

# PĀRSKATS

PAR PĒTĪJUMU

## ENERĢĒTISKĀS KOKSNES RAŽOŠANAS, UZGLABĀŠANAS UN PIEGĀDES PROCESĀ RADĪTO SEG EMISIJU APRĒĶINA VIENĀDOJUMU IZSTRĀDE

---

Līguma Nr. 5-5.5.1\_001p\_101\_22\_41

Ziņojuma Nr. 2022-02-01

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

# KOPSAVILKUMS

Pētījuma aktualitāti nosaka Latvijas valdības apņemšanās līdz 2050. gadam sasniegt klimata neitralitātes mērķi, tajā skaitā nodrošināt SEG emisiju samazinājumu transporta un enerģētikas sektorā. Meža biokurināmā piegādātājiem jau tuvākajā laikā būs jānodrošina detalizēti un izsekojami dati par biokurināmā ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas apjomu, kā arī jādokumentē ražošanas procesā radīto SEG emisiju apjoms. Šāda informācija nepieciešama arī meža biokurināmā patērētājiem, kam ir noteiktas SEG emisiju samazinājuma robežvērtības, lai meža biokurināmo varētu uzskatīt par atjaunojamu resursu.

Latvijā izstrādāta SEG emisiju aprēķina metodika saimnieciskās darbības ietekmes uz klimata pārmaiņām novērtēšanai, ko nosaka Ministru kabineta 2018. gada 23. janvāra noteikumi Nr. 42 "Siltumnīcefekta gāzu emisiju aprēķina metodika". Šajos noteikumos raksturoti SEG emisiju aprēķinu principi, kā arī doti kumulatīvi emisijas faktori un aprēķinu vienādojumi emisiju vai to samazinājuma aprēķiniem. Noklusētās SEG emisiju vērtības dažādiem meža biokurināmā veidiem dotas Eiropas Savienības un Padomes direktīvā (ES) 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu. Prasības SEG emisiju samazināšanai un biokurināmā ilgtspējas kritērijiem, kā arī atbilstības novērtēšanas kārtība iekļauta Ministru kabineta 2022. gada 2. novembra noteikumos Nr. 686 "Noteikumi par ilgtspējas un siltumnīcefekta gāzu emisiju ietaupījuma kritērijiem, no biomasas kurināmā ražotās elektroenerģijas kritērijiem un kārtību, kādā pamatojama, apliecināma un uzraugāma atbilstība minētajiem kritērijiem". Visdetalizētākā informācija, kā arī Starpvalstu Klimata pārmaiņu padomes ekspertu verificēta informācija par SEG emisijām tehnoloģiskajos procesos, tajā skaitā meža biokurināmā ražošanā, iekļauta Nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā.

Šajā pētījumā SEG emisiju kalkulatora izstrādāšanai izmantoti SEG emisiju faktori, kas iekļauti Nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā un meža biokurināmo raksturojošie rādītāji, kas doti Ministru kabineta noteikumos Nr. 42. Emisiju aprēķinā iekļauts degvielas, smērvielu, eļļu un gaisa kondicionēšanas sistēmu siltumnesēju patēriņš, ražojot malku un birstošo meža biokurināmo. Darbību datus daļēji sagatavoja pasūtītājs, bet iztrūkstošie darbību dati aizgūti no Latvijā un ārvalstīs veiktu pētījumu rezultātiem, tāpēc pārskatam pievienotajā aprēķinu kalkulators neraksturo konkrētu ražošanas procesu, bet gan sniedz aptuvenu priekšstatu par SEG emisijām ražošanas procesā. Lai raksturotu ražošanas procesus uzņēmumā, kalkulators jāpapildina ar iztrūkstošajiem datiem, ko šobrīd aizstāj pētījumu rezultāti. Aprēķinos izmantoti t.s. Starpvalstu padomes par klimata pārmaiņām ceturtā novērtējuma ziņojuma sasilšanas potenciāla (GWP) faktori CO<sub>2</sub> un N<sub>2</sub>O, kas iekļauti Ministru kabineta noteikumos Nr. 42 un Nr. noteikumos Nr. 686. SEG inventarizācijas ziņojumā no 2023. gada izmanto piektajā ziņojumā iekļautos GWP faktoros, tāpēc tuvākajā laikā, grozot attiecīgās regulas un Latvijas normatīvus kalkulatorā būs jānomaina arī šie rādītāji. Izmaiņas būs vidēji 1% no šobrīd aprēķinātajām emisijām.

Pētījumā sagatavoti divu veidu kalkulatori SEG emisiju raksturošanai – aprēķins, kurā izmantoti degvielas un citu resursu patēriņa dati uz saražotās produkcijas vienību, un detalizētāks aprēķins, kurā SEG emisijas nosaka ražības rādītāji un vidējais degvielas un resursu patēriņš laika vienībā vai uz nobraukto attālumu. Aprēķinātās SEG emisiju vērtības meža biokurināmā ražošanai šajā pētījumā ir nedaudz mazākas par regulā (ES) 2018/2001 dotajām noklusētajām emisiju vērtībām. Atšķirība var būt saistīta konservatīvas pieejas izmantošanu regulā, aizstājot trūkstošos datus ar sliktāko iespējamo variantu. Turpretim, meža biokurināmā piegādes radītās SEG emisijas saskaņā ar pētījuma rezultātiem ir vairākas reizes mazākas nekā regulā (ES) 2018/2001 dotās noklusētās emisiju vērtības. Tas var būt skaidrojams gan ar to, ka regulā mazākais piegādes attālums ir 500 km, bet saskaņā ar uzņēmuma sniegto informāciju tas ir 68 km (7 reizes mazāks), kā arī atšķirīgu transporta veidu izmantošanu piegādes organizēšanā – AS "Latvijas valsts meži" izmanto automašīnas, nereti izmantojot starpkrautuves, bet regulā, visticamāk, kombinēts ceļu un jūras transports un vairākas starpkrautuves, kas raksturīgs starptautiskām piegādēm.

Izstrādātais kalkulators ir izmantojams meža biokurināmā ražošanas un piegādes radīto SEG emisiju raksturošanai. Lai uzlabotu aprēķinu rezultātu precizitāti, ir jāturpina uzlabot uzņēmuma ražošanas datu uzkrāšanas sistēma, lai apkopotu emisiju aprēķiniem būtisku informāciju, tajā skaitā tehnikas ražības rādītājus, degvielas un citu resursu (smērvielas, motoreļļa, transmisijas eļļa, siltumnesēji kondicionēšanas sistēmās, dzinēja dzesēšanas šķidrums) patēriņa datus.

Pētījuma rezultāti sagatavoti publicēšanai zinātniskajā periodikā, salīdzinot SEG emisijas uzņēmumam raksturīgākajos tehnoloģiskajos procesos.

Pētījums veikts LVMI Silava un AS “Latvijas valsts meži” (LVM) 2022. gada 20. jūlija līguma ietvaros. Aprēķinos izmantotos darbību datus par tehnikas ražīgumu un atsevišķu tehnikas vienību vidējo degvielas patēriņu gatavoja LVM darbinieki. Pārējie dati, galvenokārt, ar degvielas patēriņu nesaistītu resursu izmantošana, iegūti, veicot literatūras analīzi un izdarot ekspertu pieņēmumus.

## SATURS

<b>Kopsavilkums .....</b>	<b>2</b>
<b>Ievads .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Vienādojumu izstrāde SEG emisijas raksturošanai enerģētiskās koksnē ražošanas un piegāžu procesā .....</b>	<b>7</b>
1.1. Aprēķinu matricas izstrādāšana.....	7
1.2. Pieņēmumu un darbību datu sagatavošana .....	8
1.3. Aprēķinu vienādojumu izstrādāšana .....	15
<b>2. Vienādojumu zinātniskā pamatojuma izstrāde.....</b>	<b>16</b>
2.1. Darbību datus raksturojošo vidējo rādītāju un pieņēmumu apkopošana .....	16
2.2. Vienādojumu validēšana, izmantojot nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma datus .....	18
2.3. Izpētes rezultātu apkopošana zinātniskā publikācijā .....	18
<b>3. Vienādojumu testēšana un adaptācija atšķirīgiem apstākļiem.....</b>	<b>22</b>
<b>Secinājumi un rekomendācijas .....</b>	<b>35</b>
<b>Literatūra.....</b>	<b>36</b>

## Attēli

Attēls 1. Elektroenerģijas ražošanas radītās SEG emisijas Latvijā.....	13
Attēls 2. Shematisks emisiju aprēķinu gaitas attēlojums. ....	15
Attēls 3. SEG emisiju aprēķinu rezultātu salīdzinājums vienkāršotajam un detalizētajam modelim. ....	27
Attēls 4. SEG emisijas pievešanas procesā 100 m garam ceļa posmam. ....	28
Attēls 5. Vienkāršotā aprēķina datu ievades lauki.....	42
Attēls 6. Tehnikas noslodze mēnešu griezumā atbilstoši saražotajam apjomam. ....	43
Attēls 7. Tehnoloģiskā cikla kalkulators. ....	44
Attēls 8. Atsevišķu tehnikas vienību SEG emisiju aprēķins. ....	44
Attēls 9. Šķeldu un malkas tehnoloģisko procesu radīto emisiju aprēķins. ....	45
Attēls 10. Detalizētā aprēķina datu ievades lauki. ....	47
Attēls 11. Papildus informācijas ievadīšana par tehnikas pārvietošanu. ....	48
Attēls 12. Informācijas par smērvielu patēriņu tehnikas pārvietošanai. ....	49
Attēls 13. Aprēķinu rezultātu kopsavilkums. ....	49
Attēls 14. Tehnoloģiskā cikla kalkulators detalizētajam kalkulatoram. ....	50

## Tabulas

Tabula 1. Pētnieciskie uzdevumi un sagaidāmais rezultāts.....	5
Tabula 2. Aptaujas anketā ietvertie parametri .....	8
Tabula 3. Degvielu un smērvielu raksturojums un emisiju faktori .....	14
Tabula 4. Koeficienti un pārrēķinu faktori .....	14
Tabula 5. Aprēķinu pieņēmumi apaļkoksnē un biokurināmā ražošanas un piegādes radīto SEG emisiju novērtēšanai (atbilstoši Līcīte u.c., 2021) .....	19
Tabula 6. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no mežizstrādes atliekām atjaunošanas cirtē ...	23
Tabula 7. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no lauksaimniecībā izmantojamo zemju apauguma .....	24
Tabula 8. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no grāvju trašu apauguma.....	24
Tabula 9. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo jaunaudžu kopšanas cirtēs .....	25
Tabula 10. Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai, pārrēķinot uz saražotās produkcijas zemāko sadegšanas siltumu (kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup> , izņemot emisijas, ko rada treileris, kas pārvieto tehniku, kas izteiktas g CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup> ) .....	25
Tabula 11. Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai dažādu emisiju avotu griezumā .....	29

## IEVADS

Pētījuma uzdevums ir izstrādāt vienādojumus, kas funkcionē ar Microsoft Excel savietojamā datņu formātā, siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju raksturošanai meža biokurināmā ražošanas un piegāžu procesā (meža biokurināmā sagatavošana, pievešana, šķeldošana, šķeldu transportēšana un šķeldu krautnēšana ar frontālo iekrāvēju). Papildus izveidotas izstrādātajos vienādojumos izmantojamo koeficientu tabulas un vienādojumu pielietošanas apraksts. Izstrādātie vienādojumi aprakstīti zinātniskā pamatojumā. Izstrādāto pamatojumu ar AS “Latvijas valsts meži” (LVM) darbību raksturojošiem vidējiem rādītājiem iesniegsim publicēšanai Scopus vai Web of Science datubāzēs iekļautā zinātnisko rakstu krājumā pēc visu aprēķiniem nepieciešamo datu saņemšanas. Pētījuma izpildes progress raksturots 1. tabulā.

**Tabula 1. Pētnieciskie uzdevumi un sagaidāmais rezultāts**

Nr.	Pētnieciskais uzdevums	Sagaidāmais rezultāts	Izpilde
1.	Vienādojumu izstrāde siltumnīcefekta gāzu emisijas raksturošanai enerģētiskās koksnē ražošanas un piegāžu procesā		
1.1.	Aprēķinu matricas izstrādāšana	Vienādojumi enerģētiskās koksnē ražošanas procesa (sagatavošana mežizstrādes procesā ar harvesteru, ekskavatoru un motorzāģi, pievešana, šķeldošana, šķeldu transportēšana un krautnēšana ar frontālo iekrāvēju) radīto SEG emisiju noteikšanai, kas aprēķinātas saskaņā ar 2018. gada 11. decembra ES Direktīvā 2018/2001 noteikto metodiku un ir harmonizēta ar Latvijas nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā izmantoto metodiku (saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 737, 12.12.2017). Vienādojumos izmantojamo koeficientu tabulas un detalizēts (solī pa solim) to pielietošanas apraksts.	Sagatavota un iekļauta pārskatā
1.2.	Pieņemumu un darbību datu sagatavošana		Daļēji saņemti no pasūtītāja, iztrūkstošie dati iegūti, veicot literatūras analīzi un ekspertu pieņemumus
1.3.	Aprēķinu vienādojumu izstrādāšana		SEG un papildus parametru aprēķinu vienādojumi izstrādāti un iekļauti aprēķinu matricā
1.4.	Pielietošanas instrukcijas un pieņemumu tabulu sagatavošana.		Iekļauta pārskatā
2.	Vienādojumu zinātniskā pamatojuma izstrāde		
2.1.	Darbību datus raksturojošo vidējo rādītāju un pieņemumu apkopošana	Vienādojumu zinātniskais pamatojums	Pasūtītāja iesniegtie un izpildītāja, veicot papildus izpēti, sagatavotie darbību dati apkopoti aprēķinu vienādojumos
2.2.	Vienādojumu validēšana, izmantojot nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma datus		Vienādojumi validēti, veicot papildus izpēti atsevišķu tehnoloģisko procesu raksturošanai; šo tehnoloģisko procesu SEG emisiju aprēķinu rezultāti salīdzināti ar regulā 2018/2001 (11.12.2018) dotajām noklusētajām emisiju vērtībām

**Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde**

<b>Nr.</b>	<b>Pētnieciskais uzdevums</b>	<b>Sagaidāmais rezultāts</b>	<b>Izpilde</b>
2.3.	Izpētes rezultātu apkopošana zinātniskā publikācijā		Manuskripts iesniegts publicēšanai rakstu krājumā "Engineering for rural development" (SJR indeksa vērtība 2020. gadā 0,3)
3.	Vienādojumu testēšana un adaptācija atšķirīgiem apstākļiem		
3.1.	Dažādu enerģētiskās koksnes piegāžu ķēžu radīto SEG emisiju aprēķins	Pētījuma gala pārskats	Aprēķins veikts pēc papildus izpētes trūkstošo datu ieguvei par degvielas un citu resursa patēriņu un ražību dažādos tehnoloģiskajos procesos
3.2.	Zinātniskā pārskata sagatavošana par pētījuma rezultātiem.		Sagatavots atbilstoši pasūtītāja iesniegto un, veicot papildus izpēti, iegūto datu apjomam

Kalkulatora pielietošanas instrukcija pievienota 1. pielikumā. Sagatavotās publikācijas manuskripts pievienots atsevišķā dokumentā.

# 1. VIENĀDOJUMU IZSTRĀDE SEG EMISIJAS RAKSTUROŠANAI ENERĢĒTISKĀS KOKSNES RAŽOŠANAS UN PIEGĀŽU PROCESĀ

## 1.1. Aprēķinu matricas izstrādāšana

Pētījumā izstrādātas 2 aprēķinu matricas – vienkāršāka, kas balstās uz resursu, tajā skaitā degvielas, elektroenerģijas, smērvielu un siltumnesēja patēriņu produkcijas vienības saražošanai, un detalizētāka, kas balstās uz ražības rādītājiem un resursu patēriņu darba stundā vai uz nobraukto attālumu. Šajā aprēķinā katru tehnikas vienību raksturo degvielas un smērvielu patēriņš, ražīgums, cirtes veids, biopiedevu izmantošana degvielā un smērvielās. Ražības rādītāji sadalīti elementos pievešanai un kokmateriālu un meža biokurināmā transportam. Tehnikas pārvietošana ar treileri izrēķināta gan atsevišķi treilerim, gan katrai tehnikas vienībai.

Aprēķinā ietvertie enerģētiskās koksnes avoti ir atjaunošanas un kopšanas cirtes, tajā skaitā mežizstrādes atliekas, pameža koksnes un sīkkoki, kā arī apauguma novākšana. Cirtes veidi jeb darba vide vienkāršotajā aprēķinā ir šķeldotāja un iekrāvēja darbs, ko neietekmē cirtes veids, citas cirtes, kopšanas cirtes un atjaunošanas cirtes un atjaunošanas cirtes, kurās gatavo malku, kā arī citas cirtes, kopšanas cirtes un atjaunošanas cirtes, kurās sagatavo un piegādā birstošo kurināmo. Šis aprēķins sākotnēji bija paredzēts tehnikas snieguma salīdzināšanai dažādos cirtes veidos, taču iesniegtā informācija par degvielas patēriņu nav pietiekoša šādam salīdzinājumam. Atsevišķi sagatavots kalkulators šķeldu un malkas ražošanai, izmantojot degvielas patēriņa datus, kurā nav izdalīti cirtes veidi, bet var ievadīt konkrētiem apstākļiem raksturīgos rādītājus. Visiem tehnikas veidiem vienkāršoto aprēķinu veic ar vienādām formulām. Pēc degvielas patēriņa datu ievadīšanas, var izveidot dažādus tehnoloģiskos procesus, kas ietver līdz 13 tehnikas vienībām. Tehnikas vienību skaitu var izmainīt.

Detalizētajā aprēķinā izdalītie cirtes veidi jeb darba vides ir mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs, kopšanas cirtē un atjaunošanas cirtē, malka pārējās cirtēs, kopšanas cirtē un atjaunošanas cirtē, šķeldošana un pārkraušana, biomasa jaunaudzū kopšanas cirtē, apauguma novākšanā vienlaidus platībās un grāvju trasēs. Arī šim kalkulatoram ir izveidots kopsavilkums, kurā var izvēlēties līdz 13 tehnikas vienībām, papildus norādot darba vidi, piemēram, jāizvēlas vidējās klases harvesteris, kas gatavo malku atjaunošanas cirtē. Izvēloties harvesteru, kas gatavo meža biokurināmo no mežizstrādes atliekām, pēc noklusējuma emisijas mežizstrādei būs nulle, jo visas emisijas ir attiecinātas uz apaļo kokmateriālu sagatavošanu.

Aprēķinos neietver ar cilvēkresursu izmantošanu saistītās emisijas, tajā skaitā braucieni uz darbu un no darba un sadzīves energoresursu patēriņš, kā arī ar procesa administrēšanu saistītais resursu patēriņš.

Aprēķinu precizitāte tieši proporcionāla ievadīto datu objektivitātei. Detalizētajā aprēķinā var kļūdīties, interpretējot resursu patēriņa vai ražības datus, tāpēc ieteicams veikt abus – gan vienkāršotāko, gan detalizēto aprēķinu, lai pārliecinātos, ka abi rezultāti būtiski neatšķiras un novērtētu dažādu parametru izmaiņu ietekmi uz SEG emisijām. Vērtējot rezultātus, jāņem vērā, ka vienkāršotajā aprēķinā, visticamāk, izmantota konservatīva pieeja resursu patēriņa novērtēšanai, kas rezultātā var veidot būtisku resursu patēriņa pārvērtējumu, savukārt, detalizētais aprēķins var neietvert resursu patēriņu normālos apstākļos ražošanas procesā neietvertās darbībās.

Aprēķinu rezultāts ir SEG emisijas uz saražotās produkcijas vienību, uz CO<sub>2</sub> saražotajā produkcijā un uz enerģijas vienību gan atsevišķām tehnikas vienībām un mežizstrādes apstākļiem, gan ražošanas procesiem, kas apvieno vairākas tehnikas vienības.

## 1.2. Pieņēmumu un darbību datu sagatavošana

Galvenos pieņēmumus, kas raksturo degvielas un smērvielu patēriņa rādītāji darba stundā, ražīgums, summējot dažādus darba elementus, un darba apstākļus raksturojošos rādītājus, kā arī summāro degvielas un citu SEG emisijas veidojošo materiālu patēriņu uz produkcijas vienību ražīguma un patēriņa laika vienībā sākotnēji gatavoja pasūtītājs, aizpildot izpildītāja sagatavotu datu tabulu. Aptaupjā iekļautās tehnikas vienības:

1. harvesteri: kompaktklases harvesters, vidējās klases harvesters, lielais harvesters, kompaktklases harvesters ar kniebējgalvu, vidējās klases harvesters ar kniebējgalvu, lielais harvesters ar kniebējgalvu, kompaktklases harvesters, kas aprīkots ar ķēdēm, vidējās klases harvesters, kas aprīkots ar ķēdēm, lielais harvesters, kas aprīkots ar ķēdēm, kompaktklases kāpurķēžu ekskavators, vidējais kāpurķēžu ekskavators, lielais kāpurķēžu ekskavators, benzīna ķēdes zāģi;
2. forvarderi: kompaktklases forvarders, vidējās klases forvarders, lielais forvarders, kompaktklases forvarders, kas aprīkots ar ķēdēm, vidējās klases forvarders, kas aprīkots ar ķēdēm, lielais forvarders, kas aprīkots ar ķēdēm;
3. šķeldotāji un drupinātāji: šķeldotājs ar traktoru, šķeldotājs ar traktoru (jūgvārpstas piedziņa), šķeldotājs uz automašīnas bāzes, šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju, šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju;
4. koksnes transports: kokvedējs malkas transportēšanai, šķeldu vedējs ar puspiekabi, šķeldu vedējs ar 2 konteineriem (šķeldu vedējiem atsevišķi veicams aprēķins pārvadājumiem no starpkrautuves);
5. tehnikas transports: treileris kompaktklases tehnikas pārvietošanai, treileris vidējās klases tehnikas pārvietošanai, treileris lielās tehnikas pārvietošanai;
6. frontālais iekrāvējs šķeldu pārkraušanai starpkrautuvē.

