

Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”



**Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana,
izmantojot pārmērītos meža statistiskās
inventarizācijas datus**

Līgums 5.5.-5.1/000t/101/11/13

Starpatskaite I
(3.etaps)

Projekta vadītājs: J.Donis

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

Salaspils

2013

Kopsavilkums

Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus. Projekta vadītājs. J.Donis. Pārējie galvenie izpildītāji - G.Šņepsts, L.Zdors, R.Šēnhofs.

Atbilstoši metodikai 3.etapā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde.
 - 1.1. MSI datu atlase, ievade nepieciešamajā formātā un apstrāde.
 - 1.2. Vienādojumu koeficientu vērtību precizēšana (Augstums – virsaugstums, vidējais augstums, caurmērs, šķērslaukums, koku skaits pa sugām – P,E,B,A,M,Ba, un bonitātēm).
2. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu izstrāde (pa koku sugām P,E,B,A,M,Ba, un bonitātēm).
3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis. Priekšlikumu sagatavošana, gadījumā, ja prognozējams, ka esošā projekta ietvaros iegūstamo datu var nepietikt ticamu rezultātu ieguvei.
4. Urbuma skaidu ieguve 250 parauglaukumos MSI 2013.g.
5. Ilgtermiņa trendu, ciklisko svārstību ietekmes novērtējums (balstoties uz 2011., 2012.g. iegūto urbumu skaidu apstrādes rezultātiem).
6. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas/ rekonstrukcijas ietekmes uz koku pieaugumu novērtējums (P, E, B – kopā 21 objekts).
7. Novēlotu kopšanas ciršu ietekme uz pieaugumu izmaiņām vērtējums (P,E,B,A – kopā 32 objekti).
8. Dabisko traucējumu ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums (P,E pieaugumu izmaiņas pēc vējgāzes vai ugunsgrēka, 24 objekti).
9. Starpatskaites iesniegšana.

Precizēti šķērslaukuma, augstuma, caurmēra augšanas gaitas un pieauguma noteikšanas modeļi. Vienādojumu izstrādei izmantoti 3312 atkārtoti pārmērītu MSI parauglaukumu dati un aprēķināti visu meža elementu taksācijas rādītāji, kā arī dabiskā atmiruma krāja.

Aprēķinātas precizētās koeficientu vērtības, lai aprakstītu sakarību starp vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu, virsaugstumu un valdaudzes augstumu.

Kokaudzes meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā koka augstuma pieauguma aproksimācijai precizēti iepriekš izstrādāto vienādojumu koeficienti. Abi šie modeļi to pašreizējā variantā neņem vērā meža elementa sociālo stāvokli un koku savstarpējo konkurenci un tās izmaiņas prognozējamā perioda laikā, kā arī nav paredzēti pārbiezinātu audžu taksācijas rādītāju aproksimācijai.

Izveidots jauns vienādojums mežaudzes I stāva koku skaita izmaiņu aproksimācijai, kas balstīts uz tiem MSI parauglaukumu datiem, kuros nav konstatēta koku ciršana un nav konstatēta masveida koku bojāeja (dabiski atmirušo koku skaits <25% no sākotnēji uzņēmīto koku skaita). Tā kā izstrādātais vienādojums nespēj korekti aprēķināt koku skaita izmaiņas pārbiezinātās audzēs, izstrādāts papildus vienādojums maksimālajam koku skaitam atkarībā no audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā koka augstuma.

Kokaudzes šķērslaukuma izmaiņas pašreizējā variantā tiek piedāvāts aprēķināt atkarībā no aproksimētā vidējā kvadrātiskā caurmēra un aproksimētā koku skaita.

Aproksimētas jaunas vērtības iepriekš izveidotajam faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai.

Izveidots jauns vienādojums tekošā vidēji periodiskā krājas dabiskā atmiruma aproksimācijai, kas pašreizējā variantā ir atkarīgs no audzes vecuma un šķērslaukuma.

Krājas vidējo periodisko diferenci tiek piedāvāts aprēķināt kā aproksimēto faktiskā vidēji periodiskā pieauguma un vidējā periodiskā atmiruma krājas starpību.

Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Taču grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas,

pēdējo 5 gadskārtu vidējais platums ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.

Novēlotām krājas kopšanas cirtēm 40-60 gadus vecās skuju koku audzēs ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, 40-60 gadus vecās bērzu audzēs vai nu nav vai arī ir negatīva ietekme, bet 21-40 gadus vecās apšu audzēs vai nu nav, vai arī ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme. Lai izstrādātu vienādojumus, kas statistiski korekti raksturotu novēlotu kopšanas ciršu radītās audzes taksācijas rādītāju izmaiņas, nepieciešams palielināt datu apjomu.

Analizētajos objektos egļu audzēs pēc 2005. gada vējgāzes sākotnēji (1-5 gadi) ir negatīvs vai neitrāls caurmēra papildus pieaugums, bet vēlāk ir pozitīvs caurmēra papildus pieaugums. Lai izstrādātu vienādojumus, kas statistiski korekti raksturotu vējgāžu radītās audzes taksācijas rādītāju izmaiņas nepieciešams palielināt datu apjomu.

Priežu audžu aritmētiski vidējais piecu gadu kumulatīvais caurmēra papildus pieaugums pēc ugunsgrēka 31-60 gadus vecās audzēs ir $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE)$ cm, 61-90 gadus vecās audzēs $-1,57 \pm 0,56$ cm un vecākās audzēs par 90 gadiem $-1,60 \pm 0,66$ cm. Lai gan visās vecuma grupās caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums ir negatīvs (61 gadi un vecākās audzēs pat būtiski negatīvs), tomēr visās vecuma grupās ir konstatētas arī audzes, kurā pēc ugunsgrēka caurmēra papildus pieaugums ir pozitīvs vai caurmēra papildus pieauguma nav. Pašreizējais datu apjoms ir par mazu, lai statistiski korekti raksturotu audzes taksācijas rādītāju izmaiņas pēc meža ugunsgrēka, tādēļ pašreiz aprēķinos jāpieņem vispārējā konstatētā sakarība – radiālā pieauguma samazinājums pirmajā piecgadē pēc ugunsgrēka.

Rekomendācijas:

Augstuma un caurmēra sakarību aprēķināšanai Hvald, Hdom un Hg meža elementa ietvaros izmantojamas 2013.g. precizētās koeficientu vērtības.

Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaitas aproksimācijai izmantojamas 2013.g. precizētās koeficientu vērtības. Šīs vērtības izmantojamas arī piemistrojumā esošo sugu augšanas gaitas modelēšanai. Pašreiz 2.stāva augšanas gaitas modelēšanai izmantojams 1.stāva augšanas gaitas modelis. Tiek pieņemts, ka virsaugstums aprēķināms, ņemot vērā sakarības starp vidējo augstumu un virsaugstumu.

Caurmēra pieaugumu modelēšanai kā valdošajai tā piemistrojuma sugai, modelējams izmantojot koeficientus, kas iegūti balstot uz radiālā pieauguma mērījumu datiem. Vienādojumi pagaidām nav izmantojami audžu, kuru biežība tuva pilnai biežībai, caurmēru pieaugumu modelēšanai.

Koku skaita izmaiņu modelēšanā vispirms aprēķināma prognozēto koku skaitu nākošajā periodā. Ja tas pārsniedz pašizretināšanās līniju, tad koku skaitu nākošajam periodam prognozē atbilstoši pašizretināšanās skaitām.

Faktiskās audzes tekošā pieauguma aprēķinam izmantojami precizētie vienādojumu koeficienti.

Atmiruma modelim izstrādāts jauns vienādojums. Pašreiz šis modelis nav izmantojams pārbiezinātu audžu atmiruma modelēšanai.

Modelējot novēlotu kopšanas ciršu ietekmi, nav pamata prognozēt pieauguma izmaiņas (papildus pieaugumu) veicot kopšanas cirti (priedei, eglei), savukārt bērzam un apsei pieaugums pirmajā piecgadē pat samazina.

Vējgāzēs cietušu audžu izdzīvojušās daļas pieauguma modelēšana pašreiz nav pamata ieviest augšanas gaitas korekcijas koeficientus.

Ugunsgrēkos cietušu priežu audžu izdzīvojušās daļas papildpieaugumam modelējama 1. piecgadē pēc ugunsgrēka samazināts pieaugums.

Saturs

KOPSAVILKUMS	2
IEVADS.....	5
DEFINĪCIJAS UN TERMINI.....	6
1.AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU IZSTRĀDE.....	8
1.1. MSI DATU ATLASE, IEVADE UN PRIMĀRO DATU APRĒĶINS	8
1.2. AUGSTUMA, CAURMĒRA, ŠĶĒRSLAUKUMA, KOKU SKAITA AUGŠANAS GAITAS PROGNOŽU MODEĻU PRECIZĒŠANA	9
1.2.1. <i>Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana</i>	9
1.2.2. <i>Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana</i>	18
1.2.3. <i>Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana</i>	23
1.2.4. <i>Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana</i>	26
2. PIEAUGUMA, ATMIRUMA UN KRĀJAS DIFERENCES PROGNOŽU MODEĻU IZSTRĀDE.....	27
2.1. FAKTISKĀS AUDZES TEKOŠĀ PIEAUGUMA MODELIS	27
2.2. ATMIRUMA MODELIS	28
2.3. KRĀJAS DIFERENCES MODELIS	29
3. MSI DATU IZMANTOŠANAS IESPĒJU NOVĒRTĒJUMS TICAMU AUGŠANAS GAITAS MODEĻU IEGŪŠANĀ KOKU SUGĀM PRIEDE, EGLE, BĒRZS, APSE, MELNALKSNIS, BALTALKSNIS.....	30
3.1. AUGSTUMA AUGŠANAS GAITAS MODELIS	30
3.1.1. <i>Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu</i>	30
3.1.2. <i>Vidējā augstuma augšanas gaitas modelis</i>	32
3.2. CAURMĒRA AUGŠANAS GAITAS MODELIS	34
3.3. KOKAUDZES KOKU SKAITA MODELIS	36
3.4. FAKTISKĀS AUDZES KRĀJAS PIEAUGUMA MODELIS	38
3.5. ATMIRUMA MODELIS	40
4. URBUMA SKAIDU IEGUVE 250 PARAUGLAUKUMOS MSI 2013.G.	43
5. ILGTERMIŅA TRENDU, CIKLISKO SVĀRSTĪBU IETEKMES NOVĒRTĒJUMS (BALSTOTIES UZ 2011., 2012.G. IEGŪTO URBUMU SKAIDU APSTRĀDES REZULTĀTIEM.....	44
6. MEŽA MELIORĀCIJAS SISTĒMU RENOVĀCIJAS/ REKONSTRUKCIJAS IETEKMES UZ KOKU PIEAUGUMU NOVĒRTĒJUMS (P, E, B KOPĀ 21 OBJEKTS) T. ZĀLĪTIS, Z.LĪBIETE-ZĀLĪTE	47
6.1. PROBLĒMAS UZSTĀDĪJUMS	47
6.2. MATERIĀLS UN METODIKA	47
6.2.1. <i>Lauka darbu metodika</i>	47
6.2.2. <i>Kamerālo darbu metodika</i>	48
6.3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA	49
6.4. SECINĀJUMI UN IETEIKUMI	51
7. NOVĒLOTU KOPŠANAS CIRŠU IETEKME UZ PIEAUGUMU IZMAIŅĀM VĒRTĒJUMS (P,E,B,A – KOPĀ 32 OBJEKTI)	52
PROBLĒMAS PAMATNOSTĀDNES.....	52
8. DABISKO TRAUČĒJUMU IETEKMES UZ AUGŠANAS GAITU NOVĒRTĒJUMS (P,E PIEAUGUMU IZMAIŅAS PĒC VĒJGĀZES VAI UGUNSGRĒKA 24 OBJEKTI).	62
8.1. VĒJGĀZES IETEKMES UZ AUGŠANAS GAITU NOVĒRTĒJUMS	62
8.2. UGUNSGRĒKU IETEKMES UZ AUGŠANAS GAITU NOVĒRTĒJUMS	64
SECINĀJUMI.....	72
LITERATŪRA	73

Ievads

Adekvātas augšanas gaitas prognozes ir būtiska 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.gados vienreiz uzmērītu parauglaukumu datiem, kuros tekošais pieaugums noteikts pēc urbumu metodes. Ar šo metodi nav iespējams iegūt ticamu informāciju par atmirumu (koku skaita izmaiņām) un augšanas gaitu kopumā. Arī augšanas gaitas tabulas (Ozols, 1926; Sarma, 1948; Sacenieks, Matuzānis, 1964), neatspoguļo reālu audžu augšanas gaitu, bet gan dažādu vecumu „normālo audžu” statiku. Ir konstatēts, ka pēdējos gadu desmitos koku augšanas gaita Eiropā ir mainījusies (Spiecker, 1999, Pretzsch, 2009), tādējādi agrāk izstrādātie modeļi varētu arī neatbilst mūsdienu situācijai. 2004. gadā Latvijā tika uzsākta meža statistiskā inventarizācija, kuras pirmā cikla (2004.-2008.) laikā Latvijas teritorijā regulārā tīklā iekārtoti vairāki tūkstoši parauglaukumu. Daļu no šiem parauglaukiem plānots atkārtoti pārmērīt ik pa 5 gadiem, tādējādi iegūstot arī informāciju par dimensiju izmaiņām, skaita izmaiņām laika gaitā - atmiršanu, kā nociršanu. Tas sniedz ievades informāciju, lai izstrādātu jaunus modeļus, kuri atspoguļo augšanas gaitu konkrētā laika periodā.

