

**PĀRSKATS PAR KLIMATA PĀRMAIŅU MAZINĀŠANAS
PASĀKUMIEM MEŽA UN LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMJU
APSAIMNIEKOŠANĀ**

Nosaukums	Pārskats par klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumiem meža un lauksaimniecības zemju apsaimniekošanā
Autori	A. Lazdiņš, I. Licite
Attēli un fotogrāfijas	A. Lazdiņš
Numurs	T01
Ziņojuma veids	Noslēguma pārskats
Sērijas nosaukums	CO2 piesaistes un SEG emisiju mazināšanas pasākumi meža apsaimniekošanā un ietekmes novērtēšanas sistēma
Vieta	Salaspils
Institūcija	LVMI Silava
DOI	
Kontaktinformācija	Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169 Tālr.: +37 167 942 555 E-pasts: inst@silava.lv Interneta vietne: www.silava.lv
Datums	2023
Lappušu skaits	32



EIROPAS SAVIENĪBA

EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS
Eiropas Lauksaimniecības fonds
lauku attīstībai

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



SATURS

Saturs	1
Ievads	2
Klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumi	4
Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana.....	4
Mazauglīgu lauksaimniecības zemju uz minerālaugsnēm apmežošana.....	6
Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu.....	8
Intensīvi kultivēti kokaugu stādījumi kokmateriālu un biokurināmā ieguvei mazauglīgās un auglīgās augsnes.....	9
Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām kokmateriālu un biokurināmā ieguvei.....	11
Kārķļu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai.....	12
Kokaugu grupu stādījumu ganībās.....	13
Koksnes pelnu atgriešana mežā koku augšanas apstākļu uzlabošanai kūdreņos.....	15
Minerālmēslojuma izmantošana koku augšanas apstākļu uzlabošanai sausieņos un āreņos.....	17
Meža hidrotehniskā meliorācija slapjainos.....	18
Dabisko traucējumu bojāto un neproduktīvo mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana.....	20
Organisko augšņu pārslāpināšana un apmežošana ar purva bērzu un melnalksni.....	21
Audžu kvalitātes uzlabošana dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemēs.....	23
Mērķtiecīga mežaudžu atjaunošana, stādot selekcionētu stādmateriālu.....	24
Platību atlasē kritēriji pasākumu īstenošanai	26
Literatūra	32

Tabulas

Tab. 1. Platību atlasē metodika.....	26
--------------------------------------	----

Attēli

Att. 1. Grafisks dažādu pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāla un piesaistes vienību izmaksu attēlojums.....	3
Att. 2. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums apmežotā LIZ ar organisku augsni.....	5
Att. 3. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums apmežotā LIZ ar minerālaugsnī.....	7
Att. 4. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, veicot jaunaudžu kopšanas cirti.....	9
Att. 5. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, ierīkojot vienlaidus kokaugu stādījumu.....	11
Att. 6. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums kokaugu stādījumā.....	12
Att. 7. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, ierīkojot kokaugu grupu stādījumu ganībās.....	15
Att. 8. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, izmantojot koksnes pelnus kūdreņos.....	16
Att. 9. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, izmantojot minerālmēslojumu sausieņos un āreņos.....	18
Att. 10. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, uzlabojot hidroloģisko režīmu slapjainos.....	20
Att. 11. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, dabisko traucējumu bojātas parastās egles audzes atjaunošanai.....	21
Att. 12. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, apmežojot pārslāpinātas organiskās augsnes LIZ.....	23

IEVADS

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 pieckārtīgs SEG emisiju samazinājums, salīdzinot ar nacionālajām SEG emisiju prognozēm, sasniedzot 644 Gg CO₂ ekv. atbilstošas neto piesaistes ZIZIMM sektorā 2030. gadā.

Pārskatā un ieteikumos klimata pārmaiņu mazināšanai ZIZIMM sektorā ietverti pasākumi, kas rekomendēti īstenošanai klimata neitralitātes sasniegšanas scenārijā, izņemot koksnes ķīmiskās pārstrādes sektora attīstību un izstrādāto kūdras lauku pārslapināšanu, kā arī pasākumi ar relatīvi nelielu potenciālo ietekmi, kuru īstenošana iespējama Verra vai Golden standard platformu ietvaros, ja ir izstrādāta nacionālā metodika šo pasākumu ietekmes prognozēšanai un monitoringa sistēma to ietekmes novērtēšanai.

Pārskatā un ieteikumos ietvertie pasākumi ir:

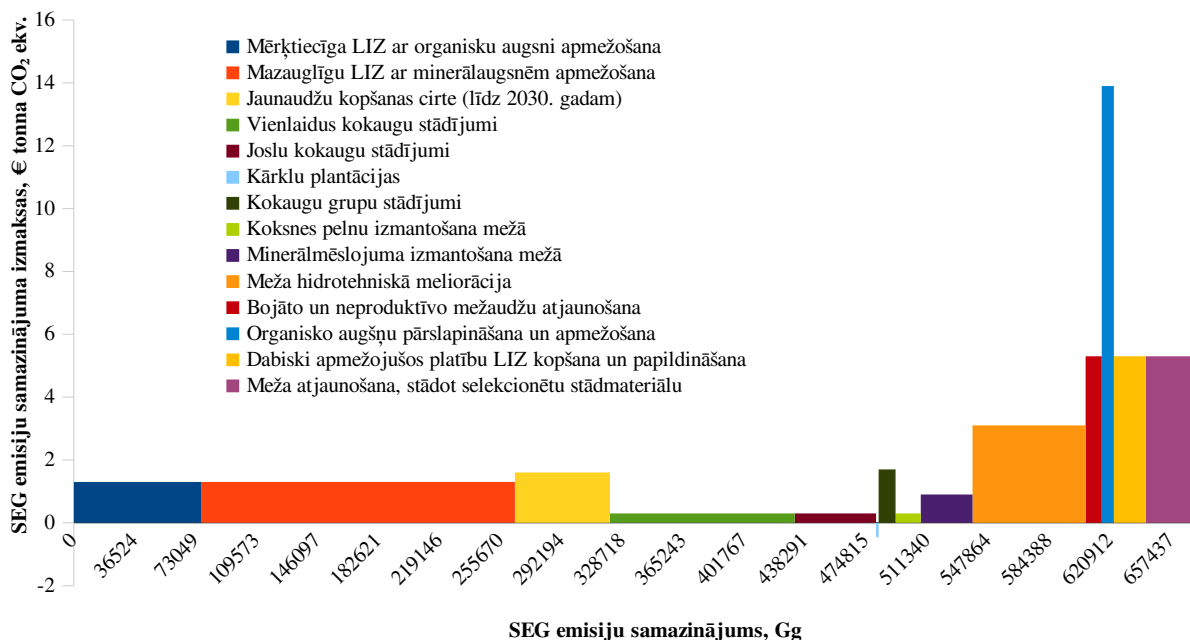
1. mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana;
2. mazauglīgu lauksaimniecības zemju uz minerālaugsnēm apmežošana;
3. kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu;
4. intensīvi kultivēti kokaugu stādījumi kokmateriālu un biokurināmā ieguvei mazauglīgās un auglīgās augsnēs;
5. kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām kokmateriālu un biokurināmā ieguvei;
6. kārkļu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai;
7. kokaugu grupu stādījumu ganībās;
8. koksnes pelnu atgriešana mežā koku augšanas apstākļu uzlabošanai kūdreņos;
9. minerālmēslojuma izmantošana koku augšanas apstākļu uzlabošanai sausieņos un āreņos;
10. meža hidrotehniskā meliorācija slapjajņos;
11. dabisko traucējumu bojāto un neproduktīvo mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana;
12. organisko augšņu pārslapināšana un apmežošana ar purva bērzu un melnalksni;
13. audžu kvalitātes uzlabošana dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemēs;

14. mērķtiecīga mežaudžu atjaunošana, stādot selekcionētu stādmateriālu.

Pārskatā ietverts pasākumu apraksts, telpisko un citu datu avoti, kas izmantojami platību atlasei pasākumu īstenošanai, platību atlases secība un sagaidāmā efekta novērtējums.

Pieņemot, ka SEG emisiju pasākumus īsteno maksimālā apjomā, tajā skaitā aprēķinā ietver mērķtiecīgu meža atjaunošanu, jaunaudžu kopšanas cirtes un bojāto un neproduktīvo mežaudžu atjaunošanu, koksnes pelnu un minerālmēslojuma izmantošanu mežā līdz 2050. gadam, kopējais SEG emisiju samazinājums 100 gadu laikā sasniegtu 675 milj. tonnas CO₂ ekv. (vidēji 6,8 milj. tonnas CO₂ ekv. gadā). Vidējais SEG emisiju samazinājums, pārrēķinot uz 1 ha, 100 gadu laikā ir 201 tonnas CO₂ ekv. Vidējās SEG emisiju samazināšanas izmaksas 100 gadu periodā, izmantojot 10% diskontēšanas likmi, ir 1,7 € tonna⁻¹ CO₂ ekv. Kopējās izmaksas SEG emisiju samazināšanai 100 gadu laikā, diskontējot finanšu plūsmu ar 10% likmi, ir 1172 milj. €. Pielietojot mazāku diskonta likmi, lielākā daļa pasākumu veido pozitīvu finanšu plūsmu, attiecīgi, izmaksas SEG emisiju samazināšanai ir negatīvas.

Grafiski dažādu pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāls un izmaksas parādīti Att. 1. Katra pasākumu individuālā ietekme ir atkarīga no kumulatīvās ietekmes, piemēram, meža mēslošanas pasākumu efektivitāte atkarīga no kopšanas ciršu izpildes un pietiekošas augšanas telpas pieejamības atstājamiem kokiem.



Att. 1. Grafisks dažādu pasākumu SEG emisiju samazināšanas potenciāla un piesaistes vienību izmaksu attēlojums.

Turpmākajās nodaļās dots pasākumu raksturojums un platību atlases principi.

KLIMATA PĀRMAIŅU MAZINĀŠANAS PASĀKUMI

Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana

Pasākums ir ļoti līdzīgs konvencionālajai apmežošanai, iespējams, ar ierobežotām iespējām audzēt vītulus un citas lapkoku kultūras, kas ir jutīgas pret augsnes apstākļiem. Šī pasākuma klimata pārmaiņu mazināšanas potenciālu nosaka piesaiste dzīvajā biomasā, ko pēc tam nonāk atmirušajā koksne, 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.

Meža augšanas modeli var izmantot, lai novērtētu oglekļa krājumu izmaiņas dzīvajā un nedzīvajā biomasā, kā arī sagatavotajos kokmateriālos. Aprēķinos var izmantot vērtības, kas raksturīgas augstākajām auglības klasēm; tomēr apmežošanas periods ir atkarīgs no augsnes sagatavošanas kvalitātes, stādāmā materiāla un agrīnās kopšanas. Augstākā nenoteiktība par apmežošanas ietekmi uz SEG emisijām ir raksturīga pirmajās divās desmitgadēs pēc apmežošanas. Otrā līmeņa metodes var izmantot, lai novērtētu ietekmi uz augsnes oglekļa krājumu izmaiņām un SEG emisijām. Siltumnīcefekta gāzu neto samazināšanas potenciāls 70 gadus ilga aprites cikla gadījumā ir 1855 tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹ (26 tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā). Siltumnīcefekta gāzu neto samazināšanas potenciāls 40 gadus ilga aprites cikla gadījumā ir 1218 tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹ (30 tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā). Faktiskais SEG emisiju samazināšanas potenciāls var būt apmēram divas reizes mazāks, jo mērenā klimata joslā SEG emisijas no augsnes aramzemes un zālajos var būt pārvērtētas.

