. Attiecīgi, kopējās SEG emisijas, kas saistītas ar mēslojuma izmantošanu ir aptuveni 564 kg CO₂ ha⁻¹. Saskaņā ar Latvijā un Ziemeļvalstīs veiktu pētījumu rezultātiem izmēģinājumos izmantotā mēslojuma deva nodrošina 15 m³ ha⁻¹ krājas papildpieaugumu (Kāposts, 1981; Vann & Region, 1984), kas atbilst 20 tonnas⁻¹ CO₂ piesaistei (Petaja u.c., 2018). Attiecīgi, SEG emisijas, ražojot un izmantojot slāpekļa mēslojumu mežā, ir 35 reizes mazākas nekā papildus CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā, neskaitot pārējās oglekļa krātuves. Lielāks krājas pieaugums saistīts ar aktīvāku evapotranspirāciju un gruntsūdens līmeņa pazemināšanos, kas periodiski applūstošās un pārmitrās augsnes samazina CH₄ emisijas no augsnes un lapu koku stumbru virsmas, taču šis efekts Latvijā pagaidām nav pētīts. Kopējais SEG emisiju samazināšanas potenciāls, izmantojot slāpekļa mēslojumu valsts mežos briestaudzēs saskaņā ar Bērziņa u.c. (2018) izmantoto metodiku un Meža resursu monitoringa 3. cikla datiem, līdz 2050. gadam laikā dzīvajā biomasā vien var sasniegt 2,5 milj. tonnas CO₂, neskaitot ietekmi uz SEG emisijām no augsnes un ilglaicīgu oglekļa uzkrājumu pieaugumu pārējās oglekļa krātuvēs.

Pagaidām ir grūti novērtēt atkārtotas slāpekļa mēslojuma ieneses jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs ietekmi uz SEG emisijām un CO₂ piesaisti dažādās oglekļa krātuvēs. Krājas papildpieauguma rādītāji izmēģinājumos mēslotajās jaunaudzēs līdz 3 reizes pārsniedz prognozēto 20% papildpieaugumu, tāpēc arī CO₂ piesaistes palielināšanas efekts šādam mēslojuma izmantošanas paņēmienam var būt daudz lielāks, nekā sākotnēji plānotās aptuveni 60 tonnas CO₂ ha⁻¹ aprites laikā. Taču šobrīd nevar prognozēt to, vai atkārtota mēslojuma ienese dos tikpat lielu vai varbūt lielāku efektu, nekā pirmreizējā mēslojuma izkliedēšana un cik ilgi turpināsies mēslojuma efekts. Šobrīd pieejamais papildpieauguma novērtējums, lielākoties, balstās uz 2-3 gadskārtu salīdzinājumu kontroles un mēslotajās platībās (LVMI Silava, 2021). Tāpat, pagaidām nevar izdarīt secinājumus par izmaiņām augsnes un zemsegas oglekļa krātuvēs mēslojuma ietekmē. Ilgstošu pētījumu rezultāti nav pieejami arī Ziemeļvalstīs.

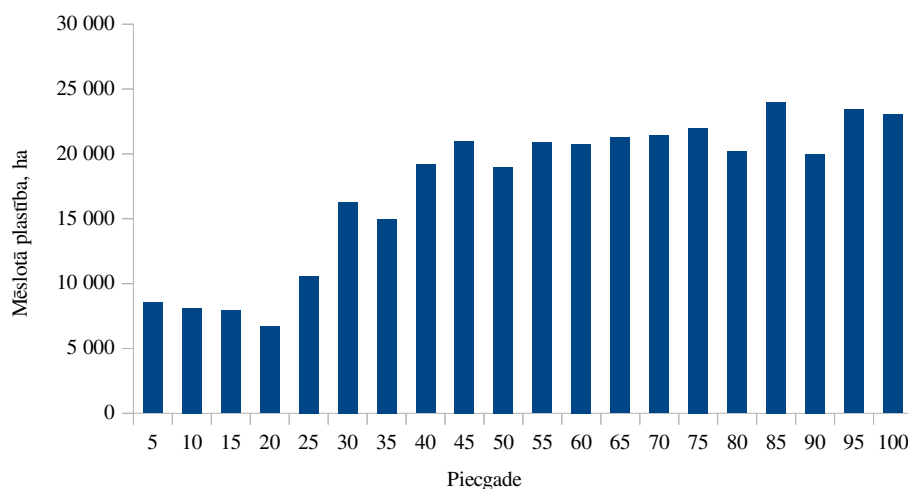
Kopējās SEG emisijas mēslojuma izkliedēšanai vidēji 3 reizes aprites laikā, ieskaitot SEG emisijas mēslojuma ražošanai, ir aptuveni 1,7 tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹. Pieņemot, ka mēslojuma izmantošana rada krājas papildpieaugumu, kas atbilst 60 tonnas CO₂ ha⁻¹, CO₂ piesaiste 35 reizes pārsniedz SEG emisijas. Jāņem vērā arī koku dimensiju palielinājums (ja mežizstrādi neveic ātrāk, sāisinot apriti), kas kāpinās mežizstrādes

ražīgumu un samazinās atgriezumam un enerģētiskā izmantojamā atlikuma īpatsvaru, nesamazinot kopējo saražoto kokmateriālu daudzumu.

Slāpekļa un koksnes pelnu izmantošana augsnes ielabošanai āreņos, kūdreņos un slapjainos arī būtiski palielina krājas pieaugumu, tajā skaitā egles audzēs, kur slāpekļa mēslojums viens pats pētījuma ietvaros ierīkotajos izmēģinājumos nebija īpaši efektīvs. Slāpekļa minerālmēslojuma ražošana Eiropas Savienībā rada 514 kg CO₂ ekv. emisiju. Vēl ap 111 kg CO₂ ekv. ha⁻¹ rada slāpekļa mēslojuma transports un pelnu un slāpekļa mēslojuma izkliešana. Attiecīgi, kopējās SEG emisijas, kas saistītas ar mēslojuma izmantošanu ir 625 kg CO₂ ha⁻¹. Saskaņā ar literatūrā pieejamiem datiem par kompleksā mēslojuma ietekmi (Kāposts, 1981) pētījumā izmantotā mēslojuma deva nodrošina vidēji 15 m³ ha⁻¹ krājas papildpieaugumu, kas atbilst 20 tonnām CO₂ ekv. Attiecīgi, SEG emisijas, izmantojot slāpekļa un koksnes pelnu mēslojumu mežā, ir 30 reizes mazākas nekā papildus CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā, neskaitot CO₂ piesaisti pārējās oglekļa krātuvēs.

Pārmitrās augsnēs slapjainos, kā arī kūdreņos un āreņos īpaši svarīgi tas, ka palielinātais krājas pieaugums ir saistīts ar aktīvāku evapotranspirāciju, kas, savukārt, pazemina gruntsūdens līmeni un samazina CH₄ emisijas no augsnes un lapu koku stumbru virsmas, mazinot kopšanas ciršu ietekmi uz gruntsūdens līmeni un augsnes aerācijas izmaiņām. Šis process Latvijā pagaidām nav pētīts. Kopējais SEG emisiju samazināšanas potenciāls, izmantojot slāpekļa un koksnes pelnu mēslojumu valsts mežos briestaudzēs āreņos priedes, egles un bērza audzēs (kopējā platība saskaņā ar Meža resursu monitoringa 3. cikla datiem ir 254 tūkst. ha) līdz 2050. gadam var sasniegt 0,8 milj. tonnas CO₂ dzīvajā biomasā vien, neskaitot ietekmi uz SEG emisijām no augsnes un ilglaicīgu oglekļa uzkrājumu pieaugumu pārējās oglekļa krātuvēs. Latvijā koksnes pelnu un slāpekļa mēslojuma radītais klimata pārmaiņu mazināšanas efekts pagaidām pierādīts tikai egļu audzēs.

Kopējā mēslojamā platība parādīta Att. 41, tajā skaitā 4-5 tūkst. ha platības, kur izmantojami koksnes pelni. Pārējās platībās izmantojami minerālmēsli. Mēslojamo platību pieaugums saistīts ar aktīvāku meža apsaimniekošanu un lielāku izkoptu mežaudžu platību pieejamību.



Att. 41. Mēslojamā platība.

Pelnu ieneses izmaksas saskaņā ar pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem ir 120 € ha⁻¹, bet minerālmēslojuma izkļiedēšanas izmaksas – 350 € ha⁻¹. Pieņēmumi izdarīti, balstoties uz personīgo komunikāciju ar uzņēmumiem, kas šo pakalpojumu sniedz Somijā. Situācija Latvijā var būt citāda nekā Somijā, kur faktiski ir pelnu deficīts, jo pelnus izmanto gan mežsaimniecībā, gan lauksaimniecībā, gan būvniecībā. Latvijā lielāko daļu pelnu vai nu deponē vai atdod bez maksas lauksaimniekiem.

SEG emisiju samazināšanas izmaksas ar 10% diskontēšanas likmi meža apsaimniekošanas ciklā, izmantojot koksnes pelnus, 61 gada laikā ir 0,4 € tonna⁻¹ CO₂. Izmantojot minerālmēslojumu, SEG emisiju samazināšanas izmaksas meža apsaimniekošanas ciklā, 61 gada laikā ir 1,1 € tonna⁻¹ CO₂. Tiešās SEG emisiju samazinājuma izmaksas, neskaitot ieņēmumus no papildpieauguma realizācijas, koksnes pelnu izmantošanas gadījumā ir 9 € tonna⁻¹ CO₂, bet minerālmēslojuma izmantošanas gadījumā – 20 € tonna⁻¹ CO₂. Koksnes realizācija pilnībā kompensē mēslojuma izmaksas.

Kokaugu stādījumi notekūdeņu dūņu izmantošanai

Darbības mērķis ir palielināt CO₂ piesaisti biomasā un augsnē, kā arī veicināt aizstāšanas efektu, izmantojot biomasu enerģijas ražošanā. Saskaņā ar Latvijā veiktu pētījumu atziņām kokaugu stādījumi notekūdeņu dūņu izmantošanai lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ierīkojami 30 tūkst. ha platībā, kas līdz 2050. gadam prognozējamais SEG emisiju samazinājums līdz 1,5 milj. tonnu CO₂ ekv., neskaitot aizstāšanas efektu un CO₂ piesaisti augsnē, ko pagaidām nevaram novērtēt. Saskaņā ar Zviedrijā veiktu pētījumu rezultātiem kārkļu plantācijās augsnes oglekļa uzkrājums pieaug par 15-70 tonnām C ha⁻¹ (Lockwell u.c., 2012; Rose-Marie, 2012), t.i. 30 tūkst. ha

plantāciju ierīkošana nodrošina SEG emisiju samazinājumu par 1,6-7,7 milj. tonnām CO₂, lai gan validētu datu neesamība pagaidām neļauj izmantot šos pieņēmumus SEG emisiju samazinājuma novērtējumā. Biomasas pieauguma prognozēšanai izmantoti Latvijā veiktu pētījumu rezultāti (Makovskis & Lazdina, 2015).

Galvenie kritēriji darbības īstenošanas vietu izvēlei ir pietiekoši liela vienlaidus platība, kurā nav ierobežojumu notekūdeņu dūņu izmantošanai un kuras konfigurācija un mitruma režīms pieļauj tehnikas pielietošanu visos ražošanas etapos. Atšķirībā no apmežošanas šo darbību lietderīgi plānot aramzemēs nevis bijušajās ganībās.

Darbība ietekmē dzīvās biomasas un augsnes oglekļa krātuvi, tomēr sakarā ar zinašanu trūkumu ietekmes novērtējumā ietverta tikai dzīvās biomasas oglekļa krātuve. Lielāko daļu SEG emisiju samazinājuma veido aizstāšanas efekts, ko uzskaita enerģētikas sektorā.

Kārklų plantācijas ietvertas lauku reģistrā, taču tur pietrūkst informācijas par mēslojuma pielietošanu un par pieaugumu plantācijās, jo vienīgais vērtējamais kritērijs ir plantācijas vecums. Ietekmes uz SEG emisijām prognozēšanai būtiski iekļaut lauku reģistrā mēslojuma pielietošanas un pieauguma pārskatus.