Projekta gaitā plānots izveidot matemātiskos modeļus:

- Koksnes pieaugumu prognožu modeļi – tekošais pieaugums, atmirums, krājas difference pa sugām, bonitātēm, vecuma klasēm;
- Augšanas gaitas prognožu modeļi – šķērslaukums vai koku skaits, caurmērs, vidējais augstums pa valdošajām sugām, bonitātēm, vecuma klasēm.

Izstrādātie modeļi būs izmantojami audžu attīstības dažādu mežsaimniecisko darbību alternatīvu prognozēšanai.

Atbilstoši metodikai 3.etapā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde.
 - 1.1. MSI datu atlase, ievade nepieciešamajā formātā un apstrāde.
 - 1.2. Vienādojumu koeficientu vērtību precizēšana (Augstums – virsaugstums, vidējais augstums, caurmērs, šķērslaukums, koku skaits pa sugām – P,E,B,A,M,Ba, un bonitātēm).
2. Pieauguma, atmiruma un krājas difference prognožu modeļu izstrāde (pa koku sugām P,E,B,A,M,Ba, un bonitātēm).
3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis. Priekšlikumu sagatavošana, gadījumā, ja prognozējams, ka esošā projekta ietvaros iegūstamo datu var nepietikt ticamu rezultātu ieguvei.
4. Urbuma skaidu ieguve 250 parauglaukumos MSI 2013.g.
5. Ilgtermiņa trendu, ciklisko svārstību ietekmes novērtējums (balstoties uz 2011., 2012.g. iegūto urbumu skaidu apstrādes rezultātiem).
6. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas/ rekonstrukcijas ietekmes uz koku pieaugumu novērtējums (P, E, B, kopā 21 objekts).
7. Novēlotu kopšanas ciršu ietekme uz pieaugumu izmaiņām vērtējums (P,E,B,A – kopā 32 objekti).
8. Dabisko traucējumu ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums (P,E pieaugumu izmaiņas pēc vējgāzes vai ugunsgrēka, 24 objekti).
9. Starpatskaites iesniegšana.

Definīcijas un termini

Zemāk apkopotas tās definīcijas un termini, kas izmantoti vienādojumu izstrādē (N.B! Tie var atšķirties no normatīvajos aktos noteiktajiem).

Vispārējie termini un definīcijas

Koks – daudzgadīgs augs, kas parasti veido vienu pārkoksnējušos stumbru un skaidri noteiktu vainagu. Koks sastāv no sekojošām daļām: stumbrs, laterālā daļa -zari, lapotne, saknes un sīksaknes.

Stumbrs (angļu val. stem) – koka galvenā dzinuma virszemes daļa ar apikālo dominanci. Stumbrs tiek iedalīts: celma daļa (stump), stumbra vidusdaļa (bole), galotnes daļa (stem top).

Miza – koka stumbra un laterālās daļas, kā arī pazemes daļas audi, kas atrodas starp ksilēmu (koksni) un fellēmas (korķa kārtas) epidermu.

Kokaudze (audze) ir mežaudzes koku kopa.

Kokaudzes veids – vienkārša vai salikta:

- vienkārša audze – audze, kuras koki izvietoti vienā stāvā (augstuma atšķirība no vidējā nepārsniedz 20%);
- salikta audze – audze, kuras koki izvietoti divos vai vairāk stāvos.

Kokaudzes sastāvs – tīras (tīraudzes) un mistrotas (mistraudzes):

- tīraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido vairāk par 95% no kopējās krājas;
- mistraudze – audze, kuras valdošās sugas krāja veido 95% vai mazāk.

Valdošā koku suga - koku suga (meža elements), kurai mežaudzes I stāvā ir vislielākā koksnes krāja.

Valdaudze - kokaudzes koki ar lielāko koksnes krāju, kuru augstums neatšķiras vairāk par 10 procentiem no to vidējā augstuma.

Mežaudze - meža platība ar viendabīgiem meža augšanas apstākļiem, līdzīgu koku sugu sastāvu un vecumu struktūru, kas ievērojami atšķiras no blakus esoša meža platībām.

Meža elements – vienādos augšanas apstākļos augšanā un attīstībā savstarpēji mijiedarbojušos vienas sugas, vienas paaudzes, vienādas izcelsmes un vienlīdz attīstītu koku kopums. Pie vienas paaudzes pieskaita kokus, kuru vecums atšķiras ne vairāk kā par 2 vecumklasēm. Vienvecuma tīraudze ir speciāls meža elementa gadījums.

Kokaudzes biežība - faktiskā koku skaita attiecība pret normālo koku skaitu vai faktiskā šķērslaukuma attiecība pret normālo šķērslaukumu.

Kokaudzes biežums – koku skaits uz ha.

Normālas biežības audze – tāda audze, kuras šķērslaukums ir vienāds ar normālo šķērslaukumu.

Šķērslaukums - viena hektāra platībā augošo koku stumbru šķērslaukumu summa (kvadrātmetros) 1,3 metru augstumā no sakņu kakla.

Bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc koku augstuma noteiktā vecumā.

Virsaugstuma bonitāte - iedalījuma vienība mežaudzes ražīguma raksturošanai, ko nosaka pēc I stāva valdošās koku sugas virsaugstuma noteiktā vecumā.

Mežaudzes stāvs - koku kopa, kuras augstumu atšķirības no koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %. Meža inventarizācijā otro stāvu izdala, ja tā koku vidējais augstums ir vismaz par 21 % mazāks nekā pirmā stāva koku vidējais augstums, bet nav mazāks par sešiem metriem.

Koku klasifikācija **Krafta klasēs** (Kraft, 1884 citēts pēc *Skudra, Dreimanis, 1993*):

I klase - virsvalkoki – audzes garākie un resnākie koki, kam ir labi attīstīts vainags un kuru galotnes paceļas virs kopējā vainagu klāja;

II klase- valdkoki - veido galveno audzes vainaga klāju, to stumbriem ir nedaudz mazākas dimensijas nekā I klases kokiem;

III klase - līdzvaldkoki – koku vainagi relatīvi vājāk attīstīti, šaurāki, iespiesti starp I un II klases koku vainagiem un atrodas kopējā vainagu klāja apakšējā daļā;

IV klase - nomāktie koki – vainagi ir īsāki un šaurāki nekā III klases kokiem. Ar galotnēm tie iesniedzas galvenā vainagu klāja apakšējā daļā. Koki pēc izmēriem ievērojami atpaliek no I-III klases kokiem. Kokus iedala 2 apakšklasēs: IV a apakšklase – koki ar šauriem, bet vienmērīgi

veidotiem vainagiem un brīvu logu audzes vainaga klājā; IV b apakšklase - koki, kam vienpusīgs vainags vai kas atrodas zem audzes vainagu klāja un kuriem vainaga apakšējā daļa ir stipri noēnota vai atmirusi;

V klase -stipri nomāktie koki – atrodas zem valdošā audzes vainagu klāja. Va klasē ieskaita kokus ar nelielu atmirstošu vainagu, bet Vb klasē – īpatņus, kam vainagi atmiruši.

Audzes (meža elementa) krūšaugstuma caurmēra definīcijas

d – atsevišķa koka caurmērs 1.3 m virs sakņu kakla (bāzes punkta);

D_{vid} - **vidējais aritmētiskais caurmērs** vidējam aritmētiskajam diametram atbilstoša koka caurmērs

$$(D_{vid} = \bar{d} = \frac{\sum d}{n};$$

D_g - **vidējais kvadrātiskais caurmērs** (vidējam šķērslaukumam atbilstoša koka caurmērs), kur vidējais

$$\text{šķērslaukums } (\bar{g}) = \frac{\sum g}{n} = \frac{G}{N};$$

D_{vald} - **valdaudzes koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**;

D_{dom} – **kokaudzes I stāva valdošās koku sugas 100 resnāko koku uz ha koku vidējais kvadrātiskais caurmērs**.

Audzes (meža elementa) vai to daļu augstuma definīcijas

Analīzē izmantotie saīsinājumi un to termini un definīcijas:

H_g – I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{vald} – valdaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums;

H_{dom} – virsaugstums, kas aprēķināts kā 100 resnāko koku ha^{-1} vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošs augstums.

Audzes (meža elementa) vecuma definīcijas

A - **bioloģiskais jeb hronoloģiskais vecums** – laiks no sēklas dīgšanas vai atvašu pumpura saplaušanas.

$A_{1.3}$ - **krūšaugstuma vecums** - laiks no brīža, kad tika sasniegts augstums 1.3 m virs sakņu kakla vai augsnes virsmas.

1. Augšanas gaitas prognožu modeļu izstrāde

1.1. MSI datu atlase, ievade un primāro datu aprēķins

No meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu datu bāzes atlasīti parauglaukumi, kuros ir tikai 1 sektors. Zemes kategorija - mežs, iznikusi audze, degums, vējgāze, izcirtums vai mežs lauksaimniecības zemē.

Datorprogrammā MS Excel 2007 ievadīti dati par 3312 MSI 2009. (481 parauglaukumi), 2010. (694), 2011. (1032) un 2012. (1105) gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem:

- priežu audzēs – 771 (2009.g. – 196; 2010.g. – 235; 2011.g. – 340; 2012.g. - 338);
- egļu audzēs – 407 (2009.g. – 96; 2010.g. – 127; 2011.g. – 184; 2012.g. - 198);
- bērzu audzēs – 602 (2009.g. – 117; 2010.g. – 200; 2011.g. - 285; 2012.g. - 309);
- melnalkšņu audzēs – 95 (2009.g. – 16; 2010.g. – 32; 2011.g. - 47; 2012.g. - 57);
- apšu audzēs – 148 (2009.g. – 25; 2010.g. – 48; 2011.g. - 75; 2012.g. - 82);
- baltalkšņu audzēs – 131 (2009.g. – 17; 2010.g. – 42; 2011.g. - 72; 2012.g. - 76);
- citās audzēs – 35 (2009.g. – 8; 2010.g. – 3; 2011.g. - 24; 2012.g. - 37);
- izcirtumi – 18 (2009.g. – 6; 2010.g. – 7; 2011.g. - 5; 2012.g. - 8).

Aprēķināti šo parauglaukumu katra meža elementa gan pirmās uzmērīšanas, gan otrās uzmērīšanas reizes taksācijas rādītāji pa meža elementiem, pa stāviem un kopējais, kā arī atmiruma krāja. Taču atšķirībā no MSI metodikas, kuras izmantošanas mērķis ir iegūt statistiski ticamu informāciju par meža resursu stāvokli valstī, lai saglabātu sakarības parauglaukuma līmenī, pieņemts, ka koki saglabā savu reprezentativitāti (cik kokus reprezentē uz ha), piederību stāvam utt., atbilstoši tam, kāds definēts pirmajā uzmērīšanas ciklā.

