



AS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” pasūtītā pētījuma

## **AUGŠANAS GAITAS MODEĻU PILNVEIDOŠANA**

2. etapa STARPATSKAITE

LĪGUMA NR.: 5-5.9\_00uy\_101\_15\_284

IZPILDES LAIKS: 01.02.2016. - 20.12.2016.

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Projekta vadītājs: \_\_\_\_\_  
*Jānis Donis*

**Salaspils, 2016**

# Kopsavilkums

AS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” pasūtītā pētījuma  
**Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana**  
2. etapa starpatskaite

Līguma Nr.: 5-5.9\_00uy\_101\_15\_284

Izpildes laiks: 01.02.2016. - 20.12.2016.

Izpildītājs: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Projekta vadītājs: J. Donis

Pārējie galvenie izpildītāji: G. Šņepsts, R. Šēnhofs, L. Zdors, A. Treimane.

Atbilstoši metodikai 2.etapā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1.darba uzdevums      **Augšanas gaitas modeļiem nepieciešamo datu sagatavošana no 2015.g. MSI mērījumiem**

Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumu datu bāzē atlasīti un MS Excel datorprogrammā ievadīti dati par 1628 atkārtoti 2014. (814) un 2015. (829) gadā pārmērītajiem parauglaukumiem, kas tālāk izmantojami augšanas gaitas prognožu modeļu izstrādē.

2.darba uzdevums      **Augšanas gaitas vienādojumu koeficientu aprēķini balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem (meža elementi), t.sk. arī kopšanas ciršu efekta atspoguļojošo modeļu pilnveidošana.**

Pārbaudīti 2015. gadā izstrādātie atsevišķa meža elementa vidējā augstuma, vidējā caurmēra un šķērslaukuma aktualizācijas modeļi, kā arī šiem modeļiem, balstoties uz garāku pārmērījumu periodu, aproksimētas jaunas koeficientu vērtības. Veikts vienādojumu statistisks izvērtējums.

3.darba uzdevums      **Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana un statistisko rādītāju izvērtēšana, aprēķinus balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem.**

Iepriekš 2015. gadā izstrādātajiem vienādojumiem, balstoties uz 10 gadu pārmērījuma datiem, aproksimētas jaunas koeficientu vērtības kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai. Atšķirībā no iepriekšējiem gadiem tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums ir atkarīgs no I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecuma, Orlova bonitātes un mežaudzes attiecīgā šķērslaukuma visām koku sugām.

Iepriekš 2015. gadā izstrādātajiem vienādojumiem, balstoties uz 10 gadu pārmērījuma datiem, aproksimētas jaunas koeficientu vērtības kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas atmiruma aprēķināšanai.

Mežaudzes krājas diference aprēķināma algebriski no faktiskās audzes krājas pieauguma atņemot dabisko atmirumu un izcirsto krāju.

4.darba uzdevums      **Izmantojot 3. MSI cikla 2 gadu datus un Zviedrijas, Somijas augšanas gaitas modeļus aprēķināt augšanas gaitas un tās salīdzināt ar 2.punktā minētajiem rezultātiem.**

Veikta pieaugumu aprēķināšana balstot uz Somijas augšanas gaitas modeļu noklusētajiem parametriem. Konstatēts, ka virkne parametru nav tieši attiecināmi uz Latvijas apstākļiem, un to piemērošana balstīta uz pieņēmumiem par atbilstību meža tipiēm, piemēram, tādi rādītāji kā rohumusa slāņa biezums, akmeņainība, pārpurvošanās. Savukārt citi rādītāji tiek ekstrapolēti salīdzinājumā ar šo rādītāju diapazonu Somijā. Piemēram, gada aktīvās veģetācijas temperatūru summa (diennakts vidējā temperatūra virs 5°C) modeļos ir no 800 līdz 1300 grādiem, bet Latvijā tā pārsniedz pat 2100 grādiem. Secināts, ka oriģinālās vienādojumu koeficientu vērtības nav

izmantojamas Latvijas mežaudžu augšanas gaitas modelēšanai. Pārbaudot Zviedrijas augšanas gaitas modeļu atbilstību, konstatēts, ka līdzīgi nepieciešama oriģinālo (Zviedrijā lietoto meža tipu raksturojošo parametru sasaiste ar Latvijas meža tipoloģiju. Īsā termiņā oriģinālās formulas dod labu vērtējumu, taču ilgākā termiņa nepieciešama koeficientu vērtību adaptācija Latvijas apstākļiem.

5.darba uzdevums      ***Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana (10 objekti).***

Audzēs telpiskās struktūras raksturošanai pārmērīti 2006.-2012. gadā iekārtotie 6 objekti priežu audzēs, kuros izlases vai pakāpeniskās cirtes pirmais paņēmiens veikts laika periodā no 2000. līdz 2006. gadam. Bez tam arī uzmērīti 4 objekti priežu audzēs, kuros izlases vai pakāpeniskās cirtes pirmais paņēmiens veikts 2011. gadā, pēc kuras veikta sanitārā cirte 2014. gadā. Šie 4 objekti uzmērīti ar mērķi iegūt papildus informāciju par sākotnējo dabiskās atjaunošanās norisi un paredzēti pārmērīt 2020. gadā. Šajos objektos iepriekšējās kokaudzes struktūra atkārtoti novērtēta 55 parauglaukumos (500 m<sup>2</sup>; R=12,62 m) un veikta atjaunošanās uzskaitē 165 uzskaites laukumos (25 m<sup>2</sup>; R=1,82 m).

Ņemot vērā to, ka pētījuma sākuma posmā ir neliels datu apjoms, tad iegūtie rezultāti lielākoties ir tikai indikatīvi (uz ko norāda arī statistiskie rādītāji (robežklūda ar 95% ticamību) nav būtiska), un pagaidām nav izmantojami vispārīgā veidā.

6.darba uzdevums      ***Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana - izstrādāt selekcijas efekta modeli parastai priedei.***

Selekcijas efekts kvantitatīvi novērtēts izmantojot datus no 1975.g. stādījumiem, kuros līdzīgos apstākļos audzētas selekcionēta (kontrolēti krustotu pluskoku pēcnācēji) un vietējo provenienču priedes pēcnācēji, kā arī no 1975. un 1982.g. stādījumiem, kuros līdzīgos apstākļos audzēti, plantāciju pēcnācēji un mežaudžu pēcnācēji.

Konstatēts, ka selekcionētam materiālam augstuma pārsvars ir 6-13% (statistiski būtisks), salīdzinot var vietējām proveniencēm, savukārt caurmēra pieauguma pārsvars vidēji ir 5-18%, ne visos gadījumos ir statistiski būtiski. Aprēķināti vienādojumu koeficienti selekcijas efekta iekļaušanai augšanas gaitas modeļos.

7.darba uzdevums      ***Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas) priedes (pieļaujams arī egles un bērza) I-II bonitātes un III-IV bonitātes audzēs, kopā 72 objekti, 4 reģionos – DK, ZK, AV, VD mežsaimniecībās, 3 vecuma grupās 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 gados, katrā parauglaukumā ierīkojot 3-4 kopšanas intensitātes, “kopšanu no augšas” un kontroli.***

Kopā 2016. gadā ir ierīkoti 46 kopšanas ciršu objekti. Austrumvidzemē ierīkoti 10 objekti, Vidusdaugavā, Dienvidkurzemē un Ziemeļkurzemē – 12 objekti. Pavisam kopā uzmērīti 516 parauglaukumi ar kopējo platību 46.44 hektāri, nodastoti 64675 koki, augstumi uzmērīti 5668 kokiem.

## Summary

Study commissioned by JSC "LATVIAN STATE FORESTS".

Title "Improvement of the growth models".

Phase 2 report.

Article NO.: 5-5.9\_00uy\_101\_15\_284

Lead Time: 31/03/2016 - 30.08.2016.

Performer: Latvian State Forest Research Institute "Silava".

Research project leader: J. Donis.

The other main performers: G. Šnepsts, R. Šēnhofs, L. Zdors, A. Treimane.

Tasks according to the methodology of the 2nd phase:

Task 1. Preparation of NFI 2015 data for growth and yield model improvement.

From NFI database were selected 829 re-measured NFI plots and recorded to MS Excel. The initial plot selection criteria are: 1) in all NFI measurement cycles sampling plot is not divided into sectors, which means that whole sampling plot is within limits of the one stand; 2) in all NFI cycles the land category is forest stand (code 10), destructed stand (11), burning (12), windfall (13), glade (14) or forest in agricultural land (62).

Task 2. Calculation of coefficients of growth equations based on 2 years measurement data of 3rd NFI cycle, including a thinning effect in the models.

We tested growth models of forest elements (average height, dbh and basal area) based on previously (2015) elaborated equations as well calculated new coefficients based on these models and the longer time series. Statistical evaluation carried out of the equations.

Task 3. Development of the forecasting model of growth, mortality and net change based on NFI 3rd cycle 2 years' data.

The new approximation of previously (2015) developed equations, was carried out based on 10 years of data. The current average periodic volume increment depends on the age of the dominant tree species and site index according to Orlov, and the basal area of a forest stand all tree species.

The mortality model was calculated on new data set and based on age and basal area of the stand.

Task 4. Using 2 years' data of 3<sup>rd</sup> NFI cycle test Swedish, Finnish growth models and compare results with the results referred to in Task 2.

We performed calculation of the Finnish growth models with default parameters. We concluded that they are not directly applicable to Latvia's conditions, because it is based on assumptions regarding the compliance of forest types, for example, indicators such as rohumus thickness, paludification. Other indicators are extrapolated compared with that range in Finland. For example, the amount of the active temperature sums (the average daily temperature over 5°C) in the models are from 800 to 1300 degrees, but in Latvia it exceeded even 2100 degrees. It was concluded that the original equation coefficient values are not to be used for growing simulations. Checking the conformity of Swedish growth models, it was found that the original height formula gives a good in the short term, but long term assessment of the factor value required adaptation to the conditions of Latvia. There is need for adaptation of Swedish forest typology and Latvian forest typology.

Task 5. Re-measurement of previously installed sample plots in uneven-aged stands (10 objects).

Re-measurements of stand spatial structure characterization are carried out in stands managed by selective cutting or shelterwood cutting is carried out during the period from 2000 to 2011. Previous measurements were carried out in 2006 till 2012. Stand structure was re-evaluated in 55 plots (500

m<sup>2</sup> R = 12.62 m) and as well performed regeneration accounting in 165 sample plots (25 m<sup>2</sup>; R = 1.82 m).

Because of a small amounts of data, the results are merely indicative (which shall also indicate the statistical indicators (the maximum random error with 95% reliability)), and cannot be used for generalisation purposes at the moment.

Task 6. Determination of impact of artificial regeneration (selection effect) - to develop breeding effect model of a Scots pine.

The estimated effect tree breeding using data from experimental plantations of 1975, in which under similar circumstances were grown descendants of controlled interbreeding of plus trees and offsprings of local proveniences of scots pine. Other data source was from experimental plantations of 1975 and 1982, where in similar circumstances, offsprings of local proveniences and descendants of the tree orchards were grown.

We found that breeding material gives height by 6-13% more if compared to the local proveniences, while mean diameter was exceeded by 5-18%. Equation coefficients for calculation of effect tree breeding for growth path was elaborated.

Task 7. Establishment of thinning experiments in pine (birch and spruce) stands of Ia-II site index and III-IV site index stands. Together 72 objects, 4 regions – DK, ZK, AV, VD forestries; 3 age groups, 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 years, each experiment with 3-4 intensities, “thinning from the above” and control plots.

A total 46 experiments were installed and thinning was carried out. Plot size 900m<sup>2</sup> 10 to 12 plots per experiment. In Austrumvidzeme were installed 10 objects, in Dienvidkurzeme, Vidusdaugava and Ziemeļkurzemē – 12 objects. A total of 516 plots points with a total surface area of 46.44 hectares, DBH measured for 64675 trees – height measurements for 5668 trees.

# Saturs

|   |           |
|---|-----------|
| <b>KOPSAVILKUMS</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>SUMMARY</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>IEVADS</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>1. MSI DATU ATLASE, IEVADE UN PRIMĀRO DATU APRĒKINS</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>2. ATSEVIŠĶU MEŽA ELEMENTU AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU PILNVEIDOŠANA</b> .....                                       | <b>10</b> |
| 2.1. AUGSTUMA AUGŠANAS GAITAS MODELIS .....   | 10        |
| 2.1.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 10        |
| 2.2.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 11        |
| 2.2. CAURMĒRA AUGŠANAS GAITAS MODELIS.....  | 20        |
| 2.2.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 20        |
| 2.2.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 21        |
| 2.3. ŠĶĒRSĻAUKUMA IZMAIŅU MODELIS.....  | 30        |
| 2.3.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 30        |
| 2.3.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 31        |
| 2.4. KRĀJAS IZMAIŅAS .....  | 48        |
| 2.5. KOPŠANAS CIRŠU IETEKMES VĒRTĒJUMS UZ PIEAUGUMU IZMAIŅĀM.....   | 52        |
| 2.5.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 52        |
| 2.5.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 53        |
| <b>3. PIEAUGUMA, ATMIRUMA UN KRĀJAS DIFERENCES PROGNOŽU MODEĻU PILNVEIDOŠANA</b> .....                                      | <b>54</b> |
| 3.1. FAKTISKĀS AUDZES TEKOŠĀ PIEAUGUMA MODELIS.....   | 54        |
| 3.1.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 54        |
| 3.1.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 55        |
| 3.2. ATMIRUMA MODELIS .....   | 57        |
| 3.2.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 57        |
| 3.2.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 58        |
| 3.3. KRĀJAS DIFERENCES MODELIS .....  | 61        |
| <b>4. ATSEVIŠĶU KOKU AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU IZSTRĀDE BALSTOT UZ SOMIJĀ UN ZVIEDRIJĀ LIETOTAJIEM MODEĻIEM</b> ..... | <b>62</b> |
| 4.1. SOMIJAS AUGŠANAS GAITAS MODEĻI .....   | 62        |
| 4.1.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 62        |
| 4.1.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 70        |
| 4.2. ZVIEDRIJAS AUGŠANAS GAITAS MODEĻI .....  | 72        |
| 4.2.1. <i>Materiāls un metodika</i> .....   | 72        |
| 4.2.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 79        |
| 4.3. SOMIJAS UN ZVIEDRIJAS AUGŠANAS MODEĻU LIETOŠANAS PIEMĒROTĪBAS IZVĒRTĒJUMS LATVIJĀ .....                                | 82        |
| <b>5. DAŽĀDVECUMA AUDŽU AUGŠANAS GAITAS MODEĻU IZSTRĀDEI NEPIECIEŠAMO IEPRIEKŠ IERĪKOTO PARAGĻAUKUMU PĀRMĒRĪŠANA</b> .....  | <b>83</b> |
| 5.1. <i>Lauku darbu metodika</i> .....  | 83        |
| 5.2. <i>Rezultāti</i> .....   | 84        |
| <b>6. MĀKSLĪGĀS ATJAUNOŠANAS IETEKMES (SELEKCIJAS EFEKTA) NOTEIKŠANA (SELEKCIJAS EFEKTA MODELIS PARASTAI PRIEDEI)</b> ..... | <b>87</b> |
| 6.1. MATERIĀLS UN METODIKA .....  | 87        |
| <i>Datu matemātiska apstrāde</i> .....  | 87        |
| 6.2. REZULTĀTI .....  | 87        |
| 6.3. SELEKCIJAS EFEKTA IEKĻAUSĀNA AUGŠANAS GAITAS MODELĪ.....   | 90        |
| <b>7. KOPŠANAS CIRŠU EKSPERIMENTĀLO PARAGĻAUKUMU IERĪKOŠANA UN SĀKOTNĒJĀ UZMĒRĪŠANA (PĒC KOPŠANAS)</b> .....                | <b>92</b> |
| 7.1. <i>Objektu izvēle</i> .....  | 92        |
| 7.2. <i>Lauku darbu metodika</i> .....  | 92        |

|  |           |
|--|-----------|
| 7.3. Ierīkoto objektu raksturojums.....  | 94        |
| <b>SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS.....</b>   | <b>96</b> |
| <b>LITERATŪRA.....</b>   | <b>97</b> |
| <b>PIELIKUMI.....</b>  | <b>98</b> |
| PIELIKUMS 1. VIENĀDOJUMU ATBILSTĪBAS IZVĒRTĒŠANAS STATISTISKIE RĀDĪTĀJI .....  | 98        |
| PIELIKUMS 2. MEŽA ELEMENTA VIDĒJĀ AUGSTUMA AKTUALIZĀCIJAS MODEĻA KOEFICIENTI 2015. GADĀ.....   | 98        |
| PIELIKUMS 3. MEŽA ELEMENTA VIDĒJĀ CAURMĒRA AKTUALIZĀCIJAS MODEĻA KOEFICIENTI 2015. GADĀ .....  | 98        |
| PIELIKUMS 4. UZMĒRĪTĀS VIDĒJĀ AUGSTUMA IZMAIŅAS UN MEŽA ELEMENTA VIDĒJĀ AUGSTUMA AKTUALIZĀCIJAS MODEĻA (2.1. FORMULA) AUGŠANAS GAITA .....   | 99        |
| PIELIKUMS 5. UZMĒRĪTĀS VIDĒJĀ CAURMĒRA IZMAIŅAS UN MEŽA ELEMENTA VIDĒJĀ CAURMĒRA AKTUALIZĀCIJAS MODEĻA (2.2. FORMULA) AUGŠANAS GAITA .....   | 101       |
| PIELIKUMS 6. UZMĒRĪTĀS MEŽA ELEMENTA ŠĶĒRSLAUKUMA IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO MEŽA ELEMENTA KRŪŠAUGSTUMA VECUMA .....   | 103       |
| PIELIKUMS 7. UZMĒRĪTĀS MEŽA ELEMENTA ŠĶĒRSLAUKUMA IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO MEŽA ELEMENTA VIDĒJĀ AUGSTUMA .....   | 106       |
| PIELIKUMS 8. PROGNOZĒTAIS MEŽA ELEMENTA TEKOŠAIS VIDĒJI PERIODISKAIS KRĀJAS PIEAUGUMS ( $M^3HA^{-1}$ GADĀ) ATKARĪBĀ NO MEŽA ELEMENTA SUGAS, VECUMA UN ĪPATSVARA, UN MEŽAUDZES PIRMĀ STĀVA RELATĪVĀS BIEZĪBAS .....   | 110       |
| PIELIKUMS 9. PROGNOZĒTĀ MEŽA ELEMENTA TEKOŠĀ VIDĒJI PERIODISKĀ KRĀJAS PIEAUGUMA NOVIRZE ( $M^3HA^{-1}$ GADĀ) ATKARĪBĀ NO MEŽA ELEMENTA SUGAS, VECUMA UN ĪPATSVARA, UN MEŽAUDZES PIRMĀ STĀVA RELATĪVĀS BIEZĪBAS ..... | 111       |
| PIELIKUMS 10. MEŽA ELEMENTU TAKSĀCIJAS RĀDĪTĀJU AUGŠANAS GAITAS ALGORITMS PĒC 5 GADU KRŪŠAUGSTUMA VECUMA SASNIEGŠANAS.....   | 112       |

## Ievads

Adekvātas augšanas gaitas prognozes ir būtiskas mežsaimnieciskās darbības seku prognozēšanai un lēmumu pieņemšanai, plānojot mežsaimnieciskās darbības. Līdz šim Latvijā izmantotie pieaugumu noteikšanas modeļi (Liepa, 1996, Матузанис, 1988) lielā mērā ir balstīti uz 1960. - tajos un 70. -tajos gados vienreiz uzmērītu parauglaukumu datiem, kuros tekošais pieaugums noteikts pēc urbumu metodes (Matuzānis, 1983). Ar šo metodi nav iespējams iegūt ticamu informāciju par atmirumu (koku skaita izmaiņām) un attiecīgi arī par augšanas gaitu kopumā. Lai novērstu iepriekš izstrādāto modeļu trūkumus, LVMI "Silava" tika veikts pētījums "Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus (Donis, 2015). Lai arī pētījumā izstrādāti adekvāti vienādojumi koku augstuma un caurmēra pieaugumu (augšanas gaitas novērtēšanai), tomēr, konstatēts, ka 5 gadu pārmērījumu periods ir nepietiekams, lai varētu izstrādāt ticamas ilgtermiņa prognozes koku skaita izmaiņām. Tādēļ nepieciešams: 1) precizēt meža elementu augšanas gaitas modeļus, kas balstīti uz Meža statistiskās inventarizācijas datiem, 2) precizēt modeļus, balstot tos uz eksperimentāliem ilglaicīgo parauglaukumu mērījumiem (selekcijas efekta un kopšanas ciršu efekta novērtēšanai), 3) precizēt modeļus arī dažādvecuma audžu augšanai, kā arī 4) pārbaudīt atsevišķu koku augšanas gaitas modeļus.

Atbilstoši plānam 2.etapā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. *Augšanas gaitas modeļiem nepieciešamo datu sagatavošana no 2015.g. MSI mērījumiem;*
2. *Augšanas gaitas vienādojumu koeficientu aprēķini balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem (meža elementi), t.sk. arī kopšanas ciršu efekta atspoguļojošo modeļu pilnveidošana;*
3. *Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana un statistisko rādītāju izvērtēšana, aprēķinus balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem;*
4. *Izmantojot 3. MSI cikla 2 gadu datus un Zviedrijas, Somijas augšanas gaitas modeļus aprēķināt augšanas gaitas un tās salīdzināt ar 2.punktā minētajiem rezultātiem;*
5. *Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana (10 objekti);*
6. *Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana - izstrādāt selekcijas efekta modeli parastai priedei;*
7. *Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas) priedes (pieļaujams arī egles un bērza) I-II bonitātes un III-IV bonitātes audzēs, kopā 72 objekti, 4 reģionos – DK, ZK, AV, VD mežsaimniecībā, 3 vecuma grupās 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 gados, katrā parauglaukumā ierīkojot 3-4 kopšanas intensitātes, "kopšanu no augšas" un kontrole.*



# 1. MSI datu atlase, ievade un primāro datu aprēķins

Darba uzdevums: Augšanas gaitas modeļiem nepieciešamo datu sagatavošana no 2015.g. MSI mērījumiem.

Meža statistiskās inventarizācijas (MSI) parauglaukumu datu bāzē atlasīti un MS Excel datorprogrammā ievadīti dati par 1628 atkārtoti 2014. (814) un 2015. (829) gadā pārmērītajiem parauglaukumiem, kas tālāk izmantojami augšanas gaitas prognožu modeļu izstrādē.

Galvenie sākotnējie atlasē kritēriji ir:

- ✓ visos ciklos parauglaukums nav sadalīts sektoros, kas nozīmē, ka viss parauglaukums ir vienas audzes robežās;
- ✓ visos ciklos zemju kategorija ir mežs (kods 10), iznīkusi audze (11), degums (12), vējgāzes (13), izcirtums (14) vai mežs lauksaimniecības zemē (62).

Katrā parauglaukumā aprēķināti visu trīs ciklu mežaudzes, katra atsevišķa mežaudzes stāva un katra atsevišķa mežaudzes elementa galvenie taksācijas rādītāji (vecums, vidējais kvadrātiskais caurmērs un tam atbilstošais augstums, šķērslaukums, krāja un koku skaits) kā arī izcirstās un atmirušās koksnes apjoms (krāja). Atlasīto un ievadīto MSI parauglaukumu sadalījums pa 1. un 3. ciklā konstatētajām valdošajām koku sugām un meža tiptiem atspoguļots 1.1. tabulā.

1.1. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un meža tiptiem

| Cikls   | Gads | Suga    | Meža tips |    |    |     |     |     |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |    |    | Kopā |    |    |     |     |     |
|---------|------|---------|-----------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|------|----|----|-----|-----|-----|
|         |      |         | Sl        | Mr | Ln | Dm  | Vr  | Gr  | Gs | Mrs | Dms | Vrs | Grs | Pv | Nd | Db | Lk | Av | Am  | As | Ap |      | Kv | Km | Ks  | Kp  |     |
| 1       | 2004 | P       | 14        | 33 | 28 | 75  | 2   |     |    | 16  | 17  |     |     | 28 | 18 |    |    |    | 13  | 21 |    | 2    | 16 | 20 |     | 303 |     |
|         |      | E       |           |    | 1  | 18  | 46  | 4   |    | 3   | 12  | 7   |     |    | 2  | 1  |    |    | 1   | 30 | 5  |      |    |    | 13  | 3   | 146 |
|         |      | B       |           | 2  | 1  | 18  | 38  | 11  | 1  | 5   | 4   | 12  | 2   | 1  | 7  | 14 |    |    |     | 28 | 7  |      |    | 6  | 34  | 5   | 196 |
|         |      | M       |           |    |    |     | 5   | 1   |    |     |     |     | 1   | 1  | 9  | 2  |    |    |     | 2  | 5  |      |    |    | 3   | 10  | 39  |
|         |      | A       |           |    |    | 5   | 24  | 3   |    |     |     | 4   |     |    | 1  |    |    |    |     | 6  | 6  |      |    |    | 1   |     | 50  |
|         |      | Ba      |           |    |    | 3   | 26  | 9   |    |     |     |     | 1   |    |    |    | 3  |    |     |    | 1  | 5    |    |    | 1   | 1   | 50  |
|         |      | Citi    |           |    |    |     | 4   | 6   |    |     |     |     |     |    |    |    | 1  |    |     |    |    |      | 3  |    |     | 14  |     |
|         |      | Izcirt. |           |    | 1  | 6   | 1   | 1   |    |     |     | 2   | 1   |    |    |    | 1  |    |     |    | 1  | 1    |    |    |     | 1   | 16  |
|         | Kopā |         |           | 14 | 35 | 31  | 125 | 146 | 35 | 1   | 24  | 35  | 25  | 3  | 29 | 29 | 29 | 2  | 0   | 14 | 89 | 32   | 2  | 22 | 73  | 19  | 814 |
|         | 2005 | P       | 3         | 33 | 34 | 37  | 2   |     |    | 19  | 14  |     |     | 25 | 12 |    |    | 12 | 20  |    | 7  | 11   | 24 |    |     | 253 |     |
|         |      | E       |           | 1  |    | 24  | 34  | 2   |    | 2   | 11  | 3   |     |    | 2  | 2  |    | 1  | 30  | 4  |    |      |    | 13 | 2   | 131 |     |
|         |      | B       |           |    |    | 30  | 40  | 2   |    | 4   | 9   | 16  | 1   | 4  | 9  | 20 |    | 1  | 29  | 13 |    | 3    | 26 | 15 |     | 222 |     |
|         |      | M       |           |    |    |     | 1   | 2   |    |     | 1   | 3   | 1   |    |    | 9  | 1  |    | 2   | 7  |    |      | 2  | 6  |     | 35  |     |
|         |      | A       |           |    |    | 5   | 23  | 3   |    |     | 2   | 3   |     |    |    |    |    |    | 6   | 6  |    |      |    |    |     | 48  |     |
|         |      | Ba      |           |    |    | 5   | 24  | 6   |    |     |     | 3   | 2   |    |    | 3  |    |    | 9   | 4  |    |      |    |    |     | 56  |     |
| Citi    |      |         |           |    | 1  | 6   | 5   |     |    | 1   |     |     |     |    | 1  |    |    | 1  | 3   |    |    |      |    |    | 18  |     |     |
| Izcirt. |      |         |           |    | 12 | 20  | 2   |     |    | 2   | 1   |     | 2   | 3  | 3  |    | 1  | 6  | 3   |    | 4  | 5    | 1  | 1  |     | 66  |     |
| Kopā    |      |         | 3         | 34 | 34 | 114 | 150 | 22  | 0  | 25  | 40  | 29  | 4   | 31 | 26 | 38 | 1  | 15 | 103 | 40 | 7  | 18   | 70 | 24 | 1   | 829 |     |
| 2       | 2014 | P       | 14        | 32 | 27 | 65  | 2   | 1   |    | 16  | 15  |     |     | 27 | 18 |    |    | 13 | 16  |    | 2  | 16   | 20 |    | 284 |     |     |
|         |      | E       |           |    | 2  | 19  | 42  | 3   |    | 2   | 13  | 6   |     |    | 2  | 2  |    |    | 28  | 6  |    |      |    | 13 | 2   | 140 |     |
|         |      | B       |           | 2  | 2  | 30  | 35  | 10  | 1  | 5   | 5   | 14  | 2   | 2  | 7  | 14 |    |    | 27  | 7  |    |      | 5  | 33 | 6   | 207 |     |
|         |      | M       |           |    |    |     | 3   | 1   |    |     |     |     | 1   |    | 1  | 10 | 2  |    |     | 5  | 5  |      |    | 3  | 9   | 40  |     |
|         |      | A       |           |    |    | 5   | 32  | 7   |    |     |     | 3   |     |    | 1  |    |    |    | 1   | 8  | 7  |      |    | 2  | 1   | 67  |     |
|         |      | Ba      |           |    |    | 2   | 24  | 10  |    |     | 1   | 2   |     |    |    | 2  |    |    |     | 1  | 4  |      |    |    | 1   | 1   | 48  |
|         |      | Citi    |           |    |    |     | 4   | 3   |    |     |     |     |     |    |    | 1  |    |    |     | 1  | 2  |      |    |    |     | 11  |     |
|         |      | Izcirt. |           | 1  |    | 4   | 4   |     |    | 1   | 1   |     |     |    |    |    |    |    |     | 3  | 1  |      |    | 1  | 1   |     | 17  |
|         | Kopā |         |           | 14 | 35 | 31  | 125 | 146 | 35 | 1   | 24  | 35  | 25  | 3  | 29 | 29 | 29 | 2  | 0   | 14 | 89 | 32   | 2  | 22 | 73  | 19  | 814 |
|         | 2015 | P       | 3         | 33 | 33 | 35  | 2   |     |    | 19  | 13  |     |     | 27 | 12 |    |    | 12 | 20  |    | 7  | 16   | 23 |    |     | 255 |     |
|         |      | E       |           | 1  |    | 28  | 36  | 2   |    | 2   | 12  | 5   |     |    | 3  | 1  |    | 2  | 36  | 5  |    |      |    | 18 | 2   | 153 |     |
|         |      | B       |           |    |    | 33  | 46  | 2   |    | 3   | 10  | 14  | 1   | 4  | 9  | 19 |    | 1  | 29  | 12 |    | 2    | 23 | 15 |     | 223 |     |
|         |      | M       |           |    |    |     | 1   | 2   |    |     | 1   | 4   | 1   |    | 2  | 13 | 1  |    | 3   | 8  |    |      | 2  | 7  |     | 45  |     |
|         |      | A       |           |    |    | 9   | 34  | 3   |    |     | 2   | 4   |     |    |    | 1  |    |    | 7   | 8  |    |      |    |    |     | 68  |     |
|         |      | Ba      |           |    |    | 4   | 21  | 6   |    |     |     | 1   | 2   |    |    | 3  |    |    | 7   | 5  |    |      |    |    |     | 49  |     |
| Citi    |      |         |           |    | 2  | 9   | 7   |     |    | 1   |     |     |     |    | 1  |    |    |    | 2   |    |    |      |    |    | 22  |     |     |
| Izcirt. |      |         | 1         |    | 3  | 1   |     |     | 1  | 1   | 1   |     |     |    |    |    |    | 1  |     |    |    |      | 4  | 1  |     | 14  |     |
| Kopā    |      |         | 3         | 34 | 34 | 114 | 150 | 22  | 0  | 25  | 40  | 29  | 4   | 31 | 26 | 38 | 1  | 15 | 103 | 40 | 7  | 18   | 70 | 24 | 1   | 829 |     |

## 2. Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognožu modeļu pilnveidošana

Darba uzdevums: *Augšanas gaitas vienādojumu koeficientu aprēķini balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem (meža elementi), t.sk. arī kopšanas ciršu efekta atspoguļojošo modeļu pilnveidošana.*

Atsevišķu meža elementu augšanas gaitas prognozēšanai izmanto vidējā augstuma, vidējā caurmēra un šķērslaukuma izmaiņu modeļus, bet pārējos taksācijas rādītājus (koku skaits un krāja) aprēķina sekundāri.

### 2.1. Augstuma augšanas gaitas modelis

#### 2.1.1. Materiāls un metodika

Datu analīzē izmantoja datus par 1797 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1031 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- ✓ meža elementi ir P1st (442 meža elementi), E1st (336), B1st (435), A1st (85), M1st (102), Ba1st (83), E2st (314);
- ✓ katrā uzmērīšanas ciklā augstums uzmērīts vismaz 3 dzīvajiem kokiem no viena meža elementa;
- ✓ visās trīs uzmērīšanas reizēs zināms meža elementa vecums un vecuma starpība starp cikliem ir 5 gadi;
- ✓ meža elementa vidējais augstums otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā;
- ✓ prognozētais augstums bāzes vecumā (P, E 100 gadi; B, M, A 50 gadi; Ba 20 gadi) starp uzmērīšanas cikliem neatšķiras vairāk kā 5 m;
- ✓ meža elementa piecu gadu augstuma tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā divas standartnovirzes no tam atbilstošās vecuma desmitgades un bāzes vecuma augstuma grupas aritmētiski vidējās vērtības.

Augstuma augšanas gaitas aproksimācijai pārbaudīti un pilnveidoti iepriekš izstrādātie vienādojumi (Donis et al., 2015), kas balstīti uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju (*GADA - generalized algebraic difference approach*), kas ļauj augstuma pieaugumu prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti.

Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas aproksimācijai izmantots Hossfeld IV vienādojuma (Кивисте, 1988) vispārinātās algebriskās diferences pieejas modelis (Krumland & Eng, 2005):

$$H_2 = 1.3 + \frac{A_2^{b_1}}{b_2 + 100b_3X_0 + X_0A_2^{b_1}} \quad (2.1)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{H_1 - 1.3} - b_2}{100b_3 + A_1^{b_1}} \quad (2.1.1)$$

kur  $A_1$  – krūšaugstuma vecums pirmajā uzmērīšanas reizē, gadi;  
 $A_2$  – krūšaugstuma vecums otrajā uzmērīšanas reizē, gadi;  
 $H_1$  - augstums pirmajā uzmērīšanas reizē, metri;  
 $H_2$  - augstums otrajā uzmērīšanas reizē, metri;  
 $b_1; b_2; b_3$  – empīriskie koeficienti.

Iepriekšējos gados izstrādātais vienādojums (2.1. formula) meža elementa vidējā augstuma prognozēšanai pārbaudīts četros variantos:

- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);

- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netika ņemta vērā auto korelācija.

Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows, izmantojot rīku *Non-linear regression*.

Vienādojumu atbilstība izvērtēta izmantojot sekojošus statistiskos rādītājus: 1) vidējā novirze (MRES), 2) procentuālā vidējā novirze (MRES%); 3) vidējā absolūtā novirze (AMRES); 4) standartnovirze (RMSE) 5) variācijas koeficients (RMSE%) 6) vidējā kvadrātiskā kļūda (MSE); 7) modeļa efektivitāte (MEF); un 8) dispersijas attiecība (VR). Rādītāju aprēķināšanas formulas dotas 1. pielikumā.

## 2.2.2. Rezultāti

Iepriekš izstrādātajam vienādojumam augstuma augšanas prognozēšanai salīdzinātas gan prognozētās augstuma vērtības, gan vidējā periodiskā augstuma pieauguma vērtības. Vidējā prognozēto augstumu starpība ar uzmērītajiem augstumiem 5 gadu periodā ir robežās no 0,05 m līdz 0,50 m, bet 10 gadu periodā no 0,27 m līdz 0,90 m, savukārt procentuālā vidējā novirze attiecīgi 0,42 %-2,69 % un 1,79 %-3.32 % (2.1. tabula). Vidējā periodiskā pieauguma starpībām nav novērotas nozīmīgas atšķirības starp cikla garumiem, un vidējā periodiskā augstuma pieauguma novirze ir robežās no 0,01-0,10 m (2.2. tabula).

Jāatzīmē, ka visiem meža elementiem vidējā novirze ir pozitīva, kas nozīmē, ka prognozētās vērtības ir sistemātiski mazākas. Sistemātiskās novirzes izskaidrojams ar to, ka izstrādātais modelis tika balstīts uz atsevišķu koku datu bāzēs, kas nespēj adekvāti prognozēt straujās augstuma pieauguma izmaiņas, kas radušās atsevišķu mazāko koku atmiršanas dēļ. Tomēr autori vēl joprojām uzskata, ka būtu jāpaliek pie izstrādātā modeļa, kas balstīts uz atsevišķu koku datu bāzes nevis uz pārmērīto elementu datu bāzes, jo:

- ✓ aprēķini liecināja, ka prognozētās augstuma izmaiņas ir konservatīvākas un zemākās bonitāšu audzēs arī precīzākas (Donis *et al.*, 2014);
- ✓ MSI parauglaukumos uzmērīšanas metodikas un platības dēļ ir pārspīlēti liela nozīme uz vidējā augstuma izmaiņām atsevišķu koku atmiršanai, visiem meža elementiem šī iemesla dēļ pieaugušās un pāraugušās audzēs vidējais periodiskais pieaugums atsevišķos gadījumos sasniedz pat 40 cm (2.1. – 2.7. attēls);
- ✓ garākā laika periodā meža elementa vidējā augstuma izmaiņas tuvojas atsevišķu koku augstuma pieauguma izmaiņām.

2.1. tabula

Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula) prognozētā augstuma statistiskie rādītāji

| Cikli                          | Suga  | Aritm. vid. | MRES | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|--------------------------------|-------|-------------|------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|----------------|-----|
| 1.cikl.vs<br>2.cikl.<br>(5g)   | P     | 20.66       | 0.22 | 1.05   | 0.49  | 0.62 | 3.02   | 0.39 | 0.01 | 1.002 | 0.995 | 0.990          | 291 |
|                                | E     | 20.33       | 0.23 | 1.13   | 0.54  | 0.67 | 3.30   | 0.45 | 0.01 | 1.005 | 0.994 | 0.988          | 224 |
|                                | B     | 20.10       | 0.27 | 1.33   | 0.76  | 0.95 | 4.74   | 0.90 | 0.03 | 0.973 | 0.985 | 0.971          | 289 |
|                                | M     | 18.39       | 0.08 | 0.42   | 0.66  | 0.87 | 4.72   | 0.74 | 0.04 | 1.044 | 0.980 | 0.961          | 72  |
|                                | A     | 24.87       | 0.50 | 2.02   | 0.93  | 1.18 | 4.76   | 1.38 | 0.03 | 1.089 | 0.988 | 0.977          | 59  |
|                                | Ba    | 15.78       | 0.43 | 2.69   | 0.86  | 1.10 | 6.99   | 1.20 | 0.07 | 0.879 | 0.972 | 0.945          | 62  |
|                                | E 2st | 12.70       | 0.23 | 1.84   | 0.61  | 0.79 | 6.23   | 0.62 | 0.04 | 0.978 | 0.983 | 0.965          | 154 |
| 2.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(5g)   | P     | 22.05       | 0.21 | 0.94   | 0.45  | 0.58 | 2.61   | 0.33 | 0.01 | 0.969 | 0.996 | 0.992          | 311 |
|                                | E     | 21.37       | 0.14 | 0.64   | 0.50  | 0.65 | 3.04   | 0.42 | 0.02 | 1.011 | 0.992 | 0.985          | 250 |
|                                | B     | 21.10       | 0.13 | 0.62   | 0.65  | 0.84 | 4.00   | 0.71 | 0.03 | 0.973 | 0.988 | 0.976          | 301 |
|                                | M     | 20.50       | 0.10 | 0.49   | 0.57  | 0.74 | 3.61   | 0.54 | 0.03 | 1.062 | 0.986 | 0.973          | 80  |
|                                | A     | 25.33       | 0.35 | 1.37   | 0.95  | 1.26 | 4.98   | 1.56 | 0.04 | 0.935 | 0.984 | 0.967          | 64  |
|                                | Ba    | 16.89       | 0.30 | 1.76   | 0.63  | 0.81 | 4.79   | 0.64 | 0.05 | 0.966 | 0.980 | 0.961          | 56  |
|                                | E 2st | 13.19       | 0.05 | 0.34   | 0.57  | 0.72 | 5.49   | 0.52 | 0.03 | 0.923 | 0.986 | 0.972          | 222 |
| 1.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(10 g) | P     | 22.31       | 0.50 | 2.24   | 0.81  | 1.07 | 4.79   | 1.14 | 0.04 | 0.981 | 0.986 | 0.972          | 338 |
|                                | E     | 21.79       | 0.39 | 1.79   | 0.92  | 1.19 | 5.45   | 1.40 | 0.05 | 1.010 | 0.976 | 0.952          | 239 |
|                                | B     | 21.93       | 0.46 | 2.10   | 1.08  | 1.41 | 6.42   | 1.97 | 0.08 | 0.971 | 0.964 | 0.930          | 303 |

2.1. tabula

Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula)  
prognozētā augstuma statistiskie rādītāji

| Cikli               | Suga  | Aritm. vid. | MRES | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF   | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|---------------------|-------|-------------|------|--------|-------|------|--------|------|-------|-------|-------|----------------|-----|
|                     | M     | 20.37       | 0.27 | 1.34   | 0.92  | 1.24 | 6.07   | 1.51 | 0.10  | 1.183 | 0.959 | 0.919          | 73  |
|                     | A     | 27.50       | 0.90 | 3.27   | 1.33  | 1.70 | 6.19   | 2.84 | 0.09  | 1.043 | 0.968 | 0.938          | 59  |
|                     | Ba    | 17.09       | 0.44 | 2.56   | 1.06  | 1.42 | 8.34   | 1.99 | 0.13  | 0.814 | 0.938 | 0.881          | 54  |
|                     | E 2st | 14.03       | 0.47 | 3.32   | 1.02  | 1.31 | 9.31   | 1.70 | 0.10  | 0.915 | 0.954 | 0.911          | 160 |
| kopā<br>(5 un 10 g) | P     | 21.71       | 0.32 | 1.46   | 0.59  | 0.80 | 3.67   | 0.64 | 0.02  | 0.980 | 0.992 | 0.984          | 940 |
|                     | E     | 21.18       | 0.25 | 1.19   | 0.65  | 0.87 | 4.10   | 0.75 | 0.03  | 1.007 | 0.988 | 0.976          | 713 |
|                     | B     | 21.06       | 0.29 | 1.36   | 0.83  | 1.09 | 5.19   | 1.19 | 0.04  | 0.970 | 0.980 | 0.960          | 893 |
|                     | M     | 19.78       | 0.15 | 0.75   | 0.71  | 0.95 | 4.79   | 0.89 | 0.05  | 1.081 | 0.977 | 0.954          | 225 |
|                     | A     | 25.89       | 0.58 | 2.23   | 1.07  | 1.37 | 5.27   | 1.85 | 0.05  | 1.005 | 0.981 | 0.962          | 182 |
|                     | Ba    | 16.56       | 0.39 | 2.34   | 0.85  | 1.11 | 6.69   | 1.22 | 0.08  | 0.889 | 0.965 | 0.932          | 172 |
| E 2st               | 13.30 | 0.22        | 1.69 | 0.72   | 0.94  | 7.10 | 0.89   | 0.05 | 0.932 | 0.975 | 0.951 | 536            |     |

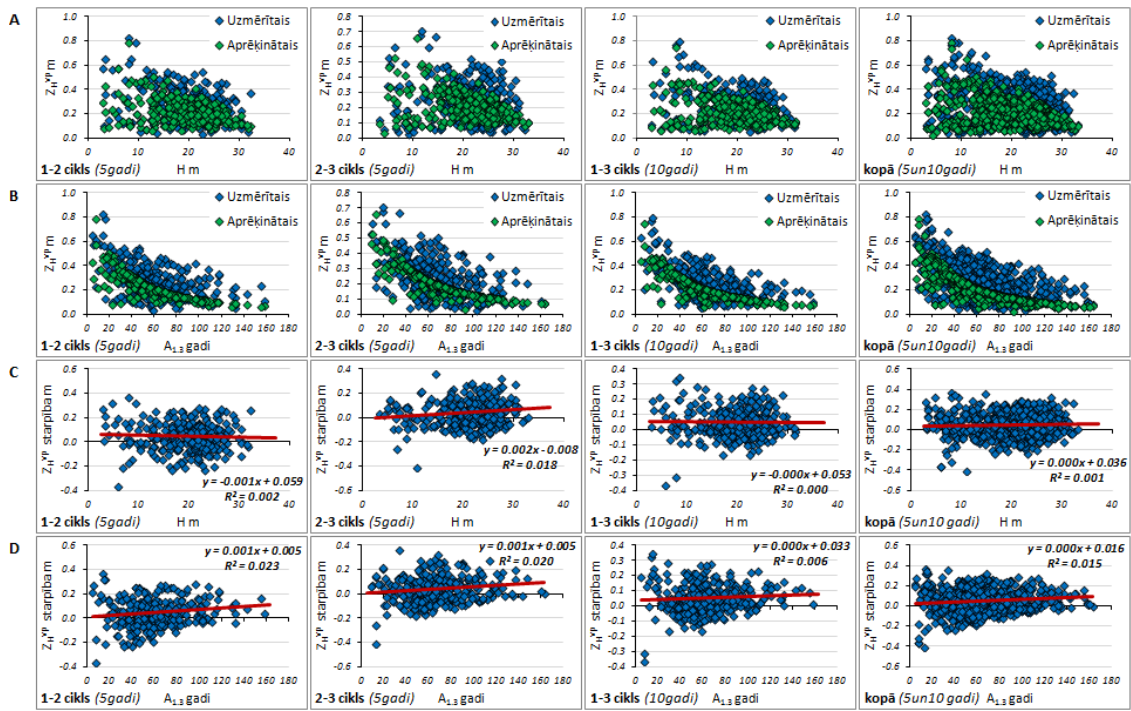
MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu skaits.

2.2. tabula

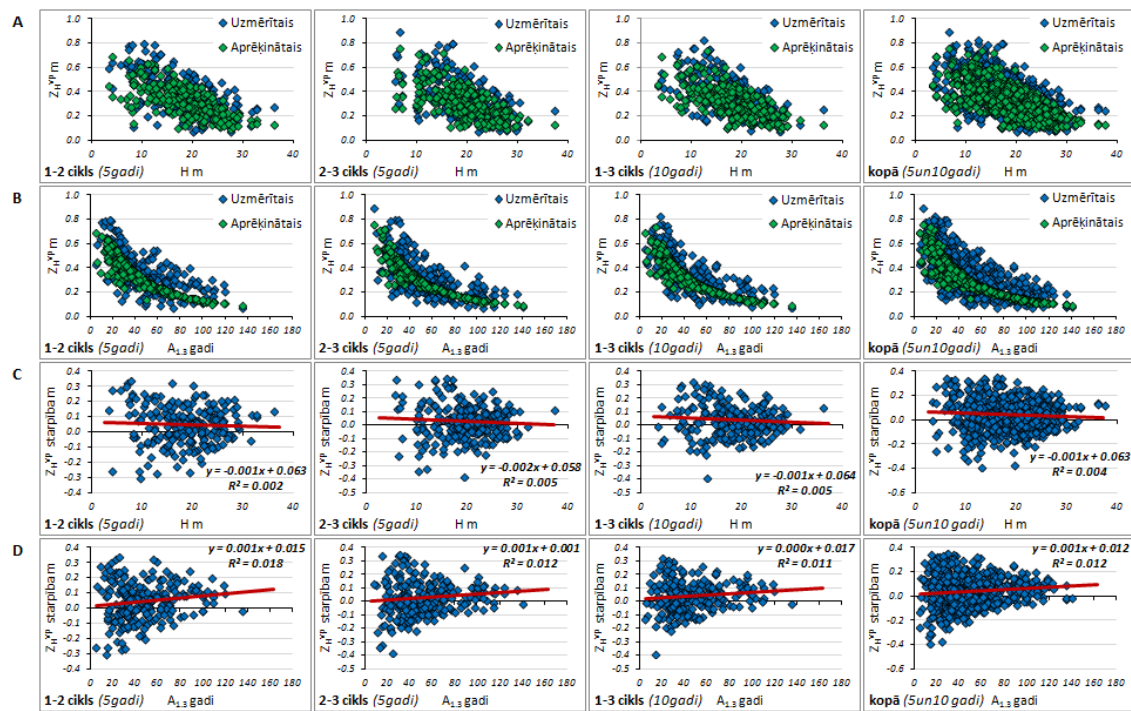
Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula)  
prognozētā ikgadējā augstuma pieauguma statistiskie rādītāji

| Cikli                          | Suga | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE  | RMSE % | MSE  | MEF   | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|--------------------------------|------|-------------|-------|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|----------------|-----|
| 1.cikl.vs<br>2.cikl.<br>(5g)   | P    | 0.27        | 0.04  | 16.11  | 0.10  | 0.12  | 46.31  | 0.02 | 0.83  | 0.502 | 0.544 | 0.296          | 291 |
|                                | E    | 0.37        | 0.05  | 12.34  | 0.11  | 0.13  | 36.08  | 0.02 | 0.71  | 0.698 | 0.640 | 0.410          | 224 |
|                                | B    | 0.39        | 0.05  | 13.63  | 0.15  | 0.19  | 48.41  | 0.04 | 0.72  | 0.457 | 0.588 | 0.346          | 289 |
|                                | M    | 0.37        | 0.02  | 4.17   | 0.13  | 0.17  | 46.91  | 0.03 | 0.92  | 0.509 | 0.415 | 0.172          | 72  |
|                                | A    | 0.53        | 0.10  | 18.96  | 0.19  | 0.24  | 44.69  | 0.06 | 0.71  | 0.340 | 0.660 | 0.436          | 59  |
|                                | Ba   | 0.50        | 0.09  | 17.05  | 0.17  | 0.22  | 44.23  | 0.05 | 1.50  | 1.409 | 0.482 | 0.232          | 62  |
| E 2st                          | 0.27 | 0.05        | 17.62 | 0.12   | 0.16  | 59.52 | 0.02   | 1.38 | 0.369 | 0.090 | 0.008 | 154            |     |
| 2.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(5g)   | P    | 0.25        | 0.04  | 16.70  | 0.09  | 0.12  | 46.15  | 0.01 | 0.80  | 0.471 | 0.564 | 0.318          | 311 |
|                                | E    | 0.34        | 0.03  | 8.13   | 0.10  | 0.13  | 38.43  | 0.02 | 0.64  | 0.667 | 0.645 | 0.417          | 250 |
|                                | B    | 0.36        | 0.03  | 7.16   | 0.13  | 0.17  | 46.42  | 0.03 | 0.57  | 0.591 | 0.673 | 0.453          | 301 |
|                                | M    | 0.35        | 0.02  | 5.81   | 0.11  | 0.15  | 42.82  | 0.02 | 0.61  | 0.354 | 0.635 | 0.404          | 80  |
|                                | A    | 0.53        | 0.07  | 13.00  | 0.19  | 0.25  | 47.26  | 0.06 | 0.83  | 0.630 | 0.546 | 0.298          | 64  |
|                                | Ba   | 0.41        | 0.06  | 14.61  | 0.13  | 0.16  | 39.65  | 0.03 | 0.81  | 0.686 | 0.601 | 0.361          | 56  |
| E 2st                          | 0.22 | 0.01        | 4.12  | 0.11   | 0.14  | 66.12 | 0.02   | 1.18 | 0.356 | 0.150 | 0.022 | 222            |     |
| 1.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(10 g) | P    | 0.27        | 0.05  | 18.89  | 0.08  | 0.11  | 40.34  | 0.01 | 0.73  | 0.539 | 0.660 | 0.435          | 338 |
|                                | E    | 0.36        | 0.04  | 10.85  | 0.09  | 0.12  | 32.95  | 0.01 | 0.60  | 0.703 | 0.699 | 0.488          | 239 |
|                                | B    | 0.37        | 0.05  | 12.58  | 0.11  | 0.14  | 38.42  | 0.02 | 0.54  | 0.534 | 0.723 | 0.523          | 303 |
|                                | M    | 0.36        | 0.03  | 7.66   | 0.09  | 0.12  | 34.78  | 0.02 | 0.66  | 0.401 | 0.615 | 0.378          | 73  |
|                                | A    | 0.50        | 0.09  | 18.03  | 0.13  | 0.17  | 34.07  | 0.03 | 0.59  | 0.483 | 0.772 | 0.597          | 59  |
|                                | Ba   | 0.41        | 0.04  | 10.62  | 0.11  | 0.14  | 34.53  | 0.02 | 0.79  | 1.146 | 0.672 | 0.451          | 54  |
| E 2st                          | 0.25 | 0.05        | 18.82 | 0.10   | 0.13  | 52.82 | 0.02   | 1.27 | 0.396 | 0.232 | 0.054 | 160            |     |
| kopā<br>(5 un 10 g)            | P    | 0.26        | 0.05  | 17.31  | 0.09  | 0.11  | 43.98  | 0.01 | 0.79  | 0.505 | 0.592 | 0.350          | 940 |
|                                | E    | 0.36        | 0.04  | 10.43  | 0.10  | 0.13  | 35.64  | 0.02 | 0.65  | 0.684 | 0.662 | 0.438          | 713 |
|                                | B    | 0.37        | 0.04  | 11.16  | 0.13  | 0.17  | 44.57  | 0.03 | 0.61  | 0.527 | 0.657 | 0.432          | 893 |
|                                | M    | 0.36        | 0.02  | 5.87   | 0.11  | 0.15  | 41.18  | 0.02 | 0.72  | 0.422 | 0.548 | 0.300          | 225 |
|                                | A    | 0.52        | 0.09  | 16.53  | 0.17  | 0.22  | 41.90  | 0.05 | 0.72  | 0.493 | 0.629 | 0.396          | 182 |
|                                | Ba   | 0.44        | 0.06  | 14.43  | 0.14  | 0.18  | 39.78  | 0.03 | 1.01  | 1.048 | 0.574 | 0.330          | 172 |
| E 2st                          | 0.24 | 0.03        | 12.91 | 0.11   | 0.14  | 59.66 | 0.02   | 1.24 | 0.364 | 0.154 | 0.024 | 536            |     |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu skaits.

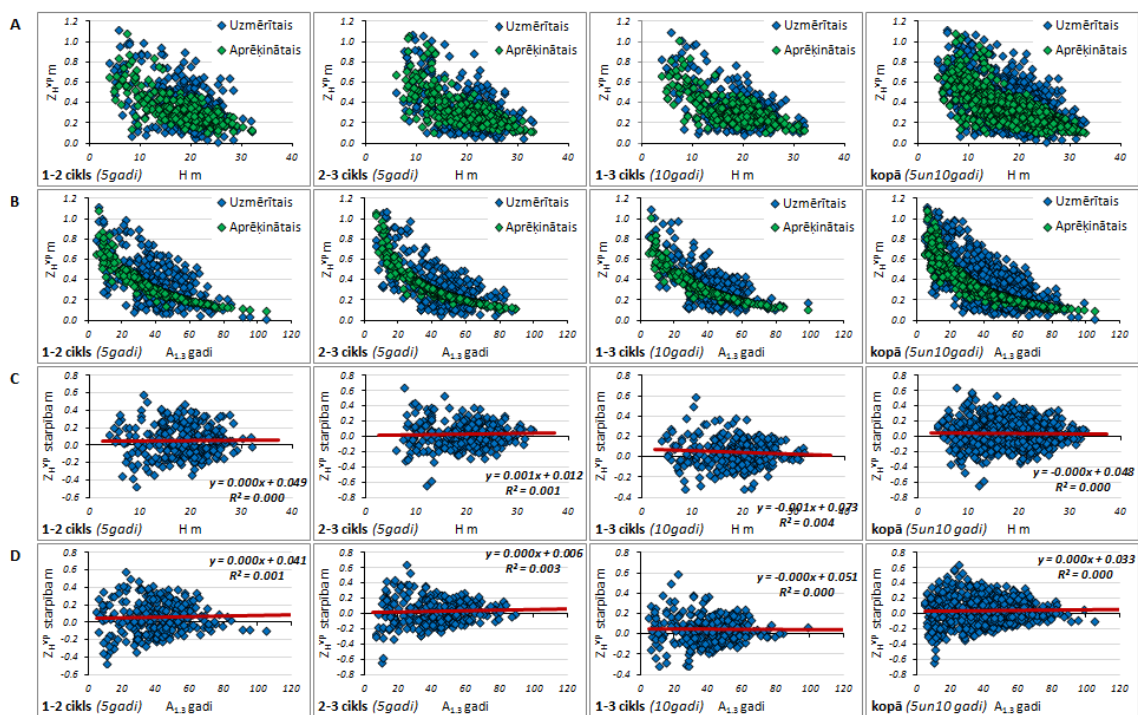


2.1. attēls. Priedes I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



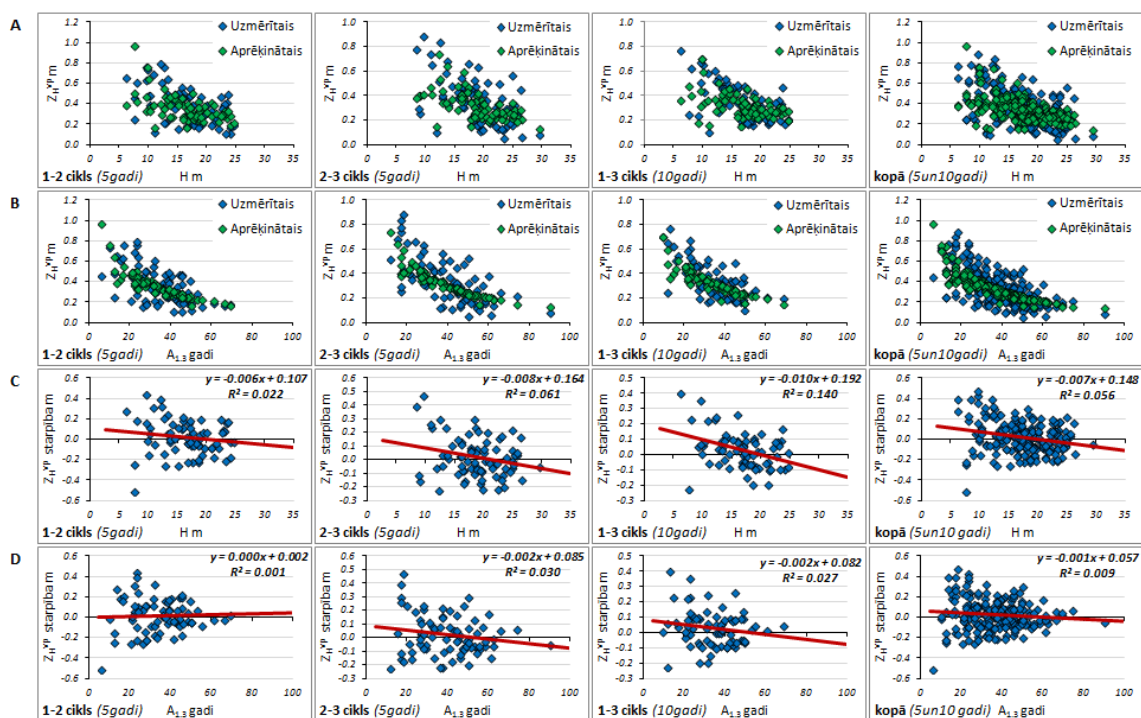
2.2. attēls. Egles I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.





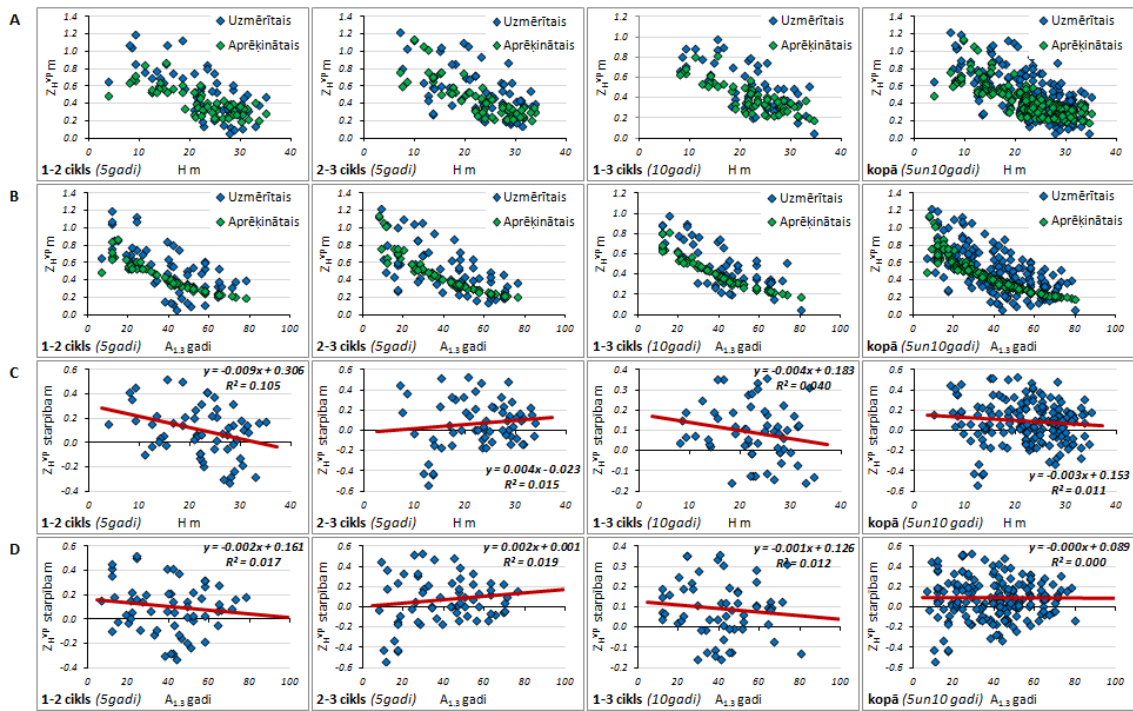
2.3. attēls. Bērza I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

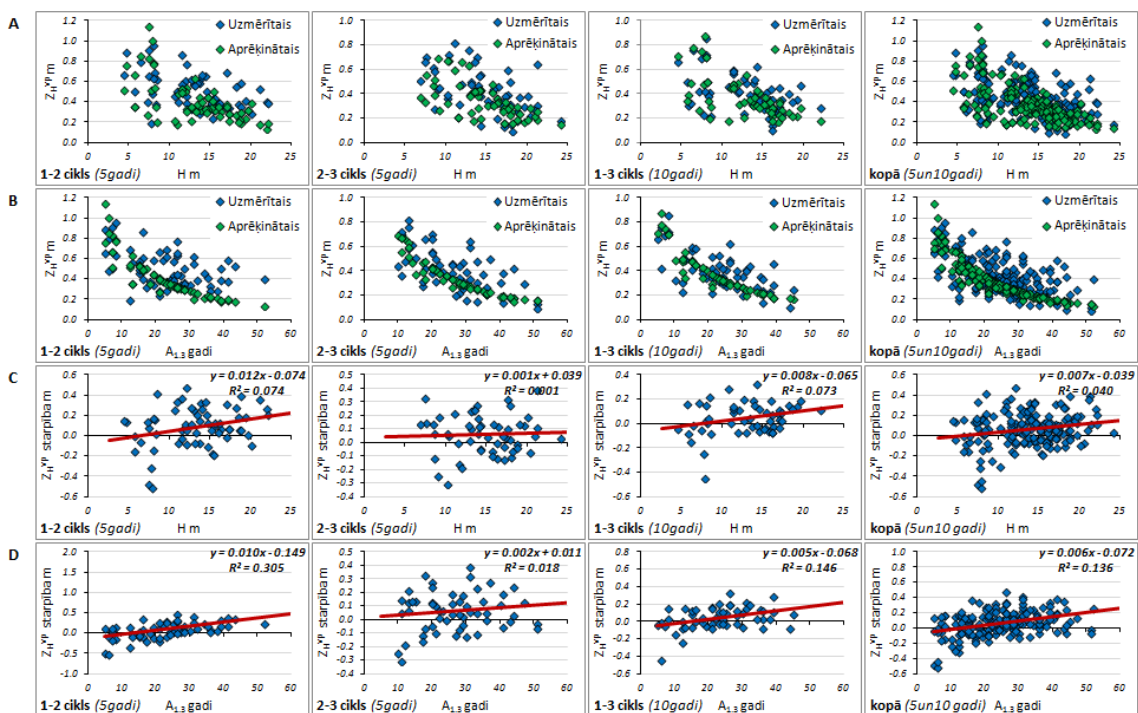


2.4. attēls. Melnalkšņa I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma

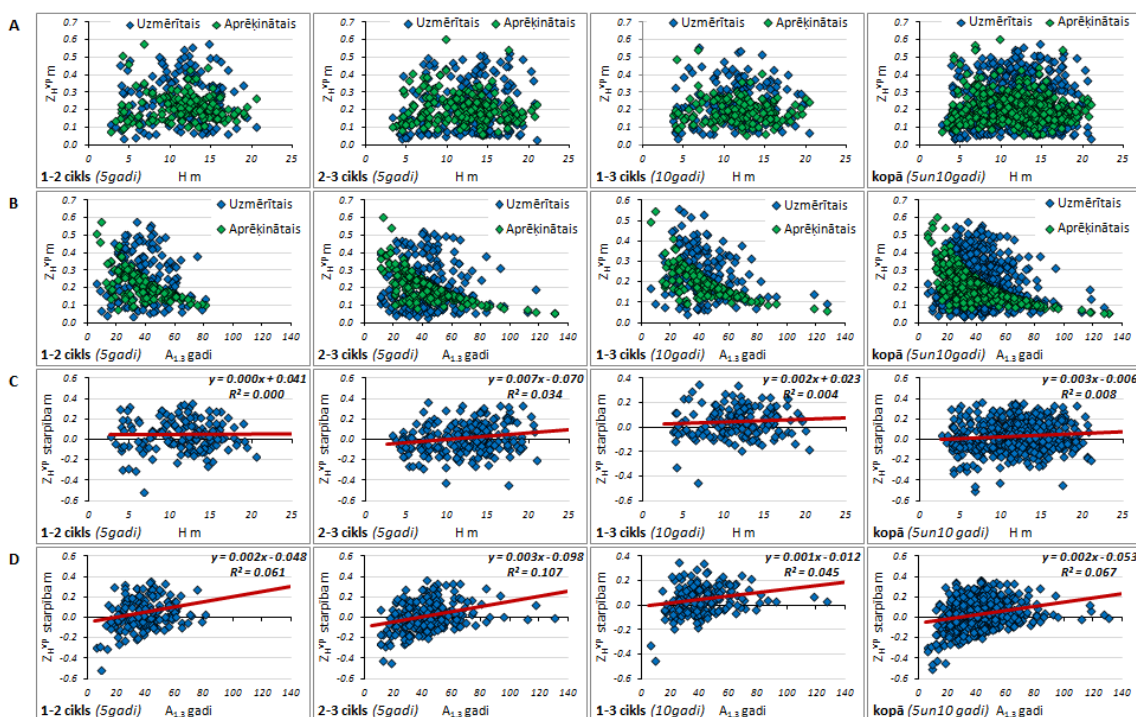
A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.5. attēls. Apses I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.6. attēls. Baltalkšņa I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.7. attēls. Egles II stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais augstuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā augstuma un krūšaugstuma vecuma

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā augstuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā augstuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko augstuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

Balstoties uz MSI 1., 2. un 3. cikla datiem aproksimētas jaunas koeficientu vērtības 2.1. vienādojumam. Jaunās koeficientu vērtības aprēķinātas kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā vienlaicīgi izmantojot visu trīs ciklu datus, bet ignorējot auto korelāciju, kā arī atsevišķi 10 gadu cikla variantā (2.3. tabula).

2.3. tabula

Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula) 2016. gadā aproksimētās koeficientu vērtības

| Suga         | Koeficients | 10 gadu cikls |               |                    |                    | kombinētais 5 un 10 gadu cikls |               |                    |                    |
|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
|              |             | Vērtība       | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. | Vērtība                        | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. |
| Priede       | b1          | 0.982         | 0.053         | 0.878              | 1.087              | 1.208                          | 0.032         | 1.144              | 1.272              |
|              | b2          | -28.868       | 141.267       | -306.751           | 249.015            | -57.677                        | 63.001        | -181.317           | 65.963             |
|              | b3          | 34.118        | 156.131       | -273.004           | 341.239            | 34.628                         | 35.298        | -34.645            | 103.900            |
| Egle         | b1          | 1.317         | 0.053         | 1.213              | 1.421              | 1.312                          | 0.032         | 1.248              | 1.375              |
|              | b2          | -43.979       | 58.239        | -158.714           | 70.756             | -48.257                        | 42.158        | -131.026           | 34.512             |
|              | b3          | 25.381        | 29.980        | -33.682            | 84.445             | 27.713                         | 21.817        | -15.120            | 70.547             |
| Bērzs        | b1          | 1.360         | 0.045         | 1.270              | 1.449              | 1.354                          | 0.029         | 1.296              | 1.411              |
|              | b2          | -34.421       | 34.562        | -102.436           | 33.594             | -40.573                        | 29.742        | -98.946            | 17.800             |
|              | b3          | 18.055        | 15.890        | -13.216            | 49.326             | 20.869                         | 13.696        | -6.010             | 47.749             |
| Melnalksnis  | b1          | 1.413         | 0.116         | 1.183              | 1.644              | 1.268                          | 0.069         | 1.131              | 1.405              |
|              | b2          | -35.598       | 57.303        | -149.886           | 78.690             | -34.785                        | 61.933        | -156.837           | 87.266             |
|              | b3          | 14.824        | 21.068        | -27.196            | 56.843             | 16.068                         | 26.294        | -35.750            | 67.885             |
| Apse         | b1          | 1.477         | 0.105         | 1.266              | 1.687              | 0.946                          | 0.077         | 0.794              | 1.098              |
|              | b2          | -42.371       | 85.403        | -213.455           | 128.713            | -7.576                         | 321.373       | -641.743           | 626.591            |
|              | b3          | 28.302        | 49.252        | -70.362            | 126.965            | 88.663                         | 3127.815      | -6083.472          | 6260.798           |
| Baltalksnis  | b1          | 1.108         | 0.097         | 0.913              | 1.303              | 1.098                          | 0.060         | 0.979              | 1.217              |
|              | b2          | -34.895       | 237.203       | -511.099           | 441.310            | -34.694                        | 160.985       | -352.495           | 283.108            |
|              | b3          | 15.337        | 99.758        | -184.936           | 215.610            | 16.070                         | 71.363        | -124.808           | 156.947            |
| Egle 2.stāvs | b1          | 1.125         | 0.116         | 0.896              | 1.354              | 1.080                          | 0.067         | 0.948              | 1.212              |
|              | b2          | -33.812       | 122.046       | -274.875           | 207.252            | -33.530                        | 91.483        | -213.241           | 146.181            |
|              | b3          | 19.052        | 63.393        | -106.161           | 144.264            | 19.714                         | 50.230        | -78.958            | 118.386            |



Augstuma augšanas gaitas vienādojumam statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām ir augsti un savstarpēji ļoti līdzīgi gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz 10 gadu cikla pārmērījuma datiem, gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz kombinētajiem 5 un 10 gadu cikla datiem (2.4. tabula).

