

## Pārskats

*par Meža attīstības fonda atbalstīto pētījumu*

Pētījuma nosaukums: ILGTSPĒJĪGAS MEŽSAIMNIECĪBAS GALVENĀS  
CIRTES APJOMA NOTEIKŠANA, IZMANTOJOT  
NACIONĀLĀ MEŽA MONITORINGA DATUS

Pētījuma izpildes  
laiks: 01.07.2025.–30.12.2025.

Pētījuma izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”

Pētījuma vadītājs: Guntars Šņepsts, LVMI “Silava” pētnieks

## Kopsavilkums

Zinātniskais pētījums: Ilgtspējīgas mežsaimniecības galvenās cirtes apjoma noteikšana, izmantojot nacionālā meža monitoringa datus.

Izpildes laiks: 01.07.2025.–30.12.2025.

Izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava".

Pētījuma zinātniskais vadītājs: Guntars Šņepsts.

Latvijā šobrīd valsts mežos tiek regulēts maksimāli nocērtamais apjoms galvenajā cirtē un paredzams, ka tuvākajā nākotnē šāda regulējoša norma netiks atcelta. Līdzšinējā aprēķinu metodoloģija ņem vērā audžu platību, bet ignorē to krāju un pieaugumu.

Pētījuma mērķis ir Latvijai piemērota un ilgtspējīgas mežsaimniecības veicinoša galvenās cirtes apjoma aprēķināšana, izmantojot Nacionālā meža monitoringa datus.

Pētījumā izvirzītie uzdevumi ir:

1. Apzināt pasaulē mežierīcībā izmantojamās cirsmu aprēķināšanas metodes un to teorētisko lietošanas piemērotību Latvijas mežsaimniecībā.
2. Izmantojot nacionālā meža monitoringa datus, modelēt mežu resursu izmaiņas ar dažādām teorētiski Latvijai piemērotākajām galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodēm.

Ilgadējais (vidējais (5–10 gadu periodiskais) pieļaujamais ciršanas apjoms (AAC) ir viens no centrālajiem instrumentiem ilgtspējīgā mežsaimniecībā, taču tā aprēķina loģika būtiski atšķiras atkarībā no 1) mežkopības sistēmas (vienvecuma/rotācijas mežsaimniecība vai dažādvecuma/izlases ciršu saimniekošanu), 2) datu bāzes (meža inventarizācija, pieauguma modeļi, meža resursu uzskaitē), 3) pārvaldības režīma (valsts kvotas (piem., Kanādā) / plāni (piem., Lietuvā), normatīvi, sertifikācijas prasības).

Šajā pārskatā AAC metodes sistematizētas pa trim klasiskām sistēmām – kailcirtē, pakāpeniskā cirtē un izlases cirtē – un ilustrētas ar valstu piemēriem (ES un ārpus ES), kur valdības vai valsts mežu pārvaldītāji praktiski nostiprina AAC kā skaitlisku limitu, plānošanas rezultātu vai modeļa ierobežojumu. Nav "viena formula", bet ierobežojumu sistēma, kuras forma atkarīga no mežkopības sistēmas un pārvaldības mērķiem. Rotācijas (vienvecuma) mežsaimniecībā AAC bieži tiek noteikts caur platības/rotācijas un krājas sakarībām, taču ilgtspējības "griesti" ir neto pieaugums. Izlases (dažādvecuma) mežsaimniecībā AAC viskonsekventāk definējams kā neto pieauguma apjoms (kopumā vai pa diametra klasēm), papildinot ar struktūras mērķiem. NDY tipa pieeja (īpaši Kanādā) matemātiski stabilizē ražas plūsmu laikā, savukārt ES biežāk dominē pieauguma/krājas līdzsvara vai plāna kvotu režīmi, nevis stingrs NDY optimizācijas standarts.

Pētījumā modelēti 7 dažādi ikdienišķas mežsaimniecības scenāriji pie esošajiem mežsaimniecības aprobežojumiem, ar atšķirīgu galvenās cirtes algoritmu:

- 1) šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms (skuju kokiem 2. cirsmā pēc vecuma, lapu kokiem 1. cirsmā pēc vecuma);
- 2) normālā cirsmā;
- 3) cirsmā pēc gatavības;
- 4) pirmā cirsmā pēc vecuma;
- 5) otrā cirsmā pēc vecuma;
- 6) galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma;
- 7) galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma.

Mūsu valstī ir normatīvais regulējums, kas nosaka meža ilgtspējīgas apsaimniekošanas novērtēšanas kārtību (Meža ilgtspējīgas apsaimniekošanas..., 2013). Šajā pētījumā nav mērķis raksturot visus šajos noteikumos norādītos kritērijus, bet tikai daļu no indikatoriem, kas tieši atkarīgi no galvenās cirtes apjoma izmaiņām: galvenās cirtes apjoms, augošu koku krāja, krājas pieaugums, mežaudžu vecumstruktūra un oglekļa uzkrājums mežaudzēs.

Aritmētiski vidējais modelētais piecos gados **galvenajā cirtē nocirstais apjoms** scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms un aprēķinot galvenās cirtes apjomu kā 40% no krājas pieauguma, nākamo 75 gadu laikā ir būtiski mazāks kā pārējos scenārijos. Savukārt, pārējos scenārijos tas savstarpēji neatšķiras būtiski. Stabils modelētais galvenās cirtes apjoms ir scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms un galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 40% vai 50% no krājas pieauguma. Pārējos scenārijos piecgades galvenās cirtes apjoma svārstības pārsniedz  $\pm 20\%$  robežas.

**Augošu koku krāja** scenārijos, kur galvenās cirtes apjomu aprēķināšanā izmanto normālo cirsmu vai 40% no krājas pieauguma, līdz 2100. gadam attiecībā pret šo brīdi nedaudz palielināsies attiecīgi līdz 301 milj. m<sup>3</sup> un 307 milj. m<sup>3</sup>. Pārējos scenārijos tā samazināsies robežās no 245 milj. m<sup>3</sup> (cirsmā pēc gatavuma) līdz 265 milj. m<sup>3</sup> (2. cirsmā pēc vecuma).

**Krājas pieaugums** scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, samazinās visvairāk – tas līdz 2100. gadam no 9.6 milj. m<sup>3</sup> gadā samazinās līdz 8.4-8.5 milj. m<sup>3</sup> gadā. Pārējos scenārijos krājas pieauguma izmaiņām ir cita tendence – sākotnēji pirmos 20 gadus tā samazinās, bet vēlāk atkal palielinās un tuvinās sākotnējai vērtībai. Lai nodrošinātu ilgtermiņā stabilu un augstu krājas pieaugumu, ļoti svarīgi, lai neuzkrājas pāraugušas audzes un vecumstruktūra ir izlīdzināta (bez izteiktām “bedrēm” vai “kāpumiem”).

Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēts, ka **pieaugušu un pāraugušu audžu īpatsvars** līdz 2100. gadam palielināsies no 19% līdz 29–30%. Scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsmā pēc gatavuma, šādu audžu platība tiek modelēta, ka samazināsies līdz 7%, bet pārējos scenārijos tā samazināsies līdz 10–16%. Savukārt **jaunaudžu īpatsvars** scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēts, ka līdz 2100. gadam palielināsies no 31% līdz 34%, bet pārējos scenārijos līdz 37–42%

**Uzkrātais ogleklis mežā** dzīvajos un atmirušajos kokos, kur nocirstais apjoms galvenajā cirtē ir būtiski mazāks, prognostiski saglabāsies esošajā līmenī, bet pārējos scenārijos tas nākotnē prognostiski samazināsies par 11–16 milj. t.

Šī pētījuma rezultāti rāda, ka, lai valsts mežos saglabātu vienmērīgu nocirsto apjomu un nodrošinātu ilgtspējīgu mežsaimniecību, galvenās cirtes apjoma aprēķināšanā jāizmanto cirsmu pieauguma kontroles metodes jeb cirsmā pēc pieauguma procenta nevis cirsmu platības kontroles metodes. Šāda pieeja arī būtu piemērotāka izlases jeb bezizcirtumu mežsaimniecībai. Galvenās cirtes apjoma aprēķināšanā krājas pieauguma procenta kontroles metodes nodrošina arī atbilstošāku un savlaicīgāku atbildes reakciju uz mežsaimniecības izmaiņām. Piemēram, audzējot ražīgākus mežus (mūsdienīga mežsaimniecība atbilstoši meža zinātnieku rekomendācijām, meža platību palielināšana, mežu meliorācija un augsnes ielabošana utt.) ir iespēja meža īpašniekam, kas šajā gadījumā ir valsts, nocirst vairāk. Un, protams, arī otrādāk – samazinot mežaudžu ražību samazinās arī galvenās cirtes apjoms.

Par konkrētu pieauguma procenta izmantošanu galvenās cirtes aprēķināšanai jāvienojas būtu meža politikas veidotājiem, nosakot sasniedzamos mērķus un indikatorus.

## Saturs

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Kopsavilkums.....</b>                                                                  | <b>2</b>  |
| <b>Ievads .....</b>                                                                       | <b>5</b>  |
| <b>1. Pasaulē mežierīcībā izmantojamās cirsmu aprēķināšanas metodes .....</b>             | <b>6</b>  |
| 1.1. Ilgtspējīga meža apsaimniekošanas plānošana – vēsturisks apskats .....               | 6         |
| 1.2. Ilgtspējīga meža apsaimniekošanas plānošana – citu valstu pieredze .....             | 7         |
| 1.2.1. Termini un apzīmējumi .....                                                        | 7         |
| 1.2.2. AAC metodes rotācijas (vienvecuma) mežsaimniecībā .....                            | 7         |
| 1.2.3. AAC metodes dažādvecuma (izlases) mežsaimniecībā.....                              | 9         |
| 1.2.4. “NDY” (Non-Declining Yield) .....                                                  | 9         |
| 1.2.5. Mūsdienu Baltijas un citu ES valstu piemēri (valsts mežu kontekstā).....           | 9         |
| 1.2.6. Kopsavilkums .....                                                                 | 10        |
| 1.3. Cirtes apjoma rēķināšanas metodes .....                                              | 10        |
| 1.3.1. Platības kontroles metodes .....                                                   | 11        |
| 1.3.2. Tilpuma kontroles metodes .....                                                    | 14        |
| 1.3.3. Pieauguma kontroles metodes .....                                                  | 15        |
| 1.3.4. Modelēšanas pieeja.....                                                            | 16        |
| <b>2. Mežu resursu izmaiņas ar dažādām galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodēm....</b> | <b>17</b> |
| 2.1. Metodika .....                                                                       | 17        |
| 2.1.1. Modelētās galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodes .....                         | 17        |
| 2.1.2. Modelēšanā izmantotie dati .....                                                   | 17        |
| 2.1.3. Augšanas gaitas un saimnieciskās darbības modelēšana.....                          | 17        |
| 2.2. Rezultāti.....                                                                       | 21        |
| 2.2.1. Galvenās cirtes apjoms un tā izmaiņas .....                                        | 21        |
| 2.2.2. Augošo koku krāja.....                                                             | 26        |
| 2.2.3. Krājas pieaugums .....                                                             | 28        |
| 2.2.4. Mežaudžu vecumstruktūra.....                                                       | 31        |
| 2.2.5. Mežaudzēs uzkrātais ogleklis .....                                                 | 34        |
| <b>Literatūra .....</b>                                                                   | <b>36</b> |

## Ievads

Latvijā šobrīd valsts mežos tiek regulēts maksimāli nocērtamais apjoms galvenajā cirtē un paredzams, ka tuvākajā nākotnē šāda regulējoša norma netiks atcelta. Meža likumā noteikts, ka valsts mežiem galvenās cirtes maksimāli pieļaujamo ciršanas apjomu, izmantojot Meža valsts reģistra datus, aprēķina Valsts meža dienests (VMD), bet metodika likumdošanā nav noteikta. Kopš 2011. gada VMD aprēķinu metodika nav mainījies – skuju kokiem tiek izmantota otrā cirsma pēc vecuma, bet lapu kokiem pirmā cirsma pēc vecuma. Šāda aprēķinu metodika teorētiski paredz pakāpenisku audžu vecumstruktūras izlīdzināšanos, tomēr netiek ņemta vērā sugu maiņa un tiek ignorēti “dabiskie” traucējumi. Šāda aprēķinu metodoloģija ņem vērā audžu platību, bet ignorē to krāju un pieaugumu, kā arī nav piemērota izlases un pakāpenisko ciršu izmantošanas apjoma noteikšanai. Potenciālā zaļā darījuma (angļu val. “green deal”) ietekmē Latvijā palielināsies mežu platības, kur tiks piekopta nevis “mazo kailciršu” mežsaimniecība, bet nekailciršu mežsaimniecība.

Tādēļ būtu nepieciešams apzināt alternatīvas galvenās cirtes apjoma aprēķināšanas metodes un izvērtēt to lietošanas piemērotību Latvijai gan tradicionālajā “mazo kailciršu” mežsaimniecībai, gan nekailciršu mežsaimniecībai. Tāpat būtu nepieciešams galvenās cirtes apjoma metožu izvērtēšanai izmantot Nacionālā meža monitoringa datus, kas atšķirībā no Meža valsts reģistra datiem ļautu izvērtēt metodes, kas ņem vērā ne tika mežaudžu platību un krāju, bet arī to pieaugumu.

Pētījuma mērķis ir Latvijai piemērota un ilgtspējīgas mežsaimniecības veicinoša galvenās cirtes apjoma aprēķināšana, izmantojot Nacionālā meža monitoringa datus.

Pētījumā izvirzītie uzdevumi ir:

1. Apzināt pasaulē mežsaimniecībā izmantojamās cirsmu aprēķināšanas metodes un to teorētisko lietošanas piemērotību Latvijas mežsaimniecībā.
2. Izmantojot nacionālā meža monitoringa datus, modelēt mežu resursu izmaiņas ar dažādām teorētiski Latvijai piemērotākajām galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodēm.

# 1. Pasaulē mežierīcībā izmantojamās cirsmu aprēķināšanas metodes

## 1.1. Ilgtspējīga meža apsaimniekošanas plānošana – vēsturisks apskats

Ilgtspējīga mežu apsaimniekošana ir ideja, ka mežus vajadzētu izmantot tādā veidā, kas apmierina pašreizējās vajadzības, nepārkāpjot to ekoloģiskās, ekonomiskās un sociālās funkcijas nākotnes paaudzēm. Lai gan šis termins ir mūsdienīgs, tā pirmsākumi meklējami vairāku gadsimtu pagātnē. Vietējās un tradicionālās sabiedrībās visā meži tika pārvaldīti, ievērojot paražu noteikumus, sezonālu ieguvu, svētvietas (piem., svētbirzes) un kopīgās īpašumtiesības. Bet Viduslaiku Eiropā meži tika regulēti, lai nodrošinātu pastāvīgu kurināmā, kokmateriālu un medījumu piegādi. Šāda regulējuma pamats bija koksnes resursu trūkums Eiropā (un arī kolonijās), kas radās zemes lietošanas maiņas kā arī industrializācijas rezultātā. Faktiski, ilgtspējīga mežu apsaimniekošana ir attīstījusies no vietējām tradicionālajām praksēm un kokmateriālu orientētas mežsaimniecības uz globālu, daudzpusīgu pieeju, kas līdzsvaro ekoloģiju, ekonomiku un sabiedrību.

Ilgtspējīgas mežu apsaimniekošanas (IMA) plānošana attiecas uz sistemātisku procesu, kurā tiek pieņemti lēmumi par to, kā meži tiek izmantoti, aizsargāti un atjaunoti laika gaitā, vienlaikus līdzsvarojošot ekoloģiskos, ekonomiskos un sociālos mērķus. Tās vēsture rāda pakāpenisku pāreju no vienkāršiem kokmateriālu ieguves plāniem uz sarežģītām, līdzdalības un adaptīvām sistēmām.

### 1. periods

Mūsdienu mežsaimniecības plānošanas pamati sākās ar ilgtspējīgas ražas mežsaimniecību, kad 1713. gadā Hanss Kārlis fon Karlovics ieviesa konceptu (ilgspēja), sasaistot ražas līmeni ar mežu atjaunošanos.