Pasākums ar ilgtermiņa ietekmi; konvencionālajām apsaimniekošanas sistēmām dzīvajai un atmirušajai koksnei, nobirām un sagatavotajiem kokmateriāliem tas ir 71-91 gadi atkarībā no uz vecuma balstīta aprites cikla ilguma, intensificēta plantāciju meža scenārija gadījumā tas ir 40-50 gadi. Ietekme uz augsni ir atkarīga no oglekļa krājumiem organiskajā augsnē, attiecīgi, tā ir atkarīga no oglekļa krājumiem augsnē līdzsvara stāvoklī un sadalīšanās ātruma atšķirībām.

Ir izvērtētas divas alternatīvas - intensificēti un ekstensificēti skujkoku meži. Aprēķinā ņemtā organisko augšņu platība ir 152 kha. Konvenciālo apsaimniekošanas sistēmu izmantošana eglēm vai priedēm palielinātu CO₂ piesaisti un radītu SEG emisiju samazinājumu 79 milj. tonnas CO₂ apmērā visās oglekļa krātuvēs 20 gadu laikā. Intensīvāka apsaimniekošana un aprites cikla saīsināšana radītu 90 milj. tonnas CO₂ piesaisti 20 gadu laikā. Jāatzīmē, ka SEG emisijas no augsnes aramzemes un zālajos šajā gadījumā var pārvērtēt, tādēļ emisiju samazinājums būs mazāks. SEG emisijas no ar barības vielām bagātām organiskajām augsnēm meža zemēs var arī būt mazākas par aprēķināto emisiju intensitāti, kas arī ietekmēs SEG emisiju samazinājumu.

Apmežošana ir mežu zemju un ar barības vielām bagātu purvu ekosistēmu atjaunošana un, neskatoties uz potenciālo negatīvo ietekmi, ko var radīt ar mākslīgajām ainavām

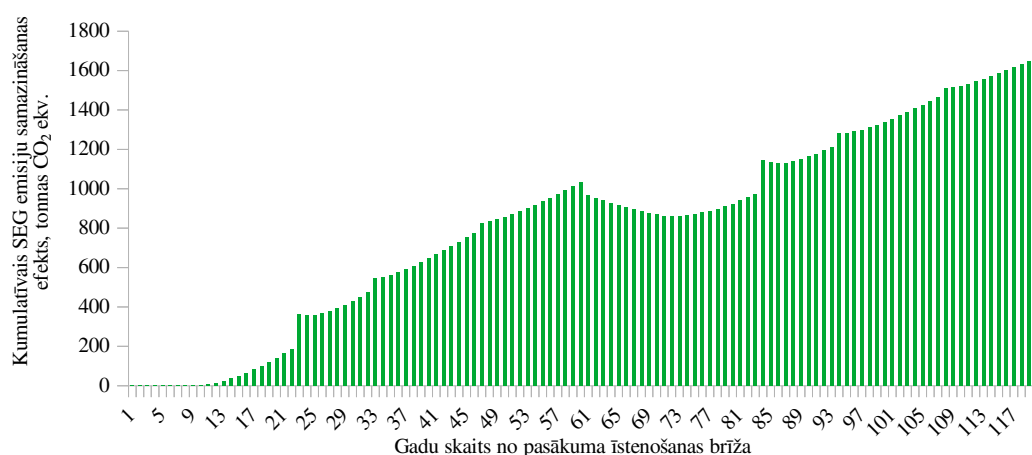
(aramzemēm un zālājiem) cieši saistītās sugas, apmežošana veicina Latvijai raksturīgo ekosistēmu, kurās dominē daļēji dabiskie meži, veidošanos. To pamesto lauksaimniecības zemju efektīva izmantošana, kuras nerada nekādu pievienoto vērtību, veicina sociālo un ekonomisko ilgtspējību.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas, ņemot vērā 20 gadu aprēķina periodu un 5% diskonta likmi, ekstenšīvas apsaimniekošanas gadījumā ir 6 € par tonnu CO₂. Kopējie ieguldījumi abos gadījumos pašreizējās cenās ir 264-282 milj. € atkarībā no izvēlēta scenārija (1740-1860 € ha⁻¹). Emisiju samazināšanas izmaksas var mainīties atkarībā no faktiskajām emisijām no augsnes aramzemē, zālājos un meža zemēs.

Krājas papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākums radīs ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Koksnes pelnus var izmantot apmežotās organiskajās augsnēs. Lielu organisko augšņu platību apmežošana ietekmēs lauksaimnieciskās ražošanas potenciālu, tomēr lielākajā daļā organisko augšņu trūkst barības vielu un tās plaši izmanto.

Organisko augšņu apmežošanai nav tieša atbalsta; tomēr tas nav aizliegts un organiskās augsnes var apmežot Lauku attīstības programmas klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu ietvaros. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama, taču līdzšinējā pieredze norāda uz to, ka organisko augšņu apmežošanu kavē auditori, kas veic projektu pārbaudes. Iespējams, ka organisko augšņu apmežošanu var īstenot Verra platformā, neuzrādot emisiju samazinājumu (70% no efekta). **Nacionālajā sistēmā** pasākuma īstenošana ir iespējama, ja vien netiek noteikti papildus ierobežojumi organisko augšņu apmežošanai.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, ieaudzējot organiskā augsnē parastās egles audzi, parādīts Att. 2.



Att. 2. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums apmežotā LIZ ar organisku augsni.

Mazauglīgu lauksaimniecības zemju uz minerālaugsnēm apmežošana

Apmežošanai ir četras alternatīvas - intensificēti īsā aprites cikla meži (dažās valstīs plantāciju meži), kuru mērķis ir maksimizēt kokmateriālu ieguvu (piemēram, egļu audzes ar 40 gadu aprites ciklu), ekstensificētas meža apsaimniekošanas sistēmas, ievērojot apsaimniekošanas noteikumus, kas piemērojami konvencionālajos mežos (piemēram, egļu audzes ar 80 gadu aprites ciklu), daudzgadīgo kokaugu stādījumi, ņemot vērā divus iespējamus scenārijus - stādījumi ar 20–30 gadu aprites ciklu (piemēram, hibrīdās papeles vai hibrīdās apses papīra un bioenerģijas ražošanai) un ātri augošas kultūras biokurināmā ieguvei (piemēram, kārkļu plantācijas). Apmežošana palielina oglekļa daudzumu dzīvās un nedzīvās biomasas oglekļa krātuvēs, tajā skaitā nobirās, atjaunojot šīs krātuves, un palielina oglekļa krājumus augsnē. Jāatzīmē, ka apmežošanas dēļ augsnē paliekošā CO₂ daudzumu var nepietiekami novērtēt, jo neņem vērā augsnes tilpummasas izmaiņas. Apmežošana ietekmē arī tās augsnes emisijas, kas nav CO₂, tomēr šī ietekme var būt gan negatīva, gan pozitīva. Intensīvā apsaimniekošana jāsaista ar augsnes ielabošanu, lai palielinātu krājas pieaugumu

Meža augšanas modeli var izmantot, lai novērtētu oglekļa krājumu izmaiņas dzīvajā un nedzīvajā biomasā, kā arī sagatavotajos kokmateriālos. Aprēķinos var izmantot vērtības, kas raksturīgas augstākajām auglības klasēm; tomēr apmežošanas periods ir atkarīgs no augsnes sagatavošanas kvalitātes, stādāmā materiāla un agrīnās kopšanas. Augstākā nenoteiktība par apmežošanas ietekmi uz SEG emisijām ir raksturīga pirmajās 2 desmitgadēs pēc apmežošanas. Oglekļa krājumu izmaiņas augsnē var novērtēt, izmantojot Yasso modeli un vienādojumus, kas raksturo no audzes šķērslaukuma atkarīgo oglekļa ienesi ar nobirām. Šīs aplēses ir ļoti nenoteiktas vietējā mērogā, bet ir precīzākas valsts mērogā.

Pasākums ar ilgtermiņa ietekmi; konvencionālajām apsaimniekošanas sistēmām ietekmes ilgums var būt 71-91 gads atkarībā no uz vecuma balstītā aprites cikla garuma, intensificēto plantāciju mežu scenārija gadījumā tas ir 40-50 gadi. Ietekme uz oglekļa krājumiem augsnē ir vienāda ar vismaz 2 pilniem aprites cikliem uzkrāšanās pazemes atmirušajā koksnē rezultātā, kas palielina oglekļa ienesi augsnes oglekļa krātuvē.

Šeit izvērtētas divas alternatīvas – intensificēti un ekstensificēti skuju koku meži. Līdzīgus skaitļus var iegūt arī bērzu audzēm; tomēr skuju koku un lapu koku sugām sagatavoto kokmateriālu iznākums atšķiras. Lauksaimniecībā izmantojamo zemju platība variē atkarībā no pētījuma - no 198 kha līdz 360 kha. Šajā pētījumā ņemta vērā lielākā platība (360 kha zemes, kuru relatīvā vērtība ir zemāka par 25 ballēm). Ir pieņemts, ka 152 kha ir organiskas augsnes, novērtētas saskaņā ar pasākumu, kura mērķis ir mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana. Šim pasākumam piemērojamā kopējā platība ir 208 kha. Konvencionālu apsaimniekošanas sistēmu izmantošana eglēm palielinātu CO₂ piesaisti par 25 milj. tonnām CO₂ visās oglekļa krātuvēs 20

gadus ilgā laika periodā. Intensīvāka apsaimniekošana un aprites cikla saīsināšana radītu 39 milj. tonnu CO₂ piesaisti 20 gadus ilgā laika periodā.

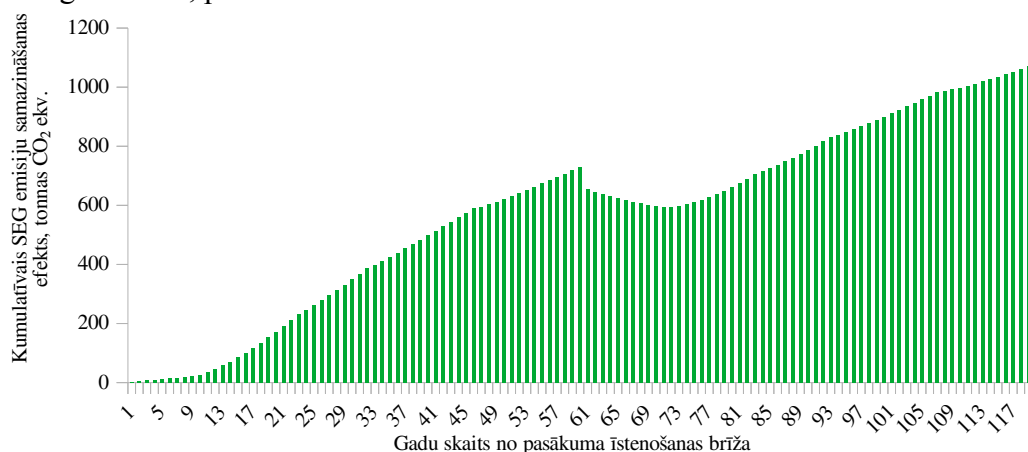
Apmežošanas pamatā ir meža ekosistēmas atjaunošana atmežotajās zemēs un, neskatoties uz potenciālo negatīvo ietekmi, ko var radīt ar mākslīgajām ainavām (aramzemju un zālāju) cieši saistītās sugas, apmežošana veicina Latvijai raksturīgo ekosistēmu, kurās dominē daļēji dabiskie meži, veidošanos. To pamesto lauksaimniecības zemju efektīva izmantošana, kuras nerada nekādu pievienoto vērtību, veicina sociālo un ekonomisko ilgtspēju.

Siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas izmaksas, ņemot vērā 20 gadu aprēķina periodu un 5% diskonta likmi, ekstensīvas apsaimniekošanas gadījumā ir 28 € tonnas⁻¹ CO₂ un intensīvas apsaimniekošanas gadījumā – 18 € t⁻¹ CO₂. Kopējie ieguldījumi abos gadījumos pašreizējās cenās ir 198 miljoni € (1360 € ha⁻¹).

Krājas papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi 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 10000 ha lauksaimniecības zemju apmežošanai laikā no 2023. līdz 2028. gadam. Valsts politika apsver pagaidu statusa piešķiršanu plantāciju mežiem, attiecīgi, platības var nodot atpakaļ kultūraugu audzēšanai (atmežot) bez īpašas juridiskās procedūras, kas nozīmē ievērojamu risku ilgtermiņa prognozēm apmežotajās zemēs, par kurām ziņots kā par plantāciju mežiem. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama, ierīkojot retu stādījumu, kurā nav pārsniegti augsnes skarifikācijas nosacījumi. **Nacionālā sistēmā** pasākuma īstenošana ir iespējama.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, ieaudzējot minerālaugsnē parastās egles audzi, parādīts Att. 3.



Att. 3. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums apmežotā LIZ ar minerālaugsnē.

Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu

Atbalsts mežaudzes sastāva kopšanas cirtēm, lai veicinātu papildpieauguma veidošanos 20 gadu laikā; augošo koku krāja 40-60 gadus vecās skujkoku audzēs un pētījumu izmēģinājumos ir par 15–25% lielāka nekā audzēs, kam nav veikta kopšanas cirte. Atbalsts mežu kopšanas cirtēm ātri un būtiski palielinās oglekļa krājumus dzīvajā biomasā ar ilgstošu ietekmi uz atmirušās koksnes, nobiru, augsnes un sagatavoto koksnes produktu oglekļa krājumiem. Pasākuma papildus ietekmi nodrošina valdošo sugu aizstāšana ar komerciāli vērtīgākām sugām. Joprojām ir sarežģīti pierādīt un kvantitatīvi novērtēt ietekmi uz atmirušās koksnes, nobiru, augsnes un sagatavoto koksnes produktu oglekļa krātuvēm, tādēļ šīs krātuves nav iekļautas ietekmes novērtējumā.

Pasākuma ietekmes novērtēšanai var izmantot meža augšanas gaitas modeļus, pieņemot relatīvo papildpieaugumu apgabalos, kuros veic kopšanas cirtes. Ietekmi novērtē, izmantojot meža augšanas gaitas modeli, kas reaģē uz pamatplatības izmaiņām un valdošo sugu nomaiņu. Metodi var izmantot valsts līmenī un vienas audzes līmenī.

Tiešā ietekme uz papildpieaugumu turpinās 20 gadus pēc kopšanas; ilgtermiņa ietekme ir atkarīga no papildus pasākumiem (krājas kopšanas cirte, sanitārās cirtes, augsnes ielabošana, meliorācijas sistēmu uzturēšana, atjaunošanas cirte, meža atjaunošanas metode). Lai nodrošinātu īstermiņa (10-20 gadu) ietekmi, nav nepieciešami papildus pasākumi.

Pasākuma vidējā ietekme ir 1,4 tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā 15 gadu laikā. Pieņemot, ka mežaudzēs uz dabiski sausām un nosusinātām augsnēm, kā arī mitrām minerālaugsnēm kopšanas cirtes veic saskaņā ar labas prakses vadlīnijām un dabas aizsardzības teritorijas ir 10% no mežaudzēm, meža kopšanas cirtēs iegūtais papildpieaugums ir 54 milj. tonnas CO₂ 200 gadu periodā. Tas neietver ilgtermiņa ietekmi uz oglekļa krājumu izmaiņām. Ietekmei daļēji jau piekļūst pašreizējās apsaimniekošanas darbības, tāpēc ietekme sadalīta pašreizējo meža apsaimniekošanas darbību saglabāšanā un turpmākā meža apsaimniekošanas intensifikācijā.

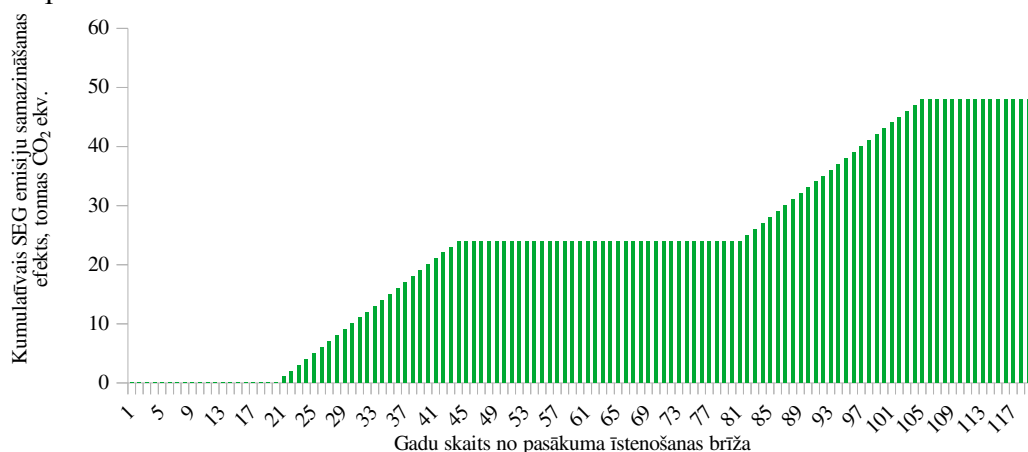
Pasākums nav saistīts ar būtiskām meža īpašību izmaiņām, izņemot kopšanas cirtes, kas izraisa valdošo sugu izmaiņas un mazvērtīgu lapu koku sugu platību samazināšanu. To var uzskatīt par negatīvu ietekmi uz bioloģisko daudzveidību.

Īstermiņa ietekme (sakarā ar papildpieaugumu pēc kopšanas cirtes) izmaksā 8,6 € par tonnu CO₂ ha⁻¹ gadā. Ilgtermiņa ietekme vēl nav novērtēta, un tā ir saistīta ar lielu nenoteiktību turpmāko apsaimniekošanas pasākumu ietekmes dēļ.

Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Augstāki kokmateriālu iznākumi un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem.

Sastāva kopšanas cirtes atbalsta Lauku attīstības programma, paredzēts atbalsts mežaudzēm privātajos mežos 120000 ha platībā. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā nav iespējama, jo pasākums atbilst ikdienišķajai praksei. Pasākuma īstenošana **nacionālajā sistēmā** ir iespējama, salīdzinot augšanas gaitu izkoptā audzē ar bāzes scenāriju konkrētos apstākļos.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, veicot jaunaudžu kopšanas cirti parastās egles audzē, salīdzinot ar situāciju, kad jaunaudžu kopšanas cirte nav veikta, parādīts Att. 4.



Att. 4. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, veicot jaunaudžu kopšanas cirti.

Intensīvi kultivēti kokaugu stādījumi kokmateriālu un biokurināmā ieguvei mazauglīgās un auglīgās augsnēs

Šajā pētījumā apskatītas divas alternatīvas - intensīva īsa aprites cikla mežu (SRF) ar 15–25 gadus ilgu aprites ciklu (piemēram, hibrīdapses, papeles vai alkšņi) apsaimniekošana cietā biokurināmā, papīrmalkas un apaļkoksnes ieguvei un īscirtmeta atvasāji (SRC) ar 3-7 gadus ilgu aprites ciklu (piemēram, vītoli) cietās biomasas ieguvei. SRF uzskatīta par alternatīvu plantāciju mežiem vai konvencionālajām mežu apsaimniekošanas sistēmām apmežotajās teritorijās. SRC uzskata par alternatīvu notekūdeņu dūņu un koksnes pelnu utilizācijai, SRC ekspansija ir atkarīga no notekūdeņu dūņu pieejamības. Klimata pārmaiņu mazināšanas ietekmi pamato ar CO₂ piesaisti dzīvajā un nedzīvajā koksnes biomasā, nobirās, augsnē un sagatavotajos kokmateriālos, kā arī ar aizstāšanas efektu enerģētikas nozarē

Augšanas gaitas modeļi īsa aprites cikla mežiem (SRF) un produktivitātes modeļi īscirtmeta atvasājiem (SRC), lai novērtētu CO₂ piesaisti dzīvajā biomasā un turpmāku aizstāšanas efektu un ieguldījumu piesaistē sagatavotajos kokmateriālos. Oglekļa krājumu izmaiņas augsnē var novērtēt, izmantojot Yasso modeli; tomēr informācija par oglekļa ienesi ar virszemes un pazemes nobirām nav pietiekama. Jāņem vērā ienese ar notekūdeņu dūņām. Augsnes oglekļa krājumu izmaiņām vietējā mērogā var būt ievērojams mainīgums dažādu sākotnējo apstākļu dēļ. CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā SRC ir atkarīga no ielabošanas līdzekļu izmantošanas un kultūru apsaimniekošanas.

SRF gadījumā šis mainīgums ir mazāk izteikts, tomēr apsaimniekošanas ietekme ir ievērojamāka, salīdzinot ar konvencionālo apmežošanu vai plantāciju mežiem.

SRF un SRC ir nepārtraukta ietekme, ko nodrošina selekcijas rezultātu ieviešana un jaunu klonu stādīšana (SRF – pēc 2-3 aprites cikliem un SRC – pēc 4-5 aprites cikliem). Lielākā daļa papildus CO₂ piesaistes notiek 20-25 gadu laikā pēc stādīšanas, nākamajos 20-25 gados lielākā daļa oglekļa uzkrājas augsnē atmirušās koksnes sadalīšanās dēļ. Oglekļa krājumu izmaiņas SRC, ko uzskaita ZIZIMM sektorā, vērojamas 5-10 gadu laikā, pateicoties piesaistei dzīvajā biomasā un augsnē. Turpmākajās desmitgadēs SRC sniedz ieguldījumu fosilā biokurināmā aizstāšanā.

SRF ierīkošana 208 kha platībā palīdzētu palielināt CO₂ piesaisti par 58 milj. tonnām CO₂ visās oglekļa krātuvēs 20 gadu laikā. SRC ierīkošana 30 kha platībā radītu 2 milj. tonnu CO₂ piesaisti 20 gadu laikā ZIZIMM sektorā. Papildus klimata pārmaiņu mazināšanas efektu nodrošina fosilā kurināmā aizstāšana. Kopējā papildus CO₂ piesaiste ZIZIMM sektorā un aizstāšanas efekts enerģētikas nozarē no 30 kha SRC 20 gadu laikā sasniegtu 7,2 milj. tonnas CO₂. Aprēķinos ņem vērā pārejas zudumus un SEG emisijas biomasas sadedzināšanas rezultātā. Aprēķinos izmantotā alternatīva degviela ir dabasgāze. Neņem vērā ietekmi uz SEG emisiju uzskaiti atkritumu nozarē.