**Tabula 2. Aptaupjas anketā ietvertie parametri**

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
Degvielas un elektroenerģijas patēriņš	1.	L motorstundā darba laikā	Degvielas patēriņš darba laikā vai vidējais degvielas patēriņš, ja precīzāki dati nav pieejami
	2.	L motorstundā dīkstāves laikā	Ieteicams rādītājs, lai raksturotu degvielas patēriņu laikā, kad dzinējs strādā tukšgaitā, nav izmantojams, ja 1. rindā uzrādīts vidējais degvielas patēriņš. Ja uzrādīts vidējais degvielas patēriņš, tad dīkstāves laika īpatsvars jānorāda 0%
	3.	L 100 km <sup>-1</sup> (ārpus pilsētas ar kravu)	Vidējais degvielas patēriņš
	4.	L 100 km <sup>-1</sup> (pilsētā ar kravu)	Vidējais degvielas patēriņš, papildus kalkulatorā norādāms pilsētā nobrauktā attāluma īpatsvars
	5.	L 100 km <sup>-1</sup> (ārpus pilsētas bez kravas)	Vidējais degvielas patēriņš
	6.	L 100 km <sup>-1</sup> (pilsētā bez kravas)	Vidējais degvielas patēriņš



Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
	7.	Neatkarīgi no cirtes veida, L ber. m <sup>-3</sup>	Degvielas patēriņa vidējie rādītāji šķeldotājam, iekrāvējam un šķeldu vedējiem
	8.	Neatkarīgi no cirtes veida, kWh ber. m <sup>-3</sup>	Elektroenerģijas patēriņš šķeldotājam lejasgala krautuvē
	9.	Mežizstrāde citās cirtēs, L m <sup>-3</sup>	Degvielas patēriņa vidējie rādītāji apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai
	10.	Mežizstrāde kopšanas cirtē, L m <sup>-3</sup>	Degvielas patēriņa vidējie rādītāji apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai
	11.	Mežizstrāde atjaunošanas cirte, L m <sup>-3</sup>	Degvielas patēriņa vidējie rādītāji apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai
	12.	Mežizstrāde citās cirtēs, L ber. m <sup>-3</sup>	Harvesteram degvielas patēriņš, zāģējot veselus kokus (apaugums, grāvju trases)
	13.	Mežizstrāde kopšanas cirtē, L ber. m <sup>-3</sup>	Harvesteram degvielas patēriņš, zāģējot veselus kokus (jaunaudžu kopšanas cirtes, pamežs)
	14.	Mežizstrāde atjaunošanas cirte, L ber. m <sup>-3</sup>	Degvielas patēriņa vidējie rādītāji apauguma novākšanai, kad netiek gatavoti apaļie kokmateriāli
Smērvielu un eļļas patēriņš, kondicionieru uzpilde	15.	smērvielas, g motorstundā	Vidējais smērvielu patēriņš manipulatora un citu kustīgo detaļu eļļošanai pārrēķināts uz motorstundām, nenorāda, ja izmanto bioeļļu
	16.	transmisijas eļļa, g motorstundā	Vidējais transmisijas (arī hidrauliskās) eļļas patēriņš, tajā skaitā regulārajās apkopēs un avāriju rezultātā pārrēķināts uz motorstundām, nenorāda, ja izmanto bioeļļu
	17.	motoreļļa, g (motor)stundā	Vidējais motoreļļas patēriņš regulārajās apkopēs pārrēķināts uz motorstundām; ķēdes zāģim eļļa, ko piejauc degvielai
	18.	siltumnesējs gaisa kondicionieros, g motorstundā	Vidējais patēriņš avāriju un regulāro apkopju laikā
	19.	motoreļļa, g km <sup>-1</sup>	Kravas mašīnām motoreļļas patēriņu izsaka uz 1 km
	20.	ķēžu eļļa citās cirtēs, g m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai, tajā skaitā ķēdes zāģim, nenorāda, ja izmanto bioeļļu
	21.	ķēžu eļļa kopšanas cirtē, g m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai, tajā skaitā ķēdes zāģim, nenorāda, ja izmanto bioeļļu
	22.	ķēžu eļļa atjaunošanas cirtē, g m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš apaļo kokmateriālu un malkas sagatavošanai, tajā skaitā ķēdes zāģim, nenorāda, ja izmanto bioeļļu

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
	23.	ķēžu eļļa citās cirtēs, g ber. m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš mežizstrādē, ja netiek gatavoti apaļie kokmateriāli
	24.	ķēžu eļļa kopšanas cirtē, g ber. m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš mežizstrādē, ja netiek gatavoti apaļie kokmateriāli
	25.	ķēžu eļļa atjaunošanas cirtē, g ber. m <sup>-3</sup>	Ķēžu eļļas patēriņš mežizstrādē, ja netiek gatavoti apaļie kokmateriāli
Noslodzes procentuālais sadalījums, ražojot meža biokurināmo, ber. m <sup>3</sup> , darba stundas vai km mēnesī	26.	janvāris	Vidējā noslodze mēnesī atbilstoši saražotajam apjomam
	27.	februāris	
	28.	marts	
	29.	aprīlis	
	30.	maijs	
	31.	jūnijs	
	32.	jūlijs	
	33.	augusts	
	34.	septembris	
	35.	oktobris	
Biokurināmā iznākums	38.	mežizstrādes atliekas, ber. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
	39.	mežizstrādes atliekas no kokmateriāliem, ber. m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
	40.	biomasa lauksaimniecības zemju apaugumā, ber. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
	41.	biomasa grāvju trašu apaugumā, ber. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
	42.	malka no kokmateriāliem, m <sup>3</sup> ar mizu m <sup>-3</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
	43.	malka, m <sup>3</sup> ar mizu ha <sup>-1</sup>	Vidējie rādītāji kvalitātes kontrolei un tehnikas izmantošanas efektivitātes novērtēšanai
Tehnikas pārvietošanās	44.	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums pārējās cirtēs, km	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums ar treileri vienā virzienā
	45.	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums kopšanas cirtēs, km	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums ar treileri vienā virzienā
	46.	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums atjaunošanas cirtēs, km	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums ar treileri vienā virzienā

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
	47.	Vidējais tehnikas pārvietošanas attālums, neatkarīgi no cirtes, km	Vidējais šķeldotāju pārbraucienu attālums vienā virzienā
	48.	Pievešanas attālums pārējās cirtēs, m	Vidējais pievešanas attālums ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	49.	Pievešanas attālums kopšanas cirtēs, m	Vidējais pievešanas attālums ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	50.	Pievešanas attālums atjaunošanas cirtēs, m	Vidējais pievešanas attālums ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	51.	Tehnikas pārvietošana gada laikā pārējās cirtēs (reizes)	Pārbraucienu skaits gadā ar tehnikas pārvietošanu saistīto emisiju aprēķināšanai
	52.	Tehnikas pārvietošana gada laikā kopšanas cirtēs (reizes)	Pārbraucienu skaits gadā ar tehnikas pārvietošanu saistīto emisiju aprēķināšanai
	53.	Tehnikas pārvietošana gada laikā atjaunošanas cirtēs (reizes)	Pārbraucienu skaits gadā ar tehnikas pārvietošanu saistīto emisiju aprēķināšanai
Ražīgums (motorstundā)	54.	mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji pievešanā, norādāms harvesteriem un ķēdes zāģim tikai tādā gadījumā, ja mežizstrādes atlieku sagatavošana palielina degvielas patēriņu
	55.	mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji pievešanā, norādāms harvesteriem un ķēdes zāģim tikai tādā gadījumā, ja mežizstrādes atlieku sagatavošana palielina degvielas patēriņu
	56.	mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji pievešanā, norādāms harvesteriem un ķēdes zāģim tikai tādā gadījumā, ja mežizstrādes atlieku sagatavošana palielina degvielas patēriņu
	57.	malka pārējās cirtēs, $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai
	58.	malka kopšanas cirtē, $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai
	59.	malka atjaunošanas cirtē, $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai
	60.	šķeldas, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji šķeldošanai un šķeldu pārkraušanai
	61.	biomasa, jaunaudzū kopšanas cirtes, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai
	62.	biomasa, apauguma novākšanā, ber. $m^3 h^{-1}$	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai

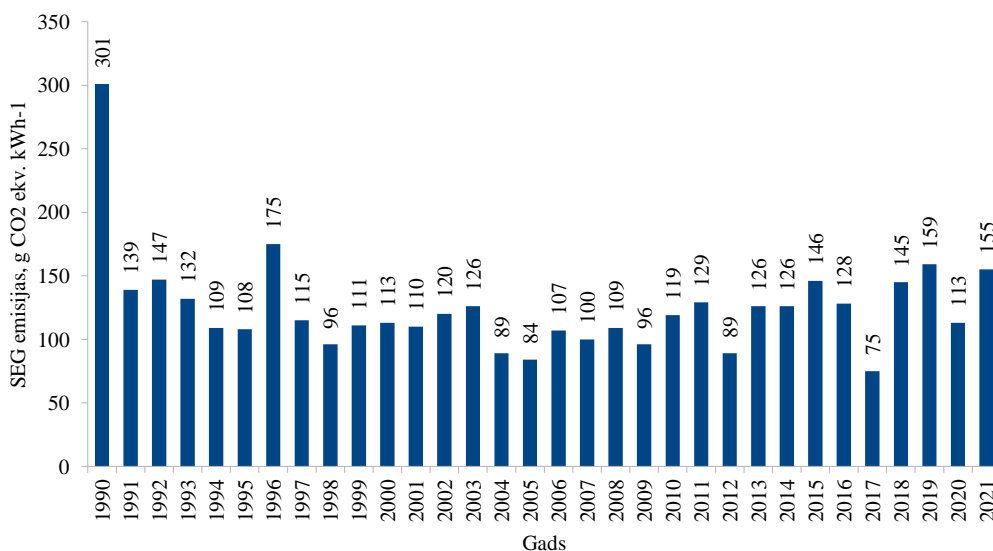
Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
	63.	biomasa, grāvju trasēs, ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vidējie ražīguma rādītāji zāģēšanai un pievešanai
Kravas lielums	64.	Mežizstrādes atlieku forvarders citās cirtēs, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais mežizstrādes atlieku kravas lielums
	65.	Mežizstrādes atlieku forvarders kopšanas cirtēs, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais mežizstrādes atlieku kravas lielums
	66.	Mežizstrādes atlieku forvarders atjaunošanas cirtē, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais mežizstrādes atlieku kravas lielums
	67.	Biomases forvarders jaunaudžu kopšanas cirtēs, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais nozāģētu, neatzarotu sīkkoku kravas lielums
	68.	Biomases forvarders apauguma novākšanā, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais nozāģētu, neatzarotu sīkkoku kravas lielums
	69.	Biomases forvarders grāvju trasēs, ber. m <sup>3</sup>	Vidējais nozāģētu, neatzarotu sīkkoku kravas lielums
	70.	Kokmateriālu forvarders citās cirtēs, m <sup>3</sup>	Vidējais apaļo kokmateriālu (ar mizu) kravas lielums malkas pievešanas ražīguma aprēķiniem
	71.	Kokmateriālu forvarders kopšanas cirtēs, m <sup>3</sup>	Vidējais apaļo kokmateriālu (ar mizu) kravas lielums malkas pievešanas ražīguma aprēķiniem
	72.	Kokmateriālu forvarders atjaunošanas cirtēs, m <sup>3</sup>	Vidējais apaļo kokmateriālu (ar mizu) kravas lielums malkas pievešanas ražīguma aprēķiniem
	73.	Šķeldu vedējs, ber. m <sup>3</sup>	Šķeldu vedēja kravas lielums
74.	Kokvedējs, m <sup>3</sup>	Šķeldu vedēja kravas lielums	
Šķeldu un kokmateriālu transports (ieskaitot dīkstāves)	75.	Vidējais šķeldu transportēšanas attālums, km	Šķeldu piegādes attālums vienā virzienā
	76.	Vidējais malkas transportēšanas attālums, km	Malkas piegādes attālums vienā virzienā
	77.	Šķeldu vedēja iekraušanas laiks šķeldošanas laikā, min.	Šķeldu vedēja uzpildīšanas laiks pie šķeldotāja ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	78.	Šķeldu vedēja uzpildīšana ar frontālo iekrāvēju, min.	Šķeldu vedēja uzpildīšanas laiks starpkrautuvē ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	79.	Šķeldu vedēja izkraušana, min.	Šķeldu vedēja izkraušanas laiks ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	80.	Kokvedēja iekraušana, min.	Kokvedēja iekraušanas laiks augšgala krautuvē ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	81.	Kokvedēja izkraušana, min.	Kokvedēja izkraušanas laiks lejasgala krautuvē ražības un degvielas patēriņa aprēķiniem
	82.	Mežizstrādes atliekas	

Grupa	Nr.	Rādītājs	Komentārs
Uzglabāšanas zudumi (procentos no saražotā)	83.	Veselu koku apaugums	Vidējie mežizstrādes atlieku zuduma rādītāji, ja ražības rādītāji nav koriģēti atbilstoši realizētajam apjomam
	84.	Malka	

Kopumā aptaujas anketā ietvertas 1112 dažādu parametru vērtības un no pasūtītāja saņemtas skaitliskās vērtības 316 parametriem. Pasūtītāja iesniegtie dati nebija pietiekoši neviena no vērtētajiem tehnoloģiskajiem procesiem raksturošanai. Izrūkstošo parametru noskaidrošanai nepieciešama darba uzdevumā sākotnēji neieplānota papildus izpēte, kas veicama, apkopojot zinātniskajā literatūrā, ražotāju katalogos un citos informācijas avotos pieejamo informāciju, taču šī informācija vairs neraksturo uzņēmumu.

Elektroenerģijas ražošanas CO<sub>2</sub> ekvivalents ņemts no Eiropas vides aģentūras apkopotajiem datiem (1. attēls). Aprēķinā nav iekļautas ar pārvades un patēriņa zudumiem saistītās emisijas, kas vidēji palielina elektroenerģijas patēriņa radītās emisijas vairāk nekā 50% (197 g CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup> saražotās un 325 g CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup> patērētās elektroenerģijas CO<sub>2</sub> ekvivalents) saskaņā ar Scarlat u.c. (2022), jo vidējo, pārsvarā mazas jaudas patērētāju rādītāju izmantošana var mākslīgi palielināt SEG emisiju novērtējumu.



**Attēls 1. Elektroenerģijas ražošanas radītās SEG emisijas Latvijā<sup>1</sup>.**

Degvielas emisiju faktori ņemti no Starpvalstu klimata pārmaiņu padomes (IPCC) vadlīnijām (Eggleston u.c., 2006), nodalot ceļu un bezceļu transportam, tajā skaitā šķeldošanai patērējamo dīzeļdegvielu un benzīnu. Smērvielu un dažādu eļļu emisiju faktori ņemti no Latvijas nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma (Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2021). Aprēķinos izmantotās vērtības apkopotas 3. tabulā.

<sup>1</sup> Datu avots - <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

**Tabula 3. Degvielu un smērvielu raksturojums un emisiju faktori**

Kurināmais	Zemākais sadegšanas siltums			Blīvums		CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> ekv.	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	MJ L <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-3</sup>	MJ kg <sup>-1</sup>	kg L <sup>-1</sup>	kg m <sup>-3</sup>	tonnas t <sup>-1</sup>	g kWh <sup>-1</sup>	tonnas TJ <sup>-1</sup>	Kg TJ <sup>-1</sup>	Kg TJ <sup>-1</sup>
Benzīns	32,0	-	43,4	0,7	-	-	-	69,3	170,0	0,4
Dīzeļdegviela bezceļu transportā	36,0	-	42,6	0,8	-	-	-	74,7	5,5	28,0
Dīzeļdegviela ceļu transportā	36,0	-	42,6	0,8	-	-	-	74,8	2,8	2,8
Smērvielas	-	-	41,9	-	-	0,6	-	-	-	-
Transmisijas eļļa	-	-	39,5	1,0	-	0,6	-	-	-	-
Dzinēja eļļa	39,2	-	39,5	1,0	-	0,6	-	-	-	-
Elektroenerģijas CO <sub>2</sub> ekvivalents	-	-	-	-	-	-	155,0	-	-	-

Pārējie aprēķinos izmantotie pieņēmumi apkopoti 4. tabulā. Biopiedevas īpatsvars vasaras mēnešos dīzeļdegvielai pieņemts 6,5% un benzīnam – 9,5%. Šo rādītāju var palielināt, lai novērtētu fosilā kurināmā daļējas vai pilnīgas aizstāšanas ar biodegvielu ietekmi uz SEG emisijām. Šķeldu bēruma blīvuma, kā arī šķeldu un malkas siltumspējas rādītāji ņemti no Ministru Kabineta noteikumiem Nr. 42 (Ministru Kabinets, 2018). Vidējais nosacītais koksnes blīvums, oglekļa saturs koksnē, kā arī metāna (CH<sub>4</sub>) un dislāpekļa oksīda (N<sub>2</sub>O) emisiju ekvivalenti ņemti no Latvijas nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma, kas atbilst Starpvalstu klimata pārmaiņu padomes ceturtajā novērtējuma ziņojumā izmantotajiem faktoriem (Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2021).

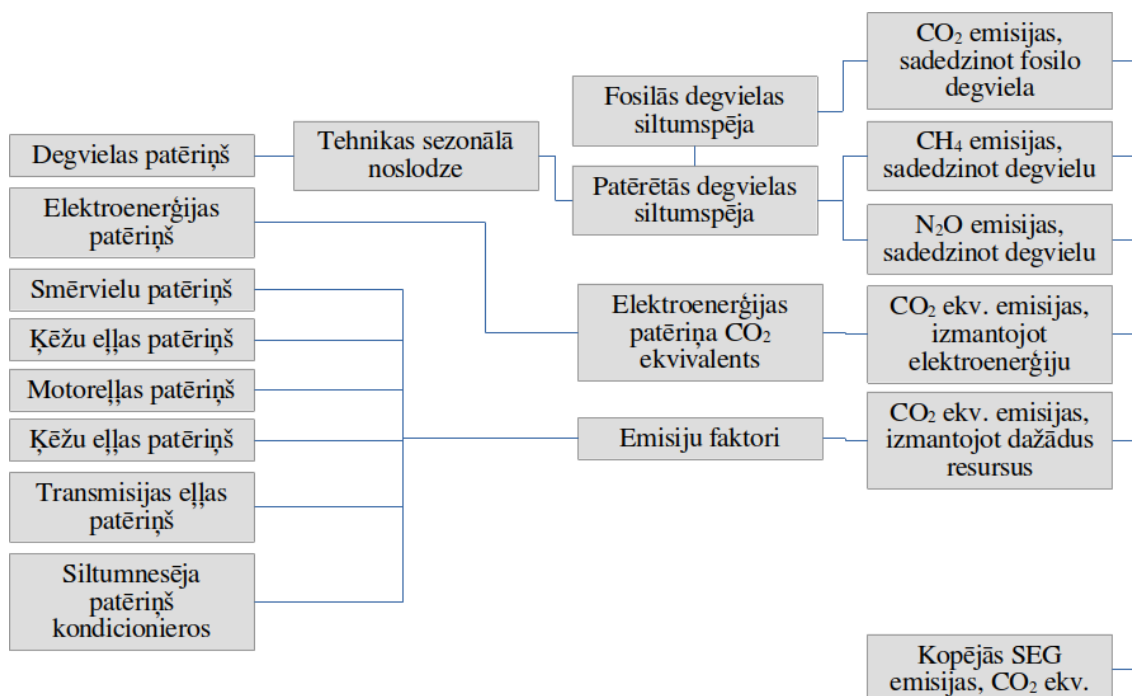
**Tabula 4. Koeficienti un pārrēķinu faktori**

Nr.	Rādītājs un mērvienība	Skaitliskā vērtība
1.	Biopiedevas īpatsvars degvielā vasaras mēnešos (dīzeļdegviela / benzīns)	6,5% / 9,5%
2.	Meža biokurināmā bērtas tilpuma un tilpuma attiecība (ber. m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	2,5
3.	Šķeldu zemākā siltumspēja (GJ ber. m <sup>-3</sup> )	3,3
4.	Malkas ar 40% relatīvo mitrumu zemākā siltumspēja (GJ ber. m <sup>-3</sup> )	10,0
5.	Vidējais koksnes nosacītais blīvums (tonnas m <sup>-3</sup> )	0,42
6.	Vidējais oglekļa saturs koksnē	50%
7.	Metāna SEG ekvivalents	25,0
8.	Dislāpekļa oksīda SEG ekvivalents	298,0
9.	HFC134-A	1430,0

### 1.3. Aprēķinu vienādojumu izstrādāšana

Aprēķinu vienādojumi izveidoti ar Microsoft Excel savietojamā datnē, izmantojot programmā iebūvētās funkcijas. Katrai operācijai (izstrāde, pievešana, šķeldošana, izvešana, pārkraušana) veido atsevišķu vienādojumu kopu, kas ļaus apvienot dažādas operācijas piegāžu ķēdēs, paredzot iespēju mainīt darbību datus un pieņēmumus. Vienādojumi izveidoti universāli – vienādi visiem tehnikas veidiem un darba vidēm. Izņēmums ir darba stundu aprēķins treileriem, kas pārvadā tehniku. Vienādojumus var izmantot katram ražošanas procesam atsevišķi, kā arī apvienot vairākus ražošanas etapus.