Ietekmes ilgums faktiski ir vienāds ar plantācijas mūža ilgumu, taču ZIZIMM sektorā uzskaita tikai pirmajā apritē notiekošo piesaisti. Turpmākās aprites atspoguļojas tikai enerģētikas sektorā. Lielāko daļu efekta, kas veidojas ZIZIMM sektorā, pagaidām nevaram novērtēt, jo nav izstrādāti un validēti vienādojumi, kas raksturo CO₂ piesaisti augsnē.

Kopējās izmaksas plantāciju ierīkošanai un apsaimniekošanai pirmajā apritē (5 gadi) ir 2237 € ha⁻¹ (Makovskis & Lazdina, 2015). Ieņēmumi, pārdodot saražoto biokurināmo pilnībā kompensē izmaksas plantāciju apsaimniekošanai, tāpēc jau pēc 5 gadiem CO₂ emisiju samazinājuma izmaksas ir negatīvas. Sestajās gadā pēc plantācijas ierīkošanas SEG emisiju samazināšanas izmaksas kārklų plantācijā ir 0,1 € tonna⁻¹ CO₂.

Darbībai ir sinerģija ar enerģētikas un vides aizsardzības nozari, jo šī darbība ļauj būtiski palielināt cietā biokurināmā piegādi un ļauj izmantot notekūdeņu dūņas drošā veidā, kas nav saistīts ar pārtikas produkcijas piesārņojuma risku.

Darbībai nav atbalsta valsts klimata, enerģētikas vai vides aizsardzības politikā, lai gan tas nodrošina vērā ņemamu risinājumu visu uzskaitīto sektoru mērķu īstenošanai.

Kokaugu grupas ganībās ārpus meža zemēm

Darbības mērķis ir veicināt CO₂ piesaisti ārpus meža zemēm, kā arī palielināt bioloģisko daudzveidību lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, ierīkojot par 0,1 ha

mazākas koku grupas ganībās un tām pielīdzināmos ilggadīgos zālajos. Šādas koku grupas veicina arī vides aizsardzības mērķu īstenošanu, saistot barības vielas, kas šobrīd nonāk virszemes ūdenskrātuvēs. Kokaugu grupas nodrošina arī labvēlīgākus apstākļus dzīvnieku ganišanai. Aprēķinos pieņemts, ka koku grupas periodiski atjauno, lai saglabātu maksimālu augšanas potenciālu un iegūtu papildus ekonomiskos labumus. Kokaugu grupu ierīkošanas un apsaimniekošanas izmaksas pieņemtas atbilstoši meža ieaudzēšanas izmaksām lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, pieņemot, ka uz 1 ha ierīko 0,1 ha lielas kokaugu grupas. Aprēķinos pieņemts ka darbību īsteno 10 gadu laikā no 2024. gada 300 tūkst. ha platībā, ierīkojot kopā 30 tūkst. ha kokaudžu. Prognozējamais SEG emisiju samazinājums atbilst vidējiem rādītājiem apmežotās zemēs, 120 gadu laikā sasniedzot 12,9 milj. tonnas CO₂, bet 2050. gadā nodrošinot SEG emisiju samazinājumu par 6,2 milj. tonnām CO₂.

Pasākuma ietekmi nodrošina CO₂ piesaiste kokaugu biomasā, nedzīvajā koksne, koksnes produktos un augsne. Aprēķinos nav iekļauta CO₂ piesaiste augsnē, jo šīm izmaiņām raksturīga liela nenoteiktība, ko ietekmē gan sākotnējais stāvoklis, gan apsaimniekošanas režīms, gan atjaunošanas paņēmieni.

Pasākuma īstenošanai piemērotas ganības un tām piemērotie ilggadīgie zālāji ar minerālaugsnī. Kokaugu grupas ieteicams ierīkot reljefa pazeminājumos, kur koncentrējas dabiskās ūdens noteces plūsmas un kokaugu grupas saista ūdenī esošās barības vielas.

Izmaksas uz 1 ha (kokaudzes platība 0,1 ha) pirmajos piecos gados pēc stādījuma ierīkošanas ir 167 € ha⁻¹, tajā skaitā augsnes gatavošana, stādīšana un agrotehniskā kopšana.

Darbības ietekmes novērtējumam izmantots AGM augšanas gaitas modelis, izmantojot pieņēmumus augstāko bonitāšu lapu koku audžu apsaimniekošanai. Modelēšanas instrumentus var izmantot gan lokālā, gan valsts mērogā. Lai monitorētu darbības ietekmi, ir jāuzlabo lauku reģistrs, ietverot tajā informāciju par koku grupām, tajā skaitā telpiskos datus un kokaugu raksturojumu, kas izmantojams CO₂ piesaistes raksturošanai.

Darbības ietekme sasniedz maksimumu pirmajā apritē, bet, izmantojot koksni produktu ar ilgu kalpošanas laiku un atjaunojot kokaugu stādījumu, papildus piesaiste veidojas arī turpmākajās apritēs.

SEG emisiju samazināšanas potenciāls atbilst 10% no apmežotu platību ar minerālaugsne SEG emisiju samazināšanas potenciāla, pārrēķinot uz ganību un tām pielīdzināmo ilggadīgo zālāju platības vienību – 61 gada laikā bērzu vai melnalkšņu grupa samazinās SEG emisijas par vidēji 21 tonnu CO₂ ha⁻¹. SEG emisiju samazinājuma izmaksas 61. gadā ar 10% diskonta likmi ir 3,5 € tonna⁻¹ CO₂.

Darbības īstenošana sekmē biodaudzveidības atjaunošanas un vides aizsardzības mērķu īstenošanai un atbilst Zaļās vienošanās dokumentos deklarētajiem ilgtspējas kritērijiem.

Kokaugu grupu stādīšana ganībās var samazināt ražojošās lauksaimniecības platības, taču vienlaicīgi tās uzlabo uzturēšanās apstākļus ganībās, radot vietas ar samazinātu temperatūru, apēnojumu un aizvēju. Kokaugu joslas var ierīkot tehnikai grūtāk aizsniedzamās pārmitrās teritorijās, kur siena sagatavošana ir apgrūtināta vai nenotiek. Kokaugu grupas šādās vietās uzlabo arī mitruma režīmu un saista barības vielas, kas patreiz nonāk virszemes ūdenskrātuvēs. Vietās, kur ir liela mājdzīvnieku koncentrācija, tam ir īpaši liela nozīme, jo kokaugi efektīvāk nekā zālaugi uztver barības vielas, kas nonāk vidē ar dzīvnieku mēsliem un urīnu.

Kokaugu grupu ierīkošana ganībās, ko agrāk interpretēja, kā slikti uzturētu lauksaimniecības zemi, šobrīd vairs netiek uzskatīts par pārkāpumu, vērtējot atbalsta maksājumu saņemšanas kritērijiem, tomēr kokaugu grupu ierīkošana ganībās pagaidām netiek finansiāli atbalstīta.

Mazproduktīvo mežaudžu nomaiņa

Darbības ietvaros plānota mežaudžu ar mazu augšanas potenciālu atjaunošana. Darbības efektivitāti nodrošina papildus piesaiste dzīvajā biomasā. Piesaiste citās oglekļa krātuvēs, tajā skaitā koksnes produktos arī palielinās. Papildus piesaiste saistīta ar izmaiņām sugu sastāvā un apsaimniekošanā, radot priekšnosacījumus lielākam papildpieaugumam nākotnē. Pasākuma ietekme ir atkarīga no turpmākās atjaunoto mežaudžu apsaimniekošanas. Klimata neitralitātes scenārijā pieņemts, ka atjaunoto platību apsaimniekošana notiek atbilstoši pieņemumiem mērķtiecīgi atjaunotās platībās attiecīgajos meža tipos. Sugu izvēle atjaunošanai, tāpat, veikta atbilstoši sugu izvēles varbūtībai mērķtiecīgi atjaunotās platībās attiecīgajos meža tipos.

Darbības īstenošanai piemērotas platības, kas atbilst neproduktīvu audžu statusam atbilstoši Meža likumam.

Darbība ietekmē visas oglekļa krātuves, taču Latvijā validētie modeļi ļauj novērtēt papildus piesaisti tikai dzīvajā un nedzīvajā koksnes biomasā, tajā skaitā koksnes produkti. Darbības ietekmes novērtēšanai izmantots AGM meža augšanas modelis, kas raksturo CO₂ piesaisti dzīvajā biomasā un atmirušajā koksnē salīdzinājumā ar esošā stāvokļa saglabāšanos. Lielākā nenoteiktība prognozēs saistīta ar pašreizējā stāvokļa novērtējumu un dabisko traucējumu ietekmes prognozi variantā, kad saglabājas esošais stāvoklis. Papildus nenoteiktību rada pieņēmumi par mežsaimniecisko darbību atjaunotajās platībās.

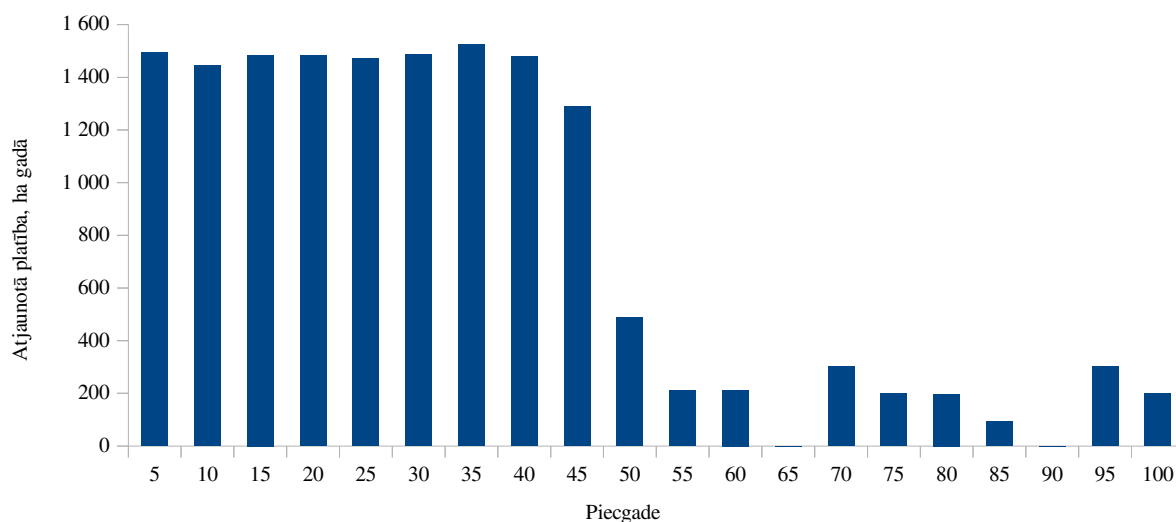
Ietekmes novērtēšanai var izmantot Meža valsts reģistru, tomēr informācija par audzēm jāuzlabo, lai iegūtu precīzāku aktualizētu informāciju, kombinējot attālināti un ar mērījumu metodi iegūtus datus.

Darbības ietekmes ilgums atbilst aprites ilgumam, bet efekts turpinās arī nākošajā aprītē, it īpaši, ja aprites ilgums ir saīsināts un notiek oglekļa uzkrāšanās koksnes produktos.

Papildus CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā aprites cikla laikā ir aptuveni 100 tonnas CO₂ ha⁻¹, tomēr tas ir ļoti atkarīgs no esošā stāvokļa un citiem faktoriem, kas var ietekmēt gan alternatīvo, gan mērķtiecīgas meža atjaunošanas scenāriju. Emisiju samazinājuma potenciāls saskaņā ar Kopīgo lauksaimniecības politiku ir 157 Gg CO₂ līdz 2030. gadam. Tā nav galīgā vērtība, bet gan reprezentē darbības īstenošanai paredzēto finansējumu.

Papildus izmaksas, pieņemot, ka mežizstrādes izmaksas sedz iegūtā koksne, ir aptuveni 400 € ha⁻¹, tajā skaitā meža atjaunošanas izmaksas, emisiju samazināšanas izmaksas attiecīgi ir 4 € par tonnu CO₂ no papildus piesaistes dzīvajā biomasā.

Kopīgajā lauksaimniecības politikā paredzēts atbalsts 10 000 ha mežu atjaunošanai līdz 2028. gadam. Tas atbilst mežu platībai, kurā šī darbība jāīsteno līdz 2030. gadam, saskaņā ar pētījuma ietvaros veiktiem aprēķiniem (Att. 42).