Parauglaukumu sadalījums pa valdošajām sugām, meža tipi, bonitātēm un vecuma desmitgadēm atspoguļots 1.1.- 1.3. tabulā.

1.1. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un meža tipi atkarībā no 1. cikla uzmērīšanas gada

Bonitāte	Mežaudzes																					Izcirtumi			Kopā		
	Priede			Egle			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis			Citas			2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā									
Ia	106	65	171	120	62	182	335	91	426	53	12	65	102	38	140	95	13	108	4	3	7				815	284	1099
I	217	102	319	142	85	227	167	132	299	33	18	51	43	42	85	24	39	63	13	18	31				639	436	1075
II	189	65	254	85	26	111	73	39	112	6	19	25	1	1	2	4	13	17	11	6	17				369	169	538
III	116	54	170	45	22	67	18	28	46	3	7	10	1	1	2	4	9	13	3	9	12				190	130	320
IV	65	17	82	14	3	17	9	15	24				1		1		2	2	4	1	5				93	38	131
V	44	20	64	1		1				3	3							1							46	24	70
Va	34	15	49				1	1								3		3							37	16	53
Kopā	771	338	1109	407	198	605	602	309	911	95	57	152	148	82	230	131	76	207	35	37	72	18	8	26	2207	1105	3312

1.2. tabula

Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un vecuma desmitgadēm atkarībā no 1. cikla uzmērīšanas gada

A10-gade	Mežaudzes																					Izcirtumi			Kopā		
	Priede			Egle			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis			Citas			2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā									
1	19	12	31	18	22	40	54	59	113	5	3	8	45	29	74	24	17	41	2	5	7				167	147	314
2	20	8	28	15	17	32	40	28	68	4	3	7	7	7	14	24	13	37	3	5	8				113	81	194
3	21	8	29	57	16	73	43	28	71	8	7	15	11	6	17	33	17	50	4	2	6				177	84	261
4	31	10	41	77	31	108	84	28	112	14	7	21	13	5	18	32	15	47	6	1	7				257	97	354
5	58	27	85	46	18	64	131	46	177	28	11	39	20	9	29	15	12	27	2	3	5				300	126	426
6	84	42	126	38	17	55	121	49	170	18	14	32	26	12	38	3	2	5	5	4	9				295	140	435
7	128	55	183	37	28	65	73	34	107	12	9	21	17	10	27				4	4	8				271	140	411
8	95	52	147	42	19	61	37	27	64	6	3	9	6	2	8				1	4	5				187	107	294
9	95	48	143	34	12	46	14	8	22				2	1	3				3	4	7				148	73	221
10	69	21	90	12	7	19	4	1	5										1	3	4				86	32	118
11	56	18	74	12	4	16	1	1	2					1	1				2		2				71	24	95
12	42	11	53	8	1	9							1		1										51	13	64
13	23	11	34	3	4	7													1		1				27	15	42
14	13	7	20	3	1	4													1		1				17	8	25
15	10	4	14																						10	4	14
16	4	2	6	1	1	2																			5	3	8
17	2		2	3		3																			5	1	6
>17	1	2	3	1		1																			2	2	4
Kopā	771	338	1109	407	198	605	602	309	911	95	57	152	148	82	230	131	76	207	35	37	72	18	8	26	2207	1105	3312

**Parauglaukumu sadalījums pa I stāva valdošajām koku sugām un bonitātēm atkarībā no 1. cikla
uzmērīšanas gada**

MT	Mežaudzes																		Izcirtumi			Kopā										
	Priede			Egļe			Bērzs			Melnalksnis			Apse			Baltalksnis									Citas							
	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā	2009-2011	2012	Kopā								
Sl	18	11	29																						18	11	29					
Mr	87	32	119				4	1	5																	91	33	124				
Ln	94	34	128	5		5	2	3	5					1		1								1	1	2	103	38	141			
Dm	164	75	239	66	43	109	73	44	117					17	13	30	7	8	15	3	2	5	3	2	5	333	187	520				
Vr	9	4	13	108	55	163	132	88	220	10	11	21	71	39	110	62	47	109	13	10	23	1	1	2	406	255	661					
Gr	2	1	3	9	1	10	13	2	15				2	2		8	3	11	17		17	6	16	22			55	25	80			
Gs							1		1																			1	0	1		
Mrs	42	12	54	4	1	5	9	4	13					1		1												56	17	73		
Dms	30	16	46	26	14	40	36	8	44	1	1	2	3	1	4			3	3								96	43	139			
Vrs	1	1	2	13	6	19	22	15	37	12	8	20	5	3	8			6	3	9	3	1	4		1	1	62	38	100			
Grs				1	1	2	5	2	7	2	2	4						1		1	2		2				11	5	16			
Pv	70	39	109				4	2	6																			74	41	115		
Nd	34	12	46	3	5	8	23	13	36	1	1	2			2												63	31	94			
Db	1		1	4	1	5	32	13	45	22	12	34			1	1			5	5	2		2	2	2	2	63	32	95			
Lk							1		1	5		5							2	2							6	2	8			
Av	3	1	4																								3	1	4			
Am	30	14	44	2	3	5	1	2	3															1	1	2	34	20	54			
As	57	32	89	94	36	130	96	44	140	12	4	16	18	10	28	12	5	17							1	1	3	1	4	292	133	425
Ap	2	2		16	6	22	38	13	51	10	3	13	17	6	23	21	1	22			5	4	9	4	1	5	111	36	147			
Kv	14	4	18																									14	4	18		
Km	54	17	71	6	1	7	8	5	13					1	1	2												69	24	93		
Ks	60	31	91	39	21	60	73	39	112	10	4	14	3	4	7			2	2			1	1	1	1	1	186	102	288			
Kp	1		1	11	4	15	29	11	40	10	9	19	1	1	2	5		5			1	2	3	2		2	60	27	87			
Kopā	771	338	1109	407	198	605	602	309	911	95	57	152	148	82	230	131	76	207	35	37	72	18	8	26	2207	1105	3312					

1.2. Augstuma, caurmēra, šķērslaukuma, koku skaita augšanas gaitas prognožu modeļu precizēšana

1.2.1. Augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

1.2.1.1. Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu

Materiāls un metodika

Analīzē veikts reālo (pārmērīto) augstumu salīdzinājums ar aprēķinātajām vērtībām pēc iepriekšējos gados izstrādātajiem vienādojumiem (Donis et al., 2012):

$$H_g = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3} \text{ jeb } H_{dom} = \left(\frac{H_g}{a_1 N^{a_3}} \right)^{\frac{1}{a_2}} \quad (1.1)$$

H_g – audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums, m;

H_{dom} – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

N – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

$$H_{vald} = a_1 H_{dom}^{a_2} N^{a_3} \text{ jeb } H_{dom} = \left(\frac{H_{vald}}{a_1 N^{a_3}} \right)^{\frac{1}{a_2}} \quad (1.2)$$

H_{vald} – audzes valdaudzes augstums, m;

H_{dom} – audzes virsaugstums (100 uz hektāra lielāko koku augstums), m;

N – valdošās koku sugas I stāva koku skaits uz hektāra.

Analīzē izmantoti dati par 3649 MSI 1. un 2. ciklā uzņēmētajiem parauglaukumiem, kuros

- valdošā koku suga ir priede (1509 parauglaukumi), egļe (705), bērzs (932), melnalksnis (163), apse (156) un baltalksnis (184),
- valdošās koku sugas I stāva koku skaits ir vismaz 100 koki uz hektāra,
- augstums uzņēmēts vismaz 5 valdošās koku sugas kokiem.

Analīzē pieņem:

- audzes vidējais augstums ir parauglaukuma vidējā kvadrātiskā caurmēram atbilstošā valdošās koku sugas koka augstums;
- audzes virsaugstums ir parauglaukumā esošo 100 uz hektāra pēc krājas lielāko valdošās koku sugas koku aritmētiski vidējais augstums;
- audzes valdaudzes augstums ir aritmētiski vidējais augstums no parauglaukumā esošajiem valdošās koku sugas kokiem, kuru aprēķinātais augstums (pēc R. Ozoliņa augstumliknes) neatšķiras vairāk nekā par 10% no to vidējās vērtības.

Abiem iepriekšminētajiem vienādojumiem (1. un 2. vienādojums), balstoties uz lielāku datu apjomu, aprēķinātas jaunas koeficientu vērtības. Koeficientu vērtības aprēķinātas datorprogrammā SPSS 14.

Rezultāti

Vienādojumiem 1.1. un 1.2. aprēķinātās jaunās koeficientu vērtības, kas visos gadījumos ir statistiski būtiskas (koeficientu vērtību 95% ticamības intervāls sevī neietver nulli). Ar jaunajām koeficientu vērtībām vienādojumi lietojami plašākā diapazonā nekā tas bija ar iepriekšējos gados aprēķinātajām koeficientu vērtībām. Vienādojumu koeficientu vērtības un to statistiskie rādītāji, kā arī vienādojumu lietošanas ierobežojumi atspoguļoti 1.4. tabulā.

Abiem vienādojumiem (1.1. un 1.2. formula) visām koku sugām vidējā novirze ir mazāka par 0,2 metriem, kā arī visos gadījumos konstatēta cieša pozitīva lineāra korelācija (1.5. tabula).

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma starpības starp uzmērītajām un aproksimētajām vērtībām principā nav atkarīgas no audzes virsaugstuma un valdošās koku sugas I stāva koku skaita, jo visos gadījumos ir vāja lineāra korelācija, lai gan atsevišķos gadījumos, lielā parauglaukumu skaita dēļ, korelācijas koeficients ir lielāks par korelācijas koeficienta kritisko vērtību (1.1. attēls).

Starpība starp uzmērīto un aproksimēto vērtību mazāka par 10% atkarībā no koku sugas audzes vidējam augstumam ir 88-95% no parauglaukumiem, bet audzes valdaudzes augstumam ir 98-100% no parauglaukumiem (1.2. attēls).

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu (1.1. un 1.2. formulas) koeficienti un lietošanas ierobežojumi

Suga	Koefficients	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$					$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$										
		Vērtība	Standart-kļūda	95% ticamības intervāls		Hdom		N		Vērtība	Standart-kļūda	95% ticamības intervāls		Hdom		N	
				Min	Max	Min	Max	Min	Max			Min	Max	Min	Max	Min	Max
Priede	a1	1.05845	0.02380	1.01177	1.10512	2	40	120	∞	1.24919	0.01271	1.22425	1.27413	2	40	100	∞
	a2	1.04165	0.00490	1.03204	1.05126					0.97671	0.00219	0.97242	0.98101				
	a3	-0.04421	0.00180	-0.04774	-0.04068					-0.03229	0.00082	-0.03391	-0.03068				
Egle	a1	1.20702	0.04881	1.11118	1.30286	2	40	110	∞	1.40221	0.04001	1.32366	1.48075	2	40	100	∞
	a2	1.02133	0.00891	1.00384	1.03883					0.95473	0.00625	0.94245	0.96701				
	a3	-0.06049	0.00292	-0.06623	-0.05475					-0.03935	0.00207	-0.04341	-0.03529				
Bērzs	a1	1.31239	0.04990	1.21445	1.41033	2	40	110	∞	1.29564	0.02362	1.24928	1.34200	2	40	100	∞
	a2	1.00398	0.00865	0.98699	1.02096					0.96321	0.00411	0.95515	0.97126				
	a3	-0.06452	0.00266	-0.06973	-0.05931					-0.03042	0.00127	-0.03292	-0.02792				
Melnalksnis	a1	1.19710	0.10778	0.98425	1.40995	2	40	110	∞	1.21426	0.06096	1.09386	1.33465	2	40	100	∞
	a2	0.99769	0.02375	0.95079	1.04459					0.96870	0.01316	0.94271	0.99469				
	a3	-0.03998	0.00610	-0.05202	-0.02793					-0.02292	0.00341	-0.02966	-0.01618				
Apse	a1	1.13035	0.09163	0.94932	1.31137	2	40	110	∞	1.23811	0.03702	1.16498	1.31124	2	40	100	∞
	a2	1.03059	0.01827	0.99450	1.06669					0.97812	0.00666	0.96497	0.99127				
	a3	-0.05059	0.00487	-0.06020	-0.04097					-0.03034	0.00181	-0.03391	-0.02676				
Baltalksnis	a1	0.98172	0.13253	0.72022	1.24321	2	40	110	∞	1.12556	0.07974	0.96822	1.28291	2	40	100	∞
	a2	1.02759	0.03235	0.96377	1.09141					0.97180	0.01683	0.93859	1.00501				
	a3	-0.02578	0.00935	-0.04424	-0.00732					-0.01406	0.00495	-0.02382	-0.00430				