Shematiski emisiju aprēķinu gaita parādīta 2. attēlā. Detalizētajā aprēķinā patēriņa rādītāju aprēķinam izmanto datus par resursu vidējo patēriņu motorstundā vai uz nobraukto attālumu un ražīgumu ietekmējošie faktori, piemēram, pievešanas vai kurināmā piegādes attālums.



Attēls 2. Shematisks emisiju aprēķinu gaitas attēlojums.

## 2. VIENĀDOJUMU ZINĀTNISKĀ PAMATOJUMA IZSTRĀDE

### 2.1. Darbību datus raksturojošo vidējo rādītāju un pieņēmumu apkopošana

Darbību dati, kas saņemti no pasūtītāja, iekļauti SEG emisiju kalkulatora pieņēmumu tabulās, kas pieejamas digitālā formātā. Datu grupas, kur saņemta vispilnīgākā informācija vienkāršotajam aprēķinam, ir degvielas patēriņš uz saražotās produkcijas vienību izstrādē un pievešanā. Informācija, kas uzņēmumā nav pieejama, piemēram par degvielas patēriņu šķeldošanai un meža biokurināmā piegādei, aizvietota ar pētījumu rezultātiem un, balstoties uz dažādos pētījumos iegūtiem datiem, veidotiem ekspertu pieņēmumiem. Ir iesniegta informācija par ķēžu eļļas patēriņu mežizstrādē uz saražotās produkcijas vienību, bet nav iesniegta informācija par citu smērvielu un siltumnesēja patēriņa vidējiem rādītājiem, kas aizvietota ar pētījumu rezultātiem. Ir iesniegta informācija par tehnikas noslodzi aptuveni 2/3 no vērtētajām tehnikas vienībām, pārējie dati aizvietoti ar pētījumu rezultātiem. Iesniegtajos datos atspoguļots šķeldu ražošanas process, malkas ražošanas procesa raksturojums sagatavots, balstoties uz pētījumu rezultātiem. Degvielas un smērvielu patēriņa raksturošanai tām tehnikas vienībām vai pozīcijām, par kurām nav iesniegta informācija, izmantoti aprēķinu vienādojumi, kas iestrādāti pašizmaksas aprēķinu kalkulatorā, ko izstrādāja Ackerman u.c. (2014) un kurā dažādu resursu patēriņš vērtēts kā procentuāla daļa no ražošanas izmaksām. Malkas ražošanas procesa raksturošanai izmantoti pētījumu dati. Galvenie informācijas avoti, kas izmantoti ražības un resursu patēriņa raksturošanai, apkopoti saraksta veidā:

- kompaktklases harvesters (Lazdins u.c., 2021; Ligné u.c., 2005; Zimelis, Lazdins, u.c., 2017a; Zimelis u.c., 2017, 2020);
- vidējās klases harvesters (Conrad IV u.c., 2013; F. di Fulvio u.c., 2012; Miyata, 1980; Zimelis & Spalva, 2022);
- lielais harvesters (Bergström & Fulvio, 2014; Björheden, 2017; Kizha & Han, 2016; Miyata, 1980);
- kompaktklases harvesters ar kniebējgalvu (Ehlert & Pecenka, 2013; Lazdins u.c., 2021; Zimelis, 2017b; Zimelis, Lazdins, u.c., 2017b);
- vidējās klases harvesters ar kniebējgalvu (Lazdiņš & Thor, 2009);
- lielais harvesters ar kniebējgalvu (Heikkilä u.c., 2007; Lazdiņš & Thor, 2009; Miyata, 1980; Nordfjell u.c., 2010);
- kompaktklases harvesters ar ķēdēm (Abbas u.c., 2013; Lazdins u.c., 2021; Miyata, 1980; Zimelis, 2017a; Zimelis u.c., 2020);
- vidējās klases harvesters ar ķēdēm (Conrad IV u.c., 2013; F. di Fulvio u.c., 2012; Miyata, 1980; Petaja, Butlers, u.c., 2017);
- lielais harvesters ar ķēdēm (Bergström & Fulvio, 2014; Björheden, 2017; Kizha & Han, 2016; Miyata, 1980);
- kompaktklases kāpurķēžu ekskavators (Devlin & Klvač, 2014; Karlsson, 2007; Laitila & Väätäinen, 2021; Väätäinen u.c., 2004);
- vidējais kāpurķēžu ekskavators (Bergroth u.c., 2006; Magagnotti u.c., 2017; Zimelis u.c., 2016);



- liels kāpurķēžu ekskavators (Bergroth u.c., 2006; Magagnotti u.c., 2017; Miyata, 1980; Zimelis u.c., 2016);
- benzīna ķēdes zāģis (Calvo u.c., 2013; Liepiņš u.c., 2015);
- kompaktklases forvarders (Forest Research An agency of the Forestry Commission, 2000; Lazdins u.c., 2021; Lazdiņš u.c., 2015, 2016; Petaja, Muižnieks, u.c., 2017);
- vidējās klases forvarders (Eriksson & Lindroos, 2014; Lazdiņš & Gercāns, 2011; Lazdiņš & Thor, 2009; Petaja, Butlers, u.c., 2017; Thor u.c., 2006);
- liels forvarders (Bergström, 2019; Ferreira u.c., 2019; Miyata, 1980);
- kompaktklases forvarders ar ķēdēm (Lazdins u.c., 2021; Lazdiņš u.c., 2016; Petaja, Muižnieks, u.c., 2017);
- vidējās klases forvarders ar ķēdēm (Eriksson & Lindroos, 2014; Lazdiņš & Gercāns, 2011; Lazdiņš & Thor, 2009; Petaja, Butlers, u.c., 2017; Thor u.c., 2006);
- liels forvarders ar ķēdēm (Kaleja u.c., 2015; Rozītis u.c., 2017; Zimelis u.c., 2017);
- šķeldotājs ar traktoru (Aman u.c., 2012; Hakkila, 1989; Kizha & Han, 2016; Kuhmaier, 2011; Spinelli, Eliasson, u.c., 2019; Thor u.c., 2006, 2008);
- šķeldotājs uz automašīnas bāzes (Aman u.c., 2012; Spinelli, Eliasson, u.c., 2019; Spinelli, Visser, u.c., 2019; Spinelli & Magagnotti, 2014);
- šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju (Aman u.c., 2012; Spinelli, Eliasson, u.c., 2019; Suardi u.c., 2020);
- šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju (F. D. Fulvio u.c., 2015; Yoshioka u.c., 2006; Laitila & Routa, 2015; Uhmeier, 1995; Van Belle, 2006; Warguła u.c., 2020)
- treileris kompaktklases tehnikas pārvietošanai (Fernandez-Lacruz u.c., 2020, 2020; Kalēja u.c., 2017; Schnorf u.c., 2021; Väättäinen u.c., 2006, 2021);
- treileris vidējās klases tehnikas pārvietošanai (Fernandez-Lacruz u.c., 2020; Kalēja u.c., 2017; Schnorf u.c., 2021; Väättäinen u.c., 2006, 2021);
- treileris lielās tehnikas pārvietošanai (Fernandez-Lacruz u.c., 2020; Kalēja u.c., 2017; Schnorf u.c., 2021; Väättäinen u.c., 2006, 2021);
- kokvedējs malkas transportēšanai (Kalēja u.c., 2014; Thor u.c., 2006);
- šķeldu vedējs ar puspiekabi (Kalēja u.c., 2017; Lazdiņš & Thor, 2009; Thor u.c., 2006)
- šķeldu vedējs ar 2 konteineriem (Kalēja u.c., 2017; Lazdiņš & Thor, 2009; Thor u.c., 2006)
- šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves (Kalēja u.c., 2017; Kons, 2015; Lazdiņš & Thor, 2009; Thor u.c., 2006);
- šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves (Kalēja u.c., 2017; Kons, 2015; Lazdiņš & Thor, 2009; Thor u.c., 2006);
- frontālais iekrāvējs (Lazdiņš & Von Hofsten, 2009; Lazdiņš & Zimelis, 2012; Makovskis u.c., 2015).

Izmantojot kalkulatorā iestrādātos pieņēmumus, jāņem vērā, ka tie var būt iegūti atšķirīgos mežizstrādes apstākļos ar atšķirīgiem darba uzdevumiem, radot ne vienmēr pareizu priekšstatu par dažādu tehnikas vienību ietekmi uz SEG emisijām, piemēram, lieli kāpurķēžu ekskavatori Somijā testēti mazu koku apauguma novākšanā zem elektrolīnijām, radot, iespējams, nepareizu priekšstatu

par šīs tehnikas vienības neefektivitāti. No pētījumu rezultātiem aizgūtie dati par degvielas patēriņu un ražību ietekmējošajiem rādītājiem ir pakāpeniski jāaizstāj ar rādītājiem no ražošanas vai vienādojumiem, kas raksturo ražīgumu atkarībā no koku dimensijām vai citiem parametriem.

## **2.2. Vienādojumu validēšana, izmantojot nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma datus**

Lai nodrošinātu atbilstību SEG inventarizācijas ziņojumā iesniegtajiem datiem, aprēķinos izmantoti emisiju faktori, tajā skaitā dažādām smērvielām, kas izmantoti SEG inventarizācijā, bet siltumnesēju patēriņa radīto emisiju aprēķinos izmantots pieņēmums, ka meža tehnikā pielieto Latvijā visizplatītāko siltumnesēju (HFC134-A). Kopējo meža biokurināmā ražošanas emisiju salīdzinājums ar SEG inventarizācijā iekļauto informāciju nav iespējams, jo nav pieejama pilnīga informācija par dažādiem ražošanas procesiem.

Salīdzinot ar regulas 2018/2001 pielikumā “Dezagregētās standartvērtības biomasas kurināmajam/degvielai” dotajām standartvērtībām, piemēram, šķeldu ražošanai no mežizstrādes atliekām, vienkāršotā kalkulatora aprēķinātais SEG emisiju rādītājs šķeldu ražošanai ir mazāks ( $1,6 \text{ g CO}_2 \text{ ekv. MJ}^{-1}$ ) nekā regulā dotais rādītājs ( $1,9 \text{ g CO}_2 \text{ ekv. MJ}^{-1}$ ), turpretim, šķeldu piegādes radītās emisijas regulā ir būtiski lielākas – attiecīgi,  $3,6 \text{ g CO}_2 \text{ ekv. MJ}^{-1}$  un  $0,4 \text{ g CO}_2 \text{ ekv. MJ}^{-1}$ . Palielinot šķeldu piegādes attālumu līdz 500 km (regulā minētais mazākais piegāžu attāluma diapazons) detalizētajā kalkulatora versijā, kas ļauj mainīt ražošanu ietekmējošajos parametros, aprēķinātās SEG emisijas šķeldu transportēšanai pieaug tikai līdz  $2,7 \text{ g CO}_2 \text{ ekv. MJ}^{-1}$ , kas arī ir mazāk nekā regulā dotās noklusētās vērtības. Transporta radīto emisiju aprēķinā izmantoti pētījumu dati (Kalēja u.c., 2017), kas var būt optimistiskāki par reāliem ražošanas apstākļiem, tomēr jāņem vērā arī tas, ka informācija, kas pieejama par transporta radītajām emisijām konkrētos ražošanas procesos ir nepilnīga un regulā, visticamāk, izmantoti konservatīvi pieņēmumi, t.i. lielākās iespējamās emisijas situācijās, kad konkrēti emisiju dati nav iegūstami vai tie variē plašās robežās. Saskaņā ar 2004. gadā Latvijā veikta pētījuma autoru atzinumu ražošanas apstākļos ražība varētu būt par 30% mazāka nekā pētījumos, jo samazinās darba laika izmantošanas efektivitāte un netiek novērsti ražību negatīvi ietekmējošie faktori, kas rada minimālu ietekmi izpētes procesā, piemēram, palielināta prioritāte tehnikas remontiem (Thor u.c., 2006). Viens no būtiskākajiem emisiju atšķirību iemesliem ir dīkstāves darba laikā, kā arī nestandarta situācijas, piemēram, iestigušas tehnikas izvilksana, ko pētījumu rezultātos parasti neatspoguļo, kā arī pārāk optimistiski pieņēmumi par kravas piepildījumu. Tāpēc ir svarīgi, lai pieņēmumu tabulas pakāpeniski tiktu aizpildītas ar reāliem ražošanas apstākļus raksturojošiem rādītājiem, izmantojot pētījumu rezultātus šo rādītāju loģiskajai kontrolei un emisiju samazināšanas potenciāla raksturošanai. Pētījumu rezultāti izmantojami arī emisijas mazāk ietekmējošo rādītāju, piemēram, motoreļļas, smērvielu, siltumnesēju un transmisijas eļļas radīto emisiju raksturošanai, jo lielāko daļu emisiju rada degviela (piemēram, apauguma novākšanā dažādām tehnikas vienībām vidēji 87%, bet mežizstrādes procesā, harvesteram un forvarderam, 99% no kopējām emisijām).

## **2.3. Izpētes rezultātu apkopošana zinātniskā publikācijā**

Pētījuma ietvaros veikta kopējā Latvijā saražotā biokurināmā analīze, lai novērtētu SEG emisijas, kas veidojas meža biokurināmā ražošanas procesā, izmantojot pieejamos datus par mežizstrādi, meža biokurināmā patēriņu, eksportu un importu. Informācijas apkopošanas mērķis bija sagatavot zinātnisku publikāciju, kurā raksturots uzņēmuma saražotā biokurināmā ieguldījums kopējā SEG bilancē.

Sagatavotajā publikācijas manuskriptā raksturotas SEG emisijas dažādos tehnoloģiskajos procesos, kas nodrošina lielāko daļu uzņēmuma saražotā biokurināmā. Aprēķins salīdzināts ar

iepriekš veikta pētījuma rezultātiem, vērtējot kopējo meža biokurināmā energobilanci, kā arī saražoto un aizstāto SEG emisiju daudzumu.

Neto SEG emisiju aprēķins fosilā kurināmā sadedzināšanas rezultātā apaļo kokmateriālu un meža biokurināmā ražošanas un piegādes procesā ir balstīts uz SEG inventarizācijas ziņojumā izmantotajiem emisiju faktoriem (Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2021) un iepriekš veiktu pētījumu rezultātiem (Līcīte u.c., 2021). Aprēķinos ietvertās operācijas ir mehānizētā mežizstrāde un kopšanas un atjaunošanas cirtēs, apaļo kokmateriālu un mežizstrādes atlieku pievešana, šķeldošana augšgala krautuvē, apaļo kokmateriālu un šķeldu piegāde, attiecīgi, 100 km un 50 km attālumā ar autotransportu, granulū transportu ar kravas automašīnām līdz ostām (50 km) un biomasas jūras transports (2000 km). Aprēķinos tiek ņemts vērā degvielas un smērvielu patēriņš (5. tabula).

**Tabula 5. Aprēķinu pieņēmumi apaļkoksnes un biokurināmā ražošanas un piegādes radīto SEG emisiju novērtēšanai (atbilstoši Līcīte u.c., 2021)**

Darbības	Viēmba	Dīzeldegvielas patēriņš uz vienību, L	Smērvielu patēriņš uz vienu vienību, g	Enerģijas patēriņš, MJ			Emisijas, kg CO <sub>2</sub>			Emisijas, kg CH <sub>4</sub>	Emisijas, kg N <sub>2</sub> O	SEG emisijas, kg CO <sub>2</sub> ekv.			
				Dīzels	Smērvielas	Kopā	Dīzels	Smērvielas	Kopā			Dīzels	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Mežizstrāde kopšanas cirtē	m <sup>3</sup> bez mizas	1,2	33,0	43,9	1,4	45,3	3,3	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,4	3,7
Pievešana kopšanas cirtē	m <sup>3</sup> bez mizas	1,5	14,0	55,1	0,6	55,7	4,1	0,0	4,1	0,0	0,0	4,1	0,0	0,5	4,6
Mežizstrādes atjaunošanas cirtē	m <sup>3</sup> bez mizas	0,7	33,0	26,3	1,4	27,7	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	2,2
Pievešana atjaunojošā cirtē	m <sup>3</sup> bez mizas	1,0	14,0	36,4	0,6	36,9	2,7	0,0	2,7	0,0	0,0	2,7	0,0	0,3	3,0
Mežizstrādes atlieku pievešana	ber. m <sup>3</sup>	0,2	1,4	5,4	0,1	5,5	0,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4
Meža biokurināmā smalcināšana	ber. m <sup>3</sup>	0,7	0,8	25,2	0,0	25,2	1,9	0,0	1,9	0,0	0,0	1,9	0,0	0,2	2,1
Apaļo kokmateriālu transports	100 km	52,0	-	1872	0,0	1872	139,9	0,0	139,9	0,0	0,0	139,9	0,1	1,6	141,6
Šķeldu transports	50 km	22,5	-	810,0	0,0	810,0	60,5	0,0	60,5	0,0	0,0	60,5	0,1	0,7	61,3
Granulū transports	50 km	25,0	-	900,0	0,0	900,0	67,3	0,0	67,3	0,0	0,0	67,3	0,1	0,8	68,1
Biomasas jūras	2000 km / 5000 tonnas														24,6

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Darbības	Vienība	Dīzeļdegvielas patēriņš uz vienību, L	Smērvielu patēriņš uz vienu vienību, g	Enerģijas patēriņš, MJ			Emisijas, kg CO <sub>2</sub>			Emisijas, kg CH <sub>4</sub>	Emisijas, kg N <sub>2</sub> O	SEG emisijas, kg CO <sub>2</sub> ekv.				
				Dīzels	Smērvielas	Kopā	Dīzels	Smērvielas	Kopā			Dīzels	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Kopā
transports. kg CO <sub>2</sub> ekv. tona <sup>-1</sup>																

Saskaņā ar SEG inventarizācijas ziņojumā izmantotajiem pieņēmumiem atjaunojošā cirtē 2020. gadā saražoti 2,2 milj. m<sup>3</sup> malkas. Mizu un citu atlieku īpatsvars 2020. gadā saražotajos kokmateriālos atbilst 1,0 milj. m<sup>3</sup>. Apmēram 30% malkas un mizu saražo kopšanas cirtēs (Ministry of Environmental Protection and Regional Development, 2022).

Informācija par mežizstrādes atlieku ražošanu no mežizstrādes atliekām pieejama tikai par valsts mežiem un par pēdējo desmitgadi. Aprēķinos pieņemts, ka iegūto mežizstrādes atlieku īpatsvars privātajos un valsts mežos ir līdzīgs un korelē ar kopējo mežizstrādes apjomu. Saskaņā ar šo pieņēmumu mežizstrādes atlieku ieguve atjaunojošā cirtē 2020. gadā bija 0,9 milj. ber. m<sup>3</sup>.

Kopējās SEG emisijas apaļo kokmateriālu saražošanai un piegādei, izņemot malku un mizas, 2020. gadā bija 139 Gg CO<sub>2</sub> ekv. Apmēram 60% emisiju rada autotransports. Papildus 42 Gg CO<sub>2</sub> ekv. 2020. gadā emitēts malkas ražošanas procesā.

SEG emisijas biokurināmā ražošanai no mežizstrādes atliekām un mizām 2020. gadā bija 11 Gg CO<sub>2</sub> ekv. Ar izstrādi un apaļo kokmateriālu pievešanu saistītās emisijas šiem resursiem nav ietvertas aprēķinā, pieņemot, ka tās ir attiecināmas uz apaļo kokmateriālu ražošanu.

Kopējās SEG emisijas apaļo kokmateriālu un meža biokurināmā ražošanas rezultātā 2020. gadā bija 192 Gg CO<sub>2</sub> ekv. Šis aprēķins ietver mežizstrādi, pievešanu, šķeldošanu un transportu uz lejasgala krautuvi. Meža biokurināmā ražošanas radītās SEG emisijas ir 27% no kopējām ar mežizstrādi un koksnes piegādi saistītām SEG emisijām.

Ja salīdzina ar kopējām SEG emisijām Latvijā, izņemot ZIZIMM sektoru, apaļo kokmateriālu ražošana un piegāde radīja 1,7% un meža biokurināmā ražošanas un piegāde 0,5% no kopējām SEG emisijām.

Izmantojot pieņēmumus, ko apkopoja Līcīte u.c. (2021), vidējās SEG emisijas mežizstrādes atlieku pārstrādei šķeldās un piegādei, ir 1,72 g CO<sub>2</sub> ekv. MJ<sup>-1</sup>, tajā skaitā šķeldu piegādes radītās SEG emisijas ir 0,68 g CO<sub>2</sub> ekv. MJ<sup>-1</sup>, kas ir būtiski mazāk nekā regulā 2018/2001 dotās noklusētās vērtības, bet sakrīt ar šajā pētījumā iegūtajiem rezultātiem. Malkas ražošanas un piegādes radītās SEG emisijas saskaņā ar šiem pieņēmumiem ir 1,34 g CO<sub>2</sub> ekv. MJ<sup>-1</sup>, attiecīgi, arī būtiski mazākas par regulā minētajiem rādītājiem. Tomēr jāņem vērā, ka šie dati balstās uz zinātniskajā literatūrā aizgūtiem pieņēmumiem un, iespējams, neraksturo reālo situāciju ražošanā. Tipisku piegāžu ķēžu raksturošanai nepieciešama detalizētāka informācija par meža biokurināmā ražošanu uzņēmumā, tajā skaitā dažādos procesos nodarbinātās tehnikas ražības rādītāji un ražības rādītāju robežvērtības. Šādas informācijas apkopšana un pamatošana ar uzņēmuma uzskaites datiem nodrošinātu būtisku pievienoto vērtību sagatavojamajai publikācijai.