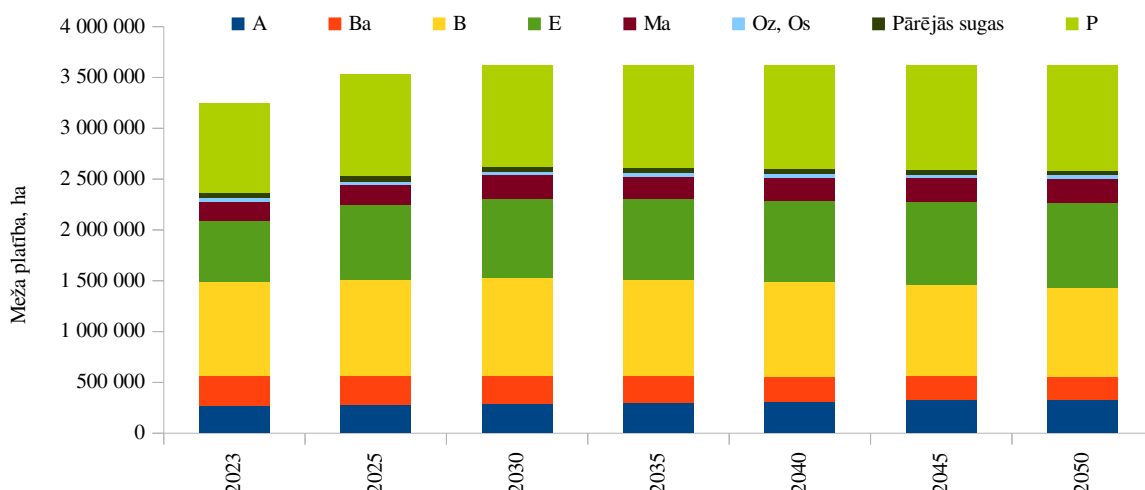


Att. 42. Atjaunotā mazvērtīgo audžu platība.

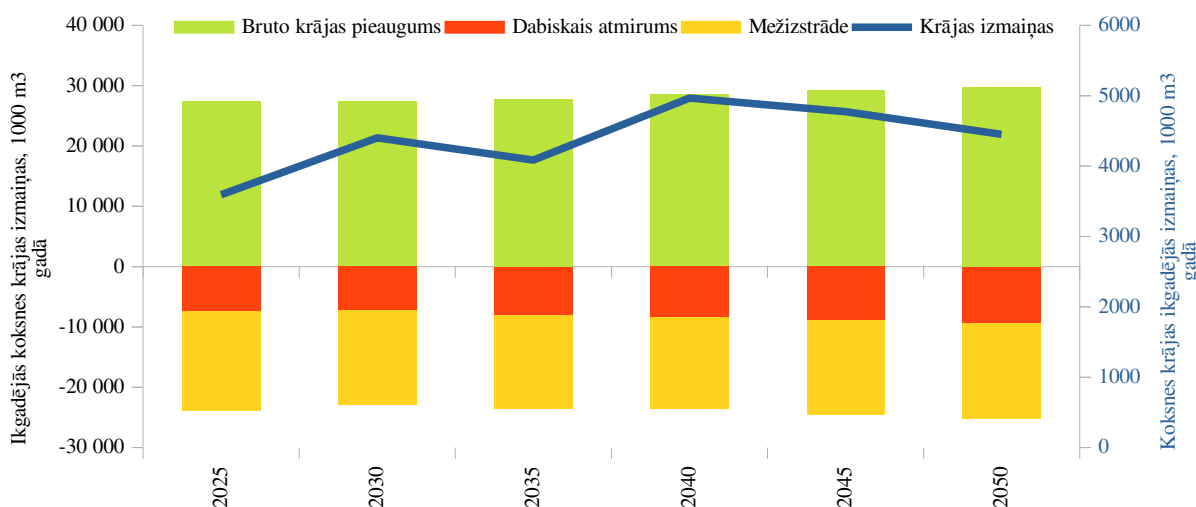
SEG emisiju prognoze

Klimata pārmaiņu mazināšanas scenārijs saistīts ar izmaiņām zemes izmantošanā, pieaugot meža platībai un samazinoties lauksaimniecībā izmantojamo zemju platībai. Nelielas izmaiņas (samazinājums par 12 tūkst. ha) prognozēts mitrājos, apmežojoties apsaimniekotajiem mitrājiem. Meža zemēs palielināsies egles un priedes īpatsvars un samazināsies lapu koku audžu īpatsvars (Att. 43).

Krājas izmaiņu prognoze meža zemēs parādīta Att. 44. Krājas izmaiņas ir 4-5 milj. m³ gadā. Ņemot vērā saimnieciskās darbības ierobežojumus, prognozēts būtisks dabiskā atmiruma pieaugums, kas ilgtermiņā samazinās krājas izmaiņu prognozi. Koksnes krāja 2050. gadā pieaugs līdz 805 milj. m³ (Att. 45).

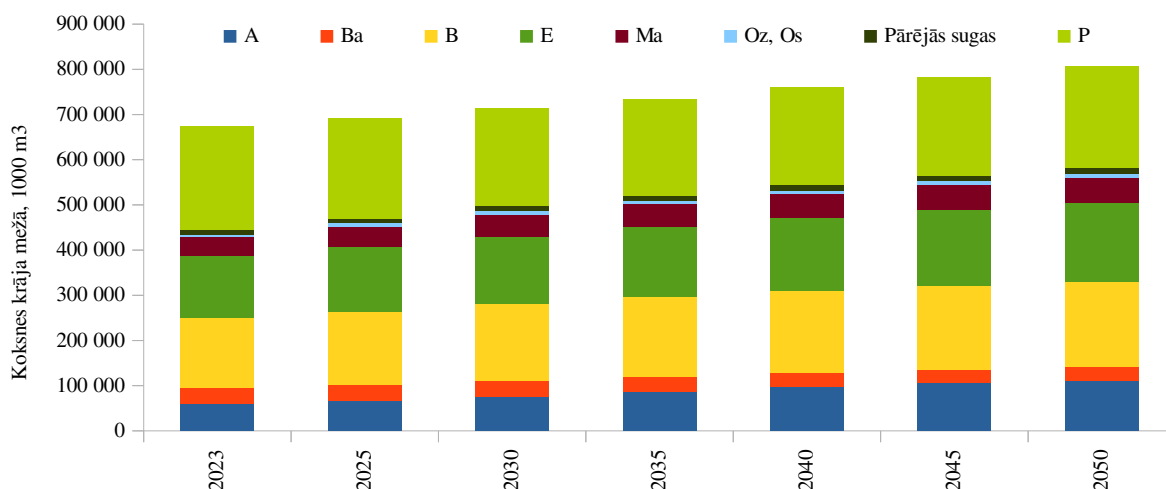


Att. 43. Valdošo sugu sadalījums meža zemēs.



Att. 44. Krājas izmaiņu prognoze meža zemēs.

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

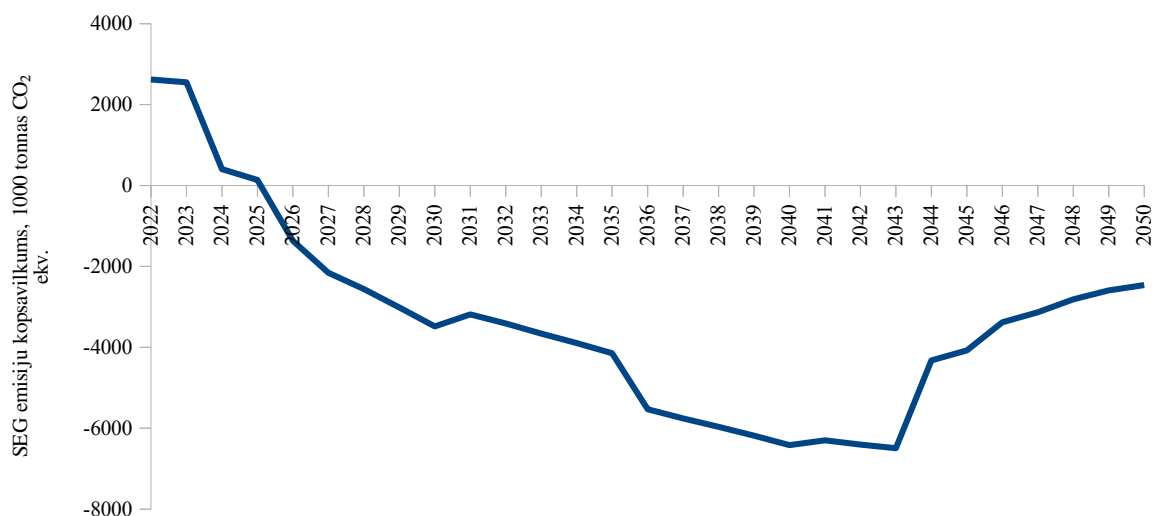


Att. 45. Koksnes krājas meža zemēs.

SEG emisiju prognozes aprēķinā ietvertās darbības nodrošina būtisku SEG emisiju samazinājumu pēc 2025. gada (Att. 46). Pēc 2040. gada prognozēts CO₂ piesaistes samazinājums saistīts ar to, ka kokaugu stādījumi sasniedz saimnieciskās izmantošanas vecumu un pēc mežizstrādes CO₂ piesaiste atjaunotajās platībās pirmajos gados nekompensē CO₂ emisijas no koksnes produktiem un CO₂ iznesi ar koksnes biokurināmo, ko uzskaita kā aizstāšanas efektu enerģētikas sektorā. CO₂ piesaistes samazinājumu ilgtermiņā veicina arī mežaudžu novecošana un saimnieciskās darbības ierobežojumi 30% meža zemju, tāpēc, saglabājoties plānotajiem saimnieciskās darbības ierobežojumiem meža zemēs, pēc 2050. gada būs nepieciešami papildus pasākumi pozitīvas krājas pieauguma izmaiņu tendences saglabāšanai.

Īstenojot klimata pārmaiņu mazināšanas darbības pilnā apjomā, 2030. gadā neto SEG emisijas samazināsies līdz -3482 Gg CO₂ ekv., 2040. gadā – līdz -6417 Gg CO₂ ekv. un 2050. gadā – līdz -2461 Gg CO₂ ekv.

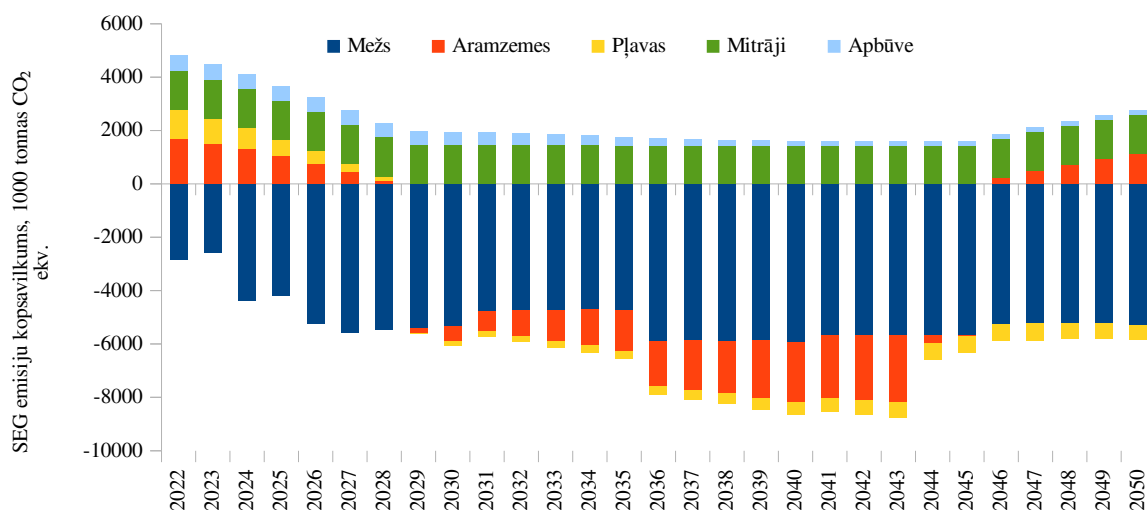
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 46. SEG emisiju prognoze ZIZIMM sektorā.