Hg - audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums; Hvald - audzes valdaudzes augstums; Hdom - audzes virsaugstums; N - valdošas koku sugas l stāva koku skaits

Audzes vidējā augstuma un valdaudzes augstuma aprēķināšanai atkarībā no audzes virsaugstuma vienādojumu (1.1. un 1.2. formulas) statistiskie rādītāji

Suga	Vienādojums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	N
Priede	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	-0.009	0.608	0.789	0.622	0.014	0.977	0.993	1509
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.004	0.269	0.372	0.139	0.003	1.000	0.998	1509
Egle	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	-0.005	0.692	0.891	0.792	0.024	0.970	0.988	705
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.002	0.436	0.676	0.456	0.014	0.989	0.993	705
Bērzs	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.003	0.766	0.978	0.955	0.028	0.975	0.986	932
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.001	0.361	0.500	0.250	0.008	0.993	0.996	932
Melnalksnis	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	-0.003	0.712	1.056	1.108	0.057	0.937	0.971	163
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.000	0.352	0.607	0.367	0.020	0.979	0.990	163
Apse	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.017	0.707	0.952	0.901	0.012	0.999	0.994	156
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.003	0.267	0.369	0.135	0.002	1.000	0.999	156
Baltalksnis	$Hg=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	0.002	0.838	1.306	1.697	0.093	0.911	0.952	184
	$Hvald=a_1 Hdom^{a_2} N^{a_3}$	-0.001	0.377	0.728	0.527	0.031	0.967	0.984	184

MRES - vidējā novirze (ideālā vērtība 0)

AMRES - vidējā absolūtā novirze (0)

RMSE - standartkļūda (0)

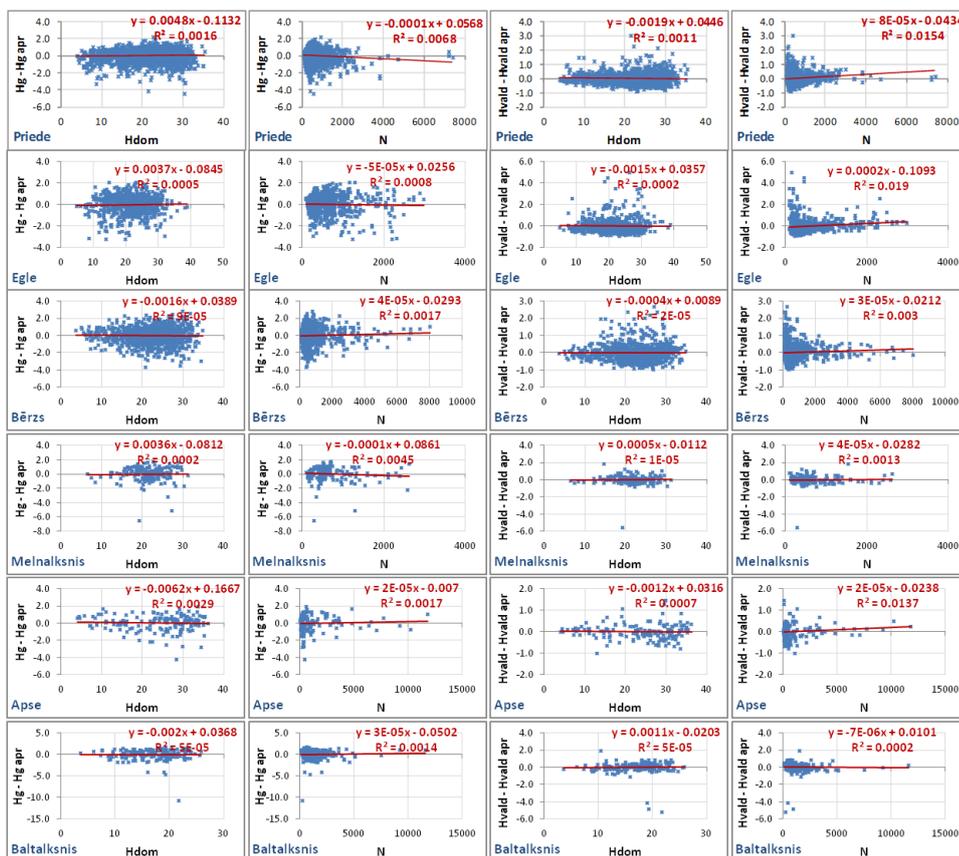
MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda (0)

MEF - modeļa efektivitātes indekss (0)

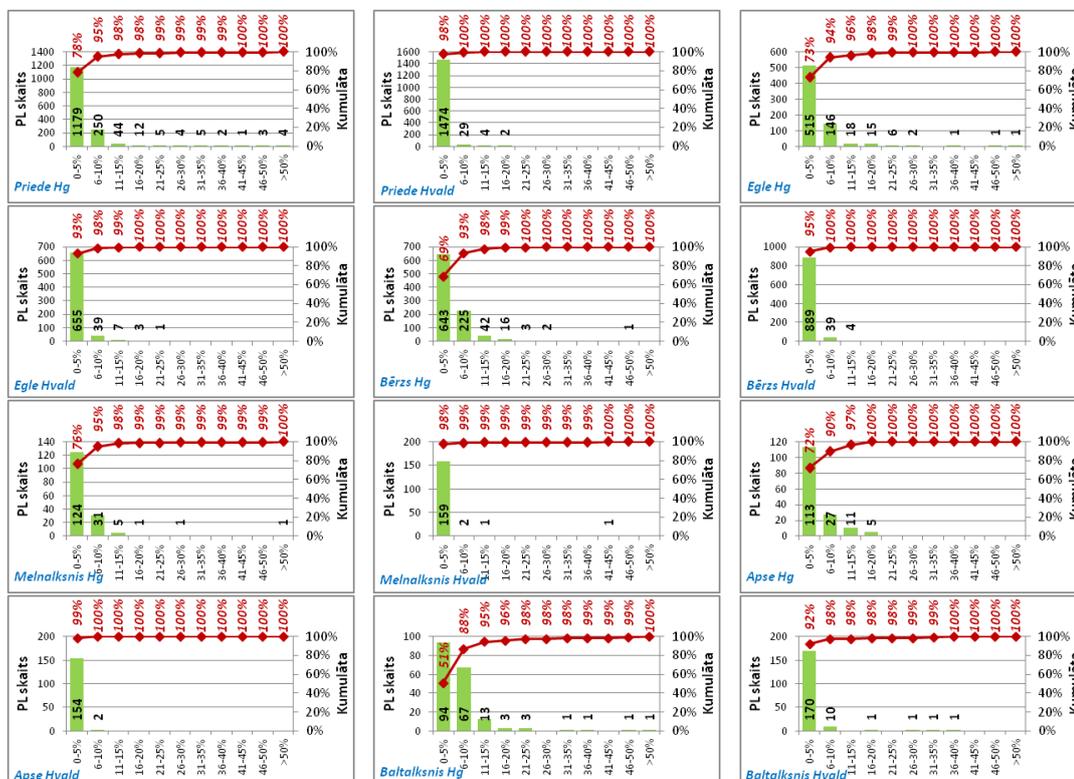
VR - dispersijas attiecība (1)

R - korelācijas koeficients (1)

N - parauglaikumu skaits



1.1. attēls. Audzes vidējā (Hg) un valdaudzes (Hvald) augstuma starpības starp uzmēritajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma (Hdom) un audzes valdošās koku sugas īstā koku skaita (N).



1.2. attēls. Parauglaukumu skaits un kumulatīvā sadalījums atkarībā no relatīvās starpības starp uzmērito un aprēķināto augstumu.

1.2.1.2. Virsaugstuma un vidējā augstuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

Materiāls un metodika

Meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu (Czieszewski, et al., 20005):

$$H_2 = 1.3 + (H_1 - 1.3) \left(\frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left(\frac{b_2 + \frac{1}{2} \left[(\ln H_1 - b_2) + \sqrt{(\ln H_1 - b_2 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)])^2 - 4b_3 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)]} \right]}{2} \right)} \quad (1.3)$$

Kur A_1 – vecums pirmajā uzmērīšanas reizē, A_2 – vecums otrajā uzmērīšanas reizē, H_1 - augstums pirmajā uzmērīšanas reizē, H_2 - augstums otrajā uzmērīšanas reizē.

Datu analīzē izmanto datus par 2951 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1911 MSI 2009. - 2012. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- meža elementi ir P1st (877 meža elementi), E1st (578), E2st (378), B1st (736), A1st (89), M1st (167), Ba1st (126);
- katrā uzmērīšanas ciklā augstums uzmērīts vismaz 3 dzīvajiem kokiem no viena meža elementa;
- abās uzmērīšanas reizēs zināms elementa vecums;
- nevienā no uzmērīšanas cikliem parauglaukumā nav vecās paaudzes koki;
- parauglaukumā nav veikta kailcirte;
- meža elementa uzmērītais vidējais augstums otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā uzmērītais;
- meža elementa pēdējo piecu gadu augstuma tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā 2 standartnovirzes no meža elementa vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības

Ar 1.3. vienādojumu tiek aproksimēta meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaita, bet audzes virsaugstumu var aprēķināt izmantojot 1.1. vienādojumu.

Rezultāti

Sākotnēji augstuma augšanas gaitas analīzē tiek pārbaudīta nulles hipotēze: *I stāva valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem koku augstuma pieaugums neatšķiras (H_0 : Z_D valdošajiem = Z_D piemistrojumam).*

Analīzē par valdaudzes meža elementiem pieņem tos meža elementus, kuru sastāva koeficients ir 6.5 vai lielāks.

Lai pārbaudītu izvirzīto nulles hipotēzi, katrai koku sugai starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem tiek salīdzināti aritmētiski vidējie pēdējo piecu gadu augstuma tekošie periodiskie pieaugumi sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm.

Priedei, melnalksnim, apsei un baltalksnim pēdējo piecu gadu tekošo periodisko augstuma pieaugumiem būtiskas atšķirības (aritmētiski vidējo starpība lielāka par 1.96 SE) starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem nav konstatētas nevienā no bonitātes-vecuma grupas, bet eglei un bērzam katram 1 no 11 bonitātes vecuma grupām konstatēta būtiska augstuma pieauguma starpība (1.6.-1.11. tabulas). Eglei un bērzam būtiskas atšķirības ir konstatētas arī starp bonitāšu grupu vidējām augstuma pieauguma vērtībām, bet tās izskaidrojamas ar lielo vidējā vecuma starpībām. Tātad var pieņemt, ka starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem sugas ietvaros nav atšķirības starp pēdējo piecu gadu tekošo periodisko augstuma pieaugumu.

Tālākajā augstuma augšanas gaitas analīzē (1.3. vienādojuma koeficientu aproksimācijā) pieņem, ka pirmajam stāvam sugas ietvaros augstuma augšanas gaita valdaudzes un piemistrojuma elementiem ir vienāda.