## **Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde**

Sagatavotās publikācijas manuskripts pievienots atsevišķā dokumentā. Šobrīd turpinās iesniegtā manuskripta izvērtēšanas process, un lēmumu par raksta publicēšanu redakcija pieņems aprīļa sākumā.

### 3. VIENĀDOJUMU TESTĒŠANA UN ADAPTĀCIJA ATŠKIRĪGIEM APSTĀKĻIEM

Izstrādātajā emisiju kalkulatorā paredzēta iespēja veikt SEG emisiju aprēķinu šādiem cirsma veidiem (darba vidēm), izmantojot dažādus tehnisko risinājumus:

- mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs;
- mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē;
- mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē;
- malka pārējās cirtēs;
- malka kopšanas cirtē;
- malka atjaunošanas cirtē;
- biomasa jaunaudzū kopšanas cirtē;
- biomasa apauguma novākšanā;
- biomasa grāvju trašu apauguma novākšanā.

Atšķirīgu apstākļu ietekmes vērtēšanu var veikt detalizētajā aprēķinā, kur SEG emisijas var aprēķināt, izejot no ražības rādītājiem un citiem parametriem. Izstrādes un šķeldošanas etapā mainīgie parametri ir ražīgums (laika vienībā saražotā produkcija, degvielas patēriņš darba laikā vai vidēji, dīkstāves laiks un degvielas patēriņš dīkstāves laikā, smērvielu, tajā skaitā ķēžu eļļas, motoreļļas, transmisijas eļļas un citu smērvielu patēriņš, siltumnesēja patēriņš kondicionēšanas sistēmās, noslodzes (saražotās produkcijas) sadalījums mēnešos, tehnikas pārvietošanas ar treileri biežums un attālums (šķeldotājiem pieņemts, ka vilcējs ir komplektā ar šķeldotāju), darba dienu skaits gadā, tehniskā gatavība, maiņu skaits un ilgums, lai noteiktu kopējo dienā nostrādāto laiku. Tehnikas pārvietošanu raksturo degvielas patēriņš, smērvielu patēriņš, siltumnesēja patēriņš un laiks tehnikas novietošana uz treilera un nobraukšanai no tā. Būtiski, ka izmantojot kompaktklases tehniku, ar vienu treileri var pārvietot gan forvarderu, gan harvesteru, tāpēc kalkulatorā treilerim jāuzrāda divreiz mazāks degvielas patēriņš, jo tas būs ierēķināts gan harvestera, gan forvardera emisijās. Nozīmīgākais mainīgais rādītājs izstrādei un šķeldošanai ir tehnikas ražība. Pārējie rādītāji reālos ražošanas apstākļos būtiski nemainās, bet tehnikas pārvadāšana vairāk ietekmē izmaksas nevis SEG emisijas. Šķeldotājiem uzrāda gan degvielas patēriņu stundā, gan uz 100 km, gan arī nobraukuma īpatsvaru pilsētā, rēķinot SEG emisijas kā kravas transportam.

Pieņemšanas teknikai nav norādīts fiksēts ražības rādītājs, bet ir doti parametri ražības aprēķiniem, tajā skaitā kravas lielums, vidējais pievešanas attālums, laiks forvardera iekraušanai un izkraušanai un forvardera braukšanas ātrums (vidējais). Pārējie aprēķinu parametri ir tādi paši kā harvesteram. Nozīmīgākie mainīgie parametri ir pievešanas attālums un kravas lielums. Arī braukšanas ātrums būtiski ietekmē SEG emisijas.

Treilerus tehnikas pārvietošanai raksturo degvielas, smērvielu un siltumnesēja kondicionēšanas sistēmā patēriņš, kā arī tehnikas pārvietošanas attālums. Treileri iekļauti aprēķinā, lai varētu novērtēt šīs tehnikas vienības radītās SEG emisijas atsevišķi no pārvadājamās tehnikas radītajām emisijām.

Kokvedējus un šķeldu vedējus raksturo degvielas patēriņš pilsētā un ārpus pilsētas un pa pilsētu nobraucamā attāluma īpatsvars, smērvielu un siltumnesēja patēriņš, kravas lielums, laiks kravas piepildīšanai un izkraušanai, tajā skaitā šķeldu vedējiem ir 2 varianti – uzpildīšana pie šķeldotāja un starpkrautuvē ar frontālo iekrāvēju, vidējais braukšanas ātrums (tam jābūt saistītam ar

pilsētās nobraucamā attāluma īpatsvaru). Galvenie rādītāji, kas ietekmē SEG emisijas, ir piegādes attālums un pilsētā nobrauktā attāluma īpatsvars. Kravas lielumam praksē nav būtiskas nozīmes, jo šis rādītājs praksē būtiski nevariē. Pārējie aprēķinu parametri tam ir tādi paši kā harvesteram, tikai tos nenorāda dažādiem ciršu veidiem.

Aprēķinos pieņemts, ka frontālais iekrāvējs netiek pārvadāts starp objektiem, attiecīgi, tam nerēķina SEG emisijas, kas saistītas ar tehnikas pārvadāšanu.

Tipisku piegāžu ķēžu raksturošanai izmantoti LVM sagatavotie darbību dati, kā arī līdzšinējos pētījumos iegūtie ražības un resursu patēriņa rādītāji, tāpēc iegūtie rezultāti ir indikatīvi un raksturo SEG emisijas optimālos apstākļos. Pētījumā salīdzināti ar abiem kalkulatoriem iegūtie rezultāti, lai salīdzinātu konservatīvākā un uz ražības rādītājiem balstītu emisiju novērtējumu. Aprēķini veikti šādiem meža biokurināmā veidiem:

- mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē, izmantojot pievešanai – vidējās klases forvarderu, šķeldu piegādei konteinervedēju un šķeldošanai – šķeldotājs, ko velk traktors<sup>2</sup>;
- apauguma novākšana ar kompaktklases harvesteru, izmantojot pievešanā – kompaktklases forvarderu, šķeldu piegādei konteinervedēju un šķeldošanai – šķeldotājs, ko velk traktors;
- grāvju trašu izstrāde ar vidējās klases ekskavatoru, izmantojot pievešanā – vidējās klases forvarderu, šķeldu piegādei konteinervedēju un šķeldošanai – šķeldotājs, ko velk traktors;
- biokurināmā sagatavošana jaunaudžu kopšanas cirtē, izmantojot kompaktklases harvesteru, pievešanā – kompaktklases forvarderu, šķeldu piegādei konteinervedēju un šķeldošanai – šķeldotājs, ko velk traktors.

Mežizstrādes atlieku vākšanas, šķeldošanas un iegādes 68 km attālumā radītās SEG emisijas atbilst 1,6 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup> (6. tabula). Piegādes attālumu palielinot līdz 500 km, SEG emisijas palielinātos līdz 3,9 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Veicot aprēķinu ar uzņēmuma iesniegtajiem datiem par vidējo degvielas patēriņu meža biokurināmā ražošanai, SEG emisijas pieaug līdz 1,9 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>.

**Tabula 6. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no mežizstrādes atliekām atjaunošanas cirtē**

Iekārta	kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
Vidējās klases forvarders	1,9	6,1	0,6
Šķeldotājs ar traktoru	2,0	6,6	0,6
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	1,2	3,9	0,4
Kopā	5,1	16,5	1,6

Apauguma novākšanas ražīgums vērtēts, izmantojot Vimek forvarderu un harvesteru un gatavojot biomasu no neatzarotiem kokiem, kas vēlāk sašķeldoti (Zimelis u.c., 2019). Ražošanas apstākļos, ražīgums, visticamāk būtu lielāks, jo pētījumā pētītas tehnikas izmantošanas robežvērtības. Kopējās emisijas saskaņā ar šī pētījuma rezultātiem, pievedot biomasu 480 m attālumā un tālāk transportējot šķeldas 68 km attālumā, ir 2,0 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup> (7. tabula). Transportēšanas attāluma palielināšana līdz 500 km palielinātu SEG emisijas līdz 4,3 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Veicot aprēķinu ar uzņēmuma iesniegtajiem datiem par vidējo degvielas patēriņu meža biokurināmā ražošanai, SEG emisijas nedaudz samazinātos – līdz 1,9 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Visticamāk, šāda līdzība saistīta ar vienu un to pašu ievades datu izmantošanu vidējā degvielas patēriņa un uz ražības rādītājiem balstītu resursu patēriņa raksturošanai.

<sup>2</sup> Šķeldotājus raksturojošie dati nav saņemti, tāpēc aprēķinā visiem šķeldotāju veidiem izmantoti vienādi pieņēmumi.

**Tabula 7. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no lauksaimniecībā izmantojamo zemju apauguma**

Iekārta	kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
Kompaktklases harvesters	1,8	5,7	0,5
Kompaktklases forvarders	1,5	4,7	0,4
Šķeldotājs ar traktoru	2,0	6,6	0,6
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	1,2	3,9	0,4
Kopā	6,4	20,9	2,0

SEG emisiju aprēķins, novācot grāvju trašu apaugumu, rēķinātas, izmantojot pasūtītāja iesniegtos datus un pētījumu rezultātus. Ražīguma rādītāji pievešanai ņemti no 2015. gada pētījuma, kurā izmantots Ponsse Buffalo un Ponsse Bison forvarderi, raksturojot vidējās un lielās klases mašīnu sniegumu (Zimelis & Lazdiņš, 2015). Jāņem vērā, ka šajā pētījumā pētītas tehnikas pielietošanas robežvērtības, tāpēc izstrādes un pievešanas rādītājos ietvertas arī tādas cirsmas, kur ražošanas apstākļos mašīnizēta izstrādes nenotiktu, t.i. ražības rādītāji reālos ražošanas apstākļos varētu būt lielāki. Pievešanas attālums saskaņā ar uzņēmuma iesniegto informāciju ir vidēji 30 m, bet pētījumā 250-1200 m, raksturojot 500 kā vidēju rādītāju šajā cirtes veidā, tāpēc arī emisiju novērtējumā izmantots konservatīvākais pētījumā iegūtais pievešanas attālums – 500 m. Kopējās SEG emisijas šķeldu sagatavošanai un piegādei 68 km attālumā atbilst 2,1 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup> (8. tabula). Palielinot šķeldu piegādes attālumu līdz 500 km, SEG emisijas pieaug līdz 4,4 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Veicot aprēķinu ar uzņēmuma iesniegtajiem datiem par vidējo degvielas patēriņu meža biokurināmā ražošanai grāvju trašu apaugumā, SEG emisijas pieaugtu – līdz 2,4 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>, tajā pat laikā emisijas izstrādei un pievešanai samazinātos, bet šķeldošanas izmaksas pieaugtu 2 reizes.

**Tabula 8. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo no grāvju trašu apauguma**

Iekārta	kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
Vidējais kāpurķēžu ekskavators	2,2	7,3	0,7
Vidējās klases forvarders	1,4	4,6	0,4
Šķeldotājs ar traktoru	2,0	6,6	0,6
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	1,2	3,9	0,4
Kopā	6,9	22,3	2,1

Meža biokurināmā ražošana jaunaudžu kopšanas cirtēs raksturota ar tehnoloģiju, kas pētījumos izrādījās visefektīvākā – kompaktklases harvesters un forvarders, kas gatavo papīrmalku un daļēji atzarotu biomasu. Aprēķinā izmantotie ražības rādītāji attiecas uz visu sagatavoto un pievesto materiālu. Vidējās SEG emisijas šajā tehnoloģiskajā procesā ir 2,5 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Lielākās emisijas rada harvesters (9. tabula). Palielinot šķeldu transportēšanas attālumu līdz 120 km, emisijas pieaugtu līdz 2,4 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Veicot aprēķinu ar uzņēmuma iesniegtajiem datiem par vidējo degvielas patēriņu meža biokurināmā ražošanai jaunaudžu kopšanas cirtē, SEG emisijas pieaugtu – līdz 3,1 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>, emisiju pieaugums būtu saistīts galvenokārt ar šķeldošanu un šķeldu transportēšanu.



**Tabula 9. SEG emisijas, ražojot un piegādājot biokurināmo jaunaudžu kopšanas cirtēs**

Iekārta	kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
Kompaktklases harvesters	2,3	7,5	0,7
Kompaktklases forvarders	1,5	4,9	0,5
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	1,6	5,1	0,5
Šķeldotājs ar traktoru	1,6	5,1	0,5
Kopā	7,0	22,7	2,1

Katrai tehnikas vienībai izrēķinātie emisiju faktori parādīti 10. tabulā. Tie rādītājiem, kur emisijas nav rēķinātas, piemēram, harvestera darbs mežizstrādes atlieku sagatavošanā, apzīmēti ar “-”.

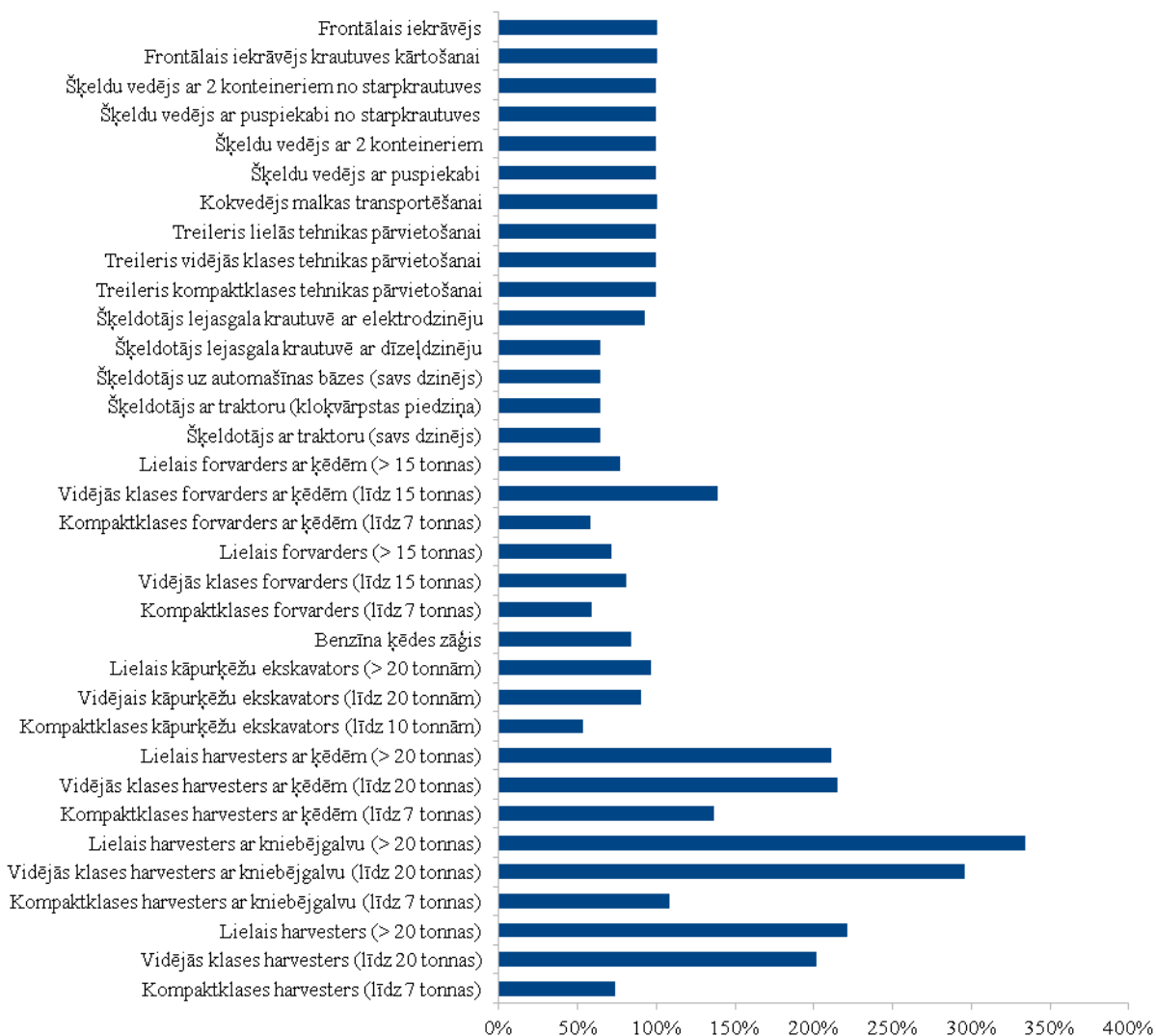
**Tabula 10. Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai, pārrēķinot uz saražotās produkcijas zemāko sadegšanas siltumu (kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>, izņemot emisijas, ko rada treileris, kas pārvieto tehniku, kas izteiktas g CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>)**

Tehnika	mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs	mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē	mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē	malka pārējās cirtēs	malka kopšanas cirtē	malka atjaunošanas cirtē	šķeldas (šķeldošana un pārkrāšana)	biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtes	biomasa, apauguma novākšana	biomasa, grāvju trases
Kompaktklases harvesters	-	-	-	0,295	0,295	0,150	-	0,899	0,541	0,493
Vidējās klases harvesters	-	-	-	0,414	0,325	0,167	-	1,898	1,110	1,022
Lielais harvesters	-	-	-	0,481	0,378	0,163	-	2,206	1,107	1,030
Kompaktklases harvesters ar kniebējgalvu	-	-	-	-	-	-	-	0,895	0,488	0,448
Vidējās klases harvesters ar kniebējgalvu	-	-	-	-	-	-	-	1,644	0,885	0,822
Lielais harvesters ar kniebējgalvu	-	-	-	-	-	-	-	1,951	0,910	0,853
Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	-	-	-	0,531	0,531	0,268	-	1,625	0,977	0,888
Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	-	-	-	0,406	0,319	0,164	-	1,860	1,088	1,002
Lielais harvesters ar ķēdēm	-	-	-	0,501	0,393	0,169	-	2,296	1,151	1,072
Kompaktklases kāpurķēžu ekskavators	-	-	-	0,620	0,343	0,173	-	0,005	0,629	0,572
Vidējais kāpurķēžu ekskavators	-	-	-	0,879	0,219	0,112	-	0,003	0,745	0,686

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Tehnika	mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs	mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē	mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē	malka pārējās cirtēs	malka kopšanas cirtē	malka atjaunošanas cirtē	šķeldas (šķeldošana un pārkrausana)	biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtes	biomasa, apauguma novākšana	biomasa, grāvju trases
Lielais kāpurķēžu ekskavators	-	-	-	1,142	0,284	0,122	-	0,004	0,830	0,772
Benzīna ķēdes zāģis	-	-	-	0,069	0,075	0,056	-	0,173	0,297	0,161
Kompaktklases forvarders	0,474	0,608	0,473	0,182	0,182	0,182	-	0,608	0,456	0,338
Vidējās klases forvarders	0,518	0,872	0,589	0,239	0,359	0,239	-	0,691	0,433	0,337
Lielais forvarders	0,380	0,353	0,455	0,140	0,140	0,145	-	0,592	0,411	0,254
Kompaktklases forvarders ar ķēdēm	0,490	0,630	0,489	0,188	0,188	0,188	-	0,630	0,472	0,349
Vidējās klases forvarders ar ķēdēm	0,794	1,337	0,904	0,367	0,550	0,550	-	1,060	0,664	0,515
Lielais forvarders ar ķēdēm	0,408	0,379	0,488	0,150	0,150	0,156	-	0,636	0,441	0,272
Šķeldotājs ar traktoru	-	-	-	-	-	-	0,622	-	-	-
Šķeldotājs ar traktoru	-	-	-	-	-	-	0,622	-	-	-
Šķeldotājs uz automašīnas bāzes (savs dzinējs)	-	-	-	-	-	-	0,621	-	-	-
Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	-	-	-	-	-	-	0,621	-	-	-
Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	-	-	-	-	-	-	0,220	-	-	-
Treileris kompaktklases tehnikas pārvietošanai	0,071	0,198	0,171	0,016	0,035	0,028	-	0,045	0,065	0,155
Treileris vidējās klases tehnikas pārvietošanai	0,042	0,166	0,123	0,010	0,025	0,015	-	0,027	0,043	0,129
Treileris lielās tehnikas pārvietošanai	0,064	0,042	0,085	0,017	0,011	0,012	-	0,057	0,023	0,135
Kokvedējs malkas transportēšanai	-	-	-	0,336	0,336	0,336	-	-	-	-
Šķeldu vedējs ar puspiekabi	0,364	0,364	0,364	-	-	-	-	0,364	0,364	0,364
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	0,364	0,364	0,364	-	-	-	-	0,364	0,364	0,364
Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	0,363	0,363	0,363	-	-	-	-	0,363	0,363	0,363
Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	0,363	0,363	0,363	-	-	-	-	0,363	0,363	0,363
Frontālais iekrāvējs	-	-	-	-	-	-	0,032	-	-	-

Aprēķinu salīdzinājums kopējām emisijām, izmantojot vienkāršoto un uz ražības datiem balstīto modeli, parādīts 3. attēlā. Lielākās atšķirības (līdz pat 3,5 reizes lielākas emisijas, izmantojot aprēķinos vidējos degvielas un citu materiālu patēriņus) konstatētas harvesteriem, kas aprīkoti ar kniebējgalvu. Šajā gadījumā uzņēmēji, acīmredzot, snieguši ļoti konservatīvu informāciju par sagaidāmo degvielas patēriņu vai arī aptaujāti uzņēmēji, kas tehniku izmanto krūmu vai mazu koku apaugumā, kur būtu izmantojama citāda veida tehnika, piemēram, ekskavatori vai kompaktklases harvesteri. Vairumā gadījumu izmaksas, kas novērtētas ar abiem kalkulatoriem, būtiski neatšķiras, kas var norādīt gan uz aprēķinu objektivitāti, gan uz to, ka abiem kalkulatoriem izmantoti vieni un tie paši ievades dati. Sistemātiski mazākas emisijas, izmantojot vienkāršoto kalkulatoru, ir kompaktklases tehnikai.