Pārtraucot organisko augšņu apsaimniekošanu, aramzemēs un zālajos vairs neveidosies emisijas. Apbūves teritorijās SEG emisijas samazināsies sakarā ar iepriekšējos gados veiktās atmežošanas efekta mazināšanos un organisko augšņu platības samazināšanos apbūves teritorijās. Mitrajos sagaidāms neliels SEG emisiju samazinājums sakarā ar 12 tūkst. ha apmežošanu, taču to lielā mērā kompensēs SEG emisiju pieaugums pārslapinātajās un appludinātajās platībās. Meža zemēs līdz 2030. gadam plānots vismaz divkārtīgs neto CO₂ piesaistes palielinājums (Att. 47). Būtisks CO₂ piesaistes palielinājums aramzemēs saistīts ar pieauguma veidošanos kokaugu joslu stādījumos, bet zālajos – ar pieaugumu koku grupu stādījumos. Būtisku ietekmi uz emisiju prognozi var radīt augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas aramzemēs, zālajos un meža zemēs, jo šobrīd emisiju aprēķinā ietvertas tikai SEG emisijas no organiskajām augsnēm. Zālāju transformācija par aramzemēm var radīt būtisku augsnes oglekļa uzkrājuma samazinājumu, bet lauksaimniecībā izmantojamo zemju apmežošana – oglekļa uzkrājuma pieaugumu augsnē.

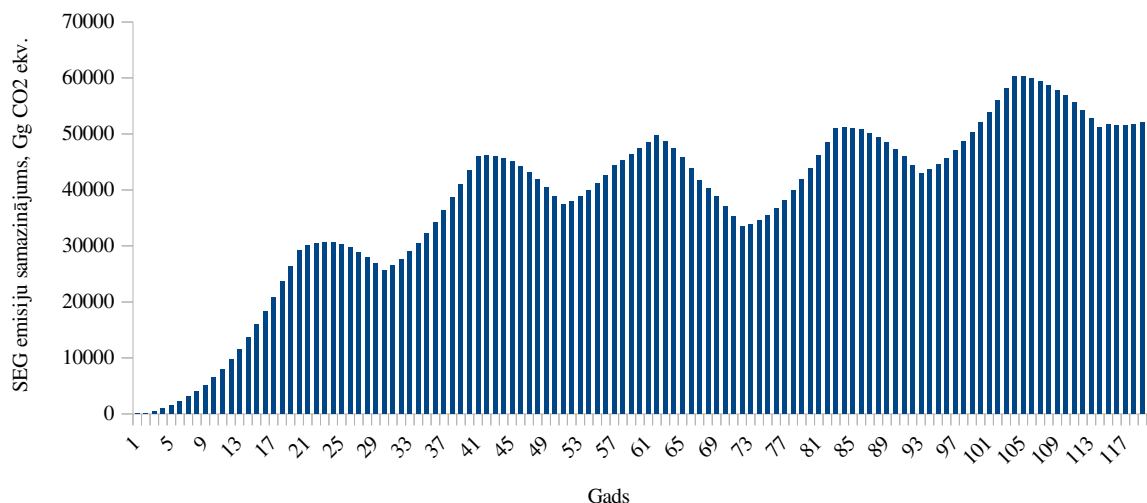
Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 47. SEG emisiju prognoze dažādās zemes izmantošanas kategorijās.

Neto SEG emisiju samazinājums kokaugu joslu stādījumos, kokaugu stādījumos notekūdeņu dūņu izmantošanai, kokaugu grupu stādījumos ganībās un koksnes ķīmiskās pārstrādes rūpnīcā kopā 2050. gadā kumulatīvi sasniegs 29 milj. tonnas CO₂ ekv. un turpinās cikliski aug arī turpmākajos gados, sasniedzot 53 milj. tonnas CO₂ 100 gadu laikā (Att. 48).

Aprēķinā nav ietverts aizstāšanas efekts, ko rada biomasas izmantošana enerģētikā. Koksnes ķīmiskās pārstrādes rūpnīcas efekts izpaužas pirmajos piecos gados pēc ražošanas uzsākšanas.

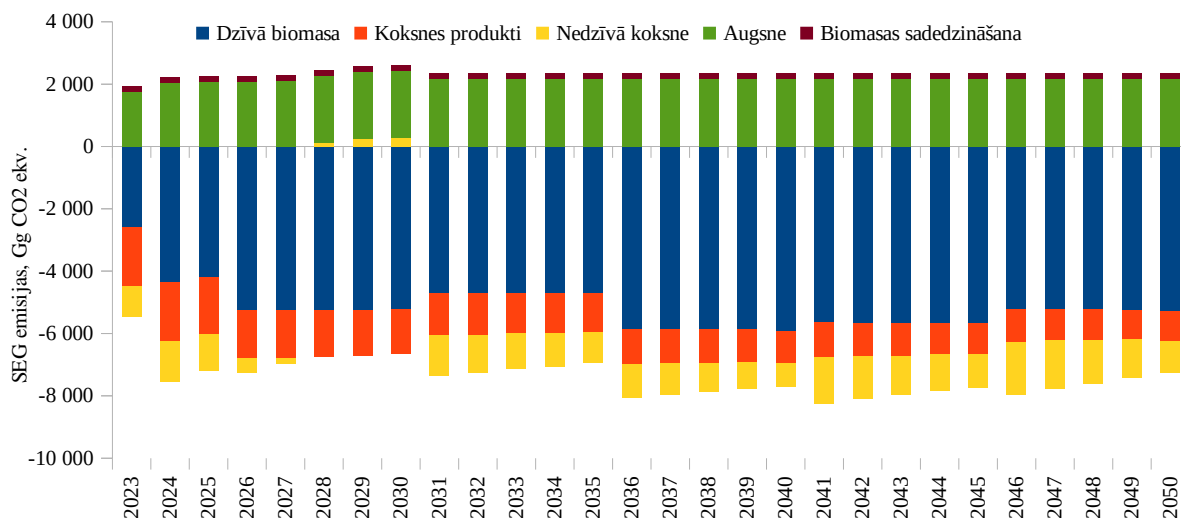


Att. 48. SEG emisiju prognoze dažādās zemes izmantošanas kategorijās.

Meža zemēs lielāko daļu CO₂ piesaistes veido dzīvo kokaugu biomasa, bet emisijas veido organiskās augsnes un biomasas sadedzināšana. Nedzīvā koksne īslaicīgi veido

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums

neto emisijas sakarā ar mežizstrādes apjoma samazināšanos un oglekļa ieneses ar mežizstrādes atliekām samazināšanos (Att. 49).

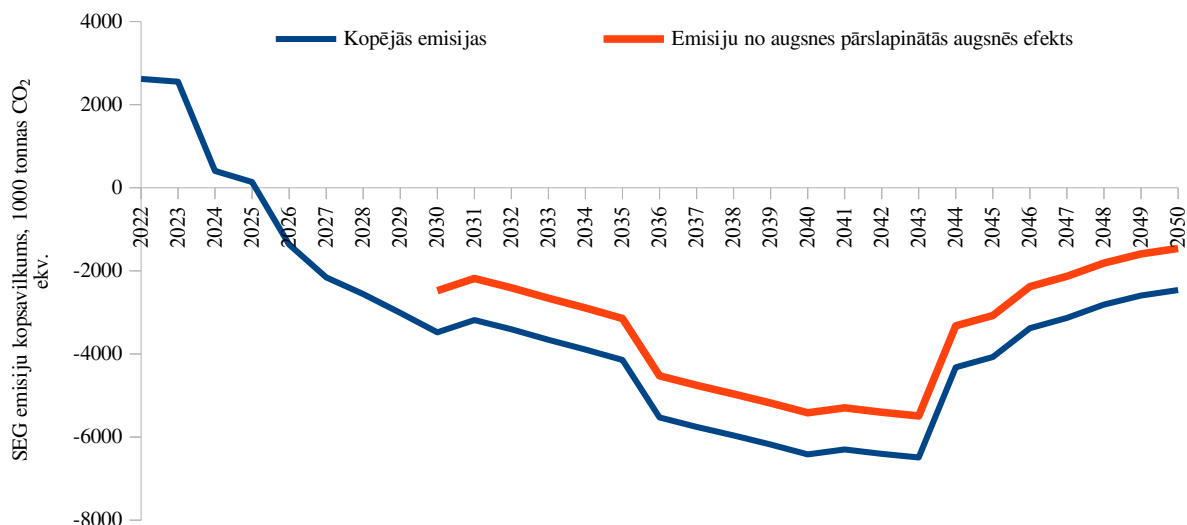


Att. 49. SEG emisiju prognoze meža zemēs.

Prognozēto pozitīvo ietekmi uz SEG emisijām var mazināt emisiju pieaugums no augsnes pārslāpinātājās platībās. Šīs emisijas nav vērtētas prognozē, paredzot atjaunot mitruma režīmu 12 tūkst. ha izstrādāto kūdras lauku un 80 tūkst. ha platībā lauksaimniecībā izmantotās zemēs ar palielinātu organisko vielu saturu augsnē. Papildus emisiju pieauguma risks saistīts ar iespējamo mitruma režīma atjaunošanas ietekmi kūdreņos un āreņos, kur ierobežota vai pārtraukta saimnieciskā darbība. Saskaņā ar IPCC vadlīnijās iekļautajiem emisiju faktoriem organiskām augsnēm un Latvijā veikto pētījumu rezultātiem pārslāpināšana var palielināt SEG emisijas no augsnes (Butlers u.c., 2022, 2023).

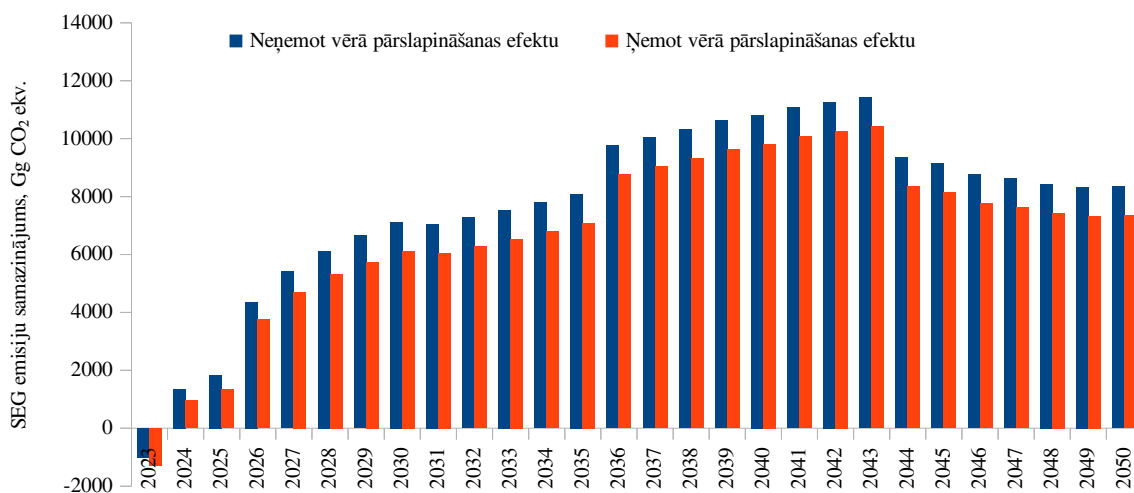
Veicot SEG emisiju korekciju atbilstoši pārslāpināšanas prognozei apmežotajās platībās, SEG emisijas pieaugs par vidēji 1000 Gg CO₂ ekv. gadā (Att. 50), sasniedzot 2030. gadā -2479 Gg CO₂ ekv. (neņemot vērā emisijas pārslāpinātās platībās -3482 Gg CO₂ ekv.), 2040. gadā -5415 Gg CO₂ ekv. (neņemot vērā emisijas pārslāpinātās platībās -6417 Gg CO₂ ekv.) un 2050. gadā -1460 Gg CO₂ ekv. (neņemot vērā emisijas pārslāpinātās platībās -2461 Gg CO₂ ekv.).

Latvijas zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) sektora klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanai īstenojamo darbību siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju mazināšanai un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes veicināšanai meža apsaimniekošanā sociāli ekonomiskais vērtējums



Att. 50. Pārslāpīnāšanas iespējamā ietekme uz SEG emisijām ZIZIMM sektorā.