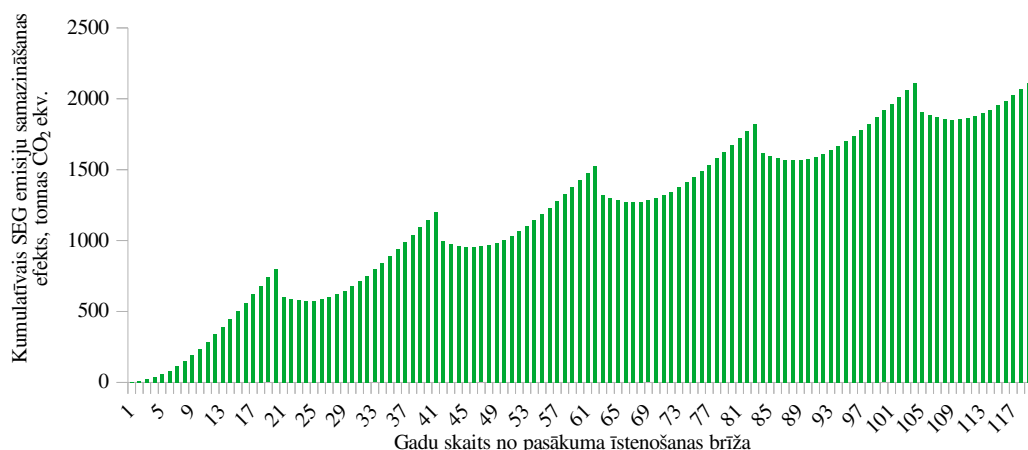
Nav pierādījumu par SRF un SRC negatīvo ietekmi uz bioloģisko daudzveidību; tomēr ir sūdzības par ģenētiski līdzīga materiāla izmantošanu lielās platībās, kas palielina traucējumu risku, piemēram, kaitēkļu izplatīšanos vai sala bojājumus; tādēļ jāņem vērā klonu ģenētiskā daudzveidība un jānodrošina rūpniecisko klonu pastāvīga uzlabošana.

Papildus CO₂ piesaistes izmaksas SRF ir 17 € tonnas⁻¹ CO₂, ja ņem vērā 20 gadu aprēķina periodu un 5% diskonta likmi. Papildus CO₂ piesaistes izmaksas ZIZIMM sektorā SRC ir 46 €; tomēr, ja ņem vērā aizstāšanas efektu, SRC kļūst par visefektīvāko klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu.

SRC un SRF ir milzīgs aizstāšanas potenciāls enerģētikas nozarē, kā arī celulozes un papīra ražošanā. SRC var arī ievērojami samazināt SEG emisijas atkritumu nozarē, izmantojot notekūdeņu dūņas un citas organiskās atliekas.

SRC saglabā platībatkarīgo maksājumu, ja aprites cikla ilgums nepārsniedz 5 gadus, atbalsts SRF nav paredzēts; tomēr SRF var izveidot kā plantāciju mežus, un plantācijas īpašnieki var ietaupīt no īpašuma nodokļa. SRF gadījumā ir jāmaksā visi nodokļi. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā teorētiski ir iespējama, taču var būt ierobežojumi, kas padara šo pasākumu saimnieciski nelietderīgu. Pasākuma īstenošana **nacionālās sistēmas** ietvaros ir iespējama, ja netiek noteikti papildus ierobežojumi saimnieciskajai darbībai.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, ierīkojot vienlaidus ātraudzīgu kokaugu (papeles vai apses hibrīds) stādījumu parādīts Att. 5.



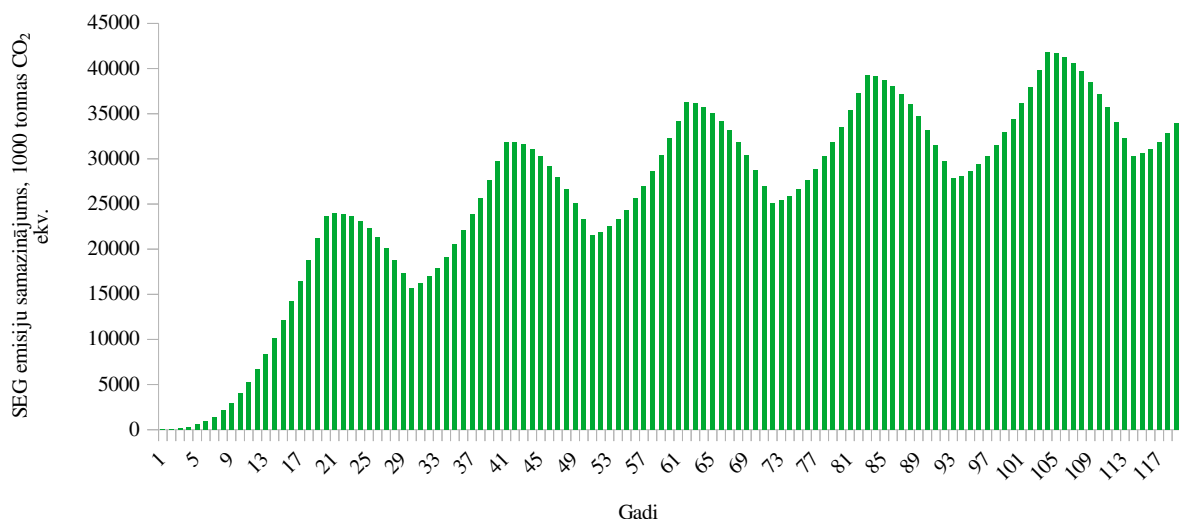
Att. 5. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, ierīkojot vienlaidus kokaugu stādījumus.

Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām kokmateriālu un biokurināmā ieguvei

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 kārkļu plantācijās, kas mēslojas ar notekūdeņu dūņām (Styles u.c., 2016).

Novērtējot SEG emisiju samazinājumu kokaugu stādījumos, izmantots vienkāršots aprēķins, kas paredz 20 gadu apriti (Att. 6). Aprēķinā ietverta piesaiste dzīvajā biomasā, neņemot vērā iespējamo piesaisti koksnes produktos un aizstāšanas efektu.



Att. 6. 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.

Kārķu plantācijas 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 kārķu 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 zināšanu trūkumu ietekmes novērtējumā ietverta tikai dzīvās biomasas oglekļa krātuve. Lielāko

daļu SEG emisiju samazinājuma veido aizstāšanas efekts, ko uzskaita enerģētikas sektorā.

Kārķļu 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 & Lazdiņa, 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 kārķļu 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 grupu stādījumu ganībās

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 ganīšanai. 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 koksniē, koksnes produktos un augsnē. 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 aprītē, bet, izmantojot koksni produktu ar ilgu kalpošanas laiku un atjaunojot kokaugu stādījumu, papildus piesaiste veidojas arī turpmākajās aprītēs.

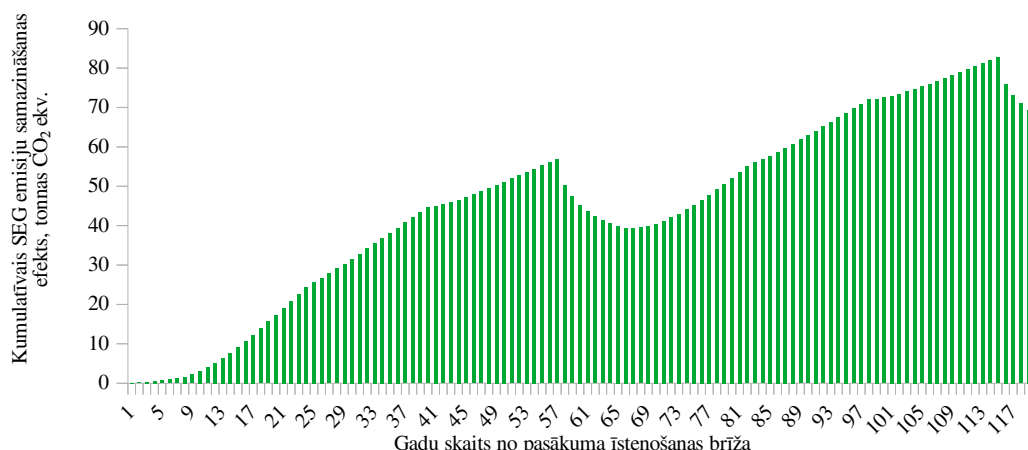
SEG emisiju samazināšanas potenciāls atbilst 10% no apmežotu platību ar minerālaugsnēm SEG emisiju samazināšanas potenciāla, pārrēķinot uz ganību un tām pielīdzināmo ilggadīgo zālāju platības vienību – 61 gada laikā bērzu vai melnalkšņu grupa samazinās SEG emisijas par vidēji 21 tonnu CO₂ ha⁻¹. SEG emisiju 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 aizsniējamās 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.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, ierīkojot kokaugu grupu stādījumu, parādīts Att. 7.



Att. 7. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, ierīkojot kokaugu grupu stādījumu ganībās.

Koksnes pelnu atgriešana mežā koku augšanas apstākļu uzlabošanai kūdreņos

Komplekss meža apsaimniekošanas pasākums, kas apvieno koksnes pelnu ienesi meliorētās organiskajās augsnēs un koksnes pelnu un minerālmēslojuma ienesi meliorētās minerālaugsnēs (šī ietekme jau ir ņemta vērā meža augsnes ielabošanas pasākumā). Līdzīgi kā meža augsnes ielabošanas ar minerālmēslojumu gadījumā, šajā pasākumā integrēta koksnes pelnu ienese, sastāva kopšanas cirte, krājas kopšanas cirte un atjaunošanas, un it īpaši – meliorācijas sistēmu uzturēšana. Koksnes pelnus var ienest 10-15 gadus pirms krājas kopšanas cirtes vai atjaunošanas cirtes. Attiecīgi, to var veikt vienu reizi aprites cikla laikā (pirms atjaunošanas cirtes) vai vairākas reizes (2-4) viena aprites cikla laikā, ienesot koksnes pelnus uzreiz pēc kopšanas cirtes. Tehnoloģiskie koridori ir obligāti nepieciešami visa veida augsnes ielabošanas gadījumā, tādēļ ir nepieciešams pastāvīgs tehnoloģisko koridoru tīkls. Kombinācijā ar intensīvām un regulārām kopšanas cirtēm augsnes ielabošana var dubultot CO₂ piesaisti meža zemēs. Koksnes pelnu izmantošanai ir viegli novērtējama īstermiņa un neskaidra ilgtermiņa ietekme.

Lineāro papildpieaugumu ($15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ vienā mēslojuma ieneses reizē) ņem vērā saskaņā ar ielaboto platību, pieņemot, ka meža apsaimniekošana ir optimizēta, lai nodrošinātu papildpieaugumu. Mežu apsaimniekošanas izmaiņu ietekmes novērtēšanai nav ieviesti modeļi, tādēļ ņem vērā tikai īstermiņa ietekmi. Oglekļa krājumu izmaiņu novērtēšanai vietējā un valsts līmenī izmanto MRM un meža valsts reģistra datus. 1. līmeni izmanto, lai novērtētu emisijas, kas nav CO₂. Datu trūkuma dēļ neņem vērā emisiju, kas nav CO₂, izmaiņas.