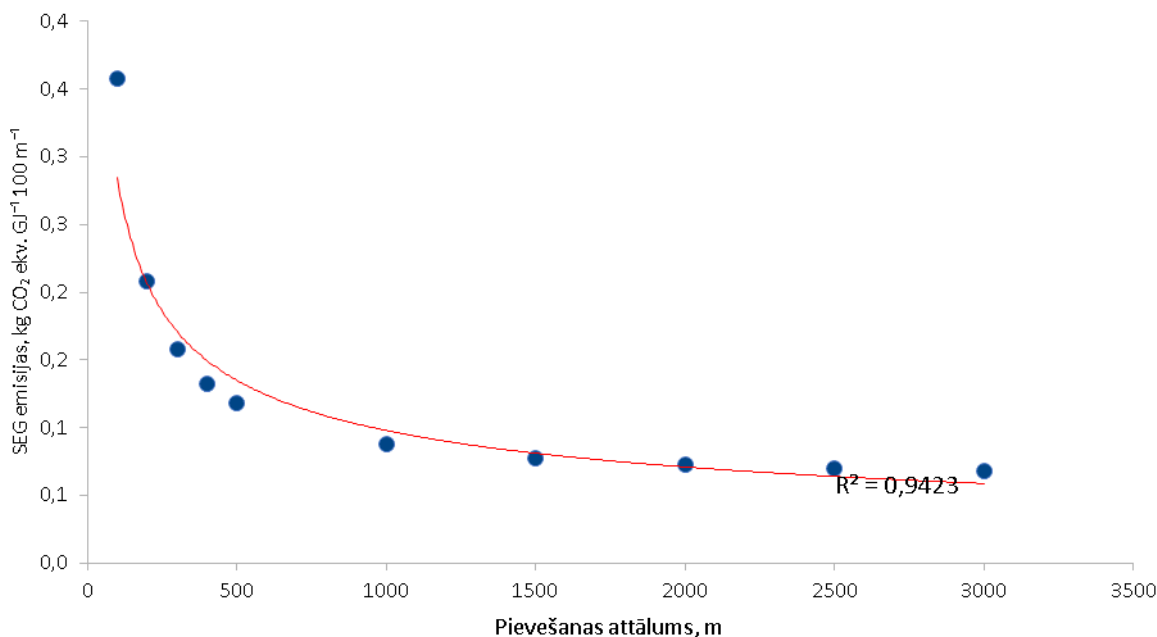


**Attēls 3. SEG emisiju aprēķinu rezultātu salīdzinājums vienkāršotajam un detalizētajam modelim.**

Palielinot kurināmā piegādes attālumu līdz 500 km, kas būtu kurināmā pārvadāšana starp tālākajiem Latvijas punktiem vai tieša piegāde patērētājiem Lietuvā vai Igaunijā, emisijas nepalielinās virs regulā 2018/2001 dotajām noklusētajām emisiju vērtībām.

Pievešanas attāluma pieaugot līdz 3000 m, kopējās SEG emisijas pievešanai palielinās, bet vidējās emisijas, pārrēķinot uz nobraukto attālumu, samazinās četras reizes, salīdzinot ar vidējo

rādītāju (4. attēls). Pievešanas attālumam pieaugot līdz 3000 m, SEG emisijas ražojot un piegādājot šķeldas no atjaunošanas cirtēm, SEG emisijas palielinās līdz 3,0 kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>. Izmantojot izstrādāto kalkulatoru, var veikt šādu un līdzīgus salīdzinājumus, taču, veicot aprēķinus, ir jāpievērš uzmanība darba apstākļu salīdzināmībai un citu faktoru, piemēram, zāģējamo koku dimensiju ietekmei uz ražīgumu, nepieciešamības gadījumā veicot atbilstošas korekcijas ražības rādītājos.



**Attēls 4. SEG emisijas pievešanas procesā 100 m garam ceļa posmam.**

Tehnikas radītās SEG emisijas pie 68 km šķeldu vai malkas piegādes attāluma un 500 m biomasas attāluma emisiju avotu griezumā apkopotas 11. tabulā. Emisijas tabulā aprēķinātas uz saražotā kurināmā vienību.

Tabula 11. Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai dažādu emisiju avotu griezumā

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebēģalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebēģalvu	Lielais harvesters ar kniebēģalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kāpurķēžu ekskavators	Vidējais kāpurķēžu ekskavators	Lielais kāpurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvarders	Vidējās klases forvarders	Lielais forvarders	Kompaktklases forvarders ar ķēdēm	Vidējās klases forvarders ar ķēdēm	Lielais forvarders ar ķēdēm	Šķeldotājs ar traktoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malķa transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	Frontālais iekrāvējs krautuves kārtīšanai	Frontālais iekrāvējs
biomasa, apauguma novākšana (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	1,7	3,6	3,6	1,6	2,9	2,9	3,1	3,5	3,7	2,0	2,4	2,7	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	1,7	0,9	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	14,2	14,5	17,9	-	-	-	14,2	14,5	17,9	14,2	14,5	17,9	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motoreļļas patēriņš	3,5	2,1	2,5	1,1	1,9	2,4	1,2	2,1	2,5	1,2	2,1	2,5	95,6	0,8	0,7	0,5	0,8	0,7	0,5	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-
Siltumnesēju patēriņš	21,7	18,1	15,5	19,7	16,7	14,4	21,7	18,1	15,5	21,7	18,1	15,5	-	1,7	1,8	1,3	1,8	2,7	1,4	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-
Smērvielu patēriņš	1,5	1,2	1,1	1,3	1,1	1,0	1,5	1,2	1,1	1,5	1,2	1,1	-	0,5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	1,0	2,1	2,7	3,4	1,9	2,5	1,0	2,1	2,7	1,9	1,0	1,3	-	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-
<b>Kopā</b>	<b>1,8</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>1,6</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>	<b>3,5</b>	<b>3,8</b>	<b>2,1</b>	<b>2,4</b>	<b>2,7</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>	<b>0,9</b>	-	-	-	-	-	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	-	-
biomasa, grāvju trases (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	1,6	3,3	3,3	1,4	2,7	2,8	2,9	3,2	3,5	1,8	2,2	2,5	0,4	0,7	0,4	0,2	0,7	0,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	15,0	5,9	8,9	-	-	-	15,0	5,9	8,9	15,0	5,9	8,9	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motoreļļas patēriņš	3,4	2,1	2,6	1,2	1,9	2,4	1,3	2,1	2,6	1,3	2,1	2,6	50,6	24,9	17,2	13,9	24,8	15,7	13,4	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-
Siltumnesēju patēriņš	19,8	16,7	14,5	18,1	15,5	13,6	19,8	16,7	14,5	19,8	16,7	14,5	-	7,4	7,6	8,8	7,2	7,5	8,4	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebēģalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebēģalvu	Lielais harvesters ar kniebēģalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kapurķēžu ekskavators	Vidējais kapurķēžu ekskavators	Lielais kapurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvarders	Vidējās klases forvarders	Lielais forvarders	Kompaktklases forvarders ar ķēdēm	Vidējās klases forvarders ar ķēdēm	Lielais forvarders ar ķēdēm	Šķeldotājs ar traktoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malkas transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautaves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautaves	Frontālais iekrāvējs krautaves kārtšanai	Frontālais iekrāvējs
Smērvielu patēriņš	1,3	1,1	1,0	1,2	1,1	0,9	1,3	1,1	1,0	1,3	1,1	1,0	-	0,9	1,6	0,8	0,9	1,6	0,8	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	0,9	1,9	2,5	3,1	1,8	2,4	0,9	1,9	2,5	1,7	1,0	1,3	-	1,2	1,1	0,9	1,2	1,1	0,9	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-
<b>Kopā</b>	<b>1,6</b>	<b>3,3</b>	<b>3,4</b>	<b>1,5</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
biomasa, jaunaudzū kopšanas cirtes (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	2,9	6,1	7,1	2,9	5,3	6,3	5,2	6,0	7,4	-	-	-	0,5	1,5	1,4	1,3	1,5	2,2	1,4	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	14,8	8,6	12,1	-	-	-	14,8	8,6	12,1	14,8	8,6	12,1	27,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motoreļļas patēriņš	6,1	3,7	5,6	2,2	3,7	5,6	2,2	3,7	5,6	-	-	-	54,6	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-
Siltumnesēju patēriņš	36,0	30,8	31,1	36,0	30,8	31,1	36,0	30,8	31,1	-	-	-	-	14,4	8,4	4,8	14,4	8,4	4,8	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-
Smērvielu patēriņš	2,5	2,1	2,1	2,5	2,1	2,1	2,5	2,1	2,1	-	-	-	-	0,7	0,4	0,3	0,7	0,4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	1,6	3,6	5,4	6,3	3,6	5,4	1,6	3,6	5,4	-	-	-	-	0,9	1,3	0,9	0,9	1,3	0,9	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-
<b>Kopā</b>	<b>2,9</b>	<b>6,2</b>	<b>7,2</b>	<b>2,9</b>	<b>5,4</b>	<b>6,4</b>	<b>5,3</b>	<b>6,1</b>	<b>7,5</b>	-	-	-	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,4</b>	-	-	-	-	-	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	-	-
malka atjaunošanas cirtē (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	1,4	1,6	1,6	-	-	-	2,6	1,6	1,7	1,7	1,1	1,2	0,4	1,8	2,4	1,4	1,9	5,5	1,5	-	-	-	-	3,3	-	-	-	-	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	37,5	14,7	22,3	-	-	-	37,5	14,7	22,3	37,5	14,7	22,3	68,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motoreļļas patēriņš	3,0	1,0	1,1	-	-	-	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	49,8	1,4	1,6	1,0	1,4	2,3	1,0	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebēģalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebēģalvu	Lielais harvesters ar kniebēģalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kapurķēžu ekskavators	Vidējais kapurķēžu ekskavators	Lielais kapurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvarders	Vidējās klases forvarders	Lielais forvarders	Kompaktklases forvarders ar ķēdēm	Vidējās klases forvarders ar ķēdēm	Lielais forvarders ar ķēdēm	Šķeldotājs ar traktoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malkas transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	Frontālais iekrāvējs krautuves kārtšanai	Frontālais iekrāvējs	
Siltumnesēju patēriņš	18,1	8,3	7,0	-	-	-	18,1	8,3	7,0	18,1	8,3	7,0	-	26,4	17,5	11,2	26,4	17,6	11,2	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	-	-	-
Smērvielu patēriņš	1,2	0,6	0,5	-	-	-	1,2	0,6	0,5	1,2	0,6	0,5	-	0,8	0,6	0,3	0,8	0,9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	0,8	1,0	1,2	-	-	-	0,8	1,0	1,2	1,6	0,5	0,6	-	1,1	2,2	1,0	1,1	3,3	1,0	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kopā</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	-	-	-	<b>2,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>	<b>1,8</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>5,5</b>	<b>1,6</b>	-	-	-	-	<b>3,4</b>	-	-	-	-	-	-	-
malka kopšanas cirtē (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup> )																															
Degvielas patēriņš	2,9	3,2	3,7	-	-	-	5,2	3,1	3,9	3,4	2,1	2,8	0,6	1,8	3,6	1,4	1,9	5,5	1,5	-	-	-	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	35,6	36,2	44,8	-	-	-	35,6	36,2	44,8	35,6	36,2	44,8	68,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motoreļļas patēriņš	5,9	1,9	2,7	-	-	-	2,0	1,9	2,7	2,0	1,9	2,7	69,3	1,3	2,3	0,9	1,3	2,3	0,9	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Siltumnesēju patēriņš	36,2	16,1	16,1	-	-	-	36,2	16,1	16,1	36,2	16,1	16,1	-	24,2	18,7	8,4	24,2	27,8	8,4	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	-	-	-
Smērvielu patēriņš	2,5	1,1	1,1	-	-	-	2,5	1,1	1,1	2,5	1,1	1,1	-	0,8	0,9	0,3	0,8	0,9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	1,6	1,9	2,8	-	-	-	1,6	1,9	2,8	3,1	0,9	1,4	-	1,1	3,3	0,9	1,1	3,3	0,9	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kopā</b>	<b>3,0</b>	<b>3,3</b>	<b>3,8</b>	-	-	-	<b>5,3</b>	<b>3,2</b>	<b>3,9</b>	<b>3,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>	<b>3,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>5,5</b>	<b>1,5</b>	-	-	-	-	<b>3,4</b>	-	-	-	-	-	-	-
malka pārējās cirtēs (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup> )																															
Degvielas patēriņš	2,9	4,1	4,8	-	-	-	5,2	4,0	5,0	6,1	8,7	11,3	0,6	1,8	2,4	1,4	1,9	3,6	1,5	-	-	-	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Ķēžu eļļas patēriņš	36,9	21,6	30,3	-	-	-	36,9	21,6	30,3	36,9	21,6	30,3	68,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebēģalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebēģalvu	Lielais harvesters ar kniebēģalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kapurķēžu ekskavators	Vidējais kapurķēžu ekskavators	Lielais kapurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvaders	Vidējās klases forvaders	Lielais forvaders	Kompaktklases forvaders ar ķēdēm	Vidējās klases forvaders ar ķēdēm	Lielais forvaders ar ķēdēm	Šķeldotājs ar traktoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malkas transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	Frontālais iekrāvējs krautuves kārtšanai	Frontālais iekrāvējs	
Motoreļļas patēriņš	5,9	2,4	3,4	-	-	-	2,0	2,4	3,4	3,6	7,5	10,7	63,7	1,3	1,5	0,9	1,3	1,5	0,9	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Siltumnesēju patēriņš	36,0	20,5	20,7	-	-	-	36,0	20,5	20,7	65,4	65,3	65,9	-	24,0	27,6	8,1	24,0	27,6	8,1	-	-	-	-	26,5	-	-	-	-	-	-	-
Smērvielu patēriņš	2,5	1,4	1,4	-	-	-	2,5	1,4	1,4	4,5	4,5	4,5	-	0,8	0,6	0,3	0,8	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	1,6	2,4	3,6	-	-	-	1,6	2,4	3,6	5,7	3,8	5,7	-	1,1	2,2	0,9	1,1	2,2	0,9	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kopā</b>	<b>3,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	-	-	-	<b>5,3</b>	<b>4,1</b>	<b>5,0</b>	<b>6,2</b>	<b>8,8</b>	<b>11,4</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,4</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>3,7</b>	<b>1,5</b>	-	-	-	-	<b>3,4</b>	-	-	-	-	-	-	-
mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																															
Degvielas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,9	1,5	1,6	2,9	1,6	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-	
Motoreļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	
Siltumnesēju patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,2	18,5	8,1	24,2	18,5	8,1	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-	
Smērvielu patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,5	0,3	0,7	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Transmisijas eļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,8	1,0	0,9	1,8	1,0	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-	
<b>Kopā</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>2,9</b>	<b>1,6</b>	-	-	-	-	-	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	-	-	
mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																															
Degvielas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	2,8	1,1	2,0	4,3	1,2	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-	
Motoreļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,8	0,8	1,5	1,8	0,8	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	



Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebēģalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebēģalvu	Lielais harvesters ar kniebēģalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kāpurķēžu ekskavators	Vidējais kāpurķēžu ekskavators	Lielais kāpurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvards	Vidējās klases forvards	Lielais forvards	Kompaktklases forvards ar ķēdēm	Vidējās klases forvards ar ķēdēm	Lielais forvards ar ķēdēm	Šķeldotājs ar traktoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malkas transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	Frontālais iekrāvējs krautuves kārtšanai	Frontālais iekrāvējs
Siltumnesēju patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,6	15,0	8,5	20,6	15,0	8,5	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-
Smērvielu patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,7	0,2	0,9	0,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,6	0,8	1,2	2,6	0,8	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-
<b>Kopā</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2,0</b>	<b>2,8</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>4,4</b>	<b>1,2</b>	-	-	-	-	-	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	-	-
mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,7	1,2	1,6	2,6	1,3	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	-	-
Motoreļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	0,8	-	-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-
Siltumnesēju patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,2	21,9	6,7	26,2	21,9	6,7	-	-	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	-	-
Smērvielu patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,4	0,2	0,7	0,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmisijas eļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,6	0,8	0,9	1,6	0,8	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	-	-
<b>Kopā</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
šķeldošana un pārkraušana (degvielas patēriņš kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> , pārējie rādītāji g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup> )																														
Degvielas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	2,2	1,9	2,0	3,4	2,1	2,0	2,0	2,0	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	0,5	0,1
Motoreļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	0,4	-	0,2	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,1
Siltumnesēju patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,5	10,8	7,7	19,5	10,8	7,7	2,4	2,2	-	-	-	10,3	10,3	8,3	8,3	4,3	0,9

Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

Emisiju avots	Kompaktklases harvesters	Vidējās klases harvesters	Lielais harvesters	Kompaktklases harvesters ar kniebējgalvu	Vidējās klases harvesters ar kniebējgalvu	Lielais harvesters ar kniebējgalvu	Kompaktklases harvesters ar ķēdēm	Vidējās klases harvesters ar ķēdēm	Lielais harvesters ar ķēdēm	Kompaktklases kāpurķēžu ekskavators	Vidējais kāpurķēžu ekskavators	Lielais kāpurķēžu ekskavators	Benzīna ķēdes zāģis	Kompaktklases forvards	Vidējās klases forvards	Lielais forvards	Kompaktklases forvards ar ķēdēm	Vidējās klases forvards ar ķēdēm	Lielais forvards ar ķēdēm	Šķeldotājs ar trektoru	Šķeldotājs uz automašīnas bāzes	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar elektrodzinēju	Kokvedējs malkas transportēšanai	Šķeldu vedējs ar puspiekabi	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Šķeldu vedējs ar puspiekabi no starpkrautuves	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	Frontālais iekrāvējs krautuves kārtšanai	Frontālais iekrāvējs	
Smērvielu patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,6	0,4	0,9	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	-	-	-	-	-	-	0,1	-
Transmisijas eļļas patēriņš	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	2,1	1,3	1,2	2,1	1,3	0,3	0,3	0,3	-	-	0,2	0,2	0,1	0,1	0,5	0,1	
<b>Kopā</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2,0</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>3,4</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	-	-	-	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	

## SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

1. Emisiju aprēķins balstīts uz ražošanas un pētījumu datiem, kas ne vienmēr raksturo tipiskus ražošanas apstākļus, tāpēc ir jāturpina SEG emisiju aprēķināšanai nepieciešamo ražošanas datu apkopošana un jāpilnveido uzņēmuma IT sistēmas, lai uzkrātu datus, kas raksturo mežizstrādes un biokurināmā sagatavošanas radītās SEG emisijas, kas saistītas ar degvielas patēriņu. Smērvielu, eļļu un siltumnesēju radītās emisijas ir nelielas, tāpēc to novērtēšanai var izmantot arī izpētes datus, kā tas ir darīts šajā pētījumā.
2. Vislielākā SEG emisiju atšķirība, salīdzinot regulā 2018/2001 dotās noklusētās vērtības un pētījumā iegūtos datus, konstatēta biokurināmā piegādes etapā, tāpēc šim ražošanas procesa posmam jāpievērš vislielākā uzmanība, lai spētu pamatot atšķirību iemeslus. Visticamāk, ka 2018/2001 dotās noklusētās emisiju vērtības noteiktas, izmantojot konservatīvu pieeju, lai raksturotu ražošanas etapus, par kuriem pietrūkst datu, tāpēc tās ir būtiski lielākas par reālajām emisijām.
3. Praksē izmantojams gan pētījumā izstrādātais vienkāršotais aprēķinu kalkulators, kas izmanto degvielas un citu resursu patēriņa datus un atspoguļo vidējo situāciju, gan uz ražības un resursu patēriņa laika vienībā balstītais kalkulators, kas ļauj vērtēt ražošanas apstākļu izmaiņas un pielāgot aprēķinu konkrētiem apstākļiem.
4. Uzņēmuma IT sistēmas ir jāpilnveido, lai nodrošinātu nepieciešamo resursu patēriņa un ražīguma datu uzkrāšanu potenciālajiem auditoriem pārskatāmā veidā. Galvenie rādītāji ir degvielas patēriņš un saražotais apjoms mašīnu griezumā. Paralēli jāveido datubāze, kas raksturo SEG emisijas ietekmējošos rādītājus tehnikai, par kuru pagaidām pietrūkst informācijas, tajā skaitā, piemēram, par tehniku ar elektropiedziņu, kas būs nepieciešama, lai pamatotu SEG emisiju mazināšanas pasākumu efektivitāti.
5. Detalizētais kalkulators izmantojams arī tehnoloģiju testēšanai un ražošanas procesu optimizācijai, kā arī vienkāršotā modeļa rezultātu verificēšanai, raksturojot dažādu ražošanas parametru ietekmi uz SEG emisijām. Lai uzlabotu modeļa sniegumu, statistiskās ražības un citu mainīgo parametru vērtības jāaiestāj ar vienādojumiem, kas raksturo dažādus darba apstākļus.