Kopējais SEG emisiju samazinājums 2050. gadā, salīdzinot ar scenāriju 'With additional measures' (Ministry of the Environmental Protection and Regional Development, 2022), īstenojot klimata neitralitātes scenārijā iekļautos pasākumus pilnā apjomā, sasniegtu 216 milj. tonnas CO₂ ekv., ja neņem vērā emisiju pieaugumu pārslāpīnātās augsnēs, un 191 milj. tonnas CO₂ ekv., ja aprēķinā ietver SEG emisijas no pārslāpīnātām augsnēm, attiecīgi, pārslāpīnāšanas negatīvais efekts, neskaitot neiegūto piesaisti dzīvajā biomasā, 2050. gadā sasniegtu 25 milj. tonnas CO₂ ekv. gadā. Emisiju samazinājuma dinamika parādīta Att. 51. Vidējais ikgadējais SEG emisiju samazinājums, īstenojot klimata neitralitātes scenārijā iekļautās darbības, ir 7,7 milj. tonnas CO₂ ekv. gadā. Klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu vērtējuma kopsavilkums dots 1. pielikumā.



Att. 51. SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar SEG emisiju prognožu scenāriju, saglabājoties esošajai situācijai.

Izmantotā literatūra

1. Bārdule, A., Butlers, A., Spalva, G., Ivanovs, J., Meļņiks, R. N., Līcīte, I., & Lazdiņš, A. (2023). The Surface-to-Atmosphere GHG Fluxes in Rewetted and Permanently Flooded Former Peat Extraction Areas Compared to Pristine Peatland in Hemiboreal Latvia. *Water*, 15(10), 1954. <https://doi.org/10.3390/w15101954>
2. Bārdulis, A., Ivavons, J., Bārdule, A., Lazdiņa, D., Purviņa, D., Butlers, A., & Lazdiņš, A. (2022). Assessment of Agricultural Areas Suitable for Agroforestry in Latvia. *Land*, 11(1873), 18. <https://doi.org/10.3390/land11101873>
3. Bērziņa, L., Degola, L., Grīnberga, L., Kreišmane, D., Lagzdiņš, A., Lazdiņš, A., Lēnerts, A., Lupiķis, A., Naglis-Liepa, K., Popluga, D., Rivža, P., & Sudārs, R. (2018). *Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas iespējas ar klimatam draudzīgu lauksaimniecību un mežsaimniecību Latvijā (Possibilities to reduce GHG emissions in Latvia by applying climate friendly measures in agriculture and forestry)*. SIA „Drukātava”.
4. Butlers, A., Lazdiņš, A., Kalēja, S., & Bārdule, A. (2022). Carbon Budget of Undrained and Drained Nutrient-Rich Organic Forest Soil. *Forests*, 13(11), 1790. <https://doi.org/10.3390/f13111790>
5. Butlers, A., Lazdiņš, A., Kalēja, S., Purviņa, ana, Spalva, G., Saule, G., & Bārdule, A. (2023). CH₄ and N₂O Emissions of Undrained and Drained Nutrient-Rich Organic Forest Soi. *Forests*, 14(1390), 18. <https://doi.org/10.3390/f14071390>
6. Christen, B., & Dalgaard, T. (2013). Buffers for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation. *Biomass and Bioenergy*, 55, 53–67. <https://doi.org/10/f4587f>
7. Daugaviete, M., Makovskis, K., Lazdins, A., & Lazdina, D. (2022). Suitability of Fast-Growing Tree Species (*Salix* spp., *Populus* spp., *Alnus* spp.) for the Establishment of Economic Agroforestry Zones for Biomass Energy in the Baltic Sea Region. *Sustainability*, 14(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/su142416564>
8. Dimitriou, I., Rosenqvist, H., & Berndes, G. (2011). Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. *Biomass and Bioenergy*, 35(11), 4613–4618. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.09.006>
9. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Kiyoto, T. (Red.). (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. No 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Sēj. 4, lpp. 678). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
10. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanade, K. (Red.). (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories Volume 2 Energy*. The Institute for Global Environmental Strategies.
11. Elsgaard, L., Görres, C.-M., Hoffmann, C. C., Blicher-Mathiesen, G., Schelde, K., & Petersen, S. O. (2012). Net ecosystem exchange of CO₂ and carbon balance for eight temperate organic soils under agricultural management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 162, 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.001>
12. Havas, P., & Kubin, E. (1983). Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finland. *Annales Botanici Fennici*, 20(2), 115–149.

13. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (Ed.). (2013). *Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol*. IPCC, Switzerland.
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/pdf/KP_Supplement_Entire_Report.pdf
14. Hou, G., Delang, C. O., Lu, X., & Gao, L. (2020). A meta-analysis of changes in soil organic carbon stocks after afforestation with deciduous broadleaved, sempervirent broadleaved, and conifer tree species. *Annals of Forest Science*, 77(4), 92. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00997-3>
15. Yuan, Z. Y., & Chen, H. Y. H. (2012). A global analysis of fine root production as affected by soil nitrogen and phosphorus. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1743), 3796–3802. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0955>
16. Kāposts, V. (1981). *Mežaudžu barošanās režīms un to mēslošana: Apskats*. LatZTIZPI.
17. Kārklīņa, I., Petaja, G., Lazdina, D., Lazdiņš, A., Kēniņa, L., Matisons, R., & Jansons, A. (2021). *Koku augšanas apstākļu uzlabošanas risinājumi un rekomendācijas to pielietošanai praksē*.
18. Korkiakoski, M., Tuovinen, J.-P., Penttilä, T., Sarkkola, S., Ojanen, P., Minkkinen, K., Rainne, J., Laurila, T., & Lohila, A. (2019). Greenhouse gas and energy fluxes in a boreal peatland forest after clear-cutting. *Biogeosciences*, 16(19), 3703–3723. <https://doi.org/10/gf963f>
19. Kuhn, M. (2008). Building Predictive Models in R Using the **caret** Package. *Journal of Statistical Software*, 28(5). <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
20. Lamtom, S. H., & Savidge, R. A. (2003). A reassessment of carbon content in wood: Variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), 381–388. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00033-3](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00033-3)
21. Lazdiņš, A., Sietiņa, I., Lazdiņa, D., & Butlers, A. (2021). *Report and equations for classification of growth conditions in the “buffer zones” including catalogue of growth conditions and suitable plant communities* (Final 2021.1.2.1; Evaluation of growth potential of fast growing tree species suitable for transformation of buffer zones into “biomass factories”, lpp. 21). Latvia State Forest Research Institute "Silava".
22. Līcīte, I., Lupiķis, A., Peters, J., Butlers, A., Armolaitis, K., Soosaar, K., Laiho, R., Čiuldiene, D., & Jauhainen, J. (2019). *Report on the identified climate change mitigation targeted management practices on organic soils* (2019-A1|3-1; Demonstration of climate change mitigation measures in nutrients rich drained organic soils in Baltic States and Finland, lpp. 119). Latvia State Forest Research Institute "Silava".
23. Līcīte, I., Popluga, D., Rivža, P., Lazdiņš, A., & Meļņiks, R. (2022). Nutrient-Rich Organic Soil Management Patterns in Light of Climate Change Policy. *Civil Engineering Journal*, 8(10), Article 10. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-10-017>
24. Lockwell, J., Guidi, W., & Labrecque, M. (2012). Soil carbon sequestration potential of willows in short-rotation coppice established on abandoned farm lands. *Plant and Soil*, 360(1–2), 299–318. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1251-2>
25. LVMI Silava. (2020). *Priekšlikumi Latvijas meža resursu vērtības un apsaimniekošanas efektivitātes paaugstināšanai ilgtermiņā un atbalsts mežsaimniecības stratēģiskās ietekmes uz vidi novērtējumam* (lpp. 74). Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”.
https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/projects/MAF_20-00S0MF10-000064_G%C5%A0%C5%86psts.pdf
26. LVMI Silava. (2021). *Sestā etapa starpatskaite par pētījumu programmas Koku augšanas apstākļu uzlabošanas pētījumu programma 2016.-2021. Gadam darba uzdevumu izpildi (2021_02; lpp. 135).*

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava".

27. LVMI Silava. (2022). *Latvijai piemērotākā mežsaimniecības attīstības scenārija izvērtēšana iespējamā Eiropas līmeņa zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektora siltumnīcefekta gāzu emisiju un piesaistes uzskaites regulējuma pārskatīšanā* (lpp. 94).
28. Makovskis, K. (2021). *Fast-growing woody crops evaluation for biomass production on unused agricultural lands in Latvia = Ātraudzīgo kokaugu izvērtējums koksnes biomasas ražošanai neizmantotās lauksaimniecības zemēs Latvijā* [Doctoral degree in Economics and Business, Latvia University of Life Science and Technologies]. <https://doi.org/10.22616/lluthesis/2021.002>
29. Makovskis, K., & Lazdina, D. (2015). Biomass and growth parameters of willow clones from the first rotation—Research data from an industrial experimental plantations in Latvia. *Proceedings of Adaptation and mitigation: strategies for management of forest ecosystems*, 53–54.
30. Makovskis, K., Lazdina, D., & Popluga, D. (2021). Agriculture land afforestation with fast-growing woody crops: Economic evaluation according to yields of previous experimental trials. *Rural Development*, 247–251. <https://doi.org/10.15544/RD.2021.044>
31. Makovskis, K., & Lazdiņa, D. (2015). *Potential areas of low productivity agriculture lands for SRC energy wood production in Vidzeme region*. 2, 288–292.
32. Mälkönen, E. (1974). *Annual primary production and nutrient cycle in some scots pine stands*. [s.n.].
33. Melniks, R., Sietina, I., & Lazdins, A. (2022). Methodology for assessment of area and properties of farmlands suitable for establishment of shelter belts. *Engineering for Rural Development*, 812–817. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF248>
34. Ministry of Environmental Protection and Regional Development. (2019). *Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2017* (lpp. 511). Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia. <https://unfccc.int/documents/194812>
35. Ministry of the Environmental Protection and Regional Development. (2022). *Latvia's eight national communication and fifth biennial report under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Ministry of the Environmental Protection and Regional Development.
36. Ministru kabinets. (2020). *Par Kūdras ilgtspējīgas izmantošanas pamatnostādņēm 2020.-2030. Gadam (rīkojums Nr. 696)*. Latvijas vēstnesis. <https://likumi.lv/ta/id/319013-par-kudras-ilgtspejigas-izmantosanas-pamatnostadnem-20202030-gadam>
37. Muukkonen, P. (2006). Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: New enhanced methods and use of remote sensing for verification. *Dissertationes Forestales*, 2006(30). <https://doi.org/10.14214/df.30>
38. Muukkonen, P., Mäkipää, R., Laiho, R., Minkkinen, K., Vasander, H., & Finér, L. (2006). Relationship between biomass and percentage cover in understorey vegetation of boreal coniferous forests. *Silva Fennica*, 40(2). <https://doi.org/10.14214/sf.340>
39. Neumann, M., Ukonmaanaho, L., Johnson, J., Benham, S., Vesterdal, L., Novotný, R., Verstraeten, A., Lundin, L., Thimonier, A., Michopoulos, P., & Hasenauer, H. (2018). Quantifying Carbon and Nutrient Input From Litterfall in European Forests Using Field Observations and Modeling. *Global Biogeochemical Cycles*, 32(5), 784–798. <https://doi.org/10/gdix6j>
40. Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A., & Finér, L. (2018). Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio*, 47(5), 535–545. <https://doi.org/10/gdcctq>
41. Öhrvall, A. (2003). *Äldre funktionshindrade mäns erfarenheter av dagliga aktiviteter* (2003:36; D-