Īstermiņa ietekme ilgst 10-20 gadus; ilgtermiņa ietekme turpinās visu aprites ciklu, it īpaši, ja tā ir saistīta ar izmaiņām apsaimniekošanas režīmā. Lai nodrošinātu īstermiņa efektu, nav nepieciešami papildus pasākumi. Lai panāktu ilgtermiņa efektu, ir jāievēro labas prakses vadlīnijas kopšanas, savlaicīgas atjaunošanas cirtes un meliorācijas

sistēmu uzturēšanas jomā. Zemas kvalitātes audžu vietā jāstāda komerciāli vērtīgākas sugas (bērzs, egļu, priede).

Papildpieaugums meža augsnes ielabošanas rezultātā var nodrošināt 8 milj. tonnas CO₂ ekv. lielu īstenošanas potenciālu divu meža apsaimniekošanas ciklu laikā, ja novērtē tikai tikai īstermiņa ietekmi, neņemot vērā aprites cikla saīsināšanu. Aprēķinos ņem vērā arī sugu aizstāšanu. Nosusināšana un koksnes pelnu atgriešana mežā dabiski mitrās organiskās augsnes nodrošinātu papildus 5,3 miljonu tonnu CO₂ piesaisti un CH₄ un N₂O emisiju no augsnes samazinājumu.

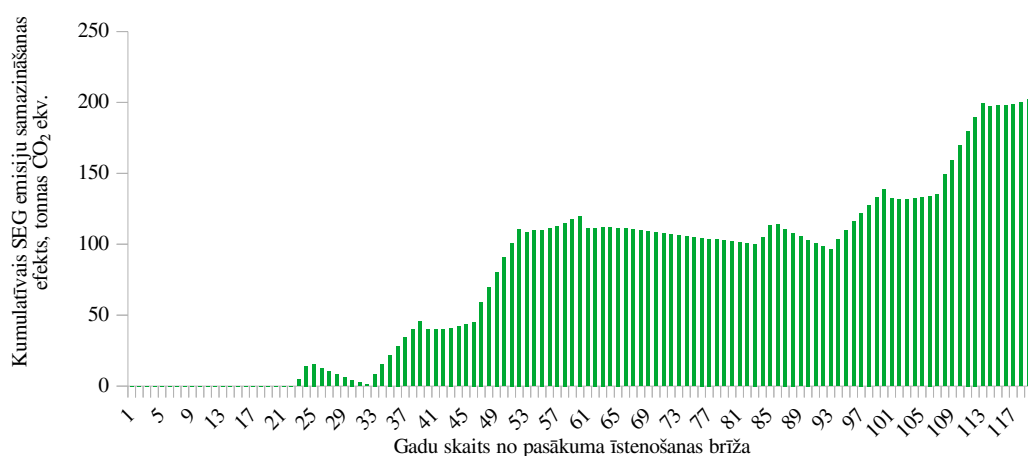
Aprites cikla saīsināšanu šajā pasākumā var uzskatīt par neatbilstošu kritērijiem. Apsaimniekošanas izmaiņām var būt vajadzīgas arī izmaiņas meža apsaimniekošanas likumdošanā, lai samazinātu galvenās cirtes robežas. Koksnes pelnu izkliede uz nabadzīgām augsnēm var palielināt augsnes auglību un radīt izmaiņas zemesdzīves veģetācijā, ieviešoties auglīgākiem apstākļiem raksturīgām sugām.

Augsnes ielabošanas izmaksas ir 120 € ha⁻¹. CO₂ piesaistes izmaksas, ja ņem vērā īstermiņa ietekmi, ir 6 € tonna⁻¹ CO₂ ekv.

Ievērojama papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Augstāki kokmateriālu iznākumi un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem. Pasākuma īstenošanu varētu negatīvi ietekmēt koksnes pelnu pieejamība un kvalitāte. Enerģētikas nozarei būtu jāievieš kvalitātes prasības koksnes pelnu izmantošanai mežā.

Valsts klimata politikā nav paredzēts atbalsts meža augsnes ielabošanai. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama. Arī **nacionālajā sistēmā** pasākuma īstenošana ir iespējama.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, izmantojot koksnes pelnus kūdreņos, parādīts Att. 8.



Att. 8. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, izmantojot koksnes pelnus kūdreņos.

Minerālmēslojuma izmantošana koku augšanas apstākļu uzlabošanai sausienos un āreņos

Komplekss meža apsaimniekošanas pasākums, kas apvieno meža augsnes ielabošanu, sastāva kopšanas cirti, krājas kopšanas cirti un atjaunošanas cirti. Augsnes ielabošana ietver slāpekļa vai slāpekļa kopā ar fosforu ienesi minerālaugsnēs, lai palielinātu piesaisti dzīvajā biomasā. Slāpekli var ienest 10-15 gadus pirms krājas kopšanas cirtes vai galvenās cirtes. Attiecīgi, to var veikt vienu reizi aprites cikla laikā (pirms atjaunošanas cirtes) vai vairākas reizes (2-4) viena aprites cikla laikā, izmantojot ielabošanas līdzekļus uzreiz pēc kopšanas cirtes. Kombinācijā ar intensīvām un regulārām kopšanas cirtēm augsnes ielabošana var dubultot CO₂ piesaisti meža zemēs. Augsnes ielabošanai ir īstermiņa un ilgtermiņa ietekme, ko ir sarežģīti novērtēt

Ir apsvērti lineārie papildpieauguma rādītāji atkarībā no izmantotās slāpekļa devas (14 kg N m⁻³), pieņemot, ka meža apsaimniekošana ir optimizēta, lai nodrošinātu papildpieaugumu. Nav ieviesti modeļi meža apsaimniekošanas izmaiņu ietekmes novērtēšanai, tādēļ ņem vērā tikai īstermiņa ietekmi. Oglekļa krājumu izmaiņu novērtēšanai vietējā un valsts līmenī izmanto MRM datus.

Īstermiņa ietekme ilgst 10-20 gadus; ilgtermiņa ietekme turpinās visu aprites ciklu, it īpaši, ja tā ir saistīta ar izmaiņām apsaimniekošanas režīmā. Lai nodrošinātu īstermiņa efektu, nav nepieciešami papildu pasākumi. Lai panāktu ilgtermiņa efektu, ir jāievēro labas prakses vadlīnijas kopšanas, savlaicīgas atjaunošanas cirtes un meliorācijas sistēmu uzturēšanas jomā. Zemas kvalitātes audžu vietā jāstāda komerciāli vērtīgākas sugas (bērzs, egle, priede). Papildpieaugums meža augsnes ielabošanas rezultātā var nodrošināt 39 milj. tonnas CO₂ ekv. lielu īstenošanas potenciālu divu meža apsaimniekošanas ciklu laikā, ja novērtē tikai īstermiņa ietekmi, neņemot vērā aprites cikla saīsināšanu. Aprēķinos ņem vērā arī sugu aizstāšanu.

Aprites cikla saīsināšanu var uzskatīt par neatbilstošu kritērijiem. Apsaimniekošanas izmaiņām var būt nepieciešamas arī izmaiņas meža apsaimniekošanas likumdošanā, lai samazinātu galvenās cirtes robežas. Nabadzīgu augšņu ielabošana var izraisīt augsnes auglības palielināšanos un zemeszemes veģetācijas nomaiņu, ieviešoties sugām, kas raksturīgas auglīgākiem augšanas apstākļiem.

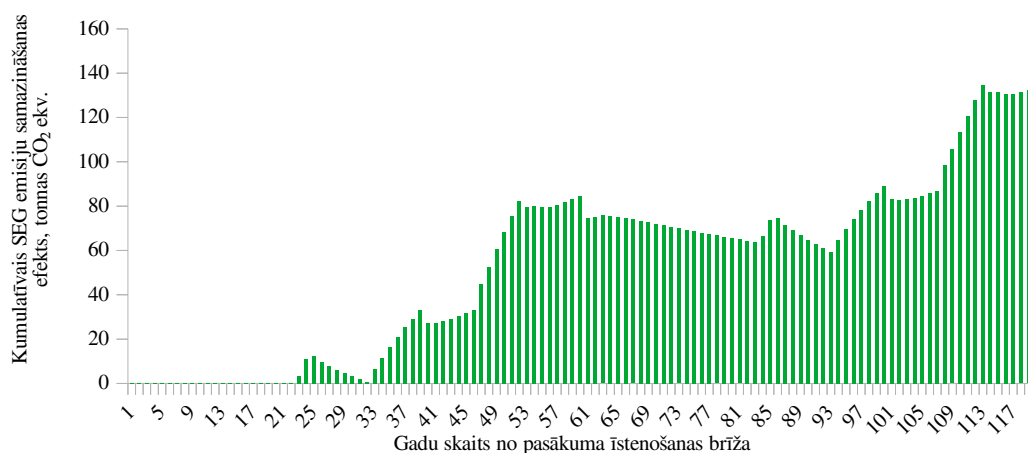
Augsnes ielabošanas izmaksas ir 160 € ha⁻¹. CO₂ piesaistes izmaksas, ja ņem vērā īstermiņa ietekmi, ir 8 € tonna⁻¹ CO₂ ekv.

Meža augsnes ielabošana palielina N₂O emisijas no augsnes, taču papildus emisijas, pieņemot pilna mēroga meža augsnes ielabošanas kampaņas īstenošanu, sasniegtu tikai 3-5% no lauksaimniecības radītajām N₂O emisijām. Tomēr intensīvāka apsaimniekošana un aprites cikla saīsināšana varētu vēl vairāk palielināt N₂O emisijas. Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Lielāki koksnes produktu iznākumi un aktīvāka meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža

darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ iznākuma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem.

Valsts likumdošanā nav paredzēts atbalsts meža augsnes ielabošanai. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir maz varbūtīga, taču teorētiski iespējama, pamatojot to, ka pasākums ir nepieciešams mežaudžu vitalitātes saglabāšanai. Pasākuma īstenošana **nacionālajā sistēmā** ir iespējama, ja netiks noteikti papildus ierobežojumi augšanas apstākļu uzlabošanai.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, izmantojot minerālmēslojumu sausieņos un āreņos, parādīts Att. 9.



Att. 9. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, izmantojot minerālmēslojumu sausieņos un āreņos.

Meža hidrotehniskā meliorācija slapjajņos

Komplekss meža apsaimniekošanas pasākums, vajadzības gadījumā iekļaujot meliorāciju, mežu kopšanu, galveno cirti, koksnes pelnu atgriešanu mežā un meža augsnes ielabošanu. Pasākumu var sadalīt 2 daļās – organisko augšņu un minerālaugšņu nosusināšanā. Abos gadījumos primārais efekts ir ievērojama piesaiste koku un zemesdzīvības dzīvīvajā biomasā. Efekts vērojams uzreiz pēc nosusināšanas un turpinās līdz galvenajai cirtei vai ilgāk, ja meliorācijas sistēmu atjauno pirms un pēc galvenās cirtes. Nosusināšanas ietekme uz augsnes emisijām ir atkarīga no uzskaites metodes - ja ņem vērā emisijas no dabiski mitrām augsnēm un susināšanas ietekme ir starpība starp emisijām no mitrām un nosusinātām augsnēm, vai arī mitrās augsnes uzskata par emisiju neitrālām. Susināšanas efektu var palielināt, ienesot koksnes pelnus, minerālmēslus vai šo ielabošanas līdzekļu maisījumus. Ir pieejama ierobežota informācija par SEG emisijām gan mitrās, gan meliorētās augsnēs. Pasākums traucē citiem pasākumiem, piemēram, sastāva kopšanas cirtei un atjaunošanai ar uzlabotu stādāmo materiālu. Oglekļa krājumu izmaiņu izmaksas pie diskonta likmes 5% šim pasākumam ir 3 € par tonnu CO₂.