## LITERATŪRA

1. Abbas, D., Handler, R., Dykstra, D., Hartsough, B., & Lautala, P. (2013). Cost Analysis of Forest Biomass Supply Chain Logistics. *Journal of Forestry*, 111(4), 271–281. <https://doi.org/10.5849/jof.12-054>
2. Ackerman, P., Belbo, H., Eliasson, L., de Jong, A., Lazdins, A., & Lyons, J. (2014). The COST model for calculation of forest operations costs. *International Journal of Forest Engineering*, 25(1), 75–81. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.903711>
3. Aman, A. L., Baker, S. A., & Greene, W. D. (2012). Productivity and Product Quality Measures for Chippers and Grinders on Operational Southern US Timber Harvests. *International Journal of Forest Engineering*, 22(2). <http://journals.hil.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/19405>
4. Bergroth, J., Palander, T., & Kärhä, K. (2006). Excavator-based harvesters in wood cutting operations in Finland. *Forestry Studies\textbarMetsanduslikud Uurimused*, 45, 74–88.
5. Bergström, D. (2019). Cost Analysis of Innovative Biomass Harvesting Systems for Young Dense Thinnings. *Croatian journal of forest engineering*, 40(2), 221–230. <https://doi.org/10/gf7s37>
6. Bergström, D., & Fulvio, F. D. (2014). Comparison of the cost and energy efficiencies of present and future biomass supply systems for young dense forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29(8), 793–812. <https://doi.org/10/f3p67t>
7. Björheden, R. (2017). Development of bioenergy from forest biomass—A case study of Sweden and Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering : Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(2), 259–268.
8. Calvo, A., Manzone, M., & Spinelli, R. (2013). Long Term Repair and Maintenance Cost of some Professional Chainsaws. *Croat. j. for. eng.*, 34(2013)(2), 265–272.
9. Conrad IV, J. L., Bolding, M. C., Aust, W. M., Smith, R. L., & Horcher, A. (2013). Harvesting productivity and costs when utilizing energywood from pine plantations of the southern Coastal Plain USA. *Biomass and Bioenergy*, 52, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.02.038>
10. Devlin, G., & Klvač, R. (2014). How Technology Can Improve the Efficiency of Excavator-Based Cable Harvesting for Potential Biomass Extraction—A Woody Productivity Resource and Cost Analysis for Ireland. *Energies*, 7(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/en7128374>
11. di Fulvio, F., Bergström, D., Kons, K., & Nordfjell, T. (2012). Productivity and Profitability of Forest Machines in the Harvesting of Normal and Overgrown Willow Plantations. *Croat. j. for. eng.*, 33(1), 25–37.
12. 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.
13. Ehlert, D., & Pecenka, R. (2013). Harvesters for short rotation coppice: Current status and new solutions. *International Journal of Forest Engineering*, 24(3), 170–182. <https://doi.org/10.1080/14942119.2013.852390>
14. Eriksson, M., & Lindroos, O. (2014). Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 25(3), 179–200. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.974309>
15. Fernandez-Lacruz, R., Eriksson, A., & Bergström, D. (2020). Simulation-Based Cost Analysis of Industrial Supply of Chips from Logging Residues and Small-Diameter Trees. *Forests*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/f11010001>
16. Ferreira, F. de A. C., Freitas, L. C. de, Leite, E. da S., & Barros, A. P. da S. (2019). Geotechnology as a Planning Tool in the Determination of Forest Extraction Costs. *Floresta e Ambiente*, 26(4), e20170879. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.087917>
17. Forest Research An agency of the Forestry Commission. (2000). *The Vimek 606D mini-forwarder*

- (1400A/12/00 7.12a; lpp. 4). [https://www.forestry.gov.uk/pdf/ODW712a.pdf/\\$FILE/ODW712a.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/ODW712a.pdf/$FILE/ODW712a.pdf)
18. Fulvio, F. D., DiEriksson, G., & Bergström, D. (2015). Effects of Wood Properties and Chipping Length on the Operational Efficiency of a 30 kW Electric Disc Chipper. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 36(1), 85–100.
  19. Hakkila, D. P. (1989). Comminution of Residual Forest Biomass. No *Utilization of Residual Forest Biomass* (lpp. 261–304). Springer Berlin Heidelberg. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-74072-5\\_5](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-74072-5_5)
  20. Heikkilä, J., Sirén, M., & Äijälä, ja O. (2007). Management alternatives of energy wood thinning stands. *Biomass and Bioenergy*, 31(5), 255–266. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.01.013>
  21. Yoshioka, T., Aruga, K., Nitami, T., Sakai, H., & Kobayashi, H. (2006). A case study on the costs and the fuel consumption of harvesting, transporting, and chipping chains for logging residues in Japan. *Biomass and Bioenergy*, 30(4), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.07.013>
  22. Kalēja, S., Brencis, M., & Lazdiņš, A. (2014). *Apaļo kokmateriālu un šķeldu piegādes ražīguma salīdzinājums jaunaudžu kopšanā* (Nr. 2014/02; Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums, lpp. 37). LVMI Silava.
  23. Kaleja, S., Lazdins, A., & Prindulis, U. (2015). *Evaluation of impact of different types of tracks on productivity and cost of differently equipped forwarders in thinning*. 41–43.
  24. Kalēja, S., Lazdiņš, A., Zimelis, A., & Spalva, G. (2017). Model for cost calculation and sensitivity analysis of forest operations. *Agronomy Research*, 16(5), 2068–2078. Scopus. <https://doi.org/10.15159/AR.18.207>
  25. Karlsson, J. (2007). *Produktivitēt vid stubblyftning* [Y]. <http://ex-epsilon.slu.se:8080/archive/00001561/>
  26. Kizha, A. R., & Han, H.-S. (2016). Processing and sorting forest residues: Cost, productivity and managerial impacts. *Biomass and Bioenergy*, 93, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.06.021>
  27. Kons, K. (2015). *Forest biomass terminal properties and activities* [Licentiate Thesis]. Swedish University of Agricultural Sciences.
  28. Kuhmaier, M. (2011). *Estimation of emissions during chipping operations & evaluating innovative supply chains in orchards* (Nr. 18; lpp. 7). [http://www.forestenergy.org/filedata/1348825268study\\_report\\_18\\_kuehmaier\\_28.pdf?PHPSESSID=4b2d6ed178f00294f48d8f4ffb87e42c](http://www.forestenergy.org/filedata/1348825268study_report_18_kuehmaier_28.pdf?PHPSESSID=4b2d6ed178f00294f48d8f4ffb87e42c)
  29. Laitila, J., & Routa, J. (2015). Performance of a small and a medium sized professional chippers and the impact of storage time on Scots pine (*Pinus sylvestris*) stem wood chips characteristics. *Silva Fennica*, 49(5). <https://doi.org/10.14214/sf.1382>
  30. Laitila, J., & Väättäin, K. (2021). Productivity and cost of harvesting overgrowth brushwood from roadsides and field edges. *International Journal of Forest Engineering*, 32(2), 140–154. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1903790>
  31. Lazdins, A., Kaleja, S., Zimelis, A., Spalva, G., & Bardulis, A. (2021). Productivity and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions of compact class Vimek 404 T5 harvester in thinning of young birch stands in afforested cropland. *Engineering for Rural Development*, 780–785. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF173>
  32. Lazdiņš, A., & Gercāns, J. (2011). *Productivity of forwarding depending from driving conditions*.
  33. Lazdiņš, A., Prindulis, U., Kalēja, S., Daugaviete, M., & Zimelis, A. (2016). Productivity of Vimek 404 T5 harvester and Vimek 610 forwarder in early thinning. *Agronomy Research*, 14(2), 475–484. Scopus.
  34. Lazdiņš, A., & Thor, M. (2009). Bioenergy from pre-commercial thinning, forest infrastructure and undergrowth – resources, productivity and costs. *Annual 15th International Scientific Conference Proceedings*, 147–154.
  35. Lazdiņš, A., & Von Hofsten, H. (2009). Technical and environmental issues of stump harvesting for biofuel production in Latvia. *Annual 15th International Scientific Conference Proceedings*, 155–162.

36. Lazdiņš, A., & Zimelis, A. (2012). System analysis of productivity and cost of stump extraction for biofuel using MCR 500 excavator head. *Research for Rural Development*, 2, 62–68.
37. Lazdiņš, A., Zimelis, A., Prindulis, U., & Kalēja, S. (2015). *Vimek harvestera 404 T5 un pievedējtraktora 610 ražīgums jaunaudžu kopšanā Zviedrijā* (Nr. 2015/09; lpp. 37).
38. Līcīte, I., Makovskis, K., Kalēja, S., Zimelis, A., Champion, J., & Lazdiņš, A. (2021). Greenhouse gas mitigation potential of forest biofuel originated in Latvia. *Rural Development*, 106–111. <https://doi.org/10.15544/RD.2021.018>
39. Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Liepiņš, J., & Prindulis, U. (2015). Productivity and Cost-Effectiveness of Mechanized and Motor-Manual Harvesting of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench): A Case Study in Latvia. *Small-Scale Forestry*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11842-015-9302-1>
40. Ligné, D., Nordfjell, T., & Karlsson, A. (2005). New Techniques For Pre-Commercial Thinning – Time Consumption and Tree Damage Parameters. *International Journal of Forest Engineering*, 16(2), 89–99. <https://doi.org/10.1080/14942119.2005.10702518>
41. Magagnotti, N., Pari, L., & Spinelli, R. (2017). Use, Utilization, Productivity and Fuel Consumption of Purpose-Built and Excavator-Based Harvesters and Processors in Italy. *Forests*, 8(12), 485. <https://doi.org/10.3390/f8120485>
42. Makovskis, K., Lazdiņš, A., Zimelis, A., & Gaitnieks, T. (2015). Productivity and cost of stump extraction in forest stands heavily affected by root rot. *Abstracts*, 30–32. [https://drive.google.com/file/d/0B\\_cPAeeFPI52YXBEV3hhM2dWTzA/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B_cPAeeFPI52YXBEV3hhM2dWTzA/view?usp=sharing)
43. Miyata, E. S. (1980). *Determining fixed and operating costs of logging equipment* (General technical report NC-55; USDA Forest Service, lpp. 20). Forest Service, U.S. Department of Agriculture. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/10120>
44. Ministry of Environmental Protection and Regional Development. (2021). *Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2019* (lpp. 545). Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia. <https://unfccc.int/documents/271530>
45. Ministry of Environmental Protection and Regional Development. (2022). *Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990 – 2020* (lpp. 545). Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
46. Ministru Kabinets. (2018, janvārī 25). Siltumnīcefekta gāzu emisiju aprēķina metodika, noteikumi Nr. 42. *Latvijas Vēstnesis*, 18. <https://likumi.lv/ta/id/296651-siltumnicefekta-gazu-emisiju-aprekinam-etodika>
47. Nordfjell, T., Björheden, R., Thor, M., & Wästerlund, I. (2010). *Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010*. 25. <http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2010.498385>
48. Petaja, G., Butlers, A., Okmanis, M., & Zimelis, A. (2017). Estimation of productivity and prime cost of Logset 5HP GT harvester in thinning. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, In press*. <https://doi.org/10.15544/RD.2017.175>
49. Petaja, G., Muižnieks, E., & Kalēja, S. (2017). Efficiency of Vimek 610.2 forwarder and its impact on soil in forest thinning. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference Rural Development 2017, In press*. <https://doi.org/10.15544/RD.2017.176>
50. Rozītis, G., Zimelis, A., & Lazdiņš, A. (2017). Evaluation of productivity and impact on soil of tracked ProSilva F2/2 forwarder in forest thinning. *Research for Rural Development*, 1, 94–100. <https://doi.org/10.22616/rrd.23.2017.014>
51. Scarlat, N., Prussi, M., & Padella, M. (2022). Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe. *Applied Energy*, 305, 117901. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117901>

52. Schnorf, V., Trutnevycyte, E., Bowman, G., & Burg, V. (2021). Biomass transport for energy: Cost, energy and CO2 performance of forest wood and manure transport chains in Switzerland. *Journal of Cleaner Production*, 293, 125971. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125971>
53. Spinelli, R., Eliasson, L., & Magagnotti, N. (2019). Determining the repair and maintenance cost of wood chippers. *Biomass and Bioenergy*, 122, 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.024>
54. Spinelli, R., & Magagnotti, N. (2014). Determining long-term chipper usage, productivity and fuel consumption. *Biomass and Bioenergy*, 66, 442–449. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.04.016>
55. Spinelli, R., Visser, R., Björheden, R., & Röser, D. (2019). Recovering Energy Biomass in Conventional Forest Operations: A Review of Integrated Harvesting Systems. *Current Forestry Reports*, 5(2), 90–100. <https://doi.org/10/gf36mp>
56. Suardi, A., Latterini, F., Alfano, V., Palmieri, N., Bergonzoli, S., & Pari, L. (2020). Analysis of the Work Productivity and Costs of a Stationary Chipper Applied to the Harvesting of Olive Tree Pruning for Bio-Energy Production. *Energies*, 13(6), 1359. <https://doi.org/10.3390/en13061359>
57. Thor, M., Iwarsson-Wide, M., Von Hofsten, H., Nordén, B., Lazdiņš, A., Zimelis, A., & Lazdāns, V. (2008). *Forest energy from small-dimension stands, infra-structure objects and stumps (research report)* (lpp. 75). SKOGFORSK, The Forestry Research Institute of Sweden.
58. Thor, M., Von Hofsten, H., Lundström, H., Lazdāns, V., & Lazdiņš, A. (2006). *Extraction of logging residues at LVM* (lpp. 36). AS Latvijas valsts meži.
59. Uhmeier, A. (1995). Some fundamental aspects of wood chipping. *Tappi Journal*, 78(10), 79–86.
60. Väättäin, K., Asikainen, A., Sikanen, L., & Ala-Fossi. (2006). The cost effect of forest machine relocations on logging costs in Finland. *Forestry Studies|Metsanduslikud Uurimused*, 45, 135–141.
61. Väättäin, K., Hyvönen, P., Kankaanhuhta, V., Laitila, J., & Hirvelä, H. (2021). The Impact of Fleet Size, Harvesting Site Reserve, and Timing of Machine Relocations on the Performance Indicators of Mechanized CTL Harvesting in Finland. *Forests*, 12(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/f12101328>
62. Väättäin, K., Sikanen, L., & Asikainen, A. (2004). Feasibility of Excavator-Based Harvester in Thinnings of Peatland Forests. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2). <http://journals.hil.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/9855>
63. Van Belle, J.-F. (2006). A model to estimate fossil CO2 emissions during the harvesting of forest residues for energy—With an application on the case of chipping. *Biomass and Bioenergy*, 30(12), 1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.12.019>
64. Warguła, Ł., Kukla, M., Krawiec, P., & Wieczorek, B. (2020). Reduction in Operating Costs and Environmental Impact Consisting in the Modernization of the Low-Power Cylindrical Wood Chipper Power Unit by Using Alternative Fuel. *Energies*, 13(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/en13112995>
65. Zimelis, A. (2017a, aprīli 27). *Productivity of Vimek 404 T5 harvester in forest thinning in Latvia*. LOGGING INDUSTRY: PROBLEMS AND SOLUTIONS, Minsk.
66. Zimelis, A. (2017b, aprīli 27). *Productivity of Vimek BioCombi harvester in early thinning in Latvia*. LOGGING INDUSTRY: PROBLEMS AND SOLUTIONS, Minsk.
67. Zimelis, A., Kaleja, S., & Ariko, S. (2020). *Evaluation of productivity and costs of Malwa forest machine in sanitary fellings in Latvia*. 61–65. <https://doi.org/10.22616/rrd.26.2020.009>
68. Zimelis, A., Kalēja, S., Lazdiņš, A., Štāls, T., & Saule, G. (2017). *Atbalsta ķēžu pētījums (forwarder track comparison)* (Nr. 2017–21; Meža darbu mehanizācijas un meža biokurināmā pētījumu programma, lpp. 28). Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava".
69. Zimelis, A., Kaleja, S., & Okmanis, M. (2019, maijā 22). *Complex forest management system based on small size forest machines*. 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. <https://doi.org/10/gf3d69>
70. Zimelis, A., Kalēja, S., Spalva, G., Saule, G., Rozītis, G., & Petaja, G. (2017). Factors affecting productivity of Vimek 404 T5 harvester in pre-commercial thinning. *Proceedings from joint seminar arranged by NB - NORD and NOFOBE*, 46. <http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Proceedings->

2017.pdf

71. Zimelis, A., Lazdins, A., Kaleja, S., Spalva, G., & Rozitis, G. (2017a). Productivity of harvester Vimek 404 T5 in forest thinning in Latvia. *Logging Industry: Problems And Solutions Materials of International scientific-technical conference in memory of Professor Alexander Fedorenchik*, 36–39.
72. Zimelis, A., Lazdins, A., Kaleja, S., Spalva, G., & Rozitis, G. (2017b). Productivity of harvester Vimek Biocombi in early thinning in Latvia. *Logging Industry: Problems And Solutions Materials of International scientific-technical conference in memory of Professor Alexander Fedorenchik*, 29–31.
73. Zimelis, A., & Lazdiņš, A. (2015). *Biokurināmā un apaļo kokmateriālu sagatavošana grāvju trašu apaugumā ar mežizstrādes darbiem aprīkotu ekskavatoru* (Nr. 2015/16; lpp. 78).
74. Zimelis, A., & Spalva, G. (2022). Productivity and GHG balance of harvesting and forwarding in thinning of aspen hybrid plantations. *Engineering for Rural Development*, 537–542.  
<https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF181>
75. Zimelis, A., Spalva, G., Saule, G., Daugaviete, M., & Lazdiņš, A. (2016). Productivity and cost of biofuel in ditch cleaning operations using tracked excavator based harvester. *Agronomy research*, 14(2), 579–589.



# **1. Pielikums: Aprēķinu instrukcija**

# VIENKĀRŠOTĀIS SEG EMISIJU KALKULATORS

Šim kalkulatoram (tabula “Produkcija”) ir divas daļas:

1. aprēķinu kalkulators cirsmu (darba vides), biokurināmā veidu un tehnisko risinājumu griezumā;
2. kalkulators malkas un šķeldu ražošanas radīto SEG emisiju aprēķiniem, kurā var ievadīt konkrētām tehnikas vienībām raksturīgus rādītājus.

Aprēķinu kalkulatorā cirsmu, biokurināmā veidu un tehnisko risinājumu griezumā ievadāmi degvielas un citu resursu patēriņa dati šķeldošanai, malkas sagatavošanai citās cirtēs, kopšanas un atjaunošanas cirtēs, kā arī mežizstrādes atlieku un biomasas sagatavošana citās cirtēs, kopšanas un atjaunošanas cirtē. Ciršu veidus var precizēt vai mainītā arī pievienot jaunus, attiecīgi pievienojot aprēķinu rindas. Veicot korekcijas ciršu veidos, ir jāņem vērā, ka malkas sagatavošanas tehnoloģiskajos procesos aprēķini veicami uz  $m^3$ , bet šķeldu sagatavošanas tehnoloģiskajos procesos – ber.  $m^3$ . Nav maināma darba vide – šķeldotājs un iekrāvējs, jo aprēķinu vienādojumi pielāgoti tieši šīm operācijām.

Degvielas patēriņš malkas sagatavošanai uzrādāms  $L m^{-3}$ , bet šķeldu sagatavošanas tehnoloģiskajos procesos –  $L ber. m^{-3}$ . Elektroenerģijas patēriņš šķeldošanai uzrādāms kā  $kWh ber. m^{-3}$ . Smērvielu, ķēžu eļļas, motoreļļas, transmisijas (hidrauliskās) eļļas, kā arī siltumnesēja patēriņš gaisa kondicionēšanas sistēmā uzrādāms, attiecīgi, malkai – kā  $g m^{-3}$  un šķeldām – kā  $g ber. m^{-3}$ . Šo datu ievade kalkulatorā notiek no 2. līdz 55. rindai. Lauki, kuros paredzēta datu ievade, iezīmēti oranžā vai zaļā krāsā<sup>3</sup>. Lai ietvertu aprēķinā visus emisiju avotus, interesējošajai tehnikas vienībai jābūt aizpildītiem visiem oranžajiem vai zaļajiem laukiem iepretim interesējošajai darba videi (cirtes veidam, 5. attēls).

Degvielas un citu resursu patēriņā jāietver arī netiešais resursu patēriņš, piemēram, tehnikas pārvadāšanai starp cirsēm, attiecīgi, turpmākajos aprēķinu etapos būvējot tehnoloģisko ciklu, tajā nav jāietver treileris. Turpretim, ja treilera izmantošana nav ietverta degvielas un citu resursu patēriņa rādītājos, tas ir jāietver aprēķinā atsevišķi katrai pārvadamajai tehnikas vienībai.