Meža apsaimniekošanas plāni kļuva par rakstiskiem dokumentiem, kuros iekļāva:

- Meža inventarizāciju,
- Ražas tabulas,
- Rotācijas vecumus,
- Perioda (gada) pieļaujamo ciršanas apjomu (AAC).

### 2. periods – rūpnieciskā un valsts mežu plānošanas periods (19. gadsimta beigās–20. gadsimta vidus)

Valdības institucionalizēja ilgtermiņa mežu apsaimniekošanas plānus, bieži vien 50–100 gadu garumā. Plānošana bija centralizēta un tehniska, to dominēja mežsaimnieki. Plaši tika izmantota:

- meža nogabalu precīza nošķiršana,
- tīraudžu stādījumi,
- fiksētas ciršanas ciklu sistēmas.

Ekoloģiskā sarežģītība un sociālā ietekme lielākoties tika ignorēta, lai gan, piem., Latvijas teritorijā meža koksnes ieguve tika ierobežota, izdalot aizsargjoslas gar Baltijas jūru un Rīgas jūras līci (19. gs. pirmajā pusē), aizsargu mežu kategorijas (1920. gados).

### 3. periods – daudzmērķu plānošana un vides jautājumi (1960.–1980. gadi)

Rietumvalstīs vides kustības norādīja uz bioloģiskās daudzveidības samazināšanos, augsnes degradāciju u.c. izaicinājumiem, kā rezultātā mežu plānošanas ietvars paplašinājās, iekļaujot:

- Savvaļas dzīvnieku aizsardzību,
- Rekreāciju,
- Ūdens aizsardzību.

Latvijas teritorijā jau kopš 1940. gadiem spēkā bija mežu iedalījums grupās, kurā 1. grupas mežiem galvenais izmantošanas nebija saistīts ar koksnes ražošanu kā primāro apsaimniekošanas mērķi.

#### 4. periods – ilgtspējīga meža apsaimniekošanas plānošana (1990-tie gadi)

Apvienoto Nāciju Konference par vidi un ilgtspējīgu attīstību (1992) formalizēja ilgtspējīgas meža apsaimniekošanas (IMA) principus. Tika radīti starptautiskie kritēriju un indikatoru (C&I) sistēmas, kas sniedza vadlīnijas plānošanai valsts un meža vienību līmenī.

Meža apsaimniekošanas plānos sāka prasīt:

- Ieinteresēto pušu konsultācijas,
- Sociālās ietekmes novērtējumu,
- Bioloģiskās daudzveidības monitoringu.

#### 5. periods – adaptīva un ainavas līmeņa plānošana (2000. g. sākums līdz mūsdienām)

Klimata pārmaiņas ir radījušas nenoteiktību ilgtermiņa plānošanā. Mūsdienu ilgtspējīgas mežsaimniecības plānošana uzsver:

- Adaptīvo vadību,
- Scenāriju modelēšanu,
- Riska balstītu plānošanu,
- Ainavu un ekosistēmas pieejas.

Mūsdienu plānošana: nepārtraukta, līdzdalības pilna un datu virzīta.

## **1.2. Ilgtspējīga meža apsaimniekošanas plānošana – citu valstu pieredze**

### **1.2.1. Terminu un apzīmējumi**

$H_t$  – ciršanas apjoms periodā  $t$  ( $m^3/gadā$  vai  $m^3/periodā$ )

$A$  – produktīvā (izmantojamā) meža platība ( $ha$ )

$A_m$  – pieaugušu un pāraugušu audžu platība ( $ha$ )

$R$  – rotācijas vecums (gadi)

$T$  – regulācijas/plānošanas periods (gadi; bieži 5–10 vai 10)

$V_{ha}$  – vidējais krājas apjoms uz  $ha$  attiecīgā vecumā/klasē ( $m^3/ha$ )

$G$  – bruto pieaugums ( $m^3/ha/gadā$ )

$M$  – dabiskie zudumi (mirstība u.c.) ( $m^3/ha/gadā$ )

$NAI$  – neto gada pieaugums:  $NAI = G - M$

$I$  – kopējais neto pieaugums teritorijā:  $I = NAI \cdot A$

### **1.2.2. AAC metodes rotācijas (vienvecuma) mežsaimniecībā**

#### **1.2.2.1. Kailciršu sistēma (vienvecuma mežaudzes)**

Audzes tiek atjaunotas pēc kailcirtes cirtes; plānošana balstās uz rotācijas vecumu un vecumklašu struktūru.

(A) Platības regulācija (area control):

$$AAC_{area} = A/R ("ha/gad" "a" )$$

Pārrēķins uz apjomu:

$$AAC_{vol} = A/R \cdot V_{ha}$$

(B) Krājas/tilpuma regulācija (volume control):

$$AAC = V/R ,$$

kur V ir kopējā izmantojamā krāja ( $m^3$ ).

(C) Pieauguma (incrementa) “griesti”:

$$AAC \leq I = NAI \cdot A$$

Valstu piemēri (kailcirtes ir dominējošā rotācijas ciršu plānošana):

NDY (Non-Declining Yield) tipa plūsmas regulācija ir īpaši raksturīga Kanādas publisko mežu apsaimniekošanā: raža (harvest) daudzgadu regulācijas periodā nedrīkst pārsniegt AAC, un regulācijas periodi daudzviet ir 5–10 gadi.

Polijas valsts mežos koksnes ieguves apjoms tiek noteikts ar “allowable cut”, kas ir mežierīcības plānā noteiktais apjoms 10 gadu periodam katrā meža iecirknī/rajona vienībā (forest district).

#### 1.2.2.2. Pakāpenisko ciršu sistēma (vienvecuma ar vairākiem cirtes paņēmieniem)

Atjaunošana notiek vairākos posmos (piem., sagatavošanas cirte, atjaunošanas (sēklcirtes) un novākšanas cirtes paņēmieni), tādēļ AAC praktiski sadalās pa paņēmieniem un atjaunošanas periodu.

(A) Platības regulācijas loģika ar paņēmieniem:

Ja atjaunošanas logs ilgst  $T_{regen}$  gadus un kopējā platība atjaunojama pa posmiem, praktiski lieto:

$$AAC_{(regen, area)} = A_{regen} / T_{regen}$$

un apjoma griezumā:

$$AAC_{(regen, vol)} = A_{regen} / T_{regen} \cdot V_{ha}$$

(B) Pieauguma + atlikušās daļas krājas pieauguma komponents:

$$H_{t \leq I_t^{(residual)}} + V_{regen} / T_{regen}$$

kur  $I_t^{(residual)}$  ir atlikušās audzes pieaugums starp paņēmieniem.

Šī sistēma bieži tiek “piesaistīta” pie vides ierobežojumiem (biotopi, atmirušā koksne, buferjoslas), t. i., AAC tiek samazināts ar platībām/krāju, kas izslēgti no aprites.



### 1.2.3. AAC metodes dažādvecuma (izlases) mežsaimniecībā

Izlases ciršu (selection; dažādvecuma struktūra) gadījumā nav rotācijas vecuma kā vienreizējas “nobeiguma cirtes”; noturīga struktūra tiek uzturēta ar periodiskām izlases cirtēm. Tādēļ AAC pamatā balstās uz neto pieaugumu un struktūras parametriem.

(A) Neto pieauguma metode (pamata):

$$AAC = I = (G - M) \cdot A \text{ vai } AAC_t \leq I_t$$

(B) Diametra klašu pieeja (struktūras regulācija):

$$AAC = \sum (d \geq d_{min}) I_d$$

kur  $I_d$  dir neto pieaugums diametra klasē  $d$ .

(C) Krājas/šķērslaukuma mērķa uzturēšana (kontroles variants):

$$AAC \approx (BA_{cur} - BA_{tar}) \cdot F$$

kur  $BA$  ir šķērslaukums ( $m^2/ha$ ) un  $F$  – pārrēķina koeficients uz  $m^3$ .

Praktiskā interpretācija. Izlases sistēmā AAC ir “pieauguma budžets”: nocirst drīkst tikai to, ko sistēma ilgtermiņā atjauno kā pieaugumu, saglabājot mērķa struktūru.

### 1.2.4. “NDY” (Non-Declining Yield)

NDY nozīmē, ka ilgtermiņā ražas plūsma nedrīkst samazināties, un AAC tiek atrasts kā lielākais plūsmas līmenis, kas apmierina visus ierobežojumus.

(A) Monotona NDY forma:

$$H_{t+1} \geq H_t \quad \forall t$$

(B) NDY kā konstants “grīdas” līmenis (maksimizē vienmērīgu plūsmu):

$$H_t \geq H^* \quad \forall t, \max_{t \in [0, T]} H_t = H^*$$

AAC salīdzināšana ar faktisko ciršanu tiek veikta daudzgadu regulācijas periodos (bieži 5–10 gadi), vienlaikus atļaujot gada novirzes, ja kopējais periods netiek pārsniegts.

### 1.2.5. Mūsdienu Baltijas un citu ES valstu piemēri (valsts mežu kontekstā)

#### 1.2.5.1. Platības kvotas “atjaunošanas ciršu” griezumā (Igaunija, valsts meži)

Igaunijas valsts mežu apsaimniekotājs RMK savā stratēģijā norāda, ka atjaunošanas cirtes tiek īstenotas ik gadu, balstoties uz ministra apstiprinātu ciršanas platību piecgades periodam.

Matemātiska forma (platības ierobežojums):

$$\sum_{t \in 5g} A_t^{regen} \leq A_{5g}^{cap}$$

Apjoms izriet no platības un krājas rādītājiem.

#### 1.2.5.2. 10 gadu plāna “allowable cut” (Polija, valsts meži)

Valsts meži (Lasy Państwowe) norāda, ka ciršanas apjomu nosaka mežierīcības plānā noteiktais allowable cut 10 gadu periodā katram meža rajonam (forest district).

Matemātiski:

$$\sum_{t \in 10g} H_t \leq AAC_{10g}$$

#### 1.2.5.3. “Harvest ≤ growth” un ilgtspējīgas apsaimniekošanas pienākums (Zviedrija)

Zviedrijas normatīvais ietvars (Meža likums) paredz ilgtspējīgu apsaimniekošanu un sabiedrības prasību ievērošanu; praksē plānošana bieži tiek operacionalizēta ar pieauguma un krājas (stock) līdzsvara ierobežojumiem.

Konceptuāli modeļos:

$$H_t \leq I_t, S_{t+1} \geq S_t$$

#### 1.2.5.4. Ilgtspējīga ieguves potenciāla scenāriji (Somija)

Somijas ilgtermiņa “sustainable harvesting potential” tiek aplūkots kā scenāriju/modelēšanas rezultāts (ne vienmēr kā juridiski fiksēta kvota katram īpašumam), balstoties uz inventarizāciju un ilgtspējīguma kritērijiem.

#### 1.2.5.5. Baltijas “padomju mantojuma” kvotu loģika (vecuma/platības dominēšana)

Pieejā, kur AAC tiek noteikts atsevišķi pa mežu grupām un sugām, balstoties uz audžu vecuma grupām un pieejamo ciršanas fondu.

Tipiska (vienkāršota) forma (detāls apraksts tiks dots nākošajās nodaļās):

$$AAC \approx A_m / T \cdot V_{ha}$$

### 1.2.6. Kopsavilkums

AAC nav “viena formula”, bet ierobežojumu sistēma, kuras forma atkarīga no mežkopības sistēmas un pārvaldības mērķiem. Rotācijas (vienvecuma) mežsaimniecībā AAC bieži tiek noteikts caur platības/rotācijas un krājas sakarībām, taču ilgtspējības “griesti” ir neto pieaugums. Izlases (dažādvecuma) mežsaimniecībā AAC viskonsekventāk definējams kā neto pieauguma apjoms (kopumā vai pa diametra klasēm), papildinot ar struktūras mērķiem. NDY tipa pieeja (īpaši Kanādā) matemātiski stabilizē ražas plūsmu laikā, savukārt ES biežāk dominē pieauguma/krājas līdzsvara vai plāna kvotu režīmi, nevis stingrs NDY optimizācijas standarts.

### 1.3. Cirtes apjoma rēķināšanas metodes

Gada (vidējā periodiskā) pieļaujamais koksnes ciršanas apjoms (GPKCA) ir maksimālais koksnes daudzums, ko drīkst nocirst gada laikā, neradot ilgtermiņa produktivitātes samazinājumu mežā. Izmanto dažādas GPKCA noteikšanas metodes atkarībā no meža struktūras, apsaimniekošanas mērķiem, datu pieejamības un riska tolerance.

Koksnes resursu plānošana balstās uz ražas regulēšanu, nodrošinot ilgtermiņa koksnes piegādes stabilitāti. Parastās pieejas ietver:

- Platības kontroles metodes
- Tilpuma kontroles metodes
- Viena vecuma un dažādvecuma regulēšana

- Ilgtspējīgas, nekrītošas vai svārstīgas ražas politiku.

Mūsdienų plānošanā izmanto simulācijas modeļus, lai prognozētu koksnes piegādi vairākās rotācijās.

Zemāk dotas metodes, kas aprakstītas P. Skudras grāmatā “Mežierīcība” (Skudra, 1985).

### 1.3.1. Platības kontroles metodes

1. Vienmērīgās izmantošanas (normālās) cirsmas aprēķināšana:

$$C_n = \frac{\Sigma P}{U}, \quad (1)$$

kur

$\Sigma P$  – koku sugas aizņemtā kopplatība, ha

$U$  – cirtmets ( trešās grupas mežos cirtmeta vecumklases zemākā robeža, otrās grupas mežos vidējā, pirmās grupas mežos cirtmeta augstākā robeža

2. Cirsmas aprēķināšana pēc gatavības:

$$C_g = \frac{P_{ekspl}}{n}, \quad (2)$$

kur

$P_{ekspl}$  – konkrētās koku sugas ekspluatācijas fonda platība, ha

$n$  – gadu skaits vecumklasē

3. Pirmās cirsmas aprēķināšana pēc vecuma:

$$C'_v = \frac{P_{ekspl} + P_{br}}{2n}, \quad (3)$$

kur

$P_{br}$  – briestaudžu platība, ha

4. Otrās cirsmas aprēķināšana pēc vecuma:

$$C''_v = \frac{P_{ekspl} + P_{br} + P_{vid}}{3n \text{ vai } 4n}, \quad (4)$$

kur

$P_{vid}$  – vidēja vecuma audžu platība, ha

Dalītāju  $3n$  lieto gadījumos, kad vidēja vecuma audžu grupā ietilpst līdz trim vecumklasēm un aprēķinā iekļauta tikai vienas (vecākās) vecumklases platība. Ja vidējā vecuma audžu grupā ietilpst 4 vecumklases (Latvijas PSR otrās grupas mežos bērziem un melnalkšņiem), aprēķinos iekļauj divu vecāko vecumklašu platības un par dalītāju lieto  $4n$ .

5. Anučina cirsmas aprēķināšana:

$$C_A = \frac{P_{norm}}{U} + \frac{P - P_{norm}}{A_{kvant}}, \quad (5)$$

kur

$P_{norm}$  – platība ar normāla vecuma struktūras mežu, ha  
 $A_{kvant}$  – kvantitatīvās gatavības vecums, gados

Platību, kas klāta ar normāla vecuma struktūras mežu, nosaka kā vienādu attiecīgas koku sugas katras vecumklases platību summu, t.i.,

$$P_{ekspl} = P_{br} = P_{vid I} = P_{vid II} = P_{jaun II} = P_{jaun I} \quad (6)$$

un aprēķina, reizinot vismazāk pārstāvētās vecumklases platību ar kopējo vecumklašu skaitu.