Meža augšanas modelis, kas salīdzina meža augšanas ātrumu uz nosusinātām un mitrām augsnēm, kas pārstāv dažādas augsnes auglības klases. Informācija par auglīgām nosusinātām augsnēm ir ierobežota, nav informācijas par mitrām augsnēm, un ir pieejama tikai informācija par nosusinātām organiskajām augsnēm ar ierobežotu barības vielu saturu, tāpēc aprēķinos ņem vērā tikai oglekļa krājumu izmaiņas dzīvajā biomasā. Lai aprēķinātu augsnes emisijas, var izmantot 1. līmeņa metodiku. Spēja modelēt oglekļa krājumu izmaiņas, izmantojot esošos modeļus, ir ierobežota, tādēļ izmanto atšķirības starp augšanas līknēm sausās vai meliorētās augsnēs. Spēju aprēķināt atšķirības augšanas ātrumā vienas audzes ietvaros ierobežo dažādi sākotnējie apstākļi (gruntsūdens līmenis, barības vielu režīms, sugu sastāvs).

Ietekme ilgst visu aprites ciklu; lai nodrošinātu ierosināto ietekmi, savlaicīgi jāveic kopšana un atjaunošanas cirte. Svarīgs pasākums ir meliorācijas sistēmu uzturēšana un atjaunošana pēc atjaunošanas cirtes.

Organisko augšņu nosusināšanu var īstenot 269 kha platībā, pieņemot, ka 10% no mežiem uz mitrām organiskām augsnēm ir aizsargājami. Minerālaugšņu nosusināšanu var īstenot 272 kha platībā, pieņemot, ka 10% mežu uz mitrām organiskajām augsnēm ir aizsargāti. Kvantitatīvais ietekmes novērtējums vēl nav veikts. Siltumnīcefekta gāzu emisiju neto samazinājums minerālaugsnes nosusināšanas rezultātā ir 35 milj. m³, ietekmes ilgums ir vidēji 71 gads. Organiskajās augsnēs ietekme var būt vēl lielāka, tomēr to daļēji var kompensēt ar augsnes emisiju pieaugumu.

Mitru augšņu meliorēšanu var interpretēt kā neilgtspējīgu, jo tā var negatīvi ietekmēt esošo bioloģisko daudzveidību. Tomēr pagaidu meliorācijas sistēmu ierīkošana var būt vienīgais meža atjaunošanas veids pēc atjaunošanas cirtes, tādēļ šis pasākums faktiski veicina bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu, uzturot piemērotus apstākļus meža atjaunošanai.

Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Lielāks kokmateriālu iznākums un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem. Organisko augšņu nosusināšana ievērojami samazinās Hg ieplūdi ūdenstilpēs.

Latvijas klimata politikas instrumentos nav atbalsta darbībām, kas saistītas ar meža meliorācijas sistēmu paplašināšanu. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā nav iespējama, jo meliorācijas sistēmu ierīkošanu un uzturēšanu pēc būtības uzskata par neilgtspējīgu. **Nacionālās sistēmas** ietvaros pasākuma īstenošana ir iespējama, taču var būt ierobežojumi, kas saistīti ar normatīvu vai citu sertifikācijas sistēmu prasībām.

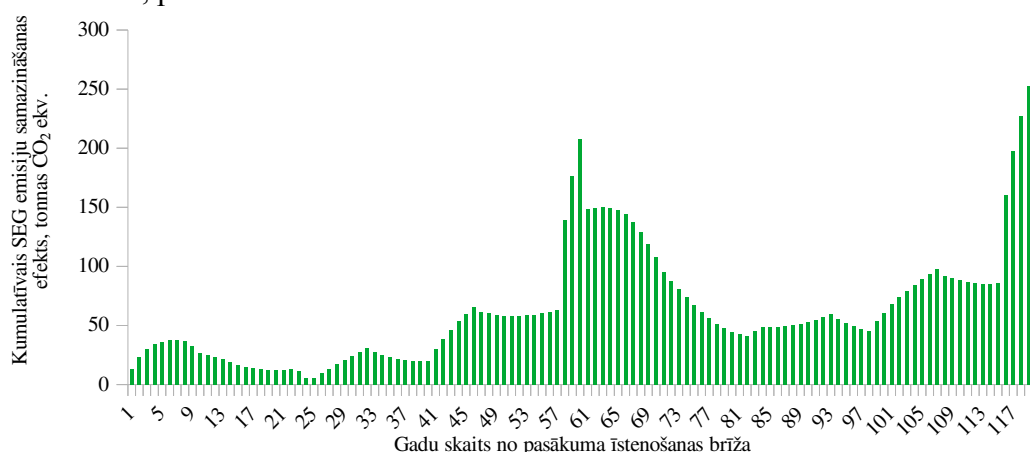
Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, uzlabojot hidroloģisko režīmu slapjajņos egles audzē, parādīts Att. 10.

citas oglekļa krātuves. Citas meža apsaimniekošanas izmaksas neuzskata par konvencionālās apsaimniekošanas prakses daļu.

Ievērojama papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā izejumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Augstāki kokmateriālu izejumi un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem.

Lauku attīstības programmā paredzēts atbalsts šim pasākumam, ierosinātā īstenošanas platība ir kopīga ar mazvērtīgu audžu atjaunošanu, respektīvi, 10000 ha abiem pasākumiem līdz 2028. gadam. Pasākuma īstenošana Verra platformā ir iespējama, ja var pamatot, ka tas neatbilst ikdienišķajai praksei. Pasākuma īstenošana **nacionālajā sistēmā** ir iespējama, salīdzinot ar bāzes scenāriju. Grūtības, tāpat kā citiem pasākumiem, kas veicina ilgtspējīgu, bet praksē jau izmantotu pasākumu īstenošanu, grūtības var radīt pasākuma ietekmes nodalīšana.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, mērķtiecīgi atjaunojot dabisko traucējumu bojātas parastās egles audzi, salīdzinot ar dabisko atjaunošanos ar lapu kokiem, parādīts Att. 11.



Att. 11. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, dabisko traucējumu bojātas parastās egles audzes atjaunošanai.

Organisko augšņu pārslapināšana un apmežošana ar purva bērzu un melnalksni

Daļā zālāju (ko sākotnēji izmantoja kā ganībās vai zālājus) jau ir atjaunojies mitrums, jo meliorācijas sistēmas ir nolietojušās vai meliorācijas sistēmu uzturēšana ir saistīta ar ievērojamiem izdevumiem vai organizatoriskiem jautājumiem, piemēram, līgumiem starp vairākiem zemes īpašniekiem. Šādos gadījumos mitru augšņu apmežošanu ar sugām, kas tolerantas pret ūdeni (alkšņiem, bērziem) var uzskatīt par reālu 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 līmeņa paaugstināšanos. Mežaudžu apsaimniekošana uz mitrām augsnēm ir saistīta ar lielu dabisko traucējumu risku, kas var izraisīt audžu slimības; tāpēc šādu audžu komerciālā vērtība ir rūpīgi jāapsver. Svarīgi arī norādīt, ka šī pasākuma īstenošana nenozīmē teritorijas atstāšanu atmatā, bet aktīvu un dārgu apsaimniekošanas darbību apsvēršanu, piemēram, augsnes skarifikāciju, stādīšanu, kopšanu un atjaunojošo cirti. Šī pasākuma kvantitatīvā ietekme vēl nav novērtēta, jo trūkst ticamu darbības datu un augsnes emisijas faktoru. Pasākuma izmaksas nav aprēķinātas. Ņemot vērā meža atjaunošanas izmaksas, kokaugu paludikultūras izveidošana var maksāt apmēram 2000 €, ha⁻¹, ieskaitot tikai meža atjaunošanas izmaksas.

Trūkst datu par CO₂ piesaistes aprēķiniem dzīvajā biomasā un citās oglekļa krātuvēs apmežotās paludikultūrās; tomēr var izmantot augšanas un mirstības līknes mežiem uz dabiski mitrām minerālajām un organiskajām augsnēm. Atkarībā no prognozētā augsnes barības vielu un ūdens režīma augšanas prognozēm var izvēlēties vispiemērotāko auglības klasi. Aplēšu nenoteiktību palielina augsts dabisko traucējumu risks (piemēram, plūdi, kas izraisa koku slimības asfiksijas rezultātā vai sekundāro kaitēkļu invāzijas dēļ). Nav pieejami dati, lai novērtētu ietekmi uz SEG emisijām no augsnes.

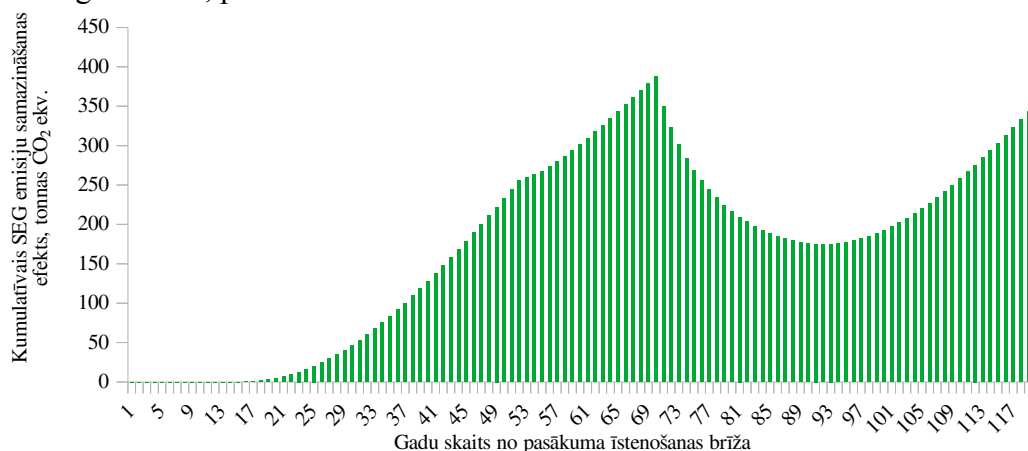
Ietekmes ilgums ir vismaz viens pilns koku aprites cikls; turpmāka SEG emisiju samazināšanās vai palielināšanās ir atkarīga no apsaimniekošanas prakses, ko piemēro nākamajai koku paaudzei. Ietekme uz SEG emisijām no augsnes ir nepārtraukta, tomēr ietekmes "zīme" un mērogs vēl nav novērtēts. Pastāv ievērojama varbūtība, ka mitruma režīma atjaunošana (ja tā vēl nav veikta) var palielināt augsnes SEG emisijas.

Apmežoti mitrāji rada vērtīgus biotopus dažādām sugām un veicina dabīgajiem mitrājiem raksturīgās veģetācijas atjaunošanos augsnēs, kas bagātas ar barības vielām. Tādēļ pasākumu nevar vainot par neatbilstību ilgtspējības kritērijiem. Tomēr ilgstošā ieviešanas perioda dēļ (no 40 līdz 60 gadiem līdz reģeneratīvajai ciršanai) materiālu iegūšanu šādās paludikultūrās var uzskatīt par kaitīgu videi, un sagatavoto kokmateriālu iznākums un aizstāšanas efekta prognozes enerģētikas nozarē var būt pārvērtētas.