- UPPSATS, lpp. 36). Institutionen för Hälsovetenskap Avdelningen för Arbetsterapi. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1020388/FULLTEXT01.pdf>
42. Ojanen, P., & Minkkinen, K. (2019). The dependence of net soil CO₂ emissions on water table depth in boreal peatlands drained for forestry. *Mires and Peat*, 24, 1–8. <https://doi.org/10.19189/MaP.2019.OMB.StA.1751>
43. Ozolins, R. (2002). Forest stand assortment structure analysis using mathematical modelling. *Forest Structure and Growth*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Forest+stand+assortment+structure+analysis+using+mathematical+modelling&author=Ozolins%2C+R.+%28Latvia+University+of+Agriculture%2C+Jelgava+%28Latvia%29.+Department+of+Mathematics%29&publication_year=2002
44. Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & Starr, M. (2005). Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: Aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, 20(6), 652–660. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1>
45. Petaja, G., Bārdule, A., Zalmanis, J., Lazdiņa, D., Daugaviete, M., Skrandā, I., Zvaigzne, Z. A., & Purviņa, D. (2023). Changes in Organic Carbon Stock in Soil and Whole Tree Biomass in Afforested Areas in Latvia. *Plants*, 12(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/plants1212264>
46. Petaja, G., Okmanis, M., Makovskis, K., Lazdiņa, D., & Lazdiņš, A. (2018). Forest fertilization: Economic effect and impact on GHG emissions in Latvia. *Baltic Forestry*, 24(1), 9–16.
47. Petersen, S. O., Hoffmann, C. C., Schäfer, C.-M., Blicher-Mathiesen, G., Elsgaard, L., Kristensen, K., Larsen, S. E., Torp, S. B., & Greve, M. H. (2012). Annual emissions of CH₄; and N₂O, and ecosystem respiration, from eight organic soils in Western Denmark managed by agriculture. *Biogeosciences*, 9(1), 403–422. <https://doi.org/10.5194/bg-9-403-2012>
48. R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
49. Rose-Marie, R. (2012). The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 36(0), 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.10.012>
50. Rüter, S. (2011). *Projection of Net-Emissions from Harvested Wood Products in European Countries* (Work Report No. 2011/x of the Institute of Wood Technology and Wood Biology; lpp. 62). Johann Heinrich von Thünen-Institute (vTI).
51. Samariks, V., Lazdiņš, A., Bārdule, A., Kalēja, S., Butlers, A., Spalva, G., & Jansons, Ā. (2023). Impact of Former Peat Extraction Field Afforestation on Soil Greenhouse Gas Emissions in Hemiboreal Region. *Forests*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/f14020184>
52. Schäfer, C.-M., Elsgaard, L., Hoffmann, C. C., & Petersen, S. O. (2012). Seasonal methane dynamics in three temperate grasslands on peat. *Plant and Soil*, 357(1–2), 339–353. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1168-9>
53. Styles, D., Börjesson, P., D’Hertefeldt, T., Birkhofer, K., Dauber, J., Adams, P., Patil, S., Pagella, T., Pettersson, L. B., Peck, P., Vaneeckhaute, C., & Rosenqvist, H. (2016). Climate regulation, energy provisioning and water purification: Quantifying ecosystem service delivery of bioenergy willow grown on riparian buffer zones using life cycle assessment. *Ambio*, 45(8), 872–884. <https://doi.org/10.1007/s10679-016-9797-9>
54. Trottier, É., Myers, C., & Stuart, P. (2022). Comparing Biorefinery Processes at the Early Design Stage Using Large Block Analysis. *Frontiers in Sustainability*, 2. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.759191>
55. Tsagkari, M., Couturier, J., Kokossis, A., & Dubois, J. (2016). Early-Stage Capital Cost Estimation

- of Biorefinery Processes: A Comparative Study of Heuristic Techniques. *Chemsuschem*, 9(17), 2284–2297. <https://doi.org/10.1002/cssc.201600309>
56. United Nations. (1998). *Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change*. United Nations.
57. Valujeva, K., Debernardini, M., Freed, E. K., Nipers, A., & Schulte, R. P. O. (2022). Abandoned farmland: Past failures or future opportunities for Europe's Green Deal? A Baltic case-study. *Environmental Science & Policy*, 128, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.11.014>
58. Vann, J. R., & Region, U. S. F. S. S. (1984). *Increase tree growth & income from forest fertilization*. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Region.
59. Zhou, X., Li, J., Zhao, Y., Jiang, S., Liu, H., & Wang, X. (2022). Effect of Time since Afforestation on Soil Organic Carbon Stock and Turnover Rate. *Sustainability*, 14(16), 10 403. <https://doi.org/10.3390/su141610403>
60. Zupanc, A. (2017, decembrī 19). Improving Cloud Detection with Machine Learning. *Sentinel Hub Blog*. <https://medium.com/sentinel-hub/improving-cloud-detection-with-machine-learning-c09dc5d7cf13>

**Pielikums 1: Klimata pārmaiņu
mazināšanas darbību
novērtējuma kopsavilkums**

Tab. 18. Klimata neitralitātes scenārijā ietverto darbību novērtējuma kopsavilkums

Nr.	Pasākuma nosaukums	Ietekmētā platība 2023.-2050. gados, 1000 ha	Prognozējamā ietekme	Izmaksas, ieņēmumi	Piezīmes
1.	Meža mēslošana (minerālmēslojuma pielietošana sausienos un āreņos).	4-18	Ietekmes ilgums pēc mēslojuma izkliešanas 7-10 gadi, nodrošinot papildus 2,6 tonnas CO ₂ gadā piesaisti (18 tonnas CO ₂ ha ⁻¹ pēc katras mēslojuma pielietošanas reizes), darbību var atkārtot ik pēc 7-10 gadiem, ja koku vainagu projektīvais segums nodrošina pietiekoši lielu augšanas telpu papildus pieauguma veidošanai.	Tiešās izmaksas saskaņā ar somu meža mēslošanas pakalpojumu sniedzēja sniegto informāciju – 350 € ha ⁻¹ .	-
2.	Koksnes pelnu izmantošana (koksnes pelnu pielietošana kūdreņos).	4-5	Ietekmes ilgums pēc koksnes pelnu izkliešanas vismaz 7-10 gadi, nodrošinot papildus 2,6 tonnas CO ₂ gadā piesaisti, darbību var atkārtot pēc katras kopšanas cirtes vai biežāk, ja koku vainagu projektīvais segums nodrošina pietiekoši lielu augšanas telpu papildus pieauguma veidošanai.	Tiešās izmaksas saskaņā ar somu meža mēslošanas pakalpojumu sniedzēja sniegto informāciju – 120 € ha ⁻¹ .	Nepalielinot meža biokurināmā izmantošanas apjomu un neatgriežot eksportētās koksnes pelnus, mēslojamo apjomu nevar palielināt virs 5000 ha gadā.
3.	Pārslapināšana – dabiskā apmežošanās pārslapinātās organiskās augsnes lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.	80	Dabiskā meža atjaunošanās, veidojoties II un III bonitātes purvaiņiem; M, Ba un B audzes, ko apsaimnieko atbilstoši ikdienišķajai mežsaimniecības praksei purvaiņos. SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar zālājiem raksturīgas veģetācijas uzturēšanu meliorētās lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, platībām apmežojoties ar bērzu vai melnalksni, 120 gadu laikā var sasniegt 354 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Efektu var samazināt dabiskie traucējumi, bet palielināt līdz pat piecas reizes – mitruma režīma uzlabošana. Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 25 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ vai vairāk, nodrošinot optimālu mitruma	Izmaksas atkarīgas no vietējiem apstākļiem, dažādos projektos no 1000 līdz 10 000 € ha ⁻¹ . Lielākās izmaksas saistītas ar mākslīgu barjeru veidošanu piegulošo platību applūšanas vai ūdens aizplūšanas novēršanai. Izmaksas nav saistītas klimata pārmaiņu mazināšanas darbību ieviešanu, tāpēc nav vērtētas, izņemot standarta meža apsaimniekošanas izmaksas.	Sekmīgai meža ekosistēmu izveidei var būt nepieciešamas pagaidu meliorācijas sistēmas, lai uzlabotu mitruma režīmu jaunaudzēs, kas vēl nespēj efektīvi regulēt mitruma režīmu. Vēl viens risinājums lokālai mitruma režīma uzlabošanai ir dziļvagu (līdz 30 cm dziļi grāvji) un ievalku tīkla izveidošana liekā ūdens novadīšanai no seklām ieplakām un mākslīgi radītu barjeru negatīvās ietekmes uz ūdens noteci novēršanai. Pagaidu meliorācijas sistēmu, ievalku un dziļvagu ierīkošana var būtiski uzlabot augšanas gaitu, taču šo risinājumu

Nr.	Pasākuma nosaukums	Ietekmētā platība 2023.-2050. gados, 1000 ha	Prognozējamā ietekme	Izmaksas, ieņēmumi	Piezīmes
			režīmu.		efekts Latvijā pagaidām nav novērtēts.
4.	Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.	80	Mērķtiecīga meža ieaudzēšana, SEG emisiju samazinājums 120 gadu laikā līdz 1660 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ , stādot egli. Līdz 2050. gadam mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana ar egli nodrošina 365 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ lielu SEG emisiju samazinājumu. Pozitīvo efektu var samazināt dabiskie traucējumi. Emisiju samazināšanas efekts ir pastāvīgs un to nodrošina koksnes produkti un aizstāšanas efekts enerģētikas sektorā.	Tiešās izmaksas meža ieaudzēšanai pirmajos 10 gados ap 1900 € ha ⁻¹ , tajā skaitā augsnes sagatavošana, stādmateriāls, stādīšana, agrotehniskā kopšana un jaunaudžu kopšanas cirte.	-
5.	Pārslapināšana – mērķtiecīga meža ieaudzēšana pārslapinātās organiskās augsnes izstrādātajos kūdras laukos.	12	Mērķtiecīga meža ieaudzēšana izstrādāto kūdras laukos, veidojoties III un IV bonitātes purvājiem; M, Ba un B audzes, ko apsaimnieko atbilstoši ikdienišķajai praksei purvāju apsaimniekošanā. SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar izstrādātiem kūdras laukiem ar vāji attīstītu lakstaugu un krūmu veģētāciju, platībām apmežojoties ar bērzu vai melnalksni, 120 gadu laikā var sasniegt 252 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Efektu var samazināt dabiskie traucējumi, bet palielināt līdz pat piecas reizes – mitruma režīma uzlabošana. Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 126 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ vai vairāk, nodrošinot optimālu mitruma režīmu.	Izmaksas atkarīgas no vietējiem apstākļiem, dažādos projektos no 1000 līdz 10 000 € ha ⁻¹ , taču šīs izmaksas saistītas ar pārslapināšanu, tāpēc nav ietveramas klimata pārmaiņu mazināšanas efekta novērtējumā. Tiešās izmaksas meža ieaudzēšanai pirmajos 10 gados ir ap 1800 € ha ⁻¹ , tajā skaitā augsnes gatavošana, stādīšana, koksnes pelnu izkliešana, agrotehniskā kopšana un jaunaudžu kopšanas cirte.	-
6.	Mazāk vērtīgo lauksaimniecībā izmantojamo zemju mērķtiecīga apmežošana.	150	SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar zālājiem raksturīgas veģētācijas uzturēšanu lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, apmežojot ar egli,	Tiešās izmaksas ap 1700 € ha ⁻¹ , tajā skaitā augsnes gatavošana, stādmateriāls (1500 gab. ha ⁻¹), stādīšana,	Regulējošais pasākums, ko var palielināt līdz aptuveni 300 tūkst. ha, nemainot platību atlases kritērijus, ja mērķi nav sasniegti.