#### 6. Integrālās cirsmas aprēķināšana

$$C_{int} = k(0,2P_{jaun I} + 0,2P_{jaun II} + 0,6P_{vid II} + P_{vid I} + 1,4P_{br} + 1,8P_{ekspl}) \quad (7)$$

kur

$k=0.01$  – ja vecumklasē 20 gadi  
 $k=0.02$  – ja vecumklasē 10 gadi

Pēc N. Anučina pētījumiem, šī cirsmas integrāle pieauguša meža uzkrāšanos un audžu vecuma kategoriju izmaiņas, ņemot vērā platību sadalījuma nevienmērību pa vecumklasēm, tādēļ reizinātāju skaitliskās vērtības vecumgrupu platībām konkretizējas atkarībā no ciršanas vecumiem:

$$C_{int 80} = 0,01(0,3P_I + 0,9P_{II} + 1,6P_{III} + 2,2P_{>IV}), \quad (8)$$

$$C_{int 90} = 0,01(0,2P_I + 0,7P_{II} + 1,1P_{III} + 1,6P_{>IV} + 2P_{>V}),$$

$$C_{int 100} = 0,01(0,2P_I + 0,6P_{II} + P_{III} + 1,4P_{>IV} + 1,8P_{>V}),$$

$$C_{int 110} = 0,01(0,1P_I + 0,4P_{II} + 0,8P_{III} + 1,1P_{>IV} + 1,8P_{>V}),$$

$$C_{int 120} = 0,01(0,1P_I + 0,4P_{II} + 0,7P_{III} + P_{>IV} + 1,3P_{>V} + 1,5P_{>VI}),$$

kur

$P_I, P_{II}, \dots, P_{VI}$  – attiecīgo vecumklašu platība, ha

#### 7. Samgīna cirsmas aprēķināšana:

$$C_s = \frac{1P_{jaun I} + 2P_{jaun II} + 3P_{vid I} + 4P_{vid II} + 5P_{br} + 6P_{ekspl}}{(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)n} \quad (9)$$

#### 8. Štocera cirsmas aprēķināšana:

$$C_s = \frac{C_n \cdot A_{vid}}{0,5U} = \frac{2C_n \cdot A_{vid}}{U}, \quad (10)$$

kur

$C_n$  – vienmērīgās izmantošanas cirsmas platības, ha  
 $A_{vid}$  – koku sugas vidējais vecums, gados

Visām iepriekš minētajām cirsmām (1...8) cērtamo krāju nosaka, aprēķināto platību reizinot ar ekspluatācijas fonda vidējo krāju uz hektāra, piemēram:

$$M_{ekspl/ha} = \frac{M_{ekspl}}{P_{ekspl}}, \quad (11)$$

kur

$$C_{n(M)} = C_n * M_{ekspl/ha}$$

$$C_{g(M)} = C_g * M_{ekspl/ha}$$

Vairākām cirsmām vispirms aprēķina cērtamo krāju un, to dalot ar ekspluatācijas fonda vidējo krāju uz hektāra, izskaitļo atbilstošo cērtamo platību.

9. Cirsmas aprēķināšana pēc pieauguma:

$$C_{p(M)} = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n, \quad (12)$$

$$C_{p(M)} = \frac{M_1}{A_1} + \frac{M_2}{A_2} + \dots + \frac{M_n}{A_n}, \quad (13)$$

kur

|                                          |   |                                                              |
|------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------|
| $\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n$ | – | attiecīgo vecumklašu vidējās krājas izmaiņas, m <sup>3</sup> |
| $M_1 + M_2 + \dots + M_n$                | – | attiecīgo vecumklašu krājas, m <sup>3</sup>                  |
| $A_1 + A_2 + \dots + A_n$                | – | audžu vidējie vecumi vecumklasēs, gados                      |

$$C_{p(pl)} = \frac{C_{p(M)}}{M_{ekspl/ha}} \quad (14)$$

10. Landolta cirsmas aprēķināšana:

$$C_{L(M)} = \frac{\Sigma M}{0,6U} = \frac{5\Sigma M}{3U} \quad (15)$$

11. Cirsmas aprēķināšana pēc cirsmas vecuma:

$$C_{L(M)} = \frac{\Sigma M}{0,5U} = \frac{2\Sigma M}{U} \quad (16)$$

Cirsmas aprēķināšana pēc stāvokļa ir atšķirīga aprēķinu gaita salīdzinājumā ar iepriekš minētajām.

$$C_{st(pl)} = \frac{P_0}{a'}, \quad (17)$$

$$C_{st(M)} = \frac{M_0}{a'}, \quad (18)$$

kur

|       |   |                                           |
|-------|---|-------------------------------------------|
| $P_0$ | – | ciršanas secības klases audžu platība, ha |
| $M_0$ | – | šo audžu krāja, m <sup>3</sup>            |
| $a'$  | – | ciršanas laiks (parasti 10 gadi)          |

Moisejeva modelis

$$\max x_1 = \min_k \left[ \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k l_i + \frac{1}{2} l_{k+1} \right], k = 1 \dots N, \quad (19)$$

kur

$l$  — vecumklašu platība, ha

Visas minētās formulas vairāk vai mazāk sekmīgi lieto izmantošanas apjoma aprēķināšanai gan platības, gan krājas izteiksmē, taču jāuzsver, ka nav vēlams izmantot tās metodes, kurām pastāv funkcionāla sakarība starp cirsmu lielumiem un pieaugušu audžu daudzumu (piemēram, Landolta cirsmā), kā arī tās, kuras neatstāj ietekmi uz audžu vecuma struktūru (piemēram, cirsmā pēc gatavības).

### 1.3.2. Tilpuma kontroles metodes

Pakāpeniskās, grupu un izlases cirtēs izmantošanas apjomu noteikšanai ir atšķirīgs raksturs. Šajās cirtēs vienā paņēmienā cērt tikai daļu no pieaugušā meža krājas, tādēļ aprēķināt jebkuras cirsmas platību ir grūti un jāaprobežojas ar cērtamās krājas noteikšanu. Izdalot aprēķināto krāju ar vidējo cirsto krāju no 1 hektāra, var iegūt arī orientējošu cirtes platību. Gan pakāpeniskajām, gan izlases cirtēm parasti izskaitļo tikai pirmo un otro cirsmu pēc vecuma, izmantojot kailciršu aprēķiniem līdzīgas formulas.

Heijera modelis

$$C_{(M)} = Z_{vid\ fakt} + \frac{M - M_n}{t}, \quad (21)$$

kur

$Z_{vid\ fakt}$  — audzes krājas vidējais faktiskais pieaugums, m<sup>3</sup>  
 $Z_{vid\ n}$  — tās pašas audzes krājas vidējais normālais pieaugums, m<sup>3</sup>  
 $M_n$  — mērķa audžu krāja pēc augšanas gaitas tabulām, m<sup>3</sup>  
 $K$  — labojuma koeficients (audzes faktiskās un normālās krājas attiecība)

Skandināvu modelis

$$C_{(M)} = M + Z_{teh} - M_m, \quad (22)$$

kur

$M$  — audžu pašreizējā krāja, m<sup>3</sup>  
 $Z_{teh}$  — krājas pieaugums, m<sup>3</sup>  
 $M_m$  — mērķa audžu krāja pēc augšanas gaitas tabulām, m<sup>3</sup>

Hancelika modelis un Kutenaja modelis

$$C_{(M)} = \frac{M_{pr}}{a} + \Sigma Z < a \quad (23)$$

$$C_{(M)} = \frac{M_l - M_o}{t} \quad (24)$$

kur

|          |   |                                                                |
|----------|---|----------------------------------------------------------------|
| $M_{pr}$ | – | preču meža krāja, m <sup>3</sup>                               |
| $M_l$    | – | meža izmantošanā iekļauto audžu sākotnējā krāja m <sup>3</sup> |
| $M_o$    | – | uz celma atstājamā pieaugušā meža krāja, m <sup>3</sup>        |
| $Z <_a$  | – | jaunaudžu ... briestaudžu krājas pieaugums, m <sup>3</sup>     |

### 1.3.3. Pieauguma kontroles metodes

Nepārtraukta meža klāja mežkopības sistēmas gadījumā gada ciršana apjoms  $\leq$  gada pieaugums (augšana), vienlaikus nodrošinot:

- pietiekamu stāvošo koku apjomu,
- stabilu diametra/vecuma struktūru,
- nepārtrauktu atjaunošanos.

Ilgspējīga ciršana tiek noteikta:

Pamatojoties uz pieaugumu (visizplatītākais)

Pamatota pēc struktūras (stāvokļa pastāvīguma) pieeja

Šķērslaukuma kontrole

#### Pamatojoties uz pieaugumu (visizplatītākais)

Gada ciršana tiek noteikta tuvu neto gada pieaugumam (NAI):

"Ilgspējīga ciršana"  $\approx$  "Gada apjoma pieaugums"

Tipiski diapazoni: 70–90% no neto gada pieauguma (pārējais nodrošina nenoteiktību, mirstību un atjaunošanās vajadzības)

Piemērs: Neto pieaugums: 6 m<sup>3</sup>/ha/gadā, bet ilgtspējīga ciršana: 4.5–5.5 m<sup>3</sup>/ha/gadā

#### Pamatota pēc struktūras (stāvokļa pastāvīguma) pieeja

Izmanto labi attīstītos dažādvecuma vecuma audzēs.

Galvenie rīki:

- Mērķa diametra sadalījums (bieži apgrieztās J formas līkne)
- q-faktors (attiecība starp koku skaitu diametru klasēs)
- Minimālais atlikušais pamatplatības laukums un stāvošais tilpums
- Cirtē uzsvars ir uz :
- “lieko” (skaits pārsniedz teorētiski definēto koku skaitu caurmēra pakāpē) koku izņemšana lielākajās diametru klasēs,
- kvalitātes un stabilitātes uzlabošana,
- atjaunošanā veicināšanu un nākotnes koku audzes attīstību.

#### Šķērslaukuma kontrole

Dažās sistēmās tiek regulēts nevis tilpums, bet šķērslaukums.

Piemērs: Mērķa šķērslaukums: 22–28 m<sup>2</sup>/ha (atkarīgs no sugas un vietas), periodiskajā cirtē ņem tikai pieaugumu virs šī līmeņa.

#### **1.3.4. Modelēšanas pieeja**

Mūsdienās šī ir plašāk izmantotā metode ilgtspējīgi iegūstamā uzņēmuma koksnes apjoma aprēķināšanā. Šādu pieeju izmanto vairums valsts uzņēmumu Ziemeļvalstīs, kā arī AS “Latvijas valsts meži”.

Aprēķinos var tikt izmantotas dažādas simulāciju vai optimizācijas metodes (lineāra optimizācija, mērķa optimizācija vai heuristiskā optimizācija) (Buongiorno, Gilles 2003).



## **2. Mežu resursu izmaiņas ar dažādām galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodēm**

### **2.1. Metodika**

#### **2.1.1. Modelētās galvenās cirtes apjoma noteikšanas metodes**

Pētījumā no apzinātajām galvenās cirtes cirsmu aprēķināšanas metodēm pārbaudei (modelēšanai) atlasītas sekojošas metodes: normālā cirsmā, cirsmā pēc gatavības, pirmā cirsmā, pēc vecuma, otrā cirsmā pēc vecuma un cirsmā pēc pieauguma procenta. Kopā modelēti 7 dažādi ikdienišķas mežsaimniecības scenāriji pie esošajiem mežsaimniecības aprobežojumiem, ar atšķirīgu galvenās cirtes algoritmu:

- 1) šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms (skuju kokiem 2. cirsmā pēc vecuma, lapu kokiem 1. cirsmā pēc vecuma);
- 2) normālā cirsmā,
- 3) cirsmā pēc gatavības,
- 4) pirmā cirsmā pēc vecuma,
- 5) otrā cirsmā pēc vecuma,
- 6) galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma,
- 7) galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma.

#### **2.1.2. Modelēšanā izmantotie dati**

Pētījumā izmantoti Latvijas meža statistiskās inventarizācijas (MSI) pēdējā piecgadē (2020-2024.g.) uzmērītie dati par mežsaimniecībai pieejamajiem valsts mežiem. Par mežsaimniecībai pieejamiem mežiem pieņemti meži, kur nav aizliegts veikt galveno cirti. No MSI datiem atlasīti tikai tie parauglaukumus (PL) un PL sektori, kuros zemju kategorija ir mežaudze, iznīkusi audze, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē. Modelēšanā izmantoti tikai tie PL un PL sektori, kuru platība ir vismaz 400 m<sup>2</sup>, jo pieņemam, ka šādas platības sektoros ir pieejams adekvāts koku sadalījums. Šiem kritērijiem MSI datu bāzē atbilst 2721 PL un PL sektori. Modelēšanā izmantotajiem sektoriem 1 m<sup>2</sup> reprezentatīvā platība mainīta tā, lai kopējā reprezentatīvā platība sakristu ar MSI pēdējā piecgadē atbilstošajās zemju kategorijās uzmērīto reprezentatīvo platību.

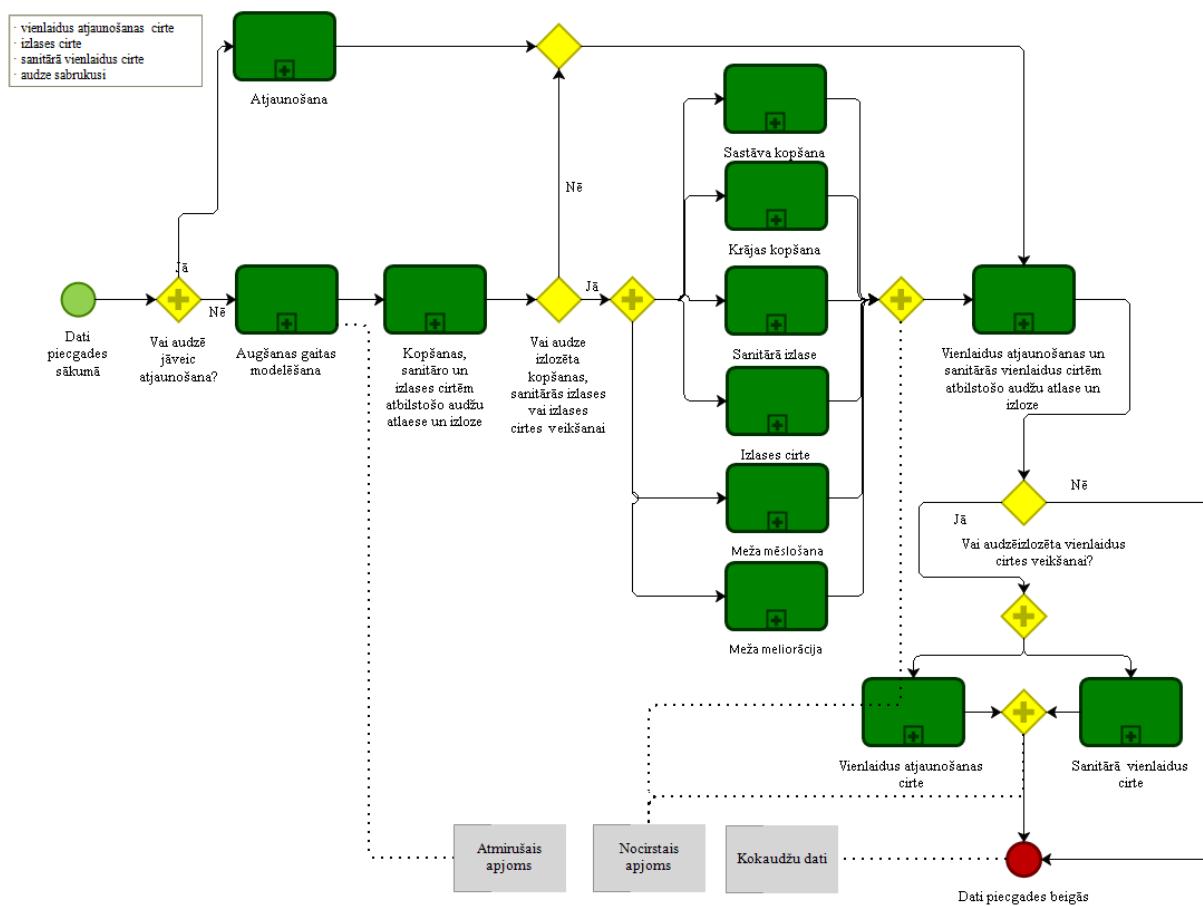
#### **2.1.3. Augšanas gaitas un saimnieciskās darbības modelēšana**

Latvijas mežu resursu izmaiņu modelēšanai izmantots Latvijas valsts mežzinātnes institūta “Silava” (LVMI Silava) meža resursu prognozēšanas un modelēšanas rīks, kas ir simulāciju modelis.