2.4. tabula

**Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa (2.1. formula) statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām**

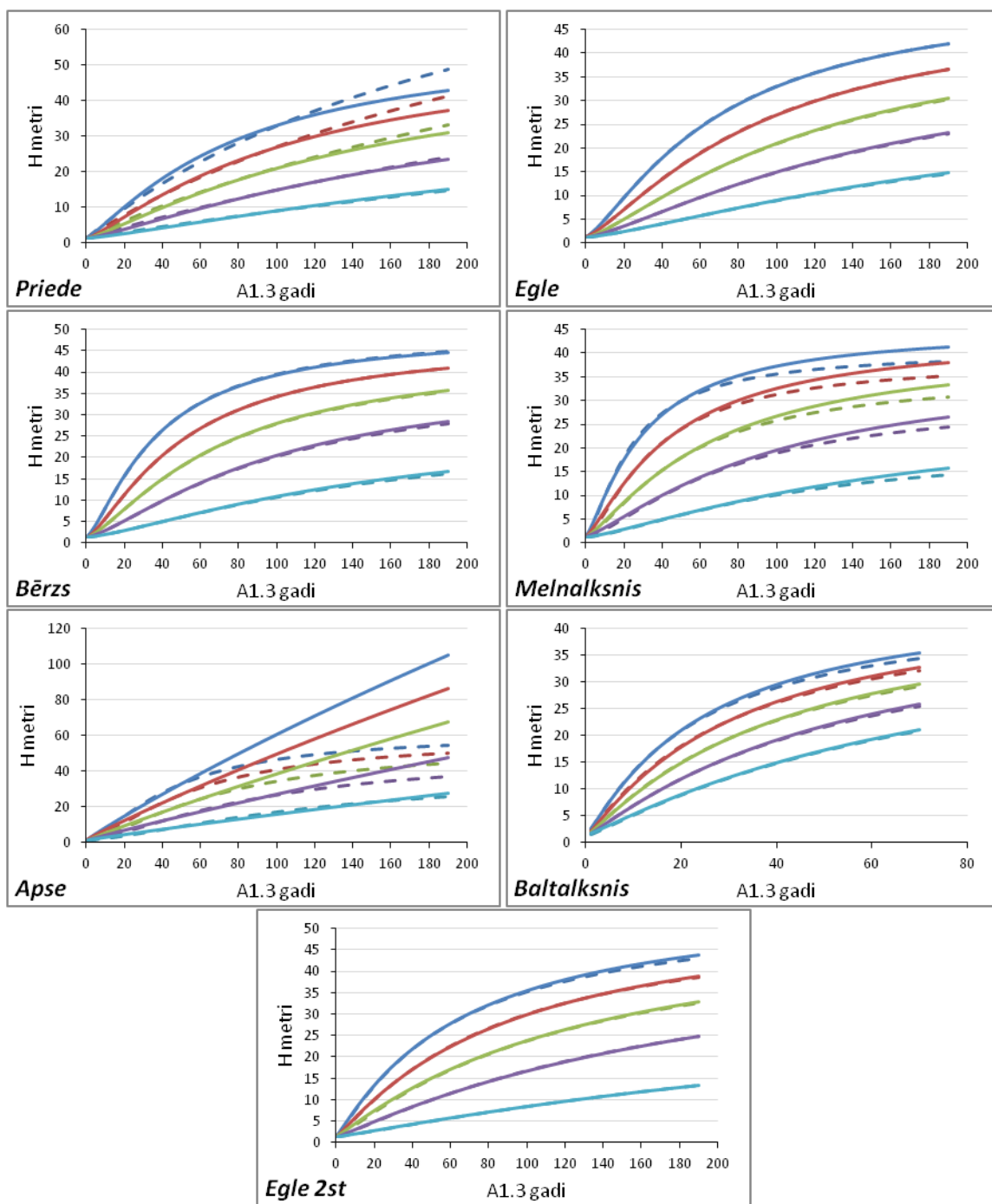
| Rādītājs      | Suga        | Koeficienti | Vid   | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R2    | N   |
|---------------|-------------|-------------|-------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|-------|-----|
| H (m)         | Priede      | 10 gadi     | 21.71 | 0.07  | 0.34   | 0.56  | 0.74 | 3.42   | 0.55 | 0.02 | 1.001 | 0.992 | 0.984 | 940 |
|               |             | 5-10 gadi   | 21.71 | 0.02  | 0.08   | 0.58  | 0.77 | 3.55   | 0.59 | 0.02 | 1.055 | 0.992 | 0.983 | 940 |
|               | Egle        | 10 gadi     | 21.18 | 0.09  | 0.42   | 0.64  | 0.85 | 4.00   | 0.72 | 0.03 | 1.013 | 0.988 | 0.976 | 713 |
|               |             | 5-10 gadi   | 21.18 | 0.09  | 0.42   | 0.64  | 0.85 | 4.01   | 0.72 | 0.03 | 1.011 | 0.988 | 0.975 | 713 |
|               | Bērzs       | 10 gadi     | 21.06 | 0.03  | 0.13   | 0.81  | 1.06 | 5.04   | 1.12 | 0.04 | 0.986 | 0.980 | 0.960 | 893 |
|               |             | 5-10 gadi   | 21.06 | 0.02  | 0.09   | 0.81  | 1.06 | 5.05   | 1.13 | 0.04 | 0.985 | 0.980 | 0.959 | 893 |
|               | Melnalksnis | 10 gadi     | 19.78 | 0.04  | 0.20   | 0.70  | 0.93 | 4.70   | 0.86 | 0.05 | 1.045 | 0.976 | 0.953 | 225 |
|               |             | 5-10 gadi   | 19.78 | 0.04  | 0.20   | 0.70  | 0.93 | 4.71   | 0.86 | 0.05 | 0.995 | 0.975 | 0.951 | 225 |
|               | Apse        | 10 gadi     | 25.89 | -0.01 | -0.05  | 1.14  | 1.46 | 5.65   | 2.13 | 0.05 | 1.220 | 0.980 | 0.961 | 182 |
|               |             | 5-10 gadi   | 25.89 | 0.02  | 0.09   | 0.98  | 1.24 | 4.80   | 1.54 | 0.04 | 0.983 | 0.980 | 0.961 | 182 |
|               | Baltalksnis | 10 gadi     | 16.56 | 0.17  | 1.01   | 0.78  | 1.02 | 6.14   | 1.03 | 0.07 | 1.027 | 0.968 | 0.938 | 172 |
|               |             | 5-10 gadi   | 16.56 | 0.21  | 1.28   | 0.79  | 1.02 | 6.15   | 1.03 | 0.07 | 1.015 | 0.969 | 0.938 | 172 |
|               | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 13.30 | 0.12  | 0.94   | 0.70  | 0.92 | 6.93   | 0.85 | 0.05 | 0.984 | 0.975 | 0.952 | 536 |
|               |             | 5-10 gadi   | 13.30 | 0.09  | 0.65   | 0.70  | 0.92 | 6.95   | 0.85 | 0.05 | 0.982 | 0.975 | 0.951 | 536 |
| zhvp (m gadā) | Priede      | 10 gadi     | 0.26  | 0.01  | 3.74   | 0.08  | 0.11 | 41.53  | 0.01 | 0.70 | 0.591 | 0.582 | 0.339 | 940 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.26  | 0.00  | 0.61   | 0.09  | 0.11 | 42.82  | 0.01 | 0.75 | 0.500 | 0.534 | 0.285 | 940 |
|               | Egle        | 10 gadi     | 0.36  | 0.01  | 3.68   | 0.10  | 0.12 | 34.96  | 0.02 | 0.62 | 0.729 | 0.653 | 0.426 | 713 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.36  | 0.01  | 3.61   | 0.10  | 0.12 | 35.02  | 0.02 | 0.62 | 0.740 | 0.653 | 0.427 | 713 |
|               | Bērzs       | 10 gadi     | 0.37  | 0.00  | 0.83   | 0.13  | 0.16 | 43.62  | 0.03 | 0.59 | 0.561 | 0.651 | 0.424 | 893 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.37  | 0.00  | 0.45   | 0.13  | 0.16 | 43.71  | 0.03 | 0.59 | 0.575 | 0.651 | 0.424 | 893 |
|               | Melnalksnis | 10 gadi     | 0.36  | 0.00  | 1.20   | 0.11  | 0.15 | 40.92  | 0.02 | 0.72 | 0.539 | 0.561 | 0.315 | 225 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.36  | 0.00  | 1.14   | 0.11  | 0.15 | 41.41  | 0.02 | 0.73 | 0.694 | 0.577 | 0.333 | 225 |
|               | Apse        | 10 gadi     | 0.52  | 0.00  | 0.03   | 0.18  | 0.23 | 44.43  | 0.05 | 0.81 | 0.250 | 0.435 | 0.190 | 182 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.52  | 0.00  | 0.43   | 0.16  | 0.21 | 39.65  | 0.04 | 0.65 | 0.665 | 0.623 | 0.388 | 182 |
|               | Baltalksnis | 10 gadi     | 0.44  | 0.03  | 6.85   | 0.13  | 0.16 | 36.69  | 0.03 | 0.86 | 0.733 | 0.529 | 0.280 | 172 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.44  | 0.04  | 8.35   | 0.13  | 0.16 | 36.80  | 0.03 | 0.86 | 0.735 | 0.535 | 0.286 | 172 |
|               | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 0.24  | 0.02  | 6.56   | 0.11  | 0.14 | 58.61  | 0.02 | 1.19 | 0.384 | 0.166 | 0.027 | 536 |
|               |             | 5-10 gadi   | 0.24  | 0.01  | 4.14   | 0.11  | 0.14 | 58.90  | 0.02 | 1.21 | 0.410 | 0.164 | 0.027 | 536 |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

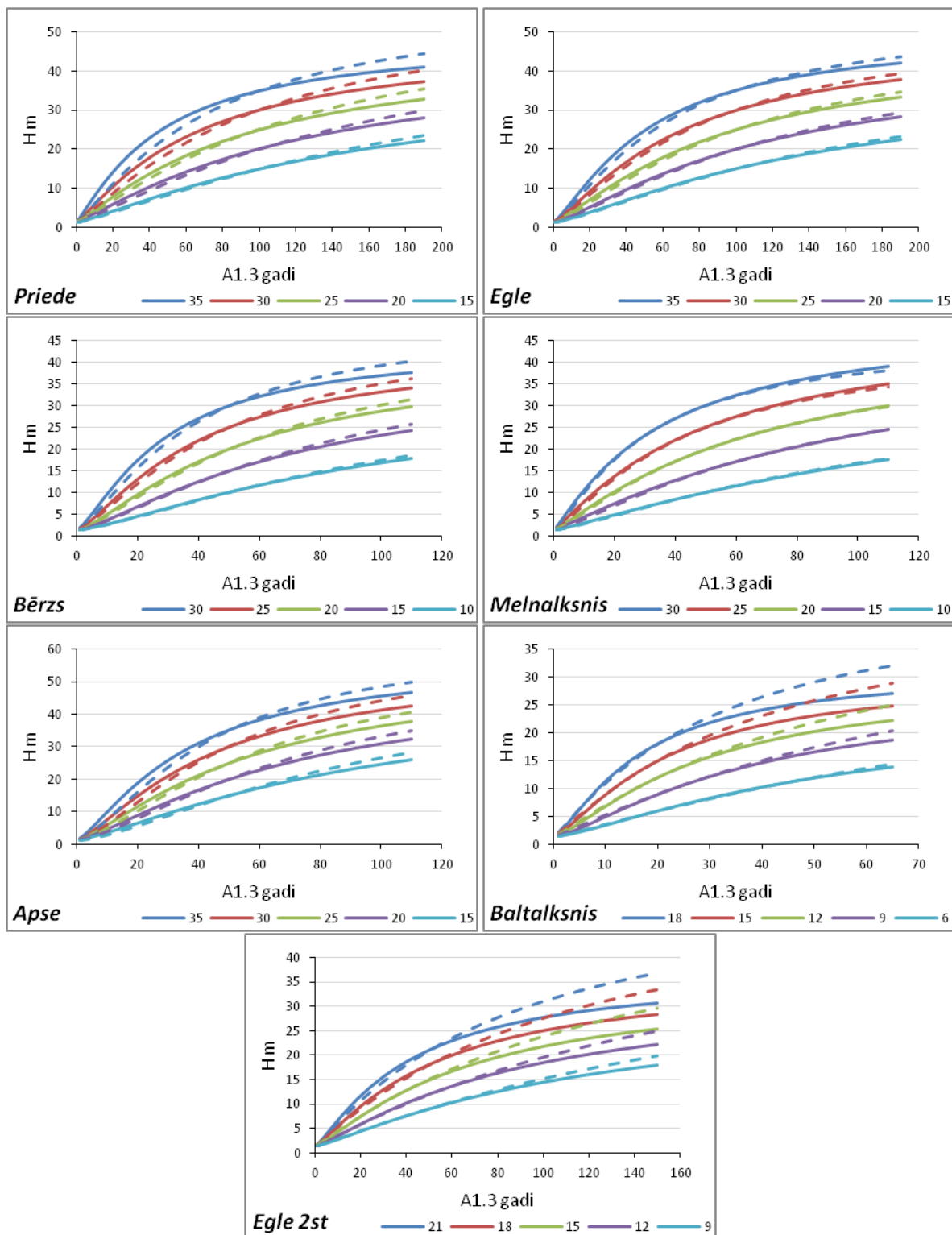
Ekstrapolējot datus ilgākā laika posmā secināts, ka visiem meža elementiem, izņemot apsi, loģiskākas augstuma izmaiņas tiek prognozētas ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas no kombinētā 5 un 10 gadu cikla datiem, bet apsei loģiskākas augstuma izmaiņas tiek prognozētas ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas no 10 gadu cikla datiem (2.8. attēls).

Ar jaunajām koeficientu vērtībām eglei un melnalksni prognozētie augstumi ir līdzīgi kā ar 2015. gada koeficientu vērtībām, bet pārējiem meža elementiem novērojama tendence, ka vecākās audzēs ar vecajām koeficientu vērtībām augstuma pieaugumi ir konservatīvāki un piesardzīgāki nekā ar jaunajām koeficientu vērtībām (2.9. attēls).

Šobrīd priedei būtu ieteicams lietot 2016. gadā aproksimētās koeficientu vērtības, bet pārējiem meža elementiem būtu ieteicams lietot 2015. gadā aproksimētās koeficientu vērtības, jo tās pagaidām uzrāda loģiskākas un konservatīvākas augstuma izmaiņas vecākajās audzēs, kā arī šīs koeficientu vērtības ir balstītas uz plašāku datu kopu.



2.8. attēls. Aproximētā vidējā augstuma augšanas gaita (2.1. vienādojums) ar 2016. gadā  
aproximētajām koeficientu vērtībām atkarībā no augstuma krūšaugstuma bāzes vecumā  
Pārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, kas aproksimēti no 10 gadu  
pārmērījuma perioda datiem, nepārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem,  
kas aproksimēti no kombinētajiem 5 un 10 gadu pārmērījuma perioda datiem.  
Krūšaugstuma bāzes vecums – priedei un eglei 100 gadi; bērzam, melnalksnim, apsei un eglei 2. stāvā 50 gadi; baltalksnim  
20 gadi.



2.9. attēls. Aproximētā vidējā augstuma augšanas gaita (2.1. vienādojums) atkarībā no augstuma krūšaugstuma bāzes vecumā

Nepārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2015. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, pārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem.

Krūšaugstuma bāzes vecums – priedei un eglei 100 gadi; bērzam, melnalksnim, apsei un eglei 2. stāvā 50 gadi; baltalksnim 20 gadi.

## 2.2. Caurmēra augšanas gaitas modelis

### 2.2.1. Materiāls un metodika

Datu analīzē izmantoja datus par 2029 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1122 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzņēmītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- ✓ meža elementi ir P1st (470 meža elementi), E1st (360), B1st (494), A1st (95), M1st (127), Ba1st (101), E2st (382);
- ✓ katrā uzņēmīšanas ciklā meža elementam uzņēmīti vismaz 3 dzīvi koki;
- ✓ visās trīs uzņēmīšanas reizēs zināms meža elementa vecums un vecuma starpība starp cikliem ir 5 gadi;
- ✓ meža elementa vidējais caurmērs otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā;
- ✓ starp inventarizācijas periodā parauglaukumā nav konstatēti vairāk nekā divi celmi;
- ✓ meža elementa pēdējo piecu gadu caurmēra tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā trīs reizes no ar iepriekšējā gadā izstrādāto vienādojumu aproksimētajām vērtībām.

Meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra izmaiņu aproksimācijai pārbaudīts iepriekš izstrādātais vienādojums, kas balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi caurmēra pieaugumu var prognozēt zinot tikai meža elementa vidējo caurmēru un krūšaugstuma vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti. Algebriskās diferences vienādojums ir papildināts vēl ar audzes I stāva biežības rādītāju, kas raksturo koku savstarpējo konkurenci (Donis et al., 2015).

Caurmēra augšanas gaitas aproksimācijai pārbaudīts iepriekš izstrādātais Hossfeld IV vienādojuma (Кивисте, 1988) vispārinātās algebriskās diferences pieejas modelis (Krumland & Eng, 2005), kurš modificēts iekļaujot papildus audzes relatīvo biežību:

$$D_2 = \frac{A_2^{b_1}}{b_2 \frac{N_1}{N_{max}} + 100b_3 X_0 + X_0 A_2^{b_1}} \quad (2.2)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{D_1} - b_2 \frac{N_1}{N_{max}}}{100b_3 + A_1^{b_1}} \quad (2.2.1)$$

$$N_{max} = \frac{(k_{10}n_{max10} + k_{11}n_{max11} + k_{12}n_{max12} + k_{13}n_{max13} + k_{14}n_{max14})}{10} \quad (2.2.2)$$

$$n_{max} = c_1 D_1^{c_2} H_1^{c_3} \quad (2.2.3)$$

kur  $A_1$  – krūšaugstuma vecums pirmajā uzņēmīšanas reizē, gadi;  
 $A_2$  – krūšaugstuma vecums otrajā uzņēmīšanas reizē, gadi;  
 $D_1$  - caurmērs pirmajā uzņēmīšanas reizē, cm;  
 $D_2$  - caurmērs otrajā uzņēmīšanas reizē, cm;  
 $H_1$  – meža elementa augstums pirmajā uzņēmīšanas reizē, m;  
 $N_1$  – mežaudzes 1. stāva koku skaits pirmajā uzņēmīšanas reizē,  $ha^{-1}$ ;  
 $N_{max}$  – mežaudzes 1. stāva maksimālais koku skaits pirmajā uzņēmīšanas reizē;  $ha^{-1}$ ;  
 $n_{max}$  – maksimālais atsevišķa meža elementa koku skaits,  $ha^{-1}$ ;  
 $k_{10-14}$  – atsevišķa meža elementa sastāva koeficients;  
 $b_1; b_2; b_3; c_1; c_2; c_3$  – empīriskie koeficienti (3.pielikums).

Iepriekšējos gados izstrādātais vienādojums (2.2. formula) meža elementa vidējā caurmēra prognozēšanai pārbaudīts četros variantos:

- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ caurmēra augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netiek ņemta vērā autokorelācija.

Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows, izmantojot rīku *Non-linear regression*.

Vienādojumu atbilstība izvērtēta izmantojot sekojošus statistiskos rādītājus: 1) vidējā novirze (MRES), 2) procentuālā vidējā novirze (MRES%); 3) vidējā absolūtā novirze (AMRES); 4) standartnovirze (RMSE) 5) variācijas koeficients (RMSE%) 6) vidējā kvadrātiskā kļūda (MSE); 7) modeļa efektivitāte (MEF); un 8) dispersijas attiecība (VR). Rādītāju aprēķināšanas formulas dotas 1. pielikumā.

## 2.2.2. Rezultāti

Iepriekš izstrādātajam vienādojumam caurmēra augšanas prognozēšanai salīdzinātas gan prognozētās caurmēra vērtības, gan vidējās periodiskās caurmēra pieauguma vērtības. Vidējā prognozēto caurmēru starpība ar uzmērītajiem caurmēriem 5 gadu periodā ir robežās no -0,40 cm līdz 0,01 cm, bet 10 gadu periodā no -0,93 cm līdz 0,12 cm, savukārt procentuālā vidējā novirze attiecīgi -2,59 % - +0,02 % un -6,22 % - +0,39 % (2.5. tabula). Vidējā periodiskā pieauguma starpībām nav novērotas nozīmīgas atšķirības starp cikla garumiem, un vidējā periodiskā caurmēra pieauguma novirze ir robežās no -0,09 - +0,01 cm, savukārt procentuālā vidējā novirze ir -35,48 % - +2,26 % (2.6. tabula).

Arī caurmēra pieaugumam raksturīgs, ka visiem meža elementiem iepriekš izstrādātais modelis nespēj adekvāti prognozēt salīdzinoši lielo caurmēra pieaugumu vecākajās audzēs, kas rodas koku atmiršanas rezultātā (2.10. – 2.16. attēli). Bet līdzīgi kā augstuma pieaugumam, tā arī caurmēra pieaugumam novērojama tendence, ka meža elementa caurmēra pieaugums garākā laika periodā izlīdzinās ar atsevišķu koku caurmēra pieaugumu.

2.5. tabula

Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula) prognozētā augstuma statistiskie rādītāji

| Cikli                         | Suga  | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N    |
|-------------------------------|-------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|----------------|------|
| 1.cikl.vs<br>2.cikl.<br>(5g)  | P     | 25.45       | -0.08 | -0.30  | 0.50  | 0.73 | 2.86   | 0.53 | 0.01 | 0.971 | 0.996 | 0.993          | 432  |
|                               | E     | 23.14       | -0.22 | -0.95  | 0.73  | 0.97 | 4.21   | 0.95 | 0.01 | 0.987 | 0.993 | 0.986          | 335  |
|                               | B     | 19.17       | -0.15 | -0.76  | 0.61  | 0.83 | 4.31   | 0.68 | 0.01 | 1.002 | 0.994 | 0.989          | 427  |
|                               | M     | 18.83       | -0.14 | -0.73  | 0.54  | 0.72 | 3.85   | 0.52 | 0.01 | 1.005 | 0.994 | 0.987          | 119  |
|                               | A     | 26.04       | -0.07 | -0.25  | 0.87  | 1.15 | 4.42   | 1.31 | 0.01 | 0.974 | 0.996 | 0.992          | 87   |
|                               | Ba    | 14.18       | -0.25 | -1.76  | 0.67  | 0.92 | 6.45   | 0.83 | 0.03 | 1.088 | 0.987 | 0.974          | 83   |
|                               | E 2st | 12.79       | -0.17 | -1.30  | 0.55  | 0.75 | 5.84   | 0.56 | 0.03 | 0.969 | 0.988 | 0.976          | 359  |
| 2.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(5g)  | P     | 27.01       | 0.01  | 0.02   | 0.50  | 0.70 | 2.59   | 0.49 | 0.01 | 0.975 | 0.996 | 0.993          | 375  |
|                               | E     | 25.66       | -0.21 | -0.81  | 0.65  | 0.85 | 3.31   | 0.72 | 0.01 | 0.930 | 0.995 | 0.990          | 256  |
|                               | B     | 21.24       | -0.25 | -1.17  | 0.61  | 0.78 | 3.69   | 0.61 | 0.01 | 0.953 | 0.995 | 0.991          | 345  |
|                               | M     | 20.64       | -0.19 | -0.92  | 0.49  | 0.63 | 3.04   | 0.39 | 0.01 | 0.991 | 0.995 | 0.991          | 92   |
|                               | A     | 31.90       | 0.01  | 0.02   | 0.84  | 1.15 | 3.61   | 1.31 | 0.01 | 0.943 | 0.996 | 0.991          | 62   |
|                               | Ba    | 15.34       | -0.40 | -2.59  | 0.61  | 0.76 | 4.94   | 0.57 | 0.02 | 1.011 | 0.992 | 0.984          | 59   |
|                               | E 2st | 14.25       | -0.18 | -1.24  | 0.50  | 0.66 | 4.65   | 0.44 | 0.02 | 0.950 | 0.992 | 0.985          | 261  |
| 1.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(10g) | P     | 26.93       | -0.12 | -0.45  | 0.88  | 1.29 | 4.79   | 1.66 | 0.03 | 0.946 | 0.988 | 0.975          | 371  |
|                               | E     | 25.51       | -0.46 | -1.79  | 1.27  | 1.70 | 6.68   | 2.89 | 0.05 | 0.950 | 0.979 | 0.958          | 244  |
|                               | B     | 21.22       | -0.34 | -1.62  | 1.07  | 1.47 | 6.92   | 2.15 | 0.04 | 0.963 | 0.981 | 0.963          | 359  |
|                               | M     | 20.76       | -0.23 | -1.10  | 0.84  | 1.15 | 5.53   | 1.30 | 0.04 | 1.014 | 0.983 | 0.967          | 94   |
|                               | A     | 31.34       | 0.12  | 0.39   | 1.22  | 1.83 | 5.83   | 3.27 | 0.02 | 0.908 | 0.988 | 0.977          | 54   |
|                               | Ba    | 15.01       | -0.93 | -6.22  | 1.29  | 1.95 | 12.98  | 3.74 | 0.16 | 1.111 | 0.944 | 0.891          | 65   |
|                               | E 2st | 14.59       | -0.24 | -1.62  | 0.94  | 1.34 | 9.16   | 1.78 | 0.08 | 0.968 | 0.962 | 0.925          | 237  |
| kopā<br>(5 un 10 g)           | P     | 26.41       | -0.06 | -0.24  | 0.62  | 0.93 | 3.53   | 0.87 | 0.01 | 0.964 | 0.994 | 0.987          | 1178 |
|                               | E     | 24.60       | -0.29 | -1.16  | 0.86  | 1.20 | 4.87   | 1.43 | 0.02 | 0.962 | 0.990 | 0.979          | 835  |
|                               | B     | 20.45       | -0.24 | -1.18  | 0.75  | 1.06 | 5.18   | 1.12 | 0.02 | 0.978 | 0.991 | 0.982          | 1131 |
|                               | M     | 19.97       | -0.18 | -0.91  | 0.62  | 0.84 | 4.22   | 0.71 | 0.02 | 1.005 | 0.991 | 0.983          | 305  |
|                               | A     | 29.24       | 0.01  | 0.02   | 0.95  | 1.33 | 4.56   | 1.77 | 0.01 | 0.950 | 0.994 | 0.989          | 203  |
|                               | Ba    | 14.77       | -0.51 | -3.43  | 0.85  | 1.27 | 8.62   | 1.62 | 0.07 | 1.082 | 0.974 | 0.949          | 207  |
|                               | E 2st | 13.73       | -0.19 | -1.37  | 0.64  | 0.92 | 6.72   | 0.85 | 0.04 | 0.965 | 0.983 | 0.966          | 857  |

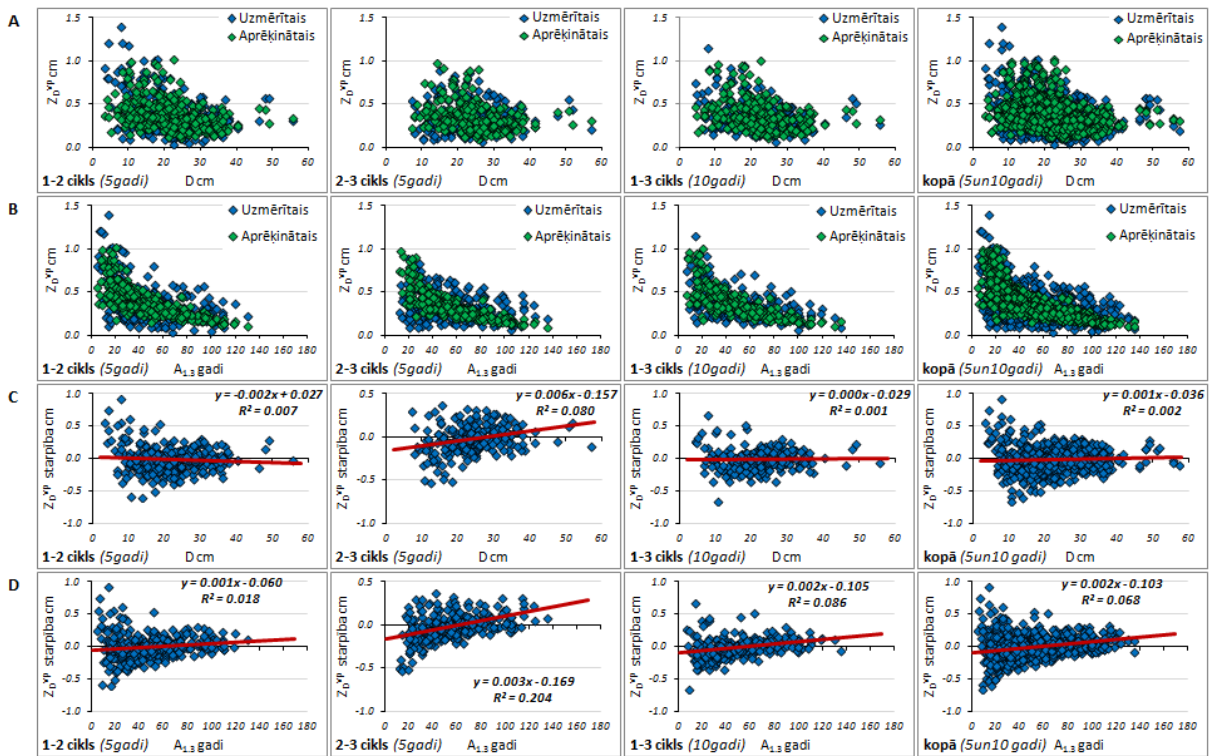
MRES - vidējā novirze, cm; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, cm; RMSE – standartnovirze, cm; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, cm; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu skaits.

**Iepriekš izstrādātā meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula)  
prognozētā ikgadējā augstuma pieauguma statistiskie rādītāji**

| Cikli                          | Suga | Aritm. vid. | MRES   | MRES % | AMRES | RMSE  | RMSE % | MSE  | MEF   | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N    |
|--------------------------------|------|-------------|--------|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|----------------|------|
| 1.cikl.vs<br>2.cikl.<br>(5g)   | P    | 0.26        | -0.02  | -5.82  | 0.10  | 0.15  | 55.72  | 0.02 | 0.95  | 0.997 | 0.529 | 0.279          | 432  |
|                                | E    | 0.38        | -0.04  | -11.61 | 0.15  | 0.19  | 51.48  | 0.04 | 0.81  | 0.770 | 0.572 | 0.327          | 335  |
|                                | B    | 0.30        | -0.03  | -9.63  | 0.12  | 0.17  | 54.42  | 0.03 | 0.77  | 0.661 | 0.562 | 0.316          | 427  |
|                                | M    | 0.32        | -0.03  | -8.65  | 0.11  | 0.14  | 45.76  | 0.02 | 0.65  | 0.565 | 0.623 | 0.388          | 119  |
|                                | A    | 0.56        | -0.01  | -2.32  | 0.17  | 0.23  | 41.00  | 0.05 | 1.04  | 1.002 | 0.485 | 0.235          | 87   |
|                                | Ba   | 0.32        | -0.05  | -15.51 | 0.13  | 0.18  | 56.94  | 0.03 | 1.02  | 0.494 | 0.395 | 0.156          | 83   |
| E 2st                          | 0.23 | -0.03       | -14.51 | 0.11   | 0.15  | 65.15 | 0.02   | 1.29 | 0.957 | 0.374 | 0.140 | 359            |      |
| 2.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(5g)   | P    | 0.25        | 0.00   | 0.46   | 0.10  | 0.14  | 56.85  | 0.02 | 1.15  | 0.843 | 0.380 | 0.145          | 375  |
|                                | E    | 0.34        | -0.04  | -12.24 | 0.13  | 0.17  | 50.04  | 0.03 | 1.05  | 1.093 | 0.529 | 0.280          | 256  |
|                                | B    | 0.26        | -0.05  | -19.46 | 0.12  | 0.16  | 61.37  | 0.02 | 0.90  | 0.654 | 0.525 | 0.275          | 345  |
|                                | M    | 0.28        | -0.04  | -13.79 | 0.10  | 0.13  | 45.48  | 0.02 | 0.84  | 0.661 | 0.553 | 0.306          | 92   |
|                                | A    | 0.54        | 0.00   | 0.24   | 0.17  | 0.23  | 42.88  | 0.05 | 0.96  | 0.795 | 0.471 | 0.222          | 62   |
|                                | Ba   | 0.24        | -0.08  | -33.24 | 0.12  | 0.15  | 63.52  | 0.02 | 1.49  | 0.753 | 0.404 | 0.163          | 59   |
| E 2st                          | 0.21 | -0.04       | -16.89 | 0.10   | 0.13  | 63.44 | 0.02   | 1.28 | 0.626 | 0.276 | 0.076 | 261            |      |
| 1.cikl.vs<br>3.cikl.<br>(10 g) | P    | 0.25        | -0.01  | -4.91  | 0.09  | 0.13  | 51.78  | 0.02 | 1.44  | 1.732 | 0.496 | 0.246          | 371  |
|                                | E    | 0.36        | -0.05  | -12.69 | 0.13  | 0.17  | 47.39  | 0.03 | 0.97  | 1.210 | 0.597 | 0.357          | 244  |
|                                | B    | 0.28        | -0.03  | -12.17 | 0.11  | 0.15  | 51.83  | 0.02 | 0.85  | 0.837 | 0.566 | 0.320          | 359  |
|                                | M    | 0.30        | -0.02  | -7.60  | 0.08  | 0.11  | 38.06  | 0.01 | 0.63  | 0.652 | 0.647 | 0.419          | 94   |
|                                | A    | 0.54        | 0.01   | 2.26   | 0.12  | 0.18  | 33.59  | 0.03 | 1.12  | 1.386 | 0.541 | 0.293          | 54   |
|                                | Ba   | 0.26        | -0.09  | -35.48 | 0.13  | 0.19  | 74.09  | 0.04 | 2.29  | 1.264 | 0.238 | 0.057          | 65   |
| E 2st                          | 0.22 | -0.02       | -10.57 | 0.09   | 0.13  | 59.77 | 0.02   | 1.38 | 0.923 | 0.303 | 0.092 | 237            |      |
| kopā<br>(5 un 10 g)            | P    | 0.25        | -0.01  | -3.59  | 0.10  | 0.14  | 54.73  | 0.02 | 1.11  | 1.111 | 0.476 | 0.226          | 1178 |
|                                | E    | 0.36        | -0.04  | -12.10 | 0.13  | 0.18  | 49.75  | 0.03 | 0.90  | 0.953 | 0.568 | 0.323          | 835  |
|                                | B    | 0.28        | -0.04  | -13.15 | 0.12  | 0.16  | 55.38  | 0.02 | 0.82  | 0.702 | 0.556 | 0.309          | 1131 |
|                                | M    | 0.30        | -0.03  | -9.75  | 0.10  | 0.13  | 42.94  | 0.02 | 0.68  | 0.609 | 0.616 | 0.380          | 305  |
|                                | A    | 0.55        | 0.00   | -0.35  | 0.16  | 0.21  | 39.02  | 0.05 | 1.02  | 0.998 | 0.491 | 0.241          | 203  |
|                                | Ba   | 0.28        | -0.07  | -25.73 | 0.13  | 0.18  | 62.66  | 0.03 | 1.32  | 0.699 | 0.363 | 0.132          | 207  |
| E 2st                          | 0.22 | -0.03       | -14.09 | 0.10   | 0.14  | 62.98 | 0.02   | 1.30 | 0.857 | 0.335 | 0.112 | 857            |      |

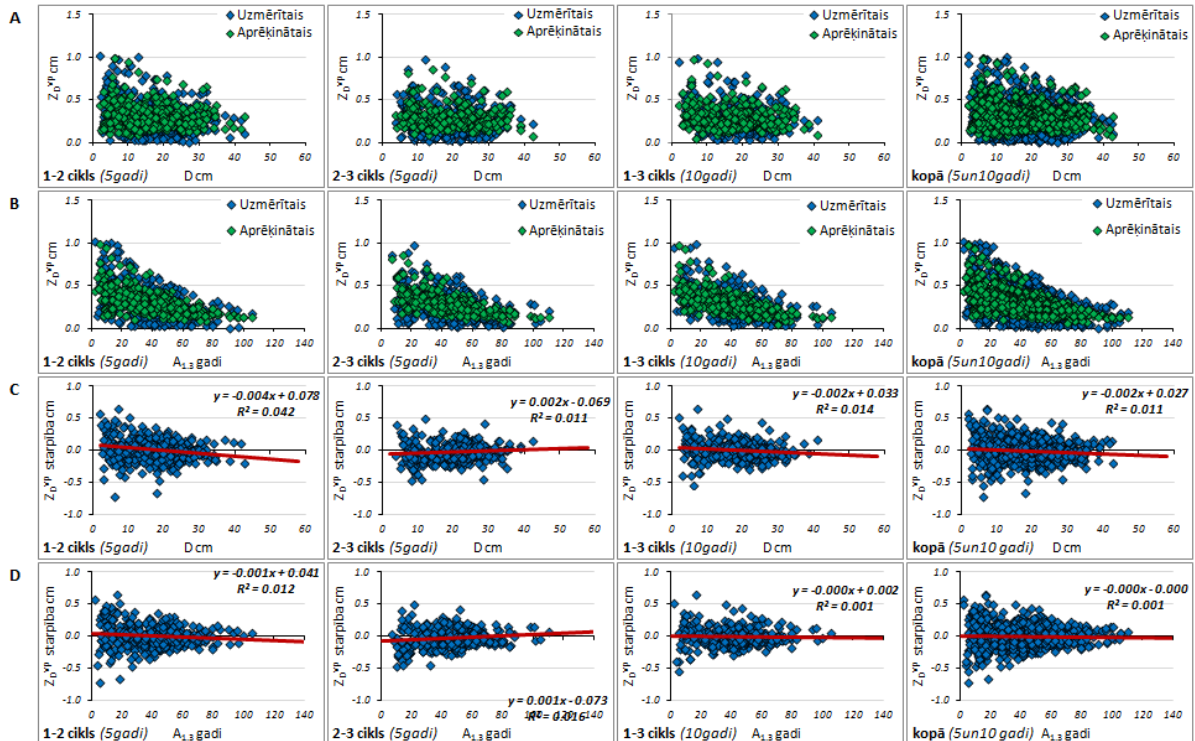
MRES - vidējā novirze, cm; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, cm; RMSE – standartnovirze, cm; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, cm; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu skaits.





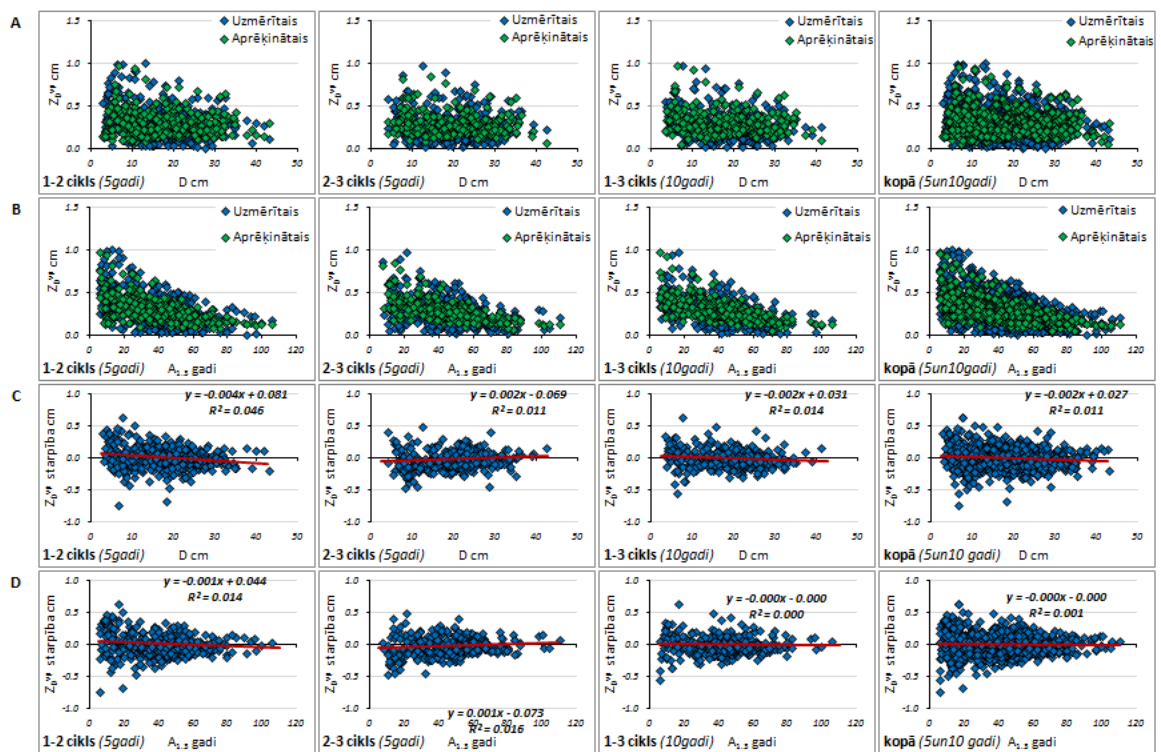
2.10. attēls. Priedes I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



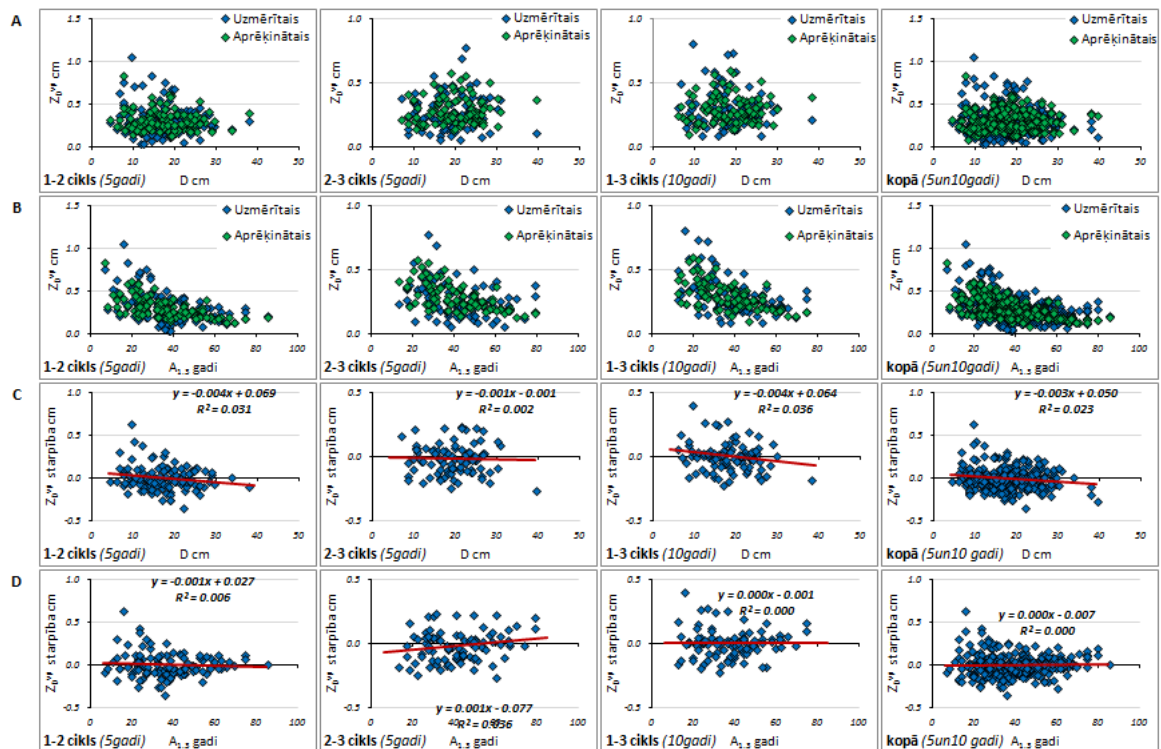
2.11. attēls. Egles I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.12. attēls. Bērza I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma

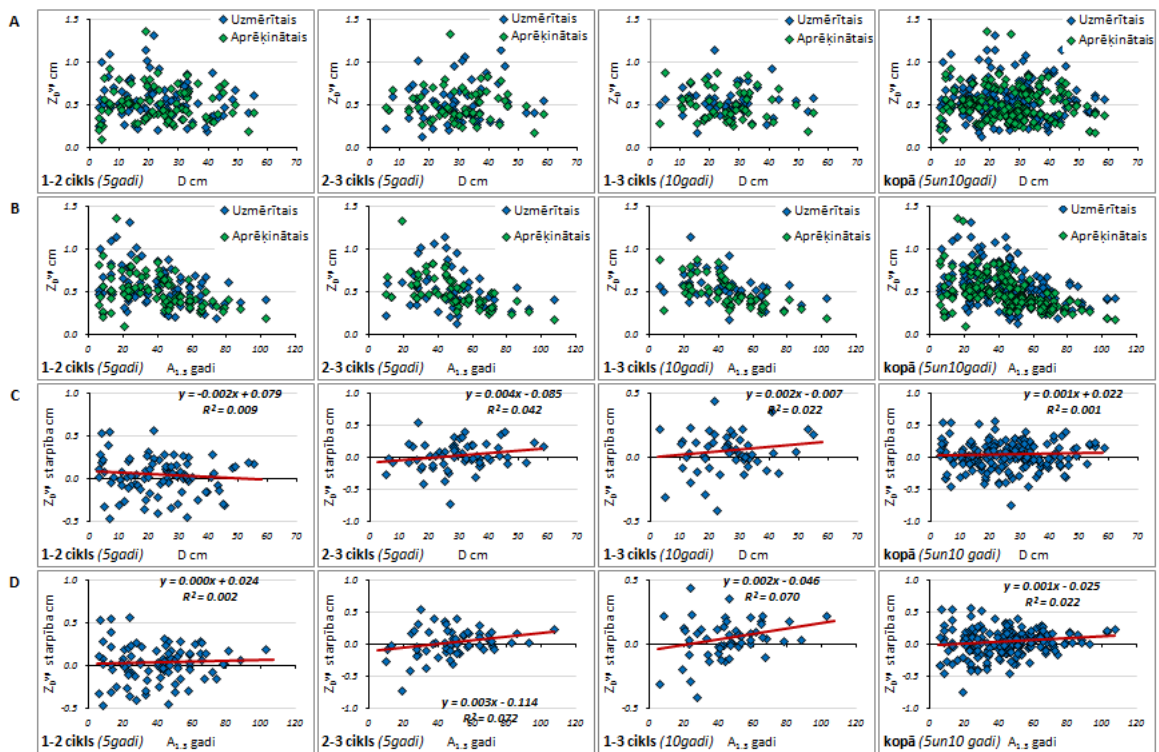
A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.13. attēls. Melnalkšņa I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma

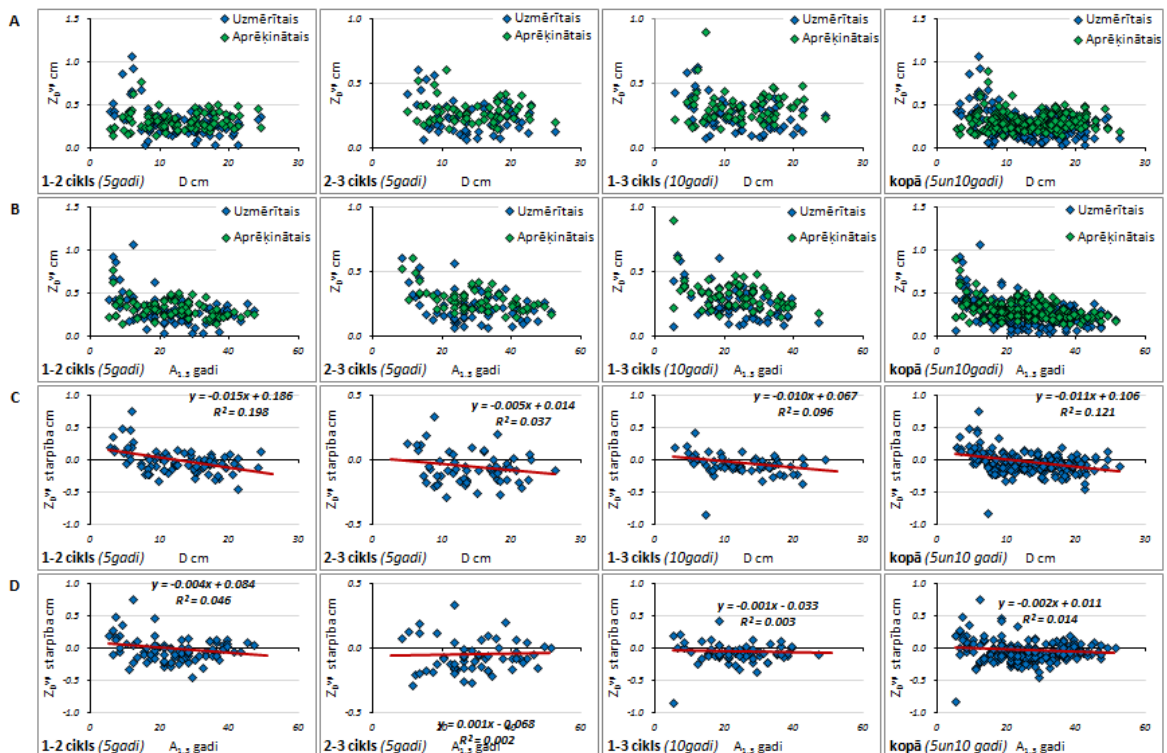
A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.





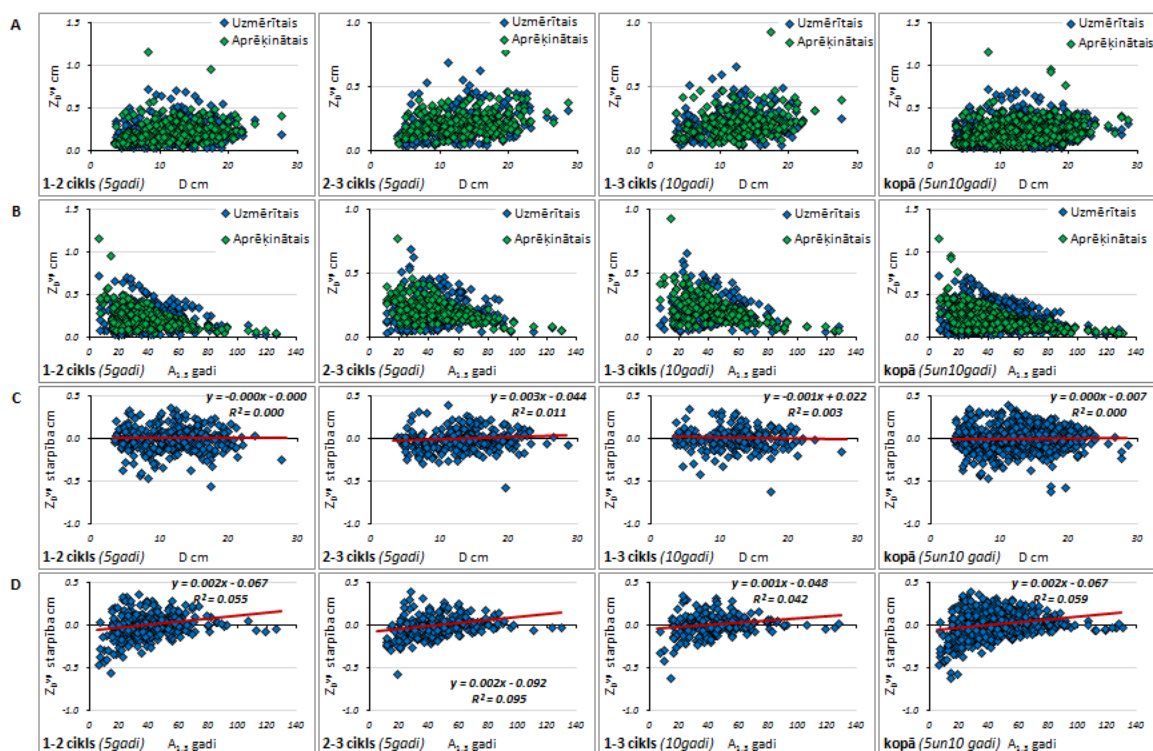
2.14. attēls. *Apes I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma*

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.15. attēls. *Baltalkšņa I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma*

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



2.16. attēls. Egles II stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā caurmēra un krūšaugstuma vecuma

A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā caurmēra; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais caurmēra pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā caurmēra; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko caurmēra pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

Balstoties uz MSI 1., 2. un 3. cikla datiem aproksimētas jaunas koeficientu vērtības 2.2. vienādojumam. Jaunās koeficientu vērtības aprēķinātas kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā vienlaicīgi izmantojot visu trīs ciklu datus, bet ignorējot auto korelāciju, kā arī atsevišķi 10 gadu cikla variantā (2.7. tabula).

2.7. tabula

**Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula) 2016. gadā aproksimētās koeficientu vērtības**

| Suga         | Koeficients | 10 gadu cikls |               |                    |                    | kombinētais 5 un 10 gadu cikls |               |                    |                    |
|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
|              |             | Vērtība       | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. | Vērtība                        | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. |
| Priede       | b1          | 0.630         | 0.041         | 0.550              | 0.710              | 0.644                          | 0.025         | 0.595              | 0.694              |
|              | b2          | -1.172        | 5.077         | -11.156            | 8.812              | -1.827                         | 4.000         | -9.675             | 6.022              |
|              | b3          | 5.274         | 17.400        | -28.941            | 39.490             | 5.095                          | 9.297         | -13.146            | 23.335             |
| Egle         | b1          | 0.894         | 0.046         | 0.805              | 0.984              | 0.893                          | 0.026         | 0.842              | 0.944              |
|              | b2          | -10.126       | 17.891        | -45.369            | 25.117             | -12.504                        | 14.867        | -41.685            | 16.677             |
|              | b3          | 6.744         | 10.978        | -14.882            | 28.370             | 7.999                          | 8.921         | -9.511             | 25.508             |
| Bērzs        | b1          | 0.801         | 0.042         | 0.720              | 0.883              | 0.809                          | 0.025         | 0.761              | 0.857              |
|              | b2          | -11.244       | 32.112        | -74.398            | 51.910             | -11.779                        | 19.140        | -49.332            | 25.774             |
|              | b3          | 6.905         | 18.623        | -29.720            | 43.531             | 6.874                          | 10.561        | -13.848            | 27.595             |
| Melnalksnis  | b1          | 0.805         | 0.095         | 0.617              | 0.994              | 0.800                          | 0.054         | 0.695              | 0.906              |
|              | b2          | -10.104       | 53.716        | -116.804           | 96.597             | -10.628                        | 34.597        | -78.709            | 57.453             |
|              | b3          | 5.708         | 28.801        | -51.502            | 62.918             | 5.778                          | 17.878        | -29.403            | 40.960             |
| Apse         | b1          | 0.995         | 0.075         | 0.844              | 1.146              | 0.993                          | 0.045         | 0.904              | 1.081              |
|              | b2          | -3.472        | 9.754         | -23.054            | 16.109             | -3.564                         | 6.125         | -15.641            | 8.514              |
|              | b3          | 8.148         | 15.775        | -23.522            | 39.818             | 8.064                          | 9.639         | -10.942            | 27.071             |
| Baltalksnis  | b1          | 0.544         | 0.145         | 0.254              | 0.835              | 0.572                          | 0.080         | 0.414              | 0.729              |
|              | b2          | -9.169        | 449.576       | -907.857           | 889.520            | -9.254                         | 200.953       | -405.466           | 386.958            |
|              | b3          | 8.303         | 399.001       | -789.289           | 805.895            | 7.673                          | 162.959       | -313.626           | 328.973            |
| Egle 2.stāvs | b1          | 0.728         | 0.075         | 0.580              | 0.877              | 0.715                          | 0.039         | 0.639              | 0.791              |

2.7. tabula

**Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula) 2016. gadā aproksimētās koeficientu vērtības**

| Suga | Koeficients | 10 gadu cikls |               |                    |                    | kombinētais 5 un 10 gadu cikls |               |                    |                    |
|------|-------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
|      |             | Vērtība       | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. | Vērtība                        | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. |
|      | b2          | -9.190        | 50.698        | -109.073           | 90.693             | -8.933                         | 29.441        | -66.717            | 48.851             |
|      | b3          | 6.651         | 35.179        | -62.657            | 75.960             | 6.829                          | 21.491        | -35.352            | 49.010             |

Caurmēra augšanas gaitas vienādojumam statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām ir augsti un savstarpēji ļoti līdzīgi gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz 10 gadu cikla pārmērījuma datiem, gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz kombinētajiem 5 un 10 gadu cikla datiem (2.8. tabula).

2.8. tabula

**Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modeļa (2.2. formula) statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām**

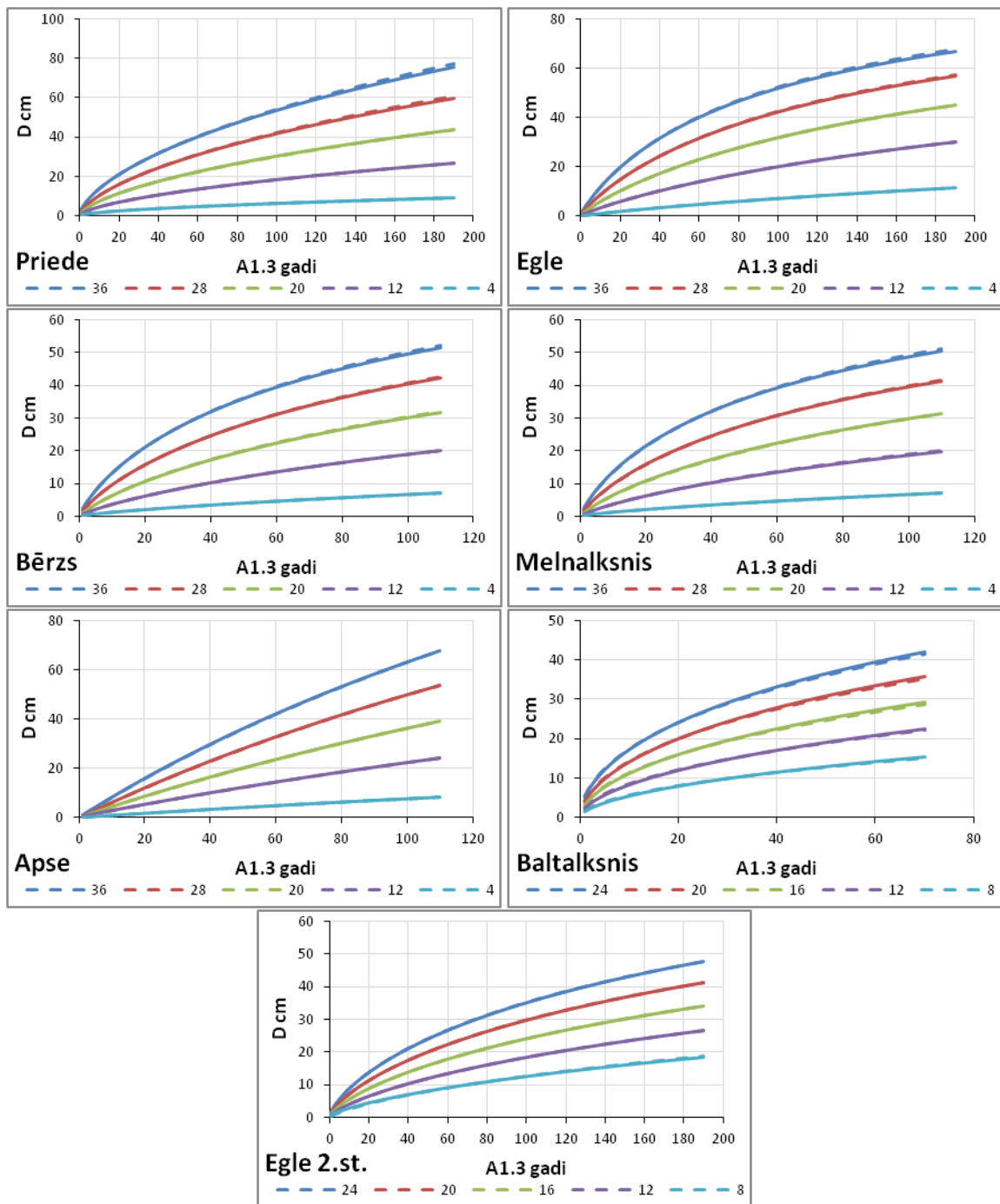
| Rādītājs       | Suga        | Koeficienti | Vid   | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R2    | N    |
|----------------|-------------|-------------|-------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|-------|------|
| D (cm)         | Priede      | 10 gadi     | 26.41 | 0.10  | 0.37   | 0.53  | 0.76 | 2.87   | 0.57 | 0.01 | 1.023 | 0.996 | 0.992 | 1178 |
|                |             | 5-10 gadi   | 26.41 | 0.10  | 0.38   | 0.53  | 0.76 | 2.87   | 0.57 | 0.01 | 1.020 | 0.996 | 0.992 | 1178 |
|                | Egle        | 10 gadi     | 24.60 | 0.12  | 0.49   | 0.74  | 1.05 | 4.29   | 1.11 | 0.02 | 0.982 | 0.992 | 0.983 | 835  |
|                |             | 5-10 gadi   | 24.60 | 0.13  | 0.53   | 0.74  | 1.05 | 4.28   | 1.11 | 0.02 | 0.981 | 0.992 | 0.983 | 835  |
|                | Bērzs       | 10 gadi     | 20.45 | -0.01 | -0.07  | 0.71  | 0.97 | 4.75   | 0.94 | 0.02 | 1.022 | 0.992 | 0.984 | 1131 |
|                |             | 5-10 gadi   | 20.45 | -0.01 | -0.05  | 0.71  | 0.97 | 4.75   | 0.94 | 0.02 | 1.019 | 0.992 | 0.984 | 1131 |
|                | Melnalksnis | 10 gadi     | 19.97 | -0.02 | -0.11  | 0.57  | 0.80 | 4.01   | 0.64 | 0.02 | 1.005 | 0.992 | 0.984 | 305  |
|                |             | 5-10 gadi   | 19.97 | 0.01  | 0.04   | 0.57  | 0.80 | 4.00   | 0.64 | 0.02 | 1.003 | 0.992 | 0.984 | 305  |
|                | Apse        | 10 gadi     | 29.24 | 0.08  | 0.27   | 0.87  | 1.13 | 3.88   | 1.28 | 0.01 | 1.024 | 0.996 | 0.992 | 203  |
|                |             | 5-10 gadi   | 29.24 | 0.10  | 0.34   | 0.87  | 1.13 | 3.88   | 1.28 | 0.01 | 1.024 | 0.996 | 0.992 | 203  |
|                | Baltalksnis | 10 gadi     | 14.77 | 0.17  | 1.15   | 0.70  | 1.04 | 7.01   | 1.07 | 0.04 | 1.151 | 0.983 | 0.966 | 207  |
|                |             | 5-10 gadi   | 14.77 | 0.10  | 0.66   | 0.70  | 1.03 | 6.98   | 1.06 | 0.04 | 1.149 | 0.983 | 0.966 | 207  |
|                | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 13.73 | 0.13  | 0.94   | 0.58  | 0.82 | 6.01   | 0.68 | 0.03 | 0.954 | 0.986 | 0.973 | 857  |
|                |             | 5-10 gadi   | 13.73 | 0.14  | 1.04   | 0.58  | 0.82 | 6.00   | 0.68 | 0.03 | 0.955 | 0.986 | 0.973 | 857  |
| zdvp (cm gadā) | Priede      | 10 gadi     | 0.25  | 0.02  | 6.07   | 0.08  | 0.12 | 46.90  | 0.01 | 0.82 | 0.468 | 0.485 | 0.236 | 1178 |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.25  | 0.02  | 6.21   | 0.08  | 0.12 | 46.86  | 0.01 | 0.82 | 0.474 | 0.488 | 0.238 | 1178 |
|                | Egle        | 10 gadi     | 0.36  | 0.02  | 5.18   | 0.12  | 0.16 | 44.54  | 0.03 | 0.72 | 0.581 | 0.572 | 0.327 | 835  |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.36  | 0.02  | 5.67   | 0.12  | 0.16 | 44.49  | 0.03 | 0.72 | 0.578 | 0.574 | 0.330 | 835  |
|                | Bērzs       | 10 gadi     | 0.28  | 0.00  | -1.02  | 0.11  | 0.15 | 51.45  | 0.02 | 0.70 | 0.364 | 0.547 | 0.299 | 1131 |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.28  | 0.00  | -0.81  | 0.11  | 0.15 | 51.42  | 0.02 | 0.70 | 0.373 | 0.548 | 0.301 | 1131 |
|                | Melnalksnis | 10 gadi     | 0.30  | 0.00  | -1.54  | 0.09  | 0.12 | 40.90  | 0.01 | 0.62 | 0.500 | 0.623 | 0.389 | 305  |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.30  | 0.00  | 0.02   | 0.09  | 0.12 | 40.80  | 0.01 | 0.62 | 0.494 | 0.624 | 0.390 | 305  |
|                | Apse        | 10 gadi     | 0.55  | 0.01  | 2.02   | 0.14  | 0.19 | 34.52  | 0.04 | 0.80 | 0.616 | 0.524 | 0.274 | 203  |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.55  | 0.01  | 2.54   | 0.14  | 0.19 | 34.50  | 0.04 | 0.80 | 0.609 | 0.524 | 0.275 | 203  |
|                | Baltalksnis | 10 gadi     | 0.28  | 0.03  | 10.48  | 0.11  | 0.16 | 55.87  | 0.02 | 1.05 | 0.195 | 0.209 | 0.044 | 207  |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.28  | 0.02  | 6.61   | 0.11  | 0.15 | 55.32  | 0.02 | 1.03 | 0.217 | 0.219 | 0.048 | 207  |
|                | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 0.22  | 0.02  | 8.39   | 0.09  | 0.12 | 56.03  | 0.02 | 1.03 | 0.494 | 0.346 | 0.119 | 857  |
|                |             | 5-10 gadi   | 0.22  | 0.02  | 9.43   | 0.09  | 0.12 | 55.95  | 0.02 | 1.03 | 0.479 | 0.347 | 0.120 | 857  |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Ekstrapolējot datus ilgākā laika posmā secināts, ka visiem meža elementiem prognozētās caurmēra izmaiņas ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām abos variantos ir ļoti līdzīgas (2.17. attēls). Tālākajā analīzes gaitā izmanto koeficientu vērtības, kas aproksimētas balstoties uz kombinēto 5 un 10 gadu datu bāzi.

Ar jaunajām koeficientu vērtībām eglei (1. un 2. stāvam), bērzam, melnalksnim un baltalksnim prognozētie caurmēri ir līdzīgi kā ar 2015. gada koeficientu vērtībām, vienīgi eglei novērojama tendence, ka vecākās audzēs ar jaunajām koeficientu vērtībām caurmēru pieaugumi ir piesardzīgāki nekā ar vecajām koeficientu vērtībām (2.18. attēls). Savukārt apsei un priedei novērojama tendence, ka ar jaunajiem koeficientiem augstākas ražības un vecākās audzēs vienādojums ar jaunajām koeficientu vērtībām prognozē nepamatoti lielus caurmēra pieaugumus.

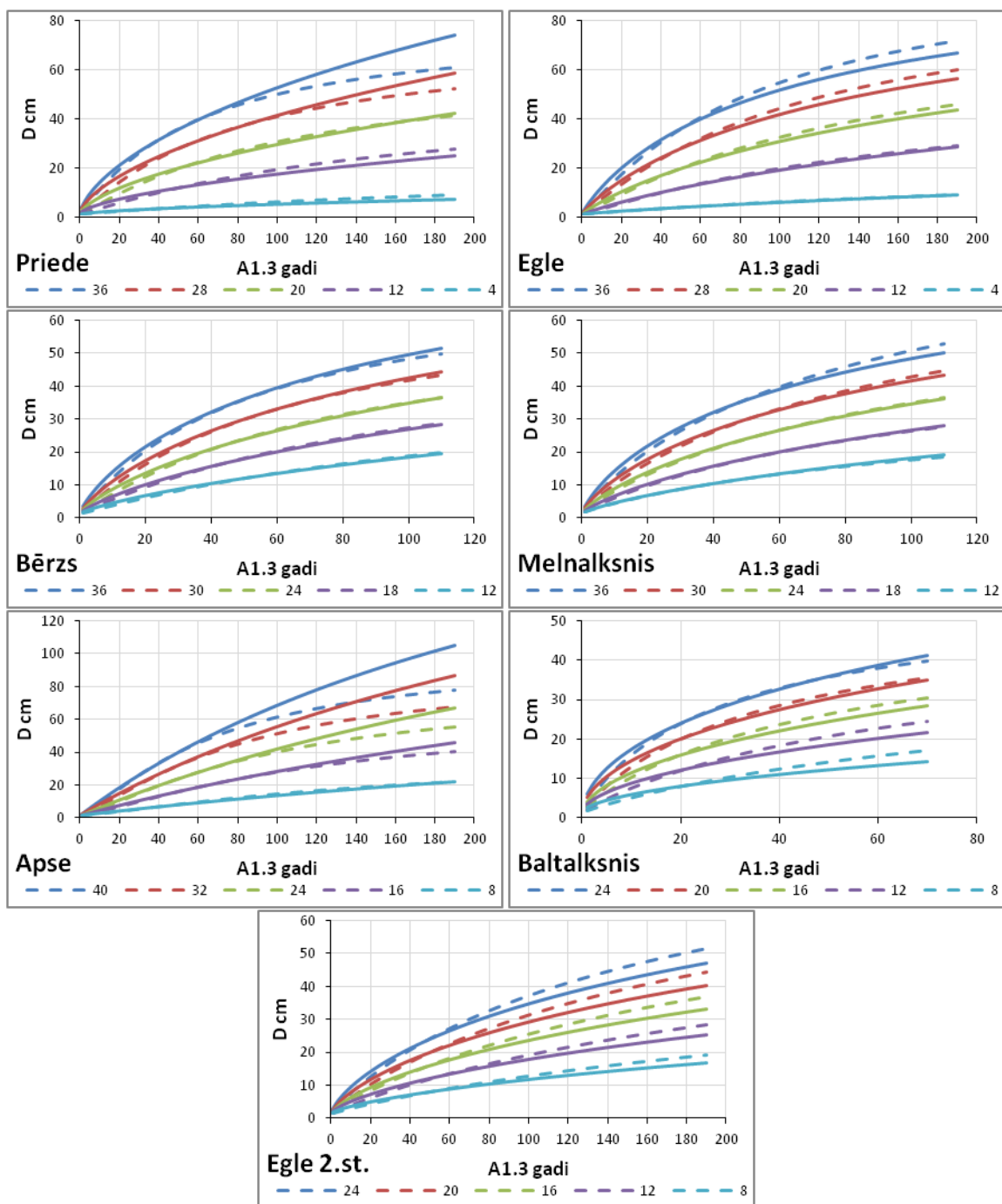
Šobrīd priedei un apsei būtu ieteicams lietot 2015. gadā aproksimētās koeficientu vērtības, jo tās pagaidām uzrāda loģiskākas un konservatīvākas caurmēra izmaiņas augstākas bonitātes vecākajās audzēs, bet pārējiem meža elementiem ieteicams lietot 2016. gadā izstrādātos koeficientus, kas aproksimēti uz kombinētās 5 un 10 gadu datu bāzes.