Nr.	Pasākuma nosaukums	Ietekmētā platība 2023.-2050. gados, 1000 ha	Prognozējamā ietekme	Izmaksas, ieņēmumi	Piezīmes
			120 gadu laikā var sasniegt 1079 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Efektu var samazināt dabiskie traucējumi. Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 277 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ .	agrotehniskā kopšana un jaunaudžu kopšanas cirte.	
7.	Hidroloģiskā režīma uzlabošana slapjajņos.	160	SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar platībām ar dabiski mitru augsni, 120 gadu laikā var sasniegt 458 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Efektu var samazināt dabiskie traucējumi. Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 150 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ .	Meliorācijas sistēmu ierīkošanas izmaksas saskaņā ar pētījumā izdarītajiem pieņēmumiem 1500 € ha ⁻¹ .	Vairumā gadījumu līdzvērtīgu efektu var panākt ar pagaidu meliorācijas sistēmām, kas uzlabo mitruma režīmu jaunaudzēs un novājinātās audzēs. Otrs risinājums lokālai mitruma režīma uzlabošanai ir dziļvagu (līdz 30 cm dziļi grāvji) un ievalku tīkla izveidošana liekā ūdens novadīšanai no seklām ieplakām un mākslīgi radītu barjeru negatīvās ietekmes uz ūdens noteci novēršanai. Pagaidu meliorācijas sistēmu, ievalku un dziļvagu ierīkošana var būtiski uzlabot augšanas gaitu, taču šo risinājumu efekts Latvijā pagaidām nav novērtēts.
8.	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām.	44	SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar zālāju vai aramzemi, 120 gadu laikā var sasniegt 2155 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Efektu var samazināt dabiskie traucējumi un apsaimniekošanas metožu izvēle. Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 586 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ .	Ap 2600 € ha ⁻¹ ierīkošanas etapā pirmajos 5 gados.	-
9.	Kārķu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai.	30	SEG emisiju samazinājums, kas uzskaitāms ZIZIMM sektorā, veidojas pirmajos 5 gados pēc stādījumu ierīkošanas un vidēji sasniedz 50 tonnas	Ierīkošanas izmaksas – ap 2400 € ha ⁻¹ . Notekūdeņu dūņu transports nav iekļauta izmaksās, izmaksu	Vairākas reizes lielāks efekts enerģētikas sektorā, aizstājot fosilo kurināmo. Pagaidām pietrūkst empīrisks pamatojums oglekļa

Nr.	Pasākuma nosaukums	Ietekmētā platība 2023.-2050. gados, 1000 ha	Prognozējamā ietekme	Izmaksas, ieņēmumi	Piezīmes
			CO ₂ ha ⁻¹ , neskaitot piesaisti augsnē. Pēc tam kārkļu plantācijas nodrošina aizstāšanas efektu enerģētikas sektorā.	samazinājumu var veidot arī notekūdeņu dūņu izmantošana, aizstājot citus dūņu izmantošanas paņēmienus.	uzkrājuma pieauguma novērtēšanai kārkļu plantācijās.
10.	Koku grupas ganībās.	300 (30 tūkst. ha kokaudžu)	SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar ganībām, 120 gadu laikā var sasniegt 56 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ . Līdz 2050. gadam SEG emisiju samazinājums šajās platībās var būt 25 tonnas CO ₂ ekv. ha ⁻¹ .	Ierīkošanas izmaksas – ap 170 € ha ⁻¹ , pieņemot, ka kokus stāda 10% platības, grupās, kas nepārsniedz 0,1 ha uz 1 ha.	-
11.	Koksnes ķīmiskā pārstrāde	-	Darbība nodrošina ap 1 milj. tonnas CO ₂ ekv. piesaisti līdz 2030. gadam. Pēc tam darbības ietekme mazinās un to kompensē koksnes produktu sadalīšanās.	Izmaksas nav ņemtas vērā, jo SEG emisiju mazināšanas efekta nodrošināšanai nav nepieciešami papildus ieguldījumi	Papildus efektu rada elektroenerģijas, siltuma un šķidrā kurināmā ražošana no blakusproduktiem, nodrošinot papildus SEG emisiju samazināšanas efektu enerģētikas sektorā.

**Pielikums 2: Oglekļa ieneses tabulas
lauksaimniecības augiem**

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids ¹⁵	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
111	Kvieši, vasaras	Bio	2,9	1,3	3,7	0,8	44,5	43,2	1,6	0,3	1,6	0,3	0,1	2,1	0,6
111	Kvieši, vasaras	Int	4,9	2,2	6,1	1,3	45,1	39,9	2,8	0,5	2,8	0,5	0,2	3,5	0,6
112	Kvieši, ziemas	Bio	2,9	1,3	5,2	1,1	45,3	40,0	2,4	0,4	2,4	0,4	0,2	3,0	0,8
112	Kvieši, ziemas	Int	6,2	2,8	8,2	1,4	44,2	39,1	3,6	0,6	3,6	0,6	0,2	4,4	0,6
121	Rudzi	Bio	3,3	1,5	6,2	1,4	46,7	35,8	2,9	0,5	2,9	0,5	0,2	3,6	0,9
121	Rudzi	Int	5,8	2,6	13,2	2,4	45,3	30,8	6,0	0,7	6,0	0,7	0,3	7,0	1,0
131	Mieži, vasaras	Bio	5,2	2,3	3,1	0,8	42,0	44,1	1,3	0,3	1,3	0,3	0,1	1,8	0,3
131	Mieži, vasaras	Int	4,7	2,1	6,1	0,9	44,0	42,7	2,7	0,4	2,7	0,4	0,2	3,2	0,6
140	Auzas	Bio	3,3	1,5	3,7	1,1	45,2	37,4	1,7	0,4	1,7	0,4	0,2	2,2	0,5
140	Auzas	Int	5,3	0,0	7,0	1,6	44,9	39,0	3,1	0,6	3,1	0,6	0,2	4,0	0,6
141	Auzas ar stiebrzāļu pasēju	Bio	2,9	1,3	3,7	1,2	43,2	41,3	1,6	0,5	1,6	0,5	0,2	2,3	0,6
141	Auzas ar stiebrzāļu pasēju	Int	2,9	1,3	3,7	1,2	43,2	41,3	1,6	0,5	1,6	0,5	0,2	2,3	0,6
151	Triticāle, ziemas	Bio	3,0	1,4	4,6	1,3	45,2	37,4	2,1	0,5	2,1	0,5	0,2	2,8	0,7
151	Triticāle, ziemas	Int	6,6	3,0	13,8	2,3	44,9	32,3	6,2	0,8	6,2	0,8	0,3	7,3	0,9
160	Griķi	Bio	1,6	0,7	5,4	0,6	43,7	44,0	2,4	0,3	2,4	0,3	0,1	2,8	1,5

¹⁵ Bio – bioloģiskā; Int – integrētā saimniecība.

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
160	Griķi	Int	2,0	0,9	6,4	0,8	44,7	39,9	2,9	0,3	2,9	0,3	0,1	3,3	1,4
212	Rapsis, ziemas	Bio	3,4	1,5	16,0	2,0	45,3	41,8	7,3	0,8	7,3	0,8	0,3	8,4	2,1
212	Rapsis, ziemas	Int	3,4	1,5	16,0	2,0	45,3	41,8	7,3	0,8	7,3	0,8	0,3	8,4	2,1
420	Zirņi	Bio	1,8	0,8	4,9	0,4	44,1	45,5	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	1,2
420	Zirņi	Int	4,0	1,8	7,1	0,4	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,3	0,8
610	Papuve	Bio	0,0	0,0	3,8	0,6	39,9	42,7	1,5	0,3	1,5	0,3	0,1	1,9	
610	Papuve	Int	0,0	0,0	3,8	0,6	39,9	42,7	1,5	0,3	1,5	0,3	0,1	1,9	
791	Kukurūza biogāzes ieguvei	Bio	13,7	6,2	0,0	1,7	43,4	41,4	0,0	0,7	0,0	0,7	0,3	1,0	0,0
791	Kukurūza biogāzes ieguvei	Int	13,7	6,2	0,0	1,7	43,4	41,4	0,0	0,7	0,0	0,7	0,3	1,0	0,0
820	Kartupeļi, kas citur nav minēti	Bio	23,5	10,6	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,0
820	Kartupeļi, kas citur nav minēti	Int	23,5	10,6	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,0
710	Ilggadīgie zālāji	Bio	11,4	5,0	0,0	26,2	0,0	34,7	0,0	9,1	0,0	1,1	0,8	1,9	0,0
723	Sarkanais āboliņš	Bio	9,8	4,4	0,0	3,6	0,0	43,5	0,0	1,6	0,0	0,8	0,7	1,4	0,0
723	Sarkanais āboliņš	Int	12,3	5,5	0,0	2,4	0,0	43,5	0,0	1,0	0,0	0,5	0,4	1,0	0,0
641	Miežabrālis	Bio	8,0	3,6	0,0	3,0	48,8	35,3	0,0	1,1	0,0	0,5	0,4	1,0	0,0
641	Miežabrālis	Int	8,0	3,6	0,0	3,0	48,8	35,3	0,0	1,1	0,0	0,5	0,4	1,0	0,0
720	Aramzemē sēts stiebrzāļu	Bio	10,3	4,7	0,0	5,2	0,0	37,7	0,0	1,9	0,0	1,0	0,8	1,8	0,0

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
	un/vai lopbarības zālaugu maisījums														
720	Aramzemē sēts stiebrzāļu un/vai lopbarības zālaugu maisījums	Int	12,4		0,0	11,0	0,0	34,7	0,0	3,8	0,0	1,9	1,6	3,5	0,0
724	Baltais āboliņš	Bio	6,0	2,7	0,0	3,6	0,0	43,5	0,0	1,6	0,0	0,8	0,7	1,4	0,0
724	Baltais āboliņš	Int	6,0	2,7	0,0	3,6	0,0	43,5	0,0	1,6	0,0	0,8	0,7	1,4	0,0
725	Bastarda āboliņš	Bio	6,0	2,7	0,0	3,6	0,0	43,5	0,0	1,6	0,0	0,8	0,7	1,4	0,0
725	Bastarda āboliņš	Int	6,0	2,7	0,0	3,6	0,0	43,5	0,0	1,6	0,0	0,8	0,7	1,4	0,0
726	Lucerna	Bio	12,5	5,6	0,0	6,6	0,0	44,2	0,0	2,9	0,0	1,5	1,2	2,7	0,0
726	Lucerna	Int	19,5	8,8	0,0	5,4	0,0	42,7	0,0	2,3	0,0	1,2	1,0	2,1	0,0
727	Austrumu galega	Bio	10,0	4,5	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
727	Austrumu galega	Int	10,0	4,5	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
728	Ragainais vanagnadziņš	Bio	5,0	2,3	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
728	Ragainais vanagnadziņš	Int	5,0	2,3	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
729	Amoliņš	Bio	8,0	3,6	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
729	Amoliņš	Int	8,0	3,6	0,0	6,6	0,0	42,6	0,0	2,8	0,0	1,4	1,2	2,6	0,0
731	Pļavas timotiņš, sēklas ieguvei	Bio	0,8	0,4	7,0	5,2	45,0	34,6	3,2	1,8	3,2	0,9	0,7	4,8	3,9

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
731	Pļavas timotiņš, sēklas ieguvei	Int	0,8	0,4	7,0	5,2	45,0	34,6	3,2	1,8	3,2	0,9	0,7	4,8	3,9
732	Pļavas auzene, sēklas ieguvei	Bio	0,9	0,4	7,0	5,2	45,0	34,6	3,2	1,8	3,2	0,9	0,7	4,8	3,5
732	Pļavas auzene, sēklas ieguvei	Int	0,9	0,4	7,0	5,2	45,0	34,6	3,2	1,8	3,2	0,9	0,7	4,8	3,5
733	Hibridā airene, sēklas ieguvei	Bio	1,2	0,5	9,0	5,2	45,0	34,6	4,1	1,8	4,1	0,9	0,7	5,7	3,4
733	Hibridā airene, sēklas ieguvei	Int	1,2	0,5	9,0	5,2	45,0	34,6	4,1	1,8	4,1	0,9	0,7	5,7	3,4
734	Daudzziedu viengadīgā airene, sēklas ieguvei	Bio	1,2	0,5	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	3,0
734	Daudzziedu viengadīgā airene, sēklas ieguvei	Int	1,2	0,5	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	3,0
735	Sarkanā auzene, sēklas ieguvei	Bio	1,0	0,4	6,0	5,2	45,0	34,6	2,7	1,8	2,7	0,9	0,7	4,3	2,7
735	Sarkanā auzene, sēklas ieguvei	Int	1,0	0,4	6,0	5,2	45,0	34,6	2,7	1,8	2,7	0,9	0,7	4,3	2,7
736	Ganību airene, sēklas ieguvei	Bio	1,2	0,5	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	3,0
736	Ganību airene, sēklas ieguvei	Int	1,2	0,5	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	3,0
737	Niedru auzene, sēklas ieguvei	Bio	1,4	0,6	9,0	5,2	45,0	34,6	4,1	1,8	4,1	0,9	0,7	5,7	2,9
737	Niedru auzene, sēklas ieguvei	Int	1,4	0,6	9,0	5,2	45,0	34,6	4,1	1,8	4,1	0,9	0,7	5,7	2,9
738	Pļavas skarene, sēklas ieguvei	Bio	0,5	0,2	5,0	5,2	45,0	34,6	2,3	1,8	2,3	0,9	0,7	3,9	4,5
738	Pļavas skarene, sēklas ieguvei	Int	0,5	0,2	5,0	5,2	45,0	34,6	2,3	1,8	2,3	0,9	0,7	3,9	4,5
739	Kamolzāle, sēklas ieguvei	Bio	0,8	0,4	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	4,5