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes priežu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa						Kopā	
			5-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120		120<
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1		1	
	vid Zh	mistr	2.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	0.2	1.6
		vald	2.9	1.8	1.4	1.5	1.3		1.3	1.6
	s Zh	mistr	0.4	1.0	0.8	0.9	0.8	0.5		0.9
		vald	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7		0.6	0.8
	vid A1.3	mistr	15	33	51	70	88	105	121	56
		vald	14	33	52	69	87		131	56
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.5	0.6	0.9	1.0	1.0	0.6
		vald	0.9	0.7	0.6	0.8	0.9		1.0	0.7
	Skaitis	mistr	6	26	65	39	10	5	1	152
	vald	10	40	74	79	17		2	222	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.0	1.9	1.3	1.6	1.3	1.2	0.6	1.5
		vald	2.6	1.5	1.3	1.3	1.0	0.8	0.9	1.3
	s Zh	mistr	1.1	1.1	1.0	1.0	0.7	0.6	0.4	1.0
		vald	0.9	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4	0.8
	vid A1.3	mistr	11	32	51	70	89	112	138	72
		vald	9	33	52	70	89	107	135	66
	vid Bon	mistr	2.5	2.2	2.1	2.2	2.4	2.6	2.8	2.3
		vald	2.4	2.5	2.2	2.4	2.3	2.5	2.6	2.4
	Skaitis	mistr	6	5	18	24	18	11	4	86
	vald	17	29	65	69	43	23	10	256	
IV - V	Būtiskums			1	1	1	1		1	1
	vid Zh	mistr		0.5	1.1	1.1	0.9	1.4	1.3	1.0
		vald	2.2	0.6	0.9	0.8	1.0	0.9	0.7	0.9
	s Zh	mistr		0.1	0.2	1.1	0.6		0.4	0.7
		vald	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	vid A1.3	mistr		39	58	73	87	113	129	80
		vald	13	33	53	72	91	110	135	79
	vid Bon	mistr		4.0	4.0	5.0	4.5	4.0	4.0	4.4
		vald	4.0	4.4	4.6	4.7	4.6	4.6	4.7	4.6
	Skaitis	mistr		2	2	5	4	1	2	16
	vald	3	10	32	38	26	21	15	145	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes egļu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā	
			5-20	21-40	41-60	61-80	81-100		100<
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1		-100
	vid Zh	mistr	2.8	1.8	1.3	1.3	1.3		1.6
		vald	2.8	1.8	1.5	1.2	1.2	0.8	1.9
	s Zh	mistr	0.9	0.9	0.7	0.7	0.4		0.9
		vald	1.0	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	15	32	51	68	86		47
		vald	15	30	52	70	92	105	37
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.6	0.8	1.0		0.6
		vald	0.3	0.4	0.6	0.8	0.3	1.0	0.4
	Skaitis	mistr	17	58	61	50	5		191
	vald	30	79	23	17	4	2	155	
II - IV	Būtiskums		1	-100	1	1	1	1	-100
	vid Zh	mistr	3.4	1.5	1.5	1.3	1.0	0.8	1.4
		vald	3.0	2.1	1.3	1.1	1.2	0.7	1.8
	s Zh	mistr	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4	0.9
		vald	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.1	1.0
	vid A1.3	mistr	13	31	53	70	90	114	68
		vald	14	29	48	70	90	128	47
	vid Bon	mistr	2.6	2.6	2.3	2.3	2.8	3.0	2.5
		vald	2.5	2.5	2.2	2.5	2.6	3.0	2.5
	Skaitis	mistr	10	18	30	42	38	15	153
	vald	11	30	17	11	5	5	79	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.8. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes bērzu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā
			5-20	21-40	41-60	61-80	80<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1		1
	vid Zh	mistr	3.7	1.8	1.4	1.1	0.4	1.7
		vald	3.5	1.9	1.4	1.2		2.0
	sZh	mistr	1.1	1.1	0.7	0.4	0.2	1.1
		vald	1.6	0.9	0.8	0.5		1.4
	vid A1.3	mistr	15	32	50	70	91	45
		vald	10	32	48	67		36
	vid Bon	mistr	0.3	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6
		vald	0.4	0.5	0.6	0.6		0.5
	Skaitis	mistr	23	67	117	30	2	239
	vald	40	54	67	13		174	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1		-100
	vid Zh	mistr	3.8	1.9	1.2	1.3	1.0	1.4
		vald	4.1	2.1	1.5	1.3	1.2	2.3
	sZh	mistr	1.2	1.0	0.7	0.7	0.5	0.9
		vald	1.4	1.0	0.8	0.6		1.5
	vid A1.3	mistr	15	33	50	67	85	50
		vald	13	32	49	65	81	38
	vid Bon	mistr	2.4	2.3	2.2	2.3	2.6	2.3
		vald	2.4	2.4	2.5	2.6	2.0	2.4
	Skaitis	mistr	5	35	84	28	7	159
	vald	29	39	44	16	1	129	
IV - V	Būtiskums			1	-100	1		1
	vid Zh	mistr	1.9	1.1	0.5	1.1	0.4	1.0
		vald	2.8	1.0	2.0	1.3		1.8
	sZh	mistr		0.5	0.4	0.8	0.0	0.6
		vald	1.6	0.9	0.7	0.6	0.0	1.2
	vid A1.3	mistr	15	32	53	69	85	53
		vald	13	34	49	67		39
	vid Bon	mistr	4.0	4.2	4.3	4.2	5.0	4.3
		vald	4.3	4.2	4.2	4.7		4.3
	Skaitis	mistr	1	6	3	6	2	18
	vald	4	5	5	3		17	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.9. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes melnalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-40	41-60	60<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	1.9	1.8	1.1	0.9	1.6
		vald	3.5	1.7	1.5	1.3	1.8
	sZh	mistr	1.1	0.8	0.8	0.2	0.9
		vald	0.6	0.9	0.7	0.5	0.9
	vid A1.3	mistr	13	31	49	65	36
		vald	9	31	49	69	39
	vid Bon	mistr	0.3	0.7	0.9	1.0	0.7
		vald	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9
	Skaitis	mistr	4	33	17	2	56
	vald	2	11	9	2	24	
II - IV	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.1	2.0	1.3	1.1	1.6
		vald	2.4	1.6	1.4	0.8	1.6
	sZh	mistr	0.3	0.9	0.7	0.4	0.8
		vald	0.4	1.1	0.7	0.1	0.8
	vid A1.3	mistr	15	32	49	71	45
		vald	16	33	50	70	42
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.6	3.3	2.6
		vald	3.0	2.9	2.3	2.0	2.5
	Skaitis	mistr	2	20	35	7	64
	vald	3	7	11	2	23	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes apšu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-40	41-60	60<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	3.7	2.2	1.5	1.1	2.0
		vald	3.9	1.9	1.4	0.9	2.3
	s Zh	mistr	1.3	1.1	0.5	0.5	1.2
		vald	1.6	0.9	0.5	0.5	1.6
	vid A1.3	mistr	13	28	50	64	40
		vald	10	34	51	71	37
	vid Bon	mistr	0.4	0.3	0.4	0.5	0.4
		vald	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3
	Skaitis	mistr	8	11	24	4	47
	vald	14	8	14	6	42	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra koka pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais augstuma pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes baltalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			5-20	21-30	31-40	40<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zh	mistr	2.6	1.7	1.5	1.4	1.9
		vald	2.6	2.1	1.1	0.9	2.0
	s Zh	mistr	1.1	0.8	0.8	0.8	1.0
		vald	1.2	1.1	0.8	0.6	1.2
	vid A1.3	mistr	12	25	36	47	27
		vald	15	25	35	47	25
	vid Bon	mistr	-0.1	0.7	1.1	1.6	0.7
		vald	1.0	1.0	1.8	1.9	1.2
	Skaitis	mistr	15	27	14	7	63
	vald	25	22	9	7	63	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

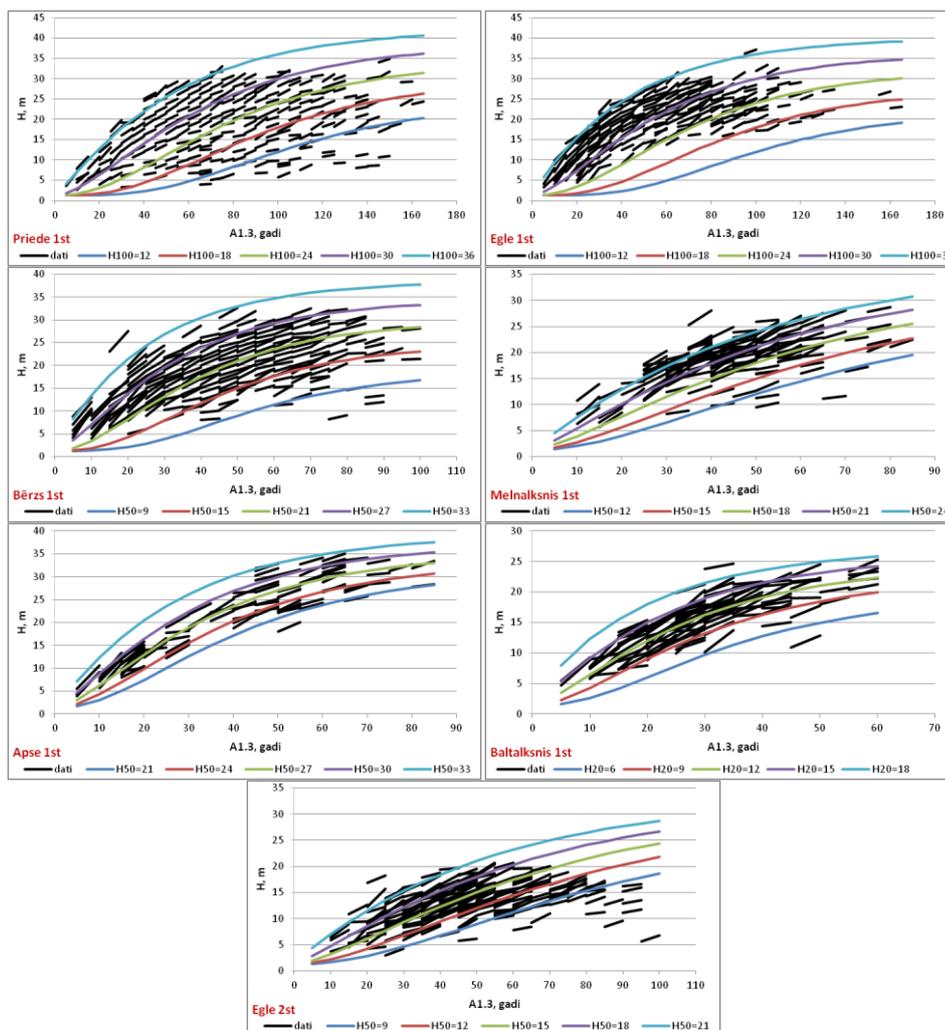
Aproksimētas jaunas koeficientu vērtības meža elementa vidējā kvadrātiskā koka augstuma augšanas gaitas modelim (1.12. tabula). Atšķirībā no iepriekšējā gada, teorētiski šī gada modelis ļauj prognozēt ne tikai audzes I stāva valdošās koku sugas augstuma pieaugumu, bet arī piemistrojuma sugu pieaugumu, kā arī eglei II stāva pieaugumu.

Uzmērīto un aproksimēto vērtību sakarības atspoguļotas 1.3. attēlā.

Vidējā augstuma augšanas gaitas vienādojuma (1.3. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi

Suga	Koefficients	Vērtība	Standart-kļūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji								A 1.3	
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²		N
Priede	b1	0.020	0.002	0.017	0.023	-0.006	0.623	0.779	0.606	0.014	0.951	0.993	0.986	877	5...180
	b2	-26.887	6.866	-40.363	-13.412										
	b3	105.119	25.042	55.969	154.269										
Egle 1 stāvs	b1	0.022	0.002	0.018	0.027	0.048	0.634	0.804	0.646	0.021	1.013	0.989	0.979	578	5...160
	b2	-26.080	10.548	-46.797	-5.364										
	b3	100.000	37.935	25.492	174.508										
Egle 2 stāvs	b1	0.018	0.005	0.008	0.027	-0.012	0.565	0.699	0.487	0.052	0.946	0.974	0.948	378	5...100
	b2	-44.088	36.902	-116.649	28.474										
	b3	159.992	130.398	-96.411	416.395										
Bērzs	b1	0.037	0.002	0.032	0.042	0.042	0.776	0.964	0.929	0.032	0.991	0.984	0.969	736	5...120
	b2	-16.774	4.376	-25.365	-8.182										
	b3	64.875	15.330	34.778	94.971										
Melnalksnis	b1	0.021	0.006	0.010	0.032	-0.003	0.634	0.772	0.592	0.033	0.967	0.983	0.967	167	5...80
	b2	-16.596	12.716	-41.704	8.513										
	b3	64.049	45.663	-26.115	154.213										
Apse	b1	0.037	0.005	0.027	0.048	0.054	0.680	0.955	0.901	0.016	1.003	0.992	0.984	89	5...80
	b2	-21.463	19.432	-60.093	17.168										
	b3	82.765	69.864	-56.121	221.650										
Baltalksnis	b1	0.045	0.008	0.029	0.061	0.037	0.740	0.944	0.884	0.057	0.974	0.971	0.943	126	5...60
	b2	-29.154	26.148	-80.913	22.605										
	b3	100.000	85.571	-69.382	269.382										

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R² - determinācijas indekss; N - parauglukumam skaits



1.3. attēls. Aproximētais un uzmērītais vidējā kvadrātiskā koka augstuma pieaugums atkarībā no koku sugas un meža elementa krūšaugstuma vecuma.