2.17. attēls. Vidējā caurmēra augšanas gaita (2.2 vienādojums) ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām atkarībā no augstuma krūšaugstuma bāzes vecumā un pie relatīvās audzes biežības 0.55

Pārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, kas aproksimēti no 10 gadu pārmērījuma perioda datiem, nepārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, kas aproksimēti no kombinētajiem 5 un 10 gadu pārmērījuma perioda datiem.

Krūšaugstuma bāzes vecums – priedei un eglei 100 gadi; bērzam, melnalksnim, apsei un eglei 2. stāvā 50 gadi; baltalksnim 20 gadi.



2.18. attēls. Vidējā caurmēra augšanas gaita (2.2. vienādojums) atkarībā no caurmēra krūšaugstuma bāzes vecumā un pie relatīvās audzes biežības 0.55

Nepārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2016. gadā aprēķinātajiem koeficientiem, pārtrauktā līnija – prognozētā augšanas gaita ar 2015. gadā aprēķinātajiem koeficientiem.

Krūšaugstuma bāzes vecums – priedei, egļei, bērzam, melnalksnim, apsei un egļei 2. stāvā 50 gadi; baltalksnim 20 gadi.



## 2.3. Šķērslaukuma izmaiņu modelis

### 2.3.1. Materiāls un metodika

Izstrādāts jauns vienādojums mežaudzes I stāva maksimālā šķērslaukuma aprēķināšanai:

$$g_{max} = \frac{b_1}{1 + \left(\frac{d}{b_2}\right)^{b_3}} \quad (2.3)$$

kur  $g_{max}$  – maksimālais mežaudzes šķērslaukums,  $m^2ha^{-1}$ ;

$d$  – mežaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs, cm;

$b_1$ ;  $b_2$ ;  $b_3$  – empīriskie koeficienti, kas atkarīgi no koku sugas (2.7. tabula).

mežaudzes maksimālais šķērslaukums līdzīgi kā maksimālais koku skaits tiek aprēķināts kā atsevišķu meža elementu maksimālā šķērslaukuma summa, kas svērtā ar meža elementu īpatsvaru

Maksimālā šķērslaukuma izstrādē izmantoti 2576 MSI pirmo divu ciklu visu piecu gadu parauglaukumu dati, kas atbilst sekojošām prasībām:

- ✓ I stāva valdošā koku suga ir priede (1060), egle (401), bērzs (659), melnalksnis (106), apse (143) un baltalksnis (207),
- ✓ I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients ir vismaz 7 vienības,
- ✓ I stāva kokaudzes biezība ir vismaz 5.

Par maksimālo šķērslaukumu priedes, egles, bērza un apses audzēs tiek pieņemts caurmēra grupas vidējā vērtība plus trīs standartnovirzes, bet alkšņu audzēs vidējā vērtība plus divas standartnovirzes.

Meža elementa ikgadējā šķērslaukuma izmaiņu prognozēšanai, balstoties uz visu piecu gadu 2 ciklu pārmērījuma datiem, izstrādāti jauni vienādojumi (2.5. formulas), kas salīdzināti arī ar iepriekšējā gadā ieteikto vienādojumu (2.4. formula):

$$g_2 = g_1 + \left( b_1 \ln(g_1) + b_2 \ln(t_1) + b_3 z_h + b_4 \frac{N_1}{N_{max}} \right) (t_2 - t_1) \quad (2.4)$$

$$g_2 = g_1 + g_1 \left( b_0 + b_1 \frac{t_1}{100} + b_2 t_1^{-2} \right) (t_2 - t_1) \quad (2.5)$$

kur  $g_2$  – meža elementa šķērslaukums perioda beigās,  $m^2ha^{-1}$ ;

$g_1$  – meža elementa šķērslaukums perioda sākumā,  $m^2ha^{-1}$ ;

$t_1$  – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda sākumā, gadi;

$t_2$  – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda beigās, gadi;

$z_h$  – prognozētais piecu gadu vidējais periodiskais augstuma pieaugums, m (H2-H1), pēc 2.1. formulas;

$N_{max}$  – maksimālais mežaudzes I stāva koku skaits,  $ha^{-1}$  (2.2.2. formula);

$N_1$  – mežaudzes 1. stāva koku skaits pirmajā uzmērīšanas reizē,  $ha^{-1}$ ;

$b_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$ ;  $b_3$ ;  $b_4$ ;  $b_5$  – empīriskie koeficienti, kas atkarīgi no koku sugas (2.8. tabula).

Jaunais šķērslaukuma izmaiņas modelis (2.5. formula) izstrādāts gan I stāva, gan II stāva meža elementu aproksimēšanai. Šo modeļu datu analīzē izmanto datus par visu piecu gadu otrajā ciklā atkārtoti uzmērītajiem MSI parauglaukumiem meža elementiem, kas atbilst sekojošiem kritērijiem:

- meža elementa suga ir priede (1123 meža elements), egle (1538), bērzi (1226), melnalksnis (267), apse (168), baltalksnis (210);
- meža elementam pirmajā uzmērīšanas reizē konstatēti vismaz trīs dzīvie koki;
- abās uzmērīšanas reizēs zināms meža elementa vecums;
- nevienā no uzmērīšanas cikliem parauglaukumā nav vecās paaudzes koki;
- parauglaukumā starp inventarizācijas periodā nav konstatēta koku ciršana.

Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļi pārbaudīti uz 10 gadu periodu 3. ciklā atkārtoti pārmērītajiem parauglaukumiem.

Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļu pārbaudē izmantoja datus par 2160 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1141 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- ✓ meža elementi ir P1st (487 meža elementi), E1st (375), B1st (516), A1st (106), M1st (134), Ba1st (106), E2st (419);
- ✓ meža elementam pirmajā uzmērīšanas reizē konstatēti vismaz trīs dzīvie koki;
- ✓ abās uzmērīšanas reizēs zināms meža elementa vecums un to starpība starp uzmērīšanas cikliem ir pieci gadi;
- ✓ parauglaukumā starp inventarizācijas periodā nav konstatēta koku ciršana.

Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļi (2.4.-2.5. formulas) pārbaudīti četros variantos:

- ✓ šķērslaukuma izmaiņu prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ šķērslaukuma izmaiņu prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);
- ✓ šķērslaukuma izmaiņu prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ šķērslaukuma izmaiņu prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netiek ņemta vērā auto korelācija.

Meža elementa šķērslaukuma izmaiņas modelētas datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows, izmantojot rīku *Non-linear regression*.

Vienādojumu atbilstība izvērtēta izmantojot sekojošus statistiskos rādītājus: 1) vidējā novirze (MRES), 2) procentuālā vidējā novirze (MRES%); 3) vidējā absolūtā novirze (AMRES); 4) standartnovirze (RMSE) 5) variācijas koeficients (RMSE%) 6) vidējā kvadrātiskā kļūda (MSE); 7) modeļa efektivitāte (MEF); un 8) dispersijas attiecība (VR). Rādītāju aprēķināšanas formulas dotas 1. pielikumā.

## 2.3.2. Rezultāti

### 2.3.2.1. Mežaudzes maksimālais šķērslaukums

Aproximētas koeficientu vērtības 2.3. vienādojumam, kas paredzēts maksimālā mežaudzes šķērslaukuma modelēšanai (2.9. tabula).

2.9. tabula

**Mežaudzes maksimālā šķērslaukuma modeļa (2.3. formula) koeficienti**

| Koeficienti | Priede | Egle   | Bērzs  | Melnalksnis | Apse   | Baltalksnis |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|-------------|
| <b>b1</b>   | 63.5   | 57.0   | 44.2   | 50.0        | 55.6   | 39.0        |
| <b>b2</b>   | 13.466 | 9.337  | 6.020  | 9.270       | 5.971  | 3.965       |
| <b>b3</b>   | -1.514 | -1.703 | -1.377 | -1.872      | -1.495 | -2.042      |

Jaunais maksimālais šķērslaukums salīdzināts ar iepriekšējos gados izstrādāto maksimālo koku skaita šķērslaukumu (Donis, et al., 2015) un Latvijas normatīvajos aktos noteikto mežaudzes normālo šķērslaukumu.

Meža elementa maksimālā koku skaita aprēķināšanai izmantots vienādojums:

$$n_{max} = c_1 d^{c_2} h^{c_3} \quad (2.6)$$

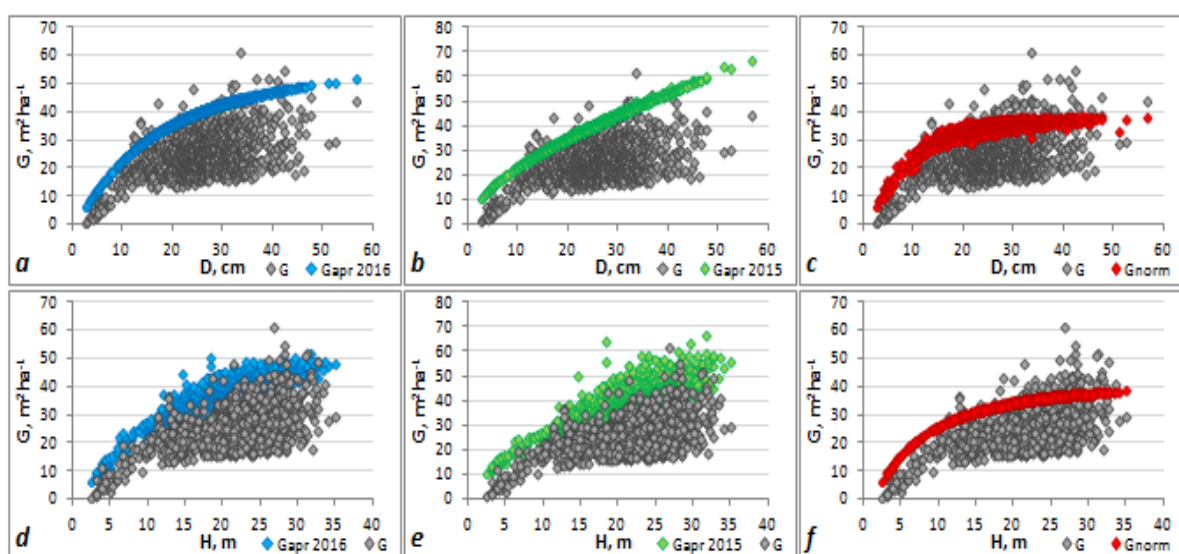
*kur*  $n_{max}$  – maksimālais mežaudzes koku skaits,  $ha^{-1}$   
 $d$  – mežaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs,  $cm$   
 $h$  – mežaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums,  $m$   
 $c_1; c_2; c_3$  – koeficienti (2.10. tabula).

2.10. tabula

## Mežaudzes maksimālā koku skaita modeļa (2.6. formula) koeficienti

| Meža elements | c1     | c2     | c3     |
|---------------|--------|--------|--------|
| Priede        | 83570  | -1.366 | -0.069 |
| Egle 1.stāvs  | 103106 | -1.381 | -0.103 |
| Bērzs         | 144400 | -1.357 | -0.302 |
| Melnalksnis   | 197511 | -1.314 | -0.339 |
| Apse          | 197511 | -1.314 | -0.339 |
| Baltalksnis   | 197511 | -1.314 | -0.339 |

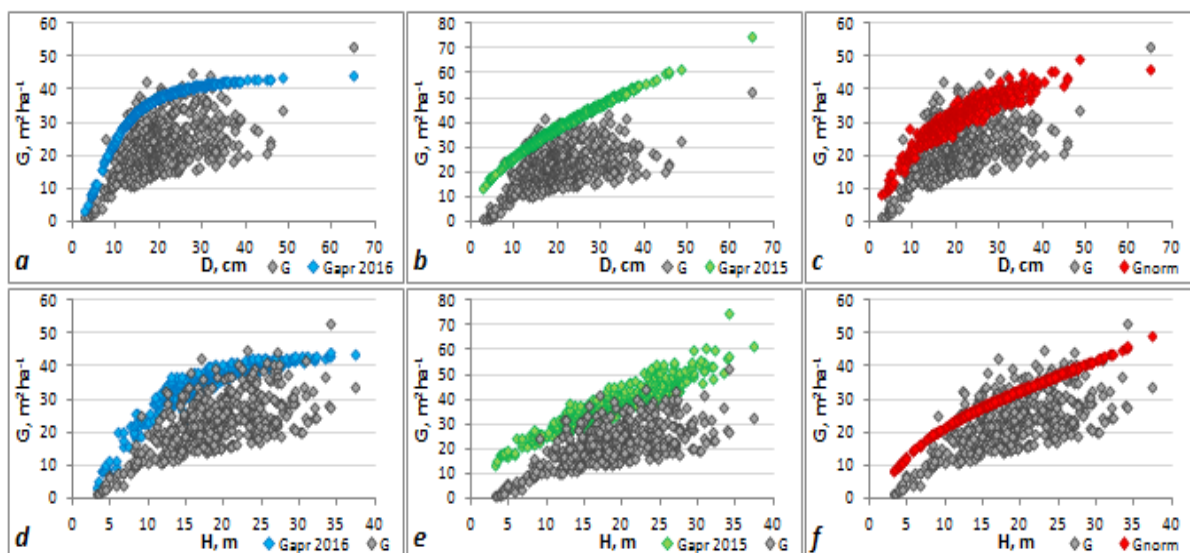
Gan maksimālais šķērslaukums (2.3. formula), gan maksimālā koku skaita šķērslaukums visām koku sugām ir sistemātiski lielāki nekā Latvijas normatīvajos aktos noteiktais normālais šķērslaukums (2.19. – 2.25. attēli), turklāt normālais šķērslaukums visām koku sugām ir ievērojami zemāks nekā MSI parauglaukumos konstatētie maksimālie šķērslaukumi. Mežaudzes maksimālais šķērslaukums salīdzinājumā ar mežaudzes maksimālā koku skaita šķērslaukumi lielāku dimensiju (lielāks caurmērs un lielāks augstums) uzrāda zemākas (konservatīvākas) šķērslaukuma vērtības, tādēļ maksimālā šķērslaukuma vienādojums būtu piemērotāks plašākai ekstrapolācijai.



2.19. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmītais, maksimālais ( $G_{apr2016}$ ), maksimālā koku skaita ( $G_{apr2015}$ ) un normālais ( $G_{norm}$ ) mežaudzes šķērslaukums atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma priežu audzēs

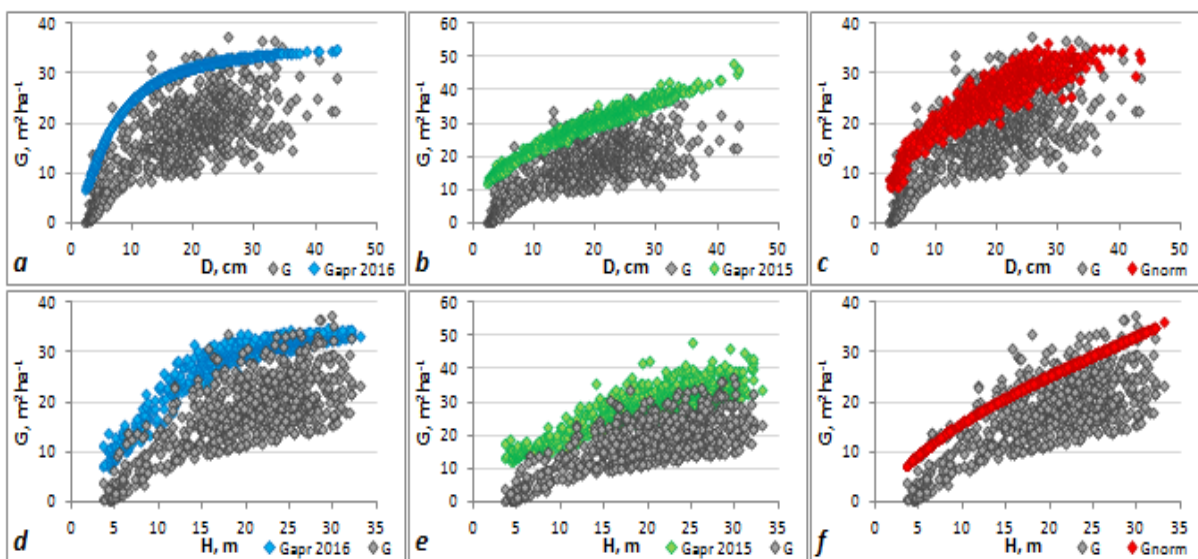
a – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzņēmītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.





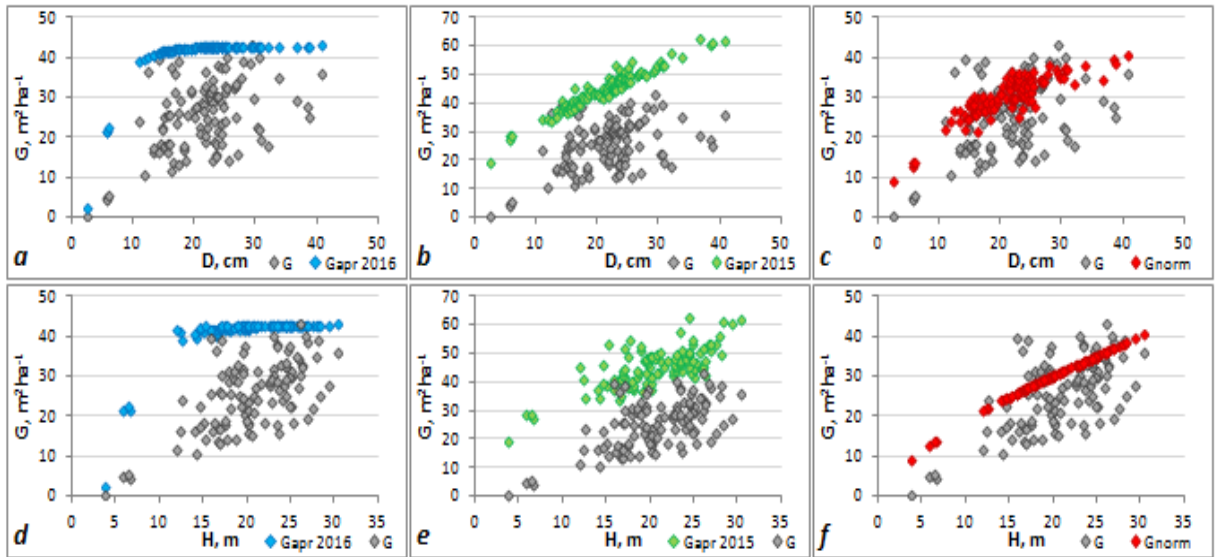
2.20. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmātais, maksimālais (Gapr2016), maksimālā koku skaita (Gapr2015) un normālais (Gnorm) mežaudzes šķērsloks atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma egļu audzēs

a – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālais šķērsloks (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālā koku skaita šķērsloks (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un normālais šķērsloks atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālais šķērsloks (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālā koku skaita šķērsloks (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un normālais šķērsloks atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.



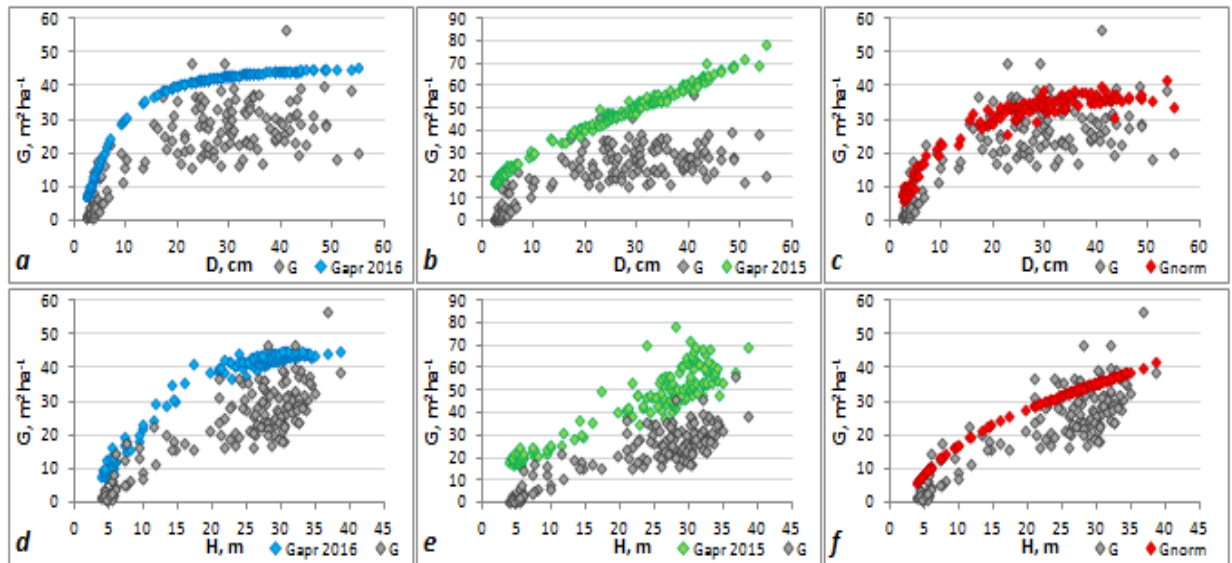
2.21. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmātais, maksimālais (Gapr2016), maksimālā koku skaita (Gapr2015) un normālais (Gnorm) mežaudzes šķērsloks atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma bērzu audzēs

a – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālais šķērsloks (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālā koku skaita šķērsloks (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un normālais šķērsloks atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālais šķērsloks (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un maksimālā koku skaita šķērsloks (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzņēmātais šķērsloks un normālais šķērsloks atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.



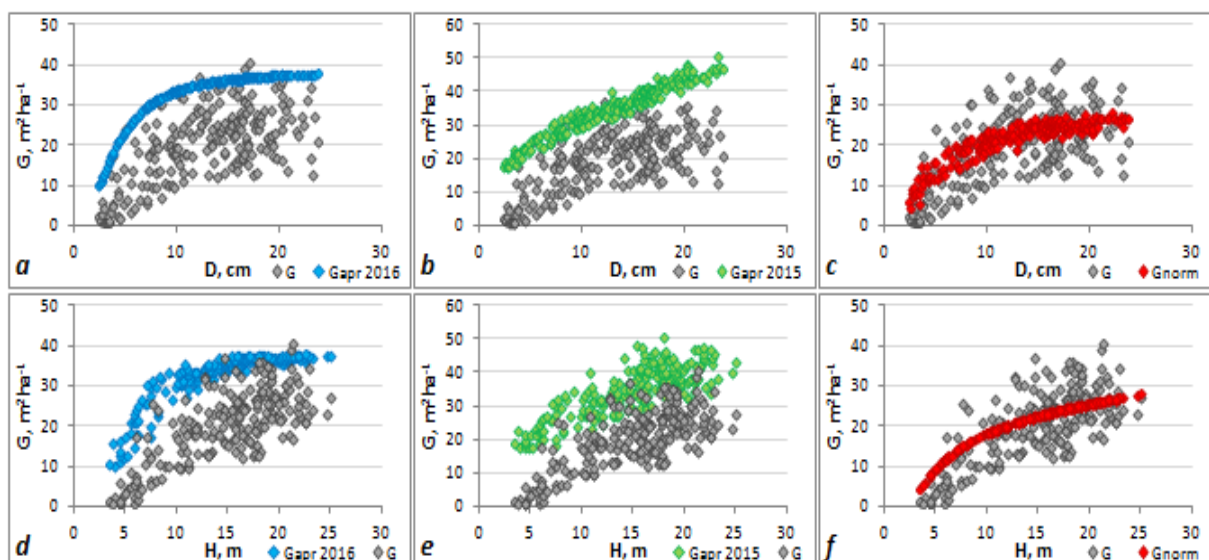
2.22. attēls. MSI parauglaukumos uzmērītais, maksimālais (Gapr2016), maksimālā koku skaita (Gapr2015) un normālais (Gnorm) mežaudzes šķērslaukums atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma melnalkšņu audzēs

a – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.



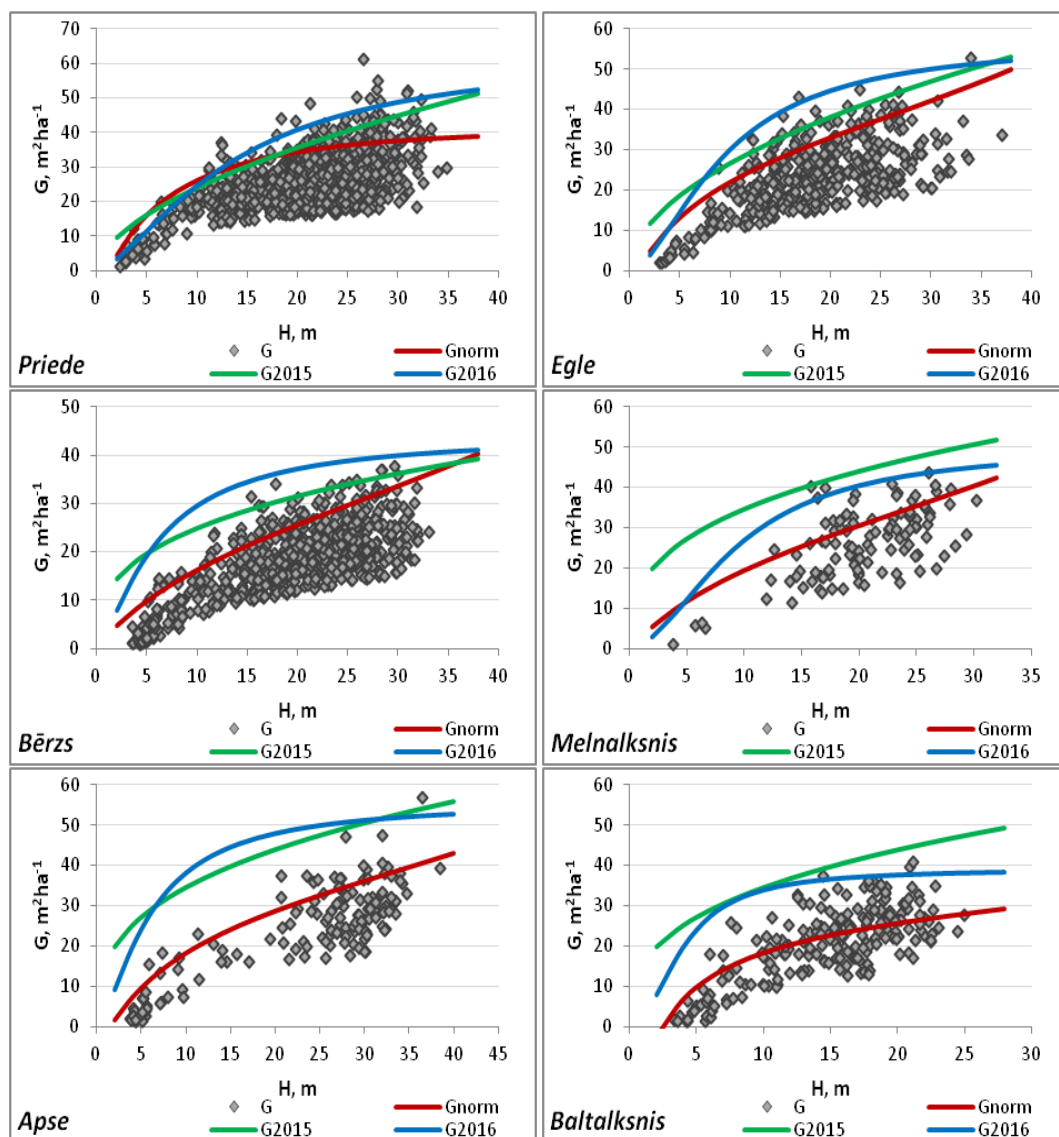
2.23. attēls. MSI parauglaukumos uzmērītais, maksimālais (Gapr2016), maksimālā koku skaita (Gapr2015) un normālais (Gnorm) mežaudzes šķērslaukums atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma apšu audzēs

a – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzmērītais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.



2.24. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmētais, maksimālais ( $G_{apr2016}$ ), maksimālā koku skaita ( $G_{apr2015}$ ) un normālais ( $G_{norm}$ ) mežaudzes šķērslaukums atkarībā no meža elementa vidējā krūšaugstuma caurmēra un vidējā augstuma baltalkšņu audzēs

a – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; b – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; c – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā krūšaugstuma caurmēra; d – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; e – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al., 2015) atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma; f – mežaudzes uzņēmētais šķērslaukums un normālais šķērslaukums atkarībā no mežaudzes vidējā augstuma.



2.25. attēls. MSI parauglaukumos uzņēmātais, maksimālais (G2016), maksimālā koku skaita (G2015) un normālais (Gnorm) mežaudzes šķērslaukums atkarībā no vidējā augstuma

Mežaudzes maksimālais šķērslaukums (2.3. formula) un maksimālā koku skaita šķērslaukums (Donis, et al.,2015) aprēķināts pie H/D attiecības 1,0.

### 2.3.2.2. Meža elementa šķērslaukuma izmaiņas

Datu analizē izmantoto atsevišķu meža elementu šķērslaukuma izmaiņu modeļu koeficientu vērtības apkopotas 2.11. tabulā.

2.11. tabula

Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļu (2.4.-2.5. formulas) koeficientu vērtības

| Suga         | 2.4. vienādojums |          |         |          | 2.5. vienādojums |          |          |
|--------------|------------------|----------|---------|----------|------------------|----------|----------|
|              | b1               | b2       | b3      | b4       | b0               | b1       | b2       |
| Priede       | 0.24484          | -0.06704 | 0.31328 | -0.48435 | 0.01800          | -0.01139 | 12.01519 |
| Egle         | 0.11491          | -0.03340 | 0.28358 | -0.04354 | 0.02787          | -0.02145 | 12.57435 |
| Bērzs        | 0.09380          | -0.00029 | 0.22535 | -0.21692 | 0.05146          | -0.06896 | 8.81694  |
| Melnalksnis  | 0.16641          | -0.00428 | 0.08865 | -0.33109 | 0.05924          | -0.08500 | 3.36282  |
| Apse         | 0.16636          | -0.01092 | 0.20362 | -0.14865 | 0.05660          | -0.06663 | 12.13606 |
| Baltalksnis  | 0.07472          | -0.00448 | 0.50246 | -0.62516 | 0.06862          | -0.16547 | 6.29221  |
| Egle 2.stāvs | 0.11491          | -0.03340 | 0.28358 | -0.04354 | 0.02787          | -0.02145 | 12.57435 |

Iepriekš izstrādātajam modelim (2.4. formula) prognozētā šķērslaukuma vidējā novirze gan 5 gadu ciklim, gan 10 gadu ciklā nav lielāka par  $\pm 1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , kas visos gadījumos ir arī mazāka par 10 % no meža elementa uzmērītā šķērslaukuma. Jaunais modelis (2.5. formula) visiem meža elementiem prognozē sistemātiski lielāku šķērslaukuma pieaugumu nekā uzmērītais, atsevišķos gadījumos novirze pat pārsniedz  $\pm 1 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  un 10 % sliekšni (2.12. tabula).

2.12. tabula

Iepriekš izstrādātā un jaunā meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļu (2.4.-2.5. formulas) prognozētā šķērslaukuma statistiskie rādītāji

| Cikli                        | Suga                       | Formula | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | VR    | R     | N     |      |
|------------------------------|----------------------------|---------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1.cikl.vs 2. cikls (5gadi)   | Priede                     | 2.4.    | 18.43       | 0.26  | 1.4    | 1.00  | 1.46 | 8      | 2.13  | 1.032 | 0.989 | 479   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 18.43       | -0.17 | -0.9   | 0.84  | 1.30 | 7      | 1.69  | 1.035 | 0.992 | 479   |      |
|                              | Egle                       | 2.4.    | 11.82       | 0.35  | 3.0    | 1.30  | 2.03 | 17     | 4.09  | 0.992 | 0.966 | 368   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 11.82       | -0.27 | -2.3   | 1.19  | 2.03 | 17     | 4.13  | 1.172 | 0.971 | 368   |      |
|                              | Bērzs                      | 2.4.    | 9.94        | 0.35  | 3.6    | 1.05  | 1.66 | 17     | 2.76  | 1.002 | 0.967 | 506   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 9.94        | -0.30 | -3.0   | 0.97  | 1.52 | 15     | 2.32  | 1.154 | 0.977 | 506   |      |
|                              | Melnalksnis                | 2.4.    | 10.72       | 0.50  | 4.7    | 1.07  | 1.48 | 14     | 2.18  | 1.000 | 0.988 | 131   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 10.72       | -0.18 | -1.7   | 0.84  | 1.37 | 13     | 1.87  | 1.048 | 0.989 | 131   |      |
|                              | Apse                       | 2.4.    | 12.18       | 0.39  | 3.2    | 1.33  | 1.97 | 16     | 3.82  | 1.058 | 0.978 | 101   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.18       | -0.13 | -1.1   | 1.27  | 1.94 | 16     | 3.74  | 1.212 | 0.983 | 101   |      |
|                              | Baltalksnis                | 2.4.    | 11.63       | 0.61  | 5.2    | 1.90  | 2.60 | 22     | 6.70  | 0.856 | 0.959 | 120   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 11.63       | -1.29 | -11.1  | 1.97  | 2.82 | 24     | 7.87  | 1.206 | 0.969 | 120   |      |
|                              | Egle 2.stāvs               | 2.4.    | 5.33        | 0.26  | 4.8    | 0.65  | 0.90 | 17     | 0.80  | 1.008 | 0.974 | 446   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 5.33        | -0.15 | -2.7   | 0.62  | 0.95 | 18     | 0.90  | 1.006 | 0.970 | 446   |      |
|                              | 2.cikl.vs 3. cikls (5gadi) | Priede  | 2.4.        | 18.67 | -0.26  | -1.4  | 1.07 | 1.71   | 9     | 2.93  | 1.042 | 0.986 | 415  |
|                              |                            |         | 2.5.        | 18.67 | -0.62  | -3.3  | 1.11 | 1.96   | 10    | 3.83  | 1.044 | 0.983 | 415  |
| Egle                         |                            | 2.4.    | 12.43       | 0.08  | 0.6    | 1.08  | 1.69 | 14     | 2.86  | 0.952 | 0.978 | 308   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.43       | -0.55 | -4.4   | 1.23  | 2.08 | 17     | 4.32  | 1.110 | 0.973 | 308   |      |
| Bērzs                        |                            | 2.4.    | 10.10       | -0.31 | -3.1   | 1.01  | 1.66 | 16     | 2.76  | 1.012 | 0.968 | 453   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 10.10       | -0.94 | -9.3   | 1.32  | 2.16 | 21     | 4.66  | 1.178 | 0.962 | 453   |      |
| Melnalksnis                  |                            | 2.4.    | 11.33       | 0.03  | 0.2    | 0.99  | 1.43 | 13     | 2.04  | 1.000 | 0.989 | 123   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 11.33       | -0.61 | -5.4   | 1.22  | 1.90 | 17     | 3.58  | 1.051 | 0.983 | 123   |      |
| Apse                         |                            | 2.4.    | 12.73       | -0.56 | -4.4   | 1.18  | 2.00 | 16     | 3.96  | 0.963 | 0.975 | 86    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.73       | -1.09 | -8.6   | 1.83  | 3.11 | 24     | 9.57  | 1.023 | 0.945 | 86    |      |
| Baltalksnis                  |                            | 2.4.    | 12.17       | -0.26 | -2.2   | 1.75  | 2.37 | 19     | 5.55  | 1.014 | 0.965 | 97    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.17       | -2.25 | -18.5  | 2.81  | 4.29 | 35     | 18.18 | 1.346 | 0.939 | 97    |      |
| Egle 2.stāvs                 |                            | 2.4.    | 5.46        | -0.08 | -1.5   | 0.72  | 1.03 | 19     | 1.07  | 1.070 | 0.968 | 421   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 5.46        | -0.59 | -10.7  | 0.84  | 1.30 | 24     | 1.68  | 1.077 | 0.960 | 421   |      |
| 1.cikl.vs 3. cikls (10 gadi) |                            | Priede  | 2.4.        | 18.69 | 0.00   | 0.0   | 1.57 | 2.21   | 12    | 4.86  | 1.082 | 0.977 | 407  |
|                              |                            |         | 2.5.        | 18.69 | -0.80  | -4.3  | 1.64 | 2.45   | 13    | 5.98  | 1.079 | 0.974 | 407  |
|                              | Egle                       | 2.4.    | 12.53       | 0.51  | 4.1    | 1.97  | 3.08 | 25     | 9.45  | 0.948 | 0.929 | 301   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.53       | -0.80 | -6.4   | 2.19  | 3.63 | 29     | 13.16 | 1.310 | 0.926 | 301   |      |
|                              | Bērzs                      | 2.4.    | 10.18       | 0.06  | 0.6    | 1.60  | 2.52 | 25     | 6.34  | 1.024 | 0.926 | 443   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 10.18       | -1.32 | -13.0  | 2.14  | 3.40 | 33     | 11.54 | 1.415 | 0.918 | 443   |      |
|                              | Melnalksnis                | 2.4.    | 11.49       | 0.66  | 5.8    | 1.66  | 2.28 | 20     | 5.16  | 0.993 | 0.974 | 120   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 11.49       | -0.80 | -7.0   | 1.86  | 2.76 | 24     | 7.58  | 1.124 | 0.966 | 120   |      |
|                              | Apse                       | 2.4.    | 13.09       | -0.13 | -1.0   | 1.96  | 2.76 | 21     | 7.51  | 1.112 | 0.954 | 81    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 13.09       | -1.00 | -7.6   | 2.53  | 4.14 | 32     | 16.91 | 1.380 | 0.923 | 81    |      |
|                              | Baltalksnis                | 2.4.    | 12.35       | 0.62  | 5.0    | 2.66  | 3.62 | 29     | 12.97 | 0.859 | 0.917 | 94    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.35       | -4.02 | -32.6  | 4.74  | 6.93 | 56     | 47.56 | 1.761 | 0.893 | 94    |      |
|                              | Egle 2.stāvs               | 2.4.    | 5.72        | 0.26  | 4.5    | 1.10  | 1.50 | 26     | 2.23  | 1.080 | 0.938 | 354   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 5.72        | -0.65 | -11.4  | 1.31  | 2.03 | 36     | 4.12  | 1.106 | 0.895 | 354   |      |
|                              | visi kopā (5 un 10 gadi)   | Priede  | 2.4.        | 18.59 | 0.01   | 0.1   | 1.20 | 1.80   | 10    | 3.22  | 1.052 | 0.984 | 1301 |
|                              |                            |         | 2.5.        | 18.59 | -0.51  | -2.8  | 1.18 | 1.92   | 10    | 3.70  | 1.053 | 0.983 | 1301 |
| Egle                         |                            | 2.4.    | 12.23       | 0.32  | 2.6    | 1.44  | 2.31 | 19     | 5.32  | 0.965 | 0.958 | 977   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.23       | -0.52 | -4.3   | 1.51  | 2.63 | 22     | 6.93  | 1.198 | 0.956 | 977   |      |
| Bērzs                        |                            | 2.4.    | 10.07       | 0.04  | 0.4    | 1.21  | 1.97 | 20     | 3.88  | 1.015 | 0.953 | 1402  |      |
|                              |                            | 2.5.    | 10.07       | -0.83 | -8.2   | 1.46  | 2.44 | 24     | 5.96  | 1.252 | 0.949 | 1402  |      |
| Melnalksnis                  |                            | 2.4.    | 11.17       | 0.40  | 3.6    | 1.23  | 1.75 | 16     | 3.04  | 0.999 | 0.983 | 374   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 11.17       | -0.52 | -4.7   | 1.29  | 2.05 | 18     | 4.19  | 1.077 | 0.979 | 374   |      |
| Apse                         |                            | 2.4.    | 12.63       | -0.07 | -0.6   | 1.47  | 2.21 | 17     | 4.86  | 1.049 | 0.969 | 268   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.63       | -0.70 | -5.6   | 1.83  | 3.07 | 24     | 9.36  | 1.209 | 0.951 | 268   |      |
| Baltalksnis                  |                            | 2.4.    | 12.02       | 0.34  | 2.8    | 2.08  | 2.85 | 24     | 8.07  | 0.909 | 0.947 | 311   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 12.02       | -2.42 | -20.1  | 3.07  | 4.76 | 40     | 22.59 | 1.442 | 0.927 | 311   |      |
| Egle 2.stāvs                 |                            | 2.4.    | 5.49        | 0.14  | 2.6    | 0.81  | 1.14 | 21     | 1.30  | 1.053 | 0.960 | 1221  |      |
|                              |                            | 2.5.    | 5.49        | -0.44 | -8.1   | 0.90  | 1.45 | 26     | 2.09  | 1.069 | 0.941 | 1221  |      |



Iepriekš izstrādātā modeļa prognozētā vidējā periodiskā šķērslaukuma vidējā novirze ir robežās no  $-0,11 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  līdz  $+0,12 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ , savukārt jaunajam modelim šis rādītājs ir robežās no  $-0,14 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  līdz  $+0,23 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$  (2.13. tabula).

2.13. tabula

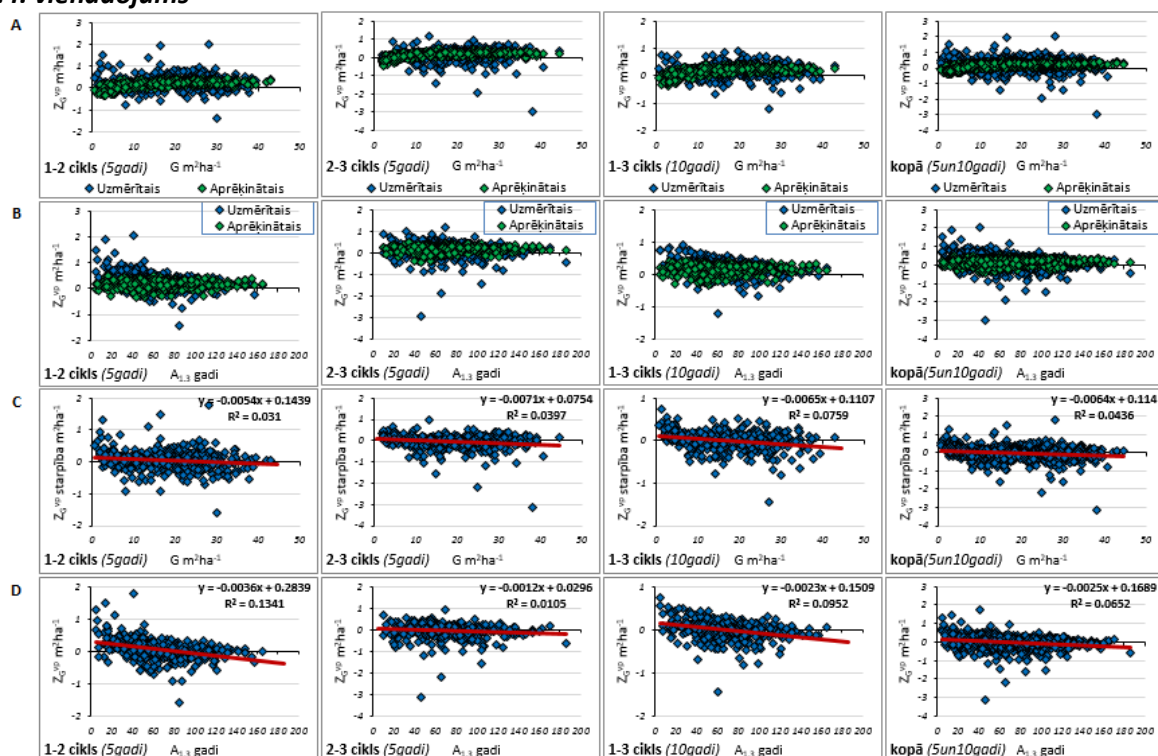
Iepriekš izstrādātā un jaunā meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļu (2.4.-2.5. formulas) prognozētā šķērslaukuma vidējā periodiskā pieauguma statistiskie rādītāji

| Cikli                        | Suga                       | Formula | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES  | RMSE | RMSE % | MSE  | VR    | R     | N     |      |
|------------------------------|----------------------------|---------|-------------|-------|--------|--------|------|--------|------|-------|-------|-------|------|
| 1.cikl.vs 2. cikls (5gadi)   | Priede                     | 2.4.    | 0.23        | 0.05  | 22.6   | 0.20   | 0.29 | 129    | 0.09 | 0.239 | 0.331 | 479   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.23        | -0.02 | -8.1   | 0.21   | 0.30 | 133    | 0.09 | 0.000 | 0.000 | 479   |      |
|                              | Egle                       | 2.4.    | 0.27        | 0.07  | 26.5   | 0.26   | 0.41 | 151    | 0.16 | 0.069 | 0.389 | 368   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.27        | 0.15  | 57.0   | 0.30   | 0.46 | 170    | 0.21 | 0.000 | 0.000 | 368   |      |
|                              | Bērzs                      | 2.4.    | 0.22        | 0.07  | 32.5   | 0.21   | 0.33 | 153    | 0.11 | 0.071 | 0.347 | 506   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.22        | 0.12  | 56.9   | 0.23   | 0.37 | 169    | 0.13 | 0.000 | 0.000 | 506   |      |
|                              | Melnalksnis                | 2.4.    | 0.24        | 0.10  | 42.3   | 0.21   | 0.30 | 124    | 0.09 | 0.238 | 0.470 | 131   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.24        | 0.07  | 30.2   | 0.22   | 0.32 | 136    | 0.10 | 0.000 | 0.000 | 131   |      |
|                              | Apse                       | 2.4.    | 0.40        | 0.08  | 19.7   | 0.27   | 0.39 | 99     | 0.15 | 0.153 | 0.207 | 101   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.40        | 0.23  | 58.2   | 0.30   | 0.45 | 114    | 0.20 | 0.000 | 0.000 | 101   |      |
|                              | Baltalksnis                | 2.4.    | 0.16        | 0.12  | 77.6   | 0.38   | 0.52 | 333    | 0.27 | 0.134 | 0.289 | 120   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.16        | 0.08  | 52.2   | 0.38   | 0.53 | 341    | 0.28 | 0.000 | 0.000 | 120   |      |
|                              | Egle 2.stāvs               | 2.4.    | 0.13        | 0.05  | 39.8   | 0.13   | 0.18 | 139    | 0.03 | 0.406 | 0.392 | 446   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.13        | 0.01  | 11.0   | 0.12   | 0.18 | 140    | 0.03 | 0.000 | 0.000 | 446   |      |
|                              | 2.cikl.vs 3. cikls (5gadi) | Priede  | 2.4.        | 0.12  | -0.05  | -45.4  | 0.21 | 0.34   | 298  | 0.12  | 0.184 | 0.241 | 415  |
|                              |                            |         | 2.5.        | 0.12  | -0.13  | -112.5 | 0.24 | 0.37   | 318  | 0.13  | 0.000 | 0.000 | 415  |
| Egle                         |                            | 2.4.    | 0.20        | 0.02  | 7.8    | 0.22   | 0.34 | 169    | 0.11 | 0.095 | 0.424 | 308   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.20        | 0.09  | 42.9   | 0.25   | 0.38 | 189    | 0.14 | 0.000 | 0.000 | 308   |      |
| Bērzs                        |                            | 2.4.    | 0.07        | -0.06 | -84.4  | 0.20   | 0.33 | 446    | 0.11 | 0.073 | 0.237 | 453   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.07        | -0.02 | -25.8  | 0.21   | 0.34 | 452    | 0.11 | 0.000 | 0.000 | 453   |      |
| Melnalksnis                  |                            | 2.4.    | 0.15        | 0.01  | 3.6    | 0.20   | 0.29 | 197    | 0.08 | 0.250 | 0.390 | 123   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.15        | -0.02 | -14.3  | 0.22   | 0.31 | 213    | 0.10 | 0.000 | 0.000 | 123   |      |
| Apse                         |                            | 2.4.    | 0.23        | -0.11 | -49.1  | 0.24   | 0.40 | 176    | 0.16 | 0.112 | 0.342 | 86    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.23        | 0.06  | 26.7   | 0.28   | 0.41 | 182    | 0.17 | 0.000 | 0.000 | 86    |      |
| Baltalksnis                  |                            | 2.4.    | -0.06       | -0.05 | 85.1   | 0.35   | 0.47 | -762   | 0.22 | 0.170 | 0.302 | 97    |      |
|                              |                            | 2.5.    | -0.06       | -0.14 | 220.2  | 0.35   | 0.51 | -820   | 0.26 | 0.000 | 0.000 | 97    |      |
| Egle 2.stāvs                 |                            | 2.4.    | 0.04        | -0.02 | -44.2  | 0.14   | 0.21 | 556    | 0.04 | 0.283 | 0.252 | 421   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.04        | -0.08 | -208.9 | 0.16   | 0.22 | 589    | 0.05 | 0.000 | 0.000 | 421   |      |
| 1.cikl.vs 3. cikls (10 gadi) |                            | Priede  | 2.4.        | 0.17  | 0.00   | 0.1    | 0.16 | 0.22   | 130  | 0.05  | 0.370 | 0.377 | 407  |
|                              |                            |         | 2.5.        | 0.17  | -0.08  | -44.2  | 0.18 | 0.24   | 143  | 0.06  | 0.000 | 0.000 | 407  |
|                              | Egle                       | 2.4.    | 0.24        | 0.05  | 21.7   | 0.20   | 0.31 | 130    | 0.09 | 0.092 | 0.462 | 301   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.24        | 0.12  | 51.5   | 0.24   | 0.36 | 151    | 0.13 | 0.000 | 0.000 | 301   |      |
|                              | Bērzs                      | 2.4.    | 0.14        | 0.01  | 4.0    | 0.16   | 0.25 | 175    | 0.06 | 0.084 | 0.392 | 443   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.14        | 0.05  | 34.7   | 0.18   | 0.28 | 193    | 0.08 | 0.000 | 0.000 | 443   |      |
|                              | Melnalksnis                | 2.4.    | 0.20        | 0.07  | 33.2   | 0.17   | 0.23 | 114    | 0.05 | 0.359 | 0.532 | 120   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.20        | 0.03  | 16.7   | 0.19   | 0.26 | 130    | 0.07 | 0.000 | 0.000 | 120   |      |
|                              | Apse                       | 2.4.    | 0.30        | -0.01 | -4.4   | 0.20   | 0.28 | 91     | 0.08 | 0.214 | 0.245 | 81    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.30        | 0.14  | 44.9   | 0.21   | 0.31 | 103    | 0.10 | 0.000 | 0.000 | 81    |      |
|                              | Baltalksnis                | 2.4.    | 0.08        | 0.06  | 76.8   | 0.27   | 0.36 | 450    | 0.13 | 0.211 | 0.323 | 94    |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.08        | 0.01  | 7.2    | 0.26   | 0.37 | 463    | 0.14 | 0.000 | 0.000 | 94    |      |
|                              | Egle 2.stāvs               | 2.4.    | 0.09        | 0.03  | 28.7   | 0.11   | 0.15 | 165    | 0.02 | 0.411 | 0.382 | 354   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.09        | -0.02 | -26.9  | 0.12   | 0.16 | 172    | 0.02 | 0.000 | 0.000 | 354   |      |
|                              | visi kopā (5 un 10 gadi)   | Priede  | 2.4.        | 0.17  | 0.00   | 1.3    | 0.19 | 0.29   | 167  | 0.08  | 0.235 | 0.305 | 1301 |
|                              |                            |         | 2.5.        | 0.17  | -0.07  | -41.3  | 0.21 | 0.31   | 177  | 0.09  | 0.000 | 0.000 | 1301 |
| Egle                         |                            | 2.4.    | 0.24        | 0.05  | 20.0   | 0.23   | 0.36 | 150    | 0.13 | 0.082 | 0.419 | 977   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.24        | 0.12  | 51.5   | 0.27   | 0.40 | 170    | 0.16 | 0.000 | 0.000 | 977   |      |
| Bērzs                        |                            | 2.4.    | 0.15        | 0.01  | 4.8    | 0.19   | 0.31 | 208    | 0.10 | 0.072 | 0.322 | 1402  |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.15        | 0.05  | 36.7   | 0.21   | 0.33 | 223    | 0.11 | 0.000 | 0.000 | 1402  |      |
| Melnalksnis                  |                            | 2.4.    | 0.20        | 0.06  | 29.9   | 0.19   | 0.27 | 138    | 0.07 | 0.267 | 0.453 | 374   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.20        | 0.03  | 14.9   | 0.21   | 0.30 | 152    | 0.09 | 0.000 | 0.000 | 374   |      |
| Apse                         |                            | 2.4.    | 0.31        | -0.01 | -3.3   | 0.24   | 0.36 | 114    | 0.13 | 0.142 | 0.245 | 268   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.31        | 0.15  | 47.0   | 0.27   | 0.40 | 126    | 0.16 | 0.000 | 0.000 | 268   |      |
| Baltalksnis                  |                            | 2.4.    | 0.07        | 0.05  | 75.0   | 0.34   | 0.46 | 700    | 0.21 | 0.156 | 0.312 | 311   |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.07        | -0.01 | -14.6  | 0.33   | 0.48 | 730    | 0.23 | 0.000 | 0.000 | 311   |      |
| Egle 2.stāvs                 |                            | 2.4.    | 0.09        | 0.02  | 23.9   | 0.13   | 0.18 | 210    | 0.03 | 0.341 | 0.344 | 1221  |      |
|                              |                            | 2.5.    | 0.09        | -0.03 | -33.3  | 0.13   | 0.19 | 218    | 0.04 | 0.000 | 0.000 | 1221  |      |

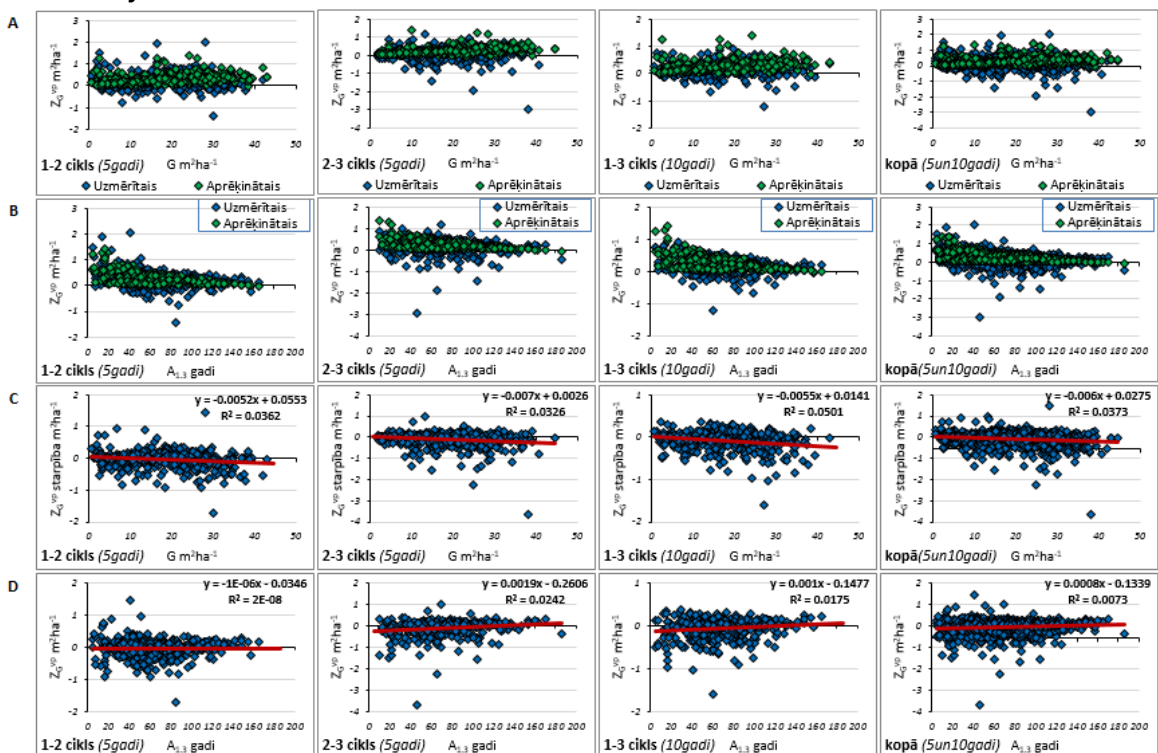
Abiem šķērslaukuma prognožu modeļiem praktiski visos gadījumos šķērslaukuma vidējā periodiskā pieauguma novirzei konstatētas vājas lineārās korelācijas ar meža elementa krūšaugstuma vecuma un sākotnēju meža elementa šķērslaukumu (2.26.-2.32 attēli). Vairumā gadījumu lielā novērojumu skaita dēļ šīs sakarības ir statistiski būtiskas.

Īslaicīgā šķērslaukuma izmaiņu modelēšanā par piemērotāku uzskatāms 2.4. vienādojums, jo tam ir augstāki statistiskie rādītāji.

## 2.4. vienādojums



## 2.5. vienādojums

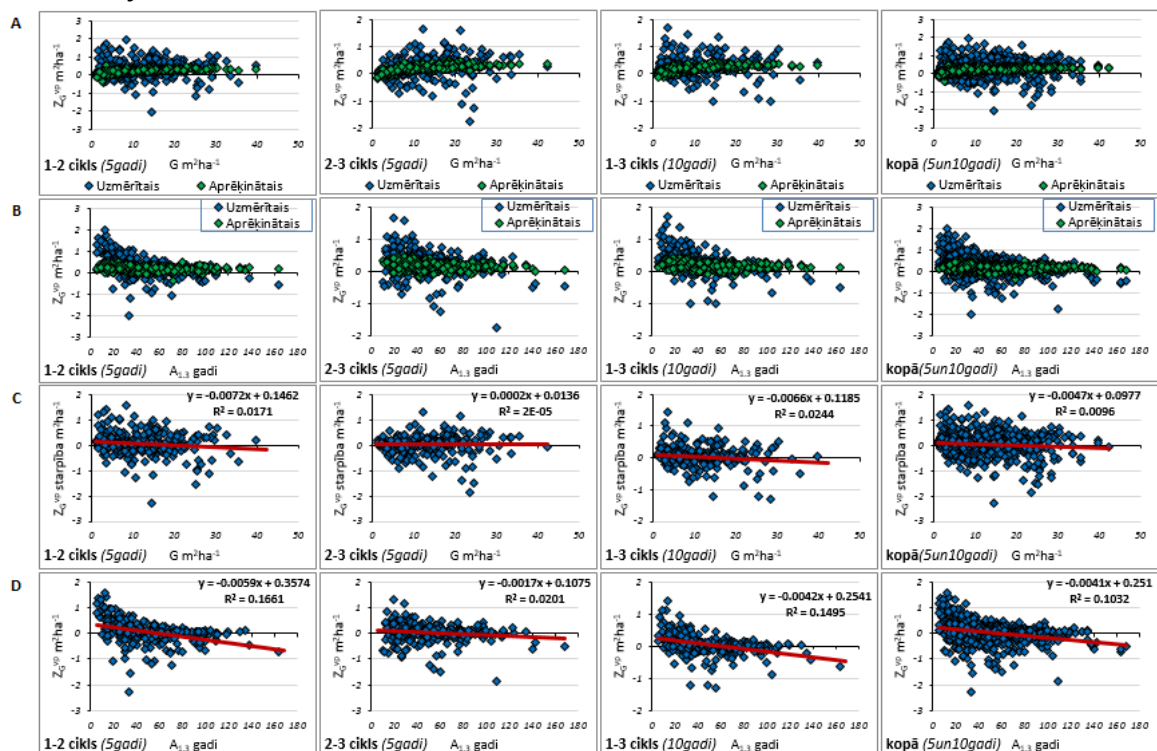


2.26. attēls. Priedes I stāva uzņēmītais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma

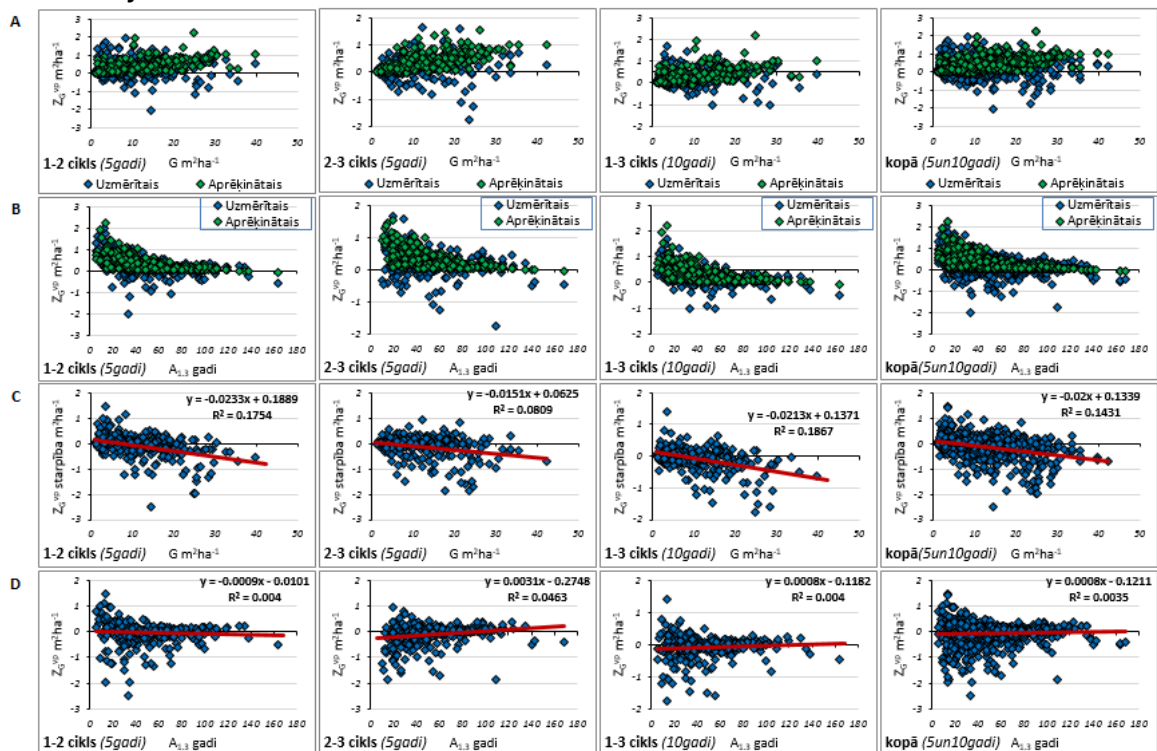
A – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



## 2.4. vienādojums

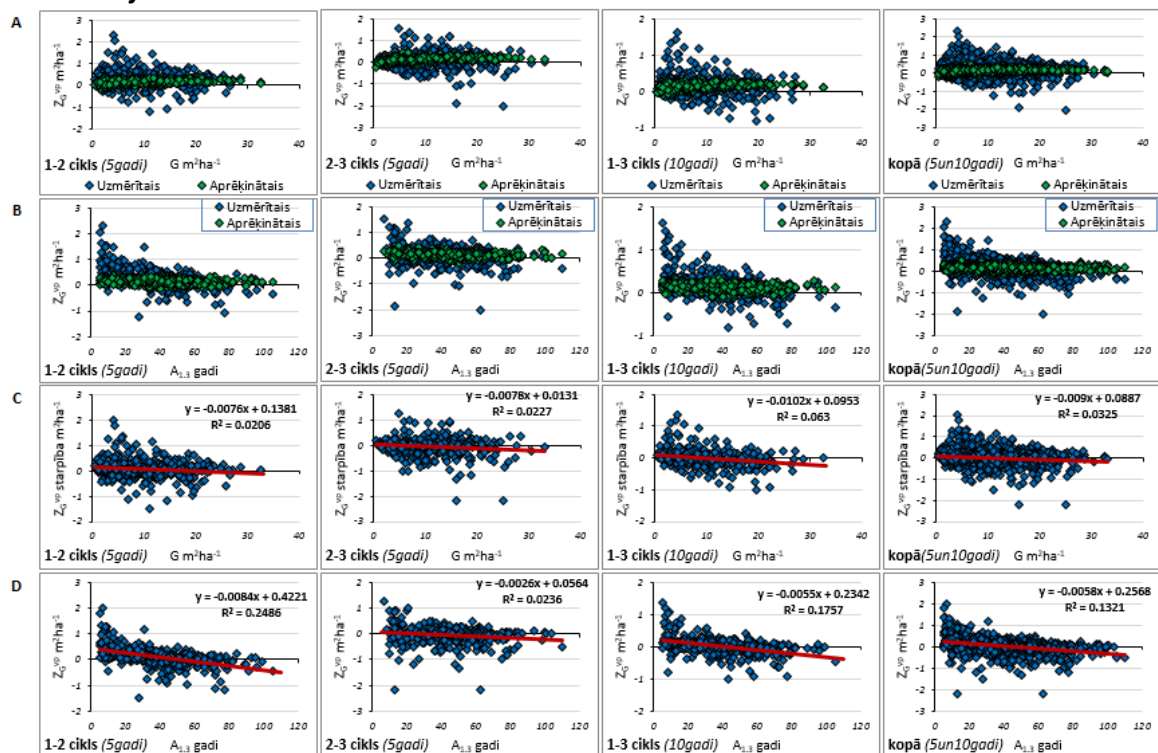


## 2.5. vienādojums

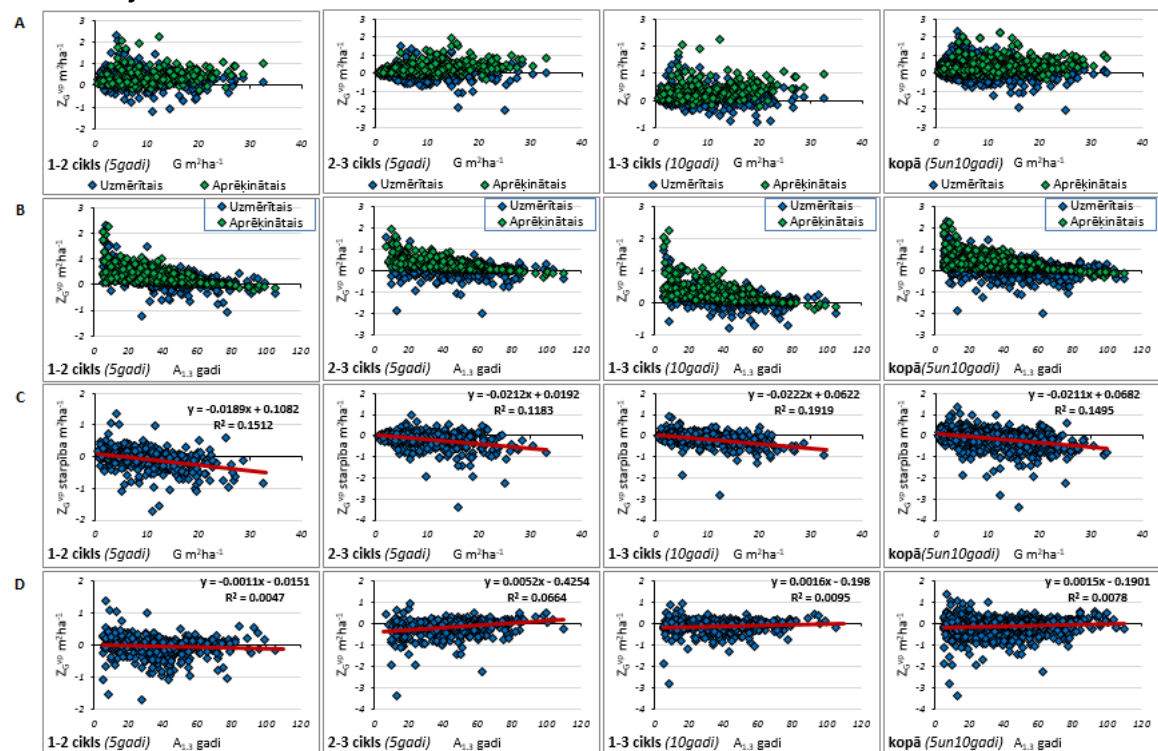


2.27. attēls. Egles I stāva uzņēmātais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzņēmātais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzņēmātais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzņēmāto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzņēmāto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

## 2.4. vienādojums

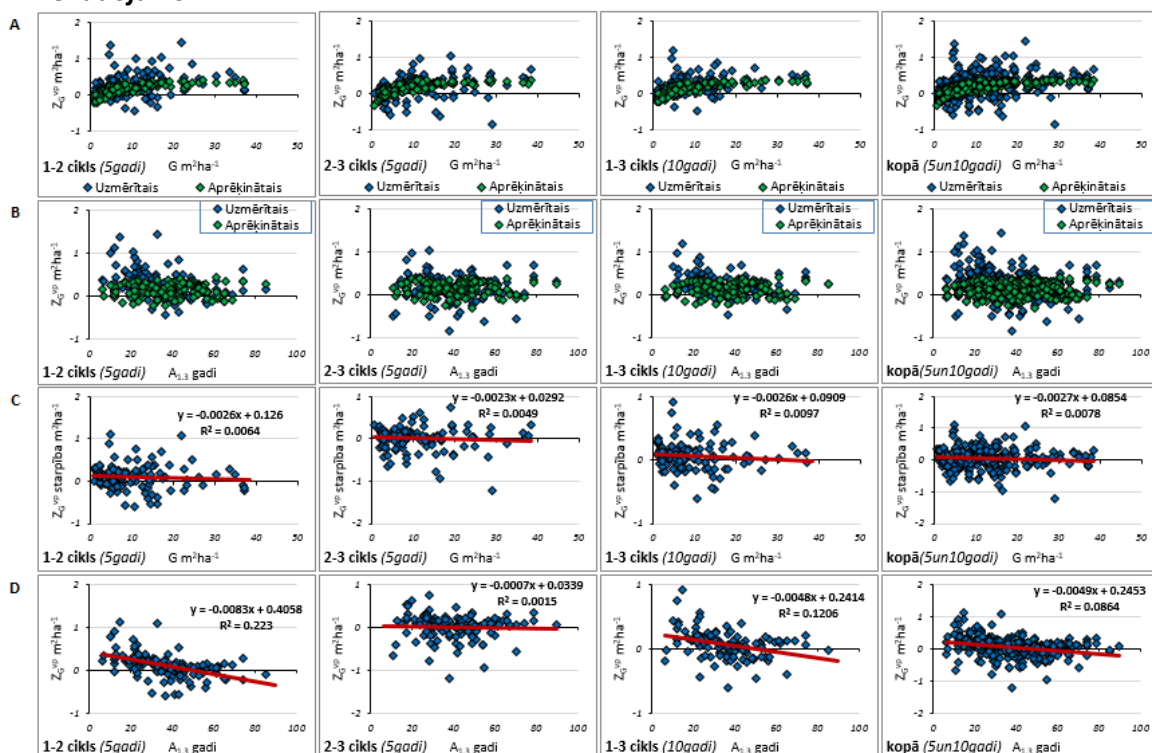


## 2.5. vienādojums

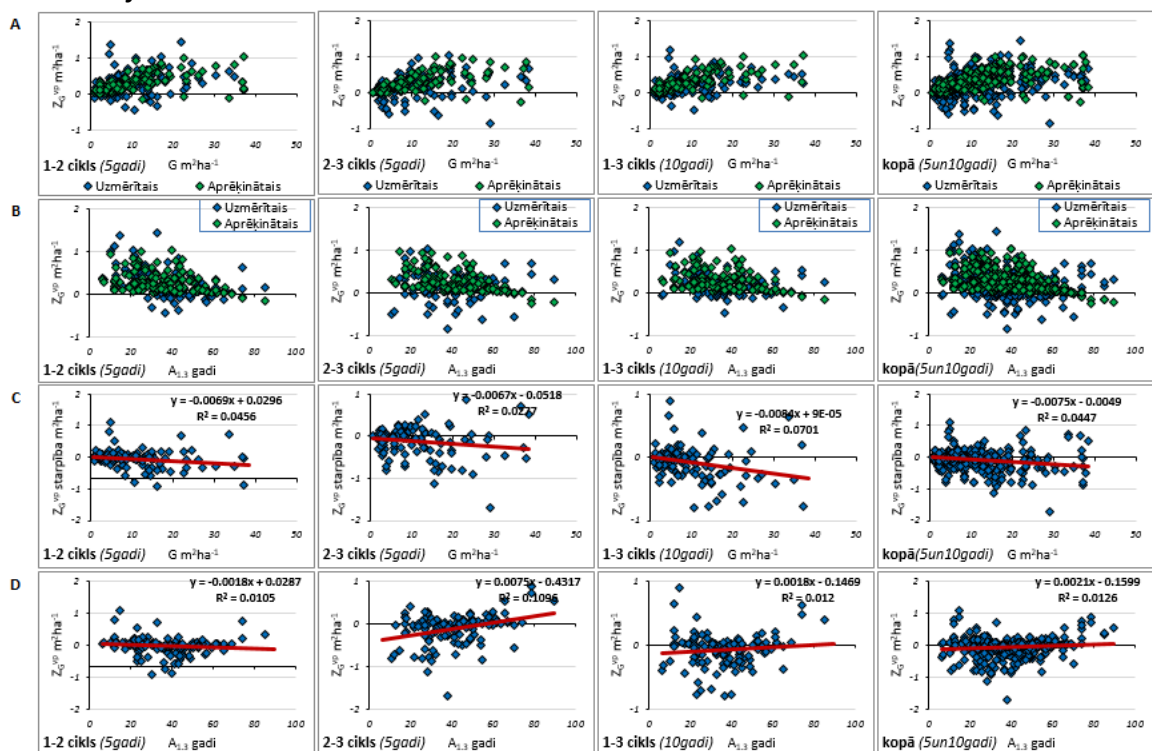


2.28. attēls. Bērza I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma  
 A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

## 2.4. vienādojums



## 2.5. vienādojums

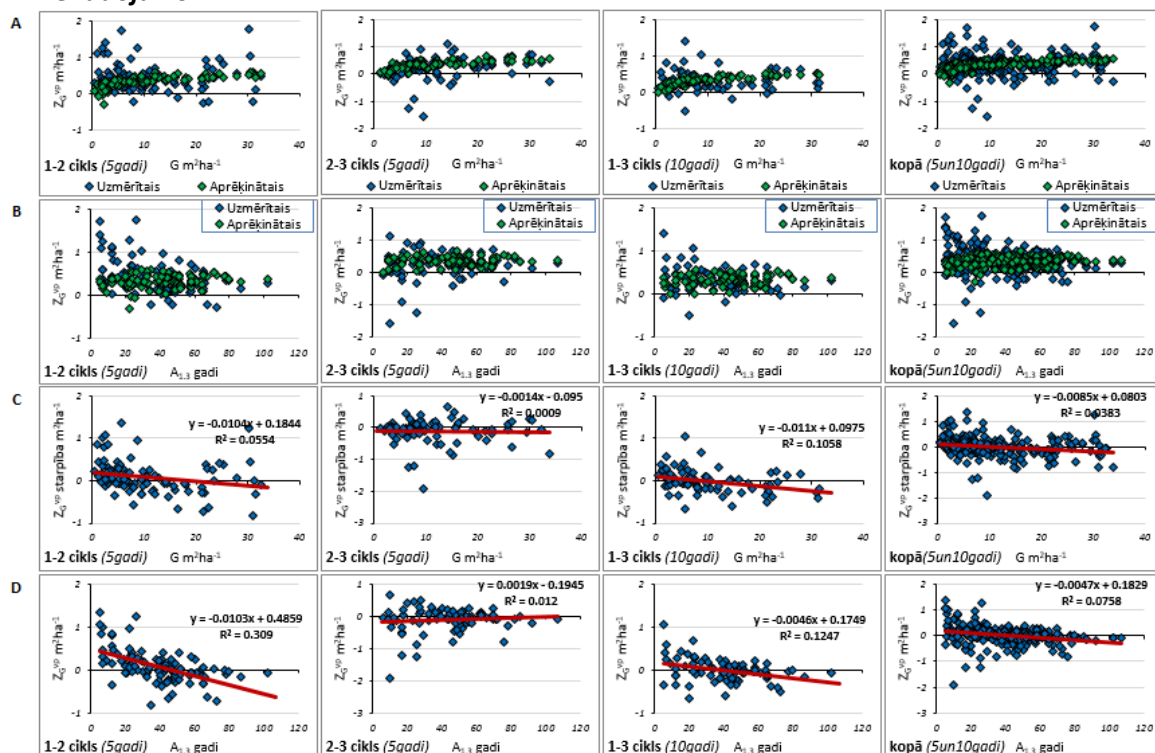


2.29. attēls. Melnalkšņa I stāva uzmērītais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma

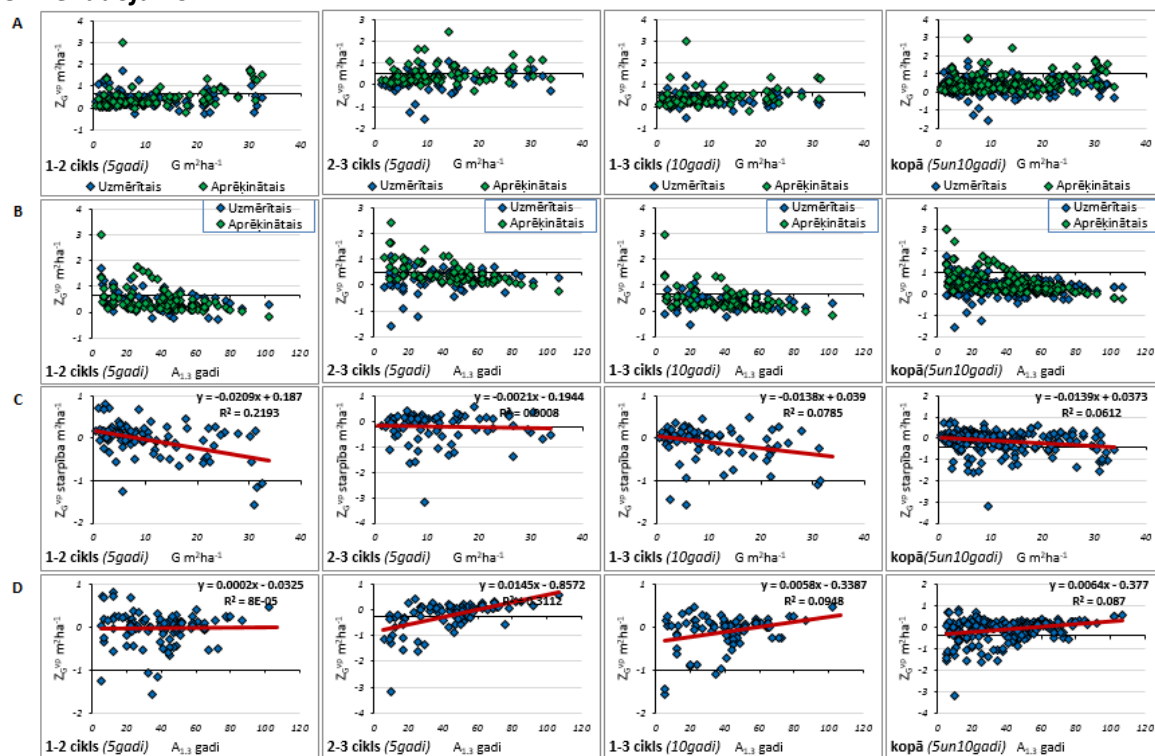
A – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzmērītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzmērīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.