Kokaugu paludikultūras 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.

Pasākumam nav atbalsta valstu politikā, taču to var īstenot apmežošanas programmas ietvaros. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama, ierīkojot retu stādījumu, kurā nav pārsniegti augsnes skarifikācijas nosacījumi. **Nacionālā sistēmā** pasākuma īstenošana ir iespējama.

Pasākuma kumulatīvās ietekmes aprēķinu piemērs, apmežojot pārslapinātas organiskās augsnes LIZ, parādīts Att. 12.



Att. 12. Kumulatīvais SEG emisiju samazinājums, apmežojot pārslapinātas organiskās augsnes LIZ.

Audzū kvalitātes uzlabošana dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemēs

Papildus piesaiste dzīvajā biomasā papildus pieauguma dēļ. Piesaiste citās oglekļa krātuvēs tajā skaitā sagatavotajos koksnes produktos arī palielinās. Papildus piesaiste saistīta ar izmaiņām sugu sastāvā un apsaimniekošanā, novedot pie labākiem apsvērumiem krājas pieaugumam nākotnē. Pasākuma ietekme ir atkarīga no tālākajām apsaimniekošanas darbībām. Pasākums atbilst meža apsaimniekošanas ilgspējas kritērijiem.

Meža augšanas modeļus var izmantot, lai parādītu CO₂ piesaisti dzīvajā biomasā un atmirušajā koksnē salīdzinājumā ar pašreizējo statusu. Lielā nenoteiktība ir saistīta ar pašreizējo statusu un augšanas potenciālu.

Līdz pat 100 gadiem, ņemot vērā garāko aprites ciklu (priedei). Citām sugām (bērzam un eglei) ir īsāki aprites cikli. Pētījumā nav ņemtas vērā izmaiņas aprites cikla garumā.

Papildus CO₂ piesaiste dzīvajā biomasā aprites cikla laikā ir 100 tonnas CO₂ ha⁻¹. Emisiju samazinājuma potenciāls pēc Lauku attīstības programmas ir 157 kt CO₂ līdz 2030. gadam. Tā nav galīgā vērtība, bet gan reprezentē 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. Nav ņemtas vērā citas oglekļa krātuves. Citas meža apsaimniekošanas izmaksas neuzskata par konvencionālās apsaimniekošanas prakses daļu.

Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākumi radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Augstāki kokmateriālu iznākumi un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža

darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem.

Lauku attīstības programmā paredzēts atbalsts 10000 ha mežu atjaunošanai līdz 2028. gadam. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama, ja var pamatot, ka tas neatbilst ikdienišķajai praksei. Pasākuma īstenošana **nacionālajā sistēmā** ir iespējama, salīdzinot augšanas gaitu ar bāzes scenāriju konkrētos apstākļos.

Mērķtiecīga mežaudžu atjaunošana, stādot selekcionētu stādmateriālu

Pasākums nodrošina papildus CO₂ piesaisti, pateicoties meža selekcijas efektam, un lielāku komerciāli vērtīgo sortimentu produkciju, ko izmanto sagatavoto kokmateriālu ieguvei ar ilgtermiņa oglekļa uzkrāšanas potenciālu. Ģenētiski vērtīgāka materiāla izmantošana nodrošina par 15-20% lielāku koku augšanas ātrumu nākamajā aprites ciklā. Adaptācijas efekts arī var sniegt ieguldījumu klimata pārmaiņu mazināšanā; tomēr šis efekts nav viegli novērtējams. Oglekļa krājumi atmirušās koksnes, nobiru un augsnes krātuvēs palielinās, pateicoties lielākai biomasas ieguvei un ienesei ar nobirām. Īsāks aprites cikls var ievērojami palielināt oglekļa ienesi. Pasākuma īstenošana skar arī apkārtējās audzes, kas atjaunojušās dabiski, jo apkārtējo audžu platībās ir pieejams augstvērtīgs sēkļu materiāls. Šo ietekmi nevar novērtēt ar šobrīd pieejamajām zināšanām.

Pasākuma ietekmes novērtēšanai izmantojami meža augšanas gaitas modeļi, pieņemot relatīvo papildpieaugumu apgabalos, kur izmanto ģenētiski uzlaboto materiālu. Detalizētas aplēses vēl nav iespējamas. Pasākuma ietekme ir nepārtraukta, viens cikls visiem mežiem varētu ilgt līdz pat 200 gadiem (garākais aprites cikls priedēm); tomēr ilgumu var ievērojami samazināt, saīsinot aprites ciklu. Papildus pasākumi, kas jāīsteno, ir agrīna kopšana, kopšanas cirtes un mežu aizsardzība. Vajadzības gadījumā ir jāuzlabo barības vielu režīms un jānosusina teritorijas, kurās ir virszemes ūdens daudzums pārsniedz normu. Atjaunojošā cirte jāveic savlaicīgi, un arī nākamais aprites cikls jāatjauno ar uzlabotu stādāmo materiālu.

Pieņemot, ka pasākumu ievieš visos mežos bez apsaimniekošanas ierobežojumiem (90% mežu), papildpieauguma radītā piesaiste būtu 215 milj. tonnu CO₂ (1,1 milj. tonnu gadā). Jāatzīmē, ka pasākuma īstenošanas turpināšana radītu ievērojami lielāku piesaisti, jo 200 gadu laika posms var ietvert vairākus koku aprites ciklus. Apaļkoksnes iznākums sasniegtu 212 milj. m³, attiecīgi apmēram 100 milj. tonnu CO₂ papildus piesaisti sagatavotajos koksnes produktos un apmēram 120 milj. tonnas CO₂ biokurināmajā. Ieguldījumu citās oglekļa krātuvēs nevar viegli noteikt.

Pasākuma īstenošana ir saistīta ar mākslīgās meža atjaunošanas īpatsvara pieaugumu līdz 100%, to teritoriju nosusināšanu, kurās virszemes ūdens daudzums limitē augšanu, un nabadzīgu augšņu ielabošanu, kur papildpieaugumu ierobežo barības vielu trūkums. To var uzskatīt par negatīvu ietekmi uz bioloģisko daudzveidību.

Papildus izmaksas pašreizējās cenās ir apmēram 450 € ha⁻¹ (stādāmais materiāls, augsnes skarifikācija un stādīšana vai sēšana). Vidējā CO₂ tonnas cena pašreizējās cenās ir 6,1 €.

Ievērojamais papildpieaugums un apaļkoksnes un meža biokurināmā iznākums, īstenojot šo pasākumu, radīs nozīmīgu ieguldījumu enerģētikas nozarē un kokapstrādes rūpniecībā. Augstāki kokmateriālu iznākumi un aktīva meža atjaunošana palielinātu degvielas patēriņu meža darbos, kas var sasniegt 5% no CO₂ emisiju apjoma ar biokurināmo un apaļajiem kokmateriāliem.

Meža politikā ir vispārīga piezīme, ka meža apsaimniekošanai ir jānodrošina, lai meža vērtība nesamazinātos, tomēr nav sniegts tiešs atbalsts meža atjaunošanai. Pasākuma īstenošana **Verra** platformā ir iespējama, taču grūti pamatojama, jo atbilst ikdienišķajai praksei. **Nacionālajā sistēmā** pasākuma īstenošana ir iespējama, salīdzinot ar bāzes scenāriju konkrētos apstākļos. Abos gadījumos būtu sarežģīti pierādīt atšķirību no ikdienišķās mežsaimniecības.

PLATĪBU ATLASĒS KRITĒRIJI PASĀKUMU ĪSTENOŠANAI

Reģionāla, novadu vai reģionu līmeņa, dažādām darbībām piemēroto platību atlasē metodika parādīta Tab. 1.

Tab. 1. Platību atlasē metodika

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlasē metodika
1.	Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētā augšņu karte; • joslu stādījumiem piemēroto platību karte (izstrādāta LVMI Silava); • prognožu modelis, kas parāda platības, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • meža valsts reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze "Ozols"; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētajā augšņu kartē atlasa organisko augšņu platības; • ar prognožu modeli atlasa platības, kurās var būt saglabājusies organiskā augsne; • izmantojot meža valsts reģistra datus atsiņā jau apmežotas platības; • izmantojot lauku reģistra datus atsiņā augļudārzus un bioloģiski vērtīgos zālājus; • izmantojot datubāzi "Ozols", atsiņā platības, kur noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi; • izmantojot joslu stādījumiem piemēroto platību karti, atsiņā platības, kuras piemērotas joslu stādījumu ierīkošanai; • izmantojot meliorācijas kadastru, piešķir visām atlasītajām platībām pazīmi – virszemes vai slēgta meliorācijas sistēma. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos.
2.	Mazauglīgu lauksaimniecības zemju uz minerālaugsnēm apmežošana	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētā lauksaimniecības zemes vērtējuma karte; • digitalizētā augšņu karte; • joslu stādījumiem piemēroto platību karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze "Ozols"; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētajā lauksaimniecības zemju vērtējuma kartē atsiņā platības ar zemes vērtējumu ballēs virs 25 ballēm; • digitalizētajā augšņu kartē atlasa organisko augšņu platības; • ar prognožu modeli atsiņā platības, kurās var būt saglabājusies

¹ Informācija nav digitalizēta un nav pieejama vienotas datu bāzes veidā, tāpēc pētījumā tā nav izmantota, taču to var izmantot, veicot plānošanu lokālā līmenī, lai identificētu teritorijas, kurās nav iespējama zemes izmantošanas maiņa.

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlasē metodika
		<p>organiskā augsne;</p> <ul style="list-style-type: none"> • izmantojot joslu stādījumiem piemēroto platību karti, atsiņā platības, kas piemērotas joslu stādījumiem; • izmantojot meža valsts reģistra datus atsiņā jau apmežotas platības; • izmantojot lauku reģistra datus atsiņā augļudārzus un bioloģiski vērtīgos zālājus; • izmantojot datubāzi “Ozols”, atsiņā platības, kur noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi; • izmantojot meliorācijas kadastru, piešķir visām atlasītajām platībām pazīmi – virszemes vai slēgta meliorācijas sistēma. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgos zālajos.
3.	Kopšanas cirte, lai uzlabotu sugu sastāvu, palielinātu augšanas ātrumu un saīsinātu aprites ciklu	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati; • zemes īpašnieka iegūta informācija par apmežojušos zemju stāvokli. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa platības sausieņos, āreņos, kūdreņos un slapjainos, kur nav aizliegta kopšanas cirte; • turpmāko plānošanu veic atbilstoši augšanas gaitas modelēšanā izmantotajiem pieņēmumiem.
4.	Intensīvi kultivēti kokaugu stādījumi kokmateriālu un biokurināmā ieguvei mazauglīgās un auglīgās augsnēs	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētā augšņu karte; • digitalizētā lauksaimniecības zemes vērtējuma karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • <i>Corine land cover</i> 2018. gada vai jaunāka karte; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze “Ozols”; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izmantojot <i>Corine land cover</i> un lauku reģistra karti, atlasa lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kuras nav lauku reģistrā; • izmantojot digitalizētā lauksaimniecības zemju novērtējuma karti, iepriekš sagatavotajā datu kopā atlasa lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kuru vērtējums ir lielāks par 25 ballēm vai arī tām nav vērtējuma; • izmantojot datubāzi “Ozols”, atsiņā platības, kurās noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi, kas liedz zemes izmantošanas veida maiņu; • izmantojot zemes vērtējuma un lauku reģistra karti, atlasa lauksaimniecības zemju platības, kuru vērtējums ballēs ir mazāks vai vienāds ar 35 ballēm un lielāks par 25 ballēm, izņemot bioloģiski vērtīgos zālājus un ganības vai tām pielīdzināmās platības, kas piemērotas kokaugu grupu ierīkošanai; • apvieno abas atlasīto datu kopas; • atlasa par 3 ha mazākus poligonus, lai nodrošinātu nepārklāšanos ar notekūdeņu dūņu izmantošanai piemēroto platību atlasī; • izmantojot meža valsts reģistru, atsiņā platības, kas jau apmežotas; • izmantojot joslu stādījumiem piemēroto platību karti, atsiņā platības, kas piemērotas joslu stādījumiem; • izmantojot digitalizēto augšņu karti, atlasa platības, kur var būt organiskās augsnes; • izmantojot prognožu modeli, atsiņā platības, kur kūdras slāņa