Ja izmanto bioloģiskas izcelsmes smērvielas vai degvielu, to patēriņu neuzrāda ievades datus.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Process	Darba vide	Mērvienība	Kompaktklases harvesters (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesters ar kniebēģelīti (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters ar kniebēģelīti (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters ar kniebēģelīti (> 20 tonnas)
2	Degvielas patēriņš, tajā skaitā tehnikas pārvietošanai	šķeldotājs un iekrāvējs	L ber. $m^{-3}$						
3		malka citās cirtēs	L $m^{-3}$	1,7	1,1	1,1			
4		malka kopšanas cirtēs	L $m^{-3}$	2,0	1,7	2,1			
5		malka atjaunošanas cirtēs	L $m^{-3}$	1,6	1,0	0,9			
6		biomasas citās cirtēs	L ber. $m^{-3}$		0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
7		biomasas kopšanas cirtēs	L ber. $m^{-3}$		0,7	0,8	0,7	0,6	0,8
8		biomasas atjaunošanas cirtēs	L ber. $m^{-3}$		0,4	0,3	0,6	0,4	0,3
9	Elektroenerģijas patēriņš	Neatkarīgi no cirtes veida	kWh ber. $m^{-3}$						
10	Smērvielu patēriņš, tajā skaitā tehnikas pārvietošanai	šķeldotājs un iekrāvējs	g ber. $m^{-3}$						
11		malka citās cirtēs	g $m^{-3}$						
12		malka kopšanas cirtēs	g $m^{-3}$						
13		malka atjaunošanas cirtēs	g $m^{-3}$						
14		malka citās cirtēs	g ber. $m^{-3}$						
15		malka kopšanas cirtēs	g ber. $m^{-3}$						
16		malka atjaunošanas cirtēs	g ber. $m^{-3}$						
17	Ķēžu eļļas patēriņš	malka citās cirtēs	g $m^{-3}$	62,6	36,6	51,3			
18		malka kopšanas cirtēs	g $m^{-3}$	60,3	61,3	75,9			
19		malka atjaunošanas cirtēs	g $m^{-3}$	63,6	24,9	37,9			
20		malka citās cirtēs	g ber. $m^{-3}$	25,0	14,7	20,5			
21		malka kopšanas cirtēs	g ber. $m^{-3}$	24,1	24,5	30,3			
22		malka atjaunošanas cirtēs	g ber. $m^{-3}$	25,4	9,9	15,2			
23	Motoreļļas patēriņš, tajā skaitā tehnikas pārvietošanai	šķeldotājs un iekrāvējs	g ber. $m^{-3}$						
24		malka citās cirtēs	g $m^{-3}$						
25		malka kopšanas cirtēs	g $m^{-3}$						

Attēls 5. Vienkāršotā aprēķina datu ievades lauki.

<sup>3</sup> Zaļā krāsā iezīmēti lauki, ko aizpildīja LVMI Silava, izmantojot pētījumu datus un pieņēmumus.

Biopiedeļu izmantošanas ietekmes raksturošanai tehnikas noslodze (pēc ražošanas apjoma) procentuāli jāsadala mēnešos (6. attēls), lai noteiktu vasaras mēnešos, kad degvielai pievieno biopiedeļu, patērēto degvielas apjomu un biodegvielu izslēgtu no CO<sub>2</sub> emisiju aprēķina. B kolonnā nepieciešamības gadījumā var mainīt arī ziemas un vasaras mēnešus. Aprēķinā pieņemts, ka biopiedeļu izmanto tikai vasaras mēnešos.

SEG emisiju aprēķiniem būtiski 154. rindā norādīt vai attiecīgajā kolonnā vērtējamā tehnika ir “bezceļu transports” vai “transports”, jo atkarībā no šīs izvēles kalkulators izvēlēsies atšķirīgus emisiju faktorus dīzeļdegvielai. Aprēķinā pieņemts, ka šķeldotājs ir “bezceļu transports”, jo lielāko daļu degvielas tas patērē šķeldošanai.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Process	Darba vide	Mērvienība	Kompaktklases harvesters (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesters ar kniebēģgablu (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters ar kniebēģgablu (līdz 20 tonnas)
41		malka citās cirtēs	g ber. m <sup>-3</sup>					
42		malka kopšanas cirtēs	g ber. m <sup>-3</sup>					
43		malka atjaunošanas cirtēs	g ber. m <sup>-3</sup>					
44	Noslodzes procentuālais sadalījums	ziema	janvāris	9%	9%	9%	9%	9%
45		ziema	februāris	9%	9%	9%	9%	9%
46		ziema	marts	6%	6%	6%	6%	6%
47		pārējās sezonas	aprīlis	3%	3%	3%	3%	3%
48		pārējās sezonas	maijs	10%	10%	10%	10%	10%
49		pārējās sezonas	jūnijs	11%	11%	11%	11%	11%
50		pārējās sezonas	jūlijs	11%	11%	11%	11%	11%
51		pārējās sezonas	augusts	11%	11%	11%	11%	11%
52		pārējās sezonas	septembris	11%	11%	11%	11%	11%
53		pārējās sezonas	oktobris	8%	8%	8%	8%	8%
54		pārējās sezonas	novembris	5%	5%	5%	5%	5%
55			ziema	decembris	6%	6%	6%	6%

### Attēls 6. Tehnikas noslodze mēnešu griezumā atbilstoši saražotajam apjomam.

Aprēķinu kalkulatora 56. līdz 153. rindā notiek SEG emisiju un aprēķins, tajā skaitā:

- patērētās degvielas zemākā siltumspēja;
- fosilās degvielas siltumspēja;
- CO<sub>2</sub> emisijas fosilās degvielas sadedzināšanas rezultātā;
- CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijas degvielas sadedzināšanas rezultātā;
- SEG emisijas elektroenerģijas patēriņa rezultātā šķeldošanai;
- SEG emisijas smērvielu, ķēžu eļļas, motoreļļas, hidrauliskās un transmisijas eļļas patēriņa rezultātā;
- SEG emisijas kondicionēšanas sistēmu siltumnesēja patēriņa rezultātā;
- Kopējās SEG emisijas ražošanas procesā.

SEG emisijas aprēķinātas malkai uz 1 m<sup>3</sup>, bet šķeldām – uz 1 ber. m<sup>-3</sup>. Iegūtais rezultāts pārrēķināts uz SEG emisijām uz 1 tonnu CO<sub>2</sub> meža biokurināmajā (kg CO<sub>2</sub> ekv. tonna CO<sub>2</sub>), kā arī uz 1 GJ kurināmajā (kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>).

Aprēķinu rezultātus, kas uzrādīti 140.-153. rindā, izmanto tehnoloģiskā cikla kalkulatorā, kurā var izvēlēties līdz 13 iekārtas (tehnikas vienības) un darba vides (cirsma veidus). Kalkulators aprēķina SEG emisijas uz 1 tonnu CO<sub>2</sub>, kas piesaistīts meža biokurināmajā, kā arī uz 1 GJ meža biokurināmajā zemākā sadegšanas siltuma izteiksmē (7. attēls).

Kalkulatorā no saraksta A kolonnā izvēlas iekāru un B kolonnā – darba vidi. Šķeldošanai un frontālajam iekrāvējam vienmēr jāizvēlas darba vide “šķeldotājs un iekrāvējs”. Kolonnā C un D kalkulators izvēlas atbilstošās SEG emisiju vērtības, bet 170. rindā kalkulators izrēķina kopējās emisijas. Šajā kalkulatorā var kombinēt malkas un beramā kurināmā ražošanas tehnoloģiskos

**Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde**

procesus, piemēram, paredzēt, ka sagatavoto malku piegādā patērētājam un tad sašķeldo ar stacionāro elektrisko šķeldotāju. Galvenais, lai izraudzītajiem tehnoloģiskajiem procesiem ir ievadīti SEG emisijas raksturojošie darbību dati. Piemēram, 7. attēlā šķeldu vedēja emisijas ir “0”. Tas liecina, ka kāds no būtiskiem emisiju aprēķinu parametriem nav ievadīts.

156	Iekārta	Darba vide	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
157	Vidējais kāpurķēžu ekskavators (līdz 20 tonnām)	Citas cirtes	8,5	0,7
158	Vidējās klases forvarders (līdz 15 tonnas)	Citas cirtes	8,5	0,7
159	Šķeldotājs ar traktoru (savš dzinējs)	Šķeldotājs un iekrāvējs	7,7	0,7
160	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	Citas cirtes	0,0	0,0
161				
162				
163				
164				
165				
166				
167				
168				
169				
170	<b>Kopā</b>		<b>24,6</b>	<b>2,2</b>

**Attēls 7. Tehnoloģiskā cikla kalkulators.**

Tālāk, kalkulatora 172.-244. rindā izveidoti šķeldu un malkas ražošanas tehnoloģisko procesu kalkulatori, kuros nav izdalītas darba vides jeb cirtes veidi. Darbību datu ievade nepieciešama brūnā vai zaļā krāsā iekrāsotajos laukos (8. attēls).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Process	Darba vide	Mērvienība	Kompaktklases harvesters (līdz: 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters (līdz: 20 tonnas)	Lielās harvesters (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesters ar knibeļģu (līdz: 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters ar knibeļģu (līdz: 20 tonnas)	Lielās harvesters ar knibeļģu (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesters ar šķidm (līdz: 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters ar šķidm (līdz: 20 tonnas)	Lielās harvesters ar šķidm (> 20 tonnas)	Kompaktklases kāpurķēžu ekskavators (līdz: 10 tonnas)	Vidējās kāpurķēžu ekskavators (līdz: 20 tonnas)	Lielās kāpurķēžu ekskavators (> 20 tonnas)
176	Smērvielu patēriņš, taji skaiti tehnikas pārvietošanai		g ber. m <sup>3</sup>												
177	Kāta eļļas patēriņš		g m <sup>3</sup>	62,6	36,6	51,3				62,6	36,6	51,3	62,6	36,6	51,3
178	Motoreļļas patēriņš, taji skaiti tehnikas pārvietošanai		g ber. m <sup>3</sup>												
179	Hidrauliskā eļļas patēriņš, taji skaiti tehnikas pārvietošanai		g ber. m <sup>3</sup>												
180	Kondicionieru uzpilde, taji skaiti tehnikas pārvietošanai		g ber. m <sup>3</sup>												
181	Nodrozes procentālais sadalījums														
182	ziema	janvāris		9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
183	ziema	februāris		9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
184	ziema	marts		6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
185	ziema	aprīlis		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
186	ziema	maijs		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
187	ziema	jūnijs		11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%
188	ziema	jūlijs		11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%
189	ziema	augusts		11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%
190	ziema	septembris		11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%
191	ziema	oktobris		8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
192	ziema	novembris		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
193	ziema	decembris		6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
194	Patēriņš degvielas siltumspēja		MJ ber. m <sup>3</sup>	0,0	15,3	15,3	22,2	13,7	13,7	24,3	14,5	16,7	31,5	21,7	21,7
195	Fosilās degvielas siltumspēja		MJ ber. m <sup>3</sup>	0,0	11,0	11,0	16,0	9,9	9,9	17,4	10,4	12,0	22,6	15,6	15,6
196	CO <sub>2</sub> emisijas degvielas patēriņa rezultātā		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,8	0,8	1,2	0,7	0,7	1,3	0,8	0,9	1,7	1,2	1,2
197	CH <sub>4</sub> emisijas degvielas patēriņa rezultātā		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
198	N <sub>2</sub> O emisijas degvielas patēriņa rezultātā		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
199	Kopējais SEG emisijas degvielas patēriņa rezultātā		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,9	0,9	1,3	0,8	0,8	1,4	0,9	1,0	1,9	1,3	1,3
200	Elektroenerģijas patēriņa rezultātā		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
201	SEG emisijas autovielu patēriņa rezultātā		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
202	SEG emisijas kārta eļļas patēriņa rezultātā		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	36,9	21,6	30,3	0,0	0,0	0,0	36,9	21,6	30,3	36,9	21,6	30,3
203	SEG emisijas motoreļļas patēriņa rezultātā		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
204	SEG emisijas hidrauliskā eļļas patēriņa rezultātā		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
205	SEG emisijas no kondicionieru uzpildes materiāliem		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
206	Kopējās SEG emisijas ražošanas procesā		kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	0,1	3,0	3,1	4,3	2,7	2,7	4,8	2,9	3,3	6,2	4,3	4,3
207	Kopējās SEG emisijas ražošanas procesā		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4

**Attēls 8. Atsevišķu tehnikas vienību SEG emisiju aprēķins.**

Kalkulatora 246. līdz 278. rindā ievietoti kopsavilkuma kalkulatori malkas un šķeldu ražošanas tehnoloģiskā cikla veidošanai un kopējo emisiju sarēķināšanai (9. attēls). Šeit var izvēlēties līdz 13 tehnikas vienības un izrēķināt kopējās ražošanas un piegādes emisijas. Šeit nevar likt kopā malkas un šķeldu ražošanas elementus vai arī degvielas un citu resursu patēriņš jāpārreķina uz vienādām mērvienībām – šķeldu ražošanas procesā uz ber. m<sup>3</sup>, bet malkas ražošanas procesā – uz m<sup>3</sup>.

<b>Šķeldu ražošanas tehnoloģiskais process</b>				
	<i>Tehnika</i>	kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
248	Kompaktklases harvesters (līdz 7 tonnas)	0,0	0,1	0,0
249	Vidējās klases forvarders (līdz 15 tonnas)	1,3	4,2	0,4
250	Šķeldotājs lejasgala krautuvē ar dīzeļdzinēju	0,0	0,0	0,0
251	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem no starpkrautuves	0,0	0,0	0,0
252				
253				
254				
255				
256				
257				
258				
259				
260				
261	<b>Kopējās emisijas</b>	<b>1,3</b>	<b>4,4</b>	<b>0,4</b>
262				
<b>Malkas ražošanas tehnoloģiskais process</b>				
	<i>Tehnika</i>	kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>
265	Vidējās klases harvesters (līdz 20 tonnas)	0,0	0,0	0,0
266	Vidējās klases forvarders (līdz 15 tonnas)	0,0	0,0	0,0
267	Kokvedējs malkas transportēšanai	0,0	0,0	0,0
268				
269				
270				
271				
272				
273				

Attēls 9. Šķeldu un malkas tehnoloģisko procesu radīto emisiju aprēķins.

## DETALIZĒTAIS EMISIJU APRĒĶINU KALKULATORS

Aprēķinu kalkulatorā cirsmu, biokurināmā veidu un tehnisko risinājumu griezumā ievadāmi degvielas un citu resursu patēriņa dati un rādītāji, kas raksturo ražīgumu. Šo parametru uzrādīšana palīdz izprast SEG emisiju izmaiņu iemeslus, kā arī meklēt risinājumus SEG emisiju samazināšanai. Kalkulatorā ir pēc noklusējuma iekļauti 9 ciršu jeb darba vides veidi (mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs, mežizstrādes atliekas kopšanas cirtē, mežizstrādes atliekas atjaunošanas cirtē, malka pārējās cirtēs, malka kopšanas cirtē, malka atjaunošanas cirtē, biomasa jaunaudžu kopšanas cirtēs, biomasa apauguma novākšanā un biomasa grāvju trasēs). Tāpat kā vienkāršotajā aprēķinā atsevišķi iekļauta šķeldošana un pārkraušana. Ciršu veidus var mainīt, paturot prātā, ka malkas un beramā kurināmā sagatavošanai atšķiras mērvienības, attiecīgi,  $m^3$  un  $ber. m^3$ .

Konkrētajai tehnikas vienībai un darba videi aizpildāmie lauki ir iezīmēti oranžā vai zaļā krāsā, tajā skaitā oranžā krāsā iekrāsota informācija, kas iegūta no pasūtītāja vai atvasināta no pasūtītāja sniegtajiem datiem, zaļā krāsā – informācija, kas aizgūta no pētījumu rezultātiem vai izmantots ekspertu pieņēmums (10. attēls).

Kalkulatora 2.-11. rindā jāievada informācija par izstrādes un šķeldošanas ražīgumu, pārrēķinātu uz motorstundām. Mežizstrādes atliekām šī informācija jāievada tikai tādā gadījumā, ja mežizstrādes atlieku sagatavošana saistīta ar papildus darba laika patēriņu specifiskās situācijās, piemēram, zāģējot pameža kokus, ko vēlāk pieved kopā ar mežizstrādes atliekām. Šķeldotāja un frontālā iekrāvēja ražīgumu uzrāda tikai 8. rindā (šķeldošana un pārkraušana).

Degvielas un elektroenerģijas patēriņu un ar to saistītos rādītājus, izņemot tehnikas pārvietošanu, uzrāda 12.-20. rindā. Degvielas patēriņu motorstundā uzrāda kā vidējo rādītāju, bet, ja ir pieejami dalīti dati par degvielas patēriņu darba laikā un dīkstāves laikā, tos var uzrādīt atsevišķi, norādot 13. rindā dīkstāves (laiks, kad turpinās motorstundu uzskaiti, bet tehnika nestrādā) laika īpatsvaru procentos. Šķeldotājiem uzrāda degvielas patēriņu stundā šķeldošanai un degvielas patēriņu, pārvietojoties pa ceļu (18. un 19. rinda). Treileriem, kokvedējiem un šķeldu vedējiem uzrāda degvielas patēriņu uz 100 km, braucot pa pilsētu un ārpus pilsētas, kā arī nobraukuma īpatsvaru pilsētā (16.-20. rindā). Frontālajam iekrāvējam uzrāda degvielas patēriņu motorstundā.

Smērvielu patēriņu uzrāda 21.-31. rindā, tajā skaitā smērvielas tehnikas kustīgo daļu iesmērēšanai, pārrēķinātas uz motorstundām, transmisijas un hidrauliskā eļļa, motoreļļa bezceļu tehnikā un kravas automašīnās (attiecīgi, stundā un uz 1 km, ņemot vērā apkopju režīmu), ķēžu eļļa ciršu veidu griezumā, kā arī siltumnesējs kondicionēšanas sistēmās. Kravas transportam jāveic papildus aprēķins, lai no apkopju režīma, kas parasti ir kilometros, pārrēķinātu uz patēriņu nostrādātajās stundās. Ķēžu eļļas patēriņš mežizstrādes atlieku sagatavošanai pieņemts tāds pats kā malkas sagatavošanai un to ietver aprēķinā tikai tad, ja ir uzrādīts mežizstrādes atlieku sagatavošanas ražīgums. Ja izmanto bioloģiskas izcelsmes smērvielas vai degvielu, to patēriņu neuzrāda ievades datus.

Sezonālo noslodzi atbilstoši saražotajam apjomam uzrāda 32.-43. rindā. Šīs rindas izmanto, lai noteiktu biopiedevu īpatsvaru no kopējā patērētās degvielas daudzuma.

Tehnikas pārvietošanu no cirsmas uz cirsmu raksturo 44.-57. rindās, tajā skaitā uzrāda vidējo pārvadāšanas attālumu vienā virzienā cirsmu griezumā, kā arī tehnikas pārvietošanas biežumu gada laikā. Šos rādītājus neuzrāda stacionārajiem šķeldotājiem, kokvedējiem, šķeldu vedējiem un frontālajam iekrāvējam, kā arī ķēdes zāģim. Treileriem, kas pārvadā tehniku, kopējo pārbraucienu skaitu var sadalīt ciršu veidos, taču to var sadalīt arī vienmērīgi visiem ciršu veidiem, jo SEG emisijas ietekmē kopējais nobrauktais attālums, nevis tā sadalījums ciršu veidos.

## Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Process	Darba vide	Attiecināmās operācijas	Mērvienība	Kompaktklases harvesters (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters (līdz 20 tonnas)	Liels harvesters (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesters ar kniebēgļiem (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesters ar kniebēgļiem (līdz 20 tonnas)	Liels harvesters ar kniebēgļiem (> 20 tonnas)	
2	Mežizstrādes un šķeldošanas ražīgums	mežizstrādes atliekas pārējās cirtēs	izstrāde	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>							
3			izstrāde	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>							
4			izstrāde	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>							
5			izstrāde	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>		6,0	10,5	10,5			
6			izstrāde	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>		6,0	13,4	13,4			
7			izstrāde	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>		12,0	26,1	31,3			
8			šķelšana (šķeldošana un pārkrūšana)	šķeldotājs	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>						
9			biomasa, jaunaudžu kopsšanas cirtēs	izstrāde, pievešana	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	6,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0
10			biomasa, apauguma novākšana	izstrāde, pievešana	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	10,0	12,0	14,0	11,0	13,0	15,0
11			biomasa, grāvju trasēs	izstrāde, pievešana	ber. m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	11,0	13,0	15,0	12,0	14,0	16,0
12			Degvielas un elektroenerģijas patēriņš	darba laikā	izstrāde, pievešana, šķeldotājs	L h <sup>-1</sup>	6,0	15,0	17,4	6,0	13,0
13	izstrāde, pievešana, šķeldotājs	L h <sup>-1</sup>									
14	izstrāde, pievešana, šķeldotājs	L h <sup>-1</sup>									
15	šķeldotājs	kWh h <sup>-1</sup>									
16	malšanas un šķeldu piegāde	L 100 km <sup>-1</sup>									
17	malšanas un šķeldu piegāde	L 100 km <sup>-1</sup>									
18	malšanas un šķeldu piegāde	L 100 km <sup>-1</sup>									
19	malšanas un šķeldu piegāde	L 100 km <sup>-1</sup>									
20	malšanas un šķeldu piegāde	L 100 km <sup>-1</sup>									
21	Smērvielu un eļļas patēriņš	smērvielas			vīti tehniskās veidī	g h <sup>-1</sup>	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
22			transmisijas eļļa	vīti tehniskās veidī	g h <sup>-1</sup>	16,6	42,1	63,8	63,8	42,1	63,8
23			motoreļļa	izstrāde, pievešana, šķeldotājs	g h <sup>-1</sup>	60,0	42,0	60,0	20,0	42,0	60,0
24			motoreļļa automašīnās	malšanas un šķeldu piegāde	g km <sup>-1</sup>						
25			siltumnesējs kondicionierī	vīti tehniskās veidī	g h <sup>-1</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
26			ķēžu eļļa cirtēs	izstrāde	g m <sup>-3</sup>	62,6	36,6	51,3			
27			ķēžu eļļa kopsšanas cirtē	izstrāde	g m <sup>-3</sup>	60,3	61,3	75,9			
28			ķēžu eļļa atjaunošanas cirtē	izstrāde	g m <sup>-3</sup>	63,6	24,9	37,9			
29			ķēžu eļļa jaunaudžu kopsšanas cirtēs	izstrāde	g ber. m <sup>-3</sup>	25,0	14,7	20,5			
30			ķēžu eļļa apauguma novākšanā	izstrāde	g ber. m <sup>-3</sup>	24,1	24,5	30,3			
31	ķēžu eļļa grāvju trasēs	izstrāde	g ber. m <sup>-3</sup>	25,4	9,9	15,2					

Attēls 10. Detalizētā aprēķina datu ievades lauki.