## 2.4. vienādojums



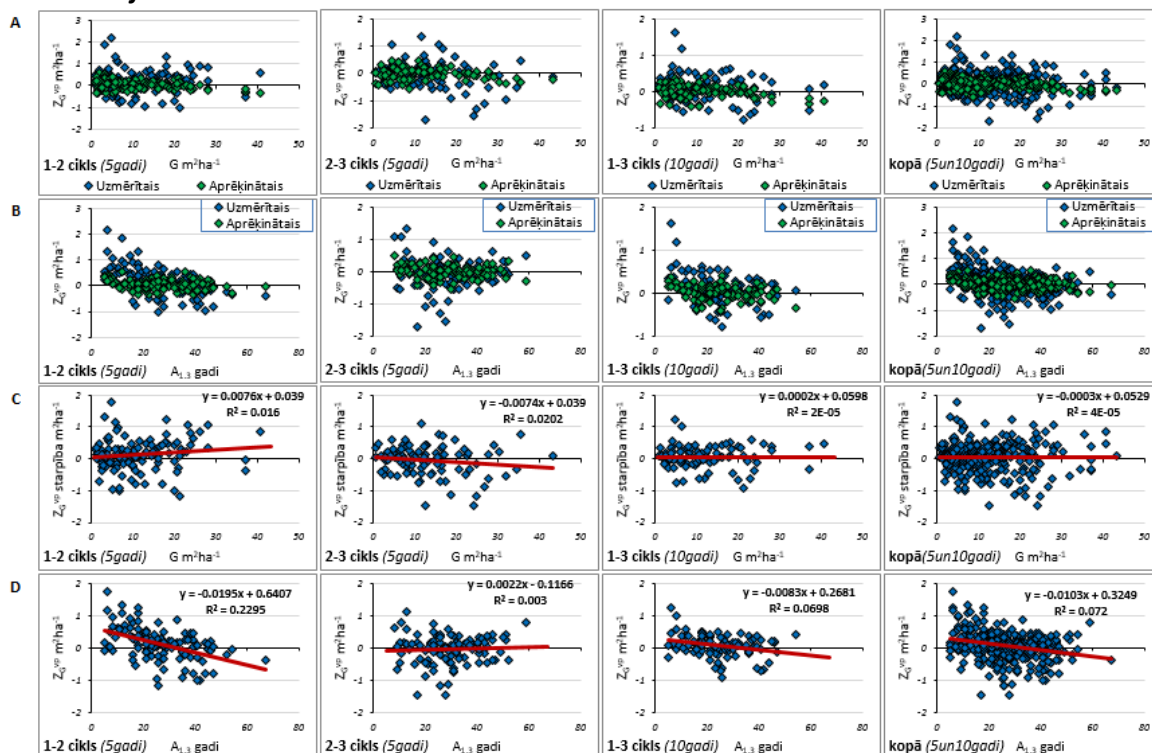
## 2.5. vienādojums



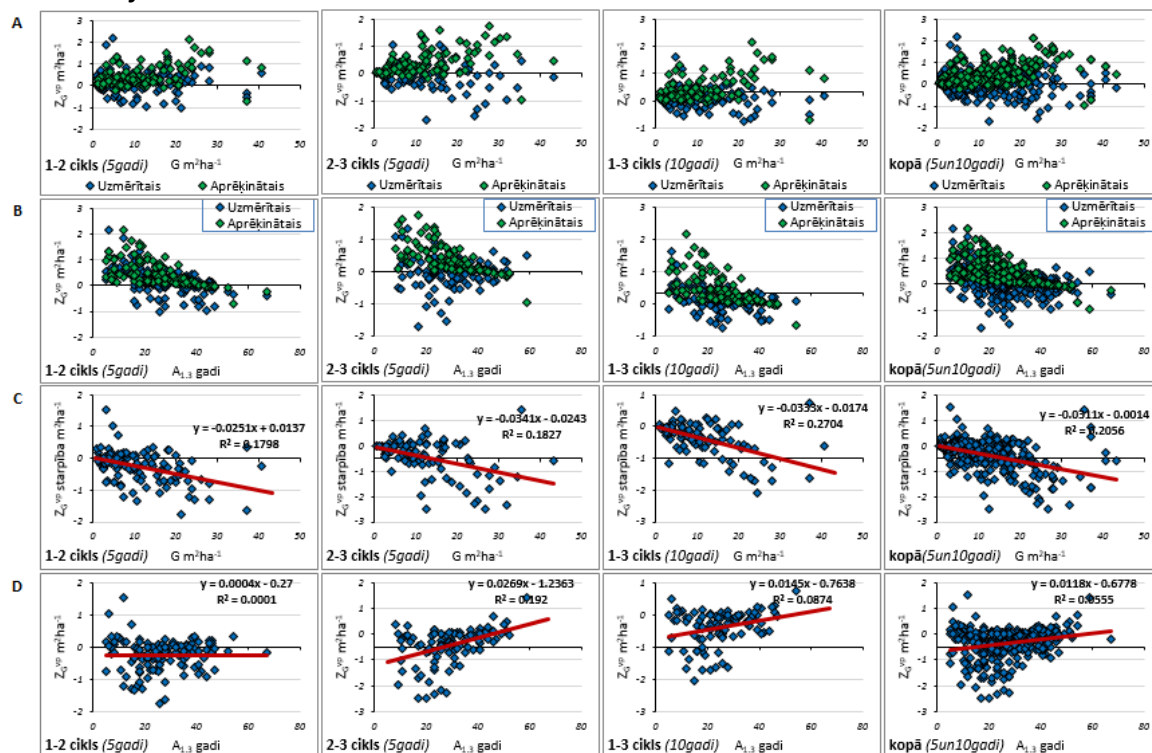
2.30. attēls. Apes I stāva uzņēmītais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma

A – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

## 2.4. vienādojums



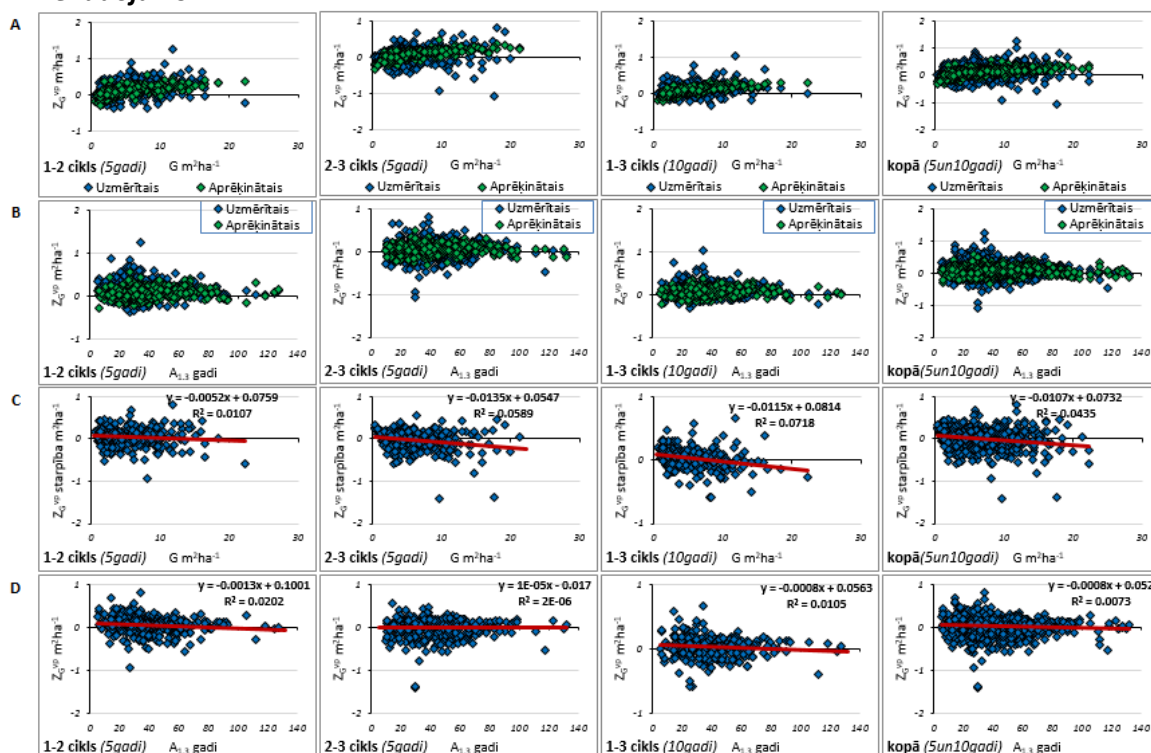
## 2.5. vienādojums



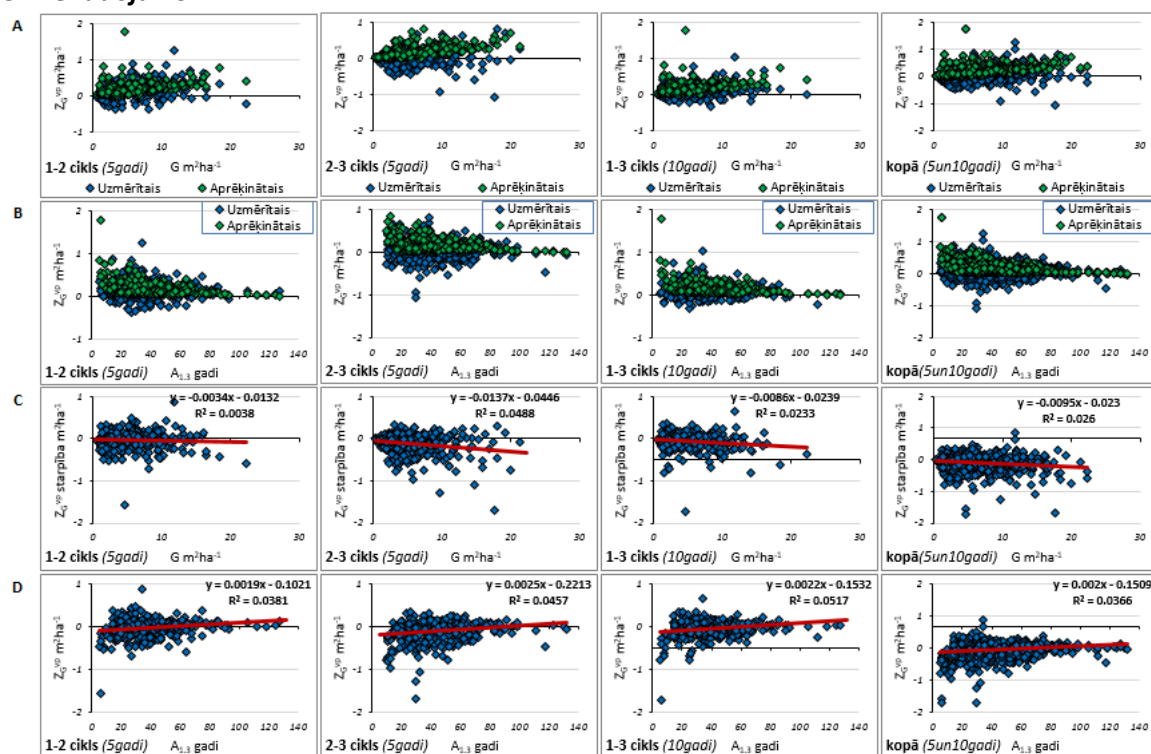
2.31. attēls. Baltalkšņa I stāva uzņēmītais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma

A – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzņēmītais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzņēmīto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

## 2.4. vienādojums



## 2.5. vienādojums



2.32. attēls. Egles II stāva uzņēmētais un aprēķinātais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums un šo rādītāju starpība atkarībā no periodu garuma, sākotnējā šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma

A – uzņēmētais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; B – uzņēmētais un prognozētais vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma; C – starpība starp uzņēmēto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā šķērslaukuma; D – starpība starp uzņēmēto un prognozēto vidējo periodisko šķērslaukuma pieaugumu atkarībā no sākotnējā krūšaugstuma vecuma.

Balstoties uz MSI 1., 2. un 3. cikla datiem aprēķinātas jaunas koeficientu vērtības 2.4. vienādojumam. Jaunās koeficientu vērtības aprēķinātas kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā



vienlaicīgi izmantojot visu trīs ciklu datus, bet ignorējot auto korelāciju, kā arī atsevišķi 10 gadu cikla variantā (2.14. tabula).

2.14. tabula

**Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļa (2.4. formula) 2016. gadā aproksimētās koeficientu vērtības**

| Suga         | Koeficients | 10 gadu cikls |               |                    |                    | kombinētais 5 un 10 gadu cikls |               |                    |                    |
|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
|              |             | Vērtība       | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. | Vērtība                        | Standartklūda | 95% ticamības min. | 95% ticamības max. |
| Priede       | b1          | 0.155         | 0.019         | 0.117              | 0.193              | 0.158                          | 0.014         | 0.130              | 0.186              |
|              | b2          | -0.036        | 0.011         | -0.058             | -0.014             | -0.038                         | 0.008         | -0.055             | -0.022             |
|              | b3          | 0.442         | 0.068         | 0.307              | 0.577              | 0.355                          | 0.042         | 0.273              | 0.437              |
|              | b4          | -0.358        | 0.063         | -0.482             | -0.234             | -0.319                         | 0.046         | -0.409             | -0.228             |
| Egle         | b1          | 0.114         | 0.022         | 0.071              | 0.158              | 0.132                          | 0.015         | 0.103              | 0.161              |
|              | b2          | -0.051        | 0.014         | -0.079             | -0.022             | -0.046                         | 0.010         | -0.065             | -0.027             |
|              | b3          | 0.941         | 0.075         | 0.794              | 1.089              | 0.731                          | 0.045         | 0.643              | 0.818              |
|              | b4          | -0.256        | 0.078         | -0.410             | -0.102             | -0.235                         | 0.053         | -0.339             | -0.131             |
| Bērzs        | b1          | 0.075         | 0.016         | 0.043              | 0.107              | 0.084                          | 0.012         | 0.060              | 0.107              |
|              | b2          | -0.018        | 0.010         | -0.038             | 0.002              | -0.014                         | 0.007         | -0.029             | 0.000              |
|              | b3          | 0.596         | 0.042         | 0.514              | 0.679              | 0.455                          | 0.027         | 0.403              | 0.507              |
|              | b4          | -0.275        | 0.055         | -0.383             | -0.167             | -0.244                         | 0.040         | -0.323             | -0.165             |
| Melnalksnis  | b1          | 0.148         | 0.021         | 0.105              | 0.190              | 0.146                          | 0.015         | 0.116              | 0.176              |
|              | b2          | -0.028        | 0.019         | -0.065             | 0.010              | -0.023                         | 0.013         | -0.049             | 0.002              |
|              | b3          | 0.512         | 0.085         | 0.343              | 0.681              | 0.414                          | 0.052         | 0.313              | 0.516              |
|              | b4          | -0.254        | 0.090         | -0.431             | -0.076             | -0.241                         | 0.063         | -0.365             | -0.116             |
| Apse         | b1          | 0.100         | 0.042         | 0.016              | 0.184              | 0.095                          | 0.031         | 0.034              | 0.156              |
|              | b2          | -0.011        | 0.031         | -0.073             | 0.052              | -0.008                         | 0.022         | -0.052             | 0.036              |
|              | b3          | 0.476         | 0.100         | 0.277              | 0.675              | 0.409                          | 0.058         | 0.295              | 0.523              |
|              | b4          | -0.185        | 0.157         | -0.497             | 0.127              | -0.116                         | 0.116         | -0.344             | 0.112              |
| Baltalksnis  | b1          | 0.080         | 0.055         | -0.029             | 0.189              | 0.092                          | 0.036         | 0.022              | 0.162              |
|              | b2          | -0.035        | 0.037         | -0.109             | 0.038              | -0.039                         | 0.024         | -0.087             | 0.008              |
|              | b3          | 0.489         | 0.153         | 0.186              | 0.793              | 0.474                          | 0.087         | 0.303              | 0.645              |
|              | b4          | -0.362        | 0.172         | -0.703             | -0.021             | -0.410                         | 0.119         | -0.645             | -0.176             |
| Egle 2.stāvs | b1          | 0.050         | 0.012         | 0.027              | 0.074              | 0.058                          | 0.008         | 0.042              | 0.073              |
|              | b2          | -0.017        | 0.008         | -0.032             | -0.001             | -0.014                         | 0.005         | -0.024             | -0.004             |
|              | b3          | 0.279         | 0.041         | 0.198              | 0.359              | 0.213                          | 0.021         | 0.172              | 0.253              |
|              | b4          | 0.046         | 0.033         | -0.019             | 0.111              | 0.025                          | 0.022         | -0.018             | 0.068              |

Šķērslaukuma izmaiņu vienādojumam statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām ir augsti un savstarpēji ļoti līdzīgi gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz 10 gadu cikla pārmērījuma datiem, gan vienādojumiem ar koeficientu vērtībām, kas aprēķinātas uz kombinētajiem 5 un 10 gadu cikla datiem (2.15. tabula).

2.15. tabula

**Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļa (2.4. formula) statistiskie rādītāji ar 2016. gadā aproksimētajām koeficientu vērtībām**

| Rādītājs                                | Suga  | Koeficienti | Vid       | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE    | MEF  | VR    | R     | R2    | N     |      |
|---|---|-------------|-----------|-------|--------|-------|------|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| G<br>(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Priede  | 10 gadi     | 18.59     | -0.16 | -0.88  | 0.17  | 0.19 | 1.05   | 0.04   | 0.00 | 1.013 | 1.000 | 1.000 | 1301  |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 18.59     | -0.16 | -0.87  | 0.17  | 0.20 | 1.07   | 0.04   | 0.00 | 1.011 | 1.000 | 1.000 | 1301  |      |
|   | Egle  | 10 gadi     | 12.23     | -0.22 | -1.84  | 0.25  | 0.30 | 2.47   | 0.09   | 0.00 | 1.024 | 1.000 | 1.000 | 977   |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 12.23     | -0.23 | -1.86  | 0.27  | 0.33 | 2.72   | 0.11   | 0.00 | 1.023 | 1.000 | 0.999 | 977   |      |
|   | Bērzs   | 10 gadi     | 10.07     | -0.13 | -1.34  | 0.16  | 0.19 | 1.93   | 0.04   | 0.00 | 1.011 | 1.000 | 1.000 | 1402  |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 10.07     | -0.14 | -1.37  | 0.17  | 0.22 | 2.23   | 0.05   | 0.00 | 1.009 | 1.000 | 0.999 | 1402  |      |
|   | Melnalksnis                                       | 10 gadi     | 11.17     | -0.19 | -1.69  | 0.21  | 0.25 | 2.24   | 0.06   | 0.00 | 1.023 | 1.000 | 1.000 | 374   |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 11.17     | -0.20 | -1.79  | 0.23  | 0.27 | 2.42   | 0.07   | 0.00 | 1.024 | 1.000 | 1.000 | 374   |      |
|   | Apse  | 10 gadi     | 12.63     | -0.30 | -2.39  | 0.31  | 0.34 | 2.68   | 0.11   | 0.00 | 1.013 | 1.000 | 1.000 | 268   |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 12.63     | -0.30 | -2.38  | 0.31  | 0.35 | 2.75   | 0.12   | 0.00 | 1.012 | 1.000 | 1.000 | 268   |      |
|   | Baltalksnis                                       | 10 gadi     | 12.02     | -0.04 | -0.36  | 0.13  | 0.16 | 1.37   | 0.03   | 0.00 | 1.003 | 1.000 | 1.000 | 311   |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 12.02     | -0.06 | -0.50  | 0.13  | 0.17 | 1.39   | 0.03   | 0.00 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 311   |      |
|   | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 5.49      | -0.08 | -1.54  | 0.09  | 0.11 | 1.96   | 0.01   | 0.00 | 1.022 | 1.000 | 1.000 | 1221  |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 5.49      | -0.09 | -1.64  | 0.10  | 0.12 | 2.16   | 0.01   | 0.00 | 1.021 | 1.000 | 1.000 | 1221  |      |
|   | zgvp<br>(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup><br>gadā) | Priede      | 10 gadi   | 0.17  | 0.01   | 5.55  | 0.19 | 0.28   | 164.42 | 0.08 | 0.91  | 0.125 | 0.303 | 0.092 | 1301 |
|   |   |             | 5-10 gadi | 0.17  | 0.01   | 6.27  | 0.19 | 0.29   | 164.73 | 0.08 | 0.91  | 0.145 | 0.304 | 0.092 | 1301 |
| Egle                                    |   | 10 gadi     | 0.24      | 0.01  | 5.25   | 0.22  | 0.34 | 141.31 | 0.11   | 0.76 | 0.277 | 0.490 | 0.240 | 977   |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 0.24      | 0.01  | 3.88   | 0.23  | 0.34 | 142.92 | 0.11   | 0.78 | 0.397 | 0.490 | 0.240 | 977   |      |
| Bērzs                                   |   | 10 gadi     | 0.15      | 0.01  | 9.05   | 0.19  | 0.30 | 202.89 | 0.09   | 0.85 | 0.184 | 0.389 | 0.151 | 1402  |      |
|   |   | 5-10 gadi   | 0.15      | 0.01  | 7.05   | 0.20  | 0.30 | 204.97 | 0.09   | 0.87 | 0.297 | 0.393 | 0.154 | 1402  |      |

**Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modeļa (2.4. formula) statistiskie rādītāji ar 2016. gadā  
aproximētajām koeficientu vērtībām**

| Rādītājs | Suga        | Koeficienti | Vid  | MRES | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R2    | N    |
|----------|-------------|-------------|------|------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|-------|------|
|          | Melnalksnis | 10 gadi     | 0.20 | 0.01 | 3.40   | 0.17  | 0.25 | 128.49 | 0.06 | 0.72 | 0.305 | 0.526 | 0.276 | 374  |
|          |             | 5-10 gadi   | 0.20 | 0.00 | -2.35  | 0.18  | 0.25 | 129.23 | 0.06 | 0.73 | 0.372 | 0.524 | 0.274 | 374  |
|          | Apse        | 10 gadi     | 0.31 | 0.01 | 3.71   | 0.23  | 0.35 | 110.17 | 0.12 | 0.89 | 0.163 | 0.338 | 0.114 | 268  |
|          |             | 5-10 gadi   | 0.31 | 0.01 | 4.42   | 0.24  | 0.35 | 110.56 | 0.12 | 0.90 | 0.220 | 0.345 | 0.119 | 268  |
|          | Baltalksnis | 10 gadi     | 0.07 | 0.02 | 33.46  | 0.33  | 0.45 | 692.50 | 0.20 | 0.90 | 0.110 | 0.320 | 0.102 | 311  |
|          |             | 5-10 gadi   | 0.07 | 0.00 | 6.95   | 0.33  | 0.45 | 693.26 | 0.20 | 0.90 | 0.107 | 0.313 | 0.098 | 311  |
|          | Egle 2.st.  | 10 gadi     | 0.09 | 0.00 | 2.17   | 0.12  | 0.17 | 202.03 | 0.03 | 0.88 | 0.130 | 0.347 | 0.121 | 1221 |
|          |             | 5-10 gadi   | 0.09 | 0.00 | -4.28  | 0.12  | 0.18 | 203.04 | 0.03 | 0.89 | 0.174 | 0.343 | 0.117 | 1221 |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Lai arī īslaicīgai meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modelēšanai ieteicams izmantot 2.4. vienādojumu, tomēr šķērslaukuma izmaiņu modelēšanā ieteicams lietot 2.5. vienādojumu, ja:

- ✓ meža elementa šķērslaukums ir mazāks par 5 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>;
- ✓ prognozējamā perioda ilgums pārsniedz 20 gadus;
- ✓ meža elementa krūšaugsstuma vecums pārsniedz priedei 120 gadus; eglei 100 gadus; bērzam, apsei un melnalksnim 80 gadus; baltalksnim 50 gadus.

Meža elementa šķērslaukuma aktualizāciju veic pēc sekojoša algoritma:

1. katram meža elementam aprēķina tā maksimālo šķērslaukumu (2.3. formula);
2. ņemot vērā meža elementa krūšaugsstuma vecumu, šķērslaukumu un prognožu perioda garumu, izvēlās aktualizācijas modeli un prognozē meža elementa šķērslaukuma izmaiņas (2.4. vai 2.5. formulas);
3. aktualizē meža elementa šķērslaukuma izmaiņas kā minimumu starp pirmā un otrā soļa rezultātu.

## 2.4. Krājas izmaiņas

Datu analizē izmanto datus par 2014. un 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem MSI parauglaukumiem, kas vienlaikus atbilst 2.1., 2.2. un 2.3. apakšnodaļās aprakstītajiem datu atlases kritērijiem.

Analizē salīdzina krājas izmaiņu starpības starp uzmērītajām un prognozētajām vērtībām, kas aprēķināta atkarībā no prognozētā augstuma (2.1. vienādojums), caurmēra (2.2. vienādojums) un šķērslaukuma (2.3., 2.4. un 2.5. vienādojumi).

Nākamā perioda krājas vidējā novirze starp uzmērītajām un modelētajām vērtībām 10 gadu periodā atkarībā no meža elementa svārstās robežās no -10,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> līdz +8,2 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, kas I stāva elementiem visos gadījumos ir mazāka par 10% no aritmētiski vidējās vērtības, bet II stāva eglei šis rādītājs ir 13,8% (2.15. tabula). Savukārt krājas vidējā periodiskā pieauguma vidējā novirze 10 gadu periodā atkarībā no meža elementa svārstās robežās no -1,02 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>gadā līdz +0,70 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>gadā (2.16. tabula).

**Meža elementa krājas izmaiņas statistiskie rādītāji**

| Cikli                      | Suga  | Aritm. vid. | MRES | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|----------------------------|-------|-------------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|----------------|-----|
| 1.cikl.vs 2. cikl. (5gadi) | P     | 190.8       | -3.5 | -1.8   | 9.3   | 13.4 | 7.0    | 178.1 | 0.01 | 1.027 | 0.994 | 0.988          | 236 |
|                            | E     | 131.0       | -3.5 | -2.7   | 11.7  | 17.1 | 13.0   | 289.2 | 0.03 | 1.017 | 0.984 | 0.969          | 187 |
|                            | B     | 108.8       | 4.0  | 3.6    | 8.4   | 12.1 | 11.2   | 146.8 | 0.03 | 0.944 | 0.988 | 0.977          | 224 |
|                            | M     | 107.5       | -0.3 | -0.3   | 9.0   | 12.6 | 11.7   | 156.2 | 0.01 | 0.967 | 0.994 | 0.987          | 63  |
|                            | A     | 179.3       | -0.1 | 0.0    | 13.0  | 21.7 | 12.1   | 460.9 | 0.02 | 0.975 | 0.991 | 0.982          | 52  |
|                            | Ba    | 109.2       | -5.3 | -4.8   | 12.0  | 16.9 | 15.5   | 275.8 | 0.05 | 1.111 | 0.981 | 0.963          | 41  |
|                            | E 2st | 47.5        | 3.9  | 8.3    | 6.0   | 9.4  | 19.7   | 86.9  | 0.07 | 0.861 | 0.974 | 0.949          | 116 |
| 2.cikl.vs 3.               | P     | 215.2       | -6.9 | -3.2   | 11.4  | 15.9 | 7.4    | 250.3 | 0.02 | 1.029 | 0.994 | 0.987          | 214 |

## Meža elementa krājas izmaiņas statistiskie rādītāji

| Cikli                        | Suga  | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | MEF   | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|------------------------------|-------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|-----|
| cikl. (5gadi)                | E     | 153.4       | -3.8  | -2.5   | 11.7  | 15.9 | 10.4   | 251.9 | 0.02  | 0.984 | 0.990 | 0.981          | 160 |
|                              | B     | 119.1       | 0.2   | 0.2    | 7.8   | 11.3 | 9.5    | 127.4 | 0.02  | 0.964 | 0.989 | 0.979          | 194 |
|                              | M     | 131.5       | -2.3  | -1.7   | 8.9   | 14.0 | 10.7   | 192.8 | 0.01  | 1.044 | 0.994 | 0.988          | 55  |
|                              | A     | 172.7       | -1.4  | -0.8   | 10.0  | 16.4 | 9.5    | 256.4 | 0.01  | 0.969 | 0.994 | 0.988          | 34  |
|                              | Ba    | 124.5       | -11.0 | -8.9   | 13.4  | 21.5 | 17.3   | 436.0 | 0.05  | 1.183 | 0.990 | 0.979          | 28  |
| E 2st                        | 48.8  | 2.7         | 5.6   | 5.0    | 8.0   | 16.4 | 63.7   | 0.05  | 0.910 | 0.979 | 0.958 | 132            |     |
| 1.cikl.vs 3. cikl. (10 gadi) | P     | 219.5       | -9.9  | -4.5   | 17.3  | 23.6 | 10.7   | 553.9 | 0.04  | 1.060 | 0.986 | 0.972          | 220 |
|                              | E     | 156.8       | -7.1  | -4.5   | 20.9  | 29.3 | 18.7   | 852.3 | 0.07  | 0.982 | 0.967 | 0.935          | 141 |
|                              | B     | 122.6       | 0.8   | 0.7    | 13.8  | 20.6 | 16.8   | 423.1 | 0.07  | 0.956 | 0.967 | 0.935          | 188 |
|                              | M     | 136.4       | -3.9  | -2.8   | 15.6  | 22.2 | 16.3   | 481.5 | 0.03  | 1.005 | 0.984 | 0.968          | 54  |
|                              | A     | 175.5       | -7.5  | -4.3   | 15.8  | 28.0 | 15.9   | 744.6 | 0.03  | 1.025 | 0.985 | 0.971          | 31  |
| Ba                           | 120.5 | -10.2       | -8.5  | 18.9   | 36.7  | 30.4 | 1209.6 | 0.14  | 1.183 | 0.950 | 0.902 | 20             |     |
| E 2st                        | 59.5  | 8.2         | 13.8  | 9.9    | 14.7  | 24.7 | 213.9  | 0.10  | 0.833 | 0.970 | 0.940 | 94             |     |
| visi kopā (5 un 10 gadi)     | P     | 208.0       | -6.7  | -3.2   | 12.6  | 17.7 | 8.5    | 314.6 | 0.02  | 1.044 | 0.991 | 0.982          | 670 |
|                              | E     | 145.8       | -4.7  | -3.2   | 14.3  | 20.5 | 14.1   | 419.7 | 0.04  | 0.996 | 0.981 | 0.963          | 488 |
|                              | B     | 116.4       | 1.8   | 1.5    | 9.9   | 14.8 | 12.7   | 218.4 | 0.04  | 0.958 | 0.981 | 0.963          | 606 |
|                              | M     | 124.3       | -2.1  | -1.7   | 11.0  | 15.4 | 12.4   | 235.5 | 0.02  | 1.009 | 0.991 | 0.981          | 172 |
|                              | A     | 176.4       | -2.4  | -1.4   | 12.9  | 19.7 | 11.2   | 384.6 | 0.02  | 0.985 | 0.990 | 0.981          | 117 |
| Ba                           | 116.5 | -8.2        | -7.0  | 14.0   | 19.1  | 16.4 | 360.7  | 0.07  | 1.160 | 0.977 | 0.955 | 89             |     |
| E 2st                        | 51.3  | 4.6         | 9.0   | 6.7    | 10.3  | 20.0 | 105.3  | 0.07  | 0.857 | 0.973 | 0.946 | 342            |     |

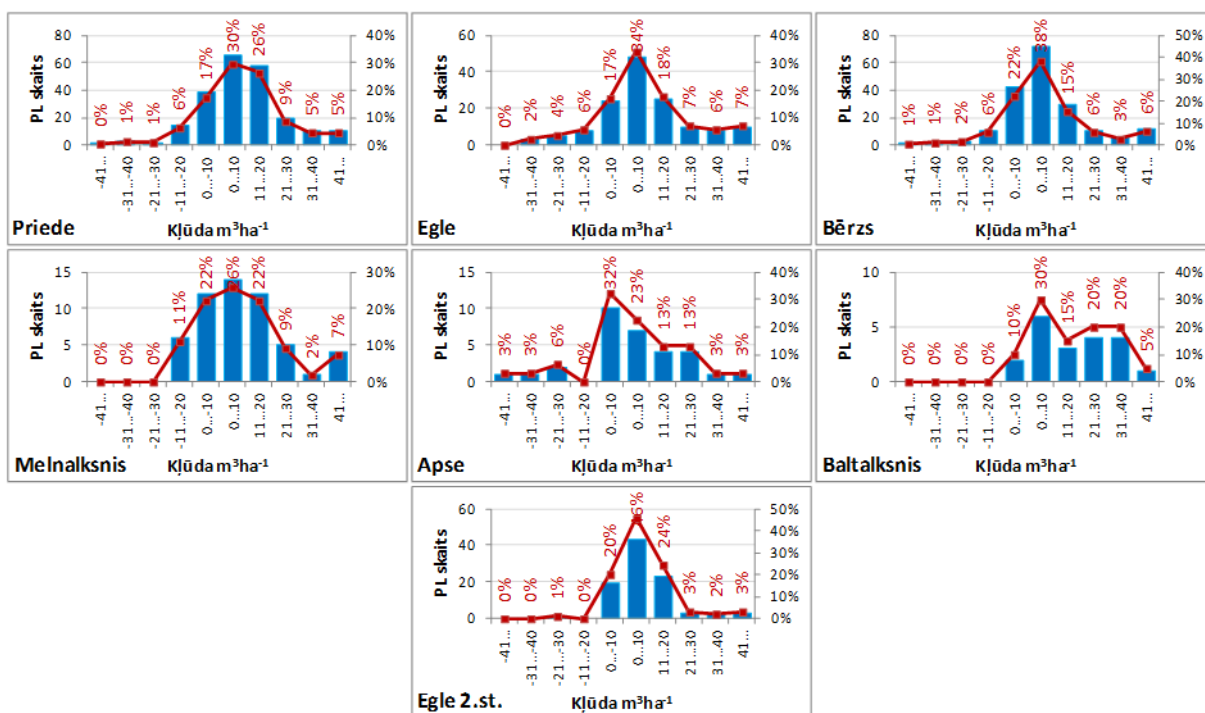
MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

## Meža elementa krājas vidējā periodiskā pieauguma statistiskie rādītāji

| Cikli                        | Suga | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | MEF   | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|------------------------------|------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|-----|
| 1.cikl.vs 2. cikl. (5gadi)   | P    | 4.46        | -0.69 | -15.5  | 1.87  | 2.67 | 60     | 7.12  | 0.75  | 0.933 | 0.638 | 0.407          | 236 |
|                              | E    | 4.96        | -0.70 | -14.1  | 2.34  | 3.41 | 69     | 11.57 | 0.74  | 0.868 | 0.623 | 0.389          | 187 |
|                              | B    | 3.99        | 0.79  | 19.9   | 1.69  | 2.43 | 61     | 5.87  | 0.68  | 0.411 | 0.632 | 0.399          | 224 |
|                              | M    | 4.24        | -0.07 | -1.6   | 1.79  | 2.52 | 60     | 6.25  | 0.42  | 0.620 | 0.763 | 0.582          | 63  |
|                              | A    | 7.10        | -0.01 | -0.2   | 2.60  | 4.35 | 61     | 18.44 | 0.44  | 0.417 | 0.754 | 0.568          | 52  |
|                              | Ba   | 4.76        | -1.05 | -22.1  | 2.40  | 3.38 | 71     | 11.03 | 0.89  | 0.979 | 0.610 | 0.372          | 41  |
| E 2st                        | 2.01 | 0.79        | 39.0  | 1.19   | 1.87  | 93   | 3.48   | 1.08  | 0.291 | 0.388 | 0.151 | 116            |     |
| 2.cikl.vs 3. cikl. (5gadi)   | P    | 3.75        | -1.38 | -36.9  | 2.28  | 3.17 | 85     | 10.01 | 1.11  | 1.002 | 0.556 | 0.309          | 214 |
|                              | E    | 5.01        | -0.77 | -15.3  | 2.34  | 3.18 | 64     | 10.07 | 0.61  | 0.851 | 0.692 | 0.479          | 160 |
|                              | B    | 3.20        | 0.04  | 1.1    | 1.55  | 2.26 | 71     | 5.09  | 0.54  | 0.422 | 0.678 | 0.459          | 194 |
|                              | M    | 3.96        | -0.45 | -11.4  | 1.79  | 2.81 | 71     | 7.71  | 0.85  | 1.176 | 0.622 | 0.387          | 55  |
|                              | A    | 6.16        | -0.28 | -4.6   | 2.00  | 3.27 | 53     | 10.26 | 0.49  | 0.446 | 0.722 | 0.521          | 34  |
| Ba                           | 3.28 | -2.20       | -67.3 | 2.67   | 4.30  | 131  | 17.44  | 1.53  | 0.955 | 0.555 | 0.308 | 28             |     |
| E 2st                        | 1.69 | 0.54        | 32.3  | 1.01   | 1.60  | 95   | 2.55   | 0.77  | 0.255 | 0.574 | 0.330 | 132            |     |
| 1.cikl.vs 3. cikl. (10 gadi) | P    | 4.30        | -0.99 | -23.1  | 1.73  | 2.36 | 55     | 5.54  | 0.80  | 1.216 | 0.711 | 0.505          | 220 |
|                              | E    | 4.91        | -0.71 | -14.5  | 2.09  | 2.93 | 60     | 8.52  | 0.56  | 0.902 | 0.726 | 0.526          | 141 |
|                              | B    | 3.34        | 0.08  | 2.5    | 1.38  | 2.06 | 62     | 4.23  | 0.56  | 0.466 | 0.663 | 0.440          | 188 |
|                              | M    | 4.28        | -0.39 | -9.0   | 1.56  | 2.22 | 52     | 4.82  | 0.44  | 0.787 | 0.771 | 0.595          | 54  |
|                              | A    | 5.37        | -0.75 | -14.0  | 1.58  | 2.80 | 52     | 7.45  | 0.59  | 0.709 | 0.701 | 0.492          | 31  |
| Ba                           | 4.40 | -1.02       | -23.3 | 1.89   | 3.67  | 83   | 12.10  | 0.73  | 0.803 | 0.668 | 0.447 | 20             |     |
| E 2st                        | 2.07 | 0.82        | 39.7  | 0.99   | 1.47  | 71   | 2.14   | 0.72  | 0.293 | 0.764 | 0.584 | 94             |     |
| visi kopā (5 un 10 gadi)     | P    | 4.18        | -1.01 | -24.2  | 1.95  | 2.70 | 65     | 7.30  | 0.88  | 1.021 | 0.628 | 0.395          | 670 |
|                              | E    | 4.96        | -0.73 | -14.6  | 2.27  | 3.13 | 63     | 9.78  | 0.65  | 0.872 | 0.675 | 0.456          | 488 |
|                              | B    | 3.54        | 0.33  | 9.4    | 1.55  | 2.23 | 63     | 4.94  | 0.59  | 0.424 | 0.651 | 0.424          | 606 |
|                              | M    | 4.16        | -0.29 | -7.0   | 1.72  | 2.35 | 56     | 5.49  | 0.53  | 0.803 | 0.716 | 0.513          | 172 |
|                              | A    | 6.37        | -0.29 | -4.5   | 2.16  | 3.33 | 52     | 11.00 | 0.46  | 0.451 | 0.743 | 0.552          | 117 |
| Ba                           | 4.21 | -1.41       | -33.4 | 2.37   | 3.16  | 75   | 9.83   | 0.98  | 0.893 | 0.600 | 0.360 | 89             |     |
| E 2st                        | 1.90 | 0.70        | 36.9  | 1.07   | 1.61  | 85   | 2.59   | 0.86  | 0.275 | 0.559 | 0.313 | 342            |     |

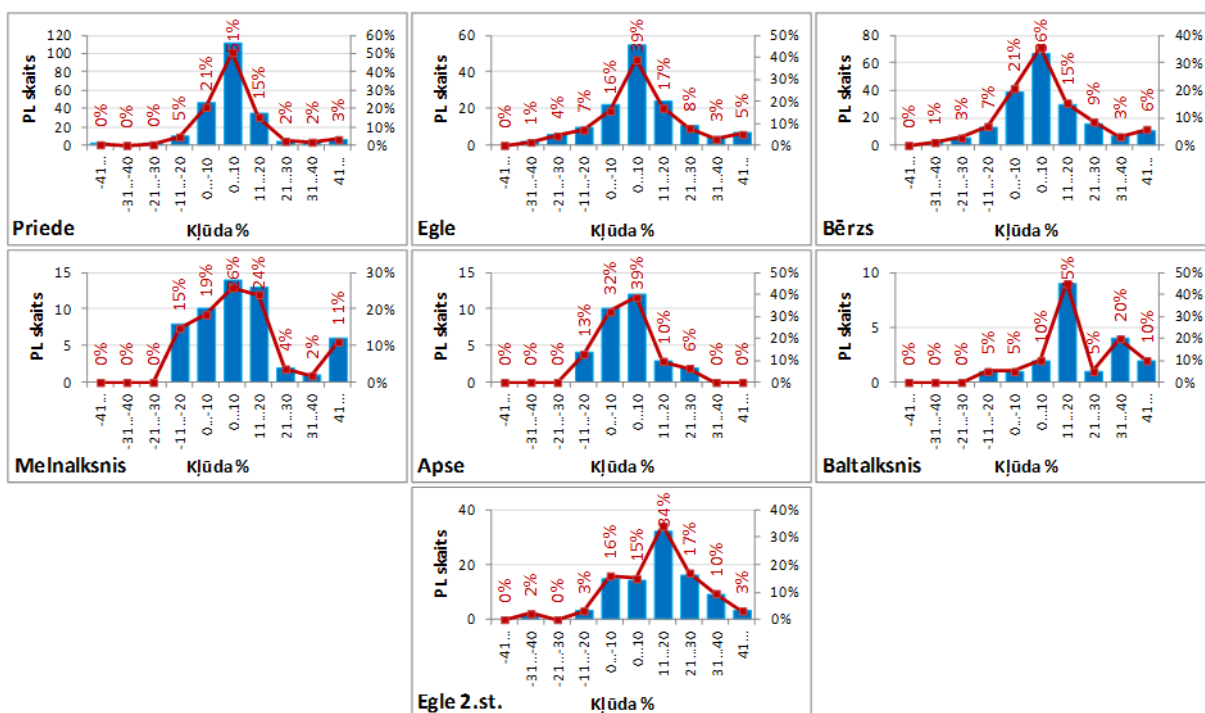
MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Desmit gadu periodā prognozētā krāja atšķiras mazāk par +/- 10 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> no uzmērītās priedei 47 %, eglei 51 % un bērzam 60 % no parauglaukumiem, savukārt mazāk par +/- 20 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> priedei 80 %, eglei 74 % un bērzam 82 % no parauglaukumiem (2.33. attēls).



2.33. attēls. Parauglaukumu skaits un īpatsvars atkarībā no prognozētās krājas starpības 10 gadu periodā

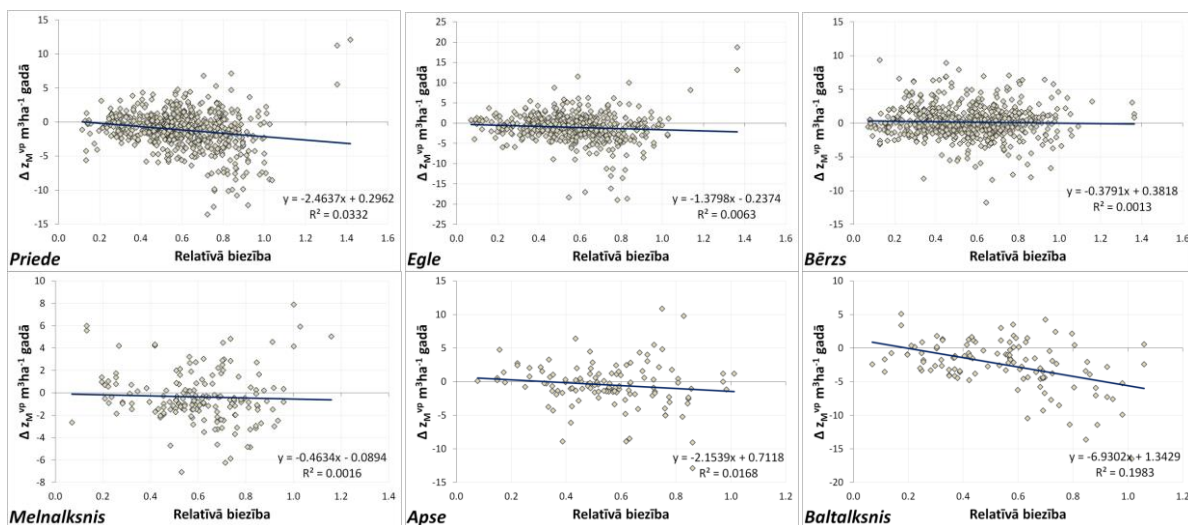
Desmit gadu periodā prognozētā krāja atšķiras mazāk par +/- 10 % no uzmērītās priedei 72 %, eglei 55 % un bērzam 56 % no parauglaukumiem, savukārt mazāk par +/- 20 m³ha⁻¹ priedei 92 %, eglei 79 % un bērzam 79 % no parauglaukumiem (2.34. attēls).



2.34. attēls. Parauglaukumu skaits un īpatsvars atkarībā no prognozētās krājas relatīvās starpības 10 gadu periodā

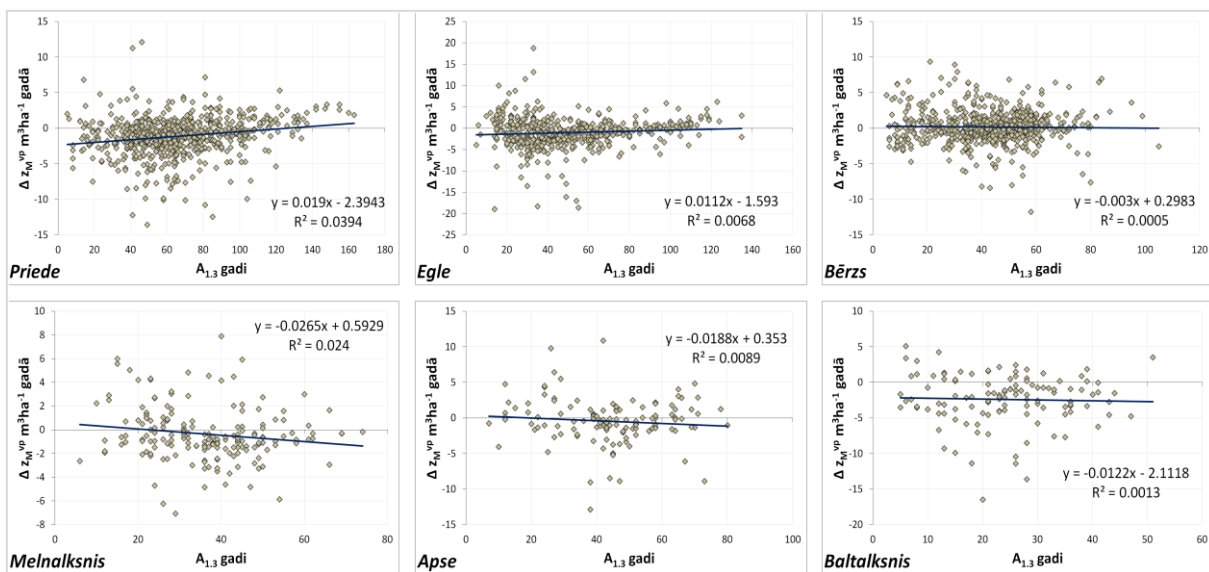
Desmit gadu periodā prognozētā krāja atšķiras mazāk par +/- 10 % vai +/- 10 m³ha⁻¹ no uzmērītās priedei 75 %, eglei 62 % un bērzam 70 % no parauglaukumiem.

Eglei, bērzam, apsei un melnalksnim nav konstatētas aptuvenās krājas novirzes atkarībā no biežības, bet priedei un baltalksnim aptuvenā krāja biežākajās audzēs ir sistemātiski lielāka nekā uzmērītā krāja (2.35. attēls).



2.35. attēls. Uzmērītā un aprēķinātā vidējā periodiskā krājas pieauguma starpība atkarībā no koku sugas.

Eglei, bērzam, apsei un baltalksnim nav konstatētas aptuvenās krājas novirzes atkarībā no biežības, priedei aptuvenā krāja vecākajās audzēs ir sistemātiski mazāka nekā uzmērītā krāja, bet melnalksnim aptuvenā krāja vecākajās audzēs ir sistemātiski lielāka nekā uzmērītā krāja (2.36. attēls).



2.36. attēls. Uzmērītā un aprēķinātā vidējā periodiskā krājas pieauguma starpība atkarībā no meža elementa krūšaugstuma vecuma.

Nav novērojama viennozīmīga mistrojuma ietekme uz prognozēto krājas pieauguma novirzi, vienām koku sugām augstāki statistiskie rādītāji ir tīraudzēs, bet citām tīraudzēs (2.18. tabula).

**Meža elementa krājas vidējā periodiskā pieauguma ( $m^3ha^{-1}$  gadā) statistiskie rādītāji  
atkarībā no audzes mistrojuma veida**

| Cikli       | Suga  | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|-------------|-------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|----------------|-----|
| Tīraudzes   | P     | 4.61        | -1.18 | -25.6  | 2.20  | 3.13 | 68     | 9.78  | 0.97 | 0.875 | 0.558 | 0.311          | 453 |
|             | E     | 5.57        | -1.43 | -25.7  | 3.05  | 4.72 | 85     | 22.14 | 0.82 | 0.781 | 0.590 | 0.348          | 176 |
|             | B     | 4.09        | 0.31  | 7.6    | 1.89  | 2.66 | 65     | 7.03  | 0.62 | 0.387 | 0.620 | 0.384          | 263 |
|             | M     | 5.27        | -0.09 | -1.8   | 1.98  | 2.96 | 56     | 8.57  | 0.45 | 0.798 | 0.756 | 0.572          | 54  |
|             | A     | 8.46        | -0.88 | -10.4  | 3.51  | 6.16 | 73     | 35.69 | 0.46 | 0.460 | 0.747 | 0.558          | 27  |
|             | Ba    | 5.16        | -1.71 | -33.2  | 3.09  | 4.86 | 94     | 23.02 | 1.58 | 1.037 | 0.345 | 0.119          | 52  |
|             | E 2st | 1.88        | 0.78  | 41.3   | 1.04  | 1.45 | 77     | 2.10  | 0.89 | 0.232 | 0.641 | 0.411          | 166 |
| Mistraudzes | P     | 3.04        | -1.13 | -37.1  | 1.82  | 2.49 | 82     | 6.18  | 1.13 | 1.190 | 0.598 | 0.357          | 247 |
|             | E     | 4.36        | -0.81 | -18.6  | 2.23  | 3.21 | 74     | 10.25 | 0.93 | 0.895 | 0.542 | 0.294          | 329 |
|             | B     | 2.92        | 0.08  | 2.7    | 1.44  | 2.14 | 73     | 4.58  | 0.67 | 0.390 | 0.580 | 0.336          | 386 |
|             | M     | 3.57        | -0.49 | -13.8  | 1.67  | 2.27 | 64     | 5.12  | 0.71 | 0.819 | 0.635 | 0.403          | 122 |
|             | A     | 5.89        | -0.36 | -6.1   | 1.90  | 2.90 | 49     | 8.32  | 0.59 | 0.521 | 0.651 | 0.423          | 96  |
|             | Ba    | 1.95        | -2.96 | -151.5 | 3.26  | 4.72 | 242    | 21.85 | 2.24 | 0.481 | 0.215 | 0.046          | 65  |
|             | E 2st | 1.74        | 0.49  | 28.2   | 1.10  | 1.77 | 102    | 3.13  | 0.79 | 0.269 | 0.523 | 0.274          | 194 |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

## 2.5. Kopšanas ciršu ietekmes vērtējums uz pieaugumu izmaiņām

### 2.5.1. Materiāls un metodika

Datu analizē izmantoja datus par 894 kokiem no 174 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzņēmētajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- ✓ meža elementi ir P1.st (500 koki), E1.st (394);
- ✓ pēdējo desmit gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana;
- ✓ parauglaukumā mežaudzes I stāva relatīvā biežība nekoptajās audzēs ir lielāka par 0,7, bet koptajās audzēs mazāka par 0,8;
- ✓ krūšaugstuma vecums priedēm no 21 līdz 80 gadiem, eglēm no 11 līdz 60 gadiem.

Par koptām audzēm tika uzskatītas audzes, kurās pirmajā uzņēmēšanas ciklā ir konstatēti vismaz trīs celmi.

Analizē salīdzināti vecuma grupu aritmētiski vidējie pēdējo piecu gadu krūšaugstuma caurmēra tekošie periodiskie pieaugumi.

Iepriekšējos gados jau noskaidrots, ka kopšanas cirtēm ir būtiska ietekme uz koku krūšaugstuma caurmēra pieaugumu (Donis et al., 2015).

Koku caurmēra papildus pieauguma novērtēšanai un caurmēra aprēķināšanai pēc kopšanas cirtes aproksimētas jaunas koeficientu vērtības iepriekš izstrādātajam vienādojumam:

$$D_2 = D_1 + (D_2 - D_1)[b_1 \ln(A_1) + b_2] \quad (2.6)$$

kur  $D_2$  – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs pēc kopšanas cirtes, cm;

$D_1$  – prognozētais meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, ja netiktu veikta kopšanas cirte (2.2. vienādojums), cm;

$A_1$  – meža elementa krūšaugstuma vecums pirms kopšanas cirtes, gadi;

$b_1$  un  $b_2$  – empīriskie koeficienti. Priede  $b_1 = -0.2744$   $b_2 = 2.5481$ ; Egle  $b_1 = -0.3640$   $b_2 = 2.4277$



## 2.5.2. Rezultāti

Balstoties uz 10 gadu pārmērījuma datiem aprēķinātas jaunas koeficientu vērtības iepriekš izstrādātajam vienādojumam kopšanas cirtes ietekmes novērtēšanai uz caurmēra pieauguma izmaiņām.

Konstatēts, ka priedei visās vecuma grupās no 21 līdz 80 gadiem caurmēra vidējais periodiskais 10 gadu pieaugums koptajās audzēs ir būtiski lielāks nekā nekoptajās audzēs. Savukārt eglei būtiski lielāks caurmēra vidējais periodiskais 10 gadu pieaugums koptajās audzēs ir vecuma grupās līdz 30 gadiem, bet vecākajās grupās nav konstatētas būtiskas atšķirības (2.19. tabula).

2.19. tabula

### MSI parauglaukumos uzmērīto koku krūšaugstuma caurmēra vidējais periodiskais pieaugums, cm\*gadā

| Suga  | Saimn_darb                                | Periods         | Rādītājs        | Vecuma desmitgade |             |             |             |             |             |             |      |
|---|---|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
|   |   |                 |                 | 11-20             | 21-30       | 31-40       | 41-50       | 51-60       | 61-70       | 71-80       |      |
| Priede<br><i>Ln; Dm; Am; As;<br/>Km; Ks</i> | Nekopts                                   | 5-gade I        | Aritm.vid.      |                   | 0.24        | 0.27        | 0.24        | 0.18        | 0.19        | 0.16        |      |
|   |   |                 | Standartnovirze |                   | 0.14        | 0.15        | 0.18        | 0.13        | 0.14        | 0.13        |      |
|   |   | 5-gade II       | Aritm.vid.      |                   | 0.25        | 0.22        | 0.19        | 0.17        | 0.15        | 0.18        |      |
|   |   |                 | Standartnovirze |                   | 0.12        | 0.13        | 0.15        | 0.15        | 0.13        | 0.13        |      |
|   |   | 10-gade         | Aritm.vid.      |                   | <b>0.24</b> | <b>0.24</b> | <b>0.21</b> | <b>0.17</b> | <b>0.17</b> | <b>0.17</b> |      |
|   |   |                 | Standartnovirze |                   | <b>0.10</b> | <b>0.12</b> | <b>0.14</b> | <b>0.11</b> | <b>0.11</b> | <b>0.10</b> |      |
|   |   | Koku skaits     |                 |                   |             | 27          | 160         | 225         | 158         | 303         | 151  |
|   |   | Kopts           | 5-gade I        | Aritm.vid.        |             | 0.47        | 0.35        | 0.31        | 0.23        | 0.22        | 0.20 |
|   | Standartnovirze                           |                 |                 |                   | 0.18        | 0.21        | 0.18        | 0.14        | 0.16        | 0.14        |      |
|   | 5-gade II                                 |                 | Aritm.vid.      |                   | 0.44        | 0.37        | 0.29        | 0.25        | 0.30        | 0.24        |      |
|   |   |                 | Standartnovirze |                   | 0.20        | 0.16        | 0.18        | 0.15        | 0.16        | 0.15        |      |
|   | 10-gade                                   |                 | Aritm.vid.      |                   | <b>0.46</b> | <b>0.36</b> | <b>0.30</b> | <b>0.24</b> | <b>0.26</b> | <b>0.22</b> |      |
|   |   |                 | Standartnovirze |                   | <b>0.14</b> | <b>0.15</b> | <b>0.15</b> | <b>0.11</b> | <b>0.13</b> | <b>0.11</b> |      |
|   | Koku skaits                               |                 |                 |                   | 55          | 47          | 123         | 112         | 80          | 83          |      |
|   | Egle<br><i>Dm; Vr; As; Ap;<br/>Ks; Kp</i> |                 | Nekopts         | 5-gade I          | Aritm.vid.  | 0.45        | 0.38        | 0.25        | 0.26        | 0.29        |      |
|   |   | Standartnovirze |                 |                   | 0.24        | 0.22        | 0.15        | 0.19        | 0.18        |             |      |
| 5-gade II                                   |   | Aritm.vid.      |                 | 0.40              | 0.33        | 0.27        | 0.24        | 0.28        |             |             |      |
|   |   | Standartnovirze |                 | 0.23              | 0.21        | 0.13        | 0.15        | 0.17        |             |             |      |
| 10-gade                                     |   | Aritm.vid.      |                 | <b>0.43</b>       | <b>0.35</b> | <b>0.26</b> | <b>0.25</b> | <b>0.29</b> |             |             |      |
|   |   | Standartnovirze |                 | <b>0.25</b>       | <b>0.23</b> | <b>0.16</b> | <b>0.17</b> | <b>0.22</b> |             |             |      |
| Koku skaits                                 |   |                 | 88              | 143               | 234         | 161         | 83          |             |             |             |      |
| Kopts                                       |   | 5-gade I        | Aritm.vid.      | 0.72              | 0.48        | 0.26        | 0.41        | 0.27        |             |             |      |
|   |   |                 | Standartnovirze | 0.29              | 0.24        | 0.16        | 0.15        | 0.16        |             |             |      |
|   |   | 5-gade II       | Aritm.vid.      | 0.60              | 0.40        | 0.28        | 0.60        | 0.29        |             |             |      |
|   |   |                 | Standartnovirze | 0.28              | 0.19        | 0.15        | 0.17        | 0.14        |             |             |      |
|   |   | 10-gade         | Aritm.vid.      | <b>0.66</b>       | <b>0.44</b> | <b>0.27</b> | <b>0.50</b> | <b>0.28</b> |             |             |      |
|   |   |                 | Standartnovirze | <b>0.30</b>       | <b>0.18</b> | <b>0.18</b> | <b>0.25</b> | <b>0.18</b> |             |             |      |
|   |   | Koku skaits     |                 |                   | 40          | 70          | 183         | 9           | 92          |             |      |

Vienādojumu koeficienti pašreiz ir norādoši, to precīzākas vērtības tiks aprēķinātas, papildinot datu rindas pētījuma turpinājumā.

### 3. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana

Darba uzdevums: *Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu pilnveidošana un statistisko rādītāju izvērtēšana, aprēķinus balstot uz 3. MSI cikla 2 gadu datiem.*

#### 3.1. Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis

##### 3.1.1. Materiāls un metodika

Analīzē izmantoti dati par 641 MSI 2014. un 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglaukumiem, kuriem:

- I stāva valdošā koku suga pirmajā uzmērīšanas reizē ir priede (268 parauglaukumi), egļe (98), bērzs (170), apse (28), melnalksnis (28), un baltalksnis (49);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients pirmajā uzmērīšanas reizē ir 7;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta masveida koku atmiršana (atmirušās krājas īpatsvars <50% no kopējās krājas);
- 10 gadu laikā parauglaukumā nav konstatēta koku ciršana.