Meža resursu izmaiņu modelēšana veikta līdz 2100. gadam jeb 75 gadus garam periodam.

Kokaudzes izmaiņu modelēšana programmā notiek meža elementa līmenī, kur par vienu meža elementu pieņem vienā parauglaukuma sektorā vienas sugas un vienas paaudzes vienā stāvā esošu koku kopu.

Meža resursu izmaiņu modelēšana notiek pa piecgades periodiem. Programmā tiek modelēta dažāda mežsaimnieciskā darbība (meža atjaunošana, koku ciršana, meža meliorācija, meža mēslošana) un katras piecgades beigās katram stratam uzkrāta informācija par veikto saimniecisko darbību, kokaudzes un atsevišķa meža elementa taksācijas rādītājiem, tai skaitā pieaugums, atmirums, nocirstais apjoms (2.1.1. attēls).



Powered by  
bizagi  
Modeler

### 2.1.1. attēls. LVMI Silava prognožu modeļa vispārēja shēma vienas piegādes modelēšanai

Kokaudžu taksācijas rādītāju izmaiņu modelēšana ir determinisks process, jo modelēšanā izmantoti determiniski vienādojumi. Determiniskie augšanas gaitas modeļi piemēroti praktiskai augšanas gaitas prognozēšanai, un tie katru reizi pie vieniem un tiem pašiem ievades datiem jeb taksācijas rādītājiem prognozē vienu un to pašu pieaugumu jeb nākotnes vērtību. Kokaudzes augšanas gaitas modelēšanā izmantoti LVMI Silava izstrādātie augšanas gaitas modeļi (Donis u.c., 2015, Donis, 2024, Šņepsts, 2024).

Savukārt, lai raksturotu mežaudžu augšanas gaitas nejaušo dabu, programmā mežsaimnieciskā darbība un dabiskie traucējumi tiek modelēti, izmantojot stohastiskos modeļus. Šie modeļi ar noteiktu (scenārijā definētu) variāciju pie vienādiem ieejas datiem prognozē dažādu saimniecisko darbību kā arī dažādus dabiskos traucējumus. Šādā veidā modelēšanas procesā tiek nodrošināts, ka ar laiku neveidojas virkne stratu ar vienādām audzēm, kurās tiek modelēta saimnieciskā darbība pēc viena noteikta scenārija (piemēram, priežu tīraudzes ar sākotnējo koku skaitu 3000 gab.·ha<sup>-1</sup> un kopšanas 30, 50 un 70 gados).

#### Meža atjaunošana

Meža atjaunošanu vai atjaunošanos modelē nākamā piecgadē pēc vienlaidus atjaunošanas cirtes vai izlases cirtes (modelētas tiek nejauši 1-5 gadus vecas audzes). Atjaunošanas veids un valdošās koku sugas izvēle katram konkrētajam stratam tiek ģenerēti nejauši, atbilstoši varbūtībām, ņemot vērā pēdējos trīs gados izmantoto meža atjaunošanas praksi valsts mežos dalījumā un meža tipiem. Visos modelētajos scenārijos atjaunošanas algoritms ir vienāds.

## Jaunaudžu kopšana

Visos scenārijos jaunaudžu kopšanas cirtes modelē audzēs, kurās:

- valdošās koku sugas augstums ir 2-12 m;
- valdošās koku sugas vecums skuju kokiem un cietajiem lapu kokiem ir 6 – 40 gadi, bet pārējiem lapu kokiem 6 – 20 gadi;
- I stāva biezība  $I \geq 1.00$ .

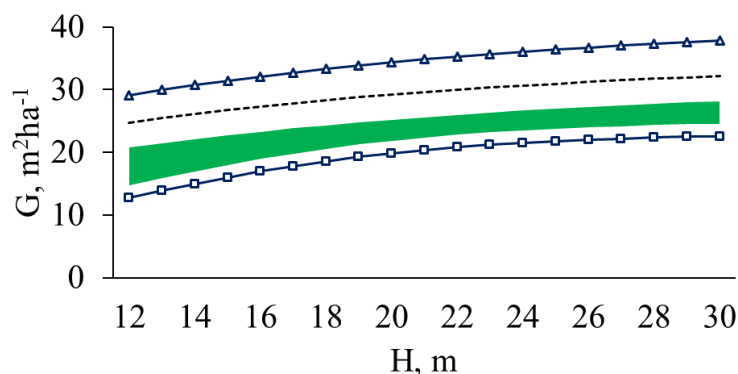
Visos scenārijos piecgadē izkopto audžu īpatsvars ir 95% no audzēm, kas atbilst iepriekš uzskaitītajiem kritērijiem. Pēc kopšanas palikušais koku skaits tiek modelēts 10-30% robežās virs optimālā koku skaita.

## Krājas kopšanas cirtes

Visos scenārijos krājas kopšanas cirtes modelē audzēs, kurās:

- valdošās koku sugas augstums ir virs 12 m;
- valdošās koku sugas vecums ir vismaz par 10 gadiem mazāks kā atbilstošās sugas galvenās cirtes vecums;
- I stāva biezība ir  $\geq 0.90$ .

Visos scenārijos piecgadē izkopto audžu īpatsvars ir 35% no audzēm, kas atbilst iepriekš uzskaitītajiem kritērijiem. Pēc krājas kopšanas cirtes paliekošais šķērslaukums tiek modelēts nejauši, un tas ir vismaz par  $2 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  lielāks kā normatīvos noteiktais minimālais šķērslaukums un minimālais nocērtamais šķērslaukums attiecīgi ir vismaz  $4,5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ . Līdz ar to tiek modelēts, ka visas audzes netiek izkoptas līdz vienai noteiktai līnijai, bet gan nejauši noteiktā diapazonā (2.1.2. attēls).



2.1.2. attēls. LVMI Silava prognožu modeļa definēto krājas kopšanas kritēriju piemērs

## Sanitārās izlases cirtes

Audzēs, kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu, modelētas sanitārās izlases cirtes. Sanitārās izlases cirtes modelētas ar algoritmiem, kas izstrādāti, balstoties uz vēsturiskiem (pēdējo 20 gadu) dabiskajiem traucējumiem valstī. Algoritmi paredz, ka egļu audzēs ir lielāki bojājumi nekā citās audzēs, tāpat sanitārās izlases cirtes varbūtība pirmajos piecos gados pēc krājas kopšanas cirtes ir augstāka. Sanitāro izlases cirtu algoritms starp scenārijiem neatšķiras.

## Sanitārās vienlaidus cirtes

Sanitārās vienlaidus cirtes modelētas aptuveni 2.5-3.0 tūkst. ha gadā. Sanitārās vienlaidus cirtes modelētas pamatā priežu un egļu audzēs (bet neizslēdzot arī citu sugu audzes), kas vecākas par 20 gadiem un jaunākas par normatīvos noteikto galvenās cirtes vecumu.

## Mazproduktīvo audžu nomaiņa

Katrā piecgadē modelē, ka tiek nocirstas 21 – 60 gadus vecas audzes, kurās pieaugums ir mazāks par definēto (2.1.1. tabula). Audzes atlasa nejauši.

2.1.1. tabula

Mazproduktīvo audžu kritiskais pieaugums ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{gadā}$ )

| Audzes vecuma<br>10-gade | MT grupa |                    |                 |            |
|--------------------------|----------|--------------------|-----------------|------------|
|                          | Mr, Mrs  | Ln, Dms, Am,<br>Km | Dm, Vrs, As, Ks | Vr, Ap, Kp |
| 3                        | 4.0      | 4.5                | 5.0             | 5.5        |
| 4                        | 4.0      | 4.5                | 5.0             | 5.5        |
| 5                        | 3.0      | 3.5                | 4.0             | 4.5        |
| 6                        | 3.0      | 3.5                | 4.0             | 4.5        |

Visos scenārijos mazproduktīvo audžu nomaiņa tiek modelēta pēc nepieciešamības, bet platība nepārsniedz vienu tūkst. ha gadā.

## Galvenā cirte

Visos scenārijos katrā piecgadē aprēķina galvenajā cirtē nocērtamo apjomu atbilstoši mežaudžu struktūras izmaiņām. Par atskaites sistēmu visos scenārijos lietota ir audžu krāja nevis platība. Nocirstais apjoms atsevišķi tiek rēķināts priedēm, eglēm, bērziem, melnalkšņiem, apsēm un baltalkšņiem, bet pārējām sugām kopā. Galvenās cirtes kritēriji visos scenārijos ir vienādi un atbilst šobrīd Latvijas normatīvos noteiktajiem. Visos scenārijos ievērota līdz šim īstenotā prakse, ka valsts mežos tiek veiktas tikai vienlaidus cirtes pēc vecuma, bet netiek veiktas vienlaidus atjaunošanas cirtes pēc caurmēra. Atbilstoši Valsts meža dienests (VMD) apkopotajai statistikai pēdējos piecos gados valsts mežos galvenā cirte pēc caurmēra veikta 0.8% no visām galvenajā cirtē nocirstajām audzēm.

1. scenārijā jeb bāzes scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināta līdzīgi kā to dara šobrīd VMD, aprēķinot maksimāli pieļaujamo ciršanas apjomu, proti, skuju kokiem tā ir otrā cirsma pēc vecuma, bet lapu kokiem – pirmā cirsma pēc vecuma.

2. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts kā normālā cirsma.

3. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts kā cirsma pēc gatavības.

4. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts kā pirmā cirsma pēc vecuma.

5. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts kā otrā cirsma pēc vecuma.

6. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts pieņemot, ka galvenajā cirtē nocērt 40% kopējā mežaudžu krājas pieauguma.

7. scenārijā galvenajā cirtē nocērtamais apjoms katru piecgadi tiek aprēķināts pieņemot, ka galvenajā cirtē nocērt 50% kopējā mežaudžu krājas pieauguma.

Izslases cirtes tiek modelētas nelielā apjomā – 5% no audzēm, kas sasniegušas galvenās cirtes vecumu un kurās ir aizliegta vienlaidus atjaunošanas cirte. Audzēs, kur nav aizliegta vienlaidus atjaunošanas cirte, izslases cirtes nemodelē.

## 2.2. Rezultāti

Mūsu valstī ir normatīvais regulējums, kas nosaka meža ilgtspējīgas apsaimniekošanas novērtēšanas kārtību (Meža ilgtspējīgas apsaimniekošanas..., 2013). Šajā pētījumā nav mērķis raksturot visus šajos noteikumos norādītos kritērijus un indikatorus un to izmaiņas laikā, jo ir virkne kritēriju un indikatoru, ko nemaz šajā pētījumā nav iespējams noteikt. Piemēram, modelējot meža resursu izmaiņas valsts mežos nevaram noteikt indikatoram “profesionālā drošība un veselība” nelaimes gadījumu skaitu nozarē, vai arī nevaram noteikt nākotnē iedzīvotāju skaita izmaiņas, līdz ar to nevaram noteikt arī indikatora “koksnes patēriņš uz iedzīvotāju” izmaiņas. Šajā pētījumā apskatām daļu no indikatoriem, kas tieši atkarīgi no galvenās cirtes apjoma izmaiņām, piemēram, galvenās cirtes apjoms, augošu koku krāja, mežaudžu vecumstruktūra, oglekļa uzkrājums mežaudzēs, krājas pieaugums u.tml.

### 2.2.1. Galvenās cirtes apjoms un tā izmaiņas

Koku ciršanas maksimālo apjomu, ko atļauts nocirst galvenajā cirtē piecos gados, nosaka sadalījumā pa valdošajām koku sugām hektāros un kubikmetros (Meža likums, 2000). Šajā pētījumā modelēšanā par atskaites sistēmu pieņemti ir nocirstie kubikmetri, pie tam nevis likvidās koksnes kā VMD aprēķinos (mums nav zināms aprēķinos lietotais algoritms), bet visa stumbra (ar mizu un galotnēm) kubikmetri. Šādā veidā izvairoties no spekulācijām par lietoto sortimentāciju un tās potenciālajām izmaiņām nākotnē. Tāpat galvenās cirtes apjoms pētījumā rēķināts arī koku sugām, kurām nav noteikti galvenās cirtes kritēriji (piemēram, baltalksnis, blīgzna, pīlādži utt.), pieņemot, ka galvenās cirtes vecums šīm sugām ir 31 gads. Lai gan līdz šim vēsturiski valsts mežos nekad nav nocirsts viss noteiktais maksimāli pieļaujamais galvenajā cirtē nocērtamais apjoms, modelēšanā pieņemts, ka katrā piecgadē ir nocirsts viss aprēķinātais apjoms.

Šobrīd valsts mežos noteiktais galvenās cirtes likvidais apjoms nākamajiem pieciem gadiem priežu, egļu, bērzu, apšu un melnalkšņu audzēs ir 24.68 milj. m<sup>3</sup> (Par koku ciršanas..., 2025). Lietojot šobrīd praksē izmantoto algoritmu (skuju kokiem otrā cirsma pēc vecuma, bet lapu kokiem pirmā cirsma pēc vecuma), modelētais galvenajā cirtē pirmajos piecos gados (2026.g. – 2030.g.) nocirstais apjoms ir 32.16 milj. m<sup>3</sup>. Ja pieņemam, ka likvidās koksnes apjoms ir 80% no nocirstā apjoma jeb audžu krājas (VMD lietotais algoritms likvidās krājas aprēķināšanai mums nav zināms), tad modelētais likvidās koksnes apjoms ir 25.73 milj. m<sup>3</sup>, kas ir par 4.3% lielāks nekā šobrīd noteiktais. Šis vingrinājums ar divu aprēķinu salīdzinājumu ir neliela atkāpe no pētījuma, lai lasītājam demonstrētu, vai un kā šīs divas datu bāzes un aprēķini ir savstarpēji salīdzināmi. Šī pētījuma mērķis ir, izmantojot Nacionālā meža monitoringa datus, modelēt mežu resursu izmaiņas pie dažādām galvenās cirtes aprēķina metodēm, tādā veidā ļaujot izvērtēt Latvijai piemērota un ilgtspējīgas mežsaimniecības veicinoša galvenās cirtes apjoma aprēķināšanas metodiku.

Modelētais vienā piecgadē galvenajā cirtē nocirstais apjoms pie dažādām galvenās cirtes aprēķina metodēm laika periodā no 2026. līdz 2100. gadam ir:

- 1) šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms – 23.69±1.00 milj. m<sup>3</sup>;
- 2) normālā cirsma – 18.55±0.08 milj. m<sup>3</sup>;
- 3) cirsma pēc gatavības – 25.45±1.58 milj. m<sup>3</sup>;
- 4) pirmā cirsma pēc vecuma – 24.22±1.16 milj. m<sup>3</sup>;

- 5) otrā cirsma pēc vecuma –  $23.10 \pm 0.71$  milj.  $m^3$ ;
- 6) galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma –  $18.27 \pm 0.18$  milj.  $m^3$ ;
- 7) galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma –  $23.33 \pm 0.35$  milj.  $m^3$  (2.2.1. tabula).