1.2.2. Caurmēra augšanas gaitas modeļa precizēšana

Materiāls un metodika

Caurmēra augšanas gaitas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu vienādojumu (Czieszewski, et al., 20005):

$$D_2 = D_1 \left(\frac{1 - \exp(-b_1 A_2)}{1 - \exp(-b_1 A_1)} \right)^{\left(b_2 + \frac{1}{2} \left[(\ln D_1 - b_2) + \sqrt{(\ln D_1 - b_2 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)])^2 - 4b_3 \ln[1 - \exp(-b_1 A_1)]} \right] \right)} \quad (1.4)$$

Kur A_1 – krūšaugstuma vecums pirmajā uzmērīšanas reizē, A_2 – krūšaugstuma vecums otrajā uzmērīšanas reizē, D_1 - caurmērs pirmajā uzmērīšanas reizē, D_2 - caurmērs otrajā uzmērīšanas reizē.

Vidējā kvadrātiskā koka caurmēra augšanas gaita aproksimēta 2 variantos.

1. variants. MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem kā otrā un pirmā cikla meža elementa vidējā kvadrātiskā koku caurmēru starpība.

Datu analizē izmanto datus par 3607 meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas koku sugas vienas paaudzes vienā stāvā esošus kokus) no 1992 MSI 2009. - 2012. gadā atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuri atbilst sekojošiem nosacījumiem:

- meža elementi ir P1st (919 meža elementi), E1st (688), E2st (658), B1st (879), A1st (111), M1st (195), Ba1st (157);
- katrā uzmērīšanas ciklā uzmērīti vismaz 3 dzīvi koki no viena meža elementa;
- abās uzmērīšanas reizēs zināms elementa vecums;
- nevienā no uzmērīšanas cikliem parauglaukumā nav vecās paaudzes koki;
- parauglaukumā nav veikta kailcirte;
- meža elementa uzmērītais vidējais kvadrātiskais caurmērs otrajā ciklā ir lielāks nekā pirmajā ciklā uzmērītais;
- meža elementa pēdējo piecu gadu caurmēra tekošais periodiskais pieaugums neatšķiras vairāk kā 2 standartnovirzes no meža elementa vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības

Lai izvairītos no meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra 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), analizē izmanto tikai tos kokus, kas konstatēti 1. cikla uzmērīšanā, un to reprezentācijas klases nemaina.

2. variants. MSI parauglaukumos urbto koku, kuru caurmērs $0.7 \leq D_g \leq 1.3$, radiālo pieaugumu mērījumiem.

Datu analizē izmanto datus par 9626 kokiem (P-3666; E-1543; B-2178; M-789; A-669; Ba-781) no 917 MSI parauglaukumiem.

Rezultāti

Sākotnēji caurmēra augšanas gaitas analizē atkarībā no MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem (1. variants) tiek pārbaudīta nulles hipotēze: *I stāva valdaudzes un piemistrojuma meža elementiem koku krūšaugstuma radiālais pieaugums neatšķiras ($H_0: Z_D \text{valdaudzei} = Z_D \text{piemistrojumam}$).*

Analizē par valdaudzes meža elementiem pieņem tos meža elementus, kuru sastāva koeficients ir 6.5 vai lielāks.

Lai pārbaudītu izvērīto nulles hipotēzi, katrai koku sugai starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem tiek salīdzināti aritmētiski vidējie pēdējo piecu gadu augstuma tekošie periodiskie pieaugumi sadalījumā pa vecuma grupām un bonitātēm.

Eglei, melnalksnim, apsei un baltalksnim pēdējo piecu gadu tekošo periodisko caurmēra pieaugumiem būtiskas atšķirības (aritmētiski vidējo starpība lielāka par 1.96 SE) starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem nav konstatētas nevienā no bonitātes-vecuma grupas, bet priedei 1 no 16 un bērzam 1 no 12 bonitātes vecuma grupām konstatēta būtiska augstuma pieauguma starpība

(1.6.-1.11. tabulas). Egļei un bērzam būtiskas atšķirības ir konstatētas arī starp bonitāšu grupu vidējām caurmēra pieauguma vērtībām, bet tās izskaidrojamas ar lielo vidējā vecuma starpībām. Tātad var pieņemt, ka starp valdošajiem un piemistrojuma meža elementiem sugas ietvaros nav atšķirības starp pēdējo piecu gadu tekošo periodisko caurmēra pieaugumu.

Tālākajā caurmēra augšanas gaitas analizē (1.4. vienādojuma koeficientu aproksimācijā) pieņem, ka pirmajam stāvam sugas ietvaros caurmēra augšanas gaita valdaudzes un piemistrojuma elementiem ir vienāda.

1.11. tabula

Audzēs I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes priēžu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa							Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	120<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	1.9	1.9	1.7	1.4	1.1	1.0	0.1	1.6
		vald	3.5	1.9	1.8	1.7	1.1	1.0	1.3	1.8
	s Zd	mistr	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.3		0.7
		vald	2.4	0.6	0.7	0.7	0.5		0.3	0.8
	vid A1.3	mistr	15	33	51	70	89	103	121	57
		vald	13	32	51	68	88	119	139	57
	vid Bon	mistr	0.7	0.5	0.5	0.5	0.9	1.0	1.0	0.5
		vald	1.0	0.7	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	0.7
	Skaitis	mistr	6	24	67	45	8	6	1	157
vald		8	40	71	79	16	1	3	218	
II - III	Būtiskums		1	1	1	1	1	1	1	1
	Zd cm	mistr	3.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.0	1.0	1.5
		vald	2.8	1.6	1.5	1.5	1.2	0.8	1.1	1.5
	s Zd	mistr	1.0	0.5	0.7	0.6	0.4	0.6	0.3	0.9
		vald	1.0	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.7
	vid A1.3	mistr	11	30	51	70	91	111	138	73
		vald	9	33	52	71	89	108	131	68
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.1	2.1	2.4	2.7	2.8	2.3
		vald	2.4	2.5	2.2	2.4	2.3	2.6	2.5	2.4
	Skaitis	mistr	6	5	20	28	21	12	4	96
vald		17	30	65	70	50	27	12	271	
IV - V	Būtiskums				-100	1	1		1	1
	Zd cm	mistr		1.8	0.6	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7
		vald	2.4	1.0	1.0	0.8	0.9	0.7	0.7	0.9
	s Zd	mistr			0.1	0.3	0.3		0.2	0.4
		vald	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5
	vid A1.3	mistr		39	58	69	89	113	129	86
		vald	13	34	53	71	91	109	136	78
	vid Bon	mistr		4.0	4.0	4.7	4.6	4.0	4.3	4.4
		vald	4.0	4.5	4.6	4.7	4.6	4.7	4.8	4.6
	Skaitis	mistr		1	2	6	5	1	4	19
vald		3	12	34	44	29	20	16	158	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.12. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes egļu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	61-80	81-100	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	3.4	2.2	2.0	1.8	1.3	2.1
		vald	3.3	2.0	1.9	1.8	2.3	2.2
	s Zd	mistr	1.2	0.9	0.7	0.8	0.4	0.9
		vald	1.3	0.8	0.7	0.6	0.9	1.0
	vid A1.3	mistr	15	32	51	68	86	49
		vald	15	30	52	70	91	105
	vid Bon	mistr	0.7	0.4	0.6	0.8	1.0	0.6
		vald	0.3	0.4	0.5	0.8	0.3	1.0
	Skaitis	mistr	17	73	79	64	9	242
	vald	30	85	26	16	3	162	
II - IV	Būtiskums		1	1	1	1	1	-100
	Zd cm	mistr	3.7	2.2	1.8	1.6	1.5	1.2
		vald	3.7	2.1	1.7	1.7	1.5	1.6
	s Zd	mistr	1.3	1.1	0.8	0.8	0.6	0.4
		vald	1.5	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9
	vid A1.3	mistr	13	31	52	70	90	112
		vald	13	29	49	70	92	132
	vid Bon	mistr	2.6	2.7	2.4	2.3	2.7	3.1
		vald	2.6	2.4	2.1	2.4	2.8	3.7
	Skaitis	mistr	10	20	39	60	48	25
	vald	14	28	18	13	6	3	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.13. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes bērzu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa					Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	61-80	80<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1		-100
	vid Zd	mistr	3.1	2.1	1.5	1.3	0.9	1.8
		vald	3.1	2.0	1.6	1.5		2.0
	s Zd	mistr	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	1.0
		vald	1.3	0.8	0.7	0.5		1.1
	vid A1.3	mistr	14	32	50	69	89	45
		vald	10	32	49	68		37
	vid Bon	mistr	0.5	0.6	0.6	0.7	1.0	0.6
		vald	0.4	0.6	0.5	0.6		0.5
	Skaitis	mistr	27	76	143	44	3	293
	vald	43	58	75	16		192	
II - III	Būtiskums		1	1	1	-100		-100
	Zd cm	mistr	2.4	1.7	1.3	0.9	1.0	1.3
		vald	3.4	1.8	1.2	1.3	0.7	1.8
	s Zd	mistr	1.2	1.0	0.7	0.4	0.8	0.8
		vald	1.4	1.0	0.6	0.4		1.2
	vid A1.3	mistr	15	33	50	68	89	51
		vald	12	32	50	66	81	39
	vid Bon	mistr	2.5	2.2	2.2	2.4	2.5	2.3
		vald	2.4	2.4	2.5	2.6	2.0	2.5
	Skaitis	mistr	8	38	97	39	11	193
	vald	29	45	52	21	1	148	
IV - V	Būtiskums		1	1	1	1		1
	Zd cm	mistr	1.8	1.0	0.9	0.8	0.5	0.9
		vald	2.4	1.1	1.2	0.7		1.4
	s Zd	mistr	0.7	0.4	0.9	0.8	0.2	0.7
		vald	1.5	0.5	1.0	0.4		1.1
	vid A1.3	mistr	15	33	50	70	103	53
		vald	12	32	50	67		39
	vid Bon	mistr	4.0	4.3	4.3	4.3	4.5	4.3
		vald	4.2	4.2	4.2	4.7		4.3
	Skaitis	mistr	2	10	8	6	4	30
	vald	5	6	9	3		23	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.14. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes melnalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	60<	
Ia - I	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	1.8	2.1	1.4	0.8	1.8
		vald	4.0	2.1	1.8	1.4	2.0
	s Zd	mistr	0.6	0.9	0.7	0.1	0.9
		vald	0.8	0.9	0.6	0.1	0.9
	vid A1.3	mistr	15	31	49	65	36
		vald	9	31	49	68	42
	vid Bon	mistr	0.3	0.8	0.9	1.0	0.8
		vald	1.0	0.8	0.9	1.0	0.9
	Skaitis	mistr	6	32	20	2	60
	vald	2	11	10	4	27	
II - IV	Būtiskums		1	1	1	1	1
	Zd cm	mistr	1.5	1.6	1.2	1.0	1.3
		vald	3.3	1.3	1.8	1.4	1.8
	s Zd	mistr	0.5	1.0	0.5	0.5	0.7
		vald	0.5	1.0	0.9	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	15	31	50	70	46
		vald	16	32	48	70	42
	vid Bon	mistr	2.5	2.4	2.5	3.0	2.6
		vald	3.0	2.9	2.3	2.7	2.6
	Skaitis	mistr	2	24	48	9	83
	vald	3	8	11	3	25	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.15. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes apšu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-40	41-60	60<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	3.6	3.4	2.4	2.2	2.9
		vald	3.0	2.4	2.5	1.7	2.5
	s Zd	mistr	1.5	1.1	0.9	0.6	1.1
		vald	1.0	0.7	1.0	0.6	1.0
	vid A1.3	mistr	12	30	50	66	40
		vald	9	34	51	70	38
	vid Bon	mistr	0.4	0.4	0.4	0.8	0.5
		vald	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3
	Skaitis	mistr	10	19	24	10	63
	vald	15	8	18	7	48	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