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
739	Kamolzāle, sēklas ieguvei	Int	0,8	0,4	8,0	5,2	45,0	34,6	3,6	1,8	3,6	0,9	0,7	5,2	4,5
821	Dārzeni Sēklas kartupeļi	Bio	16,5	7,4	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,1
821	Dārzeni Sēklas kartupeļi	Int	16,5	7,4	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,1
825	Cietes kartupeļi	Bio	23,5	10,6	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,0
825	Cietes kartupeļi	Int	23,5	10,6	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,0
826	Tomāti	Bio	6,3	2,8	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,2
826	Tomāti	Int	6,3	2,8	2,8	0,4	40,2	42,0	1,1	0,2	1,1	0,2	0,1	1,4	0,2
831	Lopbarības bietes, cukurbietes	Bio	26,8	12,1	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
831	Lopbarības bietes, cukurbietes	Int	26,8	12,1	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
842	Ziedkāposti	Bio	4,1	1,8	4,0	0,8	45,0	42,0	1,8	0,3	1,8	0,3	0,1	2,3	0,4
842	Ziedkāposti	Int	4,1	1,8	4,0	0,8	45,0	42,0	1,8	0,3	1,8	0,3	0,1	2,3	0,4
843	Burkāni	Bio	22,8	10,2	3,0	0,4	45,0	42,0	1,4	0,2	1,4	0,2	0,1	1,6	0,1
843	Burkāni	Int	22,8	10,2	3,0	0,4	45,0	42,0	1,4	0,2	1,4	0,2	0,1	1,6	0,1
844	Galda bietes, mangolds (lapu bietes)	Bio	24,5	11,0	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
844	Galda bietes, mangolds (lapu bietes)	Int	24,5	11,0	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
845	Gurķi un kornišoni	Bio	9,9	4,5	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,1

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvestā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
845	Gurķi un kornišoni	Int	9,9	4,5	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,1
846	Sīpoli, šalotes sīpoli, maurloki, lielloku sīpoli un batūni	Bio	16,5	7,4	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,1
846	Sīpoli, šalotes sīpoli, maurloki, lielloku sīpoli un batūni	Int	16,5	7,4	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,1
847	Ķiploki	Bio	2,5	1,1	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,4
847	Ķiploki	Int	2,5	1,1	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,4
849	Puravi	Bio	9,4	4,2	1,0	0,4	45,0	42,0	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,7	0,0
849	Puravi	Int	9,4	4,2	1,0	0,4	45,0	42,0	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,7	0,0
851	Galda rāceņi, turnepši	Bio	23,5	10,6	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
851	Galda rāceņi, turnepši	Int	23,5	10,6	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
852	Selerijas	Bio	9,4	4,2	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,1
852	Selerijas	Int	9,4	4,2	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,1
853	Redīsi un melnie rutki	Bio	9,4	4,2	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,2
853	Redīsi un melnie rutki	Int	9,4	4,2	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,2
854	Pētersīļi	Bio	5,4	2,4	1,0	0,4	45,0	42,0	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,7	0,1
854	Pētersīļi	Int	5,4	2,4	1,0	0,4	45,0	42,0	0,5	0,2	0,5	0,2	0,1	0,7	0,1
855	Pastinaks	Bio	22,8	10,2	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
855	Pastinaks	Int	22,8	10,2	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
856	Galda kāļi	Bio	24,5	11,0	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
856	Galda kāļi	Int	24,5	11,0	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,1
857	Dārza ķirbis, cukīni, kabači, patisoni	Bio	8,8	3,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,3
857	Dārza ķirbis, cukīni, kabači, patisoni	Int	8,8	3,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,3
858	Viļņlapu, lielaugļu, muskata ķirbis	Bio	8,8	3,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,3
858	Viļņlapu, lielaugļu, muskata ķirbis	Int	8,8	3,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,3
859	Parastās jeb dārza pupiņas	Bio	1,9	0,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	1,2
859	Parastās jeb dārza pupiņas	Int	1,9	0,9	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	1,2
860	Skābenes	Bio	5,4	2,4	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,2
860	Skābenes	Int	5,4	2,4	2,0	0,4	45,0	42,0	0,9	0,2	0,9	0,2	0,1	1,1	0,2
861	Rabarberi	Bio	9,4	4,2	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,4	1,8	0,1
861	Rabarberi	Int	9,4	4,2	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,4	1,8	0,1
862	Spināti	Bio	5,4	2,4	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,4

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
862	Spināti	Int	5,4	2,4	4,9	0,4	45,0	42,0	2,2	0,2	2,2	0,2	0,1	2,4	0,4
863	Mārrutki	Bio	2,3	1,0	2,0	0,8	45,0	42,0	0,9	0,3	0,9	0,3	0,1	1,4	0,4
863	Mārrutki	Int	2,3	1,0	2,0	0,8	45,0	42,0	0,9	0,3	0,9	0,3	0,1	1,4	0,4
864	Salāti	Bio	5,4	2,4	0,0	0,4	45,0	42,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0
864	Salāti	Int	5,4	2,4	0,0	0,4	45,0	42,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0
865	Topinambūri	Bio	23,5	10,6	8,0	0,4	45,0	42,0	3,6	0,2	3,6	0,2	0,1	3,8	0,2
865	Topinambūri	Int	23,5	10,6	8,0	0,4	45,0	42,0	3,6	0,2	3,6	0,2	0,1	3,8	0,2
867	Paprika	Bio	3,1	1,4	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,4
867	Paprika	Int	3,1	1,4	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,4
868	Baklažāni	Bio	9,9	4,5	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,1
868	Baklažāni	Int	9,9	4,5	2,8	0,4	45,0	42,0	1,3	0,2	1,3	0,2	0,1	1,5	0,1
869	Spargēļi	Bio	9,4	4,2	5,0	1,2	45,0	42,0	2,3	0,5	2,3	0,5	0,2	3,0	0,2
869	Spargēļi	Int	9,4	4,2	5,0	1,2	45,0	42,0	2,3	0,5	2,3	0,5	0,2	3,0	0,2
924	Krūmmellenes (zīlenes)	Bio	0,9	0,4	5,0	26,2	45,0	42,0	2,3	11,0	2,3	1,4	1,2	4,8	2,4
924	Krūmmellenes (zīlenes)	Int	0,9	0,4	5,0	26,2	45,0	42,0	2,3	11,0	2,3	1,4	1,2	4,8	2,4
926	Zemenes	Bio	2,1	1,0	2,0	3,6	45,0	42,0	0,9	1,5	0,9	1,5	0,6	3,0	0,4
926	Zemenes	Int	2,1	1,0	2,0	3,6	45,0	42,0	0,9	1,5	0,9	1,5	0,6	3,0	0,4

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
934	Lielogu dzērvenes	Bio	2,3	1,0	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,2	1,6	0,4
934	Lielogu dzērvenes	Int	2,3	1,0	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,2	1,6	0,4
132	Ziemas mieži	Bio	4,5	2,0	8,2	1,4	44,2	39,1	3,6	0,6	3,6	0,6	0,2	4,4	0,8
132	Ziemas mieži	Int	4,5	2,0	8,2	1,4	44,2	39,1	3,6	0,6	3,6	0,6	0,2	4,4	0,8
150	Vasaras tritikāle	Bio	2,4	1,1	6,1	1,3	45,1	39,9	2,8	0,5	2,8	0,5	0,2	3,5	1,1
150	Vasaras tritikāle	Int	2,4	1,1	6,1	1,3	45,1	39,9	2,8	0,5	2,8	0,5	0,2	3,5	1,1
445	Vārpaugu un pākšaugu mistrs	Bio	2,1	0,9	7,0	1,0	44,5	41,6	3,1	0,4	3,1	0,4	0,2	3,7	1,5
445	Vārpaugu un pākšaugu mistrs	Int	2,1	0,9	7,0	1,0	44,5	41,6	3,1	0,4	3,1	0,4	0,2	3,7	1,5
410	Lauka pupas	Bio	2,8	1,3	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	1,1
410	Lauka pupas	Int	2,8	1,3	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	1,1
441	Viķi	Bio	0,9	0,4	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	3,5
441	Viķi	Int	0,9	0,4	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	3,5
430	Lupīna	Bio	0,9	0,4	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	3,3
430	Lupīna	Int	0,9	0,4	7,1	0,5	44,0	44,1	3,1	0,2	3,1	0,2	0,1	3,4	3,3
330	Elļas lini/ linsēklas	Bio	0,9	0,4	5,0	0,4	45,3	41,8	2,3	0,2	2,3	0,2	0,1	2,5	2,6
330	Elļas lini/ linsēklas	Int	0,9	0,4	5,0	0,4	45,3	41,8	2,3	0,2	2,3	0,2	0,1	2,5	2,6
310	Garšķiedras lini/ linu stiebriņi	Bio	2,4	1,1	0,0	0,4	45,3	41,8	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0

Kods	Kultūraugu suga vai mistrojums	Saimniecības veids	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t ha ⁻¹ gadā produkcijas vienības (A)	Izvēstā lauksaimniecības produkcija, t C ha ⁻¹ gadā (B)	Virszemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (D)	Pazemes atstāto augu atlieku sausna, t ha ⁻¹ (E)	C saturs atstātajās virszemes augu atliekās, % (F)	C saturs atstātajās pazemes augu atliekās, % (G)	C atstātajā augu virszemes biomasā, t C ha ⁻¹ (H)	C atstātajā augu pazemes biomasā, t C ha ⁻¹ (I)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu virszemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (J)	Oglekļa ienese augsnē ar atstātajām augu pazemes atliekām, t C ha ⁻¹ gadā (K)	Oglekļa ienese augsnē ar atmirušajām sīksaknēm, t C ha ⁻¹ gadā (L)	Oglekļa ienese augsnē kopā, t C ha ⁻¹ gadā (M)	Attiecība starp produkciju un oglekļa ienesi augsnē t
310	Garšķiedras lini/ linu stiebriņi	Int	2,4	1,1	0,0	0,4	45,3	41,8	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0
211	Vasaras rapsis	Bio	1,7	0,8	9,6	1,2	45,3	41,8	4,4	0,5	4,4	0,5	0,2	5,1	2,5
211	Vasaras rapsis	Int	1,7	0,8	9,6	1,2	45,3	41,8	4,4	0,5	4,4	0,5	0,2	5,1	2,5
214	Ripsis	Bio	1,2	0,5	11,2	1,4	45,3	41,8	5,1	0,6	5,1	0,6	0,2	5,9	4,4
214	Ripsis	Int	1,2	0,5	11,2	1,4	45,3	41,8	5,1	0,6	5,1	0,6	0,2	5,9	4,4
878	Ķīmenes	Bio	0,5	0,2	5,0	0,7	45,0	42,0	2,3	0,3	2,3	0,3	0,1	2,7	4,9
878	Ķīmenes	Int	0,5	0,2	5,0	0,7	45,0	42,0	2,3	0,3	2,3	0,3	0,1	2,7	4,9
170	Kaņepes/kaņepju sēklas	Bio	0,6	0,3	10,0	1,3	45,0	42,0	4,5	0,5	4,5	0,5	0,2	5,3	7,6
170	Kaņepes/kaņepju sēklas	Int	0,6	0,3	10,0	1,3	45,0	42,0	4,5	0,5	4,5	0,5	0,2	5,3	7,6
848	Ārstniecības augi	Bio	0,3	0,1	5,0	1,0	45,0	42,0	2,3	0,4	2,3	0,4	0,2	2,8	7,2
848	Ārstniecības augi	Int	0,3	0,1	5,0	1,0	45,0	42,0	2,3	0,4	2,3	0,4	0,2	2,8	7,2
870	Kāposti	Bio	4,5	2,0	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,2	1,6	0,2
870	Kāposti	Int	4,5	2,0	2,0	1,2	45,0	42,0	0,9	0,5	0,9	0,5	0,2	1,6	0,2