2.2.1. tabula

Modelētais galvenajā cirtē piecos gados nocirstais apjoms, milj.  $m^3$

| Valdošā koku suga | Parametrs            | Šobrīd lietotais algoritms | Normālā cirsma | Cirsma pēc gatavuma | 1. cirsma pēc vecuma | 2. cirsma pēc vecuma | 40% no krājas pieauguma | 50% no krājas pieauguma |
|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| priede            | aritmētiski vidējais | 8.07                       | 6.57           | 9.23                | 8.65                 | 8.08                 | 6.97                    | 9.28                    |
|                   | standartklūda        | 0.32                       | 0.06           | 0.79                | 0.58                 | 0.32                 | 0.13                    | 0.24                    |
| egle              | aritmētiski vidējais | 5.18                       | 4.48           | 5.61                | 5.32                 | 5.24                 | 4.79                    | 6.11                    |
|                   | standartklūda        | 0.24                       | 0.10           | 0.30                | 0.29                 | 0.23                 | 0.20                    | 0.30                    |
| bērzs             | aritmētiski vidējais | 5.18                       | 3.77           | 5.33                | 5.22                 | 4.90                 | 3.72                    | 4.33                    |
|                   | standartklūda        | 0.43                       | 0.10           | 0.61                | 0.42                 | 0.33                 | 0.08                    | 0.22                    |
| melnalksnis       | aritmētiski vidējais | 1.54                       | 1.06           | 1.58                | 1.49                 | 1.56                 | 0.86                    | 1.09                    |
|                   | standartklūda        | 0.15                       | 0.02           | 0.24                | 0.15                 | 0.08                 | 0.02                    | 0.05                    |
| apse              | aritmētiski vidējais | 3.08                       | 2.24           | 3.02                | 2.95                 | 2.78                 | 1.63                    | 2.16                    |
|                   | standartklūda        | 0.20                       | 0.06           | 0.49                | 0.23                 | 0.11                 | 0.03                    | 0.05                    |
| baltalksnis       | aritmētiski vidējais | 0.44                       | 0.28           | 0.47                | 0.39                 | 0.35                 | 0.18                    | 0.20                    |
|                   | standartklūda        | 0.06                       | 0.01           | 0.10                | 0.05                 | 0.04                 | 0.01                    | 0.02                    |
| citas sugas       | aritmētiski vidējais | 0.20                       | 0.15           | 0.22                | 0.19                 | 0.18                 | 0.12                    | 0.16                    |
|                   | standartklūda        | 0.05                       | 0.04           | 0.05                | 0.05                 | 0.04                 | 0.03                    | 0.04                    |
| visas sugas       | aritmētiski vidējais | 23.69                      | 18.55          | 25.45               | 24.22                | 23.10                | 18.27                   | 23.33                   |
|                   | standartklūda        | 1.00                       | 0.08           | 1.58                | 1.16                 | 0.71                 | 0.18                    | 0.35                    |

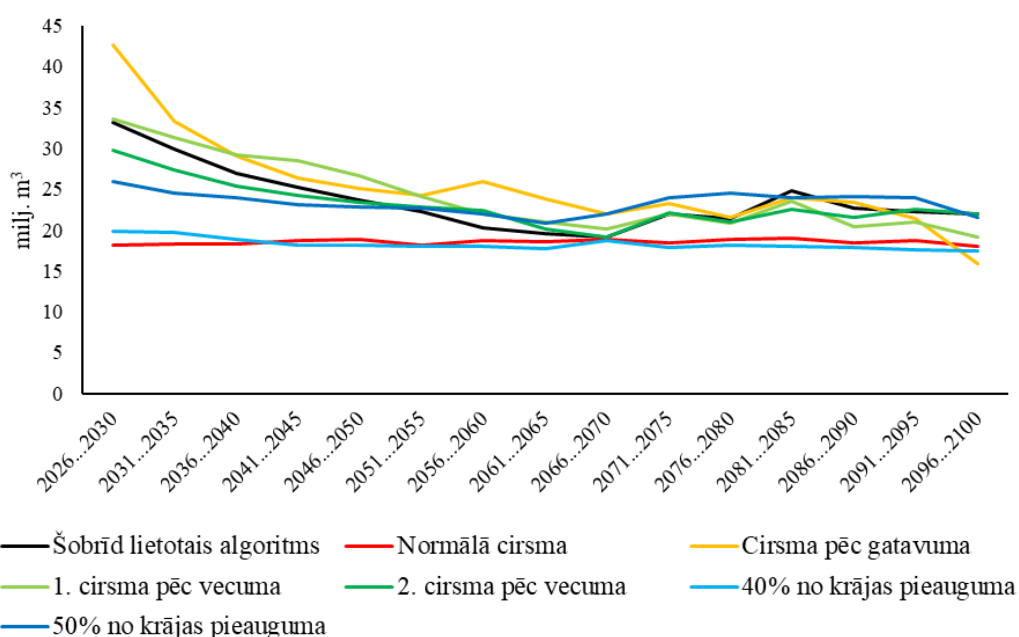
Tātad scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms un aprēķinot galvenās cirtes apjomu kā 40% no krājas pieauguma, modelētais piecos gados galvenajā cirtē nocirstais apjoms nākamo 75 gadu laikā ir būtiski mazāks kā pārējos scenārijos. Savukārt, pārējos scenārijos tas savstarpēji neatšķiras būtiski.

Visstabilākais modelētais galvenās cirtes apjoms ir scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms un aprēķinot galvenās cirtes apjomu kā 40% no krājas pieauguma. Šajos scenārijos modelētais galvenās cirtes apjoms piecos gados svārstās  $\pm 10\%$  robežās no scenārijā vidējās modelētās vērtības, bet absolūtās vienībās svārstības nepārsniedz  $\pm 0.5$  milj.  $m^3$  (normālā cirsma) vai  $\pm 1.5$  milj.  $m^3$  (40% no pieauguma). Vēl salīdzinoši stabils galvenās cirtes apjoms tiek modelēts scenārijā, kur galvenās cirtes apjomu aprēķina kā 50% no krājas pieauguma. Šajā scenārijā piegades galvenās cirtes apjoms svārstās  $\pm 11\%$  robežās jeb  $\pm 2.6$  milj.  $m^3$  (2.2.2. tabula).

Modelētais galvenajā cirtē piecos gados nocirstais apjoms, milj. m<sup>3</sup>

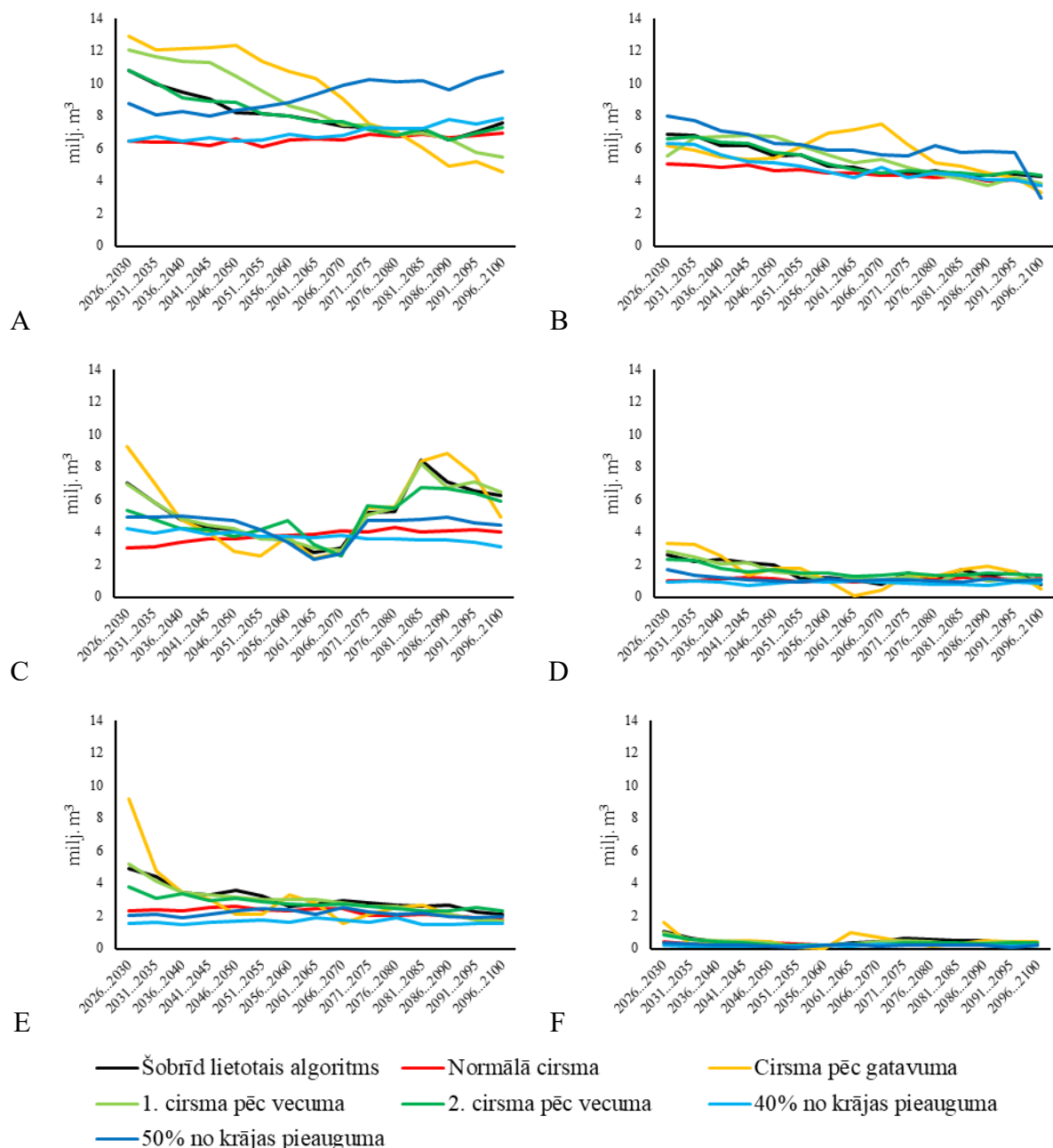
| Piecgade    | Galvenās cirtes algoritms        |                   |                           |                            |                            |                               |                               |
|-------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|             | Šobrīd<br>lietotais<br>algoritms | Normālā<br>cirsma | Cirsma<br>pēc<br>gatavuma | 1. cirsma<br>pēc<br>vecuma | 2. cirsma<br>pēc<br>vecuma | 40% no<br>krājas<br>pieauguma | 50% no<br>krājas<br>pieauguma |
| 2026...2030 | 33.2                             | 18.2              | 42.7                      | 33.6                       | 29.8                       | 19.8                          | 26.0                          |
| 2031...2035 | 29.9                             | 18.3              | 33.3                      | 31.3                       | 27.4                       | 19.7                          | 24.6                          |
| 2036...2040 | 26.9                             | 18.3              | 29.0                      | 29.1                       | 25.4                       | 18.9                          | 24.0                          |
| 2041...2045 | 25.2                             | 18.8              | 26.3                      | 28.5                       | 24.3                       | 18.2                          | 23.1                          |
| 2046...2050 | 23.7                             | 18.9              | 25.1                      | 26.6                       | 23.4                       | 18.2                          | 22.8                          |
| 2051...2055 | 22.2                             | 18.2              | 24.2                      | 24.1                       | 22.9                       | 18.0                          | 22.7                          |
| 2056...2060 | 20.3                             | 18.7              | 26.0                      | 22.0                       | 22.4                       | 18.1                          | 22.0                          |
| 2061...2065 | 19.5                             | 18.6              | 23.9                      | 21.0                       | 20.1                       | 17.7                          | 20.9                          |
| 2066...2070 | 19.1                             | 18.8              | 22.0                      | 20.1                       | 19.2                       | 18.7                          | 22.0                          |
| 2071...2075 | 22.0                             | 18.5              | 23.3                      | 22.0                       | 22.1                       | 17.8                          | 24.0                          |
| 2076...2080 | 21.4                             | 18.8              | 21.6                      | 20.9                       | 21.0                       | 18.1                          | 24.5                          |
| 2081...2085 | 24.8                             | 19.0              | 24.0                      | 23.5                       | 22.6                       | 17.9                          | 24.0                          |
| 2086...2090 | 22.6                             | 18.5              | 23.4                      | 20.5                       | 21.5                       | 17.8                          | 24.1                          |
| 2091...2095 | 22.3                             | 18.7              | 21.4                      | 21.0                       | 22.5                       | 17.6                          | 23.9                          |
| 2096...2100 | 22.0                             | 18.1              | 15.8                      | 19.1                       | 21.9                       | 17.5                          | 21.5                          |

Pārējos scenārijos piecades galvenās cirtes apjoma svārstības pārsniedz  $\pm 20\%$  robežas. Lai gan šajos scenārijos vērojama vienota tendence – sākotnēji modelētais galvenajā cirtē nocirstais apjoms ir liels un pakāpeniski tas samazinās un pēc aptuveni 25-30 gadiem tas stabilizējas vienā līmenī (2.2.1. attēls).



2.2.1. attēls. Modelētais piecadedē galvenajā cirtē nocirstais apjoms.

Priežu audzēs modelētais vidējais galvenajā cirtē piecos gados nocirstais apjoms starp dažādiem scenārijiem svārstās robežās no 6.57 līdz 9.28. Viszemākais tas ir scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms un aprēķinot galvenās cirtes apjomu kā 40% no krājas pieauguma, bet visaugstākais scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsmas pēc gatavuma un kā 50% no krājas pieauguma (2.2.1. tabula). Scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsmas algoritms, vai tas aprēķināts kā 40% vai 50% no krājas pieauguma, priežu audzēs modelētais galvenās cirtes apjoms ar laiku palielinās, bet pārējos scenārijos tas samazinās (2.2.2. attēls). Samazinājums saistīts ar tā saucamo “bedri” priežu audžu vecumstruktūrā (2.2.3. attēls).

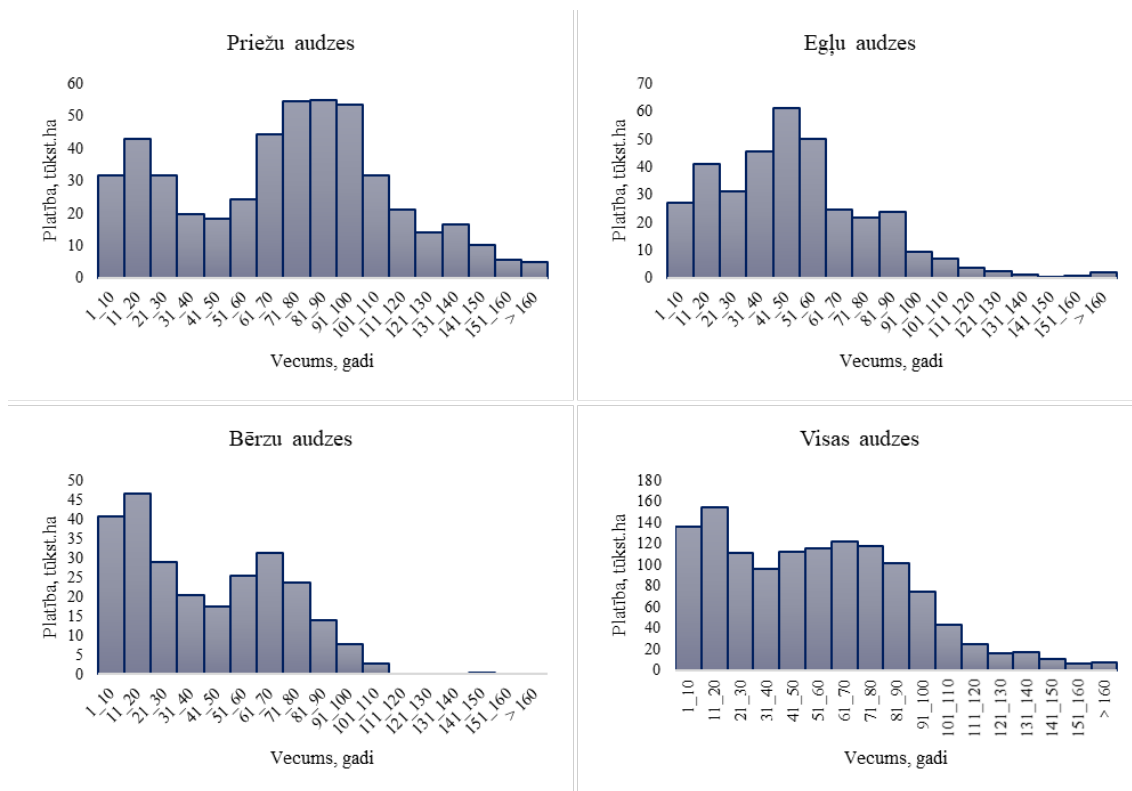


2.2.2. attēls. Modelētais piecgadē galvenajā cirtē nocirstais apjoms sadalījumā pa mežaudžu I stāva valdošajām koku sugām:

A – priežu audzes; B – egļu audzes; C – bērzu audzes; D – melnalkšņu audzes; E – apšu audzes; F – baltalkšņu audzes.