1.16. tabula

Audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra pēdējo piecu gadu tekošais vidēji periodiskais pieaugums atkarībā no krūšaugstuma vecuma grupas un bonitātes baltalkšņu audzēs

Bonitātes grupa	Rādītājs	Elementa veids	Vecuma grupa				Kopā
			1 - 20	21-30	31-40	40<	
Visas	Būtiskums		1	1	1	1	1
	vid Zd	mistr	2.1	1.6	1.3	1.2	1.6
		vald	2.5	1.7	1.3	1.4	1.9
	s Zd	mistr	1.3	0.6	0.4	0.6	0.9
		vald	0.9	0.7	0.7	0.6	0.9
	vid A1.3	mistr	13	25	36	45	27
		vald	15	25	35	46	25
	vid Bon	mistr	0.5	0.9	1.0	1.3	0.9
		vald	1.1	1.1	1.8	2.0	1.3
	Skaitis	mistr	21	38	18	11	88
	vald	26	23	12	8	69	

Būtiskums: 1 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem nav būtiskas, -100 - aritmētiski vidējās caurmēra pieaugums (Zd) atšķirības starp valdošajiem un piemistrojuma elementiem ir būtiskas

Aproximētas jaunas koeficientu vērtības vidējā kvadrātiskā caurmēra augšanas gaitas modelim (1.17. un 1.18. tabulas). Atšķirībā no iepriekšējā gada, teorētiski šī gada modelis ļauj prognozēt ne tikai audzes I stāva valdošās koku sugas caurmēra pieaugumu, bet arī piemistrojuma sugu pieaugumu, kā arī eglei II stāva pieaugumu.

Uz MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem balstītajiem vienādojumiem ir augstāki statistiskie rādītāji tikai tādēļ, ka koeficientu vērtībās un statistiskie rādītāji šajā gadījumā aprēķināti uz vienas un tās pašas datu bāzes.

Iegūtos vienādojumus būtu nepieciešams pārbaudīt uz neatkarīgas datu bāzes, pie tam uz tādu datu bāzi, kurā intervāls starp pārmērījuma datiem būtu garāks nekā 5 gadi (vēlams vismaz 20 gadi). Jo pagaidām vienādojumi ir balstīti uz piecu gadu pārmērījuma ciklu datiem, kas neļauj objektīvi prognozēt augšanas gaitu laika periodā ne lielākā kā 10 gadi.

Uzmērīto un aproksimēto vērtību sakarības atspoguļotas 1.4. attēlā.

1.17. tabula

Caurmēra augšanas gaitas vienādojuma (1.4. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi no MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem

Suga	Koeficients	Vērtība	Standart-kļūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji									A 1.3
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²	N	
Priede	b1	0.005	0.001	0.003	0.007	-0.001	0.469	0.622	0.387	0.006	0.984	0.997	0.994	919	5...180
	b2	-3.100	0.938	-4.941	-1.259										
	b3	17.079	4.133	8.969	25.190										
Egle 1 stāvs	b1	0.007	0.002	0.004	0.010	-0.034	0.650	0.830	0.688	0.013	0.990	0.993	0.987	688	5...160
	b2	-15.754	8.345	-32.139	0.631										
	b3	74.035	37.383	0.636	147.435										
Egle 2 stāvs	b1	0.005	0.003	-0.001	0.011	0.002	0.553	0.735	0.539	0.033	0.924	0.984	0.968	658	5...130
	b2	-2.326	1.327	-4.931	0.280										
	b3	13.241	5.787	1.877	24.604										
Bērzs	b1	0.017	0.001	0.014	0.020	0.004	0.621	0.827	0.684	0.013	0.981	0.994	0.987	879	5...120
	b2	-1.270	0.536	-2.322	-0.218										
	b3	8.744	2.034	4.753	12.736										
Melnalksnis	b1	0.008	0.004	0.000	0.015	0.005	0.548	0.728	0.527	0.016	0.980	0.992	0.984	195	5...80
	b2	0.244	0.653	-1.043	1.531										
	b3	2.230	2.673	-3.042	7.503										
Apse	b1	0.010	0.003	0.005	0.016	0.003	0.728	0.929	0.854	0.006	0.995	0.997	0.994	111	5...80
	b2	-4.638	3.528	-11.632	2.355										
	b3	25.672	15.894	-5.834	57.177										
Baltalksnis	b1	0.018	0.006	0.006	0.030	0.015	0.598	0.799	0.634	0.028	0.974	0.986	0.972	157	5...60
	b2	-6.120	5.996	-17.966	5.725										
	b3	24.247	21.319	-17.868	66.363										

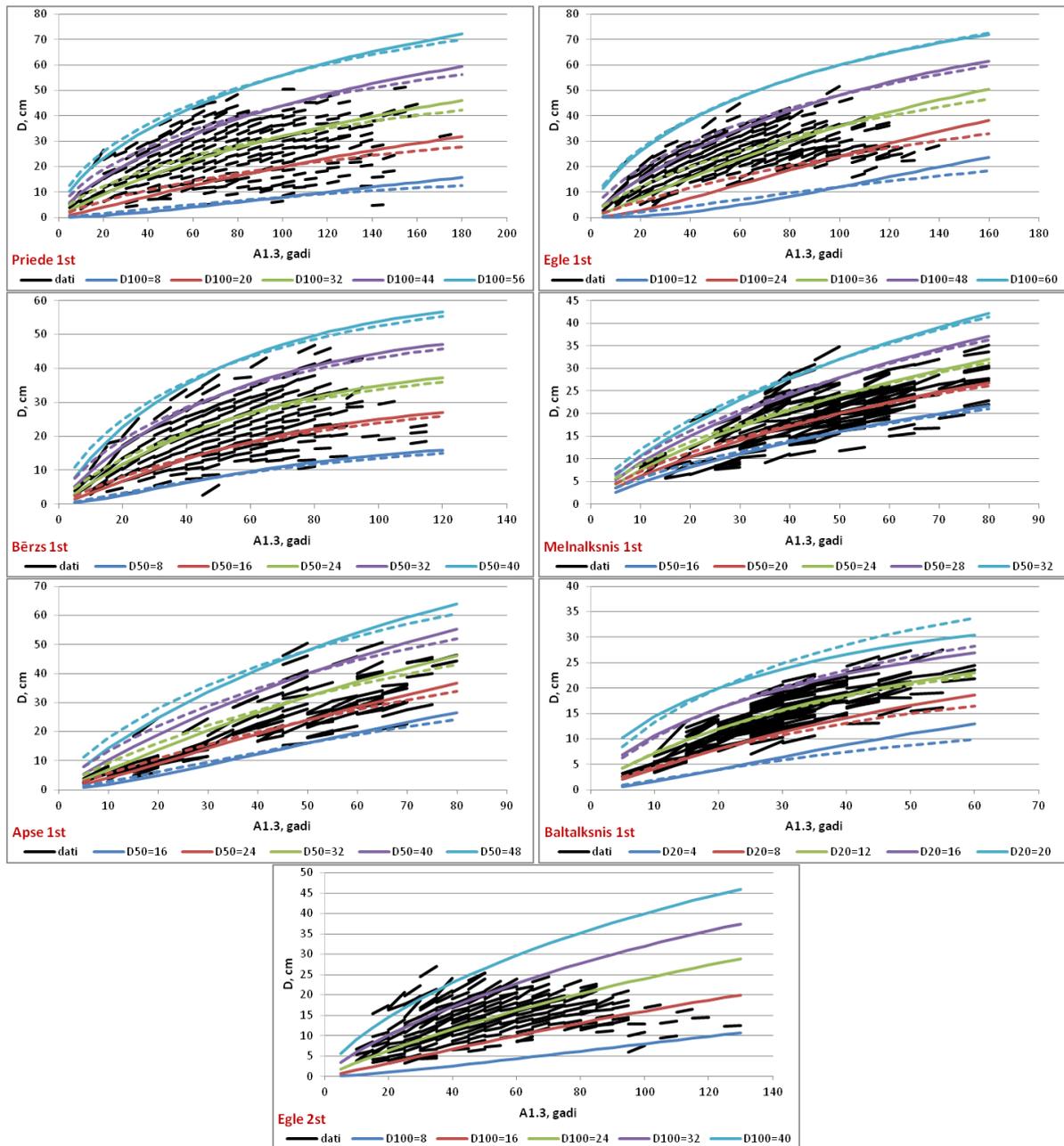
MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R² - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits

1.18. tabula

Caurmēra augšanas gaitas vienādojuma (1.4. vienādojums) koeficienti, statistiskie rādītāji un krūšaugstuma vecuma ierobežojumi no MSI parauglaukumu radiālo pieaugumu datiem

Suga	Koeficients	Vērtība	Standart-kļūda	95% Ticamības intervāls		Vienādojuma statistiskie rādītāji									A 1.3
				Min	Max	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R ²	N	
Priede	b1	0.005	0.001	0.004	0.006	0.283	0.494	0.685	0.469	0.007	0.988	0.997	0.994	919	5...180
	b2	-0.702	0.182	-1.060	-0.345										
	b3	5.640	0.758	4.154	7.127										
Egle	b1	0.005	0.001	0.003	0.007	0.405	0.676	0.924	0.853	0.016	1.003	0.994	0.987	688	5...160
	b2	-2.117	0.667	-3.426	-0.808										
	b3	12.389	2.987	6.529	18.248										
Bērzs	b1	0.013	0.001	0.011	0.016	0.263	0.633	0.878	0.770	0.014	1.000	0.993	0.987	879	5...120
	b2	-0.919	0.258	-1.426	-0.413										
	b3	6.512	0.971	4.608	8.416										
Melnalksnis	b1	0.005	0.002	0.000	0.010	0.190	0.544	0.757	0.569	0.017	0.994	0.992	0.984	195	5...80
	b2	0.384	0.282	-0.169	0.937										
	b3	1.162	1.163	-1.121	3.445										
Apse	b1	0.010	0.002	0.006	0.015	0.465	0.780	1.046	1.084	0.007	0.990	0.997	0.994	111	5...80
	b2	-2.902	0.938	-4.744	-1.059										
	b3	16.261	4.110	8.191	24.331										
Baltalksnis	b1	0.020	0.004	0.013	0.028	0.066	0.611	0.814	0.658	0.029	1.006	0.986	0.972	157	5...60
	b2	-0.651	0.498	-1.628	0.326										
	b3	5.069	1.713	1.706	8.432										

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R² - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits



1.4. attēls. Aproximētais un uzņēmtais vidējā kvadrātiskā krūšaugstuma caurmēra pieaugums atkarībā no koku sugas un meža elementa krūšaugstuma vecuma.

nepārtrauktās līnijas – uz MSI parauglaukumu pārmērījumu datiem balstītās aproksimētās vērtības; *pārtrauktās līnijas* – uz MSI parauglaukumos atsevišķu koku radiālo pieaugumu mērījumu datiem aproksimētās vērtības.

Modeļos pagaidām nav iekļauts caurmēra pieauguma samazinājums, audzes biežībai tuvojoties pilnai biežībai, jo šādu korekcijas koeficientu ieguve nav iespējama izmantojot MSI datus, bet nepieciešami speciāli mērķtiecīgi ierīkoti parauglaukumi audzēs ar augstu biežību. Pašreiz tiek rekomendēts izmantot vienādojumu koeficientus, kas iegūti uz radiālo urbumu skaidu mērījumu datiem.