Lai izvairītos no krājas izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2.0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6.0cm un 14.0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti pirmajā uzmērīšanas ciklā, un to reprezentācijas klases nemaina.

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai pārbaudīts sekojošs vienādojums (Donis et al., 2015):

$$Z_M = a_1 A^{a_2} a_3^B G^{a_4} \quad (3.1)$$

kur  $Z_M$  - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums,  $m^3 ha^{-1} gadā$ ;  
 $A$  – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums, gadi;  
 $B$  – audzes bonitāte (atbilstoši Orlova bonitāšu skalai  $Ia=0, I=1...IV=4; V=5$ );  
 $G$  – kokaudzes (meža elementa) šķērslaukums,  $m^2 ha^{-1}$ .

Analīzē katram parauglaukumam faktiskās audzes tekošo vidēji periodisko pieaugumu aprēķina sekojoši (Liepa, 1996):

$$Z_m = \frac{M_A - m_{A-n}}{n} \quad (3.2)$$

kur  $M_A$  - audzes krāja vecumā  $A$  (augošo koku krāja);  
 $m_{A-n}$  – intervāla  $n$  beigās audzē augošo koku krāja  $A-n$  gadu vecumā;  
 $n=5$

Koeficientu vērtības aprēķinātas izmantojot datorprogrammu SPSS 14 rīku Nonlinear regression.

### 3.1.2. Rezultāti

Iepriekš izstrādātajiem vienādojumiem, balstoties uz 10 gadu pārmērījuma datiem, aproksimētas koeficientu vērtības kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai (3.1. tabula). Atšķirībā no iepriekšējiem gadiem tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums ir atkarīgs no bonitātes visām koku sugām. Lai gan b2 koeficients lielākajā daļā gadījumu ir nebūtisks, tas tomēr saglabāts visos gadījumos, jo tas ir loģisks (pareiza determinācijas zīme) un tiek saglabāta vienādojuma forma visām koku sugām, kas atvieglo to praktisku pielietojumu.

Vienādojumam ar visiem analizē iekļautajiem meža elementiem konstatētas ļoti mazas vidējās novirzes (mazākas par  $0,06\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{gadā}$ ), kas visos gadījumos ir mazākas par 1% no elementa aritmētiski vidējā faktiskās audzes krājas tekošā vidēji periodiskā pieauguma (3.2. tabula).

3.1. tabula

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma modeļa (3.1. formula) koeficienti

| Suga        | Koeficients | Kopā     |               |                         |          | I stāvs  |               |                         |          |
|-------------|-------------|----------|---------------|-------------------------|----------|----------|---------------|-------------------------|----------|
|             |             | Vērtība  | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |          | Vērtība  | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |          |
|             |             |          |               | Min                     | Max      |          |               | Min                     | Max      |
| Priede      | b1          | 2.61622  | 0.61538       | 1.40454                 | 3.82790  | 3.83222  | 0.94094       | 1.97951                 | 5.68493  |
|             | b2          | -0.20809 | 0.06194       | -0.33005                | -0.08612 | -0.33514 | 0.06238       | -0.45796                | -0.21232 |
|             | b3          | 0.85637  | 0.01623       | 0.82441                 | 0.88833  | 0.86022  | 0.01660       | 0.82754                 | 0.89291  |
|             | b4          | 0.66294  | 0.06193       | 0.54099                 | 0.78488  | 0.69284  | 0.07027       | 0.55447                 | 0.83121  |
| Egle        | b1          | 5.88965  | 1.82644       | 2.26322                 | 9.51608  | 5.50868  | 1.84099       | 1.85335                 | 9.16401  |
|             | b2          | -0.03676 | 0.10722       | -0.24965                | 0.17612  | -0.14861 | 0.11274       | -0.37247                | 0.07524  |
|             | b3          | 0.85473  | 0.03825       | 0.77879                 | 0.93067  | 0.89185  | 0.04180       | 0.80885                 | 0.97485  |
|             | b4          | 0.25564  | 0.08841       | 0.08009                 | 0.43118  | 0.39228  | 0.09491       | 0.20383                 | 0.58073  |
| Bērzs       | b1          | 4.04121  | 0.95672       | 2.15230                 | 5.93013  | 8.05078  | 1.71733       | 4.66016                 | 11.44140 |
|             | b2          | -0.15467 | 0.08685       | -0.32615                | 0.01680  | -0.44369 | 0.08742       | -0.61630                | -0.27109 |
|             | b3          | 0.89248  | 0.02719       | 0.83881                 | 0.94616  | 0.91304  | 0.02875       | 0.85628                 | 0.96980  |
|             | b4          | 0.44459  | 0.07219       | 0.30207                 | 0.58711  | 0.52725  | 0.07490       | 0.37936                 | 0.67513  |
| Melnalksnis | b1          | 4.85038  | 3.51361       | -2.40136                | 12.10213 | 4.96685  | 3.82405       | -2.92561                | 12.85930 |
|             | b2          | -0.48393 | 0.30490       | -1.11322                | 0.14536  | -0.56608 | 0.31168       | -1.20935                | 0.07719  |
|             | b3          | 0.87873  | 0.07453       | 0.72491                 | 1.03255  | 0.89720  | 0.07961       | 0.73290                 | 1.06151  |
|             | b4          | 0.83850  | 0.28526       | 0.24975                 | 1.42725  | 0.92669  | 0.30287       | 0.30160                 | 1.55178  |
| Apse        | b1          | 9.76475  | 3.20146       | 3.15726                 | 16.37224 | 11.56780 | 3.34404       | 4.66604                 | 18.46957 |
|             | b2          | -0.40243 | 0.15233       | -0.71683                | -0.08802 | -0.49801 | 0.12212       | -0.75006                | -0.24596 |
|             | b3          | 0.56929  | 0.10843       | 0.34550                 | 0.79307  | 0.71159  | 0.11668       | 0.47078                 | 0.95240  |
|             | b4          | 0.58710  | 0.14957       | 0.27840                 | 0.89580  | 0.64570  | 0.12913       | 0.37919                 | 0.91221  |
| Baltalksnis | b1          | 5.14400  | 2.06367       | 0.98755                 | 9.30045  | 7.01757  | 2.85001       | 1.27736                 | 12.75779 |
|             | b2          | -0.31200 | 0.17182       | -0.65805                | 0.03406  | -0.40959 | 0.18140       | -0.77496                | -0.04423 |
|             | b3          | 0.95657  | 0.04430       | 0.86735                 | 1.04578  | 0.96364  | 0.04706       | 0.86886                 | 1.05841  |
|             | b4          | 0.50563  | 0.11406       | 0.27589                 | 0.73536  | 0.49297  | 0.11304       | 0.26530                 | 0.72064  |

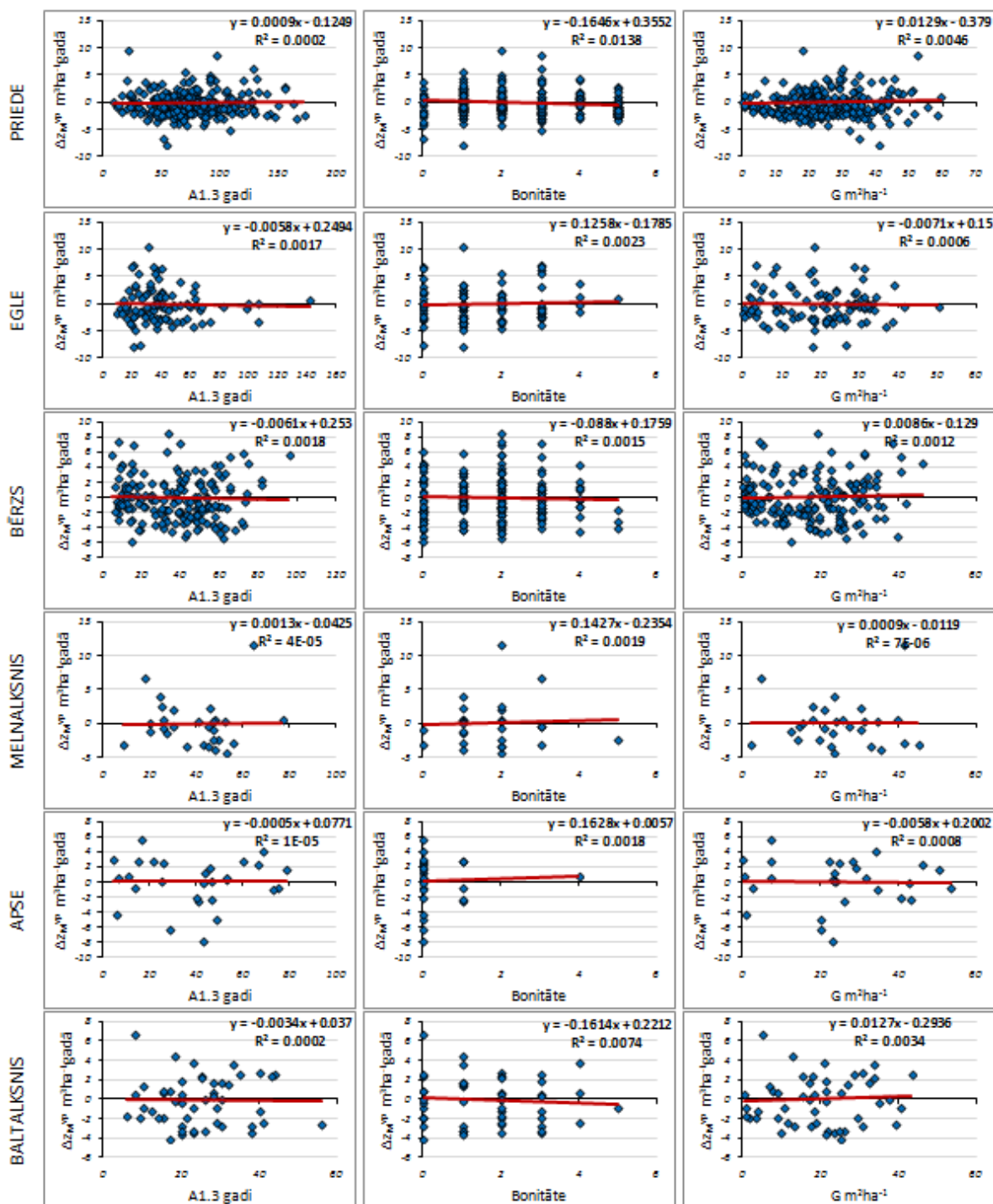
3.2. tabula

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma modeļa (3.1. formula) statistiskie rādītāji

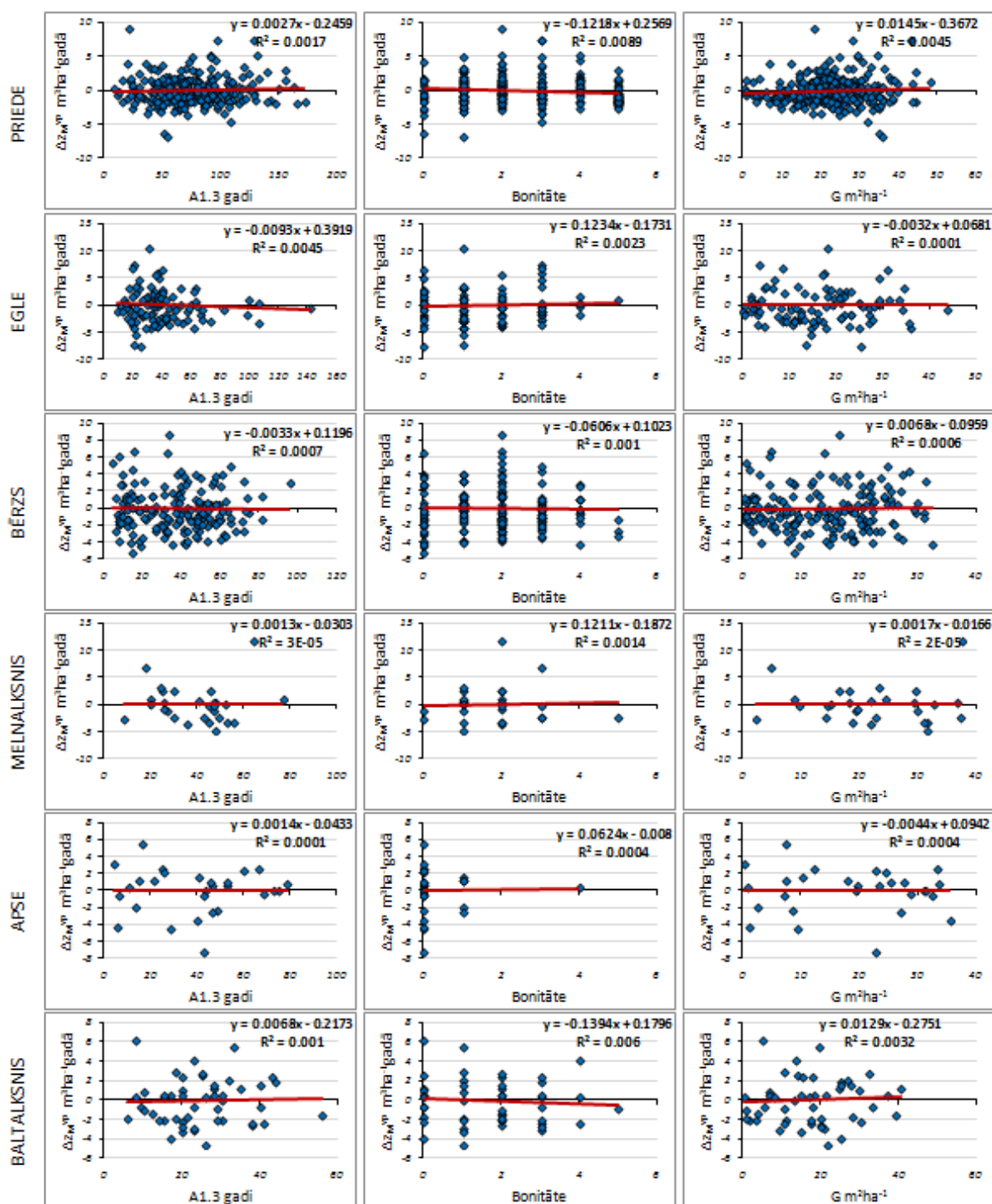
| Veids    | Suga | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE   | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|----------|------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|-------|------|-------|-------|----------------|-----|
| Kopā     | P    | 6.34        | -0.06 | -0.89  | 1.64  | 2.18 | 34.37  | 4.73  | 0.34 | 0.606 | 0.812 | 0.660          | 268 |
|          | E    | 8.50        | 0.01  | 0.17   | 2.40  | 3.23 | 38.04  | 10.35 | 0.58 | 0.438 | 0.651 | 0.424          | 98  |
|          | B    | 6.36        | 0.02  | 0.32   | 2.28  | 2.88 | 45.34  | 8.26  | 0.57 | 0.448 | 0.655 | 0.430          | 170 |
|          | M    | 9.66        | 0.01  | 0.10   | 2.35  | 3.64 | 37.68  | 12.71 | 0.54 | 0.467 | 0.677 | 0.459          | 28  |
|          | A    | 12.39       | 0.06  | 0.47   | 2.37  | 3.33 | 26.85  | 10.62 | 0.28 | 0.762 | 0.849 | 0.721          | 28  |
|          | Ba   | 7.48        | -0.05 | -0.61  | 2.05  | 2.55 | 34.14  | 6.37  | 0.44 | 0.513 | 0.751 | 0.564          | 49  |
| 1. stāvs | P    | 5.53        | -0.05 | -0.86  | 1.52  | 2.01 | 36.41  | 4.04  | 0.37 | 0.576 | 0.792 | 0.627          | 268 |
|          | E    | 7.78        | 0.02  | 0.20   | 2.39  | 3.19 | 41.04  | 10.08 | 0.57 | 0.444 | 0.655 | 0.429          | 98  |
|          | B    | 5.19        | 0.00  | -0.09  | 1.91  | 2.48 | 47.80  | 6.13  | 0.60 | 0.398 | 0.635 | 0.403          | 170 |
|          | M    | 9.12        | 0.02  | 0.22   | 2.35  | 3.72 | 40.83  | 13.29 | 0.53 | 0.484 | 0.684 | 0.467          | 28  |
|          | A    | 10.79       | 0.01  | 0.11   | 1.97  | 2.90 | 26.89  | 8.07  | 0.26 | 0.745 | 0.857 | 0.735          | 28  |
|          | Ba   | 6.90        | -0.05 | -0.74  | 1.94  | 2.48 | 35.99  | 6.03  | 0.47 | 0.468 | 0.728 | 0.530          | 49  |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Starpības starp uzmērīto un aproksimēto faktiskās audzes tekošo vidēji periodisko pieaugumu nav atkarīgas no vienādojumā iekļautajām faktoriālajām pazīmēm (krūšaugstuma vecuma, bonitātes un elementa šķērslaukuma), jo visos gadījumos lineārās korelācijas ir vājas (3.1. un 3.2. attēli).



3.1. attēls. Faktiskās audzes kopējā ikgadējā krājas pieauguma starpības ( $\Delta Z_M \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ gadā}$ ) starp uzmērītajām un aproksimētajām (3.1. vienādojums) vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes šķērslaukuma ( $G \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ )



3.2. attēls. Faktiskās audzes I stāva ikgadējā krājas pieauguma starpības ( $\Delta Zm \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{gadā}$ ) starp uzmērītajām un aptuvenajām (3.1. vienādojums) vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes I stāva šķērslaukuma ( $G \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ )

## 3.2. Atmiruma modelis

### 3.2.1. Materiāls un metodika

Analīzē izmantoti dati par 641 MSI 2014. un 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kas atbilst 3.1. apakšnodaļā minētajiem kritērijiem.

Tā kā otrajā ciklā nav uzmērīts starp inventarizācijas laikā atmirušo koku pieaugums (pieņemts, ka tie nav veidojuši pieaugumu), to dimensijas pieņemtas par tādām, kādas tās bija 1. cikla uzmērījumā.

Ikgadējā dabiskā atmiruma modelēšanai pārbaudīti 2 vienādojumi (Donis et al., 2015):

$$Z_M(-) = aA^b c^{\left(\frac{A}{100}\right)} G^d \quad (3.3)$$

$$Z_M(-) = \frac{AG}{a+bA+cG} \quad (3.4)$$

kur  $Z_M(-)$  - audzes dabiskais tekošais vidēji periodiskais krājas atmirums,  $m^3ha^{-1}$  gadā;  
 $A$  – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums, gadi;  
 $G$  – kokaudzes šķērslaukums,  $m^2ha^{-1}$ ;  
 $a, b, c, d$  - koeficienti.

Koeficientu vērtības aprēķinātas izmantojot datorprogrammu SPSS 14 rīku Nonlinear regression.

### 3.2.2. Rezultāti

Iepriekš izstrādātajiem vienādojumiem, balstoties uz 10 gadu pārmērījuma datiem, aproksimētas jaunas koeficientu vērtības kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas atmiruma aprēķināšanai (3.3. un 3.4. tabula). Lai gan 3.3. vienādojumam b2 un b3 koeficienti un 3.4. vienādojumam b3 koeficienti ir nebūtiski, tie tomēr saglabāti visos gadījumos, jo tiem ir bioloģiski loģiski (pareiza determinācijas zīme) un tiek saglabāta iepriekšējo gadu vienādojuma forma (viens no pētījuma pasūtītāja prasībām), kas atvieglo to praktisku pielietojumu.

Abiem vienādojumiem visiem analizētajiem meža elementiem konstatētas ļoti mazas vidējās novirzes (mazākas par  $0,04m^3ha^{-1}$  gadā), kas visos gadījumos ir mazākas par 3,5% no elementa aritmētiski vidējā krājas tekošā vidēji periodiskā atmiruma (3.2. tabula). Abiem vienādojumiem ir ļoti līdzīgi statistiskie rādītāji, kas nozīmē, ka abi vienādojumi vienlīdz labi raksturo paraugkopu.

3.3. tabula

**Audzes tekošā vidēji periodiskā atmiruma modeļa (3.3. formula) koeficienti**

| Suga        | Koef | Kopā     |               |                         |         | I stāvs  |               |                         |         |
|-------------|------|----------|---------------|-------------------------|---------|----------|---------------|-------------------------|---------|
|             |      | Vērtība  | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |         | Vērtība  | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |         |
|             |      |          |               | Min                     | Max     |          |               | Min                     | Max     |
| Priede      | b1   | 0.00033  | 0.00096       | -0.00156                | 0.00221 | 0.00015  | 0.00054       | -0.00092                | 0.00122 |
|             | b2   | 0.96537  | 0.86131       | -0.73054                | 2.66129 | 1.21331  | 1.06589       | -0.88541                | 3.31204 |
|             | b3   | 0.19520  | 0.21455       | -0.22724                | 0.61764 | 0.16476  | 0.22077       | -0.26993                | 0.59946 |
|             | b4   | 1.67134  | 0.21211       | 1.25369                 | 2.08899 | 1.64834  | 0.28665       | 1.08393                 | 2.21275 |
| Egle        | b1   | 0.00127  | 0.00390       | -0.00648                | 0.00901 | 0.00017  | 0.00065       | -0.00112                | 0.00146 |
|             | b2   | 0.65018  | 1.08956       | -1.51317                | 2.81353 | 1.18205  | 1.29840       | -1.39596                | 3.76006 |
|             | b3   | 0.63142  | 1.07163       | -1.49633                | 2.75916 | 0.29035  | 0.58234       | -0.86589                | 1.44659 |
|             | b4   | 1.58492  | 0.34762       | 0.89470                 | 2.27513 | 1.69690  | 0.37639       | 0.94956                 | 2.44424 |
| Bērzs       | b1   | 0.05840  | 0.09167       | -0.12258                | 0.23939 | 0.00280  | 0.00837       | -0.01373                | 0.01933 |
|             | b2   | -0.41100 | 0.58485       | -1.56571                | 0.74370 | 0.06733  | 1.05660       | -2.01879                | 2.15344 |
|             | b3   | 1.53108  | 1.94116       | -2.30147                | 5.36363 | 1.50512  | 3.09523       | -4.60596                | 7.61621 |
|             | b4   | 1.55661  | 0.19690       | 1.16785                 | 1.94536 | 1.97619  | 0.26744       | 1.44816                 | 2.50421 |
| Melnalksnis | b1   | 0.00058  | 0.00465       | -0.00901                | 0.01018 | 0.00043  | 0.00412       | -0.00807                | 0.00892 |
|             | b2   | 1.88881  | 3.04043       | -4.38633                | 8.16396 | 1.70089  | 3.73559       | -6.00898                | 9.41076 |
|             | b3   | 0.03127  | 0.20952       | -0.40116                | 0.46370 | 0.03151  | 0.25917       | -0.50340                | 0.56642 |
|             | b4   | 0.84029  | 0.55948       | -0.31441                | 1.99499 | 1.12588  | 0.77786       | -0.47955                | 2.73130 |
| Apse        | b1   | 0.08455  | 0.27045       | -0.47363                | 0.64272 | 0.11846  | 0.37801       | -0.66172                | 0.89864 |
|             | b2   | 0.11929  | 1.17130       | -2.29816                | 2.53675 | -0.32099 | 1.28838       | -2.98008                | 2.33810 |
|             | b3   | 0.43598  | 1.04282       | -1.71631                | 2.58826 | 0.73219  | 1.97779       | -3.34976                | 4.81415 |
|             | b4   | 1.11459  | 0.38814       | 0.31351                 | 1.91567 | 1.48157  | 0.51912       | 0.41017                 | 2.55298 |
| Baltalksnis | b1   | 0.02650  | 0.05839       | -0.09110                | 0.14410 | 0.01096  | 0.02562       | -0.04064                | 0.06255 |
|             | b2   | -0.20896 | 0.91881       | -2.05954                | 1.64162 | 0.06746  | 0.95346       | -1.85291                | 1.98782 |
|             | b3   | 1.19164  | 3.39587       | -5.64800                | 8.03129 | 0.44166  | 1.28323       | -2.14290                | 3.02622 |
|             | b4   | 1.68845  | 0.21949       | 1.24638                 | 2.13051 | 1.78333  | 0.23441       | 1.31121                 | 2.25546 |



Audzes tekošā vidēji periodiskā atmiruma modeļa (3.4. formula) koeficienti

| Suga        | Koeficients | Kopā    |               |                         |          | I stāvs |               |                         |          |
|-------------|-------------|---------|---------------|-------------------------|----------|---------|---------------|-------------------------|----------|
|             |             | Vērtība | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |          | Vērtība | Standartklūda | 95% Ticamības intervāls |          |
|             |             |         |               | Min                     | Max      |         |               | Min                     | Max      |
| Priede      | b1          | 489.654 | 299.680       | -100.403                | 1079.710 | 617.354 | 404.007       | -178.119                | 1412.827 |
|             | b2          | 17.961  | 2.685         | 12.674                  | 23.248   | 17.863  | 3.501         | 10.969                  | 24.757   |
|             | b3          | -17.046 | 5.951         | -28.764                 | -5.328   | -22.758 | 10.138        | -42.720                 | -2.797   |
| Egle        | b1          | 476.177 | 186.564       | 105.800                 | 846.554  | 622.916 | 236.681       | 153.044                 | 1092.789 |
|             | b2          | 5.750   | 2.365         | 1.054                   | 10.446   | 4.710   | 2.525         | -0.303                  | 9.724    |
|             | b3          | -7.327  | 4.611         | -16.482                 | 1.827    | -10.700 | 6.212         | -23.033                 | 1.633    |
| Bērzs       | b1          | 87.075  | 74.418        | -59.846                 | 233.996  | 704.281 | 197.684       | 314.000                 | 1094.562 |
|             | b2          | 13.363  | 1.770         | 9.869                   | 16.857   | 6.240   | 2.323         | 1.654                   | 10.826   |
|             | b3          | -7.494  | 2.928         | -13.275                 | -1.714   | -20.718 | 5.599         | -31.771                 | -9.664   |
| Melnalksnis | b1          | 119.533 | 263.539       | -423.236                | 662.302  | 204.934 | 375.946       | -569.342                | 979.210  |
|             | b2          | 6.857   | 6.675         | -6.891                  | 20.605   | 9.906   | 9.568         | -9.799                  | 29.611   |
|             | b3          | 2.260   | 9.153         | -16.592                 | 21.111   | -4.191  | 15.541        | -36.198                 | 27.816   |

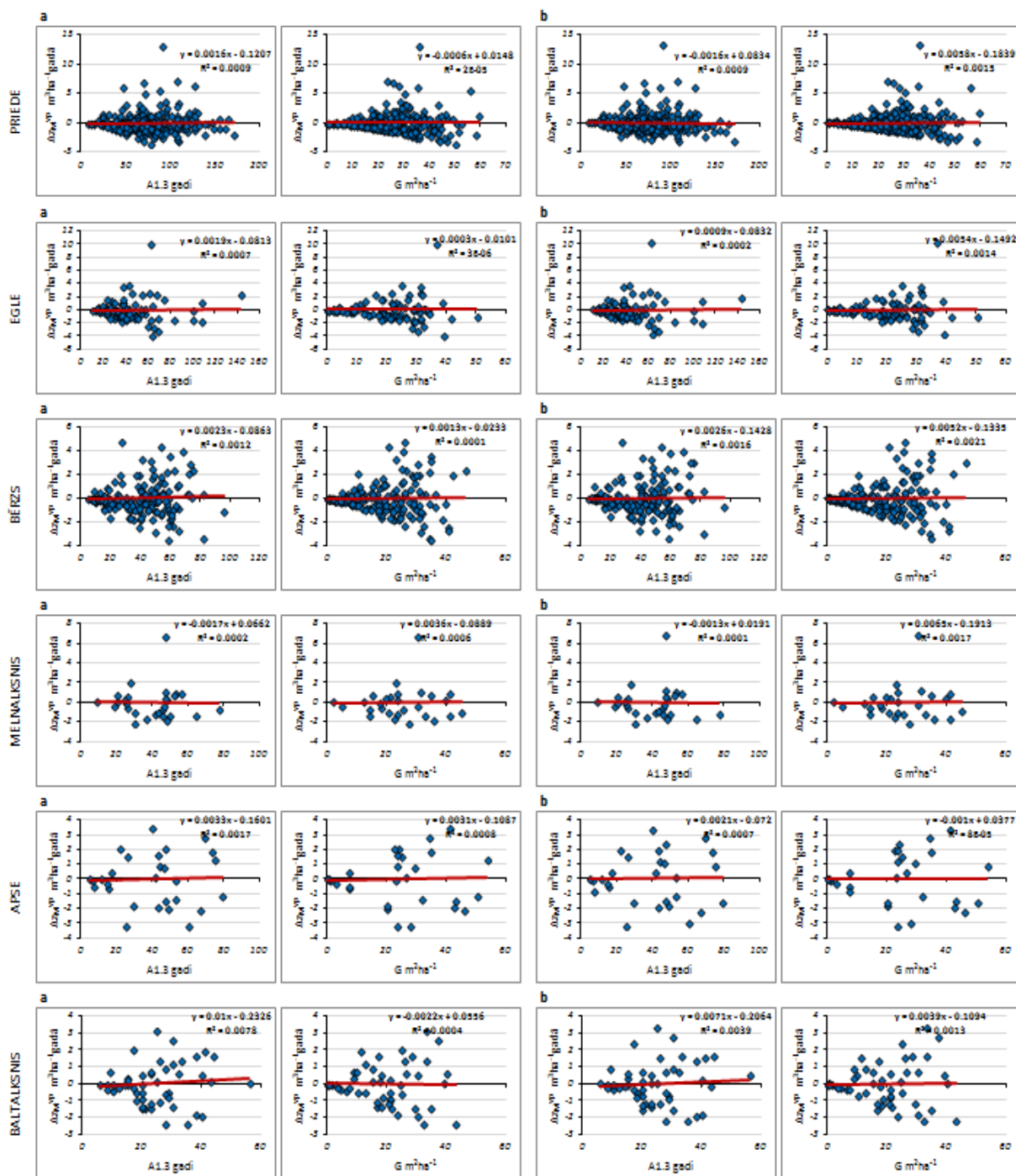
3.5. tabula

Audzes tekošā vidēji periodiskā atmiruma modeļu (3.3. un 3.4. formulas) statistiskie rādītāji

|                  | Veids    | Suga | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|------------------|----------|------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|----------------|-----|
| 3.3. vienādojums | Kopā     | P    | 1.40        | 0.00  | -0.02  | 1.04  | 1.70 | 121.71 | 2.88 | 0.75 | 0.255 | 0.502 | 0.252          | 268 |
|                  |          | E    | 1.54        | -0.01 | -0.33  | 0.96  | 1.66 | 107.86 | 2.74 | 0.58 | 0.417 | 0.648 | 0.420          | 98  |
|                  |          | B    | 1.53        | 0.00  | -0.03  | 0.88  | 1.32 | 86.30  | 1.72 | 0.51 | 0.479 | 0.699 | 0.488          | 170 |
|                  |          | M    | 2.14        | 0.00  | 0.02   | 1.08  | 1.79 | 83.83  | 3.08 | 0.68 | 0.293 | 0.567 | 0.322          | 28  |
|                  |          | A    | 3.19        | -0.03 | -0.97  | 1.39  | 1.90 | 59.49  | 3.44 | 0.43 | 0.544 | 0.756 | 0.571          | 28  |
|                  |          | Ba   | 2.53        | 0.01  | 0.51   | 0.94  | 1.29 | 50.78  | 1.62 | 0.27 | 0.751 | 0.857 | 0.734          | 49  |
|                  | 1. stāvs | P    | 1.19        | -0.01 | -0.63  | 1.04  | 1.68 | 141.42 | 2.81 | 0.82 | 0.168 | 0.425 | 0.181          | 268 |
|                  |          | E    | 1.22        | 0.02  | 1.31   | 0.90  | 1.59 | 130.01 | 2.51 | 0.60 | 0.395 | 0.631 | 0.398          | 98  |
|                  |          | B    | 1.09        | 0.03  | 2.93   | 0.71  | 1.14 | 104.78 | 1.30 | 0.54 | 0.483 | 0.675 | 0.456          | 170 |
|                  |          | M    | 1.77        | -0.01 | -0.28  | 1.03  | 1.80 | 101.98 | 3.11 | 0.72 | 0.258 | 0.527 | 0.278          | 28  |
|                  |          | A    | 2.56        | 0.04  | 1.40   | 1.29  | 1.84 | 71.76  | 3.24 | 0.47 | 0.501 | 0.728 | 0.530          | 28  |
|                  |          | Ba   | 2.22        | 0.02  | 0.97   | 0.89  | 1.25 | 56.47  | 1.54 | 0.28 | 0.743 | 0.851 | 0.725          | 49  |
| 3.4. vienādojums | Kopā     | P    | 1.40        | -0.04 | -2.77  | 1.08  | 1.72 | 122.91 | 2.94 | 0.76 | 0.208 | 0.488 | 0.238          | 268 |
|                  |          | E    | 1.54        | -0.04 | -2.90  | 0.98  | 1.67 | 108.33 | 2.76 | 0.58 | 0.384 | 0.645 | 0.416          | 98  |
|                  |          | B    | 1.53        | -0.04 | -2.82  | 0.90  | 1.32 | 86.63  | 1.74 | 0.52 | 0.444 | 0.697 | 0.486          | 170 |
|                  |          | M    | 2.14        | -0.03 | -1.49  | 1.08  | 1.81 | 84.72  | 3.14 | 0.69 | 0.271 | 0.555 | 0.308          | 28  |
|                  |          | A    | 3.19        | 0.01  | 0.39   | 1.43  | 1.90 | 59.64  | 3.46 | 0.43 | 0.580 | 0.754 | 0.569          | 28  |
|                  |          | Ba   | 2.53        | -0.03 | -1.33  | 0.94  | 1.28 | 50.66  | 1.61 | 0.26 | 0.704 | 0.858 | 0.736          | 49  |
|                  | 1. stāvs | P    | 1.19        | -0.03 | -2.56  | 1.06  | 1.70 | 142.81 | 2.86 | 0.84 | 0.143 | 0.407 | 0.166          | 268 |
|                  |          | E    | 1.22        | -0.04 | -3.41  | 0.93  | 1.60 | 131.06 | 2.55 | 0.61 | 0.362 | 0.624 | 0.389          | 98  |
|                  |          | B    | 1.09        | 0.01  | 1.16   | 0.72  | 1.15 | 105.11 | 1.31 | 0.55 | 0.464 | 0.672 | 0.452          | 170 |
|                  |          | M    | 1.77        | -0.02 | -1.02  | 1.03  | 1.82 | 102.91 | 3.16 | 0.74 | 0.247 | 0.514 | 0.264          | 28  |
|                  |          | A    | 2.56        | 0.00  | -0.01  | 1.24  | 1.80 | 70.26  | 3.10 | 0.45 | 0.549 | 0.741 | 0.549          | 28  |
|                  |          | Ba   | 2.22        | -0.01 | -0.42  | 0.88  | 1.22 | 54.98  | 1.46 | 0.26 | 0.731 | 0.860 | 0.739          | 49  |

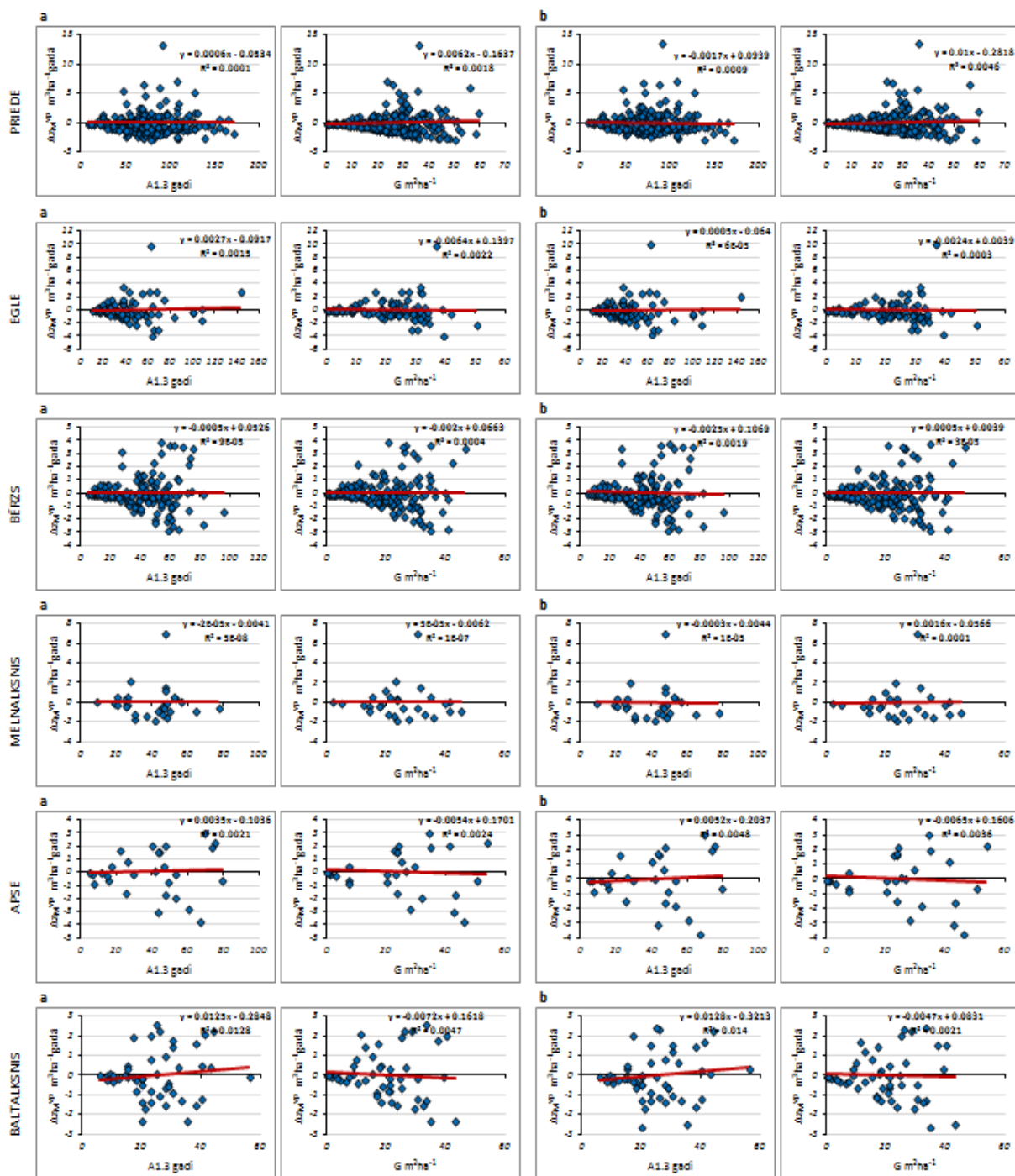
MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Starpības starp uzmērīto un aproksimēto audzes tekošo vidējo periodisko atmirumu nav atkarīgas no vienādojumā iekļautajām faktoriālajām pazīmēm (krūšaugstuma vecuma un elementa šķērslaukuma), jo visos gadījumos lineārās korelācijas ir vājas (3.3. un 3.4. attēli).



3.3. attēls. Audzes kopējā ikgadējā krājas atmiruma starpības ( $\Delta \Sigma N^{0,0}$   $m^3 ha^{-1} gadā$ ) starp uzmērītajām un apromētajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes šķērslaukuma ( $G m^2 ha^{-1}$ )

a – 3.3. vienādojums; b – 3.4. vienādojums



3.3. attēls. Audzes I stāva ikgadējā krājas atmiruma starpības ( $\Delta Z_m m^3 ha^{-1} gadā$ ) starp uzmērītajām un apromētajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3 gadi), bonitātes un audzes I stāva šķērslaukuma ( $G m^2 ha^{-1}$ )

a – 3.3. vienādojums; b – 3.4. vienādojums

### 3.3. Krājas diferences modelis

Krājas diference aprēķināma atbilstoši 3.5. formulai.

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{Matm} - Z_{Mizc} \quad (3.5)$$

kur  $Z_{dab}$  – kokaudzes krājas diference;  
 $Z_M$  – faktiskās audzes krājas pieaugums;  
 $Z_{Matm}$  – kokaudzes krājas dabiskais atmirums;  
 $Z_{Mizc}$  – izcirstās kokaudzes krāja.

## 4. Atsevišķu koku augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde balstot uz Somijā un Zviedrijā lietotajiem modeļiem

Darba uzdevums: *Izmantojot 3. MSI cikla 2 gadu datus un Zviedrijas, Somijas augšanas gaitas modeļus aprēķināt augšanas gaitas un tās salīdzināt ar 2.punktā minētajiem rezultātiem.*

### 4.1. Somijas augšanas gaitas modeļi

#### 4.1.1. Materiāls un metodika

UZ MSI atkārtoti 2014.-2015. gadā pārmērīto parauglaukumu datu bāzes pārbaudīti Somijas atsevišķa koka augšanas gaitas prognožu modeļi (Hynynen et al., 2002).

Atsevišķu koku taksācijas rādītāju modelēšanā atsevišķi tiek izdalītas mežaudzes minerālās augsnēs un mežaudzes kūdras augsnēs, un katrai grupai ir izstrādāti atsevišķi augšanas gaitas modeļi.

Tā kā Somijas modeļi paredzēti atsevišķu koku un mežaudzes taksācijas rādītāju izmaiņu prognozēšanai 5 gadus garam periodam, un atsevišķi prognožu modeļi ir atkarīgi no iepriekšējo gadu mežsaimnieciskās apsaimniekošanas režīma, tad par parauglaukumu bāzes taksācijas rādītājiem izvēlēti otrā cikla parauglaukumu dati.

Datu analīzē izmantoja datus par 1226 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuros starp pirmo un otro uzmērīšanas ciklu nav veikta galvenā cirte.

Somijas augšanas gaitas modeļu pārbaudei izmantoti dati par:

- ✓ 443 parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir priede,
- ✓ 226 parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir egle,
- ✓ 327 parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir bērzs,
- ✓ 230 parauglaukumiem, kuros valdošā koku suga ir kāda cita lapu koku suga.

Lai izvairītos no šķērslaukuma, krājas un koku skaita izmaiņas kļūdām, kas MSI metodikas dēļ rodas kokiem ieaugoties (pārsniedzot 2,0cm krūšaugstuma caurmēru) vai pārejot uz citu reprezentācijas klasi (pārsniedzot 6,0cm un 14,0cm krūšaugstuma caurmēru), analīzē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti pirmajā uzmērīšanas ciklā, un to reprezentācijas klases nemaina.

#### 4.1.1.1. Vienādojumos izmantotie apzīmējumi un koeficienti

|                     |   |
|---------------------|---|
| A                   | mežaudzes krūšaugstuma vecums (rēķinot virsaugstuma bonitāti A=50 gadi), gadi;                      |
| A <sub>c</sub>      | koka celma augstuma vecums, gadi;   |
| A <sub>max</sub>    | koku sugas teorētiski maksimālais vecums, gadi;   |
| BAL                 | šķērslaukuma summa kokiem, kas lielāki par konkrēto koku, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;         |
| C <sub>0-5</sub>    | fiktīvais rādītājs, kas raksturo vai pēdējo 5 gadu laikā mežaudzē ir veikta kopšanas cirte;         |
| C <sub>6-10</sub>   | rādītājs, kas raksturo vai pēdējo 6 līdz 10 gadu laikā mežaudzē ir veikta kopšanas cirte;           |
| C <sub>kor</sub>    | koku skaita korekcijas koeficients;   |
| cr                  | vainaga īpatsvars (zaļā vainaga garums attiecībā pret koka garumu);                                 |
| CR <sub>dom</sub>   | dominējošo koku vidējais vainaga īpatsvars;   |
| d                   | koka krūšaugstuma caurmērs, cm;   |
| d/D <sub>dom</sub>  | atsevišķa koka caurmēra attiecība pret dominējošo koku vidējo caurmēru;                             |
| d <sub>c</sub>      | koka celma augstuma caurmērs, cm;   |
| D <sub>c</sub>      | mežaudzes vidējais celma augstuma caurmērs, cm;   |
| D <sub>dom</sub>    | dominējošo koku krūšaugstuma caurmērs, cm;  |
| D <sub>M</sub>      | mežaudzes mediānais caurmērs, cm;   |
| DR <sub>0-5</sub>   | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai pēdējo 5 gadu laikā mežaudzē ir veikta nosusināšana;          |
| DR <sub>11-25</sub> | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai pēdējo 11 līdz 25 gadu laikā mežaudzē ir veikta nosusināšana; |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| DR <sub>25-</sub>     | fiktīvais mainīgais, kas raksturo, ka mežaudzē ir veikta nosusināšana vairāk kā pirms 25 gadiem;   |
| g                     | koka šķērslaukums, cm <sup>2</sup> ;   |
| G                     | mežaudzes šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G`                    | ar atmiruma modeļiem prognozētais šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| g <sub>ai</sub>       | atsevišķa koka minimālā augšanas telpa;  |
| G <sub>max</sub>      | maksimālais šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| h                     | koka augstums, m;  |
| H <sub>dom</sub>      | mežaudzes virsaugstums, m;   |
| H <sub>domA+5</sub>   | dominējošo koku vidējais augstums vecumā A+5 ;   |
| HUMUS                 | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai augsnes virskārtā ir biezs rohumusa slānis;  |
| H <sub>vjl</sub>      | augstums virs jūras līmeņa, m;   |
| ig <sub>5</sub>       | koka nākošo 5 gadu šķērslaukuma pieaugums, cm <sup>2</sup> ;   |
| ih <sub>5</sub>       | koka nākamo 5 gadu augstuma pieaugums, m;  |
| iH <sub>dom5</sub>    | dominējošo koku nākošo 5 gadu augstuma pieaugums, m;   |
| LAKE                  | 20 km rādiusā ezeru proporcionālais segums;  |
| LAT                   | ziemeļu platums, km;   |
| N`                    | ar atmiruma modeļiem prognozētais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;  |
| N` <sub>maxi</sub>    | atsevišķu sugu maksimālais koku skaits, kas aprēķināts kā N <sub>max</sub> , ha <sup>-1</sup> ;  |
| N <sub>kor</sub>      | koriģētais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;   |
| N <sub>max</sub>      | mežaudzes maksimālais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;  |
| N <sub>maxB</sub>     | bērza koriģētais maksimālais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;   |
| N <sub>maxE</sub>     | egles koriģētais maksimālais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;   |
| N <sub>maxP</sub>     | priedes koriģētais maksimālais koku skaits, ha <sup>-1</sup> ;   |
| p <sub>5</sub>        | varbūtība, ka koks atmirs nākošo piecu gadu laikā;   |
| PALU                  | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai augsne ir pārpurvojusies;  |
| P <sub>B</sub>        | bērzu šķērslaukuma īpatsvars mežaudzē, %;  |
| p <sub>comp5</sub>    | varbūtība, ka koks konkurences dēļ atmirs nākošo piecu gadu laikā;   |
| PDR                   | fiktīvais mainīgais, kas raksturo nosusināšanas nepieciešamību, ja vajag nosusināt, tad 1, ja nevajag, tad 0;                            |
| P <sub>E</sub>        | egļu šķērslaukuma īpatsvars mežaudzē, %;   |
| PLANT                 | fiktīvais mainīgais audzes izcelsmes raksturošanai, ja audze stādīta, tad 1, ja nē, tad 0;   |
| p <sub>old</sub>      | varbūtība, ka koks vecuma dēļ atmirs;  |
| p <sub>old(A)</sub>   | varbūtība, ka koks vecuma dēļ atmirs vecumā A;   |
| p <sub>old(A+5)</sub> | varbūtība, ka koks vecuma dēļ atmirs vecumā A+5;   |
| p <sub>old5</sub>     | varbūtība, ka koks vecuma dēļ atmirs nākošo piecu gadu laikā;  |
| RDF                   | relatīvā biežības faktors (rēķinot virsaugstuma bonitāti RDF=0.75);  |
| RDF <sub>B</sub>      | bērza relatīvās biežības faktors;  |
| RDF <sub>C</sub>      | citu koku sugu (bez p;e;b) relatīvās biežības faktors;   |
| RDF <sub>E</sub>      | egles relatīvās biežības faktors;  |
| RDF <sub>L</sub>      | lielāku koku relatīvā biežības faktors;  |
| RDF <sub>P</sub>      | priedes relatīvās biežības faktors;  |
| SC <sub>x</sub>       | fiktīvais mainīgais, kas raksturo kādai meža tipa auglības grupai pieder mežaudze (4.1. tabula);   |
| SEA                   | 20 km rādiusā jūras proporcionālais segums;  |
| SI                    | mežaudzes virsaugstuma bonitāte (augstums 50 gadu krūšaugstuma vecumā), m;   |
| SI <sub>B</sub>       | bērza virsaugstuma bonitāte (augstums 50 gadu vecumā), m;  |
| SI <sub>E</sub>       | egles virsaugstuma bonitāte (augstums 50 gadu vecumā), m;  |
| SI <sub>P</sub>       | priedes virsaugstuma bonitāte (augstums 50 gadu vecumā), m;  |
| SP                    | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai pēdējo 10 gadu laikā mežaudzē ir sagatavota augsne;  |
| SQ <sub>2-4</sub>     | fiktīvais mainīgais augsnes auglības raksturošanai, ja mežaudze ir mezotrofā, oligomezotrofā vai oligotrofā augsnē, tad 1, ja nē, tad 0; |
| STONY                 | fiktīvais mainīgais, kas raksturo vai augsne ir akmeņaina;   |
| T <sub>sum</sub>      | aktīvās veģetācijas (to >5oC) temperatūru summa;   |

Y<sub>1-4</sub> fiktīvais mainīgais, kas raksturo koku sugai atbilstošo ražības grupu (4.2. tabula).

Vienādojumos izmantotie koeficienti atspoguļoti 4.4. tabulā.

4.1. tabula

**Somijas augšanas gaitas modeļos izmantotās meža auglības grupas un tām pielīdzinātie Latvijas meža tipi**

| SC <sub>1</sub> | SC <sub>2</sub> | SC <sub>3</sub> | SC <sub>4</sub>  | SC <sub>5</sub> | SC <sub>6</sub> | SC <sub>7</sub>                        | SC <sub>8</sub>  |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|--|------------------|
| ļoti auglīgs    | auglīgs         | mēreni auglīgs  | mēreni nabadzīgs | nabadzīgs       | ļoti nabadzīgs  | akmeņainas zemes, smiltāji un palienas | kalni un pakalni |
| Gr;Grs;Lk;Ap;Kp | Vr;Vrs;Db;As;Ks | Ln;Dm;Dms       | Mr;Mrs;Nd;Am;Km  | Sl;Gs;Pv;Av;Kv  |                 |  |                  |

4.2. tabula

**Somijas caurmēra augšanas gaitas modeļos kūdras augsnēs (4.9. vienādojums) izmantotās koku sugu ražības grupas atkarībā no meža augsnēs grupas un mežaudzes valdošās koku sugas**

| Valdošā koku suga | Koka suga | Eitrofās augsnes | Mezotrofās augsnes | Oligo-mezotrofās augsnes | Oligotrofās augsnes | Ombro-oligotrofās augsnes | Ombroprofās augsnes |
|-------------------|-----------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Priede            | Priede    | Y1               | Y1                 | Y3                       | Y3                  | Y4                        | Y4                  |
|                   | Egle      | Y2               | Y2                 | Y1                       | Y3                  |                           |                     |
|                   | Bērzs     | Y1               | Y1                 | Y1                       | Y2                  | Y2                        |                     |
| Egle, bērzs       | Priede    | Y1               | Y1                 | Y1                       | Y1                  |                           |                     |
|                   | Egle      | Y1               | Y1                 | Y1                       | Y1                  |                           |                     |
|                   | Bērzs     | Y1               | Y1                 | Y1                       | Y2                  |                           |                     |

4.3. tabula

**Atsevišķu koku, mežaudzes un augšanas apstākļu raksturojums Somijā vienādojumu izstrādē izmantotajos parauglaukumos un Latvijā MSI parauglaukumos**

| Rādītājs                  | Valsts  | Priede       |              |              | Egle         |              |              | Bērzs un citi lapu koki |              |              |
|---------------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                           |         | Min          | Mean         | Max          | Min          | Mean         | Max          | Min                     | Mean         | Max          |
| <b>Koki</b>               |         |              |              |              |              |              |              |                         |              |              |
| <b>h, m</b>               | Somija  | 2.0          | 12.2         | 31.2         | 2.4          | 17.5         | 32.8         | 6.1                     | 16.7         | 30.8         |
|                           | Latvija | <b>2.4</b>   | <b>19.9</b>  | <b>36.9</b>  | <b>2.0</b>   | <b>16.3</b>  | <b>39.3</b>  | <b>2.6</b>              | <b>18.5</b>  | <b>38.4</b>  |
| <b>d / Ddom</b>           | Somija  | 0.73         | 0.98         | 1.22         | 0.80         | 0.99         | 1.24         | 0.83                    | 0.99         | 1.25         |
|                           | Latvija | <b>0.11</b>  | <b>0.85</b>  | <b>2.27</b>  | <b>0.05</b>  | <b>0.67</b>  | <b>2.98</b>  | <b>0.06</b>             | <b>0.74</b>  | <b>2.74</b>  |
| <b>Mežaudze</b>           |         |              |              |              |              |              |              |                         |              |              |
| <b>A1.3, gadi</b>         | Somija  | 5            | 48.2         | 161          | 6            | 59.1         | 156          | 9                       | 38.9         | 88           |
|                           | Latvija | <b>17</b>    | <b>78.9</b>  | <b>193</b>   | <b>15</b>    | <b>56.0</b>  | <b>176</b>   | <b>10</b>               | <b>47.6</b>  | <b>130</b>   |
| <b>RDF</b>                | Somija  | 0.01         | 0.45         | 1.37         | 0.00         | 0.44         | 1.25         | 0.01                    | 0.28         | 2.66         |
|                           | Latvija | <b>0.003</b> | <b>1.21</b>  | <b>19.94</b> | <b>0.022</b> | <b>2.36</b>  | <b>22.22</b> | <b>0.002</b>            | <b>1.87</b>  | <b>24.61</b> |
| <b>Augšanas apstākļi</b>  |         |              |              |              |              |              |              |                         |              |              |
| <b>TS</b>                 | Somija  | 659          | 1017         | 1344         | 732          | 1136         | 1348         | 940                     | 1112         | 1288         |
|                           | Latvija | <b>1874</b>  | <b>2050</b>  | <b>2186</b>  | <b>1903</b>  | <b>2058</b>  | <b>2186</b>  | <b>1874</b>             | <b>2061</b>  | <b>2186</b>  |
| <b>H<sub>vij</sub>, m</b> | Somija  | 5            | 148          | 320          | 10           | 115          | 360          | 17                      | 118          | 200          |
|                           | Latvija | <b>13</b>    | <b>65</b>    | <b>238</b>   | <b>13</b>    | <b>84</b>    | <b>300</b>   | <b>13</b>               | <b>82</b>    | <b>263</b>   |
| <b>LAKE</b>               | Somija  | 0.00         | 0.09         | 0.53         | 0.00         | 0.12         | 0.52         | 0.00                    | 0.17         | 0.64         |
|                           | Latvija | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | <b>0.012</b> | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | <b>0.017</b> | <b>0.000</b>            | <b>0.000</b> | <b>0.006</b> |
| <b>SEA</b>                | Somija  | 0.00         | 0.01         | 0.57         | 0.00         | 0.01         | 0.40         | 0.00                    | 0.00         | 0.07         |
|                           | Latvija | <b>0.000</b> | <b>0.001</b> | <b>0.111</b> | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | <b>0.000</b> | <b>0.000</b>            | <b>0.001</b> | <b>0.211</b> |

rādītāju apzīmējumi tādi paši kā vienādojumos izmantotie





### 4.1.1.2. Augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus rādītāji

#### 4.1.1.2.1. Audzes relatīvā biezība

Lai raksturotu koku savstarpējo konkurenci, audzē tiek izmantoti gan audzes, gan atsevišķu tās elementu relatīvās biezības rādītāji, kas ir iekļauti atsevišķu koku nākamā perioda caurmēra un augstuma augšanas gaitas modeļos.

Relatīvo audzes biezības faktoru aprēķina pēc sekojoša vienādojuma:

$$RDF = \sum_{i=1}^n ga_i \quad (4.1)$$

$$ga_i = b_0^{-1} \cdot d_i^{-b_1} \quad (4.1.1)$$

#### 4.1.1.2.2. Koku vainaga īpatsvars

Koku vainaga īpatsvars ir dzīvā vainaga garuma attiecība pret koka garumu. Koku vainaga īpatsvars aprēķināms pēc sekojoša vienādojuma:

$$cr = 1 - \exp(-X) \quad (4.2)$$

**Priede**

$$X = (b_0 + b_1 \cdot c_{0-5} + b_2 \cdot c_{6-10}) \cdot H_{dom}^{-b_3} \cdot d^{b_4} \cdot \exp(-b_5 \cdot RDFL) \cdot T_{sum}^{b_6} \cdot \exp(-b_7 \cdot RDF) \quad (4.2.1)$$

**Egle**

$$X = (b_0 + b_1 \cdot c_{0-5}) \cdot H_{dom}^{-b_2} \cdot d^{b_3} \cdot \exp(-b_4 \cdot RDF) \cdot T_{sum}^{b_5} \cdot SI_e^{b_6} \quad (4.2.2)$$

**Bērzs**

$$X = (b_0 + b_1 \cdot PLANT) \cdot \ln(H_{dom})^{-b_2} \cdot d^{b_3} \cdot \ln(h)^{-b_4} \cdot \exp(-(b_5 + b_6 \cdot PLANT) \cdot RDF) \quad (4.2.3)$$

#### 4.1.1.2.3. Audzes virsaugstuma bonitāte

Modeļos par mežaudzes virsaugstumu tiek izmantots dominējošo koku vidējais augstums 50 gadu krūšaugstuma vecumā, kur dominējošie koki ir koki, kuru caurmērs ir lielāks par mežaudzes vidējo kvadrātisko caurmēru.

Mežaudzes virsaugstuma aprēķināšanai izmantojams sekojošs vienādojums:

$$SI = \exp(\beta_0 + \beta_1 \cdot A^c) + 1.3 \quad (4.3)$$

$$\beta_0 = b_0 + b_1 \cdot \frac{T_{sum}}{1000} + b_2 \cdot \frac{H_{vj1}}{100} + b_3 \cdot LAKE + b_4 \cdot SEA + b_5 \cdot SC_1 + b_6 \cdot SC_2 + b_7 \cdot SC_3 + b_8 \cdot SC_4 + b_9 \cdot SC_5 + b_{10} \cdot STONY + b_{11} \cdot PALU + b_{12} \cdot HUMUS + b_{13} \cdot RDF^{0.5} + b_{14} \cdot \ln\left(\frac{d}{D_{dom}}\right) + b_{15} \cdot \ln\left(\frac{d}{D_{dom}}\right) \cdot RDF + b_{16} \cdot PLANT \quad (4.3.1)$$

Ar 4.3. vienādojumu iespējams aprēķināt arī mežaudzes dominējošo koku vidējo augstumu jebkurā vecumā un līdz ar to ir iespējams arī prognozēt šī rādītāja pieaugumu:

$$iH_{dom5} = H_{domA+5} - H_{domA} \quad (4.4)$$

### 4.1.1.3. Augstuma augšanas gaitas modeļi

#### 4.1.1.3.1. Mežaudzes minerālās augsnēs

Modeļi izstrādāti, lai prognozētu atsevišķu koku piecu gadu augstuma pieaugumu:

$$\text{Priede; Egle} \quad ih_5 = iH_{dom5} \cdot \left(\frac{d}{D_{dom}}\right)^{b_1 \cdot iH_{dom5}^{b_2} + b_3 \cdot \frac{cr}{CR_{dom}} + b_4 \cdot cr + b_5 \cdot RDFL} \quad (4.5)$$

$$\text{Bērzs} \quad ih_5 = iH_{dom5} \cdot \left(\frac{d}{D_{dom}}\right)^{(b_1 + b_2 \cdot PLANT) \cdot RDFL} \quad (4.6)$$

#### 4.1.1.3.2. Mežaudzes kūdras augsnēs

Modelis izstrādāts, lai atbilstoši aktualizētajam koka caurmēram (4.9. vienādojums) aprēķinātu atsevišķu koku augstumu:

$$h = \exp(A_k + B_k \cdot x + e) + 1.3 \quad (4.7)$$

$$x = \frac{d^{-a_1} - 30^{-a_1}}{10^{-a_1} - 30^{-a_1}} \quad (4.7.1)$$

$$A_k = b_0 + b_1 \cdot \ln(DM) + b_2 \cdot \ln(G) + b_3 \cdot \ln\left(\frac{P_b}{100} + 1\right) + b_4 \cdot LAT + b_5 \cdot H_{vijl} + b_6 \cdot c_{0-5} + b_7 \cdot SQ_{2-4} \quad (4.7.2)$$

$$B_k = c_0 + c_1 \cdot \ln(DM) + c_2 \cdot \ln(G) \quad (4.7.3)$$

#### 4.1.1.4. Caurmēra augšanas gaitas modeļi

Caurmēra augšanas gaitas aproksimēšanai izmanto atsevišķu koku šķērslaukuma pieauguma modeli.

##### 4.1.1.4.1. Mežaudzes minerālās augsnēs

Mežaudzēs minerālās augsnēs tiek prognozēts atsevišķu koku piecu gadu šķērslaukuma pieaugums:

$$i_{g5} = \exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n) \quad (4.8)$$

##### Priede

$$i_{g5} = \exp\left(b_0 + b_1 \cdot SI_p + b_2 \cdot SC_{1-2} + b_3 \cdot SC_3 + b_4 \cdot SC_{5-8} + b_5 \cdot \frac{1}{H_{dom}} + b_6 \cdot \frac{1}{H_{dom}^2} + b_7 \cdot \ln(d) + b_8 \cdot d^2 + b_9 \cdot \frac{1}{d+0.1} + b_{10} \cdot \ln(cr) + b_{11} \cdot RDFL + b_{12} \cdot \ln(RDF_p + 1) + b_{13} \cdot \ln(RDF_e + 1) + b_{14} \cdot \ln(RDF_b + RDF_{citi} + 1) + b_{15} \cdot \frac{cr \cdot T_{sum}}{1000} + b_{16} \cdot c_{0-5} + b_{17} \cdot c_{6-10}\right) \quad (4.8.1)$$

##### Egle

$$i_{g5} = \exp\left(b_0 + b_1 \cdot SI_e + b_2 \cdot SC_1 + b_3 \cdot SC_2 + b_4 \cdot SC_{4-8} + b_5 \cdot \frac{1}{H_{dom}} + b_6 \cdot \frac{1}{H_{dom}^2} + b_7 \cdot \ln(d) + b_8 \cdot d^2 + b_9 \cdot (\ln(d))^2 + b_{10} \cdot \ln(cr) + b_{11} \cdot RDFL + b_{12} \cdot \ln(RDF_p + 1) + b_{13} \cdot \ln(RDF_e + 1) + b_{14} \cdot \ln(RDF_b + 1) + b_{15} \cdot \frac{cr \cdot T_{sum}}{1000} + b_{16} \cdot c_{0-5}\right) \quad (4.8.2)$$

##### Bērzs

$$i_{g5} = \exp\left(b_0 + b_1 \cdot SI_b + b_2 \cdot \frac{1}{H_{dom}} + b_3 \cdot \frac{1}{H_{dom}^2} + b_4 \cdot \ln(d) + b_5 \cdot d^2 + b_6 \cdot \ln(cr) + b_7 \cdot RDFL + b_8 \cdot \ln(RDF + 1) + b_9 \cdot \frac{T_{sum}}{1000} + b_{10} \cdot PLANT + b_{11} \cdot c_{0-10} + b_{12} \cdot SP\right) \quad (4.8.3)$$

#### 4.1.1.4.2. Mežaudzes kūdras augsnēs

Mežaudzēs kūdras augsnēs tiek prognozēts atsevišķu koku šķērslaukuma pieaugums:

$$i_g = \exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n) - \text{const} \quad (4.9)$$

##### Priede

$$i_g = \exp(b_0 + b_1 \cdot g + b_2 \cdot \text{BAL} + b_3 \cdot \text{BAL}^2 + b_4 \cdot \ln(\text{BAL}) + b_5 \cdot (\text{T}_{\text{sum}} \cdot d^{0.5})^{0.5} + b_6 \cdot Y1 + b_7 \cdot Y2 + b_8 \cdot Y1 \cdot \ln(d) + b_9 \cdot Y2; 4 \cdot \ln(d) + b_{10} \cdot Y3 \cdot \ln(d) + b_{11} \cdot \text{DR}_{0-5} + b_{12} \cdot \text{DR}_{11-25} + b_{13} \cdot \text{PDR} + b_{14} \cdot c_{0-5} + b_{15} \cdot \text{FUSC}) - 1 \quad (4.9.1)$$

##### Egle

$$i_g = \exp(b_0 + b_1 \cdot d^{2.9} + b_2 \cdot \text{BAL} + b_3 \cdot P_e + b_4 \cdot Y1 \cdot d^{0.5} + b_5 \cdot Y2 \cdot d^{0.5} + b_6 \cdot \text{DR}_{0-5} + b_7 \cdot \text{DR}_{25-} + b_8 \cdot \text{PDR} + b_9 \cdot c_{0-5}) - 7 \quad (4.9.2)$$

##### Bērzs

$$i_g = \exp(b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 \cdot \text{BAL} + b_3 \cdot \text{T}_{\text{sum}} + b_4 \cdot P_e + b_5 \cdot P_b + b_6 \cdot \text{SEA} + b_7 \cdot Y1 \cdot \ln(d) + b_8 \cdot Y2 \cdot \ln(d) + b_9 \cdot Y3 \cdot \ln(d) + b_{10} \cdot \text{DR}_{0-5} + b_{11} \cdot \text{DR}_{11-25} + b_{12} \cdot \text{PDR} + b_{14} \cdot c_{0-5}) - 3 \quad (4.9.3)$$

#### 4.1.1.5. Atmiruma modeļi

Atsevišķa koka atmiršanas modelēšanā tiek ņemta vērā gan kokaudzes konkurences ietekme, gan koka vecuma ietekme. Atsevišķa koka atmiršanas varbūtība, ka tas atmirs nākamo piecu gadu laikā, tiek modelēta sekojoši:

$$p_5 = 1 - (1 - p_{\text{comp}5}) \cdot (1 - p_{\text{old}5}) \quad (4.10)$$

##### 4.1.1.5.1. Konkurences izraisītais atsevišķu koku atmirums

Atsevišķu koku konkurences izraisītā atmiruma varbūtība tiek modelēta sekojoši:

##### Priede, egle

$$p_{\text{comp}5} = \frac{1}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot G + b_3 \cdot \text{BAL})} \quad (4.11)$$

##### Lapu koki

$$p_{\text{comp}5} = \frac{1}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot d_c + b_2 \cdot \text{RDFL} + b_3 \cdot d_c \cdot \text{RDFL})} \quad (4.12)$$

##### 4.1.1.5.2. Vecuma izraisītais atsevišķu koku atmirums

Atsevišķu koku vecuma izraisītā atmiruma varbūtība tiek modelēta sekojoši:

$$p_{\text{old}} = \frac{\exp\left(-10 + 10 \cdot \left(\frac{10 \cdot a_c}{0.82 \cdot A_{\text{max}}}\right)\right)}{1 + \exp\left(-10 + 10 \cdot \left(\frac{10 \cdot a_c}{0.82 \cdot A_{\text{max}}}\right)\right)} \quad (4.13)$$

Atsevišķu koku vecuma izraisītā atmiruma varbūtība nākamajam piecu gadu periodam tiek modelēta sekojoši:

$$p_{\text{old}5} = \frac{p_{\text{old}(A+5)} - p_{\text{old}(A)}}{1 - p_{\text{old}(A)}} \quad (4.14)$$

##### 4.1.1.5.3. Mežaudzes maksimālais koku skaits

Mežaudzes maksimālā koku skaita modelēšanai iespējams izmantot bonitātes neatkarīgu un bonitātes atkarīgu modeli:

$$N_{\max} = \exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(D_c)) \quad (4.15)$$

$$N_{\max} = \exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(SI) + b_2 \cdot \ln(D_c)) \quad (4.16)$$

Maksimālais koku skaits mistrotās audzēs tiek aprēķināts katrai koku sugai atsevišķi. Mežaudzē ēncietīgākas sugas ietekmē gaismas prasīgāko sugu maksimālo koku skaitu. Maksimālo koku skaitu aprēķinu apraksta sekojoša procedūra:

- 1) Koku sugas sakārto pēc to gaismas prasības dilstošā secībā. *Piemēram: egle; priede; bērzs.*
- 2) Aprēķina ēncietīgākās sugas maksimālo koku skaitu.

$$N_{\max E} = N'_{\max E} \quad (4.17)$$

- 3) Aprēķina nākošās ēncietīgākās sugas maksimālo koku skaitu.

$$N_{\max P} = \frac{RDF_p + RDF_b}{RDF} \cdot N'_{\max p} + \frac{RDF_e}{RDF} \cdot N'_{\max E} \quad (4.18)$$

- 4) Aprēķina nākošās ēncietīgākās sugas maksimālo koku skaitu.

$$N_{\max B} = \frac{RDF_b}{RDF} \cdot N'_{\max b} + \frac{RDF_p}{RDF} \cdot N'_{\max p} + \frac{RDF_e}{RDF} \cdot N'_{\max E} \quad (4.19)$$

Maksimālais koku skaits tiek aprēķināts, lai varētu koriģēt atmirumu, jo prognozētais koku skaits audzē ar atmiruma modeļiem nedrīkst pārsniegt maksimālo koku skaitu.

#### 4.1.1.5.4. Atmiruma korekcija

Ja maksimālais koku skaits ir mazāks nekā nākamā perioda prognozētais koku skaits ar atmiruma modeļiem, tad nākamā perioda koku skaits tiek koriģēts.

Korekcijas koeficients mežaudzē tiek aprēķināts katrai sugai atsevišķi ar sekojošu vienādojumu:

$$C_{kor} = \frac{N_{\max}}{N'} \quad (4.20)$$

Ar 4.20. vienādojumu koku skaita korekcijas koeficients aprēķināms mežaudzēm, kurās koku skaits mazāks par 2000 kokiem uz hektāra. Ja mežaudzes koku skaits pārsniedz 5000 kokus uz hektāra, tad korekcijas koeficients aprēķināms pēc šķērslaukuma:

$$C_{kor} = \frac{G_{\max}}{G} \quad (4.21)$$

Šķērslaukuma aprēķināšanai izmanto 8. vienādojumu, kur mežaudzes maksimālā šķērslaukuma aprēķināšanā izmanto mežaudzes vidējo kvadrātisko caurmēru.