Platību atlasē kritēriji pasākumu īstenošanai

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlasē metodika
		<p>biezums var pārsniegt 20 cm.</p> <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos.
5.	Kokaugu joslu stādījumi gar meliorācijas sistēmām kokmateriālu un biokurināmā ieguvei	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • joslu stādījumiem piemēroto platību karte; • digitalizētā lauksaimniecības zemes vērtējuma karte; • digitalizētā augšņu karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze "Ozols"; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izmantojot joslu stādījumiem piemēroto platību karti, atlasa platības, kas piemērotas joslu stādījumiem; • digitalizētajā augšņu kartē iepriekš sagatavotajā datu kopā atlasa organisko augšņu platības; • ar prognožu modeli atlasa platības, kurās var būt saglabājusies organiskā augsne, un piešķir platībai pazīmi – organiskā augsne; • izmantojot meža valsts reģistru, atsijā platības, kas jau ir apmežotas; • izmantojot lauku reģistra datus atsijā augludārzus un bioloģiski vērtīgos zālājus; • izmantojot datubāzi "Ozols", atsijā platības, kur noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos.
6.	Kārķu plantācijas notekūdeņu dūņu izmantošanai	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētā augšņu karte; • digitalizētā lauksaimniecības zemes vērtējuma karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze "Ozols"; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • izmantojot datubāzi "Ozols", atsijā platības, kurās noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi, kas liedz zemes izmantošanas veida maiņu; • izmantojot zemes vērtējuma un lauku reģistra karti, atlasa lauksaimniecības zemju platības, kuru vērtējums ballēs ir lielāks par 25 ballēm, izņemot bioloģiski vērtīgos zālājus un ganības vai tām pielīdzināmās platības, kas piemērotas kokaugu grupu ierīkošanai; • atlasa par 3 ha lielākus poligonus, lai nodrošinātu efektīvu mašīnizētu apsaimniekošanu; • izmantojot meža valsts reģistru, atsijā platības, kas jau apmežotas; • izmantojot joslu stādījumiem piemēroto platību karti, atsijā platības, kas piemērotas joslu stādījumiem; • izmantojot digitalizēto augšņu karti, atlasa platības, kur var būt organiskā augsne; • izmantojot prognožu modeli, atsijā platības, kur kūdras slāņa

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlasē metodika
		<p>biezums var pārsniegt 20 cm.</p> <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos; • kārklu plantāciju ierīkošanai piemērotās platības var pārsegties ar kokaugu stādījumiem piemērotām platībām, tāpēc mākslīgi ievietots 3 ha kritērijs.
7.	Kokaugu grupu stādījumu ganībās	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • digitalizētā lauksaimniecības zemes vērtējuma karte; • digitalizētā augšņu karte; • <i>Corine land cover</i> 2018. gada vai jaunāka karte; • joslu stādījumiem piemēroto platību karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju un citu zālāju identificēšanai; • meliorācijas sistēmu reģistrs; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze “Ozols”; • novadu un pilsētu teritorijas plānojumi¹. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • lauku reģistrā atlasa ganības un citus zālājus, kuros iespējama kokaugu grupu stādīšana, atlasē neietver bioloģiski vērtīgos zālājus; • <i>Corine land cover</i> kartē atsijā platības, kas ir ārpus lauku reģistra, kurās zemes izmantošana atbilst zālājam, ganībām vai krūmājam pielīdzināmām zemes izmantošanas kategorijām; • izmantojot zemes vērtējuma karti, atsijā platības, kurās zemes vērtējums ir 25 balles vai mazāks; • apvienotajā datu kopā atlasa platības ar organiskajām augsnēm, izmantojot digitalizēto augšņu karti; • izmantojot prognožu modeli, atsijā platības, kur kūdras slānis biezāks par 20 cm; • izmantojot datubāzi “Ozols”, atsijā platības, kur noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos.
8.	Koksnes pelnu atgriešana mežā koku augšanas apstākļu uzlabošanai kūdreņos	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa kūdreņus ar valdošo sugu priede, egļe vai bērzs, kur nav aizliegta kopšanas cirte; • turpmākos aprēķinus veic atbilstoši AGM modelī izmantotajiem pieņēmumiem. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pelnu efektu rēķina atbilstoši valdošajai sugai, paredzot, ka tas ir proporcionāls izmantotā mēslojuma devai un to neierobežo citi faktori.
9.	Mīnerālmēslojuma izmantošana koku augšanas apstākļu uzlabošanai sausieņos un āreņos	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa sausieņus (sils, mētrājs, lāns, damaksnis) un āreņus (mētru, viršu un šaurlapju ārenis) ar valdošo sugu priede, egļe vai bērzs, kur nav aizliegta kopšanas cirte; • turpmākos aprēķinus veic atbilstoši AGM modelī izmantotajiem

Platību atlasē kritēriji pasākumu īstenošanai

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlasē metodika
		<p>pieņēmumiem.</p> <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mēslojuma efektu rēķina atbilstoši valdošajai sugai, paredzot, ka tas ir proporcionāls izmantotā mēslojuma devai un to neierobežo citi faktori.
10.	Meža hidrotehniskā meliorācija slapjainos	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa slapjainus, izņemot grīni, kuros nav noteikti saimnieciskās darbības aprobežojumi; • paredz meliorācijas sistēmu izbūvi, izstrādājot 3% no mērķa mežaudžu platības grāvju izbūvei. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā nevar ievērtēt iespējamus ierobežojumus, kas ar būt saistīti ar meliorācijas sistēmu izbūvi.
11.	Dabisko traucējumu bojāto un neproduktīvo mežaudžu mērķtiecīga atjaunošana	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa platības, kurās veikta sanitārā cirte un nav veikta meža atjaunošana, izņemot platības, kurās atjaunošana ar noteiktu sugu ir obligāta; • otrajā atlasē ietver apses, baltalkšņa un citu lapu koku sugu platības, kur audžu vecums pārsniedz atjaunošanas cirtes vecuma robežvērtību par vismaz 3 desmitgadēm; • trešajā atlasē iekļauj platības, kurās šķērslaukums vai koku skaits ir mazāks par kritisko; • ceturtajā atlasē ietvert vidēja vecuma un pieaugušas egles audzes, kurās ikgadējās krājas izmaiņas ir mazākas par $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (var izvēlēties citu kritēriju, ja tas labāk raksturo neproduktīvas audzes); • no atlasē izslēdz platības, kurās aizliegta kopšanas cirte; • turpmākos aprēķinus veic atbilstoši AGM modelī izmantotajiem pieņēmumiem. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinos neņem vērā iespējamus saimnieciskās darbības ierobežojumus.
12.	Organisko augšņu pārslāpināšana un apmežošana ar purva bērzu un melnalksni	<p>Platību atlasē jau veikta pasākumam “Mērķtiecīga organisko augšņu apmežošana”. Iespējams, ka papildus atlasī var veikt ar Fill sink algoritma identificēto ieplaku klasificēšanas palīdzību, paludikultūru ierīkošanu ierīkojot platības ar dziļākajām ieplakām, izvēloties Fill sink algoritma robežvērtību tā, lai 50% platību ar organiskām augsnēm bez saimnieciskās darbības ierobežojumiem. tiktu atlasīti paludikultūru ierīkošanai.</p>
13.	Audžu kvalitātes uzlabošana dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemēs	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zemes īpašnieka sagatavots materiāls par taksācijas rādītājiem dabiski apmežojušās platībās; • digitalizētā augšņu karte; • joslu stādījumiem piemēroto platību karte; • prognožu modelis, kas parāda augsnes, kurās kūdras slāņa biezums ir vismaz 20 cm; • lauku reģistrs bioloģiski vērtīgo zālāju un citu zālāju identificēšanai; • īpaši aizsargājamo dabas teritoriju datu bāze “Ozols”. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • lauku reģistrā atlasa ganības un citus zālājus, kuros iespējama kokaugu grupu stādīšana, atlasē neietver bioloģiski vērtīgos zālājus; • Corine land cover kartē atsijā platības, kas ir ārpus lauku reģistra,

Platību atlases kritēriji pasākumu īstenošanai

Nr.	Pasākuma nosaukums	Platību atlases metodika
		<p>kurās zemes izmantošana atbilst zālājam, ganībām vai krūmājam pielīdzināmām zemes izmantošanas kategorijām;</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa platības ar organiskajām augsnēm, izmantojot digitalizēto augšņu karti; • izmantojot prognožu modeli, atsijā platības, kur kūdras slānis biežāks par 20 cm; • izmantojot datubāzi “Ozols”, atsijā platības, kur noteikti saimnieciskās darbības ierobežojumi. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā neņem vērā iespējamus papildus dabas aizsardzības ierobežojumus, pieņemot, ka tie jau ir realizēti bioloģiski vērtīgajos zālajos.
14.	Mērķtiecīga mežaudžu atjaunošana, stādot selekcionētu stādmateriālu	<p>Darbību datu avoti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meža valsts reģistra dati. <p>Aprēķinu gaita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • atlasa mežaudzes, kurās nav noteikta obligāta atjaunošana ar noteiktu koku sugu un kurās veikta mežizstrāde un nav veikta atjaunošana; • atsijā platības grīnī, viršu un mētru kūdrenī; • atsijā platības, kurās aizliegta kopšanas cirte; • turpmākos aprēķinus veic atbilstoši AGM modelī izmantotajiem pieņēmumiem. <p>Papildus nosacījumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aprēķinā nevar ievērtēt iespējamus ierobežojumus, kas ar būt saistīti ar meliorācijas sistēmu izbūvi.

LITERATŪRA

1. 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>
2. Kārklīņa, I., Petaja, G., Lazdina, D., Lazdiņš, A., Ķēniņa, L., Matisons, R., & Jansons, A. (2021). *Koku augšanas apstākļu uzlabošanas risinājumi un rekomendācijas to pielietošanai praksē*.
3. Korhikoski, M., Ojanen, P., Tuovinen, J.-P., Minkkinen, K., Nevalainen, O., Penttilä, T., Aurela, M., Laurila, T., & Lohila, A. (2023). Partial cutting of a boreal nutrient-rich peatland forest causes radically less short-term on-site CO₂ emissions than clear-cutting. *Agricultural and Forest Meteorology*, *332*, 109361. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109361>
4. Lazdiņa, Dagnija. (2009). *Notekūdeņu dūņu izmantošanas iespējas kārkļu plantācijās*. LLU.
5. 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).
6. 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>