Egļu audzēs modelētais vidējais galvenajā cirtē piecos gados nocirstais apjoms starp dažādiem scenārijiem svārstās robežās no 4.48 līdz 4.79. Viszemākais tas ir scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsma algoritms un galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 40% no krājas pieauguma, bet visaugstākais scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 50% no krājas pieauguma (2.2.1. tabula). Egļu audzēs visos scenārijos, izņemot scenāriju, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirtē pēc gatavuma, novērojama tendence, ka galvenās cirtes apjoms vairāk vai mazāk, bet samazinās. Scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirtē pēc gatavuma, pēc 25 gadiem aptuveni 20 gadu periodā vērojams straujš galvenās cirtes apjoma pieaugums, un tad atkal samazinājums. Tas tādēļ, ka šobrīd ir izteikti daudz 30-60 gadus vecas egļu audzes (2.2.3. attēls), kas galvenās cirtes vecumu sasniegs pēc 20-50 gadiem, un līdz ar to veidos šāda veida lēcieni.



Nacionālā meža monitoringa 2025. gada rezultāti

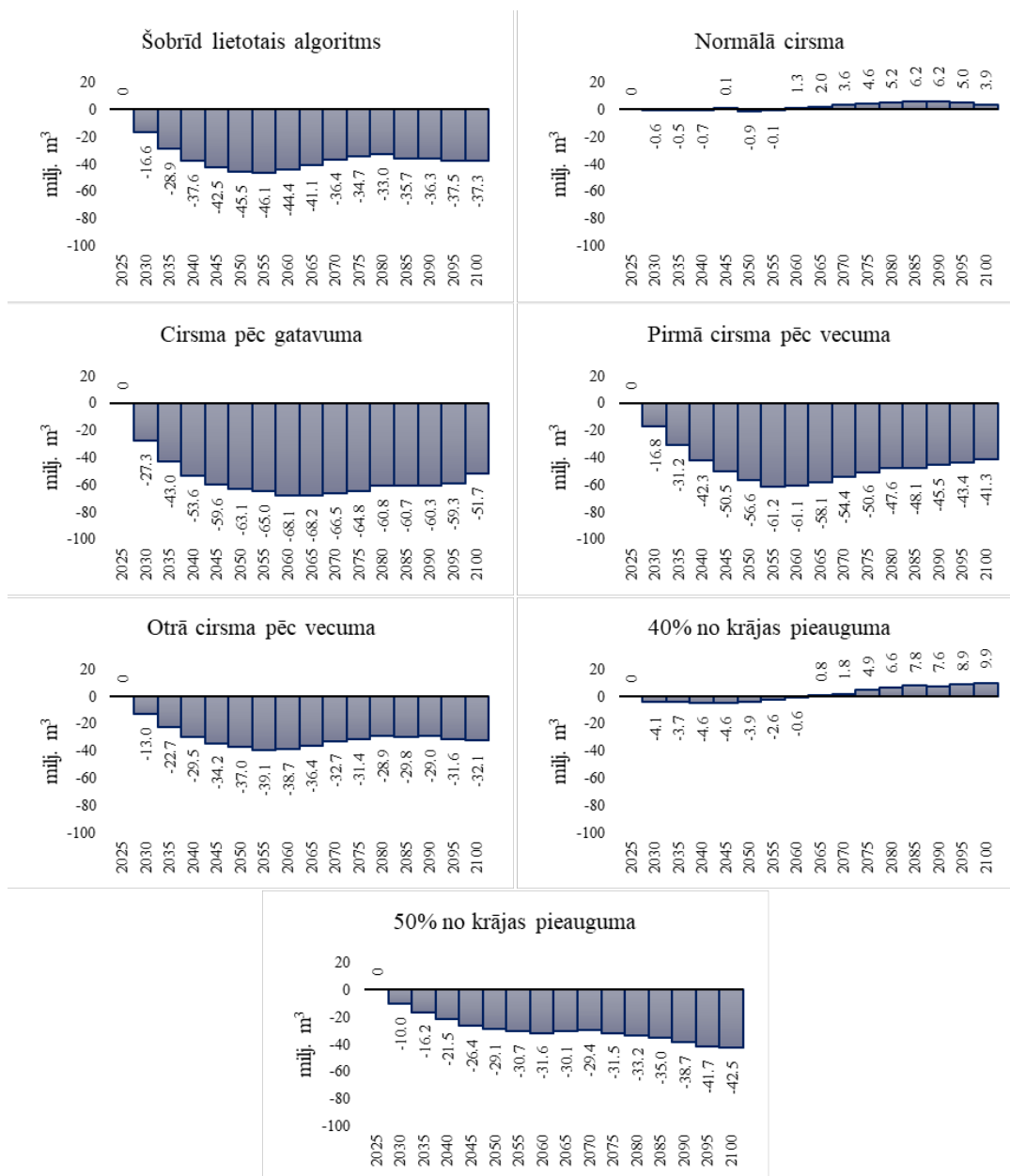
### 2.2.3. attēls. Šī brīža mežaudžu vecumstruktūra sadalījumā pa mežaudžu I stāva valdošajām koku sugām.

Bērzu audzēs modelētais vidējais galvenajā cirtē piecos gados nocirstais apjoms starp dažādiem scenārijiem svārstās robežās no 3.72 līdz 5.33. Viszemākais tas ir scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsma algoritms un galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 40% no krājas pieauguma, bet visaugstākais scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsma pēc gatavuma (2.2.1. tabula). Bērzu audzēs līdzīgi kā priežu audzēs šī brīža vecumstruktūrā ir “bedre” 31-60 gadus vecās audzēs. Tas arī ir iemesls kādēļ lielākajā daļā scenāriju pirmos 40 gadus modelētais nocirstais apjoms samazinās un tad atkal palielinās (2.2.2. attēls). Scenārijos, kur galvenās cirtes aprēķināšanā izmantots normālās cirsma algoritms un galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 40% no krājas pieauguma, modelētais galvenās cirtes apjoms bērzu audzēs ir bez izteiktām svārstībām, jo mazā kopējā nocirstā apjoma dēļ uzkrājas pieaugušas audzes, kas kompensē nākotnē vecumstruktūras “bedres” negatīvo ietekmi. Šeit gan jānorāda, ka šīs vecumstruktūras “bedres” ietekmi iespējams arī kompensēt ne tikai būtiski samazinot nocirsto apjomu, bet arī veicot galveno cirti pēc caurmēra nevis tikai pēc vecuma.

Šajā pētījumā šāds scenārijs nav modelēts, jo visos scenārijos saglabāta jeb modelēta līdzšinējā mežsaimniecības prakse.

### 2.2.2. Augošo koku krāja

Sākotnējā jeb 2025. gada augošo koku krāja mežaudzēs modelēšanā izmantotajos datos ir 297.1 milj. m<sup>3</sup>. Mežaudzēs augošu koku krāja scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsma vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēta, ka sākotnēji pirmajos 30 gados vai nu saglabāsies esošajā līmenī vai arī nedaudz samazināsies, bet vēlākos gados tiek modelēts, ka tā attiecībā pret sākotnējo vērtību nedaudz palielināsies un 2100. gadā būs par 3.9 vai 9.9 milj. m<sup>3</sup> lielāka (2.2.4. attēls).



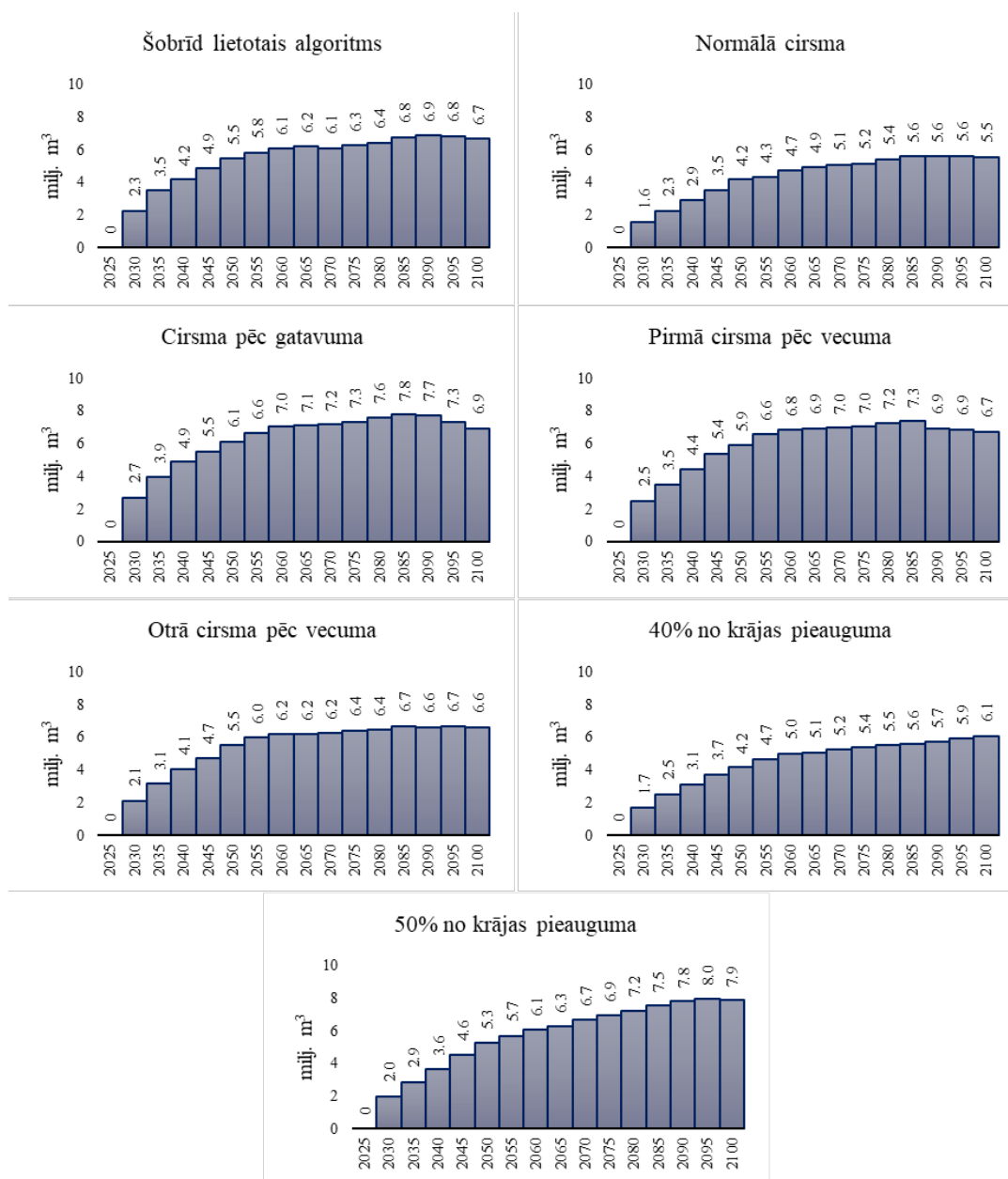
2.2.4. attēls. Modelētās augošo koku krājas izmaiņas mežaudzēs attiecībā pret 2025. gadu.

Pārējos scenārijos modelēts, ka augošu koku krāja mežaudzēs attiecībā pret sākotnējo vērtību ievērojami samazināsies. Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts pēc šobrīd lietotā algoritma, kā otrā cirsma pēc vecuma vai kā 40% no krājas pieauguma, modelētā augošo

koku krāja nākotnē samazinās aptuveni par 30-40 milj. m<sup>3</sup>. Līdzīgs samazinājums 2100. gadā tiek prognozēts arī scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts pirmā cirsma pēc vecuma, bet sākotnējais kritums šajā scenārijā pārsniedz pat 60 milj. m<sup>3</sup>. Savukārt scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsma pēc gatavuma, sākotnējais kritums tuvojas pat 70 milj. m<sup>3</sup>, bet 2100. gadā ir 51.7 milj. m<sup>3</sup>.

Tātad augošo koku krāja mežaudzēs, kur nocirstais apjoms galvenajā cirtē ir būtiski mazāks, prognostiski saglabāsies esošajā līmenī, bet pārējos scenārijos tā nākotnē prognostiski samazināsies.

Bet mežā augoši jeb dzīvi koki ir arī ekoloģisko jeb iepriekšējās paaudzes koki, kas ir bioloģiskās daudzveidības veicinošs struktūrelements, bet arī šie koki ir uzkrājuši un uzkrāj oglekli. Sākotnējā jeb 2025. gada ekoloģisko dzīvo koku krāja mežos modelēšanā izmantotajos datos ir 5.9 milj. m<sup>3</sup>, un visos scenārijos tiek modelēts, ka tā palielināsies (2.2.5. attēls).



2.2.5. attēls. Modelētās augošo ekoloģisko koku krājas izmaiņas mežā attiecībā pret 2025. gadu.

### 2.2.3. Krājas pieaugums

Krājas bilanci mežā var izteikt šāds vienādojums:

$$\Delta = Z_M - Z_{M(-)} - M_c \quad (25)$$

- $\Delta$  – krājas difference, milj. m<sup>3</sup> gadā  
 $Z_M$  – dzīvo koku krājas pieaugums, milj. m<sup>3</sup> gadā  
 $Z_{M(-)}$  – atmirums, milj. m<sup>3</sup> gadā  
 $M_c$  – nocirstais apjoms, milj. m<sup>3</sup> gadā

Krājas difference scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirksma vai kā 40% no krājas pieauguma, modelētajā periodā līdz 2100. gadam ir pozitīva, bet pārējos scenārijos tā ir negatīva (2.2.3. tabula un 2.2.6. attēls). Jāatzīmē, ka krājas difference pirmajos 25 gados visos scenārijos tiek modelēta negatīva, tikai abos iepriekš pieminētajos scenārijos, šajā laika periodā negatīvā krājas difference ir statistiski nebūtiska un negatīvais efekts ir ievērojami mazāks kā citos scenārijos. Vēlākos gados tiek modelēts, ka visos scenārijos krājas difference ir pamatā pozitīva. Izņēmums ir scenārijs, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā 50% no krājas pieauguma, kur krājas difference saglabājas negatīva visā modelēšanas periodā.