Ja koku skaits ir 2000-5000 koki uz hektāra, tad koku skaita korekcijas koeficients tiek aprēķināts kombinēti:

$$C_{kor} = \varphi \cdot \frac{G_{\max}}{G} + (1 - \varphi) \cdot \frac{N_{\max}}{N'} \quad (4.22)$$

$$\varphi = \frac{1}{3} \cdot \frac{N'}{1000} - \frac{2}{3} \quad (4.22.1)$$

Nākamā perioda koriģēto koku skaitu aprēķina sekojoši:

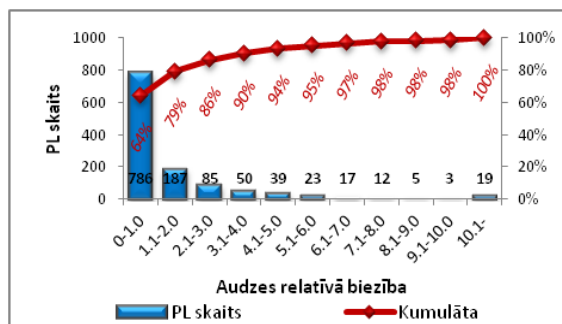
$$N_{kor} = C_{kor} \cdot N' \quad (4.23)$$

## 4.1.2. Rezultāti.

### 4.1.2.1. Augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus rādītāji

#### 4.1.2.1.1. Audzes relatīvā biežība

Audzes relatīvā biežība (RDF) ir rādītājs, kuram loģiskās robežas būtu starp 0 un 1,0. Tomēr pašreizējā variantā izmantojot Somijas modeļu koeficientus aprēķinātā audzes relatīvā biežība (4.1. vienādojums) MSI parauglaukumos robežās no 0 līdz 1,0 ir 63% gadījumu, atsevišķos gadījumos šis rādītājs ir lielāks pat vairāk kā 10 reizes (4.1. attēls).



4.1. attēls. MSI parauglaukumu sadalījums pa audzes relatīvās biežības grupām, kas aprēķināta ar Somijas modeli un koeficientiem (4.1. vienādojums)

Tomēr jāatzīmē, ka arī Somijā atsevišķos vienādojumu izstrādē iekļautajos parauglaukumos relatīvā mežaudzes biežība ir lielāka par vienu un pat divi, tomēr vidējā vērtība ir mazāka par 0,5, kamēr Latvijā MSI parauglaukumos vidējā mežaudzes relatīvā biežība ir lielāka par vienu (4.3. tabula). Šādas atšķirības visticamāk skaidrojamas ar to, ka Latvijā ir ievērojami lielāks saliktu audžu īpatsvars, kurās ir ievērojami lielāka mežaudzes otrā stāva relatīvā biežība.

Tā kā audzes relatīvā biežība trešdaļā gadījumu ir lielāka par vienu, tad 4.1. vienādojums tiešā veidā ar Somijā izmantotajām koeficientu vērtībām nav piemērojams Latvijas mežaudžu relatīvās biežības aprēķināšanai. Tālākos pētījumos būtu nepieciešams aproksimēt koeficientu vērtības ne tikai priedei, eglei un bērzam, bet arī apsei, melnalksnim un baltalksnim.

#### 4.1.2.1.2. Koku vainaga īpatsvars

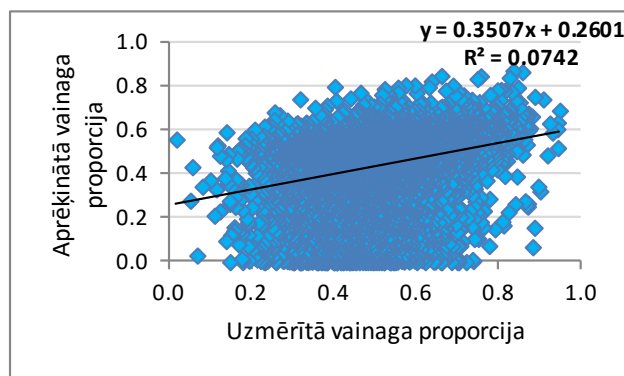
Tā kā priedei un eglei koku zaļā vainaga īpatsvars Somijas modeļos (4.2. vienādojums) ir tieši atkarīgs no aprēķinātās mežaudzes relatīvās biežības un veģetācijas perioda aktīvo temperatūru summas, tad šim sugām tiešā veidā izmantojot Somijai paredzētos koeficientus modeļi prognozē neloģiski mazus vainaga īpatsvarus (4.5. tabula). Lapu kokiem prognozētais aritmētiski vidējais zaļā vainaga īpatsvars ir loģisks, tomēr lielam koku skaitam modelis paredz nepamatoti mazu vai nepamatoti lielu vainaga īpatsvaru (4.2. attēls).

4.5. tabula

Somijas modeļa (4.2. formula) prognozētais zaļā vainaga īpatsvars

| Priede |      |      | Egle |      |      | Bērzs un citi lapu koki |       |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------------------------|-------|-------|
| Min    | Mean | Max  | Min  | Mean | Max  | Min                     | Mean  | Max   |
| 0.0%   | 1.6% | 4.2% | 0.0% | 0.6% | 2.4% | 0.0%                    | 41.7% | 87.2% |





4.2. attēls. MSI parauglaukumos lapu koku uzmērītais un ar Somijas modeli (4.2. vienādojums) aprēķinātais zaļā vainaga īpatsvars

Diemžēl Somijas modeļi tiešā veidā ar Somijai paredzētajām koeficientu vērtībām nav izmantojami atsevišķu koku zaļā vainaga īpatsvara prognozēšanai. Turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus modeļus apsei, melnalksnim un baltalksnim.

#### 4.1.2.1.3. Audzes virsaugstuma bonitāte

Mežaudzes virsaugstuma bonitātes aprēķināšanas vienādojums (4.3. formula) ietver virkni rādītāju, kas:

- ✓ nav pieejami MSI parauglaukumu datu bāzē (piemēram, rohumusa slāņa biezums),
- ✓ nav tieši noteikti, līdz ar to balstoties uz meža tipu pielīdzināti (piemēram, augsnes auglības klase vai augsnes pārpurvošanās rādītājs),
- ✓ Latvijā nav mežaudzes augšanas gaitu būtiski ietekmējoši faktori (piemēram, augstums virs jūras),

Jāatzīmē, ka Somijā izmantotais mežaudzes virsaugstuma aprēķināšanas modelis (4.3. formula) raksturo koku sugas (priedes, egles vai bērza) piemērotību un šīs koku sugas abstraktu augstuma potenciālu 50 gados esošajos augšanas apstākļos, nevis konkrētās mežaudzes (konkrēto koku) potenciālo augstumu 50 gados. Šāds secinājums ir tādēļ, ka vienādojumā nav izmantots mainīgais, kas raksturotu esošās mežaudzes virsaugstumu konkrētajā brīdī, kā arī nav rādītāji, kas raksturotu mežsaimnieciskās darbības ietekmi uz virsaugstuma augšanas gaitas izmaiņām. Šis vienādojums pašreizējā formā būtu piemērojams jaunaudžu bonitēšanai, tomēr sasniedzot noteiktu vecumu (vai augstumu) būtu nepieciešams veikt mežaudzes virsaugstuma bonitātes korekcijas, ņemot vērā virsaugstuma novirzes no prognozētās virsaugstuma augšanas gaitas.

Pārbaudot Somijā izmantotā mežaudzes virsaugstuma aprēķināšanas vienādojuma piemērotību Latvijai, pieņem, ka

- ✓ nevienā no parauglaukumiem nav biezs rohumusa slānis (HUMUS=0);
- ✓ augsnes virskārta ir pārpurvojusies purvaiņu meža tipos;
- ✓ augsne visos parauglaukumos nav akmeņaina (STONY=0).

Diemžēl Somijas modeļi tiešā veidā ar Somijai paredzētajām koeficientu vērtībām nav izmantojami mežaudzes virsaugstuma prognozēšanai, jo šis rādītājs tiek vairākkārtīgi pārvērtēts (4.6. tabula). Somijas modeļu prognozētā virsaugstuma tik liela atšķirība no Latvijas modeļu prognozētajām vērtībām ir dēļ tā, ka Latvijā aktīvās veģetācijas summa ir aptuveni par 1000°C lielāka nekā Somijā.

**Somijas (4.3. formula) un Latvijas (2.1. formula) modeļu prognozētais dominējošo koku augstums  
50 gadu krūšaugstuma vecumā**

| Valsts  | Priede |      |      | Egle |      |      | Bērzs un citi lapu koki |      |      |
|---------|--------|------|------|------|------|------|-------------------------|------|------|
|         | Min    | Mean | Max  | Min  | Mean | Max  | Min                     | Mean | Max  |
| Somija  | 33.8   | 54.7 | 70.2 | 39.1 | 68.1 | 85.6 | 31.5                    | 36.6 | 53.3 |
| Latvija | 2.9    | 16.3 | 27.1 | 10.0 | 20.3 | 28.0 | 8.8                     | 23.2 | 36.1 |

Turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus modeļus apses, melnalkšņu un baltalkšņu audzēm.

#### **4.1.2.2. Augstuma augšanas gaitas modelis**

Tā kā atsevišķu koku augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus mežaudzes (relatīvā biežība, virsaugstuma bonitāte) un koku (zaļā vainaga īpatsvars) taksācijas rādītāji, klimatiskie (aktīvās veģetācijas temperatūru summa) un ģeogrāfiskie apstākļi nav tieši izmantojami vai ekstrapolējami Latvijas klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem, tad Somijas atsevišķu koku augstuma augšanas gaitas modeļi nav tieši izmantojami Latvijā.

Turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus modeļus ne tikai priedei, eglei un bērzam, bet arī apsei, melnalkšnim un baltalkšnim.

#### **4.1.2.3. Caurmēra augšanas gaitas modelis**

Tā kā atsevišķu koku augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus mežaudzes (relatīvā biežība, virsaugstuma bonitāte) un koku (zaļā vainaga īpatsvars) taksācijas rādītāji, klimatiskie (aktīvās veģetācijas temperatūru summa) un ģeogrāfiskie apstākļi nav tieši izmantojami vai ekstrapolējami Latvijas klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem, tad Somijas atsevišķu koku caurmēra augšanas gaitas modeļi nav tieši izmantojami Latvijā.

Turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus modeļus ne tikai priedei, eglei un bērzam, bet arī apsei, melnalkšnim un baltalkšnim.

#### **4.1.2.4. Atmiruma modelis**

Tā kā atsevišķu koku augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus mežaudzes (relatīvā biežība, virsaugstuma bonitāte) un koku (zaļā vainaga īpatsvars) taksācijas rādītāji, klimatiskie (aktīvās veģetācijas temperatūru summa) un ģeogrāfiskie apstākļi nav tieši izmantojami vai ekstrapolējami Latvijas klimatiskajiem un ģeogrāfiskajiem apstākļiem, tad Somijas atsevišķu koku atmiruma modeļi nav tieši izmantojami Latvijā.

Turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus atmiruma modeļus ne tikai priedei, eglei un bērzam, bet arī apsei, melnalkšnim un baltalkšnim.

## **4.2. Zviedrijas augšanas gaitas modeļi**

### **4.2.1. Materiāls un metodika**

#### **4.2.1.1. Vienādojumos izmantotie apzīmējumi un koeficienti**

a koka krūšaugstuma vecums, gadi;

|                        |  |
|------------------------|--|
| A                      | mežaudzes vecums, gadi;  |
| A <sub>1</sub>         | meža elementa krūšaugstuma vecums aktualizācijas perioda sākumā, gadi;   |
| A <sub>2</sub>         | meža elementa krūšaugstuma vecums aktualizācijas perioda beigās, gadi;   |
| att <sub>&lt;H20</sub> | fiktīvais mainīgais, kas raksturo blakus audžu augstumu, ja tuvāk par 20 m ir audze, kas zemāka par konkrēto audzi, tad 1, ja nē, tad 0;             |
| att <sub>k</sub>       | fiktīvais mainīgais, kas raksturo attālumu līdz krastam, ja attālums mazāks par 5 km, tad 1, ja nē, tad 0;   |
| att <sub>k5</sub>      | attālums līdz krastam, km/10;  |
| att <sub>kailc</sub>   | fiktīvais mainīgais, kas raksturo kailcirtes klātbūtnes esamību, ja tuvāk par 20 m pēdējo piecu gadu laikā ir veikta kailcirte, tad 1, ja nē, tad 0; |
| BAL                    | resnāku koku šķērslaukuma summa, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;   |
| C <sub>0-10</sub>      | rādītājs, kas raksturo vai pēdējo 10 gadu laikā mežaudzē ir veikta kopšanas cirte (0-1);   |
| C <sub>11-25</sub>     | rādītājs, kas raksturo vai pēdējo 11-25 gadu laikā mežaudzē ir veikta kopšanas cirte (0-1);  |
| C <sub>kop</sub>       | fiktīvais mainīgais kopšanas ciršu ietekmes raksturošanai, ja perioda laikā veikta kopšana, tad 1, ja nē, tad 0;                                     |
| CVH                    | kokaugstuma variācijas koeficients   |
| d                      | koka krūšaugstuma caurmērs, cm;  |
| D                      | mežaudzes vidējais caurmērs, cm;   |
| dal                    | rādītājs, kas raksturo vai blakus esošā zeme ir mežaudze;  |
| dal <sub>v</sub>       | rādītājs, kas raksturo mežaudzes viendabīgumu (ja mežaudze viendabīga, tad 0; ja mežaudze nav viendabīga, tad 1);                                    |
| dat                    | fiktīvais mainīgais, kas raksturo audzes uzmērīšanas laiku, ja audze uzmērīta līdz 20. jūlijam, tad 1, ja vēlāk, tad 0;                              |
| D <sub>g</sub>         | vidējais kvadrātiskais mežaudzes caurmērs, cm;   |
| d <sub>gr</sub>        | kokaugstuma grupa, m;  |
| fer                    | mēslošanas raksturojošs rādītājs (0 vai 1) audzēs līdz 12 m augstumam;   |
| G                      | mežaudzes šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G <sub>apk</sub>       | apkārt esošās mežaudzes šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G <sub>B</sub>         | bērza šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G <sub>citi</sub>      | citu koku sugu šķērslaukums mežaudzē, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G <sub>e</sub>         | egļu šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;   |
| G <sub>i</sub>         | kokam atbilstošās sugas koku šķērslaukums mežaudzē, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| G <sub>izc</sub>       | nākamajā piecu gadu periodā izcērtamo koku šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;   |
| Gotland                | mainīgais, kas raksturo vai mežaudze atrodas uz Gotlandes salas;   |
| G <sub>P</sub>         | priedes šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;  |
| gr <sub>25</sub>       | ja attālums līdz grāvim ≤25 m, tad 1, ja lielāks, tad 0;   |
| G <sub>SK</sub>        | skuju koku šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ;   |
| h                      | koka augstums, m;  |
| H                      | mežaudzes vidējais augstums, m;  |
| Δh                     | augstuma starpība starp mežaudzes maksimālo augstumu un koka augstumu (H <sub>max</sub> -h), ja starpība mazāka par 0.1, tad Δh=0.1, m;              |
| H <sub>dom1</sub>      | meža elementa virsaugstums aktualizācijas perioda sākumā, m;   |
| H <sub>dom2</sub>      | meža elementa virsaugstums aktualizācijas perioda beigās, m;   |
| H <sub>vjl</sub>       | augstums virs jūras līmeņa, m;   |
| i <sub>83</sub>        | vērtība 1, ja parauglaukums ierīkots 1983. gadā, citiem 0;   |
| i <sub>84</sub>        | vērtība 1, ja parauglaukums ierīkots 1984. gadā, citiem 0;   |
| i <sub>86</sub>        | vērtība 1, ja parauglaukums ierīkots 1986. gadā, citiem 0;   |
| ldel                   | lapu koku īpatsvars (pēc sh) reizināts ar 1.5708 un izteikts radiānos;   |
| lzc                    | mežaudzes izcelsme, 0 - ja mākslīga, 1 - ja dabīga;  |
| k                      | fiktīvais mainīgais kūdras augšņu raksturošanai: ja ir kūdras augsnes, tad 1, ja nav kūdras augsnes, tad 0;  |
| kant                   | rādītājs, kas raksturo vai blakus esošā zeme nav mežaudze (ja nav, tad 1, ja ir tad 0);  |
| K <sub>MRES</sub>      | korekcijas koeficients, kas atkarīgs no modeļa vidējās novirzes;   |

|             |   |
|-------------|---|
| $k_{P70}$   | fiktīvais mainīgais priedes īpatsvara raksturošanai: ja priede ir vismaz 70%, tad 1, ja nav, tad 0;   |
| $k_{PEB}$   | konstante, priedei un eglei 1.0, bērzam 1.1;  |
| LAT         | platuma grādi, o;   |
| LK          | fiktīvais mainīgais lapu koku esamības raksturošanai: ja parauglaukumā (audzē) ir lapu koki, tad 1, ja nav, tad 0;  |
| $LK_{10}$   | fiktīvais mainīgais lapu koku īpatsvara raksturošanai: ja parauglaukumā (audzē) lapu koku šķērslaukums vismaz 10% no kopējā mežaudzes šķērslaukuma, tad 1, ja nav, tad 0;   |
| m           | fiktīvais mainīgais augsnes mitruma raksturošanai: ja ir mitras augsnes, tad 1, ja nav mitras augsnes, tad 0 (mitra augsne – ja gruntsūdens līmenis pastāvīgi mazāks par 1 m);  |
| ms          | fiktīvais mainīgais augsnes mitruma raksturošanai: ja ir mitras vai slapjas augsnes, tad 1, ja nav, tad 0 (mitra augsne – ja gruntsūdens līmenis pastāvīgi mazāks par 1 m; slapja augsne – ja ūdens līmenis pastāvīgi virs augsnes virskārtas); |
| N           | mežaudzes koku skaits, $ha^{-1}$ ;  |
| $n_{atv}$   | atvašu skaits pudurī, kas augstākas par pusi no augstākās atvases pudurī;   |
| $N_{izc}$   | nākamajā piecu gadu periodā izcērtamo koku skaits, $ha^{-1}$ ;  |
| ost         | rādītājs, kas raksturo koka vecuma aprēķināšanu;  |
| p           | varbūtība, ka nākamajā periodā atmirs koki;   |
| $P_b$       | bērzu īpatsvars (pēc šķērslaukuma);   |
| pc          | veģetācijas sezonu skaits pēc kopšanas cirtes veikšanas;  |
| $P_e$       | egļu īpatsvars (pēc šķērslaukuma);  |
| $PG_{atm}$  | atmirušās koksnes šķērslaukuma procents, %;   |
| $PG_{atm}$  | atmirušās koksnes šķērslaukuma ikgadējais procents, %;  |
| $P_{LK}$    | lapu koku īpatsvars (pēc šķērslaukuma);   |
| $PV_{atm}$  | atmirušās koksnes krājas ikgadējais procents, %;  |
| rich        | indicators, kas raksturo veģetācijas tipu (meža tips);  |
| s           | fiktīvais mainīgais augsnes mitruma raksturošanai: ja ir slapjas augsnes, tad 1, ja nav slapjas augsnes, tad 0 (slapja augsne – ja ūdens līmenis pastāvīgi virs augsnes virskārtas);  |
| S           | parauglaukuma (audzes) platība, $m^2$ ;   |
| sh          | koku augstumu kvadrātu summa, $m^2 \cdot 10^{-5} ha^{-1}$ ;   |
| SI          | mežaudzes virsaugstuma bonitāte, m;   |
| $SI_{100}$  | virsaugstuma bonitāte (augstums 100 gadu vecumā), m;  |
| $SI_e$      | virsaugstuma bonitāte eglēm (ja izmanto virsaugstuma bonitāti priedēm, tad vērtība 0), m;   |
| $SI_p$      | virsaugstuma bonitāte priedēm (ja izmanto virsaugstuma bonitāti eglēm, tad vērtība 0), m;   |
| $SI_{P100}$ | priedes virsaugstuma bonitāte, m;   |
| $T_{sum}$   | aktīvo temperatūru summa ( $>5^{\circ}C$ ) veģetācijas periodā;   |
| $veg_{kr}$  | fiktīvais mainīgais, kas raksturo mežaudzes zemsedzes veģetāciju, ja zemsedzes veģetācijā dominē krūmi, tad 1, ja nē, tad 0;  |
| $veg_z$     | fiktīvais mainīgais, kas raksturo mežaudzes zemsedzes veģetāciju, ja zemsedzes veģetācijā dominē zālaugi, tad 1, ja nē, tad 0;  |
| vg          | veģetācijas veids (1-18);   |
| Y           | rādītājs, kas atkarīgs no virsaugstuma bonitātes un mežaudzes vecuma;   |
| $Z_{G5}$    | nākamo 5 gadu šķērslaukuma periodiskais pieaugums, $m^2 ha^{-1}$ ;  |
| $Z_{g5}$    | vidējā kvadrātiskā koka nākamo piecu gadu šķērslaukuma periodiskais pieaugums, $cm^2$ ;   |
| $Z_{Gvp}$   | mežaudzes vidējais periodiskais šķērslaukuma pieaugums, $m^2 ha^{-1} gadā$ .  |

Vienādojumos izmantotie koeficienti atspoguļoti 4.7. tabulā.

4.7. tabula

## Zviedrijas atsevišķu koku un mežaudzes augšanas gaitas prognožu modeļu koeficientu vērtības

| Formula | 4.25.   | 4.25.   | 4.25.  | 4.25.   | 4.28.   | 4.28.   | 4.28.    | 4.26.   | 4.26.   | 4.26.   | 4.26.   | 4.29.    | 4.30.      | 4.31.     | 4.32.*     | 4.32.* | 4.32.*    | 4.32.** | 4.32.** | 4.32.**   | Lapu koki | 4.33.     | 4.34.  | 4.35.   | 4.36.   | 4.37.          | 4.38.   | 4.40.1.  | 4.40.2.  | 4.40.3. |  |
|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|------------|-----------|------------|--------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|---------|---------|----------------|---------|----------|----------|---------|--|
| Suga    | Priede  | Egle    | Bērzs  | Apse    | Priede  | Egle    | Bērzs    | Priede  | Egle    | Bērzs   | Apse    | Visas    | Visas      | Visas     | Priede     | Egle   | Lapu koki | Priede  | Egle    | Lapu koki | Visas     | Visas     | Priede | Egle    | Bērzs   | Citi lapu koki | Priede  | Priede   | Priede   |         |  |
| b0      |         |         |        |         | 0.261   | 0.186   | 0.867    | 3.4176  | 3.436   | 5.9648  | 0.9945  | 0.2702   | 2.5225     | 0.0232    | 0.437      | 0.39   | 1.005     | 0.76    | 0.66    | 0.46      | -9.07     | -5.9      | -1.98  | -4.58   | -2.83   | -5.4           | -0.2391 | 0.14337  | 0.30369  |         |  |
| b1      | 25      | 10      | 7      | 7       | 2.098   | 1.868   | 2.25     | 1.0149  | 1.5163  | 1.2217  | 1.9071  | -0.5819  | -18.612    | 0.60949   | -0.0847    | -0.061 | -0.0843   | -0.043  | -0.013  | -0.02     | 0.862     | -5.84     | -0.456 | 11.2    | 15.7    | 0.0693         | -0.1662 | 0.0055   | 1.05814  |         |  |
| b2      | 7395.6  | 1495.3  | 394    | 693.2   |         |         | 0.0119   |         | -0.152  |         | -0.3313 | 8.1754   | -765.295   | -12.5903  | 0.00214    | 0.0016 | 0.00176   |         |         |           | 0.686     | -0.00449  | -17.4  | -0.0545 | -0.0665 | -0.0688        | -0.0375 | -0.20988 | -0.42533 |         |  |
| b3      | -1.7829 | -1.5978 | -1.387 | -0.9771 |         | 0.0147  |          | -0.3902 | -0.4024 | -0.3998 | -0.304  | -0.0233  | 0.04798    | 0.0003317 | 0.0104     | 0.005  | -0.000174 | 0.0047  | 0.0043  | 0.0046    | -16.6     | -1.65     | -0.739 | 0.577   | 0.0011  | 0.00212        | -0.4973 | -1.02617 |          |         |  |
| b4      |         |         |        |         | 3.474   | 1.582   |          |         | 0.1625  |         |         | -0.3163  | 0.05589    | -0.01006  | -0.0000317 |        | 0.0000591 |         |         |           | 0.401     | 23.9      | 0.327  | 0.0282  | -16.5   | -0.345         | -0.0932 |          |          |         |  |
| b5      |         |         |        |         | -0.1473 | -0.0525 | -0.0166  |         | 0.4702  |         |         | -10.5278 | 0.00006717 | 0.000173  |            |        |           | 0.048   |         |           | 0.733     | 0.0000121 | 25.6   | -0.594  | 27.7    | 0.0498         |         |          |          |         |  |
| b6      |         |         |        |         | -0.176  | -0.109  |          | -0.7731 | -0.7789 | -0.9226 | -0.4058 | 0.5416   | -2.864E-09 | 0.000156  |            |        |           |         |         |           | 0.0162    | -19       | 21.5   | 0.323   | 0.0362  | 0.0634         |         |          |          |         |  |
| b7      |         |         |        |         | -0.098  | -0.058  | -0.119   | 0.2218  | 0.4034  | 0.4772  |         | -0.00932 | 0.7204     | -0.013    |            |        |           |         |         |           | 0.0216    | 0.776     | 0.028  | 0.042   |         |                |         |          |          |         |  |
| b8      |         |         |        |         | 0.136   | 0.081   |          | 0.1843  |         |         |         | 0.1895   | -0.4879    | 0.0119    |            |        |           |         |         |           | 0.278     | 0.107     | -26.6  |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b9      |         |         |        |         | -0.312  | -0.052  |          |         | 0.1914  |         |         | 0.0622   | 0.1062     | 0.0189    |            |        |           |         |         |           | 0.129     | 0.217     |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b10     |         |         |        |         | 0.0759  |         |          | -0.3145 | -0.2342 | -0.209  | -0.1981 | -0.0252  | -0.2073    | -0.0174   |            |        |           |         |         |           |           |           | 0.13   |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b11     |         |         |        |         | -0.171  | -0.093  | -0.071   | 0.1391  | 0.1754  |         |         | -0.0476  |            |           |            |        |           |         |         |           |           | 0.14      |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b12     |         |         |        |         | 0.022   | 0.013   | 0.033    |         |         | -0.5821 | -0.5967 | -0.181   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b13     |         |         |        |         |         |         | -0.00029 | -0.0844 | -0.3264 |         |         | 0.0113   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b14     |         |         |        |         | 0.014   | 0.014   |          |         | -0.6923 | -0.5386 | 0.4408  | 0.0533   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b15     |         |         |        |         | -0.0466 | 0.068   |          | 0.1178  | 0.2568  |         |         | 0.3091   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b16     |         |         |        |         | 0.0126  | 0.0045  |          |         |         | -0.4505 |         | 0.0755   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b17     |         |         |        |         | 0.096   | 0.103   | 0.12     |         |         | 0.8801  |         | 0.0621   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b18     |         |         |        |         |         |         | -0.0096  |         |         |         |         | 0.1469   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b19     |         |         |        |         | 0.088   |         |          |         |         |         |         | 0.0624   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b20     |         |         |        |         |         | -0.053  |          |         |         |         |         | 0.1266   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b21     |         |         |        |         |         |         |          | 1.089   | 0.2903  |         |         | -0.061   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b22     |         |         |        |         |         |         |          | -0.2164 |         |         |         | -0.0432  |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b23     |         |         |        |         |         |         |          | 0.1011  | 0.1965  | 0.3439  | 0.4759  | 0.0434   |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b24     |         |         |        |         |         |         |          |         |         |         |         |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b25     |         |         |        |         |         |         |          | 0.279   | 0.4034  | 0.3844  |         |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b26     |         |         |        |         |         |         |          | 0.1245  | 0.1309  | 0.1814  | 0.2143  |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b27     |         |         |        |         |         |         |          | 0.0451  |         |         |         |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b28     |         |         |        |         |         |         |          | 0.0487  | 0.0561  |         |         |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b29     |         |         |        |         |         |         |          | 0.1368  | 0.1126  | 0.2258  |         |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |
| b30     |         |         |        |         |         |         |          | 0.0842  | 0.077   | 0.1321  | 0.2427  |          |            |           |            |        |           |         |         |           |           |           |        |         |         |                |         |          |          |         |  |

\* - koeficienti, kas paredzēti Ziemeļzviedrijai; \*\* - koeficienti, kas paredzēti Dienvidzviedrijai

#### 4.2.1.2. Augstuma augšanas gaitas modeļi

Audzēs līdz 7 metru augstumam tiek modelēts audzes vidējais augstums (Elfving, 2010):

$$H = \frac{SI}{\exp(Y)+1} \quad (4.24)$$

$Y$  – rādītājs, kas atkarīgs no  $SI$  un mežaudzes vecuma (4.8. tabula)

4.8. tabula

Zviedrijā mežaudzēs līdz 7 m augstumam izmantoto vidējā augstuma aktualizācijas modeļa (4.24. vienādojums) koeficienti un to aprēķināšanas vienādojumi

| Suga   | Y                               | b <sub>0</sub>                               | b <sub>1</sub>                                | b <sub>2</sub>           |
|--------|---------------------------------|--|---|--------------------------|
| Priede | $b_0+b_1 \cdot A+b_2 \cdot A^2$ | 7.0  | $-0.57-0.05 \cdot SI$                         | $-0.28+0.0094 \cdot SI$  |
| Egle   | $b_0+b_1 \cdot A+b_2 \cdot A^2$ | $6.27+12.1/SI$                               | $-0.262-0.0575 \cdot SI+0.00088 \cdot SI^2$   | $-0.323-0.134 \cdot b_1$ |
| Bērzs  | $b_0+b_1 \cdot A$               | $6.836+0.03165 \cdot SI-0.002757 \cdot SI^2$ | $-2.694+0.4937 \cdot b_0-0.05331 \cdot b_0^2$ |                          |
| Apse   | $b_0+b_1 \cdot A$               | $10.024-0.1664 \cdot SI$                     | $-4.093+0.1605 \cdot SI-0.0025 \cdot SI^2$    |                          |

$A$  – meža elementa vecums;  $SI$  – meža elementa virsaugstums 100 gadu vecumā

Audzēs virs 7 metru augstumam tiek modelēts audzes virsaugstums, par ko tiek pieņemts 100 uz hektāra resnāko koku aritmētiski vidējais augstums (Elfving, 2010):

$$H_{dom2} = \frac{H_{dom1}+b_2 \cdot b_1^{b_3} + \left( (H_{dom1}-b_2 \cdot b_1^{b_3})^2 + 4 \cdot b_2 \cdot H_{dom1} \cdot A_1^{b_3} \right)^{0.5}}{2+4 \cdot b_2 \cdot H_{dom1} \cdot A_2^{b_3} / \left( H_1-b_2 \cdot b_1^{b_3} + \left( (H_{dom1}-b_2 \cdot b_1^{b_3})^2 + 4 \cdot b_2 \cdot H_{dom1} \cdot A_1^{b_3} \right)^{0.5} \right)} \quad (4.25)$$

Ierobežojumi un izņēmumi. Bērzam  $A_1$  un  $A_2$  ir vecums aktualizācijas perioda sākumā un beigās. Eglei no attiecīgā vecuma jāatņem 3.

Atsevišķu koku augstuma aprēķināšanai izstrādāti vienādojumi priedei Zviedrijas ziemeļu daļā, vidusdaļā un dienvidu daļā, eglei un bērzam ziemeļu daļā un dienvidu daļā. Diemžēl pagaidām autoru rīcībā nav vienādojumi un tiem atbilstošie koeficienti, kas būtu paredzēti Zviedrijas dienvidu daļas atsevišķu koku augstuma augšanas gaitas aproksimācijai.

Zviedrijas augstuma augšanas gaitas modeļu pārbaudē izmantoti dati par 1348 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 961 MSI 2014. - 2015. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- ✓ meža elementi ir P1st (442 meža elementi), E1st (336), B1st (435), A1st (85);
- ✓ katrā uzmērīšanas ciklā augstums uzmērīts vismaz 3 dzīvajiem kokiem no viena meža elementa;
- ✓ visās trīs uzmērīšanas reizēs zināms meža elementa vecums un vecuma starpība starp cikliem ir 5 gadi;
- ✓ meža elementa vidējais augstums otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā;
- ✓ prognozētais augstums bāzes vecumā (P, E 100 gadi; B, A 50 gadi) starp uzmērīšanas cikliem neatšķiras vairāk kā 5 m;
- ✓ meža elementa piecu gadu augstuma tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā divas standartnovirzes no tam atbilstošās vecuma desmitgades un bāzes vecuma augstuma grupas aritmētiski vidējās vērtības.

Pārbaudīts ir tikai 4.25. vienādojums, pie tam uz meža elementa vidējā augstuma vērtībām. Nav pārbaudīts 4.24. vienādojums, jo ir mazs meža elementu skaits, kam vidējais augstums ir mazāks par 7 m un kas atbilst iepriekš aprakstītiem kritērijiem.

Meža elementa vidējā augstuma prognozēšanai pārbaudīts četros variantos:

- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un otro ciklu (5 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp otro un trešo ciklu (5 gadu periods);



- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo un trešo ciklu (10 gadu periods);
- ✓ augstuma augšanas gaitas prognoze starp pirmo, otro un trešo ciklu (5 un 10 gadu periods).

Jāatzīmē, ka kombinētajā 5 un 10 gadu cikla variantā netiek ņemta vērā auto korelācija.

#### 4.2.1.3. Caurmēra augšanas gaitas modeļi

Caurmēra augšanas gaitas aproksimēšanai izmanto atsevišķu koku šķērslaukuma pieauguma modeli:

$$z_{g5} = \exp \left( b_0 + b_1 \cdot \ln(d + 1) + b_2 \cdot \frac{d}{10} + b_3 \cdot \frac{BAL}{d+1} + b_4 \cdot \frac{BAL}{d+1} \cdot \frac{G}{G-G_e} + b_5 \cdot \frac{BAL}{d+1} \cdot \frac{(D_g - (\sum d^2 / \sum n))^{0.5}}{D_g^3} + b_6 \cdot \ln(a + 20) + b_7 \cdot \text{ost} + b_8 \cdot \frac{D_g}{10} + b_9 \cdot \frac{D_g^2}{1000} + b_{10} \cdot \ln(G + 3) + b_{11} \cdot G_{\text{citi}}^2 + b_{12} \cdot G_1^2 + b_{13} \cdot \text{Gotland} + b_{14} \cdot \frac{T_{\text{sum}}}{1000} + b_{15} \cdot \left( \frac{T_{\text{sum}}}{1000} \right)^2 + b_{16} \cdot \frac{1}{T_{\text{sum}} - 0.3} + b_{17} \cdot \frac{1}{\text{att}_k + 3} + b_{18} \cdot \text{LAT} + b_{19} \cdot \frac{H_{\text{vj1}}}{100} + b_{20} \cdot \left( \frac{H_{\text{vj1}}}{100} \right)^2 + b_{21} \cdot \frac{SI}{10} + b_{22} \cdot \frac{SI^2}{100} + b_{23} \cdot \text{rich} + b_{24} \cdot \text{ort} + b_{25} \cdot \text{fer} + b_{26} \cdot c_{0-10} + b_{27} \cdot c_{11-25} + b_{28} \cdot \text{dal} + b_{29} \cdot \text{kant} + b_{30} \cdot \frac{\ln(G+1)}{\ln(G_{\text{apk}}+1)} \right) \quad (4.26)$$

Nākamā perioda vidējo caurmēru iespējams aprēķināt pēc sekojošas sakarības:

$$D_2 = \left( \frac{0.7854 \cdot D_1 + z_g}{0.7854} \right)^{0.5} \quad (4.27)$$

Atsevišķiem kokiem caurmēru var aprēķināt arī kā sekundāru parametru atkarībā no koku augstuma un audzes taksācijas rādītājiem:

$$d = \left[ \exp \left( b_0 + b_1 \cdot \ln(h - k_{PEB}) + b_2 \cdot h + b_3 \cdot (h - k_{PEB})^2 + b_4 \cdot (1 - h) \cdot \text{dat} + b_5 \cdot \text{sh} + b_6 \cdot \ln(\text{sh} + 0.1) + b_7 \cdot \ln(1 + 10 \cdot \Delta h \cdot (\text{sh} + 0.1)) + b_8 \cdot \sin(\text{Idel}) + b_9 \cdot \text{Izc} + b_{10} \cdot h^{0.5} \cdot \text{Izc} + b_{11} \cdot \frac{c_{0-10}}{1+pc} + b_{12} \cdot c_{0-10} \cdot \ln(10 + pc) + b_{13} \cdot n_{\text{atv}} \cdot h^2 + b_{14} \cdot \text{LAT} + b_{15} \cdot \frac{H_{\text{vj1}}}{100} + b_{16} \cdot \left( \frac{H_{\text{vj1}}}{100} \right)^2 + b_{17} \cdot \text{att}_{k5} + b_{18} \cdot \text{SI}_{p100} + b_{19} \cdot \text{veg}_z + b_{20} \cdot \text{veg}_{kr} + k_{CMRES} \right) \right]^{0.5} \quad (4.28)$$

#### 4.2.1.4. Šķērslaukuma izmaiņas modelis

Mežaudzes šķērslaukuma izmaiņu **Elfving** modelis (Elfving, 2010):

$$Z_{G5} = \exp \left( b_0 + b_1 \cdot \ln(A) + b_2 \cdot \frac{G_{SK}/G}{A} + b_3 \cdot \frac{G_P}{G} \cdot \text{vg} + b_4 \cdot G_B^2 + b_5 \cdot \exp \left( -\frac{T_{\text{sum}} - 300}{100} \right) + b_6 \cdot \ln(G - G_{\text{izc}}) + b_7 \cdot G + b_8 \cdot \frac{N_{\text{izc}}}{N_{\text{izc}} + 80} + b_9 \cdot \text{vg} + b_{10} \cdot \text{vg} \cdot k + b_{11} \cdot m + b_{12} \cdot s + b_{13} \cdot \text{SI} + b_{14} \cdot \text{gr}_{25} + b_{15} \cdot \text{fer} + b_{16} \cdot \text{kant} + b_{17} \cdot \text{dal}_v + b_{18} \cdot c_{0-10} + b_{19} \cdot c_{11-25} + b_{20} \cdot \ln \left( \frac{G}{G_{\text{apk}}} \right) + b_{21} \cdot i_{83} + b_{22} \cdot i_{84} + b_{23} \cdot i_{86} \right) \quad (4.29)$$

#### 4.2.1.5. Atmiruma modeļi

Atmiruma modelēšanai iespējams izmantot **Söderberg** (Elfving, 2010); **Bengtsson** (Elfving, 2010) un **Fridman & Stahl** (Fridman & Ståhl, 2001) modeļus.

Söderberg modelis

$$PG_{atm} = b_0 + b_1 \cdot \frac{1}{A+10} + b_2 \cdot \frac{1}{(A+10)^2} + b_3 \cdot G + b_4 \cdot \ln(G) + b_5 \cdot SI_e + b_6 \cdot SI_p + b_7 \cdot P_e + b_8 \cdot P_e^2 + b_9 \cdot P_b + b_{10} \cdot P_b^2 \quad (4.30)$$

Bengtsson modelis

$$PV_{atm} = b_0 + b_1 \cdot D + b_2 \cdot D^2 + b_3 \cdot A + b_4 \cdot A^2 + b_5 \cdot z_{GVP} \quad (4.31)$$

lerobežojumi un izņēmumi.  $D=7-30$  cm un  $A=30-120$  gadi.

Fridman & Stahl modelis

Izmantots 3-pakāpju atmiruma modelis.

**1. solis.** Tiek noteikta varbūtība, ka nākamajā periodā izdzīvos visi koki:

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(S) + b_2 \cdot LK + b_3 \cdot (\frac{D}{100})^2 + b_4 \cdot LK_{10} + b_5 \cdot \ln(G) + b_6 \cdot H_{vjl} + b_7 \cdot G + b_8 \cdot k + b_9 \cdot ms)}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot \ln(S) + b_2 \cdot LK + b_3 \cdot (\frac{D}{100})^2 + b_4 \cdot LK_{10} + b_5 \cdot \ln(G) + b_6 \cdot H_{vjl} + b_7 \cdot G + b_8 \cdot k + b_9 \cdot ms)} \quad (4.32)$$

**2. solis.** Tiek aprēķināts nākamā perioda atmirušās koksnes šķērslaukuma īpatsvars:

$$PG_{atm} = \exp\left(b_0 + \left(b_1 + b_2 \cdot S + b_3 \cdot \ln(G) + b_4 \cdot \frac{D}{100} + b_5 \cdot A^2 + b_6 \cdot \left(\frac{D}{100}\right)^2 + b_7 \cdot \ln(N) + b_8 \cdot ms + b_9 \cdot att_{kailc} + b_{10} \cdot P_{LK} + b_{11} \cdot c_{kop}\right)\right) \quad (4.33)$$

**3. solis.** Tiek aprēķināta atmiruma varbūtība atsevišķām koku sugu un caurmēra grupām:

Priede 
$$p_P = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot k_{P70} + b_2 \cdot d_{gr} + b_3 \cdot \ln(G) + b_4 \cdot ms + b_5 \cdot \frac{D}{100} + b_6 \cdot d_{gr}^2 + b_7 \cdot BAL + b_8 \cdot (\frac{D}{100})^2)}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot k_{P70} + b_2 \cdot d_{gr} + b_3 \cdot \ln(G) + b_4 \cdot ms + b_5 \cdot \frac{D}{100} + b_6 \cdot d_{gr}^2 + b_7 \cdot BAL + b_8 \cdot (\frac{D}{100})^2)} \quad (4.34)$$

Egle 
$$p_E = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot \frac{D}{100} + b_2 \cdot G + b_3 \cdot att_{kailc} + b_4 \cdot BAL + b_5 \cdot k_{P70} + b_6 \cdot c_{kop} + b_7 \cdot d_{gr}^{-1})}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot \frac{D}{100} + b_2 \cdot G + b_3 \cdot c_{kailc} + b_4 \cdot BAL + b_5 \cdot k_{P70} + b_6 \cdot c_{kop} + b_7 \cdot d_{gr}^{-1})} \quad (4.35)$$

Bērzs 
$$p_B = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot \frac{D}{100} + b_2 \cdot G + b_3 \cdot H_{vjl} + b_4 \cdot d_{gr} + b_5 \cdot d_{gr}^2 + b_6 \cdot BAL)}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot \frac{D}{100} + b_2 \cdot G + b_3 \cdot H_{vjl} + b_4 \cdot d_{gr} + b_5 \cdot d_{gr}^2 + b_6 \cdot BAL)} \quad (4.36)$$

Citi lapu koki 
$$p_C = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot BAL + b_2 \cdot G + b_3 \cdot H_{vjl} + b_4 \cdot att_{<H20} + b_5 \cdot LAT + b_6 \cdot d_{gr}^{-1})}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot BAL + b_2 \cdot G + b_3 \cdot H_{vjl} + b_4 \cdot att_{<H20} + b_5 \cdot LAT + b_6 \cdot d_{gr}^{-1})} \quad (4.37)$$

#### 4.2.1.6. Koku sadalījuma modelēšana

Koku skaita modelēšanai sadalījumā pa augstumu grupām izmantots 3-pakāpju *Weibull* sadalījums:

$$f(x) = \frac{\lambda}{\beta} \cdot \left[ \left( \frac{h-\alpha}{\beta} \right)^{\lambda-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{h-\alpha}{\beta}\right)^\lambda\right) \right] \quad (4.38)$$

$\lambda$  – formas parametrs;  $\beta$  – mēroga parametrs;  $\alpha$  – novietojuma parametrs.

*Weibull* sadalījuma kumulāta izsakāma ar sakarību:

$$f(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\lambda\right] \quad (4.40)$$

$$CVH = \exp(b_0 + b_1 \cdot H + b_2 \cdot \ln(H) + b_3 \cdot \ln(1 + P_{LK}) + b_4 \cdot IzC) \quad (4.40.1)$$

$$\lambda = \exp(b_0 + b_1 \cdot H + b_2 \cdot CVH + b_3 \cdot \ln(CVH)) \quad (4.40.2)$$

$$\beta = b_0 + b_1 \cdot H + b_2 \cdot CVH \quad (4.40.3)$$

## 4.2.2. Rezultāti

### 4.2.2.1. Augstuma augšanas gaitas modeļi

Zviedrijā izmantotā mežaudzes virsaugstuma modelēšanai izmantotais vienādojums ar Zviedrijai paredzētajiem koeficientiem, samērā labi raksturo meža elementu vidējā augstuma izmaiņas (4.9. tabula).

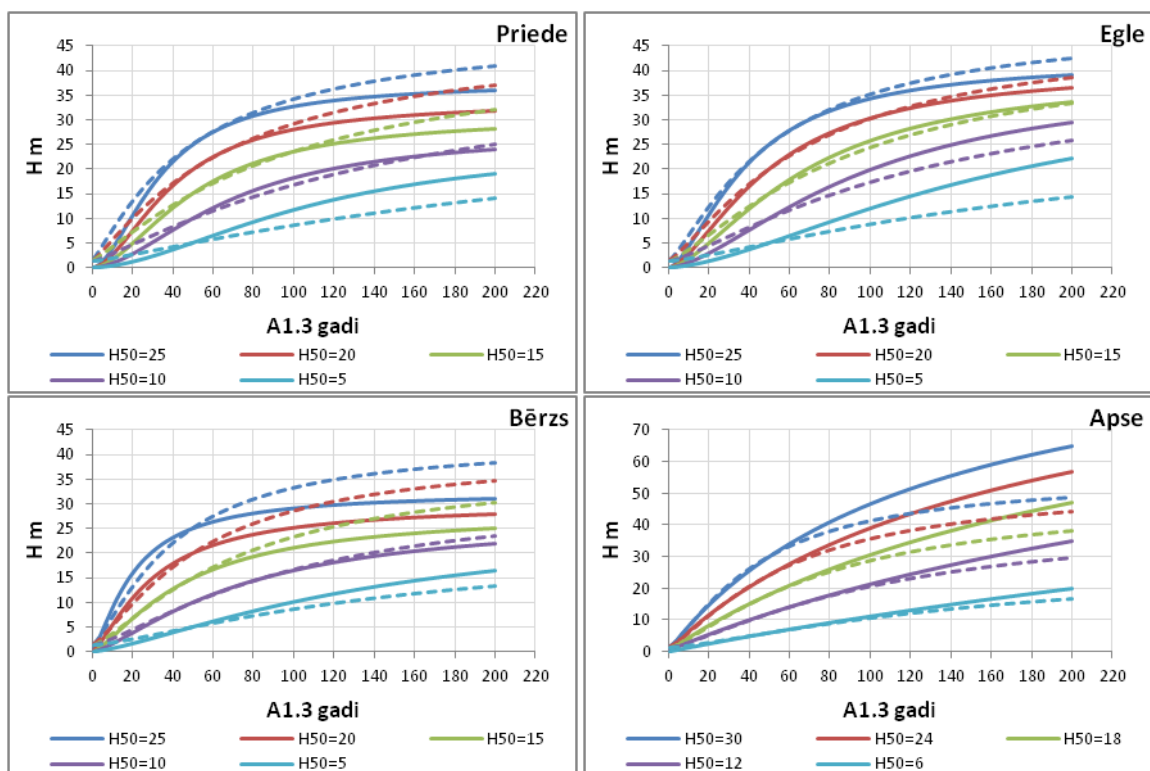
4.9. tabula

Zviedrijas augstuma augšanas gaitas modeļa (4.5. formula) prognozētā vidējā periodiskā augstuma pieauguma statistiskie rādītāji

| Cikli                        | Suga | Aritm. vid. | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R     | R <sup>2</sup> | N   |
|------------------------------|------|-------------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|-------|----------------|-----|
| 1.cikl.vs 2. cikl. (5gadi)   | P    | 0.26        | 0.03  | 10.2   | 0.10  | 0.13 | 52     | 0.02 | 1.14 | 1.510 | 0.574 | 0.329          | 904 |
|                              | E    | 0.35        | -0.06 | -16.5  | 0.13  | 0.18 | 50     | 0.03 | 1.28 | 2.082 | 0.674 | 0.454          | 697 |
|                              | B    | 0.36        | 0.07  | 19.4   | 0.16  | 0.22 | 60     | 0.05 | 1.13 | 1.427 | 0.593 | 0.351          | 864 |
|                              | A    | 0.52        | 0.00  | -0.2   | 0.16  | 0.21 | 41     | 0.05 | 0.70 | 0.668 | 0.594 | 0.353          | 181 |
| 2.cikl.vs 3. cikl. (5gadi)   | P    | 0.25        | 0.03  | 12.7   | 0.10  | 0.13 | 52     | 0.02 | 1.14 | 1.379 | 0.557 | 0.310          | 907 |
|                              | E    | 0.34        | -0.06 | -16.9  | 0.12  | 0.17 | 51     | 0.03 | 1.25 | 1.966 | 0.660 | 0.435          | 704 |
|                              | B    | 0.36        | 0.06  | 16.7   | 0.15  | 0.21 | 60     | 0.05 | 1.03 | 1.547 | 0.641 | 0.411          | 859 |
|                              | A    | 0.52        | -0.02 | -3.4   | 0.17  | 0.23 | 45     | 0.05 | 0.84 | 0.894 | 0.562 | 0.316          | 176 |
| 1.cikl.vs 3. cikl. (10 gadi) | P    | 0.26        | 0.03  | 12.4   | 0.10  | 0.13 | 50     | 0.02 | 1.09 | 1.524 | 0.608 | 0.370          | 934 |
|                              | E    | 0.35        | -0.06 | -16.4  | 0.12  | 0.17 | 49     | 0.03 | 1.21 | 2.027 | 0.685 | 0.469          | 693 |
|                              | B    | 0.35        | 0.07  | 20.3   | 0.15  | 0.20 | 56     | 0.04 | 1.05 | 1.459 | 0.639 | 0.408          | 848 |
|                              | A    | 0.51        | -0.01 | -1.1   | 0.14  | 0.20 | 39     | 0.04 | 0.69 | 0.775 | 0.619 | 0.383          | 171 |
| visi kopā (5 un 10 gadi)     | P    | 0.26        | 0.03  | 10.2   | 0.10  | 0.13 | 52     | 0.02 | 1.14 | 1.510 | 0.574 | 0.329          | 904 |
|                              | E    | 0.35        | -0.06 | -16.5  | 0.13  | 0.18 | 50     | 0.03 | 1.28 | 2.082 | 0.674 | 0.454          | 697 |
|                              | B    | 0.36        | 0.07  | 19.4   | 0.16  | 0.22 | 60     | 0.05 | 1.13 | 1.427 | 0.593 | 0.351          | 864 |
|                              | A    | 0.52        | 0.00  | -0.2   | 0.16  | 0.21 | 41     | 0.05 | 0.70 | 0.668 | 0.594 | 0.353          | 181 |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R<sup>2</sup> - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.

Tomēr jāatzīmē, ka 2.5. vienādojums ar Zviedrijā izmantotajām koeficientu vērtībām, nav piemērots meža elementu augstuma augšanas gaitas modelēšanai Latvijā, jo ekstrapolējot vienādojumu ilgākā laika periodā, tas prognozē vai nu neloģiski agru augstuma pieauguma apstāšanos (priede, egļu, bērzs), vai neloģiski vēlu (apse) (4.3. attēls).



4.3. attēls. Aproximētā vidējā augstuma augšanas atkarībā no augstuma 50. gadu krūšaugstuma vecumā

Nepārtrauktā līnija – Zviedrijas modelis (4.25. vienādojums), raustītā līnija – Latvijas modelis (2.1. vienādojums).

#### 4.2.2.2. Caurmēra augšanas gaitas modeļi

Diemžēl Zviedrijas atsevišķu koku caurmēra augšanas gaitas modeļus (4.26. un 4.28. formulas) nav iespējams tieši pārbaudīt uz Latvijas MSI parauglaukumu datu bāzes, jo :

- ✓ 4.26. vienādojumā:
  - indikators, kas raksturo mežaudzes tipu nav tieši pielīdzināms Latvijas mežu tipoloģijai,
  - nav precīzas informācijas par pēdējo 25 gadu laikā veiktajām kopšanas cirtēm,
  - nav informācijas vai pēdējo 10 gadu laikā veikta mēslošana,
  - nav informācijas par parauglaukumiem blakus esošajām mežaudzēm;
- ✓ 4.28. vienādojumā:
  - nav precīzas informācijas par parauglaukumā dominējošo veģetāciju,
  - nav precīzas informācijas par pēdējo 10 gadu laikā veiktajām kopšanas cirtēm,
  - nav informācijas par atvasājiem – to skaitu puduros.

Zviedrijas atsevišķu koku caurmēra augšanas gaitas modeļiem turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos, kā arī būtu nepieciešams izstrādāt atsevišķus caurmēra augšanas gaitas modeļus ne tikai priedei, eglei bērzam un apsei, bet arī melnalksnim un baltalksnim.

#### 4.2.2.3. Šķērslaukuma izmaiņas modelis

Diemžēl Zviedrijas mežaudzes šķērslaukuma izmaiņu modeli (4.29. formula) nav iespējams tieši pārbaudīt uz Latvijas MSI parauglaukumu datu bāzes, jo :

- ✓ indikators, kas raksturo mežaudzes tipu nav tieši pielīdzināms Latvijas mežu tipoloģijai,
- ✓ nav precīzas informācijas par pēdējo 25 gadu laikā veiktajām kopšanas cirtēm,
- ✓ nav informācijas par pastāvīgo augsnes gruntsūdens līmeni,

- ✓ nav informācijas vai pēdējo 10 gadu laikā veikta mēslošana,
- ✓ nav informācija par precīzo attālumu līdz grāvim,
- ✓ nav informācijas par parauglaukumiem blakus esošajām mežaudzēm.

Šķērslaukuma izmaiņu modelim turpmākajos pētījumus būtu nepieciešams aproksimēt jaunas Latvijai atbilstošas koeficientu vērtības, kā arī izvērtēt atsevišķu faktoriālo pazīmju atbilstību un nepieciešamību Latvijas klimatiskajos un ģeogrāfiskajos apstākļos

#### 4.2.2.4. Atmiruma modeļi

Pārbaudīts ir Bengtsson modelis (4.31. formula), kas paredzēts audzes ikgadējā krājas atmiruma prognozēšanai. Salīdzinājumā ar Latvijai izstrādātajiem (3. nodaļa) vienādojumiem bengtsson modelim gan ar Ziemeļzviedrijas, gan ar Dienvidzviedrijas koeficientu vērtībām ir zemāki statistiskie rādītāji (4.10. tabula). Kā Bengtsson modeļa trūkumu var atzīmēt, ka tas ir proporcionāls audzes biežības, tomēr MSI atkārtoti uzmērītajos parauglaukumos konstatēts, ka biežākajās audzēs ir ievērojami lielāks atmirums nekā retākajās audzēs (Donis et al., 2011).

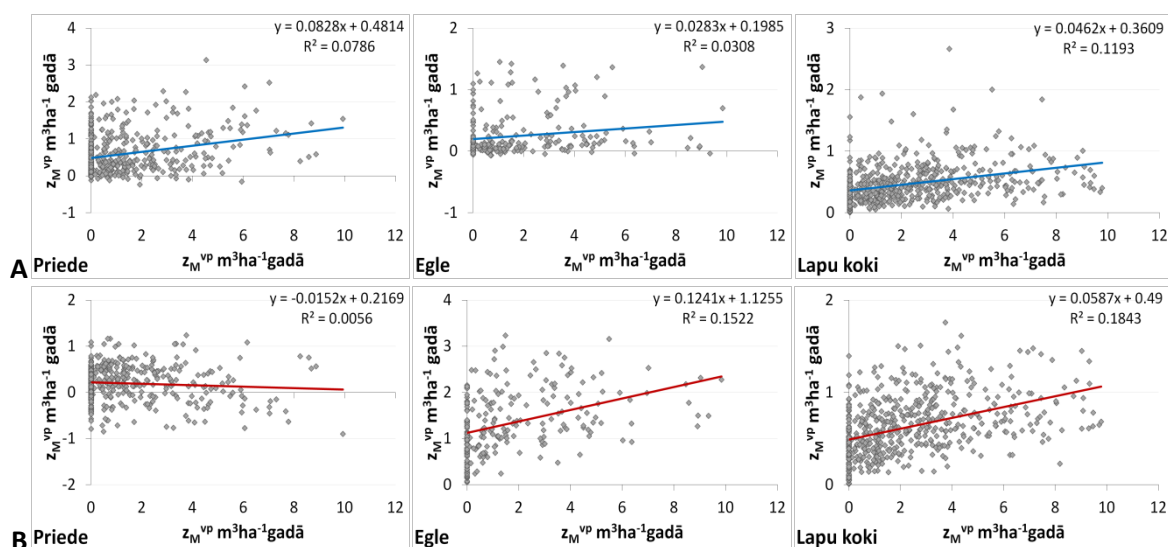
Bengtsson modeli prognozētajam krājas atmirumam ir vāja korelācija ar uzmērīto krājas atmirumu (4.4. attēls).

4.10. tabula

Bengtsson atmiruma modeļa (4.31. formula) statistiskie rādītāji

| Vienādojums       | Suga      | Vid  | MRES  | MRES % | AMRES | RMSE | RMSE % | MSE  | MEF  | VR    | R      | R2    | N   |
|-------------------|-----------|------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|-------|--------|-------|-----|
| 4.31. Z-Zviedrija | Priede    | 1.30 | 0.71  | 54.68  | 1.22  | 1.94 | 148.95 | 3.74 | 1.07 | 0.087 | 0.280  | 0.079 | 483 |
|                   | Egle      | 1.71 | 1.47  | 85.60  | 1.61  | 2.64 | 154.09 | 6.95 | 1.43 | 0.026 | 0.176  | 0.031 | 239 |
|                   | Lapu koki | 2.27 | 1.80  | 79.45  | 1.97  | 2.92 | 128.76 | 8.50 | 1.51 | 0.018 | 0.345  | 0.119 | 570 |
| 4.31. D-Zviedrija | Priede    | 1.30 | 1.10  | 84.83  | 1.31  | 2.24 | 172.03 | 4.99 | 1.43 | 0.041 | -0.075 | 0.006 | 483 |
|                   | Egle      | 1.71 | 0.38  | 21.93  | 1.39  | 2.07 | 120.99 | 4.28 | 0.88 | 0.101 | 0.390  | 0.152 | 239 |
|                   | Lapu koki | 2.27 | 1.64  | 72.51  | 1.87  | 2.80 | 123.44 | 7.81 | 1.39 | 0.019 | 0.429  | 0.184 | 570 |
| 3.3. Latvija      | Priede    | 1.30 | -0.19 | -14.24 | 1.25  | 1.69 | 129.83 | 2.84 | 0.81 | 0.268 | 0.450  | 0.202 | 483 |
|                   | Egle      | 1.71 | -0.45 | -26.24 | 1.60  | 2.13 | 124.40 | 4.53 | 0.93 | 0.360 | 0.391  | 0.153 | 239 |
|                   | Bērzs     | 2.27 | -0.12 | -5.23  | 1.54  | 2.05 | 90.54  | 4.20 | 0.75 | 0.352 | 0.511  | 0.261 | 570 |
| 3.4. Latvija      | Priede    | 1.30 | -0.17 | -12.94 | 1.26  | 1.68 | 129.65 | 2.83 | 0.81 | 0.208 | 0.445  | 0.198 | 483 |
|                   | Egle      | 1.71 | -0.48 | -28.11 | 1.63  | 2.13 | 124.30 | 4.52 | 0.93 | 0.310 | 0.384  | 0.147 | 239 |
|                   | Bērzs     | 2.27 | -0.17 | -7.32  | 1.56  | 2.06 | 91.00  | 4.24 | 0.76 | 0.326 | 0.504  | 0.254 | 570 |

MRES - vidējā novirze, m; MRES% - procentuālā vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze, m; RMSE – standartnovirze, m; RMSE% - variācijas koeficients; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda, m; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - elementu vai koku skaits.



4.4. attēls. Bengtsson modeļa (4.31. formula) prognozētais krājas vidējais periodiskais atmirums atkarībā no uzmērītā krājas vidējā periodiskā atmiruma.

A- Ziemeļzviedrijai paredzētie vienādojumi, B- Dienvidzviedrijai paredzētie vienādojumi.

### **4.3. Somijas un Zviedrijas augšanas modeļu lietošanas piemērotības izvērtējums Latvijā**

Somijas un Zviedrijas atsevišķu koku augšanas gaitas modeļi izstrādāti Ziemeļeiropas boreālo un hemiboreālo mežu augšanas gaitas prognozēšanai, tādēļ bija pamats uzskatīt, ka tie ir piemērojami Latvijas mežaudžu attīstības modelēšanai. Atsevišķu koku augšanas gaitas modeļi salīdzinājumā ar audžu līmeņa augšanas gaitas modeļiem ir piemērotāki mistrotu audžu augšanas gaitas modelēšanai, tomēr tie ir daudz komplikētāki un prasa lielāku laika un darba ietilpību.

Abām valstīm lielākā daļa modeļos iekļauto mainīgo ir pieejami MSI datu bāzē (tieši uzmērīti vai sekundāri aprēķināmi) vai tiem var piemērot līdzvērtīgus (Latvijai raksturīgus) rādītājus. Tomēr jāatzīmē, ka atsevišķos modeļos ir rādītāji, kurus pašreiz MSI datu bāzē esošajiem datiem nav iespējams iegūt, piemēram, rohumusa slāņa biezums, akmeņainība, blakus esošo audžu raksturojums, informācija par mēslošanu, saimnieciskās darbības raksturojums vairāk nekā pirms desmit gadiem. Tāpat apskatītajos skandināvu augšanas gaitas modeļos ir virkne rādītāju, kas nav uzskatāmi par augšanas gaitas limitējošajiem faktoriem Latvijā, piemēram, augstums virs jūras līmeņa, ziemeļu platums, ezeru īpatsvars.

Somijas atsevišķu koku augšanas vienādojumi ar to oriģinālajām koeficientu vērtībām nav tieši izmantojami mežaudžu un atsevišķu koku augšanas gaitas modelēšanai Latvijā, jo netiek korekti prognozēti augšanas gaitas modeļiem nepieciešamie papildus rādītāji (relatīvā biežība, vainaga īpatsvars un virsaugstuma bonitāte). Nekorektie rezultāti skaidrojami nevis ar vienādojumu nepareizo struktūru, bet gan ar to, ka atsevišķi faktori nav tieši ekstrapolējami, piemēram, gada aktīvās veģetācijas summa Somijā ir 1300-1600°C, bet Latvijā 1800-2100°C. Kā vēl vienu trūkumu Somijas augšanas gaitas modeļiem var uzskatīt, ļoti lielo darbietilpību faktoriālo rādītāju iegūšanā un aprēķināšanā.

Izvērtējot Zviedrijas atsevišķu koku augšanas gaitas modeļu atbilstību, konstatēts, ka īsā termiņā oriģinālās formulas dod labu vērtējumu, taču ilgākā termiņa nepieciešama koeficientu vērtību adaptācija Latvijas apstākļiem.

Lai gan skandināvu modeļi ar to koeficientu oriģinālajām vērtībām nav tiešā veidā izmantojami mežaudžu un atsevišķu koku augšanas gaitas modelēšanai Latvijā, tomēr būtu nepieciešams pārbaudīt šos vienādojumus aproksimējot Latvijas apstākļiem atbilstošas koeficientu vērtībās, kā arī atsakoties no Latvijas apstākļos augšanas gaitas nelimitējošajiem faktoriem.



## 5. Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana.

Darba uzdevums: *Dažādvecuma audžu augšanas gaitas modeļu izstrādei nepieciešamo iepriekš ierīkoto parauglaukumu pārmērīšana (10 objekti).*

### 5.1. Lauku darbu metodika

#### *Iepriekšējās kokaudzes (mātes audzes) struktūras novērtēšana*

Audzēs telpiskās struktūras raksturošanai pārmērīti 2006.-2012. gadā iekārtotie 6 objekti priežu audzēs, kuros izlases vai pakāpeniskās cirtes pirmais paņēmieni veikts laika periodā no 2000. līdz 2006. gadam (5.1. tabula). Kā arī uzmērīti 4 objekti priežu audzēs, kuros izlases vai pakāpeniskās cirtes pirmais paņēmieni veikts 2011. gadā, pēc kuras veikta sanitārā cirte 2014. gadā. Šie 4 objekti uzmērīti ar mērķi iegūt papildus informāciju par sākotnējo dabiskās atjaunošanās norisi un paredzēti pārmērīt 2020. gadā. Kopumā iepriekšējā kokaudze novērtēta 6 objektos mētrājā, 2 objektos mētru ārenī, 1 objektā lānā un 1 objektā damaksnī.

Objektos iepriekšējās kokaudzes struktūra novērtēta kopā 55 parauglaukumos (500 m<sup>2</sup>; R=12,62 m). Katram kokam fiksēta – suga, pašreizējā stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbenis, kritala, celms), caurmērs krūšaugstumā (D<sub>1.3</sub>). Audzēs ar priedes paaudžu skaitu vismaz 2 visā PL (500 m<sup>2</sup>) uzmērīti koki, kuru caurmērs krūšaugstumā pārsniedz 14.0 cm. Kokus, kuru caurmērs nepārsniedza 14.0 cm, bet bija lielāks par 6,0 cm, uzmērīti 5.64m (100 m<sup>2</sup>). Koki, kuru caurmērs 2.1 līdz 6.0 cm, uzmērīti 3.99 m lielā rādiusā (50 m<sup>2</sup>). Audzēs ar priedes paaudžu skaitu vismaz 3 visā PL uzmērīti koki, kuru caurmērs krūšaugstumā pārsniedza 6.0 cm. Koki, kuru caurmērs no 2,1 cm līdz 6,0 cm, uzmērīti 3,99 m lielā rādiusā (50 m<sup>2</sup>). Koku augstumi uzmērīti izlases veidā, katram meža elementam atsevišķi, vismaz 9 kokiem katrā objektā.

5.1. tabula

2016. gadā uzmērīto objektu raksturojums

| Objekts       | PL skaits | UL skaits | Meža tips | Cirtes gads | Pirmās uzmērīšanas gads | Otrās uzmērīšanas gads | Trešās uzmērīšanas gads | Priedes paaudžu skaits |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Garkalne240   | 4         | 12        | Mr        | 2002        | 2006                    | 2012                   | 2016                    | vismaz 3               |
| Garkalne239-2 | 4         | 12        | Mr        | 2002        | 2006                    | 2012                   | 2016                    | vismaz 3               |
| Garkalne170-5 | 4         | 12        | Mr        | 2002        | 2006                    | 2012                   | 2016                    | vismaz 3               |
| 714-278-19    | 9         | 27        | Mr        | 2000        | 2012                    | 2016                   |                         | vismaz 2               |
| 714-226-17    | 9         | 27        | Dm        | 2006        | 2012                    | 2016                   |                         | vismaz 2               |
| 408-195-3     | 9         | 27        | Mr        | 2002        | 2012                    | 2016                   |                         | vismaz 2               |
| 710-188-4     | 4         | 12        | Am        | 2011        | 2016*                   |                        |                         | vismaz 2               |
| 710-153-28    | 4         | 12        | Mr        | 2011        | 2016*                   |                        |                         | vismaz 2               |
| 710-153-21    | 4         | 12        | Am        | 2011        | 2016*                   |                        |                         | vismaz 2               |
| 710-153-19    | 4         | 12        | Ln        | 2011        | 2006*                   |                        |                         | vismaz 2               |
| Kopā          | 55        | 165       |           |             |                         |                        |                         |                        |

\* - objektu paredzēts pārmērīt 2020. gadā.

#### *(Dabiskās) atjaunošanās uzskaitē*

Uzskaitē veikta 25 m<sup>2</sup> (R=1,82 m) lielos apļveida uzskaites laukumus. Dabiski atjaunojušos skujkoku kociņi uzskaitīti visi, neatkarīgi no to savstarpējā attāluma, bet lapu kokiem katrai sugai uzskaitīts atbilstoši viens augstākais kociņš 0,25 m<sup>2</sup>. Uzskaitīti kociņi, kas sasnieguši 5 cm augstumu. Uzskaitītie kociņi grupēti pa sugām un 0,1 m augstumu grupām, atsevišķi izdalot bojātos kociņus. Katrā parauglaukumā ierīkoti 3 uzskaites laukumi – viens parauglaukuma centrā un divi 6 m attālumā

uz Z un D no parauglaukuma centra. Kopumā atjaunošanās uzskaitē veikta 165 atjaunošanās uzskaites laukumos.

## 5.2. Rezultāti

Objektos, kas uzmērīti ar mērķi iegūt papildus informāciju par sākotnējo dabiskās atjaunošanās norisi mātesaudzes šķērslaukums ir no 8,6 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> līdz 18,8 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> vidēji objektā (5.2. tabula). Tikai vienā no objektiem 5 gadus pēc cirtes ir konstatēta pietiekoša skaita priedes atjaunošanās 6200 ± 2810 ha<sup>-1</sup> (5.2. tabula).

5.2. tabula

### Mātesaudzes struktūra un priedes dabiskā atjaunošanās 5 gadus pēc cirtes

| Objekts    | Mātes audze |      |                                    |                     |                                    | Priedes dabiskā atjaunošanās |      |      |      |
|------------|-------------|------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------|------|------|------|
|            | D, cm       | H, m | G, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | N, ha <sup>-1</sup> | M, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | N, gab.                      | +/-* | H, m | +/-  |
| 710_153_19 | 36.9        | 25.4 | 16.6                               | 155                 | 190                                | 6200                         | 2810 | 0.19 | 0.04 |
| 710_153_21 | 34.6        | 23.3 | 14.1                               | 150                 | 149                                | 2767                         | 1228 | 0.15 | 0.02 |
| 710_153_28 | 37.1        | 24.6 | 8.6                                | 80                  | 96                                 | 1867                         | 953  | 0.15 | 0.04 |
| 710_188_4  | 31.9        | 20.8 | 18.8                               | 235                 | 178                                | 1233                         | 1609 | 0.10 | 0.00 |

\*+/- – robežklūda ar 95% ticamību

Audzēs ar vismaz trijām priedes paaudzēm, mazākais (80 koki ha<sup>-1</sup>) trešā stāva priežu skaits konstatēts objektā Garkalne170-5, kurā vienlaikus konstatēts lielākais (675 koki ha<sup>-1</sup>) otrā stāva koku (sastāvs 8P2B+E) skaits (5.3. tabula). Šajā objektā konstatēts arī mazākais atjaunojušos priežu augstums (0,89 ± 0,29m) starp audzēm ar vismaz trijām priedes paaudzēm 14 gadus pēc cirtes (5.4. tabula).