Darba stundu aprēķins 58.-65. rindā nepieciešams tehnikas pārvietošanas radīto SEG emisiju aprēķinam. Darba stundu aprēķins ietver darba dienu skaitu, tehnisko gatavību, maiņu skaitu, maiņas ilgumu un tehnikas izmantošanas efektivitāti. Aprēķina rezultāts ir gada laikā nostrādājamo motorstundu skaits. Šis rādītājs koriģējams, mainot tehniskās gatavības, maiņu skaita, maiņu ilguma vai tehnikas darbināšanas rādītājus.

Kravas lielums 66.-76. rindā norāda forvardera, kokvedēja (malka) un šķeldu vedēja kravas lielumu fiziskās mērvienībās.

Malkas, mežizstrādes atlieku un sīkkoku pievešanas attālumu norāda 77.-85. rindā. Šo parametru ievada forvarderiem. Pievešanu raksturo arī 86.-94. rindas, kur ievada forvardera kravas piepildīšanas laiku, 95.-103. rinda, kur ievada forvardera izkraušanas laiku, un 104.-112. rinda, kur uzrāda forvardera vidējo braukšanas ātrumu.

Kokmateriālu un šķeldu pārvadāšanas ražīguma aprēķiniem nepieciešamo informāciju ievada 113.-121. rindā. Degvielas patēriņa rādītāji, braucot ar un bez kravas, pilsētā un ārpus tās jau norādīti 12.-20. rindā.

No kalkulatora 122. rindas sākas SEG emisiju aprēķiniem nepieciešamo rādītāju aprēķini, vispirms nosakot SEG emisijas, kas saistītas ar meža biokurināmā izstrādī un šķeldošanu. Vispirms tiek aprēķināts degvielas patēriņš, tad patērētās degvielas siltumspēja un, ņemot vērā noslodzes sadalījumu ziemas un vasaras mēnešos un biopiedevas īpatsvaru degvielā, kalkulators izrēķina fosilā kurināmā siltumspēju. Ja tehnika izmanto biodegvielu, tad tabulā "K" laukā "B13" jānorāda 100% un noslodzes sadalījumā (lauki B32:B43 jāieraksta "pārējās sezonas"). Tad kalkulators sapratīs, ka fosilās degvielas patēriņš ir nulle un nerēķinās CO<sub>2</sub> emisijas no degvielas patēriņa. Tomēr jāņem vērā, ka šo pieņēmumu kalkulators attiecinās uz visiem degvielas patēriņa veidiem. Dalītu fosilās un biodegvielas patēriņu var izrēķināt, dažādiem degvielas veidiem nosakot degvielas patēriņu atsevišķās kalkulatora datnes kopijās.

Kalkulatora 152.-161. rindā izrēķina CO<sub>2</sub> emisijas, sadedzinot fosilo kurināmo izstrādes un šķeldošanas procesā, 162.-171. rindā – CH<sub>4</sub> emisijas, 172.-181. rindā – N<sub>2</sub>O emisijas. Ne-CO<sub>2</sub> emisijas ir izteiktas CO<sub>2</sub> ekvivalentos, un tās rēķina gan no fosilās, gan biodegvielas. Degvielas patēriņa radīto emisiju summa izstrādes un šķeldošanas etapā katrai tehnikas vienībai un darba videi redzama 182.-191. rindā, bet 192. rindā izrēķināts stacionārā šķeldotāja elektroenerģijas patēriņa CO<sub>2</sub> ekvivalents. Elektroenerģijas patēriņa ekvivalentu var izrēķināt arī citiem tehnikas veidiem, ievadot elektroenerģijas patēriņa rādītājus uz 1 ber. m<sup>3</sup> 15. rindā.

**Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde**

Kalkulatora 193.-202. rindā rēķina SEG emisijas smērvielu patēriņa rezultātā izstrādes un šķeldošanas etapā; 203.-212. rindā – transmisijas un hidrauliskās eļļas patēriņa rezultātā; 213.-222. rindā – motoreļļas patēriņa rezultātā; 223.-232. rindā – gaisa kondicionēšanas sistēmā siltumnesēja patēriņa rezultātā un 233.-241. rindā – ķēžu eļļas patēriņa rezultātā. 242.-251. rindā emisijas izstrādes un šķeldošanas etapā summējas.

Turpmākajās rindās rēķinās pievešanas ražīgums un ar pievešanu saistītās SEG emisijas, tajā skaitā pievešanas ražīguma aprēķins, ņemot vērā darba laika patēriņu kravas veidošanai, izkraušanai, pievešanas attālumam un braukšanas ātrumu; degvielas patēriņš uz saražotās produkcijas vienību; kopējā patērētās un fosilās degvielas siltumspēja. Šajās rindās (252.-287. rinda) nav nepieciešama lietotāja datu ievadīšana.

Kalkulatora 288.-367. rindā rēķinās pievešanas radītās SEG emisijas, tajā skaitā CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijas degvielas patēriņa rezultātā, kā arī SEG emisijas smērvielu, eļļas un siltumnesēju patēriņa rezultātā. Pievešanas kopējās radītās SEG emisijas parādītas 360.-367. rindā. Lietotāja datu ievadīšana šajās rindās nav nepieciešama.

Kalkulatora 368.-493. rindā rēķinās malkas un šķeldu piegādes radītās SEG emisijas, tajā skaitā CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisijas degvielas patēriņa rezultātā, kā arī SEG emisijas smērvielu, eļļas un siltumnesēju patēriņa rezultātā. Biokurināmā piegādes kopējās radītās SEG emisijas parādītas 485.-493. rindā. Lietotāja datu ievadīšana šajās rindās nav nepieciešama. Atšķirībā no citiem aprēķinu posmiem, motoreļļas patēriņš rēķināts atbilstoši vidējam un saražoto vienību nobrauktajam attālumam.

Pēdējā aprēķinu posmā izrēķina ar tehnikas pārvietošanu, tajā skaitā ar šķeldotāju pārbraucieniem saistītās SEG emisijas. Šeit ir nepieciešama lietotāja datu ievadīšana, 504. rindā ievadot treilera vai šķeldotāja vidējo braukšanas ātrumu, un 505. rindā kopējo laiku tehnikas uzbraukšanai un nobraukšanai no treilera (11. attēls). Degvielas un citu resursu patēriņu pārrēķina uz pārvadājamās tehnikas gada laikā saražojamā biokurināmā apjomu, tāpēc aprēķina sākumā bija nepieciešams gada laikā nostrādājamo motorstundu aprēķins. Kalkulatora 586.-587. rindā jāievada vai jāiekopē no 21.-25. rindas atbilstošās transmisijas un hidrauliskās eļļas, motoreļļas un gaisa kondicionēšanas sistēmas siltumnesēja patēriņš, ievērojot kalkulatorā dotās mērvienības (12. attēls).

Ja tehnikas pārvietošanas radītās emisijas paredzēts pievienot kā atsevišķas tehnikas vienības, tad 504., 505., 586., 587. un 588. rindās iepretim pārvadājamās tehnikas vienībām jāievada nulles, bet šīm rindām jābūt aizpildītām kolonnās, kas raksturo treilerus (AC:AE).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Proces	Darba veids	Aktīvais darbs	Mērvienība	Kompānijas harvesters (līdz 7 tonnas)	Vidējais klases harvesters (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters (> 20 tonnas)	Kompānijas harvesters ar kniedģipuru (līdz 7 tonnas)	Vidējais klases harvesters ar kniedģipuru (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters ar kniedģipuru (> 20 tonnas)	Kompānijas harvesters ar lēdīm (līdz 7 tonnas)	Vidējais klases harvesters ar lēdīm (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesters ar lēdīm (> 20 tonnas)	Kompānijas Līpa/Fu ekskavators (līdz 10 tonnas)
410		biomasa, grāvju trases		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
411	Dīkstāve tehnikas pārvietošanas laikā	mežzāģēšanas atlieku pūtējais cirtē		h gadi	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7
412		mežzāģēšanas atlieku kopšanas cirtē		h gadi	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3
413		mežzāģēšanas atlieku atjaušanas cirtē		h gadi	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2
414		malka pūtējais cirtē		h gadi	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7
415		malka kopšanas cirtē		h gadi	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3
416		malka atjaušanas cirtē		h gadi	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2
417		šķeldas (šķeldošana un pirkrausšana)		h gadi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
418		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtes		h gadi	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7	15,3	41,5	16,7
419		biomasa, apauguma novākšana		h gadi	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3	34,9	29,3	35,3
420		biomasa, grāvju trases		h gadi	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2	38,2	45,2	39,2
421	Treilera un pasēģas tehnikas raksturojums	treilera vai traktora braukšanas ātrums	0,0	km h <sup>-1</sup>	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
422		Laiks tehnikas uzbraukšanai un nobraukšanai (treilera, apauguma un šķeldotāja)	0,0	h gab. <sup>-1</sup>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
423	Ražošanas prognoze	mežzāģēšanas atlieku pūtējais cirtē	0	ber. m <sup>3</sup> gadi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
424		mežzāģēšanas atlieku kopšanas cirtē	0	ber. m <sup>3</sup> gadi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
425		mežzāģēšanas atlieku atjaušanas cirtē	0	ber. m <sup>3</sup> gadi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
426		malka pūtējais cirtē	17852	m <sup>3</sup> gadi	31255	30981	0	0	17852	31255	30981	0	0	
427		malka kopšanas cirtē	17740	m <sup>3</sup> gadi	30743	30919	0	0	17740	30743	30919	0	0	
428		malka atjaušanas cirtē	35434	m <sup>3</sup> gadi	77094	92295	0	0	35434	77094	92295	0	0	
429		šķeldas (šķeldošana un pirkrausšana)	0	ber. m <sup>3</sup> gadi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
430		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtes	17852	ber. m <sup>3</sup> gadi	20857	20654	17852	20837	20654	17852	20837	20654	0	
431		biomasa, apauguma novākšana	29567	ber. m <sup>3</sup> gadi	35485	41479	32524	38442	44441	29567	35485	41479	29567	
432		biomasa, grāvju trases	32481	ber. m <sup>3</sup> gadi	38399	44202	35434	41353	47149	32481	38399	44202	32481	
433	Degvielas patēriņš tehnikas pārvietošanai	mežzāģēšanas atlieku pūtējais cirtē		L ber. m <sup>-3</sup>										
434		mežzāģēšanas atlieku kopšanas cirtē		L ber. m <sup>-3</sup>										
435		mežzāģēšanas atlieku atjaušanas cirtē		L ber. m <sup>-3</sup>										
436		malka pūtējais cirtē		L m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
437		malka kopšanas cirtē		L m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
438		malka atjaušanas cirtē		L m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
439		šķeldas (šķeldošana un pirkrausšana)		L ber. m <sup>-3</sup>										
440		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtes		L ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
441		biomasa, apauguma novākšana		L ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
442		biomasa, grāvju trases		L ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Attēls 11. Papildus informācijas ievadīšana par tehnikas pārvietošanu.**



Enerģētiskās koksnes ražošanas, uzglabāšanas un piegādes procesā radīto SEG emisiju aprēķina vienādojumu izstrāde

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
	Process	Darba vide	Attiecīgās operācijas	Mērvienība	Kompaktklases harvesteri (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteri (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesteris ar kniebjspēju (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteris ar kniebjspēju (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris ar kniebjspēju (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesteris ar ķēdēm (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteris ar ķēdēm (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris ar ķēdēm (> 20 tonnas)	
491	Kopējās SEG emisijas degvielas patēriņa rezultāti tehnikas pārvietošanai	biomasa, apuguma novākšana		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
492		mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
493		mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
494		mežstrādes atliekas kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
495		mežstrādes atliekas atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
496		malka pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
497		malka kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
498		malka atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
499		šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
500		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
501		biomasa, apuguma novākšana		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
502		mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
503		Smērvielu un eļļas patēriņš tehnikas pārvietošanai	transmisijas eļļa		g h <sup>-1</sup>	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
504			motoreļļa		g km <sup>-1</sup>	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
505		silumnesējā kondensācijā		g h <sup>-1</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
506	SEG emisijas transmisijas eļļas patēriņa rezultāti tehnikas pārvietošanai	mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>										
507		mežstrādes atliekas kopšanas cirtē		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>										
508		mežstrādes atliekas atjaušanas cirtē		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>										
509		malka pārējās cirtēs		g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
510		malka kopšanas cirtē		g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
511		malka atjaušanas cirtē		g CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
512		šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
513		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtēs		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
514		biomasa, apuguma novākšana		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
515		biomasa, grāvju trases		g CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Attēls 12. Informācijas par smērvielu patēriņu tehnikas pārvietošanai.

Kalkulatora 630.-661. rindā sagatavots tehnikas radīto SEG emisiju kopsavilkums (13. attēls). SEG emisijas aprēķinātas malkai uz 1 m<sup>3</sup>, bet šķeldām – uz 1 ber. m<sup>-3</sup>. Iegūtais rezultāts pārrēķināts uz SEG emisijām uz 1 tonnu CO<sub>2</sub> meža biokurināmajā (kg CO<sub>2</sub> ekv. tonna CO<sub>2</sub>), kā arī uz 1 GJ kurināmajā (kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup>).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
	Process	Darba vide	Attiecīgās operācijas	Mērvienība	Kompaktklases harvesteri (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteri (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesteris ar kniebjspēju (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteris ar kniebjspēju (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris ar kniebjspēju (> 20 tonnas)	Kompaktklases harvesteris ar ķēdēm (līdz 7 tonnas)	Vidējās klases harvesteris ar ķēdēm (līdz 20 tonnas)	Lielais harvesteris ar ķēdēm (> 20 tonnas)	Kompaktklases iekrāvēji, ekskavatori (līdz 10 tonnas)	
545	Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai	biomasa, grāvju trases		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
546		mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
547		mežstrādes atliekas kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
548		mežstrādes atliekas atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
549		malka pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	2,3	3,2	3,7	0,0	0,0	0,0	4,1	3,1	3,9	4,8	
550		malka kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	2,3	2,5	2,9	0,0	0,0	0,0	4,1	2,5	3,0	2,7	
551		malka atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. m <sup>-3</sup>	1,1	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	2,1	1,3	1,3	1,3	
552		šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
553		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	2,3	4,8	5,6	2,3	4,2	5,0	4,1	4,7	5,8	0,0	
554		biomasa, apuguma novākšana		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	1,4	2,8	2,8	1,2	2,3	2,3	2,5	2,8	2,9	1,6	
555		biomasa, grāvju trases		kg CO <sub>2</sub> ekv. ber. m <sup>-3</sup>	1,2	2,6	2,6	1,1	2,1	2,2	2,2	2,5	2,7	1,4	
556		Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai, pārēķinot uz CO <sub>2</sub> , kas saistīts produkcijas ražošanā	mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
557			mežstrādes atliekas kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
558			mežstrādes atliekas atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
559	malka pārējās cirtēs			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	3,0	4,2	4,8	0,0	0,0	0,0	5,4	4,1	5,0	6,3	
560	malka kopšanas cirtē			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	3,0	3,3	3,8	0,0	0,0	0,0	5,4	3,2	3,9	3,4	
561	malka atjaušanas cirtē			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	1,5	1,7	1,6	0,0	0,0	0,0	2,7	1,6	1,7	1,7	
562	šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
563	biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtēs			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	7,4	15,6	18,2	7,4	13,6	16,1	13,4	15,3	18,9	0,0	
564	biomasa, apuguma novākšana			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	4,4	9,1	9,1	4,0	7,3	7,5	8,0	8,9	9,5	5,2	
565	biomasa, grāvju trases			kg CO <sub>2</sub> ekv. tonna CO <sub>2</sub>	4,0	8,4	8,5	3,7	6,8	7,0	7,3	8,3	8,8	4,7	
566	Kopējās SEG emisijas tehnikas vienībai, pārēķinot uz saražotās produkcijas zemākā sadegšanas siltumu		mežstrādes atliekas pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
567			mežstrādes atliekas kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
568			mežstrādes atliekas atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
569			malka pārējās cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,2	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,4	0,5
570		malka kopšanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,3	0,3	
571		malka atjaušanas cirtē		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	
572		šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
573		biomasa, jaunaudžu kopšanas cirtēs		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,7	1,5	1,7	0,7	1,3	1,5	1,3	1,4	1,8	0,0	
574		biomasa, apuguma novākšana		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,4	0,9	0,9	0,4	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,5	
575		biomasa, grāvju trases		kg CO <sub>2</sub> ekv. GJ <sup>-1</sup>	0,4	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,4	

Attēls 13. Aprēķinu rezultātu kopsavilkums.

SEG emisiju aprēķiniem būtiski 663. rindā norādīt vai attiecīgajā kolonnā vērtējamā tehnika ir “bezceļu transports” vai “transports”, jo atkarībā no šīs izvēles kalkulators izvēlēšies atšķirīgus emisiju faktorus dīzeļdegvielai. Aprēķinā pieņemts, ka šķeldotājs ir “bezceļu transports”, jo lielāko daļu degvielas tas patērē šķeldošanai.

Aprēķinu rezultātus, kas uzrādīti 630.-661. rindā, izmanto tehnoloģiskā cikla kalkulatorā (665.-680. rinda), kurā var izvēlēties līdz 13 iekārtas (tehnikas vienības) un darba vides (cirsu veidus). Kalkulators aprēķina SEG emisijas uz fiziskajām biokurināmā mērvienībām (m<sup>3</sup> malkai un ber. m<sup>3</sup> šķeldām), 1 tonnu CO<sub>2</sub>, kas piesaistīts meža biokurināmajā, kā arī uz 1 GJ meža biokurināmajā zemākā sadegšanas siltuma izteiksmē (14. attēls). Kalkulatorā no saraksta A kolonnā izvēlas iekāru un B kolonnā – darba vidi. Šķeldošanai un frontālajam iekrāvējam vienmēr jāizvēlas darba vide “šķeldotājs un iekrāvējs”. Ja aprēķinā izmantota arī cita elektrotehnika un 15. rindā attiecīgajā kolonnā ir ievadīta elektroenerģijas patēriņa vērtība, šī tehnikas vienība jāpievieno 2 reizes, piemēram, vienā rindā kolonnā A izvēloties “Kompaktklases harvesteris” un kolonnā B izvēloties “biomasa, grāvju trases” un otrā rindā kolonnā A izvēloties “Kompaktklases harvesteris” un kolonnā B izvēloties “šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)”. Elektroenerģijas patēriņš jāuzrāda tad, ja tehnikas

uzlāde notiek no tīkla, nevis darbinot tehnikas degvielu. Šķeldotājam un frontālajam iekrāvējam darba vidē vienmēr jāizvēlas darba vide “šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)”.

Kolonnā C, D un E kolonnās kalkulators izvēlas atbilstošas SEG emisiju vērtības, bet 680. rindā kalkulators izrēķina kopējās emisijas. Kalkulatorā var kombinēt malkas un beramā kurināmā ražošanas tehnoloģiskos procesus, piemēram, paredzēt, ka sagatavoto malku piegādā patērētājam un tad sašķeldo ar stacionāro elektrisko šķeldotāju. Galvenais, lai izraudzītajiem tehnoloģiskajiem procesiem ir ievadīti SEG emisijas raksturojošie darbību dati.

582	<b>Meža biokurināmā ražošanas tehnoloģiskā procesa raksturojums</b>				
583	<i>Iekārta</i>	<i>Darba vide</i>	<i>kg CO<sub>2</sub> ekv. ber. m<sup>-3</sup></i>	<i>kg CO<sub>2</sub> ekv. tonna CO<sub>2</sub></i>	<i>kg CO<sub>2</sub> ekv. GJ<sup>-1</sup></i>
584	Vidējais kāpurķēžu ekskavators (līdz 20 tonnām)	biomasa, grāvju trases	1,7	5,6	0,5
585	Vidējās klases forvarders (līdz 15 tonnas)	biomasa, grāvju trases	0,8	2,7	0,3
586	Šķeldotājs ar traktoru (savs dzinējs)	šķeldas (šķeldošana un pārkraušana)	1,6	5,1	0,5
587	Šķeldu vedējs ar 2 konteineriem	biomasa, grāvju trases	1,6	5,1	0,5
588					
589					
590					
591					
592					
593					
594					
595					
596					
597	<b>Kopā</b>		<b>5,7</b>	<b>18,6</b>	<b>1,8</b>

#### Attēls 14. Tehnoloģiskā cikla kalkulators detalizētajam kalkulatoram.

Aprēķinu vienkāršošanai zem tehnoloģiskā cika kalkulatora ievietotas datu rindas, kurās var norādīt galvenos mainīgos rādītājus – pievešanas attālumu, kā arī šķeldu un malkas piegādes attālumu (686.-688. rinda). Šīs vērtības ir sasaistītas ar atbilstošajiem rādītājiem visām transporta tehnikas vienībām.

Lai nodrošinātu labāku abu kalkulatora versiju sasaisti, tie SEG emisijas ietekmējošie parametri, kas nav pieejami vienkāršotajā kalkulatora versijā, ir sasaistīti ar attiecīgajiem parametriem detalizētajā aprēķinā.