2.2.3. tabula

Modelētā krājas difference, pieaugums, nocirstais apjoms un atmirums, milj. m<sup>3</sup> gadā

| Parametrs         | Scenārijs                  | 2025-2100 |      | 2025-2050 |      | 2051-2075 |      | 2076-2100 |      |
|-------------------|----------------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|                   |                            | vid       | se   | vid       | se   | vid       | se   | vid       | se   |
| Krājas difference | Šobrīd lietotais algoritms | -0.50     | 0.31 | -1.82     | 0.49 | 0.43      | 0.18 | -0.12     | 0.15 |
|                   | Normālā cirksma            | 0.05      | 0.05 | -0.03     | 0.06 | 0.22      | 0.04 | -0.03     | 0.09 |
|                   | Cirksma pēc gatavuma       | -0.70     | 0.45 | -2.53     | 0.84 | -0.07     | 0.19 | 0.51      | 0.29 |
|                   | 1. cirksma pēc vecuma      | -0.56     | 0.36 | -2.26     | 0.39 | 0.23      | 0.31 | 0.36      | 0.12 |
|                   | 2. cirksma pēc vecuma      | -0.43     | 0.24 | -1.48     | 0.36 | 0.22      | 0.19 | -0.04     | 0.17 |
|                   | 40% no krājas pieauguma    | 0.13      | 0.08 | -0.16     | 0.18 | 0.35      | 0.07 | 0.20      | 0.07 |
|                   | 50% no krājas pieauguma    | -0.57     | 0.15 | -1.16     | 0.24 | -0.10     | 0.14 | -0.45     | 0.10 |
| Krājas pieaugums  | Šobrīd lietotais algoritms | 9.14      | 0.06 | 9.03      | 0.16 | 9.19      | 0.09 | 9.21      | 0.05 |
|                   | Normālā cirksma            | 8.78      | 0.11 | 9.26      | 0.16 | 8.59      | 0.04 | 8.48      | 0.04 |
|                   | Cirksma pēc gatavuma       | 9.27      | 0.10 | 8.91      | 0.16 | 9.24      | 0.09 | 9.65      | 0.02 |
|                   | 1. cirksma pēc vecuma      | 9.21      | 0.09 | 8.97      | 0.17 | 9.19      | 0.13 | 9.48      | 0.01 |
|                   | 2. cirksma pēc vecuma      | 9.14      | 0.05 | 9.12      | 0.15 | 9.13      | 0.07 | 9.16      | 0.03 |
|                   | 40% no krājas pieauguma    | 8.89      | 0.09 | 9.25      | 0.15 | 8.76      | 0.01 | 8.67      | 0.06 |
|                   | 50% no krājas pieauguma    | 9.15      | 0.05 | 9.16      | 0.15 | 9.11      | 0.05 | 9.19      | 0.01 |
| Nocirstais apjoms | Šobrīd lietotais algoritms | 7.43      | 0.27 | 8.57      | 0.47 | 6.63      | 0.15 | 7.08      | 0.12 |
|                   | Normālā cirksma            | 6.36      | 0.09 | 6.80      | 0.07 | 6.13      | 0.04 | 6.14      | 0.05 |
|                   | Cirksma pēc gatavuma       | 7.80      | 0.38 | 9.24      | 0.79 | 7.23      | 0.14 | 6.94      | 0.30 |
|                   | 1. cirksma pēc vecuma      | 7.58      | 0.30 | 8.96      | 0.38 | 6.87      | 0.22 | 6.89      | 0.11 |
|                   | 2. cirksma pēc vecuma      | 7.31      | 0.22 | 8.26      | 0.34 | 6.76      | 0.17 | 6.91      | 0.12 |
|                   | 40% no krājas pieauguma    | 6.33      | 0.13 | 6.91      | 0.19 | 6.07      | 0.05 | 6.02      | 0.08 |
|                   | 50% no krājas pieauguma    | 7.38      | 0.14 | 7.92      | 0.25 | 6.95      | 0.14 | 7.26      | 0.08 |
| Atmirums          | Šobrīd lietotais algoritms | 2.22      | 0.06 | 2.28      | 0.18 | 2.12      | 0.02 | 2.25      | 0.02 |
|                   | Normālā cirksma            | 2.37      | 0.05 | 2.49      | 0.12 | 2.25      | 0.03 | 2.37      | 0.05 |
|                   | Cirksma pēc gatavuma       | 2.16      | 0.07 | 2.19      | 0.20 | 2.07      | 0.02 | 2.21      | 0.04 |
|                   | 1. cirksma pēc vecuma      | 2.20      | 0.06 | 2.27      | 0.18 | 2.09      | 0.02 | 2.23      | 0.02 |
|                   | 2. cirksma pēc vecuma      | 2.26      | 0.06 | 2.34      | 0.17 | 2.15      | 0.02 | 2.29      | 0.02 |
|                   | 40% no krājas pieauguma    | 2.43      | 0.04 | 2.50      | 0.12 | 2.34      | 0.02 | 2.45      | 0.04 |
|                   | 50% no krājas pieauguma    | 2.35      | 0.05 | 2.41      | 0.14 | 2.25      | 0.01 | 2.38      | 0.03 |

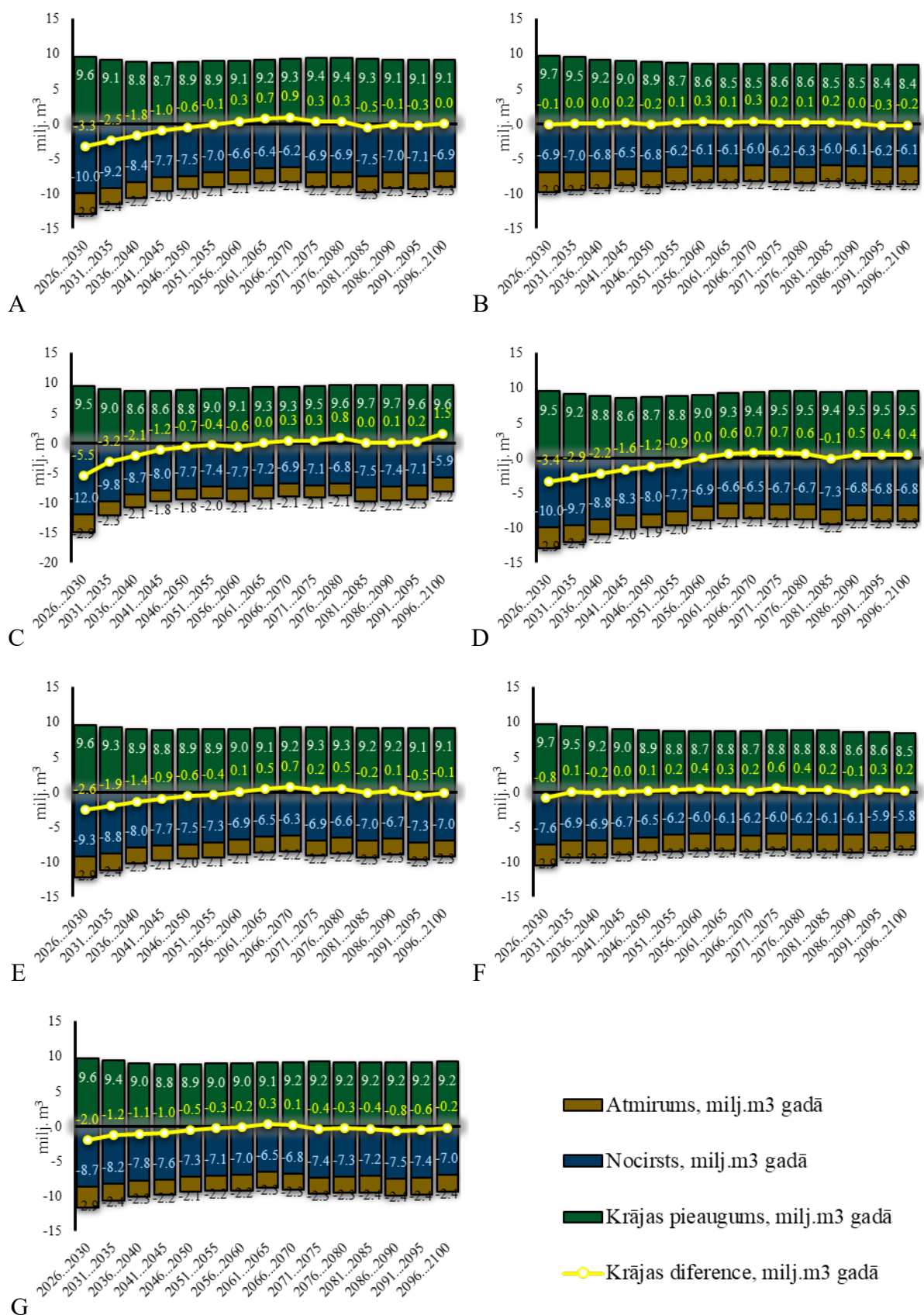
vid – aritmētiski vidējā vērtība; se - standartklūda

No 25. vienādojuma redzam, ka, lai vairotu augošu koku krāju mežā (krājas difference būtu pozitīva), jāpalielina ir audžu ražība un / vai jāsamazina atmirums un nocirstais apjoms. Atmirums ir mazākais saskaitāmais šajā vienādojumā un no modelētajiem datiem redzams, ka starp dažādiem scenārijiem tas atšķiras tikai nedaudz (2.2.3. tabula un 2.2.6. attēls), līdz ar to detālāki šo rādītāju neanalizēsim. Vienīgi jāatzīmē, ka pirmajā piecgadē modelētais lielākais atmirums ir saistīts ar prognožu modeli un modelēšanas īpatnībām, proti, pirmajā modelēšanas piecgadē jeb pirmajā modelēšanas ciklā notiek sava veida datu “normalizācija”. Prognožu rīkā ir definētas maksimālās mežaudžu šķērslaukuma vērtības, kas reāli dabā arī netiek pārsniegtas, bet atsevišķos 500 m<sup>2</sup> lielos parauglaukumos jeb biogrupās tās var pārsniegt definētās maksimālās vērtības. Līdz ar to šajos atsevišķos parauglaukumos, kurās šķērslaukums ir lielāks par noteikto maksimālo vērtību, prognožu rīks tīri matemātiski samazina audzes šķērslaukumu līdz definētajam maksimumam, un šis samazinājums tiek pieskaitīts pie perioda atmiruma.

Krājas bilances vienādojuma abi pārējie saskaitāmie (krājas pieaugums un nocirstais apjoms) ir nozīmīgāki saskaitāmie, tomēr jāatzīmē, ka visi saskaitāmie ir savā starpā cieši saistīti, piemēram, nocērtot vairāk samazinās atmirums un otrādi.

Nocirstais apjoms (galvenajā cirtē un starpcirtē kopā) visos scenārijos tiek modelēts, ka samazinās (2.2.6. attēls). Starp scenārijiem šī rādītāja negatīvajām izmaiņām iemesli atšķiras. Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirksma vai kā 40% no krājas pieauguma, galvenās cirtes apjoms ir praktiski nemainīgs, tātad samazinās starpcirtēs nocirstais apjoms. Tas tādēļ, ka šajos scenārijos mazā galvenās cirtes apjoma dēļ uzkrājas pieaugušās un pāraugušās audzes, kurās netiek modelētas starpcirtes. Pārējos scenārijos nocirstais apjoms samazinās tādēļ, ka samazinās galvenās cirtes apjoms, bet starpcirtēs nocirstais apjoms samazinās tikai sākotnēji pirmajos 30-40 gados, bet vēlāk tas atkal palielinās. Sākotnējais starpcirtēs nocirstā apjoma samazinājums saistāms ar priežu un bērzu audzēs vecumstruktūras “bedri”, tātad samazinās ar laiku vidēja vecuma audžu platības, līdz ar to samazinās audžu platības, kurās var veikt starpcirtes.

Tā kā visos scenārijos tiek modelēta ikdienišķas mežsaimniecības turpināšana, tad krājas pieauguma izmaiņas ir nevis mērķtiecīgas darbības rezultāts, bet sekundārs rādītājs, kas atkarīgs no koku ciršanas un no tā izrietošās meža struktūras izmaiņām. Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirksma vai kā 40% no krājas pieauguma, krājas pieaugums samazinās visvairāk – tas līdz 2100. gadam no 9.6 milj. m<sup>3</sup> gadā samazinās līdz 8.4-8.5 milj. m<sup>3</sup> gadā. Iemesls tam ir veco – pāraugušo audžu uzkrāšanās. Pārējos scenārijos šādu audžu uzkrāšanās netiek modelēta vai tā ir ievērojami mazāka, līdz ar to krājas pieauguma izmaiņām ir cita tendence – sākotnēji pirmos 20 gadus tā samazinās, bet vēlāk atkal palielinās. Sākotnējais samazinājums šajos scenārijos saistāms ar to, ka sākotnēji tiek modelēts lielāks galvenās cirtes apjoms, kas palielina jauno līdz 20 gadus vecu audžu īpatsvaru. Protams, ka šajās līdz 20 gadus vecās audzēs krājas pieaugums ir mazāks nekā pieaugušās audzēs, bet pēc 20 gadu sasniegšanas (vecums dažādām koku sugām var atšķirties) tas atkal ir lielāks nekā pieaugušās un vēl jo vairāk pāraugušās audzēs. Tādēļ, lai nodrošinātu ilgtermiņā stabilu un augstu krājas pieaugumu, ļoti svarīgi, lai neuzkrājas pāraugušās audzes un vecumstruktūra ir izlīdzināta (bez izteiktām “bedrēm” vai “kāpumiem”). Sīkāk audžu vecumstruktūra un tās izmaiņas aprakstītas nākamajā nodaļā.



2.2.6. attēls. Dažādos mežsaimniecības scenārijos modelētā krājas balance un tās izmaiņas mežaudzēs:

A – šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms; B – normālā cirsma; C – cirsma pēc gatavības; D – pirmā cirsma pēc vecuma; E – otrā cirsma pēc vecuma; F – galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma; G – galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma.

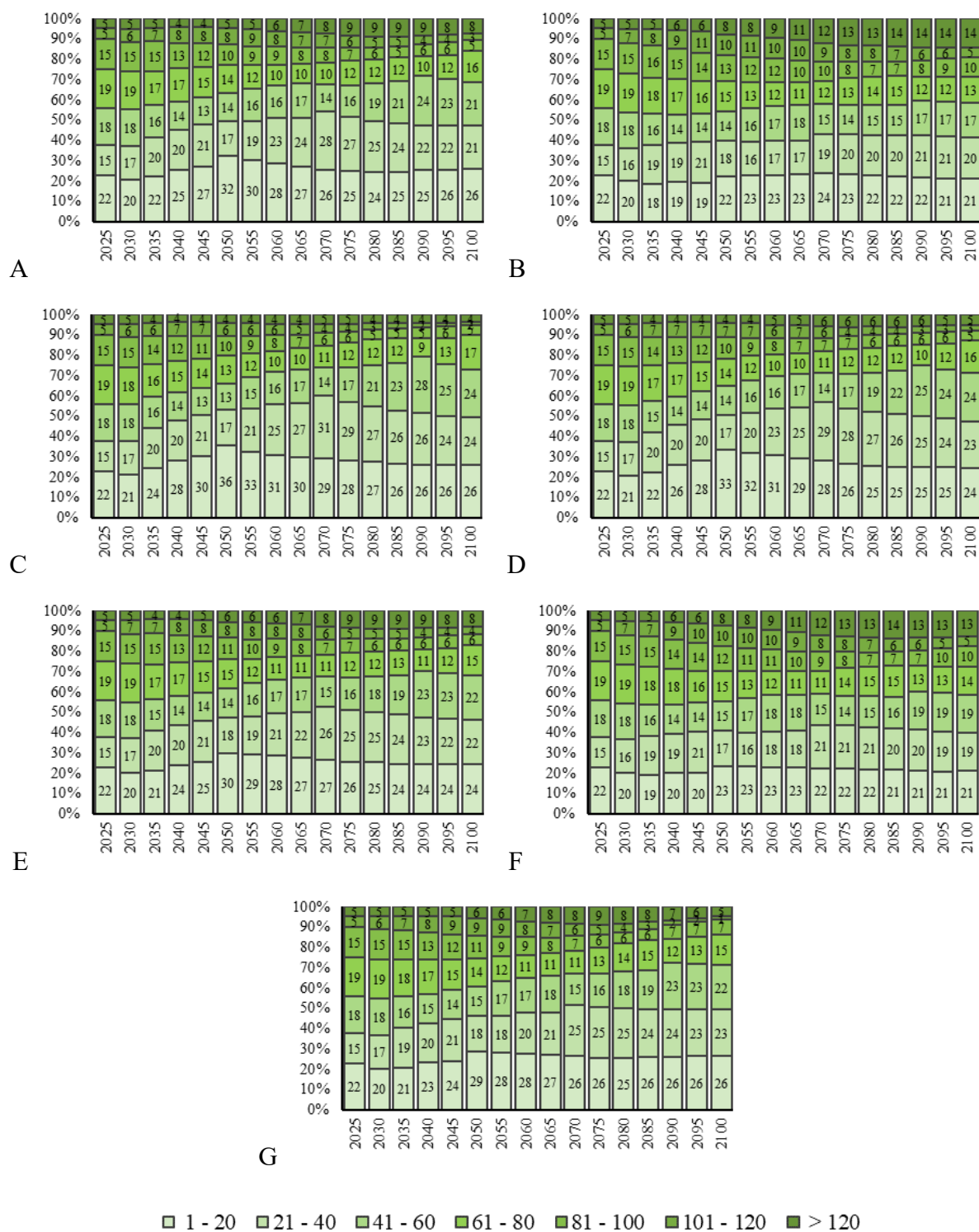
#### 2.2.4. Mežaudžu vecumstruktūra

Par mežaudžu vecumstruktūru un tās ietekmi gan uz galvenās cirtes apjomu, gan krājas pieaugumu jau iepriekšējās nodaļās vairākkārt tika norādīts. Pirms detālāki analizēt mežaudžu vecumstruktūras izmaiņas, jāatzīmē, ka jebkura modelēšana ir vērsta uz vecumstruktūras normalizēšanu jeb izlīdzināšanu. Lai šāda izlīdzināšana modelēšanas rezultātā nenotiktu lieli dabiskie traucējumi būtu modelēšanā jāiekļauj kā atsevišķi nejauši notikumi. Bet šāda veida simulācija apgrūtinātu vai padarītu pat neiespējamu loģisku definētās mežsaimniecības analīzi (arī attiecībā uz vecumstruktūru), jo lielāko daļu parametru izmaiņas skaidrotu nejaušais notikums (lielais dabiskais traucējums) un laiks, kad tas ir ticis simulēts, piemēram vai tas ir simulēts pirmajā vai desmitajā modelēšanas piecgadē, vai arī tas ir simulēts divas piecgades pēc kārtas līdzīgi kā vēsturiski Latvijā bija divas lielas vējgāzes 1967. un 1969. gadā.

Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, ievērojami uzkrāsies vecās audzes. Piemēram, līdz 2100. gadam tiek modelēts, ka par 120 gadus vecāko audžu īpatsvars palielināsies no 5% līdz 13-14%, bet par 100 gadiem vecāku audžu īpatsvars no 10% līdz 17-19% (2.2.7. attēls). Pārējos scenārijos tiek modelēts, ka par 120 gadus vecāko audžu īpatsvars vai nu saglabāsies aptuveni esošajā līmenī (galvenā cirte rēķināta kā cirsmā pēc gatavuma) vai palielināsies līdz 8%. Tātad scenārijos, kur vidēji gadā nocirstais apjoms ir par aptuveni vienu milj. m<sup>3</sup> mazāks veco audžu īpatsvars ievērojami palielinās, bet pārējos scenārijos, tas saglabājas esošajā līmenī.

Šobrīd divas trešdaļas no audzēm (67.4%) ir vecumā 21-100 gadiem. Šāda vecuma mežaudzēs krājas pieaugums uz vienu platības vienību ir vislielākais, bet jaunākās un vecākās audzēs tas ir ievērojami mazāks. Tādēļ, lai veicinātu augstu kopējo mežaudžu krājas pieaugumu, ir jānodrošina augsts šādu vecuma audžu īpatsvars. Visos scenārijos sākotnēji pirmajos 20-30 gados tiek modelēts, ka šādu audžu platība jeb īpatsvars samazināsies līdz 54-57%. Vēlākos gados tiek modelēts ka šādu audžu platība atkal palielināsies. Tomēr jāatzīmē, ka scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, šādu audžu īpatsvars līdz 2100. gadam palielināsies līdz 60-62%. Savukārt scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsmā pēc gatavuma, vai pirmā cirsmā pēc vecuma, vai kā 50% no krājas pieauguma, šādu audžu īpatsvars līdz 2100. gadam palielināsies līdz 67-69%. Tātad scenārijos, kur tiek modelēts lielāks galvenās cirtes apjoms, ar laiku 21-100 gadus vecu mežaudžu īpatsvars tiek modelēts lielāks nekā scenārijos, kur tiek modelēts mazāks galvenās cirtes apjoms.

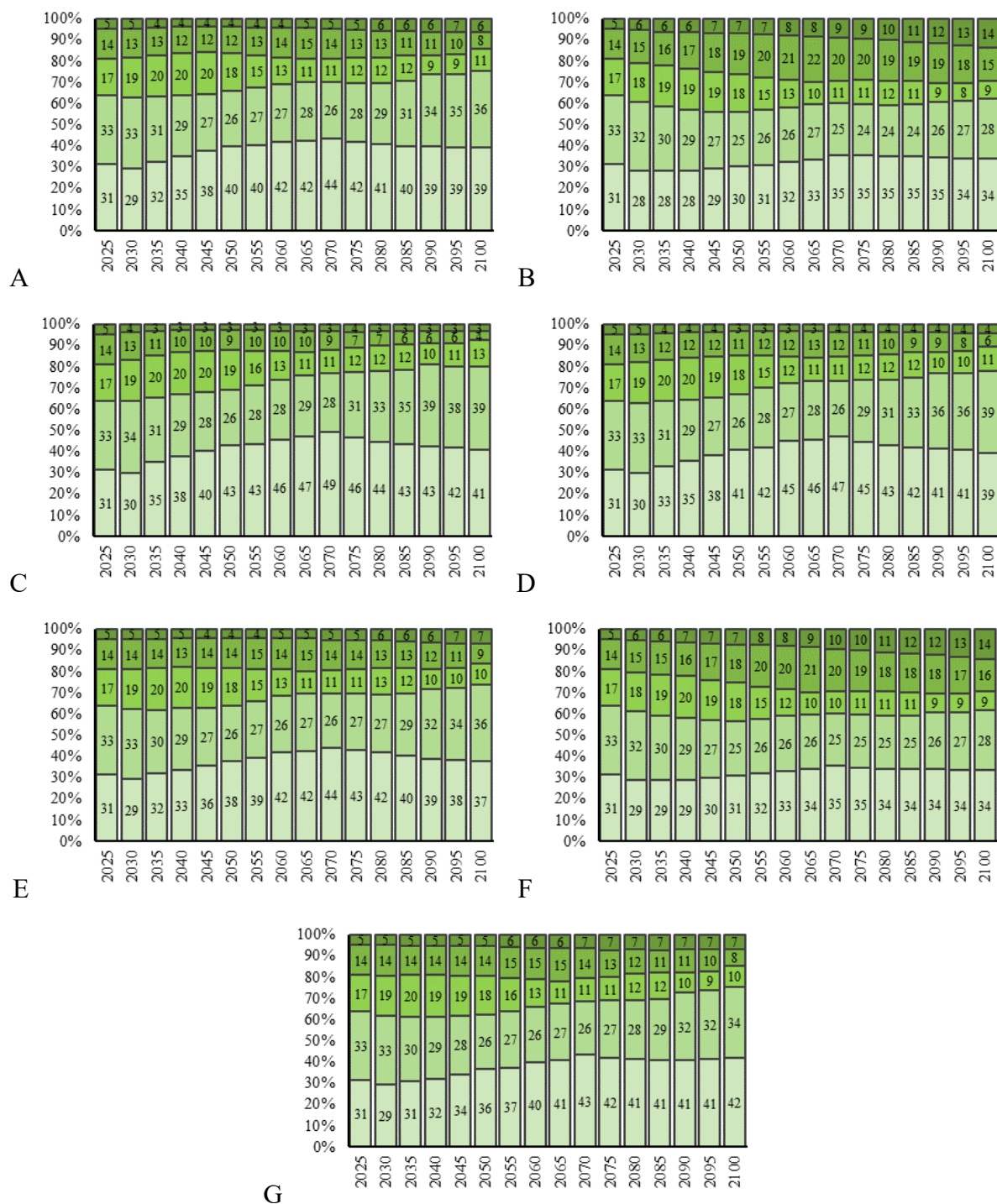
Sākotnēji modelēšanā izmantotajos datos jaunaudzes ir 31%, vidēja vecuma audzes 33%, briestaudzes 17%, pieaugušas audzes 14% un pāraugušas audzes 5%. Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēts, ka pieaugušu un pāraugušu audžu īpatsvars no 19% līdz 2100. gadam palielināsies līdz 29-30%. Scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsmā pēc gatavuma, šādu audžu platība tiek modelēta, ka samazināsies līdz 7%, bet pārējos scenārijos tā samazināsies līdz 10-16%. Savukārt jaunaudžu īpatsvars scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsmā vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēts, ka līdz 2100. gadam palielināsies no 31% līdz 34%, bet pārējos scenārijos līdz 37-42% (2.2.8. attēls).



### 2.2.7. attēls. Dažādos mežsaimniecības scenārijos modelētā mežaudžu vecumstruktūra:

A – šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms; B – normālā cirsma; C – cirsma pēc gatavības; D – pirmā cirsma pēc vecuma; E – otrā cirsma pēc vecuma; F – galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma; G – galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma.





jaunaudzes vidēja vecuma audzes briestaudzes pieaugušas audzes pāraugušas audzes

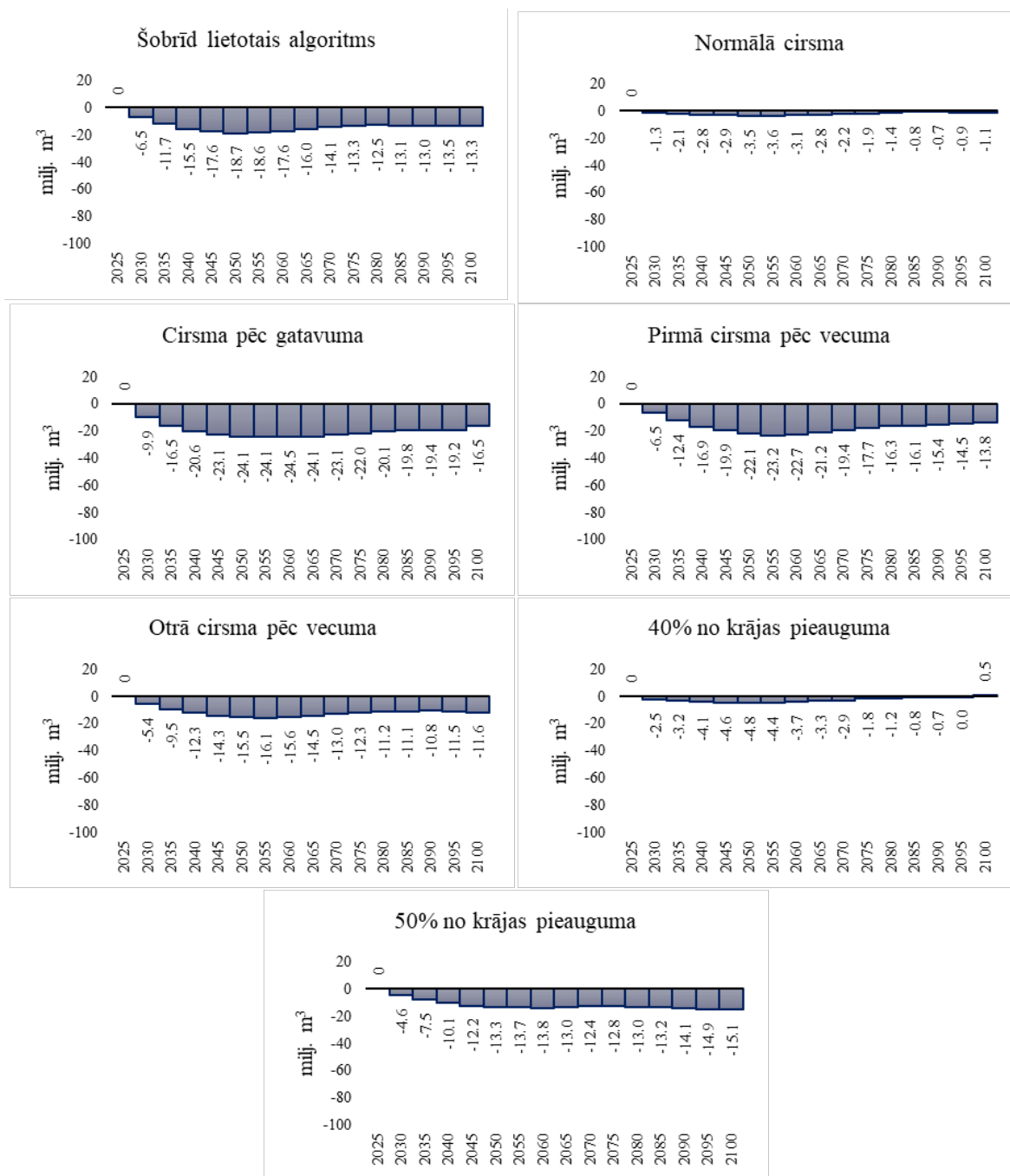
#### 2.2.8. attēls. Dažādos mežsaimniecības scenārijos modelētā mežaudžu platība sadalījumā pa vecuma grupām:

A – šobrīd lietotais galvenās cirtes algoritms; B – normālā cirsma; C – cirsma pēc gatavības; D – pirmā cirsma pēc vecuma; E – otrā cirsma pēc vecuma; F – galvenajā cirtē nocērt 40% no pieauguma; G – galvenajā cirtē nocērt 50% no pieauguma.

## 2.2.5. Mežaudzēs uzkrātais ogleklis

Šajā pētījumā analizēts uzkrātais ogleklis mežā, kas ir uzkrātais ogleklis augošos kokos (tai skaitā ekoloģiskajos kokos) virszemes un pazemes biomasā un uzkrātais ogleklis atmirušajos kokos. Netiek pētījumā vērtēts uzkrātais ogleklis augsnē. Tāpat pētījumā pie atmirušās koksnes oglekļa nav ieskaitīts uzkrātais ogleklis celmos.

Sākotnējā jeb 2025. gadā mežā uzkrātais ogleklis modelēšanā izmantotajos datos ir 119.6 milj. m<sup>3</sup>. Scenārijos, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā normālā cirsma vai kā 40% no krājas pieauguma, tiek modelēts, ka attiecībā pret sākotnējo vērtību mežā uzkrātais ogleklis saglabāsies aptuveni esošajā līmenī (2.2.9. attēls).



2.2.9. attēls. Modelētās mežā augošajos un atmirušajos kokos uzkrātā oglekļa izmaiņas attiecībā pret 2025. gadu.

Pārējos scenārijos tiek modelēts, ka attiecībā pret sākotnējo vērtību mežā uzkrātais ogleklis samazināsies. Sākotnēji vislielākais samazinājums modelēts scenārijā, kur galvenās cirtes apjoms rēķināts kā cirsma pēc gatavuma, bet uz 2100. gadu samazinājums visos šajos scenārijos ir līdzīgs – 11-16 milj. t.

Tātad uzkrātais ogleklis mežā dzīvajos un atmirušajos kokos, kur nocirstais apjoms galvenajā cirtē ir būtiski mazāks, prognostiski saglabāsies esošajā līmenī, bet pārējos scenārijos tas nākotnē prognostiski samazināsies par 11-16 milj. t.

## Literatūra

- Buongiorno J. and Gilles J. K. (2003). "Decision Methods for Forest Resource Management," Academic Press, Burlington.
- Donis J., Šņepsts G., Šēnhofs R., Zdors L., Treimane A. (2015). Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas (MSI) datus. Pētījumu pārskats. 33 lpp.: Pieejams [http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2015\\_Donis\\_LVM\\_gala.pdf](http://www.silava.lv/userfiles/file/Projektu%20parskati/2015_Donis_LVM_gala.pdf)
- Donis J. (2024). Algoritmu izstrāde mežsaimniecības plānošanai. Pētījumu pārskats. 118 lpp. Pieejams: <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2021-LVM-Algoritmu-izstrade/2024-LVM-Algoritmu-izstrade-Etaps.pdf>
- Meža ilgtspējīgas apsaimniekošanas novērtēšanas kārtība (2013): Ministru kabineta 2013. gada 7. maija noteikumi Nr. 248. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/256891-meza-ilgtspejigas-apsaimniekosanas-novertesanas-kartiba>
- Meža likums (2000). Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/2825#p45>
- Par koku ciršanas maksimāli pieļaujamo apjomu 2026.–2030. gadam (2025): Ministru kabineta 2025. gada 21. janvāra noteikumi Nr. 42. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/358150-par-koku-ciršanas-maksimali-pielaujamo-apjomu-20262030-gadam>
- Skudra P. (1985). Mežierīcība. Zvaigzne. 189 lpp.
- Šņepsts G. (2024). Atsevišķas mežaudzes augšanas gaitas prognožu rīka izveide mežkopības lēmumu ilgtermiņa ietekmes novērtēšanai. Pētījumu pārskats. 35 lpp. Pieejams: <https://www.silava.lv/images/Petijumi/2024-MAF-Atseviskas-mezaudzes-augšanas-gaitas-prognozu-riks/2024-MAF-AGM-Parskats.pdf>