5.3. tabula

### Mātesaudzes struktūra audzēs ar vismaz trijām priedes paaudzēm

| Objekts   |   |                                 | Garkalne170-5 |       |       | Garkalne239--2 |       |       | Garkalne240 |       |       |
|-----------|---|---------------------------------|---------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| Uzm gads  |   |                                 | 2006          | 2011  | 2016  | 2006           | 2011  | 2016  | 2006        | 2011  | 2016  |
| I stāvs   | D | cm                              | 38.9          | 40.2  | 24.8  | 35.0           | 37.3  | 38.9  | 34.9        | 37.0  | 36.4  |
|           | H | m                               | 23.5          | 23.8  | 20.0  | 25.9           | 26.3  | 26.2  | 24.0        | 24.4  | 24.1  |
|           | G | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 6.3           | 8.5   | 9.2   | 14.9           | 17.1  | 17.2  | 15.4        | 18.2  | 17.8  |
|           | M | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 63.6          | 83.0  | 88.6  | 174.8          | 202.6 | 205.6 | 167.0       | 197.9 | 197.2 |
|           | N | ha <sup>-1</sup>                | 110           | 185   | 215   | 155            | 155   | 145   | 190         | 230   | 175   |
| II stāvs  | D | cm                              | 11.3          | 11.5  | 11.3  | 11.3           | 10.7  | 10.7  | 10.7        | 10.9  | 13.1  |
|           | H | m                               | 12.8          | 12.8  | 10.4  | 15.2           | 14.2  | 12.0  | 13.3        | 13.3  | 11.7  |
|           | G | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 3.6           | 3.9   | 6.7   | 0.1            | 0.1   | 0.7   | 1.0         | 1.5   | 3.9   |
|           | M | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 24.1          | 26.6  | 40.2  | 0.5            | 1.0   | 4.0   | 7.0         | 10.9  | 24.8  |
|           | N | ha <sup>-1</sup>                | 355           | 380   | 675   | 5              | 15    | 75    | 110         | 165   | 290   |
| III stāvs | D | cm                              | 6.8           | 7.4   | 4.7   | 6.6            | 7.1   | 3.9   | 5.6         | 6.5   | 4.6   |
|           | H | m                               | 8.6           | 9.0   | 4.1   | 9.0            | 9.2   | 3.9   | 8.7         | 8.4   | 4.9   |
|           | G | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 2.2           | 1.2   | 0.1   | 0.1            | 0.2   | 0.6   | 1.0         | 0.5   | 0.9   |
|           | M | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 10.8          | 6.1   | 0.5   | 0.4            | 0.9   | 2.2   | 4.9         | 2.5   | 3.6   |
|           | N | ha <sup>-1</sup>                | 595           | 275   | 80    | 20             | 45    | 440   | 410         | 155   | 500   |
| Kopā      | G | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 12.1          | 13.6  | 16.1  | 15.0           | 17.4  | 18.5  | 17.4        | 20.3  | 22.7  |
|           | M | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 98.5          | 115.8 | 129.4 | 175.6          | 204.5 | 211.8 | 178.9       | 211.3 | 225.6 |
|           | N | ha <sup>-1</sup>                | 1060          | 840   | 970   | 180            | 220   | 660   | 710         | 550   | 965   |

Jāatzīmē, ka koku skaita, augstuma, caurmēru izmaiņas koku stāvu ietvaros starp uzmērīšanas reizēm, radušās gan dēļ tā, ka palielinoties koku augstumam, tie tiek pieskaitīti pie cita koku stāva, gan tādēļ, ka tiek sākti uzmērīt koki, kas sasnieguši metodikai atbilstošas dimensijas atkarībā no attāluma līdz parauglaukuma centram (skatīt 5.1. nodaļu).

## Priedes dabiskās atjaunošanās novērtējums audzēs ar vismaz trijām priedes paaudzēm

| Gads | Garkalne170-5 |      | Garkalne239-2 |      | Garkalne240 |      |
|------|---------------|------|---------------|------|-------------|------|
|      | N, gab        | +/-  | N, gab        | +/-  | N, gab      | +/-  |
| 2006 | 3550          | 2340 | 2250          | 2740 | 6800        | 6980 |
| 2011 | 3800          | 2197 | 4050          | 3341 | 4700        | 4348 |
| 2016 | 3550          | 2684 | 3450          | 2757 | 4500        | 4028 |
|      | H, m          | +/-  | H, m          | +/-  | H, m        | +/-  |
| 2006 | 0.22          | 0.08 | 0.21          | 0.06 | 0.67        | 0.67 |
| 2011 | 0.79          | 0.29 | 0.44          | 0.18 | 0.76        | 0.82 |
| 2016 | 0.89          | 0.29 | 1.30          | 0.46 | 1.27        | 0.85 |

Audzēs, kur uzmērīšanas brīdī konstatētas vismaz divas priedes paaudzes ir veikta sastāva kopšana (408-195-3 un 714-226-17 – 2015. gada - 2016. gada ziemā; 714-278-19 – 2013. - 2014. gada ziemā, nozāģējot konkurējošo sugu kokus - bērzus, vietām arī paaugas egles vai izretinot III stāva egļu grupas (714-226-17). Kopšanas rezultātā objektā 714-226-17 trešā stāva egļu skaits ir samazinājies no 1200 līdz 389 kokiem ha<sup>-1</sup> (5.5. tabula). Šajā objektā atjaunojušos priežu skaits arī ir sarucis vairāk nekā divas reizes (līdz 1733 ± 1475 ha<sup>-1</sup>) (5.6. tabula), tomēr tas skaidrojams ar konkurenci ar aizzēlumu un paaugas bērziem (2012. gadā tika uzskaitīti 8800 ± 6023 ha<sup>-1</sup>).

## Mātesaudzes struktūra audzēs ar vismaz divām priedes paaudzēm

| Objekts   |                                   | 408-195-3 |       | 714-278-19 |       | 714-226-17 |       |
|-----------|-----------------------------------|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|
| Gads      |                                   | 2011      | 2016  | 2011       | 2016  | 2011       | 2016  |
| I stāvs   | D cm                              | 46.0      | 47.4  | 38.3       | 39.0  | 40.2       | 41.0  |
|           | H m                               | 27.2      | 28.4  | 25.6       | 25.4  | 30.6       | 30.8  |
|           | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 16.6      | 17.3  | 15.6       | 16.5  | 18.6       | 19.0  |
|           | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 202.2     | 219.1 | 179.9      | 188.4 | 255.3      | 262.8 |
|           | N ha <sup>-1</sup>                | 100       | 98    | 136        | 138   | 147        | 144   |
| II stāvs  | D cm                              |           |       | 17.4       | 18.9  |            | 14.7  |
|           | H m                               |           |       | 15.5       | 16.3  |            | 12.5  |
|           | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> |           |       | 0.2        | 0.4   |            | 0.3   |
|           | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> |           |       | 1.5        | 2.7   |            | 2.0   |
|           | N ha <sup>-1</sup>                |           |       | 9          | 13    |            | 18    |
| III stāvs | D cm                              |           |       | 6.3        | 6.8   | 4.5        | 7.6   |
|           | H m                               |           |       | 5.1        | 6.7   | 4.6        | 8.2   |
|           | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> |           |       | 0.8        | 1.1   | 1.9        | 1.7   |
|           | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> |           |       | 3.4        | 5.3   | 8.6        | 10.0  |
|           | N ha <sup>-1</sup>                |           |       | 344        | 344   | 1200       | 389   |
| Kopā      | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | 16.6      | 17.3  | 16.6       | 17.9  | 20.5       | 21.1  |
|           | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | 202.2     | 219.1 | 184.8      | 196.4 | 263.9      | 274.8 |
|           | N ha <sup>-1</sup>                | 100       | 98    | 489        | 496   | 1347       | 551   |

Objektā 408-195-3 atjaunojušos priežu skaits konstatēts lielākais (9867 ± 4786 ha<sup>-1</sup>) no visiem 2016. gadā uzmērtajiem objektiem, tomēr atjaunojušos priežu vidējais augstums 16 gadus pēc cirtes ir tikai 0,50 ± 0,14 m.

## Priedes dabiskās atjaunošanās novērtējums audzēs ar vismaz divām priedes paaudzēm

| Gads | 408-195-3     |            | 714-278-19    |            | 714-226-17    |            |
|------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|      | <i>N, gab</i> | <i>+/-</i> | <i>N, gab</i> | <i>+/-</i> | <i>N, gab</i> | <i>+/-</i> |
| 2011 | 11556         | 5125       | 3333          | 1537       | 4222          | 2755       |
| 2016 | 9867          | 4786       | 4667          | 1712       | 1733          | 1475       |
|      | <i>H, m</i>   | <i>+/-</i> | <i>H, m</i>   | <i>+/-</i> | <i>H, m</i>   | <i>+/-</i> |
| 2011 | 0.26          | 0.06       | 0.47          | 0.18       | 0.26          | 0.04       |
| 2016 | 0.50          | 0.14       | 0.80          | 0.33       | 0.81          | 0.12       |

Nemot vērā to, ka pētījuma sākuma posmā ir neliels datu apjoms, tad iegūtie **rezultāti** lielākoties ir tikai indikatīvi (uz ko norāda arī statistiskie rādītāji (robežkļūda ar 95% ticamību)), un **nav izmantojami vispārīgumu veikšanai**.

## 6. Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana (Selekcijas efekta modelis parastai priedei)

Darba uzdevums: *Mākslīgās atjaunošanas ietekmes (selekcijas efekta) noteikšana - izstrādāt selekcijas efekta modeli parastai priedei.*

### 6.1. Materiāls un metodika

Iepriekšējo projektu ietvaros 2009. gadā tika iegūts lauku materiāls augšanas gaitas analīzei un salīdzinājumam starp provenienču un pluskoku kontrolēto krustojumu pēcnācējiem 1975. gadā ierīkotos parauglaukumos Kalsnavā (stādīšanas attālums 2 x 1 m, iežogotā teritorijā, meža tips - lāns). Kā paraugkoki izvēlēti 113 koki ar vienu galoni un bez citiem acīmredzamiem stumbra defektiem. Paraugkokam atzīmētas koordinātes eksperimentā (variants, atkārtojums, koks), pēc nozāģēšanas ievāktas ripas no 0 (iespējami tuvu zemes virskārtai), 0,5; 1; 1,3; m augstuma un tālāk ir pa metram. Tāpat uzmērīti redzamo zaru mieturu atrašanās augstumi. Datu apstrāde (skanēto ripu attēlu) uzmērīšana un stumbra analīžu sagatavošana, izmantojot datorprogrammu WinDendro, veikta ESF finansēta projekta „**Ģenētisko faktoru nozīme adaptēties spējīgu un pēc koksnes īpašībām kvalitatīvu mežaudžu izveidē**”(ESF) ietvaros (projekta vadītājs Dr. silv. Ā. Jansons), taču stumbra analīžu rezultāti nodoti arī šī projekta rīcībā.

Bez tam iegūto rezultātu salīdzināšanai, izmantoti arī dati no 1975.g. stādījumiem Zvirgzdē, kuros līdzīgos apstākļos audzēti sēklu plantāciju pēcnācēji un mežaudžu pēcnācēji. Uzmērījumi veikti 2009. gadā. Kā 3.datu kopa analīzei izmantoti arī dati no 1982.g. stādījumiem Zvirgzdē un Kalsnavā, kuros līdzīgos apstākļos audzēti sēklu plantāciju pēcnācēji un mežaudžu (provenienču) pēcnācēji. Uzmērījumi veikti abos objektos 2002. gadā, bet Zvirgzdē arī 2009.gadā.

### Datu matemātiska apstrāde

Provenienču un pluskoku kontrolēto krustojumu pēcnācēju salīdzinājumam kopumā izmantotas stumbra analīzes no 113 kokiem. No katra varianta tālākajā analīzē iekļauts konkrētajā atkārtojumā augstākais uzmērītais koks, pieņemot tā augstumu par  $H_{dom}$ , kopumā atlasot 43 kokus - 15 kokus no kontrolēto krustojumu izmēģinājuma un 28 kokus no provenienču izmēģinājuma.

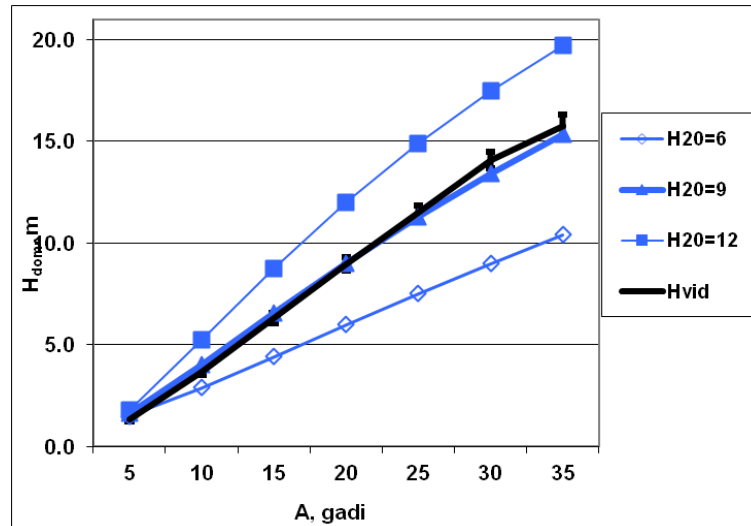
Analīze veikta:

1. salīdzinot pārbaudes izmēģinājuma vidējo dominējošo augstumu ar priežu augšanas gaitas virsaugstuma vērtībām pa virsaugstuma bonitātēm 20 gadu vecumā ( $H_{20}= 6m$ ;  $H_{20}=9m$ ;  $H_{20}= 12m$ );
2. Salīdzinot pārbaudes izmēģinājuma vidējo selekcionēto (pluskoku kontrolēto krustojumu pēcnācēju) dominējošo koku augstumu un provenienču pēcnācēju dominējošo koku augstumu.
3. Aprēķinot virsaugstuma bonitātes 100 gadu vecumā sākot no krūšaugstuma vecuma 15 gadi.

Kontrolei izmantoti 1975.g. Zvirgzdes eksperimenta plantāciju pēcnācēju un mežaudžu pēcnācēju salīdzinājums, kā arī 1982.g. Zvirgzdes un Kalsnavas eksperimentu sēklu plantāciju un mežaudžu pēcnācēju salīdzinājums. Abos gadījumos aprēķināta atšķirība starp vidējo augstumu un vidējo caurmēru.

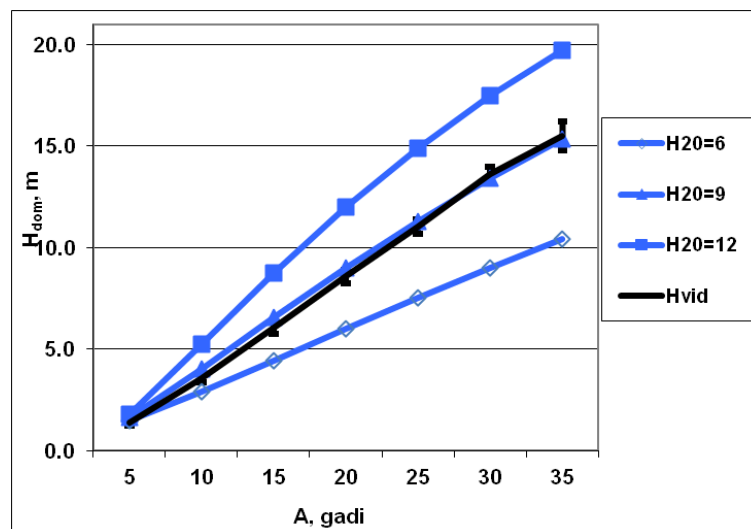
### 6.2. Rezultāti

Provenienču un pluskoku kontrolēto krustojumu salīdzinājuma pārbaudes izmēģinājumā iekļauto priežu augšana objektā praktiski sakrīt ar augšanas gaitas vērtībām virsaugstuma bonitātei  $H_{20}=9m$  (6.1.att.). Augšanas gaita, ir tuvāka virsaugstuma bonitātes  $H_{20}= 6m$  augšanas gaitai (labākā un sliktākā varianta augstākā koka augstuma atšķirība 30 gadu vecumā ir 7.1 m).



6.1.attēls. Pārbaudes izmēģinājumā iekļauto priežu vidējā dominējošā augstuma ( $H_{vid}$ ) ar 95% ticamības intervālu salīdzinājums ar priežu augšanas gaitas vērtībām ( $H_{20}=6m$ ;  $H_{20}=9m$ ;  $H_{20}=12m$ ) (J.Donis et al., 2015).

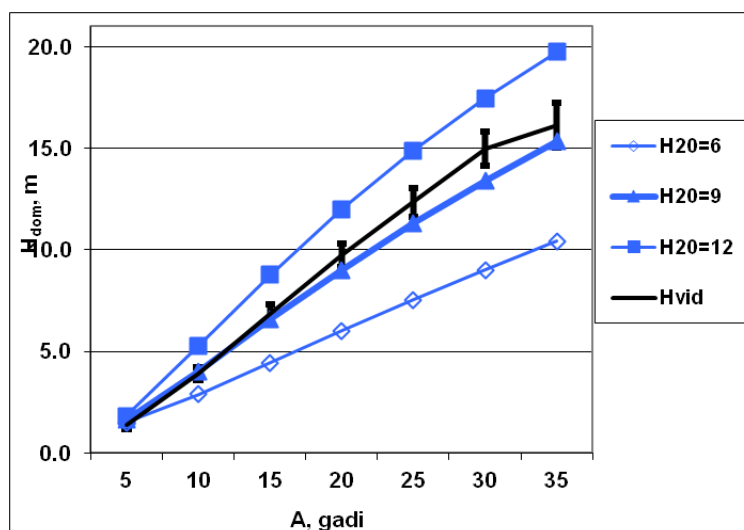
Priežu provenienču augšanas gaita pārbaudes izmēģinājumā ir sākotnēji ir lēnāka nekā to apraksta  $H_{20}=9m$  virsaugstuma bonitāte, tomēr tā 20, 25 un 30 gadu vecumā iekļaujas 95% ticamības intervāla robežās (6.2.att.). Labākā pārbaudītā provenienču varianta augšanas gaita (170-III-9) ir tikai nedaudz ātrāka par  $H_{20}=9m$  virsaugstuma bonitātes tabulētajām vērtībām.



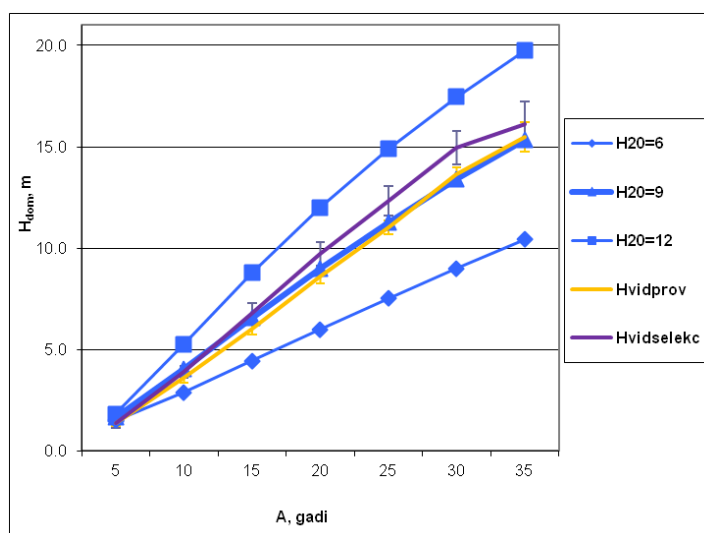
6.2.attēls. Pārbaudes izmēģinājuma lānā iekļauto priežu provenienču vidējā dominējošā augstuma ( $H_{vid}$ ) ar 95% ticamības intervālu salīdzinājums ar priežu augšanas gaitas vērtībām ( $H_{20}=6m$ ;  $H_{20}=9m$ ;  $H_{20}=12m$ ) (J.Donis et al., 2015).

Izmēģinājuma iekļauto kontrolēto krustojumu augšanas gaita ir ātrāka nekā to apraksta  $H_{20}=9m$  virsaugstuma bonitāte (6.3.att.), lai arī 10, 15 un 20 gadu vecumā to augstumu ar % 95 ticamību iekļauj  $H_{20}=9m$  tabulētās vērtības. Labākā varianta augšanas gaita (73-III-12) ir nedaudz ātrāka par augstākās virsaugstuma bonitātes  $H_{20}=12m$  tabulētajām vērtībām. Kopumā var secināt, ka kontrolētā krustojuma izmēģinājuma augšanas gaita ir straujāka nekā provenienču izmēģinājuma augšanas gaita (6.4.attēls) un šis atšķirības līdz 30 gadu vecumam ir statistiski būtiskas.





6.3.attēls. Priežu kontrolēto krustojumu pārbaudes izmēģinājuma lānā vidējā dominējošā augstuma ( $H_{vid}$ ) ar 95% ticamības intervālu salīdzinājums ar priežu augšanas gaitas vērtībām ( $H_{20}=6m$ ;  $H_{20}=9m$ ;  $H_{20}=12m$ ) (J.Donis et al., 2015).



6.4.attēls. Priežu kontrolēto krustojumu pārbaudes izmēģinājuma lānā vidējā dominējošā augstuma ( $H_{vid}$ ) ar 95% ticamības intervālu, kā priežu provenienču vidējā dominējošā augstuma ( $H_{vid}$ ) ar 95% ticamības intervālu salīdzinājums ar priežu augšanas gaitas vērtībām ( $H_{20}=6m$ ;  $H_{20}=9m$ ;  $H_{20}=12m$ ) (J.Donis et al., 2015).

Dažādu izcelsmju (proveniences un selekcionētas) paraugkoku augstumu atšķirības dažādos vecumos atspoguļotas 6.1.tabulā. Dispersijas analīze liecina, ka selekcionētie koki statistiski būtiski augstāki ( $p < 0.01$ ). Savukārt to caurmērs būtiski neatšķirās no provenienču vidējiem caurmēriem ( $p = 0.54$ ).

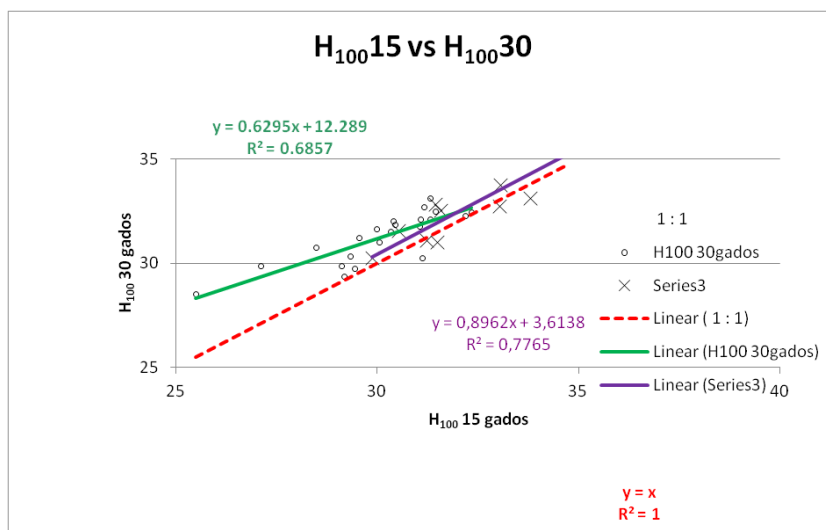
6.1. tabula

**Priežu kontrolēto krustojumu pārbaudes un priežu provenienču izmēģinājuma dominējošā augstumu vidējās vērtības dažādos vecumos.**

| Augstums                | Vecums, gadi |     |     |     |      |      |
|-------------------------|--------------|-----|-----|-----|------|------|
|                         | 5            | 10  | 15  | 20  | 25   | 30   |
| H <sub>20</sub> =9      | 1.6          | 4.0 | 6.6 | 9.0 | 11.3 | 13.4 |
| H <sub>vid</sub> kop    | 1.4          | 3.7 | 6.3 | 9.0 | 11.5 | 14.1 |
| H <sub>vid</sub> prov   | 1.4          | 3.6 | 6.0 | 8.6 | 11.0 | 13.6 |
| H <sub>vid</sub> selekc | 1.4          | 3.9 | 6.8 | 9.7 | 12.3 | 15.0 |

|          |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| Sel-prov | 0.0  | 0.3  | 0.8  | 1.1  | 1.3  | 1.3  |
| Sel/prov | 0.99 | 1.09 | 1.13 | 1.13 | 1.12 | 1.10 |

Audzēs turpmākās augšanas gaitas prognozēšanai ir iespējams izmantot priežu virsaugstumu bonitāti sākot no vecuma 15 gadi (6.5.att). Turklāt kontrolēto krustojumu gadījumā augšanas gaita ir „stabilāka”, t.i., vairāk atbilstoša vienai virsaugstuma bonitātei, savukārt provenienču variantu augšanas gaita ir mazāk „stabila”. Lai arī pašlaik pieejamajiem datiem ir pārāk īss novērtēšanas periods (30 gadi), lai izteiktu vispārējus secinājumus, tomēr tie nav pretrunā iepriekš gūtajām atziņām, ka kontrolētu krustojumu augšanas gaita līdzīgos apstākļos pārsniedz vidējos rādītājus par 10%.



6.5.att. Provenienču (o) un kontrolēto krustojumu(x) pārbaudes izmēģinājuma priežu virsaugstuma pie krūšaugstuma vecuma 15 gadi ( $H_{100}15$ ) sakarība ar virsaugstumu pie krūšaugstuma vecuma 20 ( $H_{100}20$ ); 25 ( $H_{100}25$ ) un 30 gadi ( $H_{100}30$ ).

Augstāk iegūtos rezultātus (selekcijas efektu) pārbaudījām uz 1975.g. stādījumu rezultātiem (Zvirgzde). Izmantojot dispersijas analīzi konstatēts, ka selekcionēto (plantāciju pēcnācēju) koku augstums 35 gadu vecumā ir par 6% lielāks nekā mežaudžu koku augstums attiecīgi 16,51 un 15,56m. Atšķirības ir statistiski būtiskas -  $F=8.63$ ;  $p=0.004$ . Savukārt selekcionēto koku vidējais caurmērs ir par 18% lielāks nekā mežaudžu koku caurmērs, 17,6 un 14,9 cm. Arī šī atšķirība ir statistiski būtiska –  $F=11.51$ ;  $p<0.001$ .

Salīdzinot selekcijas efektu uz 1982.g. stādījumu datiem Kalsnavā un Zvirgzdē, konstatēts, ka Kalsnavas objektā 2002. gadā 20 gadu vecā eksperimentā ir statistiski būtiska augstumu atšķirība starp selekcionētiem un mežaudzes pēcnācējiem 10% - attiecīgi 8,5m un 7,7 m ( $F=5,73$ ;  $p=0.017$ ), savukārt atšķirība starp vidējiem caurmēriem ir 12%, – 9,7 un 8,7 cm ( $F=1,89$ ;  $p=0,17$ ), kas gan nav būtiska. Līdzīga situācija 2002.g. arī Zvirgzdes objektā H atšķiras par 11% un attiecīgi ir 8,1 un 7,3m ( $F=4,88$ ;  $P=0,027$ ), bet caurmērs par 10% attiecīgi 9,2 un 8,3cm, bet tas nav statistiski būtisks ( $F=1,73$ ;  $P=0,188$ ). Arī 2009.gadā 27 gadu vecumā situācija ir līdzīga H atšķirība ir 7,6%, attiecīgi 13,6 un 12,6m ( $F=6,12$ ,  $P=0.014$ ), savukārt caurmērs atšķirās par 5% attiecīgi – 12,1 un 11,6cm, kas gan nav statistiski būtiski ( $F=0.457$ ,  $P=0.499$ ).

### 6.3. Selekcijas efekta iekļaušana augšanas gaitas modelī

Matemātiski selekcijas efektu var iekļaut augšanas gaitā arī kā aditīvu efektu (pārveidots pēc Pienaar, Rheney, 1995).

$$H,D=H,D(f(T))+Z_s(a(T*\exp(-b(T))) \quad (6.1)$$

$H, D$  – augstums vai caurmērs

$f(T)$  – funkcija, kas apraksta  $H$  vai  $D$  izmaiņas atkarībā no  $A$ ,

$Z_s$  - fiktīvais mainīgais: 1, ja selekcionēts materiāls, citādi 0.

$a$  un  $b$  parametri, kas jāaprēķina,  $a$  - un  $b$  – norāda ietekmes lielumu un ilgumu.

Aprēķinātās  $a$  un  $b$  vērtības, balstoties uz 6.1. tabulas rezultātiem ir attiecīgi 0.075 un 0.025.

Šie koeficienti pagaidām uzskatāmi par aptuveniem, jo balstīti uz 1 eksperimentālā stādījuma paraugkoku stumbra analīžu datiem. Tā kā Meža selekcijas programmas ietvaros 2017.g. plānots pārmērīt priežu selekcijas izmēģinājumu stādījumus, precīzākas vērtības varēs iegūt 2017.g. Jaunie vienādojumi būs balstīti uz pārmērīto koku datiem.

## 7. Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas)

Darba uzdevums: *Kopšanas ciršu eksperimentālo parauglaukumu ierīkošana un sākotnējā uzmērīšana (pēc kopšanas) priedes (pieļaujams arī egles un bērza) I-II bonitātes un III-IV bonitātes audzēs, kopā 72 objekti, 4 reģionos – DK, ZK, AV, VD mežsaimniecībās, 3 vecuma grupās 20 – 30, 30 – 50, 50 – 70 gados, katrā parauglaukumā ierīkojot 3-4 kopšanas intensitātes, “kopšanu no augšas” un kontroli.*

### 7.1. Objektu izvēle

No 3883 kopšanas ciršu nogabaliem sākotnēji atlasīti 998 nogabali pēc kritērijiem:

- 1) platība vismaz 1,2 ha;
- 2) valdošās sugas sastāva koeficients 8.

Tālāk ortofoto kartē novērtēts audzes viendabīgums un konfigurācija un no 998 nogabaliem atlasīti 301 nogabals (7.1. attēls), kam arī izveidotas kartes ar parauglaukumu izvietojumu nogabalā. Apsekojot dabā, vērtēts augšanas apstākļu viendabīgums, audzes sastāvs, biežība, reljefs, vēja bojājumi. Rezultātā no 301 nogabala kā derīgi atlasīti 81 nogabals.

| A-Vidzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā | V-Daugava | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        |       | 4     | 8     | 12   | P1        | 3     | 6     | 10    | 19   |
| P2        |       |       | 4     | 4    | P2        |       |       |       | 0    |
| E         | 3     | 20    | 4     | 27   | E         | 4     | 36    | 3     | 43   |
| B         | 1     | 4     | 3     | 8    | B         | 1     | 1     | 1     | 3    |

| D-Kurzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā | Z-Kurzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        | 1     | 4     | 16    | 21   | P1        | 1     | 9     | 48    | 58   |
| P2        |       | 2     | 4     | 6    | P2        |       | 7     | 32    | 39   |
| E         | 16    | 21    | 1     | 38   | E         |       | 13    |       | 13   |
| B         |       | 1     | 2     | 3    | B         |       | 4     | 3     | 7    |

7.1. attēls. Pēc ortofoto kartēm atlasītie nogabali sadalījumā pa reģioniem un vecuma grupām, skaits.

P1 - priede I, II bonitāte; P2 - priede III, IV bonitāte.

Katrā objektā ierīko 10 vai 12 30x30m lielus parauglaukumus, kur pēc kopšanas cirtes paliekošo koku biežība paredzēta 0,38, 0,53, 0,68, 0,80, 0,53a (kopšana no augšas) un kontrole, kur netiek veikta kopšana. Parauglaukumi ierīkoti divos atkārtojumos. Ja sākotnēji paredzams, ka nevarēs ierīkot parauglaukumu ar atstājamo koku biežību 0.8, kā arī, ja nogabala platība nav pietiekami liela, lai ierīkotu 12 parauglaukumus, tad ierīko 10 parauglaukumus.

### 7.2. Lauku darbu metodika

#### Parauglaukumu shēmas nospraūšana

Parauglaukumu shēmu dabā nospraūž ar 1` un 1 cm precizitāti. Parauglaukumu stūrus (30x30m) dabā atzīmē ar koka mietiem. Pēc izstrādes stūrus paredzēts atzīmēt ar armatūras stieni un plastmasas cauruli vai koka mietu. Parauglaukumu ārējā robeža, skatoties no parauglaukuma iekšpuses, atzīmēta kā līnija ar zaļu krāsu krūšaugstumā uz tuvākajiem kokiem ārpus parauglaukuma. Robeža starp parauglaukumiem atzīmēta kā līnija ar zaļu krāsu uz kokiem līdz 30 cm augstumam virs sakņu kakla.

Parauglaukumus numurē sākot ar ZR (līdzīgi kā klasiski nogabalus).

Ģeogrāfiskās platuma un garuma koordinātes tiek fiksētas katra parauglaukuma ZR stūrim.

### Kokaudzes uzmērīšana

Minimālais krūšaugstuma caurmērs, no kā sāk mērīt kokus, tiek noteikts vizuāli tā, lai uzmērītie koki raksturotu audzes 1. un 2. stāvu, bet ne lielāks par 6,1 cm.

Parauglaukumā tiek uzmērīti visi dzīvie koki un tiem fiksē:

- ✓ koka numuru;
- ✓ koka sugu;
- ✓ stāvu;
- ✓ kraфта klasi;
- ✓ krūšaugstuma caurmēru ar 0,1 cm precizitāti;
- ✓ bojājumus (7.1. un 7.2. tabula).

Katrā parauglaukumā sešiem dažādas dimensijas I stāva valdošās koku sugas kokiem uzmēra augstumu (ar 0,1 m precizitāti), bet pārējiem meža elementiem katram pa diviem kokiem. Kokiem, kuriem uzmēra augstumu, fiksē arī krūšaugstuma un celma augstuma caurmēru (ar 0,1 cm precizitāti), kā arī iespēju robežās zaļā vainaga sākuma augstumu (ar 0,1 m precizitāti).

Kokiem, kuriem tiek uzmērīts augstums, iespēju robežās jābūt bez augstuma vai caurmēra ietekmējošiem bojājumiem, kā arī vajadzētu izvairīties no netipiski īsiem vai gariem kokiem (kokiem ar audzei neraksturīgu h/d attiecību).

7.1. tabula

#### Bojājumu lokalizācija

| Kods | Skaidrojums   |
|------|---|
| 0    | Bojājumu nav  |
| 1    | Redzamās saknes un celms 30 cm augstumā no augsnes virskārtas                     |
| 2    | Saknes un stumbra apakšējā daļa ( <i>aptuveni līdz 2-3 m</i> )                    |
| 3    | Stumbra apakšējā daļa (apakšējā stumbra puse starp celmu un dzīvā vainaga sākumu) |
| 4    | Stumbra apakšējā un augšējā daļa  |
| 5    | Stumbra augšējā daļa (augšējā stumbra pusē starp celmu un dzīvā vainaga sākumu)   |
| 6    | Stumbrs dzīvā vainaga daļā  |
| 7    | Zari  |
| 8    | Pumpuri un dzinumi (pēdējais pieaugums)   |
| 9    | Lapotne   |

7.2. tabula

#### BOJĀJUMU VEIDS

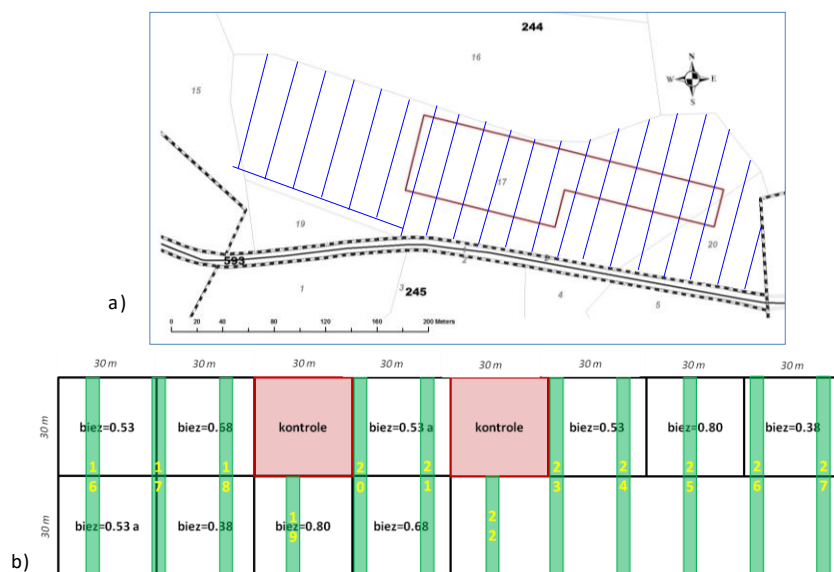
| Kods | Skaidrojums  |
|------|--|
| 01   | Vēzis  |
| 02X  | Puni, augļkermeņi (021) un citi progresējušas sabrukšanas indikatori: mīksta koksne (022), plaisas (023), dobumi (024), vaļējas brūces, kas saskaras ar zemi (025) |
| 03   | Vaļējas brūces (bez mizas, bet bez redzamām trupes pazīmēm)  |
| 04   | Sasveķojumi  |
| 11   | Nolūzis stumbrs vai saknes tuvāk par 1 m no stumbra  |
| 12   | Vējslotas uz stumbra   |
| 13   | Nolūzušas vai atmirušas saknes (> 1 m no stumbra)  |
| 21   | Apikālās dominantes zudums, atmirusi galotne   |
| 22   | Nolūzuši vai atmiruši zari   |
| 23   | Pārmērīga zarošanās vai vējslotas  |
| 24   | Bojāta lapotne, pumpuri vai dzinumi  |
| 25   | Lapotnes dehromācija   |
| 31   | Citi   |

### Koku izzīmēšana

Pirms koku izzīmēšanas izvēlas parauglaukumu ciršanas intensitātes shēmu, ņemot vērā:

- ✓ sākotnējo audzes biežību,
- ✓ nogabala konfigurāciju,
- ✓ cirsmas shēmu (treilēšanas ceļus, krautuves vietu).

Izvēloties parauglaukumu ciršanas intensitātes shēmu, jāievēro princips, ka vienādas ciršanas intensitātes parauglaukumi nedrīkst atrasties blakus, kā arī vēlams, ka zemākas ciršanas intensitātes parauglaukumi atrodas tieši blakus kontroles parauglaukiem (7.2. attēls).



7.2. attēls. Parauglaukumu konfigurācijas un ciršanas intensitātes shēmas paraugs.  
a) - parauglaukumu konfigurācija cirsmas skicē; b) - parauglaukumu ciršanas intensitātes shēma.

Ar krāsu tiek atzīmēti atstājami koki, apvelkot līniju ap stumbru 1,3 m augstumā. Kokus zīmēšanai izvēlas pēc principa, ka paliekošo audzes daļu pēc ciršanas veido:

- ✓ mērķa sugas koki;
- ✓ vienmērīgi izvietoti koki;
- ✓ I, II un III Krafta klases koki atbilstoši modeļos noteiktajām šķērslaukuma vērtībām pēc kopšanas;
- ✓ veseli koki ar labu pieaugumu;
- ✓ viengalotnes, mazzaraini, taisni koki bez padēliem;
- ✓ koki ar veselīgu vainaga skujojumu vai lapojumu;
- ✓ iepriekš atzaroti koki (atzarošanas augstums vairāk nekā 3 m);
- ✓ vismaz 5% lapu koku piemistrojums skuju koku audzēs;
- ✓ vismaz 15 nākotnes saglabājami (ekoloģiskie) koki, pirmkārt, ozoli, priedes, liepas, oši, bērzi, apses, melnalkšņi, baltalkšņi. Tos izvēlas ne tuvāk par 50 m no krautuves vietas un, kur vien iespējams, koncentrē ap citām saglabājamām dabas vērtībām.

Parauglaukumā ar kopšanas ciršanas paņēmieni "kopšana no augšas" ievēro iepriekš minētos principus, papildus izcērtot I krafta klases kokus.

### Kokaudzes atkārtota uzmērīšana pēc krājas kopšanas ciršanas veikšanas

Palikušo koku uzskaitē un atsevišķu taksācijas rādītāju atkārtota uzmērīšana plānota 2017. gadā.

### 7.3. Ierīkoto objektu raksturojums

Kopā 2016. gadā ir ierīkoti 46 objekti, kam aprēķināti taksācijas rādītāji pirms kopšanas ciršanas (7.3. tabula). Austrumvidzemē ierīkoti 10 objekti, Vidusdaugavā, Dienvidkurzemē un Ziemeļkurzemē – 12 objekti (7.3. attēls). Pavisam kopā uzmērīti 516 parauglaukumi ar kopējo platību 46.44 hektāri, nodastoti 64675 koki, augstumi mērīti 5668 kokiem.

Vismazāk objektu ir pārstāvēti priežu audzēs zemajās bonitātēs vecuma grupās 21-30 un 31-50 gadi (7.3. attēls), jo šajā grupā Austrumvidzemē un Vidusdaugavā jau sākotnēji pēc pirmās atlases



netika atlasīta neviena priežu audze (7.1. attēls), savukārt priežu audzes ar augstajām bonitātēm vecuma grupā 51-70 gadi ir 3 objekti katrā reģionā, kas arī sākotnēji tika atlasīti visvairāk.

Ierīkotajos objektos vidējā audzes biežība pirms ciršanas ir robežās no 0,67 līdz 1,21.

7.3. tabula

Ierīkoto objektu taksācijas rādītāji

| Nrpk | Mež-saimn. | Objekts    | PL skaits | D min | MT  | Bon | 1. stāvs |    |                   |      |      | 2. stāvs                          |                                   |                    |                  |      |      |                                   |                                   |                    |
|------|------------|------------|-----------|-------|-----|-----|----------|----|-------------------|------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|------|------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
|      |            |            |           |       |     |     | Biez     | A  | Sastāvs           | D cm | H m  | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | N ha <sup>-1</sup> | Sastāvs          | D cm | H m  | G m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | M m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | N ha <sup>-1</sup> |
| 1    | AV         | 101-425-13 | 5         | 6.1   | Mr  | I   | 0.75     | 67 | 10P               | 23.0 | 22.3 | 26.4                              | 274.0                             | 638                | 10E              | 11.5 | 10.5 | 0.0                               | 0.3                               | 4                  |
| 2    | AV         | 104-391-15 | 12        | 6.1   | As  | Ia  | 0.90     | 45 | 10E+B             | 21.2 | 21.0 | 30.7                              | 324.8                             | 888                | 8E2B             | 7.8  | 9.5  | 0.1                               | 0.9                               | 31                 |
| 3    | AV         | 106-446-7  | 10        | 6.1   | Mr  | I   | 0.69     | 54 | 10P ats.E         | 19.9 | 19.9 | 23.8                              | 226.0                             | 764                | 9E1P             | 8.4  | 8.4  | 0.8                               | 4.4                               | 143                |
| 4    | AV         | 106-526-6  | 10        | 6.1   | Mr  | II  | 0.68     | 49 | 10P ats.E,B       | 16.2 | 17.6 | 22.6                              | 195.9                             | 1090               | 8E2P             | 9.3  | 10.0 | 0.2                               | 1.2                               | 26                 |
| 5    | AV         | 108-191-10 | 10        | 4.1   | Dms | II  | 0.76     | 45 | 10E               | 14.0 | 14.9 | 21.1                              | 173.5                             | 1378               | 10E+B            | 6.5  | 7.1  | 1.9                               | 9.7                               | 568                |
| 6    | AV         | 108-404-3  | 12        | 6.1   | Ln  | Ia  | 0.84     | 66 | 9P1E              | 24.6 | 26.1 | 30.9                              | 371.9                             | 647                | 7E3B             | 10.3 | 10.6 | 1.7                               | 11.8                              | 203                |
| 7    | AV         | 108-408-12 | 11        | 4.1   | Vr  | Ia  | 0.98     | 31 | 10E ats.B         | 13.6 | 15.0 | 27.5                              | 227.6                             | 2079               | 7E3B ats.Bl      | 5.9  | 7.2  | 1.7                               | 9.4                               | 620                |
| 8    | AV         | 108-470-3  | 12        | 6.1   | Vrs | I   | 1.02     | 61 | 7B3M ats.A        | 18.3 | 23.9 | 29.7                              | 326.5                             | 1109               | 8E2B+M           | 9.9  | 10.0 | 4.8                               | 31.2                              | 622                |
| 9    | AV         | 109-212-9  | 12        | 4.1   | Km  | IV  | 0.88     | 65 | 10P               | 12.8 | 14.8 | 27.4                              | 207.3                             | 2117               | 8P2B             | 6.4  | 7.6  | 0.1                               | 0.5                               | 31                 |
| 10   | AV         | 109-402-7  | 12        | 6.1   | Ln  | Ia  | 0.86     | 57 | 10P               | 24.5 | 24.6 | 31.1                              | 351.7                             | 659                | 10E ats.B        | 10.2 | 10.3 | 2.4                               | 16.1                              | 298                |
| 11   | DK         | 201-399-14 | 12        | 4.1   | Dm  | Ia  | 1.11     | 27 | 9E1B ats.P,Oz     | 15.9 | 15.8 | 32.0                              | 262.6                             | 1744               | 7E2Oz1B+K,Bl,Pl  | 6.8  | 7.6  | 0.8                               | 4.4                               | 223                |
| 12   | DK         | 202-415-13 | 12        | 4.1   | Am  | Ia  | 0.78     | 25 | 9P1E              | 14.5 | 13.7 | 23.8                              | 167.3                             | 1420               | 10E              | 5.2  | 5.2  | 0.0                               | 0.2                               | 22                 |
| 13   | DK         | 202-583-22 | 10        | 4.1   | As  | I   | 0.86     | 40 | 7P3E              | 15.3 | 15.3 | 27.1                              | 213.5                             | 1510               | 9E1P             | 6.9  | 7.7  | 0.5                               | 2.5                               | 123                |
| 14   | DK         | 202-591-14 | 12        | 6.1   | Am  | II  | 0.73     | 68 | 10P ats.E         | 22.8 | 20.8 | 25.2                              | 246.1                             | 621                | 9E1B ats.P       | 9.5  | 10.0 | 1.8                               | 11.7                              | 259                |
| 15   | DK         | 205-24-33  | 12        | 4.1   | Vr  | Ia  | 1.21     | 27 | 9E1B ats.P,Oz     | 15.3 | 15.1 | 34.2                              | 272.7                             | 1813               | 9E1Pl ats.Oz     | 7.2  | 7.9  | 0.9                               | 5.0                               | 230                |
| 16   | DK         | 205-92-61  | 12        | 4.1   | Vr  | Ia  | 1.14     | 27 | 9E1Oz ats.P       | 17.0 | 16.4 | 33.6                              | 283.0                             | 1516               | 10E              | 6.9  | 8.2  | 0.2                               | 1.1                               | 52                 |
| 17   | DK         | 206-12-9   | 12        | 6.1   | Dm  | I   | 0.84     | 67 | 9P1E              | 26.5 | 23.9 | 30.3                              | 332.6                             | 577                | 10E+B            | 10.3 | 10.8 | 4.0                               | 27.1                              | 485                |
| 18   | DK         | 206-369-10 | 12        | 6.1   | Dm  | I   | 0.86     | 69 | 8P2E              | 24.1 | 23.9 | 31.1                              | 345.9                             | 700                | 10E              | 10.6 | 11.2 | 2.5                               | 17.8                              | 288                |
| 19   | DK         | 206-369-12 | 12        | 6.1   | Mrs | I   | 0.85     | 62 | 10P ats.E         | 23.3 | 21.1 | 29.5                              | 290.9                             | 693                | 10E+B            | 10.5 | 10.3 | 1.8                               | 11.0                              | 205                |
| 20   | DK         | 206-62-10  | 10        | 4.1   | Dm  | I   | 1.02     | 46 | 10E ats.P         | 15.9 | 17.6 | 31.2                              | 295.9                             | 1581               | 10E+Ba           | 6.8  | 9.0  | 1.6                               | 10.5                              | 436                |
| 21   | DK         | 206-74-9   | 10        | 6.1   | Dms | I   | 0.91     | 50 | 9P1E              | 18.9 | 19.1 | 30.8                              | 282.6                             | 1142               | 10E ats.B        | 8.9  | 9.9  | 1.7                               | 11.4                              | 274                |
| 22   | DK         | 206-95-4   | 12        | 6.1   | Am  | I   | 0.90     | 68 | 10P+B ats.E       | 22.5 | 23.2 | 32.2                              | 347.2                             | 833                | 10E+B            | 10.5 | 11.3 | 3.8                               | 27.1                              | 439                |
| 23   | VD         | 501-161-1  | 12        | 4.1   | Ap  | Ia  | 1.14     | 30 | 10E               | 18.5 | 17.3 | 34.7                              | 303.1                             | 1310               | 3E3B2M2Ba+Bl     | 5.7  | 7.1  | 0.1                               | 0.6                               | 38                 |
| 24   | VD         | 502-381-4  | 12        | 6.1   | Vr  | Ia  | 0.90     | 50 | 10E ats.A         | 27.3 | 26.4 | 35.4                              | 457.1                             | 606                | 5E5L             | 13.7 | 15.3 | 0.1                               | 0.8                               | 7                  |
| 25   | VD         | 503-148-17 | 12        | 6.1   | Vr  | Ia  | 0.80     | 47 | 10E               | 24.7 | 23.0 | 28.9                              | 322.9                             | 608                | 5Oz3E2Bl         | 10.3 | 12.8 | 0.0                               | 0.2                               | 4                  |
| 26   | VD         | 503-244-17 | 12        | 6.1   | Ks  | Ia  | 0.93     | 69 | 9P1E+B            | 25.1 | 26.2 | 34.2                              | 411.7                             | 707                | 8E2B             | 11.7 | 11.4 | 4.8                               | 33.1                              | 449                |
| 27   | VD         | 503-289-25 | 12        | 4.1   | Km  | II  | 0.85     | 44 | 8P2E              | 15.1 | 16.4 | 27.4                              | 228.3                             | 1560               | 10E              | 6.1  | 7.1  | 0.6                               | 3.2                               | 198                |
| 28   | VD         | 503-302-8  | 12        | 4.1   | As  | I   | 1.06     | 47 | 10E ats.B,A       | 17.4 | 19.7 | 34.8                              | 365.5                             | 1482               | 8E2B             | 7.9  | 9.6  | 0.8                               | 5.3                               | 168                |
| 29   | VD         | 503-307-10 | 12        | 6.1   | As  | Ia  | 0.85     | 55 | 10E               | 22.9 | 22.7 | 30.3                              | 342.2                             | 739                | 10E              | 10.1 | 11.2 | 0.1                               | 0.5                               | 9                  |
| 30   | VD         | 505-107-18 | 12        | 6.1   | Mr  | I   | 0.76     | 66 | 10P               | 22.6 | 22.6 | 26.9                              | 282.2                             | 671                | 10E              | 13.9 | 15.4 | 0.1                               | 0.7                               | 6                  |
| 31   | VD         | 505-108-8  | 12        | 4.1   | Mr  | Ia  | 0.67     | 28 | 10P               | 14.3 | 12.9 | 20.0                              | 132.7                             | 1254               | 8P2B             | 5.5  | 7.5  | 0.1                               | 0.6                               | 49                 |
| 32   | VD         | 505-92-1   | 10        | 4.1   | Mrs | II  | 0.70     | 39 | 10P ats.E         | 14.6 | 13.7 | 21.2                              | 147.8                             | 1277               | 6P3E1B           | 5.5  | 7.3  | 0.1                               | 0.5                               | 43                 |
| 33   | VD         | 505-93-11  | 10        | 6.1   | Mr  | I   | 0.77     | 51 | 10P               | 18.3 | 19.7 | 26.4                              | 249.0                             | 997                | 10E              | 9.6  | 8.4  | 0.0                               | 0.0                               | 1                  |
| 34   | VD         | 505-93-9   | 10        | 4.1   | Mr  | I   | 0.69     | 39 | 10P ats.E         | 15.1 | 15.5 | 21.8                              | 169.3                             | 1219               | 8P2B+E           | 5.9  | 8.6  | 0.1                               | 0.7                               | 50                 |
| 35   | ZK         | 702-152-5  | 12        | 4.1   | Sl  | IV  | 0.84     | 57 | 10P               | 13.5 | 13.7 | 25.5                              | 179.8                             | 1787               | 10P              | 6.9  | 7.8  | 0.3                               | 1.5                               | 83                 |
| 36   | ZK         | 702-154-42 | 12        | 6.1   | Dms | II  | 1.06     | 56 | 9P1B              | 19.2 | 19.6 | 36.4                              | 342.3                             | 1319               | 6E4B+P           | 9.2  | 9.4  | 2.7                               | 16.7                              | 408                |
| 37   | ZK         | 702-183-27 | 12        | 6.1   | As  | I   | 1.13     | 45 | 8P2E              | 20.0 | 19.4 | 38.6                              | 361.1                             | 1362               | 10E+P,M ats.B    | 8.7  | 10.8 | 3.3                               | 22.9                              | 549                |
| 38   | ZK         | 703-113-22 | 10        | 6.1   | Ap  | I   | 0.87     | 54 | 7B1E1M+Os ats.A   | 21.3 | 23.2 | 24.7                              | 262.9                             | 660                | 10E+B ats.M,Os   | 13.6 | 12.4 | 9.3                               | 64.0                              | 640                |
| 39   | ZK         | 703-126-1  | 10        | 4.1   | Dms | I   | 0.86     | 41 | 8E2P ats.B        | 17.1 | 16.8 | 25.7                              | 222.6                             | 1081               | 10E ats.Oz       | 7.4  | 7.5  | 1.1                               | 5.6                               | 247                |
| 40   | ZK         | 703-315-11 | 10        | 4.1   | Vr  | I   | 0.87     | 33 | 9E1Oz+B           | 12.9 | 13.3 | 22.8                              | 166.2                             | 1887               | 7E3Oz+M          | 5.5  | 6.8  | 0.3                               | 1.7                               | 140                |
| 41   | ZK         | 703-395-13 | 12        | 4.1   | Vr  | II  | 1.06     | 48 | 10E+A ats.B,Oz,Bl | 15.2 | 17.1 | 31.9                              | 295.3                             | 1805               | 9E1B ats.Oz,M,Ba | 7.5  | 9.0  | 0.8                               | 5.0                               | 183                |
| 42   | ZK         | 706-76-19  | 10        | 4.1   | Mrs | IV  | 0.81     | 63 | 10P+B             | 15.3 | 14.5 | 25.1                              | 185.3                             | 1411               | 4E4B2P           | 6.6  | 6.4  | 0.6                               | 2.9                               | 173                |
| 43   | ZK         | 710-291-22 | 12        | 4.1   | Mr  | III | 0.82     | 55 | 9P1B              | 14.2 | 15.2 | 25.8                              | 200.7                             | 1612               | 4P4E2B           | 6.7  | 8.5  | 0.2                               | 1.1                               | 60                 |
| 44   | ZK         | 710-291-26 | 12        | 4.1   | Ln  | II  | 0.94     | 56 | 9P1E+B            | 18.4 | 19.5 | 32.1                              | 299.9                             | 1241               | 5E4B1P           | 7.6  | 7.0  | 0.5                               | 2.6                               | 106                |
| 45   | ZK         | 713-209-2  | 10        | 4.1   | Ln  | II  | 0.69     | 37 | 10P+E             | 14.5 | 12.6 | 20.6                              | 134.5                             | 1236               | 7P3E             | 6.8  | 7.5  | 0.2                               | 0.9                               | 52                 |
| 46   | ZK         | 713-306-18 | 12        | 4.1   | Am  | III | 0.84     | 63 | 10P ats.E         | 18.2 | 17.8 | 27.9                              | 241.8                             | 1071               | 9E1B ats.P       | 8.6  | 8.5  | 1.0                               | 5.7                               | 173                |

| A-Vidzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        |       | 1     | 3     | 4    |
| P2        |       |       | 2     | 2    |
| E         |       | 3     |       | 3    |
| B         |       |       | 1     | 1    |
|           |       |       |       | 10   |

| V-Daugava | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        | 1     | 3     | 3     | 7    |
| P2        |       |       |       | 0    |
| E         | 1     | 3     | 1     | 5    |
| B         |       |       |       | 0    |
|           |       |       |       | 12   |

| D-Kurzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        | 1     | 1     | 3     | 5    |
| P2        |       | 1     | 2     | 3    |
| E         | 3     | 1     |       | 4    |
| B         |       |       |       | 0    |
|           |       |       |       | 12   |

| Z-Kurzeme | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|-----------|-------|-------|-------|------|
| P1        |       | 1     | 3     | 4    |
| P2        |       | 1     | 3     | 4    |
| E         |       | 3     |       | 3    |
| B         |       |       | 1     | 1    |
|           |       |       |       | 12   |

| Kopā | 21-30 | 31-50 | 51-70 | kopā |
|------|-------|-------|-------|------|
| P1   | 2     | 6     | 12    | 20   |
| P2   | 0     | 2     | 7     | 9    |
| E    | 4     | 10    | 1     | 15   |
| B    | 0     | 0     | 2     | 2    |
|      |       |       |       | 46   |

7.3. attēls. Ierīkoto objektu sadalījums pa reģioniem un vecuma grupām.

P1 - priede Ia, I, II bonitāte; P2 - priede III, IV bonitāte.

## Secinājumi un rekomendācijas

1. Precizēti caurmēra un augstuma augšanas gaitas vienādojumu, kā arī šķērslaukuma izmaiņu vienādojumu koeficienti, balstot uz MSI 3 ciklu (pirmo divu gadu) mērījumu datiem. Atbilstoši tiek rekomendēts izmantot jaunākos vienādojumu koeficientus, izņemot apses augstuma augšanas gaitai pagaidām izmantot iepriekšējo pētījumu vienādojumu koeficientus. Tā vienādojumi ir deterministiski un netiek ņemti vērā atmirums dabisko traucējumu rezultātā, šķērslaukuma pieaugumam nepieciešams ieviest korekcijas koeficientu.
2. Precizētas pieauguma, atmiruma un krājas diferences aprēķinu formulu koeficientu vērtības. Atbilstoši tiek rekomendēts izmantot jaunākos vienādojumu koeficientus.
3. Pārbaudīti Somijā izstrādātie individuālu koku augšanas gaitas modeļi. Secināts, ka tā kā virkne faktoru vērtības tiek ekstrapolētas, piem., aktīvo temperatūru summa, ģeogrāfiskais platums un garums, ar oriģinālajiem koeficientiem, aprēķinātie pieaugumi nav adekvāti. Līdzīgi arī Zviedrijā izstrādātajiem augšanas gaitas modeļos ir virkne parametru, kuriem nepieciešama adekvāta pielīdzināšana Latvijas apstākļiem. Rekomendēts, balstoties uz MSI datiem aprēķināt atbilstošo parametru koeficientu vērtības.
4. Dažādvecuma priežu audžu, kas radušās izlases ciršu rezultātā, paaugas koku atjaunošanās un augšanas gaitas desmit līdz četrpadsmit gadu laikā ir ievērojami apgrūtināta, jo koki vidēji sasnieguši tikai 0.9 līdz 1.3m augstumu. Pētījumu rezultāti ir norādoši, precīzāki secinājumi un rekomendācijas būs pieejamas plānoto pētījumu turpmākajos etapos.
5. Selekcijas rezultātā iespējams panākt 6% līdz 13% lielāku koku augstumu salīdzinājumā ar kontroles audžu (provenienču) rādītājiem. Salīdzinot augstumus 15 g. vecumā un augstumu 30 g. vecumā), konstatējams, ka sākotnēji straujāk augušie varianti saglabā augšanas gaitas atbilstību izstrādātajai virsaugstuma bonitāšu skalai, savukārt sākotnēji lēnāk augušie koki augšanas tempu palielina. Nepieciešama vienādojumu koeficientu precizēšana, balstot uz jaunākiem mērījumiem, kurus plānots veikt LVMI Silava meža selekcijas virziena projektos 2017.gadā.
6. Ierīkoti 46 kopšanas ciršu izmēģinājumi, kas dod informāciju par koku sadalījumu caurmēra pakāpes kopšanas ciršu vecuma audzēs. Bet augšanas gaitas rezultāti būs novērtējami tikai turpmāko pētījumu gaitā.

## Literatūra

- Donis J. (projekta vad.), (2014) Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus. Pārskats. 68 lpp: Pieejams [http://www.lvm.lv/images/lvm/4.etapa\\_starpatskaite.pdf](http://www.lvm.lv/images/lvm/4.etapa_starpatskaite.pdf)
- Donis J. (projekta vad.), (2015) Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus. Pārskats. 75 lpp: Pieejams [http://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi\\_un\\_publicijas/Petijumi/AGM\\_gala\\_ataskaite.pdf](http://www.lvm.lv/images/lvm/Petijumi_un_publicijas/Petijumi/AGM_gala_ataskaite.pdf)
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H., Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. The Finnish Forest Research Institute. Research papers 835. 116 p.
- Elfving B. (2010). Growth modelling in the Heureka system. Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry. [http://heureka.slu.org/wiki/Heureka\\_prognossystem\\_\(Elfving\\_rapportutkast\).pdf](http://heureka.slu.org/wiki/Heureka_prognossystem_(Elfving_rapportutkast).pdf)
- Krumland. B., Eng. H., 2005. Site index systems for major young-growth forest woodland species in northern California. California Forestry Report 4. Department of Forestry and Fire Protection, State of California Resources Agency, Sacramento, CA
- Liepa, I. (1996) Pieauguma mēcība. Jelgava. 123 lpp.
- Кивисте, А.К. (1988) Функции роста леса учебно-справочное пособие (приложении). Тарту. ст. 172.

## Pielikumi

### Pielikums 1. Vienādojumu atbilstības izvērtēšanas statistiskie rādītāji

|  | Apzīmējums | Vienādojums  | Ideālā vērtība |
|--|------------|--|----------------|
| Vidējā novirze (Mean Residual)                       | MRES       | $\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)}{n}$  | 0              |
| Procentuālā vidējā novirze (Mean Residual as %)      | MRES%      | $\frac{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)}{n}}{\bar{y}_i} 100$                  | 0              |
| Vidējā absolūtā novirze (Absolute Mean residual)     | AMRES      | $\frac{\sum y_i - \hat{y}_i }{n}$  | 0              |
| Standartnovirze (Root mean square error)             | RMSE       | $\sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1 - p}}$                       | 0              |
| Variācijas koeficients (Root mean square error as %) | RMSE%      | $\frac{\sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1 - p}}}{\bar{y}_i} 100$ | 0              |
| Vidējā kvadrātiskā kļūda (Mean square error)         | MSE        | $\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}$                                  | 0              |
| Modeļa efektivitāte (Model efficiency)               | MEF        | $\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}$                | 0              |
| Dispersijas attiecība (Variance ratio)               | VR         | $\frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}$          | 1              |

$y_i$  - uzmērītais rādītājs;  $\hat{y}_i$  - aprēķinātais rādītājs;  $\bar{y}_i$  - aritmētiski vidējais uzmērītais rādītājs;  $\bar{\hat{y}}_i$  - aritmētiski vidējais aprēķinātais rādītājs;  $n$  – novērojumu skaits;  $p$  – vienādojuma parametru skaits.

### Pielikums 2. Meža elementa vidējā augstuma aktualizācijas modeļa koeficienti 2015. gadā

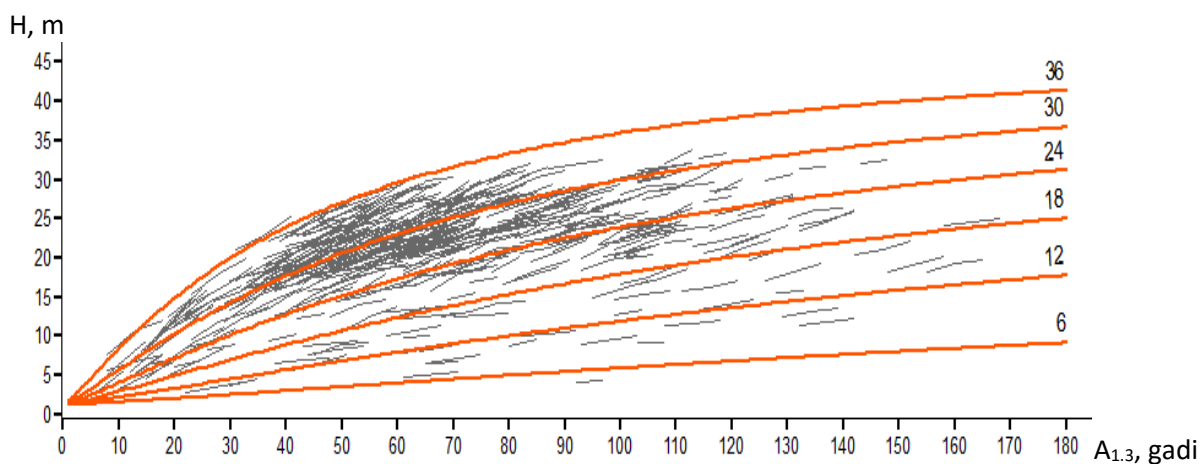
| Koeficients | Priede  | Egle    | Bērzs   | Melnalksnis | Apse    | Baltalksnis |
|-------------|---------|---------|---------|-------------|---------|-------------|
| <b>b1</b>   | 1.181   | 1.290   | 1.334   | 1.139       | 1.324   | 1.329       |
| <b>b2</b>   | -42.597 | -38.142 | -35.785 | -32.096     | -26.078 | -23.048     |
| <b>b3</b>   | 21.109  | 20.159  | 16.116  | 15.977      | 15.645  | 7.327       |

### Pielikums 3. Meža elementa vidējā caurmēra aktualizācijas modeļa koeficienti 2015. gadā

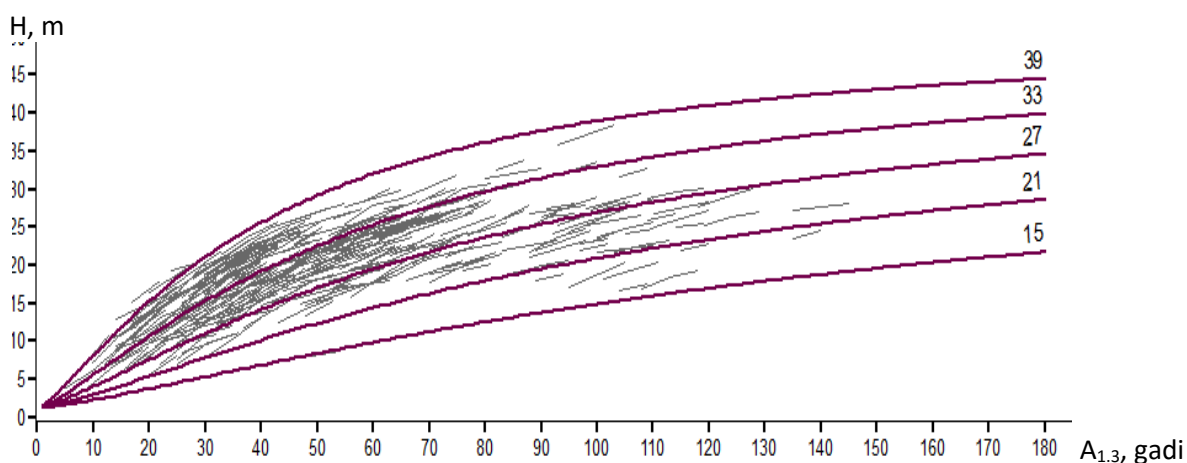
| Koeficients | Priede | Egle   | Bērzs  | Melnalksnis | Apse    | Baltalksnis |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|---------|-------------|
| <b>b1</b>   | 0.987  | 1.140  | 1.021  | 0.919       | 1.251   | 1.423       |
| <b>b2</b>   | -7.433 | -9.722 | -9.275 | -1.985      | -13.459 | -9.816      |
| <b>b3</b>   | 4.657  | 5.694  | 4.307  | 1.645       | 9.515   | 3.174       |
| <b>c1</b>   | 83570  | 103106 | 144400 | 197511      | 197511  | 197511      |
| <b>c2</b>   | -1.366 | -1.381 | -1.357 | -1.314      | -1.314  | -1.314      |
| <b>c3</b>   | -0.069 | -0.103 | -0.302 | -0.339      | -0.339  | -0.339      |

**Pielikums 4. Uzmērītās vidējā augstuma izmaiņas un meža elementa vidējā augstuma aktualizācijas modeļa (2.1. formula) augšanas gaita**

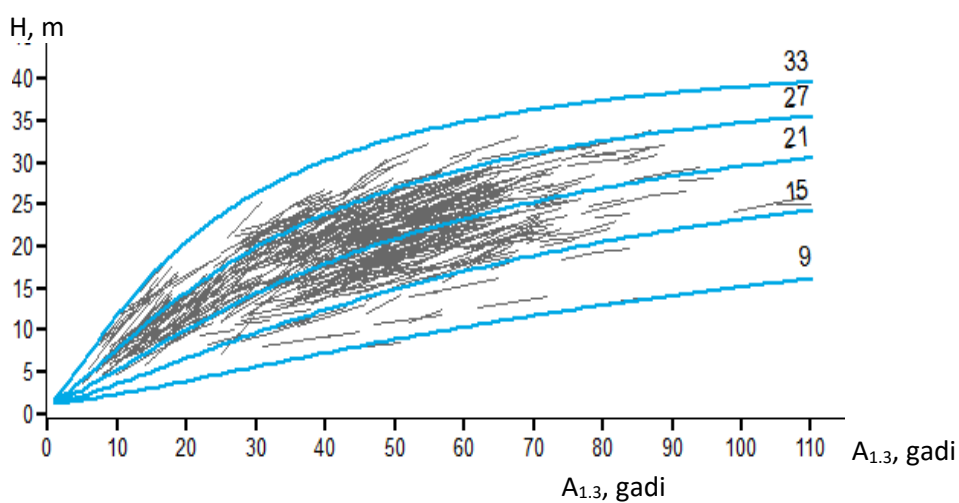
Priede (bāzes vecums 100 gadi)



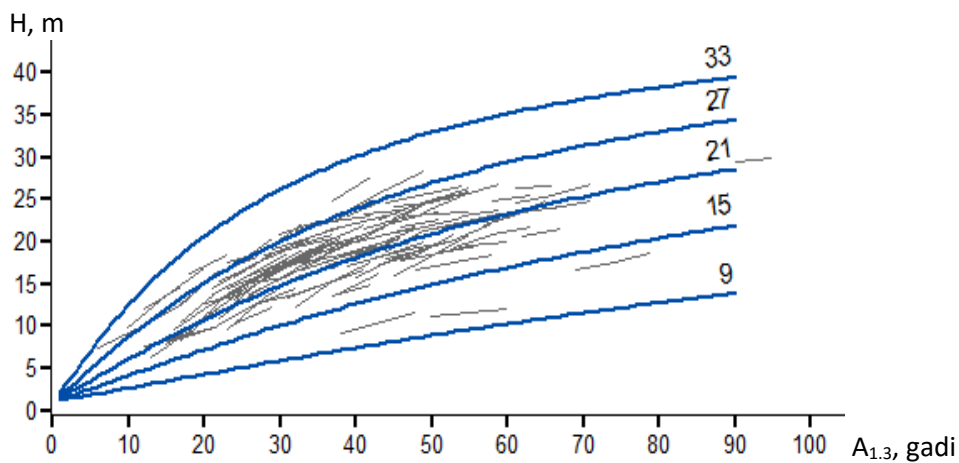
Egle (bāzes vecums 100 gadi)



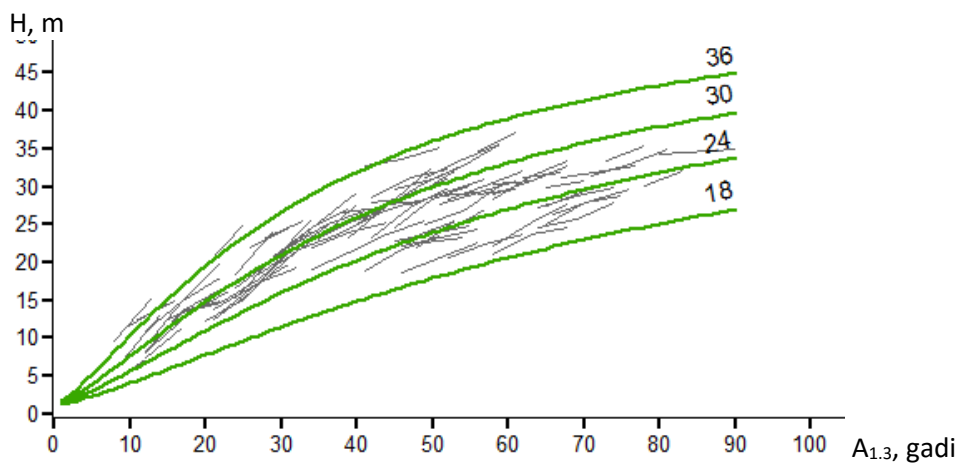
Bērzs (bāzes vecums 50 gadi)



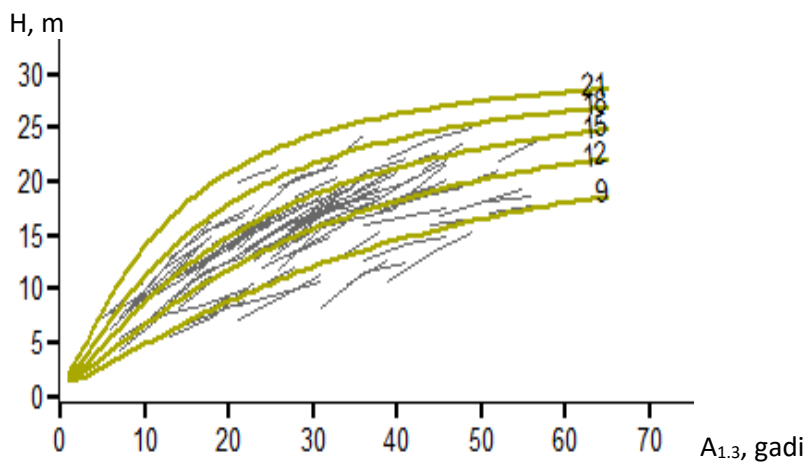
Melnalksnis (bāzes vecums 50 gadi)



Apse (bāzes vecums 50 gadi)

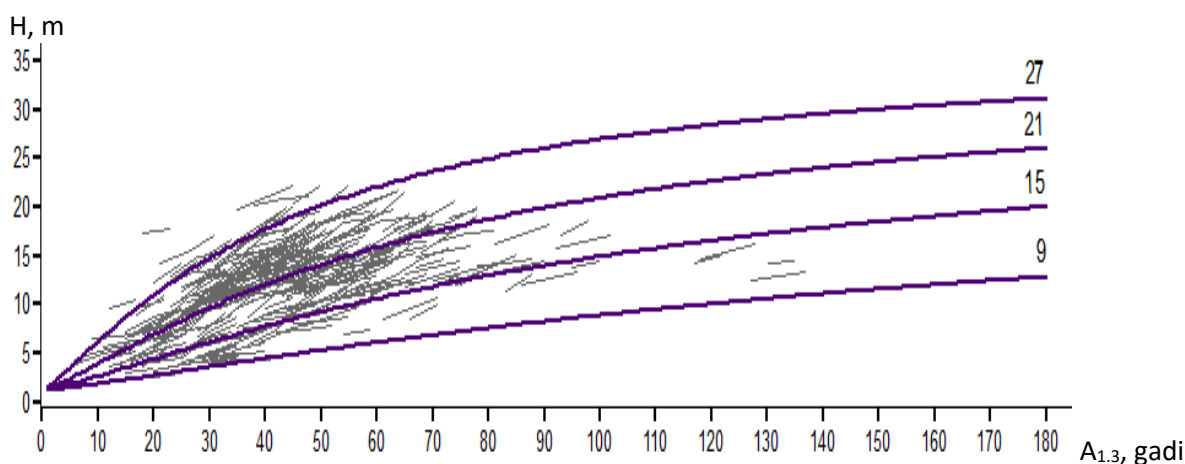


Baltalksnis (bāzes vecums 20 gadi)



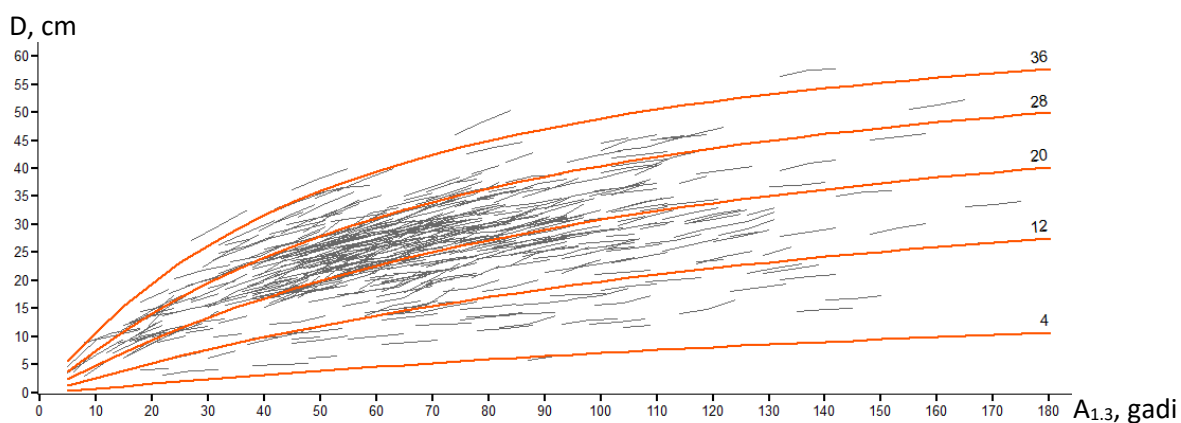


Egle 2. stāvs (bāzes vecums 100 gadi)

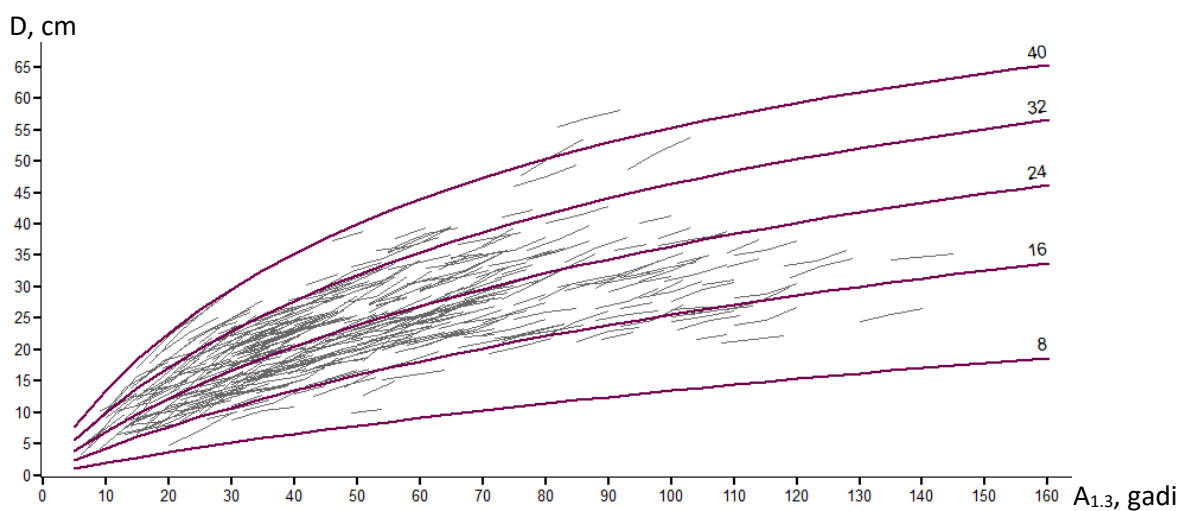


**Pielikums 5. Uzmērītās vidējā caurmēra izmaiņas un meža elementa vidējā caurmēra aktualizācijas modeļa (2.2. formula) augšanas gaita**

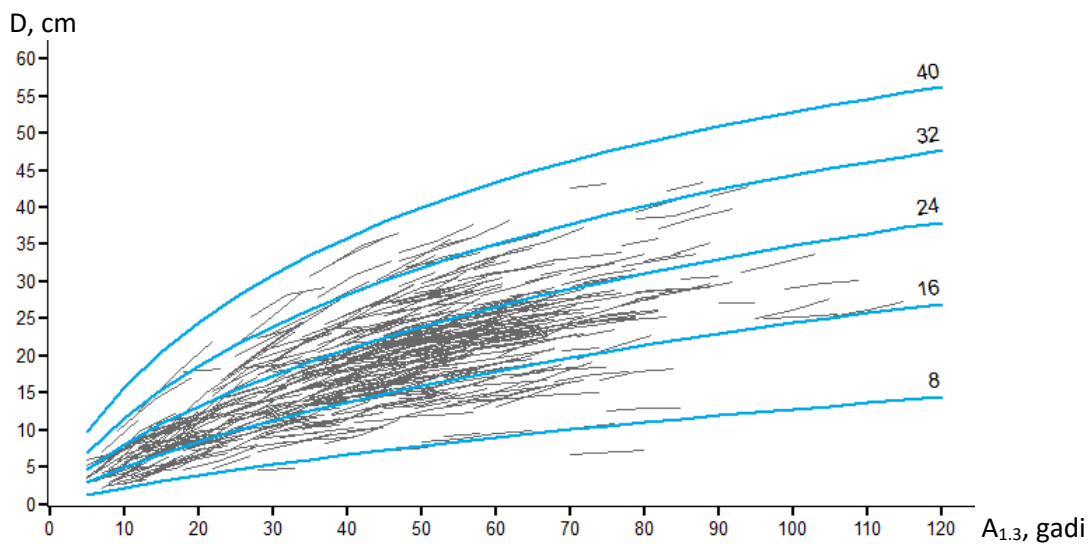
Priede (bāzes vecums 50 gadi)



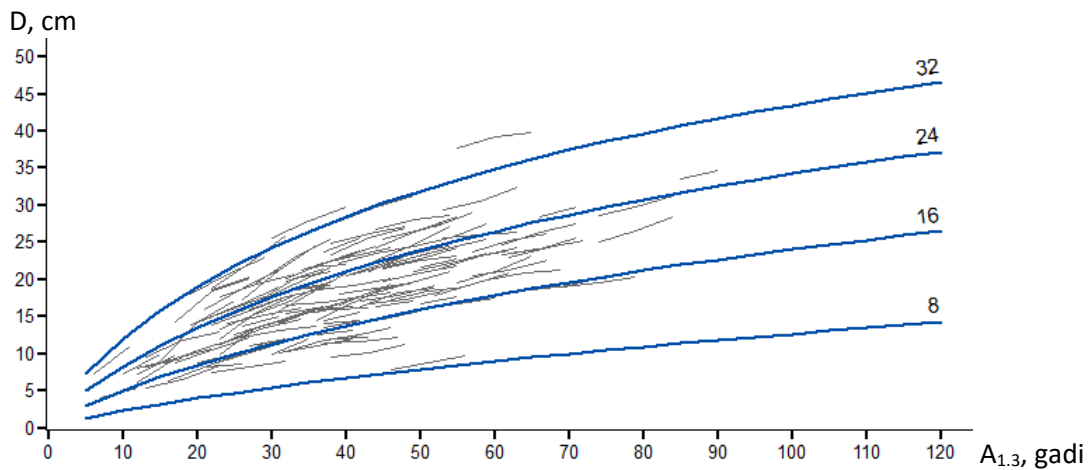
Egle (bāzes vecums 50 gadi)



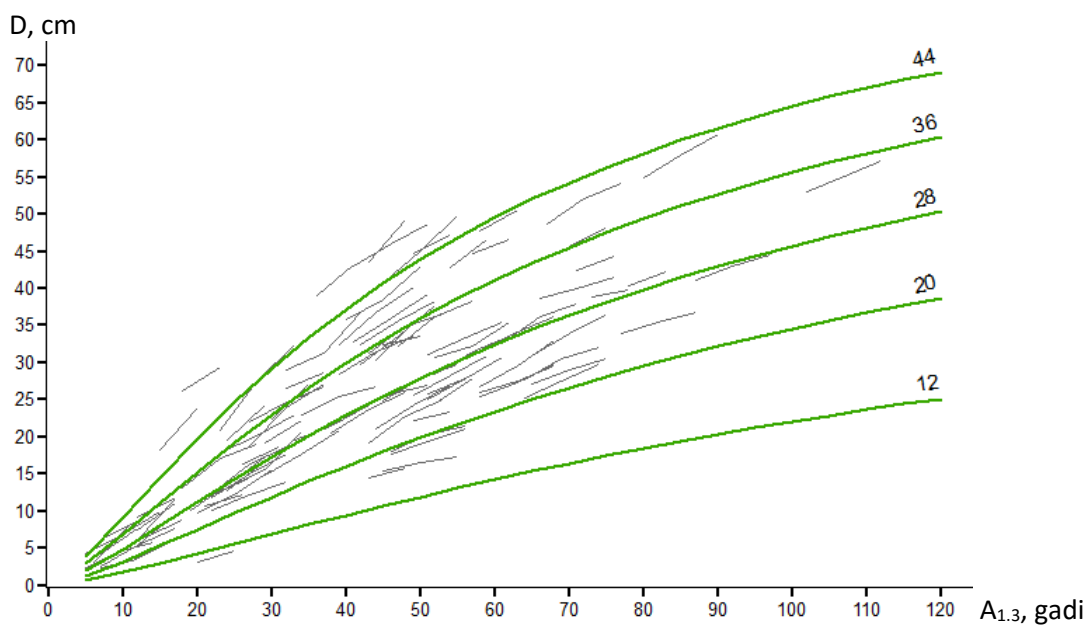
### Bērzs (bāzes vecums 50 gadi)



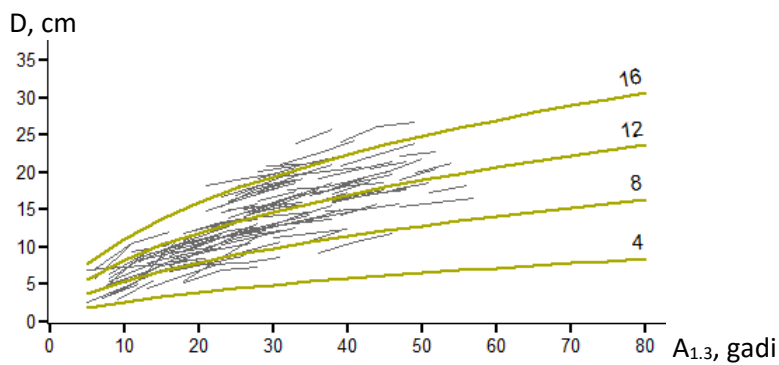
### Melnalksnis (bāzes vecums 50 gadi)



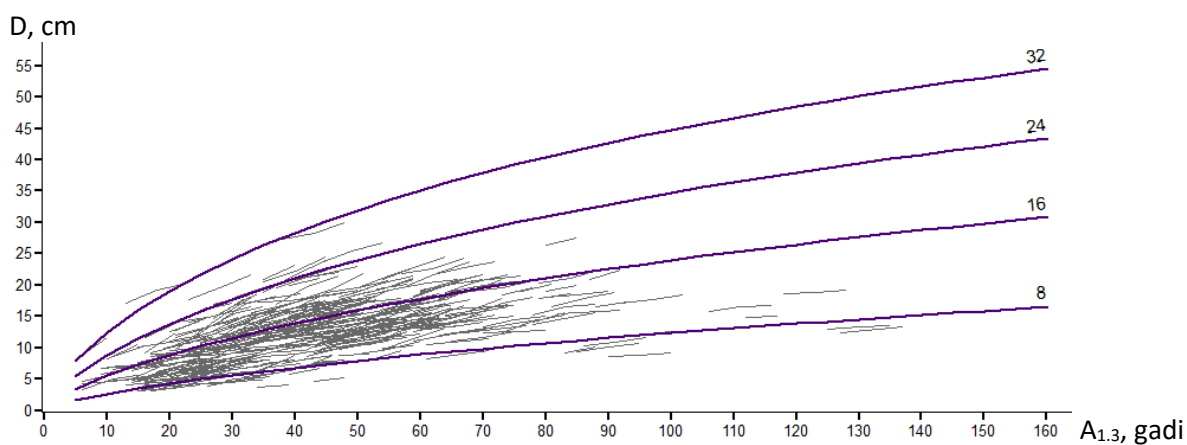
### Apse (bāzes vecums 50 gadi)



Baltalksnis (bāzes vecums 20 gadi)

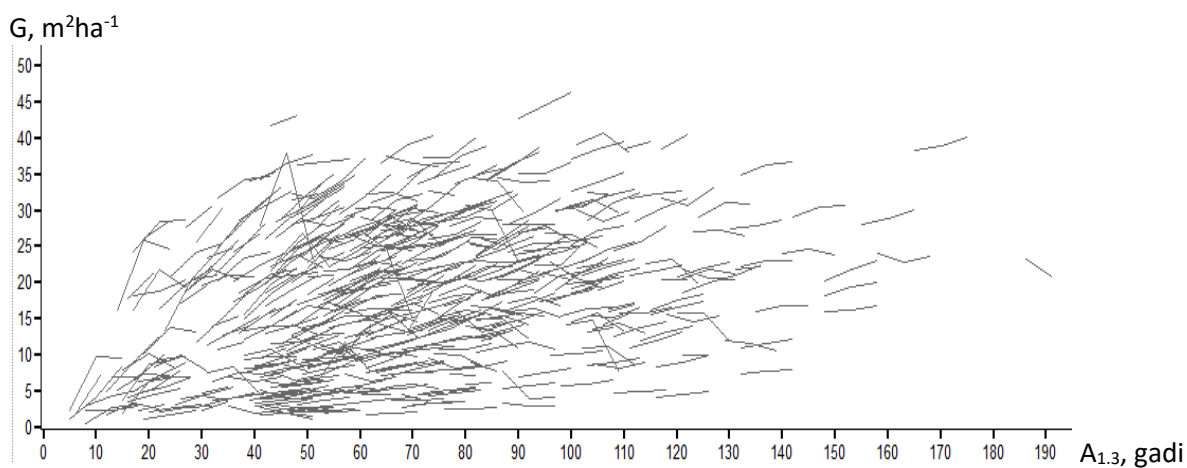


Egle 2. stāvs (bāzes vecums 50 gadi)



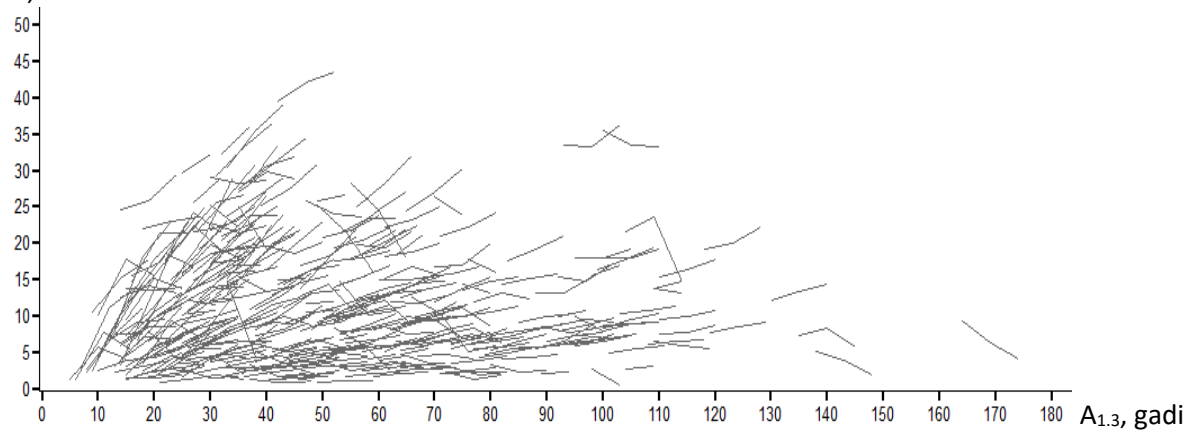
**Pielikums 6. Uzmērītās meža elementa šķērslaukuma izmaiņas atkarībā no meža elementa krūšaugstuma vecuma**

Priede



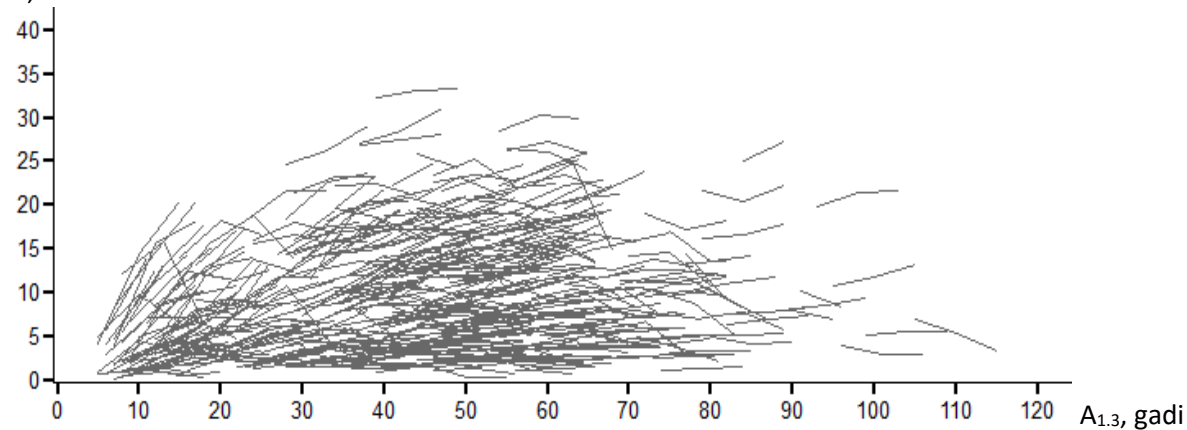
### Egle

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



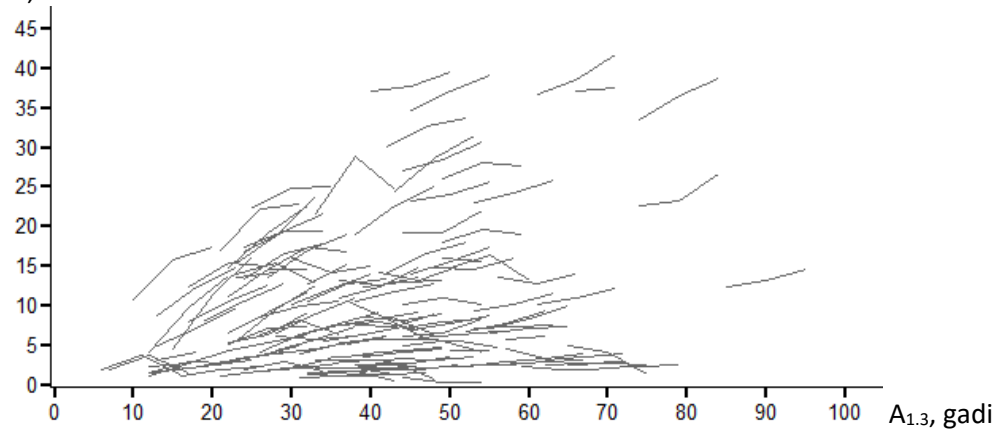
### Bērzis

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



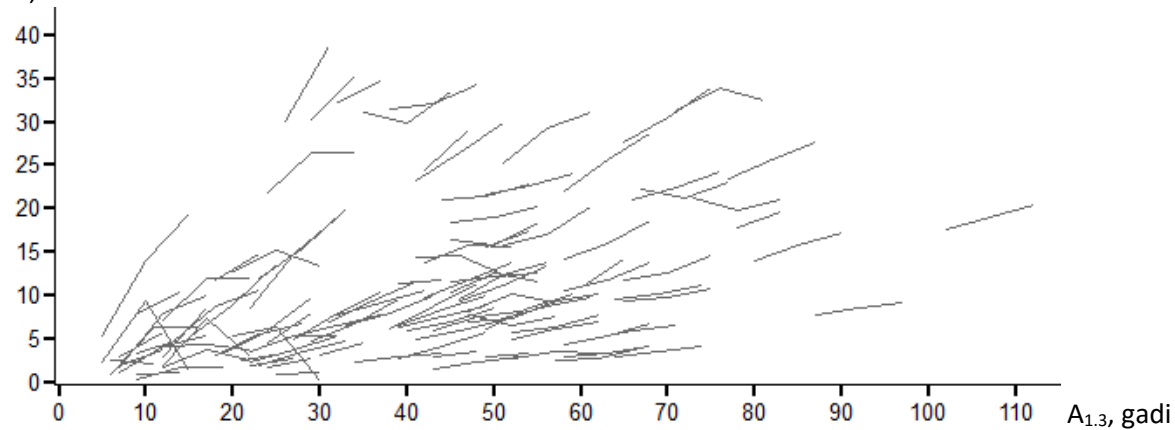
### Melnalksnis

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



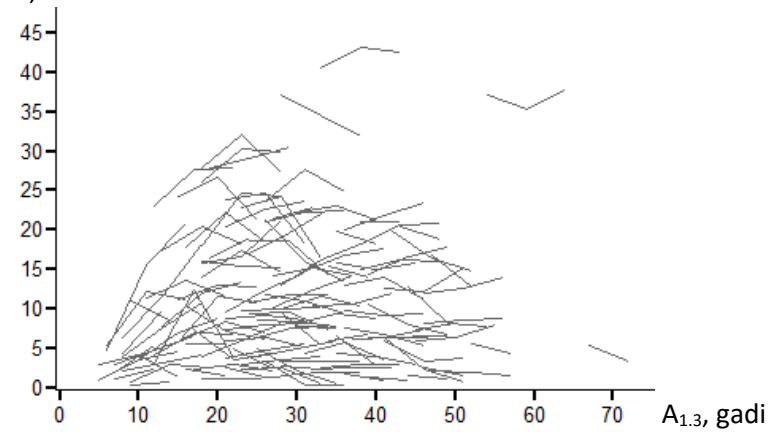
### Apse

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



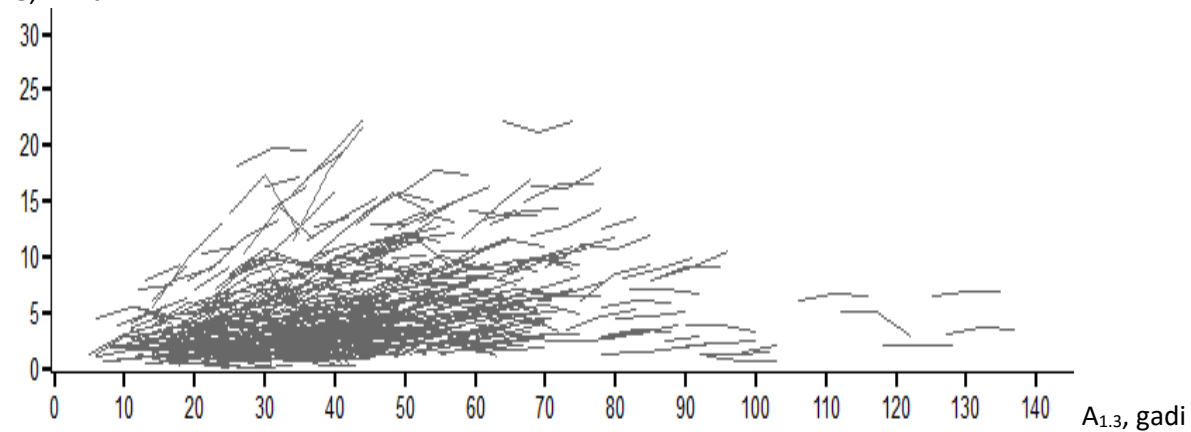
### Baltaksnis

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



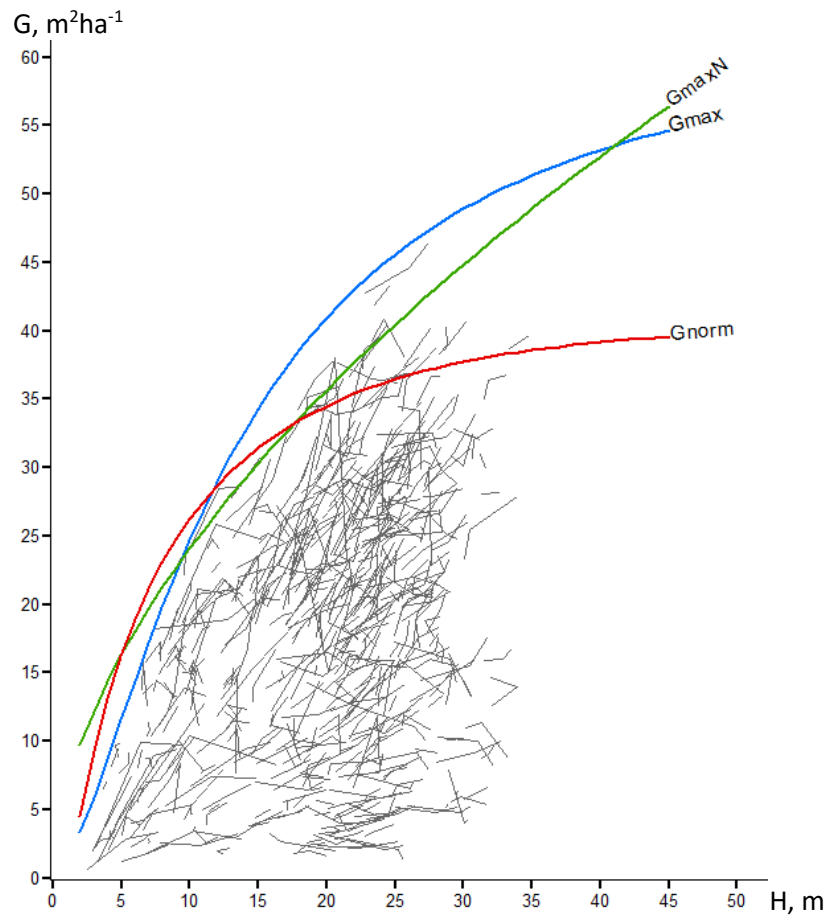
### Egle 2. stāvs

G, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>



## Pielikums 7. Uzmērītās meža elementa šķērslaukuma izmaiņas atkarībā no meža elementa vidējā augstuma

Priede

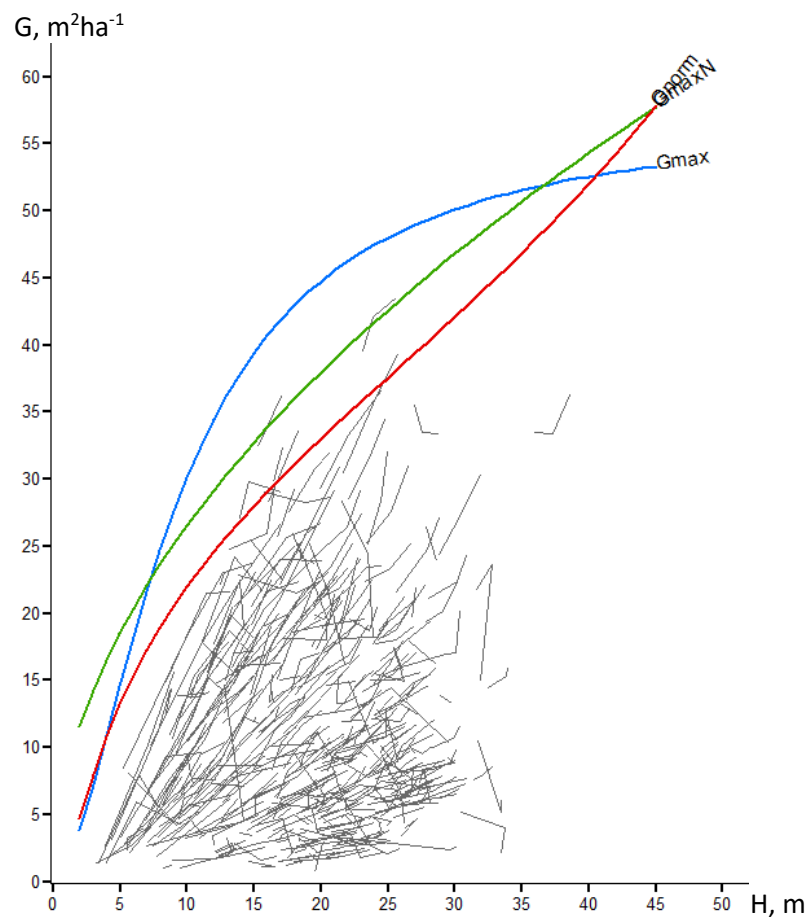


$G_{\text{norm}}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{\text{maxN}}$  - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

$G_{\text{max}}$  - maksimālais šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

Egle



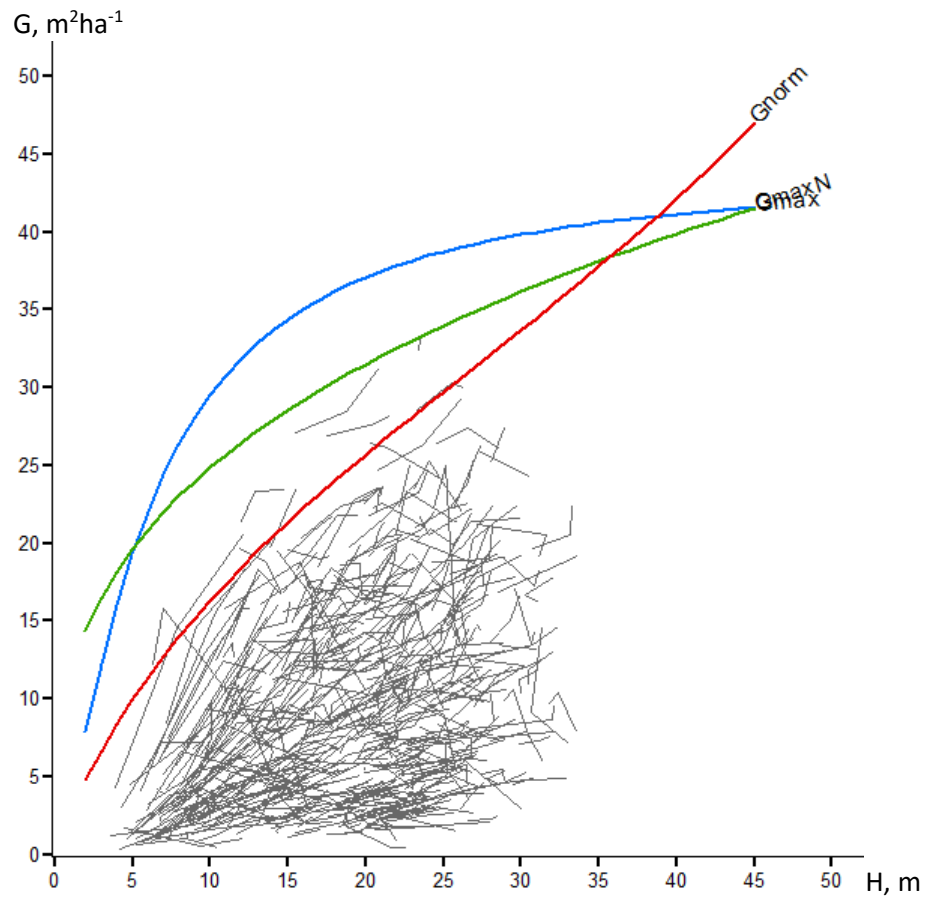
$G_{\text{norm}}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{\text{maxN}}$  - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

$G_{\text{max}}$  - maksimālais šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0



### Bērzs

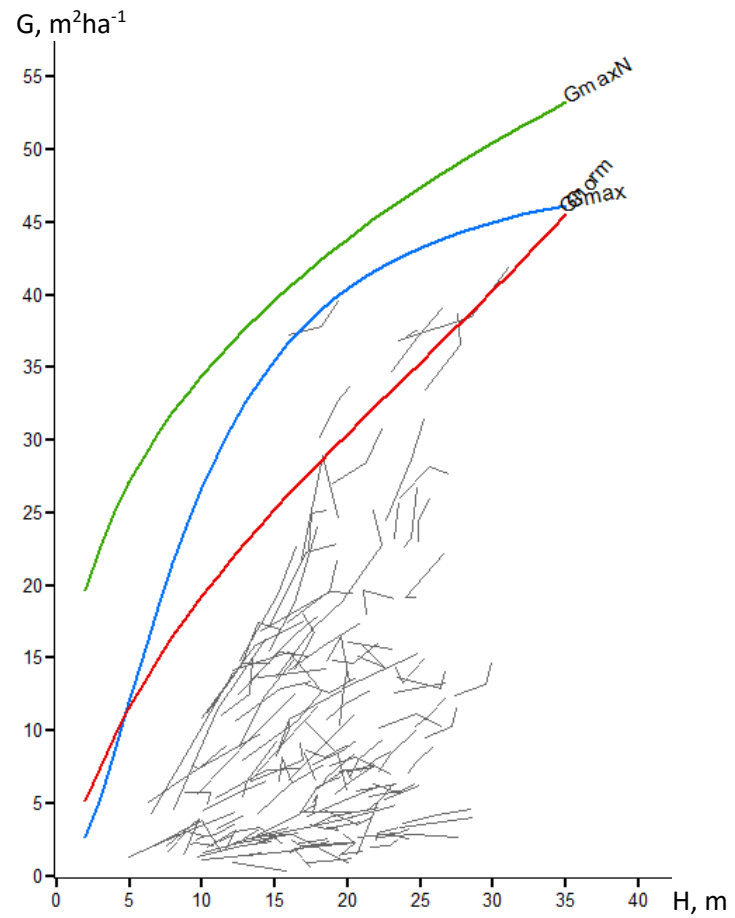


$G_{norm}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{maxN}$  – maksimālā koku skaita šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

$G_{max}$  – maksimālais šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

### Melnalksnis

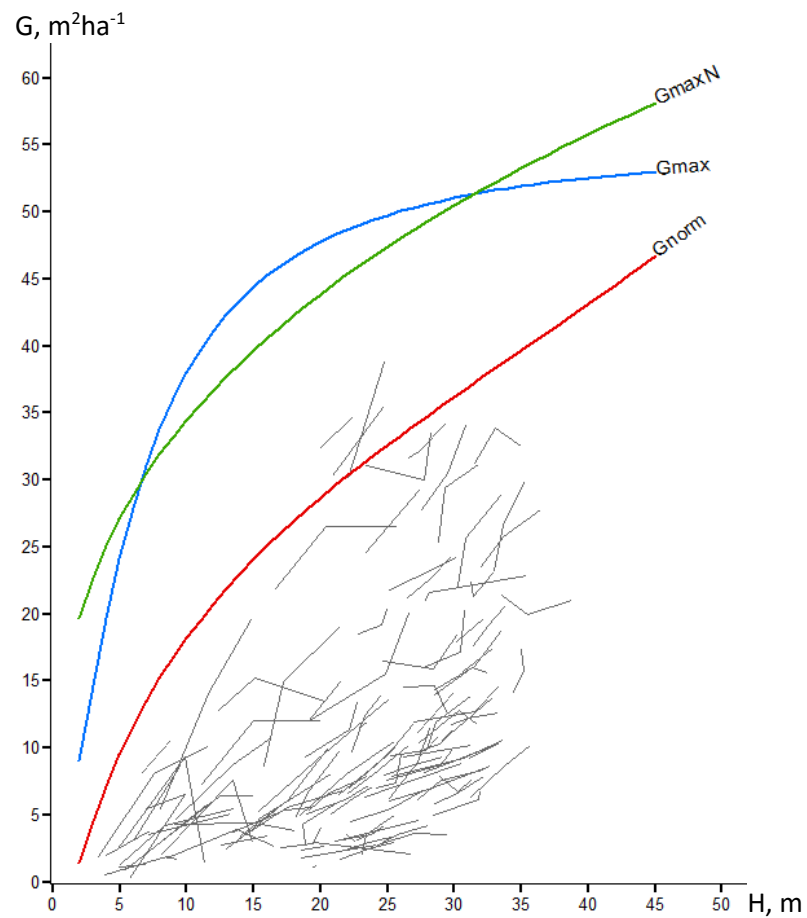


$G_{norm}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{maxN}$  – maksimālā koku skaita šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

$G_{max}$  – maksimālais šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

### Apse

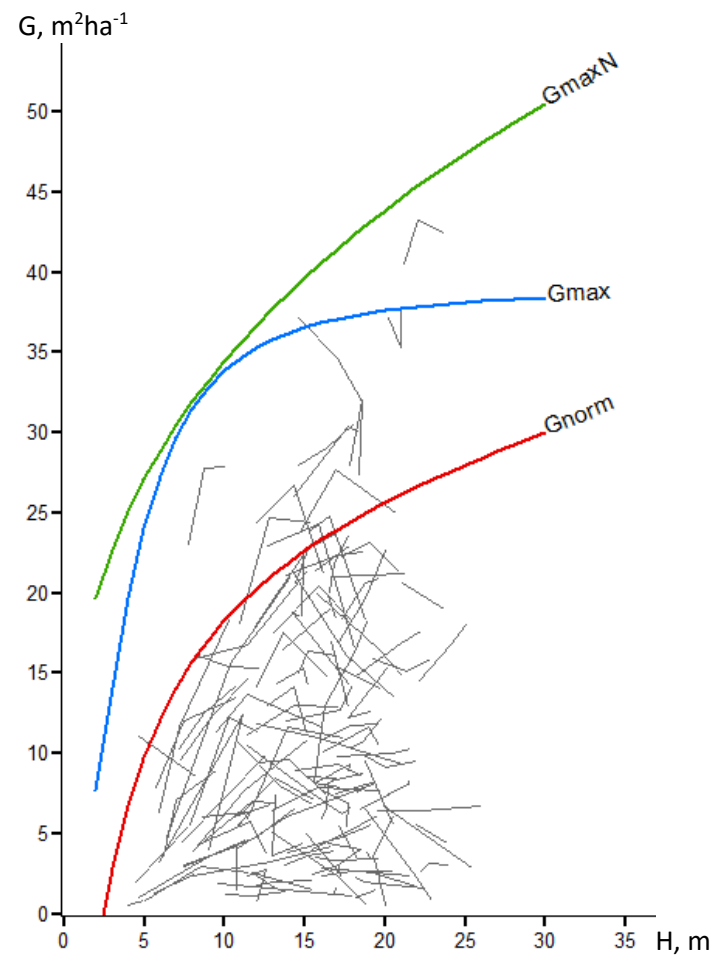


$G_{\text{norm}}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{\text{maxN}}$  - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

$G_{\text{max}}$  - maksimālais šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

### Baltalksnis

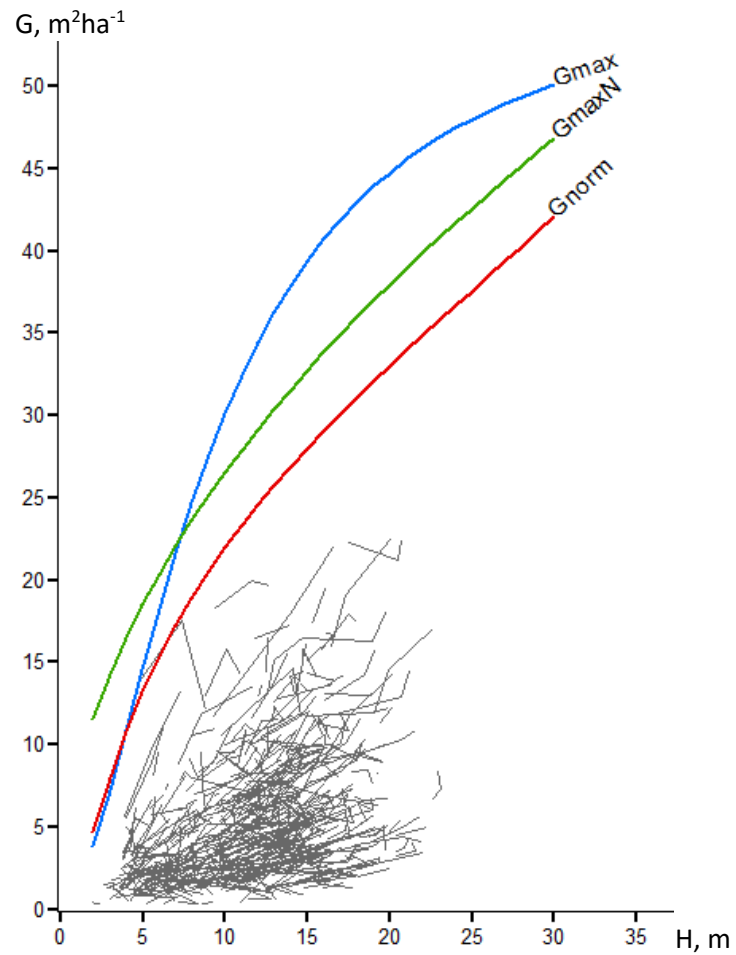


$G_{\text{norm}}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{\text{maxN}}$  - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

$G_{\text{max}}$  - maksimālais šķērslaukums pie H/D attiecības 1,0

Egle 2. stāvs



$G_{\text{norm}}$  - MK noteiktais audzes normālais šķērslaukums

$G_{\text{maxN}}$  - maksimālā koku skaita šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

$G_{\text{max}}$  - maksimālais šķērslaukums pie  $H/D$  attiecības 1,0

**Pielikums 8. Prognozētais meža elementa tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums ( $m^3ha^{-1}$  gadā) atkarībā no meža elementa sugas, vecuma un īpatsvara, un mežaudzes pirmā stāva relatīvās biežības**

| Suga        | Vecums | Rādītājs     | Relatīvā biežība |             |            | Īpatsvars |           |          | Kopā  |
|-------------|--------|--------------|------------------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|-------|
|             |        |              | 0.01 - 0.40      | 0.41 - 0.70 | 0.71 - 1.0 | 0.01-0.50 | 0.51-0.80 | 0.81-1.0 |       |
| Priede      | 1-40   | Aritm.vid.   | 4.46             | 6.96        | 10.40      | 3.66      | 6.73      | 8.22     | 6.66  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.23             | 1.17        | 4.07       | 0.81      | 1.68      | 1.51     | 1.10  |
|             |        | Skaitis      | 11               | 19          | 5          | 10        | 6         | 19       | 35    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 3.41             | 5.71        | 7.29       | 3.58      | 4.87      | 6.62     | 5.77  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.64             | 0.49        | 0.83       | 0.56      | 0.85      | 0.52     | 0.43  |
|             |        | Skaitis      | 26               | 76          | 43         | 25        | 27        | 93       | 145   |
|             | 80-    | Aritm.vid.   | 1.80             | 3.34        | 3.92       | 1.67      | 3.15      | 4.05     | 3.43  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.48             | 0.52        | 1.18       | 0.97      | 0.86      | 0.59     | 0.50  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 41          | 18         | 12        | 11        | 39       | 62    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 3.58             | 5.17        | 6.61       | 3.11      | 4.69      | 6.16     | 5.30  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.58             | 0.41        | 0.82       | 0.48      | 0.68      | 0.45     | 0.36  |
|             |        | Skaitis      | 40               | 136         | 66         | 47        | 44        | 151      | 242   |
| Egle        | 1-40   | Aritm.vid.   | 6.25             | 8.19        | 8.46       | 4.21      | 8.59      | 10.05    | 7.70  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.11             | 1.21        | 4.23       | 1.33      | 1.36      | 1.81     | 1.12  |
|             |        | Skaitis      | 19               | 34          | 14         | 23        | 16        | 28       | 67    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 4.42             | 5.15        | 5.29       | 4.01      | 6.74      | 7.99     | 5.04  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.68             | 0.68        | 1.29       | 0.47      | 0.92      | 1.92     | 0.55  |
|             |        | Skaitis      | 13               | 29          | 21         | 41        | 18        | 4        | 63    |
|             | 80-    | Aritm.vid.   | 1.00             | 2.71        | 2.13       | 1.99      | 1.05      | 7.70     | 2.14  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.78             | 1.13        | 1.24       | 0.49      | 0.57      | 0.00     | 0.72  |
|             |        | Skaitis      | 5                | 10          | 5          | 16        | 3         | 1        | 20    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 4.90             | 6.23        | 6.00       | 3.67      | 7.08      | 9.73     | 5.84  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.84             | 0.78        | 1.72       | 0.49      | 0.98      | 1.56     | 0.63  |
|             |        | Skaitis      | 37               | 73          | 40         | 80        | 37        | 33       | 150   |
| Bērzs       | 1-40   | Aritm.vid.   | 3.97             | 4.10        | 3.98       | 2.80      | 4.20      | 5.19     | 4.02  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.62             | 0.59        | 1.04       | 0.46      | 0.60      | 0.68     | 0.41  |
|             |        | Skaitis      | 36               | 36          | 24         | 39        | 19        | 38       | 96    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 1.89             | 2.99        | 3.09       | 2.00      | 3.19      | 3.52     | 2.75  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.31             | 0.28        | 0.52       | 0.23      | 0.44      | 0.40     | 0.23  |
|             |        | Skaitis      | 28               | 53          | 35         | 52        | 30        | 34       | 116   |
|             | 80-    | Aritm.vid.   |                  | -0.41       |            | -0.41     |           |          | -0.41 |
|             |        | Ticamība 95% |                  | 0.64        |            | 0.64      |           |          | 0.64  |
|             |        | Skaitis      |                  | 2           |            | 2         |           |          | 2     |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 3.06             | 3.35        | 3.46       | 2.28      | 3.58      | 4.40     | 3.29  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.45             | 0.32        | 0.53       | 0.26      | 0.38      | 0.45     | 0.24  |
|             |        | Skaitis      | 64               | 91          | 59         | 93        | 49        | 72       | 214   |
| Melnalksnis | 1-40   | Aritm.vid.   | 4.41             | 5.46        | 2.76       | 3.45      | 7.01      | 6.74     | 4.56  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.03             | 1.05        | 0.82       | 0.45      | 1.92      | 2.22     | 0.75  |
|             |        | Skaitis      | 6                | 21          | 10         | 25        | 6         | 6        | 37    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 3.85             | 4.05        | 7.39       | 2.22      | 5.47      | 9.89     | 5.10  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.00             | 1.54        | 3.37       | 0.59      | 1.40      | 1.34     | 1.56  |
|             |        | Skaitis      | 1                | 12          | 6          | 9         | 5         | 5        | 19    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 4.33             | 4.95        | 4.49       | 3.12      | 6.31      | 8.17     | 4.74  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.88             | 0.89        | 1.72       | 0.41      | 1.26      | 1.62     | 0.72  |
|             |        | Skaitis      | 7                | 33          | 16         | 34        | 11        | 11       | 56    |
| Apse        | 1-40   | Aritm.vid.   | 5.63             | 5.54        | 8.79       | 5.34      | 5.66      | 16.75    | 6.55  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.28             | 0.63        | 7.87       | 0.60      | 0.47      | 0.00     | 2.26  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 4           | 3          | 7         | 2         | 1        | 10    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 6.70             | 6.81        | 5.82       | 4.95      | 9.11      | 9.28     | 6.58  |
|             |        | Ticamība 95% | 3.60             | 1.56        | 2.49       | 1.02      | 1.74      | 0.00     | 1.20  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 15          | 5          | 14        | 8         | 1        | 23    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 6.17             | 6.54        | 6.94       | 5.08      | 8.42      | 13.02    | 6.57  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.68             | 1.25        | 3.16       | 0.70      | 1.64      | 7.32     | 1.06  |
|             |        | Skaitis      | 6                | 19          | 8          | 21        | 10        | 2        | 33    |
| Baltalksnis | Kopā   | Aritm.vid.   | 5.06             | 5.95        | 8.57       | 3.43      | 5.60      | 7.41     | 6.04  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.90             | 1.73        | 2.61       | 0.95      | 0.68      | 1.69     | 1.00  |
|             |        | Skaitis      | 14               | 15          | 6          | 7         | 11        | 17       | 35    |

**Pielikums 9. Prognozētā meža elementa tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma novirze ( $m^3ha^{-1}$  gadā) atkarībā no meža elementa sugas, vecuma un īpatsvara, un mežaudzes pirmā stāva relatīvās biežības**

| Suga        | Vecums | Rādītājs     | Relatīvā biežība |             |            | Mistrojums |           |          | Kopā  |
|-------------|--------|--------------|------------------|-------------|------------|------------|-----------|----------|-------|
|             |        |              | 0.01 - 0.40      | 0.41 - 0.70 | 0.71 - 1.0 | 0.01-0.50  | 0.51-0.80 | 0.81-1.0 |       |
| Priede      | 1-40   | Aritm.vid.   | -1.07            | -1.70       | -2.14      | -1.69      | -1.58     | -1.50    | -1.57 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.37             | 0.62        | 3.03       | 0.73       | 1.28      | 1.14     | 0.67  |
|             |        | Skaitis      | 11               | 19          | 5          | 10         | 6         | 19       | 35    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | -0.45            | -1.29       | -3.10      | -1.85      | -1.19     | -1.77    | -1.67 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.43             | 0.40        | 0.93       | 0.55       | 1.04      | 0.51     | 0.39  |
|             |        | Skaitis      | 26               | 76          | 43         | 25         | 27        | 93       | 145   |
|             | 80-    | Aritm.vid.   | 0.26             | -0.16       | -1.08      | 0.20       | -0.43     | -0.58    | -0.40 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.91             | 0.60        | 2.00       | 1.10       | 1.23      | 1.01     | 0.70  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 41          | 18         | 12         | 11        | 39       | 62    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | -0.57            | -1.00       | -2.47      | -1.29      | -1.05     | -1.43    | -1.33 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.47             | 0.32        | 0.86       | 0.49       | 0.73      | 0.44     | 0.32  |
|             |        | Skaitis      | 40               | 136         | 66         | 47         | 44        | 151      | 242   |
| Egle        | 1-40   | Aritm.vid.   | -0.86            | -0.72       | -1.59      | 0.10       | -2.07     | -1.15    | -0.94 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.02             | 1.11        | 3.90       | 1.65       | 1.34      | 1.84     | 1.01  |
|             |        | Skaitis      | 19               | 34          | 14         | 23         | 16        | 28       | 67    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | -1.36            | -1.11       | -3.36      | -1.67      | -2.04     | -3.83    | -1.91 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.74             | 0.62        | 2.14       | 0.47       | 2.11      | 8.09     | 0.81  |
|             |        | Skaitis      | 13               | 29          | 21         | 41         | 18        | 4        | 63    |
|             | 80-    | Aritm.vid.   | 0.31             | 0.08        | 1.40       | 0.58       | -0.20     | 0.60     | 0.47  |
|             |        | Ticamība 95% | 1.30             | 0.65        | 1.99       | 0.78       | 1.85      | 0.00     | 0.68  |
|             |        | Skaitis      | 5                | 10          | 5          | 16         | 3         | 1        | 20    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | -0.88            | -0.77       | -2.14      | -0.71      | -1.90     | -1.42    | -1.16 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.62             | 0.58        | 1.81       | 0.59       | 1.18      | 1.81     | 0.58  |
|             |        | Skaitis      | 37               | 73          | 40         | 80         | 37        | 33       | 150   |
| Bērzs       | 1-40   | Aritm.vid.   | 0.18             | -0.03       | 0.09       | -0.30      | 0.79      | 0.11     | 0.08  |
|             |        | Ticamība 95% | 0.81             | 0.86        | 0.72       | 0.54       | 1.23      | 0.86     | 0.47  |
|             |        | Skaitis      | 36               | 36          | 24         | 39         | 19        | 38       | 96    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | 0.32             | -0.74       | -0.45      | -0.38      | -0.68     | -0.18    | -0.40 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.41             | 0.68        | 0.75       | 0.34       | 1.05      | 0.89     | 0.40  |
|             |        | Skaitis      | 28               | 53          | 35         | 52         | 30        | 34       | 116   |
|             | 80-    | Aritm.vid.   |                  | 1.60        |            | 1.60       |           |          | 1.60  |
|             |        | Ticamība 95% |                  | 0.16        |            | 0.16       |           |          | 0.16  |
|             |        | Skaitis      |                  | 2           |            | 2          |           |          | 2     |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 0.24             | -0.41       | -0.23      | -0.30      | -0.11     | -0.03    | -0.17 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.49             | 0.53        | 0.53       | 0.30       | 0.82      | 0.61     | 0.31  |
|             |        | Skaitis      | 64               | 91          | 59         | 93         | 49        | 72       | 214   |
| Melnalksnis | 1-40   | Aritm.vid.   | 1.24             | -0.99       | 0.05       | -0.79      | 0.18      | 0.98     | -0.34 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.99             | 0.78        | 1.55       | 0.73       | 1.00      | 3.00     | 0.72  |
|             |        | Skaitis      | 6                | 21          | 10         | 25         | 6         | 6        | 37    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | -0.96            | -0.88       | -0.66      | -0.56      | -1.11     | -0.97    | -0.81 |
|             |        | Ticamība 95% | 0.00             | 0.86        | 1.58       | 0.66       | 1.76      | 1.92     | 0.71  |
|             |        | Skaitis      | 1                | 12          | 6          | 9          | 5         | 5        | 19    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | 0.93             | -0.95       | -0.21      | -0.73      | -0.41     | 0.09     | -0.50 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.79             | 0.58        | 1.12       | 0.56       | 1.00      | 1.87     | 0.53  |
|             |        | Skaitis      | 7                | 33          | 16         | 34         | 11        | 11       | 56    |
| Apse        | 1-40   | Aritm.vid.   | 1.56             | -0.28       | -3.86      | -0.23      | 1.32      | -9.05    | -0.80 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.32             | 0.85        | 5.23       | 1.04       | 2.15      | 0.00     | 2.00  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 4           | 3          | 7          | 2         | 1        | 10    |
|             | 41-80  | Aritm.vid.   | -1.80            | -0.85       | -2.10      | -0.97      | -2.38     | 4.00     | -1.25 |
|             |        | Ticamība 95% | 2.62             | 1.12        | 2.60       | 0.93       | 1.68      | 0.00     | 0.96  |
|             |        | Skaitis      | 3                | 15          | 5          | 14         | 8         | 1        | 23    |
|             | Kopā   | Aritm.vid.   | -0.12            | -0.73       | -2.76      | -0.72      | -1.64     | -2.52    | -1.11 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.97             | 0.90        | 2.40       | 0.71       | 1.67      | 12.79    | 0.89  |
|             |        | Skaitis      | 6                | 19          | 8          | 21         | 10        | 2        | 33    |
| Baltalksnis | Kopā   | Aritm.vid.   | -1.59            | -2.15       | -5.23      | -1.03      | -3.05     | -2.65    | -2.45 |
|             |        | Ticamība 95% | 1.15             | 1.62        | 2.45       | 1.54       | 1.17      | 1.79     | 1.00  |
|             |        | Skaitis      | 14               | 15          | 6          | 7          | 11        | 17       | 35    |

## Pielikums 10. Meža elementu taksācijas rādītāju augšanas gaitas algoritms pēc 5 gadu krūšaugstuma vecuma sasniegšanas

### 1. Mežaudzes I stāva relatīvās biežības aprēķināšana

$$n_{max} = c_1 \cdot D_1^{c_2} \cdot H_1^{c_3} \quad (10.1)$$

$$N_{max} = \frac{(k_{10} \cdot n_{max10} + k_{11} \cdot n_{max11} + k_{12} \cdot n_{max12} + k_{13} \cdot n_{max13} + k_{14} \cdot n_{max14})}{10} \quad (10.2)$$

$$RB = \frac{N}{N_{max}} \quad (10.3)$$

kur  $RB$  – mežaudzes I stāva relatīvā biežība;  $N$  – mežaudzes I stāva koku skaits,  $ha^{-1}$ ;  $N_{max}$  – mežaudzes 1. stāva maksimālais koku skaits pirmajā uzmērīšanas reizē;  $ha^{-1}$ ;  $n_{max}$  – maksimālais atsevišķa meža elementa koku skaits,  $ha^{-1}$ ;  $H_1$  – meža elementa augstums pirmajā uzmērīšanas reizē, m;  $D_1$  – caurmērs pirmajā uzmērīšanas reizē, cm;  $k_{10-14}$  – atsevišķa meža elementa sastāva koeficients;  $c_1; c_2; c_3$  – empīriskie koeficienti (10.1. tabula).

Tabula 10.1. Mežaudzes I stāva relatīvās biežības modeļa koeficienti

| Koeficients | Priede | Egle   | Bērzs  | Melnalksnis | Apse   | Baltalksnis |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|-------------|
| <b>c1</b>   | 83570  | 103106 | 144400 | 197511      | 197511 | 197511      |
| <b>c2</b>   | -1.366 | -1.381 | -1.357 | -1.314      | -1.314 | -1.314      |
| <b>c3</b>   | -0.069 | -0.103 | -0.302 | -0.339      | -0.339 | -0.339      |

### 2. Meža elementa vidējā augstuma augšanas gaitas modelis

$$H_2 = 1.3 + \frac{A_2^{b_1}}{b_2 + 100 \cdot b_3 \cdot X_0 + X_0 \cdot A_2^{b_1}} \quad (10.4)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{H_1^{1.3}} - b_2}{100 \cdot b_3 + A_1^{b_1}} \quad (10.5)$$

kur  $A_1$  – krūšaugstuma vecums pirmajā uzmērīšanas reizē, gadi;  $A_2$  – krūšaugstuma vecums otrajā uzmērīšanas reizē, gadi;  $H_1$  – augstums pirmajā uzmērīšanas reizē, metri;  $H_2$  – augstums otrajā uzmērīšanas reizē, metri;  $b_1; b_2; b_3$  – empīriskie koeficienti (10.2. tabula)

Tabula 10.2. Meža elementa vidējā augstuma aktualizācijas modeļa koeficienti

| Koeficients | Priede  | Egle    | Bērzs   | Melnalksnis | Apse    | Baltalksnis |
|-------------|---------|---------|---------|-------------|---------|-------------|
| <b>b1</b>   | 1.208   | 1.290   | 1.334   | 1.139       | 1.324   | 1.329       |
| <b>b2</b>   | -57.677 | -38.142 | -35.785 | -32.096     | -26.078 | -23.048     |
| <b>b3</b>   | 34.628  | 20.159  | 16.116  | 15.977      | 15.645  | 7.327       |

### 3. Meža elementa vidējā caurmēra augšanas gaitas modelis

$$D_2 = \frac{A_2^{b_1}}{b_2 \cdot RB + 100 \cdot b_3 \cdot X_0 + X_0 \cdot A_2^{b_1}} \quad (10.6)$$

$$X_0 = \frac{\frac{A_1^{b_1}}{D_1} - b_2 \cdot RB}{100 \cdot b_3 + A_1^{b_1}} \quad (10.7)$$

kur  $A_1$  – krūšaugstuma vecums pirmajā uzmērīšanas reizē, gadi;  $A_2$  – krūšaugstuma vecums otrajā uzmērīšanas reizē, gadi;  $D_1$  – caurmērs pirmajā uzmērīšanas reizē, cm;  $D_2$  – caurmērs otrajā uzmērīšanas reizē, cm;  $RB$  – mežaudzes I stāva relatīvā biežība;  $b_1; b_2; b_3$  – empīriskie koeficienti (10.3. tabula).

Tabula 10.3. Meža elementa vidējā caurmēra aktualizācijas modeļa koeficienti

| Koeficients | Priede | Egle   | Bērzs  | Melnalksnis | Apse    | Baltalksnis |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|---------|-------------|
| <b>b1</b>   | 0.987  | 1.140  | 1.021  | 0.919       | 1.251   | 1.423       |
| <b>b2</b>   | -7.433 | -9.722 | -9.275 | -1.985      | -13.459 | -9.816      |
| <b>b3</b>   | 4.657  | 5.694  | 4.307  | 1.645       | 9.515   | 3.174       |



#### 4. Meža elementa šķērslaukuma izmaiņu modelis

$$g_{max} = \frac{k}{10} \cdot \frac{a_1}{1 + \left(\frac{d}{a_2}\right)^{a_3}} \quad (10.8)$$

$$g_2 = g_1 + (b_1 \cdot \ln(g_1) + b_2 \cdot \ln(t_1) + b_3 \cdot z_h + b_4 \cdot RB) \cdot (t_2 - t_1) \quad (10.9)$$

$$g_2 = g_1 + g_1 \cdot \left( c_0 + c_1 \cdot \frac{t_1}{100} + c_2 \cdot t_1^{-2} \right) \cdot (t_2 - t_1) \quad (10.10)$$

$$g_2 = \min(g_2; g_{max}) \quad (10.11)$$

kur  $g_{max}$  – maksimālais mežaudzes šķērslaukums,  $m^2ha^{-1}$ ;  $d$  – meža elementa vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs, kas prognozēts ar 10.6 formulu, cm;  $k$  – meža elementa sastāva koeficients;  $g_2$  – prognozētais meža elementa šķērslaukums perioda beigās,  $m^2ha^{-1}$ ;  $g_1$  – meža elementa šķērslaukums perioda sākumā,  $m^2ha^{-1}$ ;  $t_1$  – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda sākumā, gadi;  $t_2$  – meža elementa krūšaugstuma vecums perioda beigās, gadi;  $z_h$  – prognozētais piecu gadu vidējais periodiskais augstuma pieaugums, m ( $h_2-h_1$ ), pēc 10.4. formulas;  $RB$  – mežaudzes I stāva relatīvā biežība;  $g_2$  – meža elementa šķērslaukums perioda beigās,  $m^2ha^{-1}$ ;  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $a_3$ ;  $b_1$ ;  $b_2$ ;  $b_3$ ;  $b_4$ ;  $c_1$ ;  $c_2$ ;  $c_3$  – empīriskie koeficienti, kas atkarīgi no koku sugas (10.4. tabula).

Tabula 10.4. Meža elementa šķērslaukuma aktualizācijas modeļa koeficienti

| Vienādojums | Koeficienti | Priede | Egle   | Bērzs  | Melnalksnis | Apse   | Baltalksnis |
|-------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|-------------|
| 10.8        | a1          | 63.5   | 57     | 44.2   | 50          | 55.6   | 39          |
|             | a2          | 13.466 | 9.337  | 6.02   | 9.27        | 5.971  | 3.965       |
|             | a3          | -1.514 | -1.703 | -1.377 | -1.872      | -1.495 | -2.042      |
| 10.9        | b1          | 0.158  | 0.132  | 0.084  | 0.146       | 0.095  | 0.092       |
|             | b2          | -0.038 | -0.046 | -0.014 | -0.023      | -0.008 | -0.039      |
|             | b3          | 0.355  | 0.731  | 0.455  | 0.414       | 0.409  | 0.474       |
|             | b4          | -0.319 | -0.235 | -0.244 | -0.241      | -0.116 | -0.41       |
| 10.10       | b0          | 0.018  | 0.028  | 0.051  | 0.059       | 0.057  | 0.069       |
|             | b1          | -0.011 | -0.021 | -0.069 | -0.085      | -0.067 | -0.165      |
|             | b2          | 12.015 | 12.574 | 8.817  | 3.363       | 12.136 | 6.292       |

Vienādojuma 10.9. ierobežojumi:  
 ✓ perioda garums 1...20 gadi;  
 ✓ meža elementa šķērslaukums vismaz  $5m^2ha^{-1}$ ;  
 ✓ meža elementa krūšaugstuma vecums nepārsniedz: priedei 120 gadus; eglei 100 gadus; bērzam, apsei un melnalksnim 80 gadus; baltalksnim 50 gadus.

#### 5. Meža elementa koku skaita izmaiņu modelis

Meža elementa koku skaits tiek rēķināts kā sekundārs parametrs atkarībā no prognozētā meža elementa šķērslaukuma un caurmēra.

$$n = \frac{40000 \cdot g}{\pi \cdot d^2} \quad (10.12)$$

kur  $n$  – meža elementa koku skaits,  $ha^{-1}$ ;  $g$  – meža elementa šķērslaukums,  $m^2ha^{-1}$ ;  $d$  – meža elementa vidējais krūšaugstuma caurmērs, cm.

#### 6. Meža elementa krājas izmaiņu modelis

Meža elementa krājas aprēķināšanai izmanto I. Liepas atsevišķa koka tilpuma formulu (Liepa, 1996), ņemot vērā, koku skaitu, koku vidējo augstumu un vidējo kvadrātisko caurmēru (7. vienādojums).