1.2.3. Kokaudzes koku skaita modeļa precizēšana

Materiāls un metodika

Kokaudzes I stāva koku skaita izmaiņas modelēta datorprogrammā SPSS 14.0 for Windows izmantojot sekojošu vienādojumu:

$$N_2 = N_1 - a \left(\frac{N_1}{100} \right)^b H_1^c (A_2 - A_1) \quad \text{jeb} \quad N_2 = N_1 - a \left(\frac{N_1}{100} \right)^b D_1^c (A_2 - A_1) \quad (1.5)$$

kur N_1 un N_2 – kokaudzes koku skaits (ha^{-1}) attiecīgi vecumā A_1 un A_2 ; H_1 – kokaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums (m) vecumā A_1 ; D_1 – kokaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs (cm) vecumā A_1 ; a, b, c – koeficienti.

Analīzē izmantoti dati par 1589 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem, kuros

- I stāva valdošā koku suga ir priede (660 parauglaukumi), egle (301), bērzs (400), melnalksnis (71), apse (65) un baltalksnis (92),
- I stāva valdošā koku suga abās uzmērīšanas reizēs ir vienāda,
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients priedei, eglei un bērzam ir vismaz 6, bet melnalksnim, apsei un baltalksnim ir vismaz 5,
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 5 gadi,
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra,
- izcirsto dzīvo koku skaits mazāks par 10% no sākotnējā (1. cikla) dzīvo koku skaita,
- I stāva valdošās koku sugas vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs 1. uzmērīšanas ciklā ir vismaz 4cm.

5 gadu pārmērīšanas cikls ir par īsu, lai objektīvi raksturotu katra atsevišķa parauglaukuma koku dabisko atmirumu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem (koku skaita, augstuma un caurmēra). Tādēļ vienādojumu izstrādē izmanto koku skaita un augstuma/caurmēra gradācijas klašu aritmētiski vidējos dabiskā atmiruma datus, tos izlīdzinot izmantojot Ņūtona metodes principus.

Modelēts maksimālais koku skaits atkarībā no kokaudzes vidējā augstuma vai vidējā caurmēra:

$$N_{max} = aH^b \quad \text{jeb} \quad N_{max} = aD^b \quad (1.6)$$

kur N_{max} – maksimālais kokaudzes koku skaits (ha^{-1}); H – kokaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošais augstums (m); D – kokaudzes vidējais kvadrātiskais krūšaugstuma caurmērs (cm); a, b – koeficienti.

Par maksimālo koku skaitu analīzē pieņem katras augstuma vai caurmēra gradācijas klases aritmētiski vidējo vērtību plus trīs standartnovirzes.

Analīzē izmanto 2120 parauglaukumus, kuros:

- I stāva valdošā koku suga ir priede (971), egle(290), bērzs(487), melnalksnis(82), apse(118) un baltalksnis(172),
- I stāva valdošās koku sugas sastāva koeficients ir vismaz 7,
- I stāva kokaudzes biežība vismaz 6.

Rezultāti

Aproksimētas koeficientu vērtības I stāva koku skaita izmaiņas modelim atkarībā no audzes sākotnējā koku skaita un vidējā augstuma vai caurmēra (1.19. tabula) kā arī aprēķināti vienādojumu statistiskie rādītāji (1.20. tabula).

Aproksimēti arī jauni koeficienti kokaudzes I stāva maksimālā koku skaita aprēķināšanai atkarībā no audzes I stāva valdošās koku sugas un vidējā augstuma vai caurmēra (1.21. tabula un 1.5. attēls).

Ar 1.5. vienādojumu kokaudzes skaita izmaiņas var prognozēt ne lielākā kā 5 gadus ilgā ciklā, pie tam ja pēc šī vienādojuma prognozētais koku skaits nedrīkst būt lielāks par 1.6. vienādojuma aprēķināto vērtību.

1.19. tabula

Kokaudzes koku skaita izmaiņas vienādojuma (1.5. vienādojums) koeficientu vērtības, to statistiskie rādītāji un vienādojuma ierobežojumi

Suga	Koeficients	$N_2=f(N_1;H_1)$				$N_2=f(N_1;D_1)$				Ierobežojumi					
		Vērtība	Standartklūda	95% ticamības		Vērtība	Standartklūda	95% ticamības		H		D		N	
				Min	Max			Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Priede	a	0.02462	0.57758	-4.89905	-2.50943	0.07212	0.60380	-3.89321	-1.36567	2	36	2	48	100	5000
	b	1.73932	0.11420	1.50308	1.97555	1.60619	0.10093	1.39493	1.81744						
	c	0.75122	0.16336	0.41328	1.08916	0.43758	0.15926	0.10425	0.77091						
Egle	a	0.00082	0.77329	-8.71104	-5.51170	0.00434	0.77473	-7.06051	-3.81747	2	36	2	48	100	5000
	b	1.64271	0.14506	1.34262	1.94280	1.42938	0.13373	1.14947	1.70929						
	c	2.02468	0.22020	1.56916	2.48021	1.55199	0.21260	1.10700	1.99697						
Bērzs	a	0.07424	0.43601	-3.50470	-1.69627	0.03443	0.55994	-4.53689	-2.20084	2	36	2	48	100	5000
	b	1.45148	0.06990	1.30652	1.59644	1.58546	0.09192	1.39371	1.77721						
	c	0.66219	0.12542	0.40208	0.92229	0.86067	0.15984	0.52724	1.19409						
Melnalksnis	a	0.24044	1.37078	-4.66668	1.81610	0.31260	1.33831	-4.43757	2.11190	2	30	2	36	100	3000
	b	0.75191	0.13767	0.42638	1.07744	0.77949	0.20729	0.27226	1.28671						
	c	0.71439	0.43862	-0.32278	1.75155	0.56129	0.34123	-0.27367	1.39625						
Apse	a	0.00442	1.53565	-8.80176	-2.04186	0.19716	0.55113	-2.97233	-0.27517	2	36	2	48	100	5000
	b	1.97557	0.19594	1.54430	2.40683	1.74723	0.08417	1.54127	1.95318						
	c	1.29495	0.42593	0.35748	2.23241	0.26216	0.15309	-0.11244	0.63676						
Baltalksnis	a	0.23730	0.85367	-3.40701	0.53012	0.53362	0.70878	-2.26253	1.00637	2	24	2	28	100	5000
	b	1.12886	0.11630	0.86067	1.39706	1.17987	0.14655	0.84193	1.51782						
	c	0.77572	0.25622	0.18488	1.36656	0.43042	0.19268	-0.01389	0.87474						

1.20. tabula

Kokaudzes koku skaita izmaiņas vienādojuma (1.5. vienādojums) statistiskie rādītāji

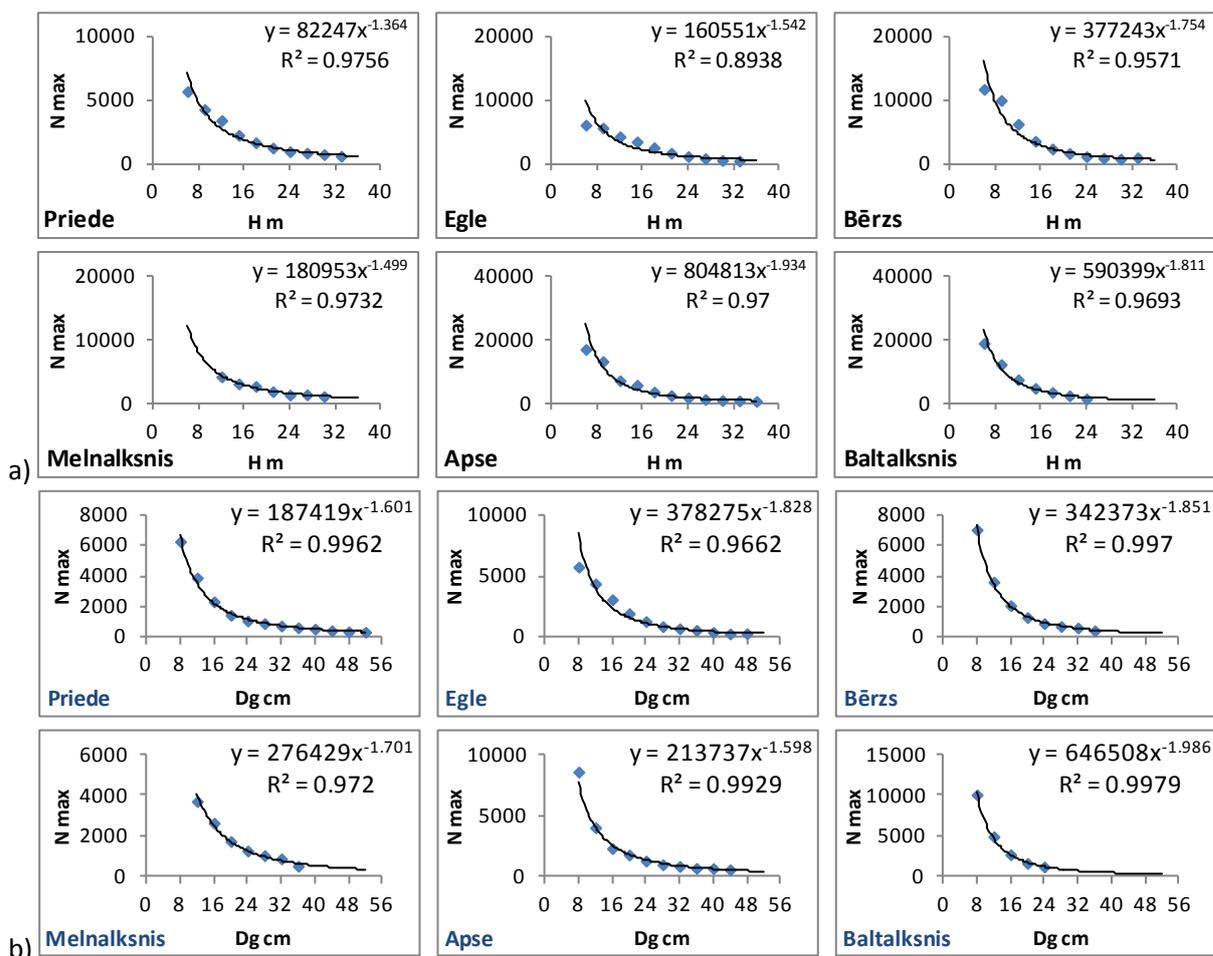
Suga	Vienādojums	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N
Priede	$N_2=f(N_1;H_1)$	-2	37	81	6628	0.025	1.021	0.988	0.976	660
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-2	38	81	6561	0.024	1.013	0.988	0.976	660
Egle	$N_2=f(N_1;H_1)$	-1	40	84	6988	0.018	0.994	0.991	0.982	301
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-1	41	90	8067	0.021	1.018	0.990	0.980	301
Bērzs	$N_2=f(N_1;H_1)$	1	58	127	15988	0.023	1.059	0.989	0.979	400
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-2	59	135	18129	0.026	1.093	0.989	0.978	400
Melnalksnis	$N_2=f(N_1;H_1)$	2	45	72	5149	0.012	0.994	0.994	0.988	71
	$N_2=f(N_1;D_1)$	-4	43	73	5285	0.012	1.006	0.994	0.988	71
Apse	$N_2=f(N_1;H_1)$	-12	165	510	255848	0.102	0.959	0.948	0.899	65
	$N_2=f(N_1;D_1)$	94	181	618	375719	0.150	0.608	0.937	0.879	65
Baltalksnis	$N_2=f(N_1;H_1)$	9	147	226	50391	0.055	1.036	0.973	0.947	92
	$N_2=f(N_1;D_1)$	11	155	232	53425	0.058	0.998	0.971	0.943	92

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartklūda; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglūkumu skaits

1.21. tabula

Kokaudzes maksimālā koku skaita vienādojuma (1.6. vienādojums) koeficienti

Suga	$N_{max} = aH^b$		$N_{max} = aD^b$	
	a	b	a	b
Priede	82247	-1.36403	187419	-1.60055
Egle	160551	-1.54244	378275	-1.82774
Bērzs	377243	-1.75427	342373	-1.85071
Melnalksnis	180953	-1.49926	276429	-1.70072
Apse	804813	-1.93395	213737	-1.59803
Baltalksnis	590399	-1.81111	646508	-1.98593



1.5. attēls. Maksimālais kokaudzes I stāva koku skaits atkarībā no valdošās koku sugas, vidējā augstuma (a) un vidējā caurmēra (b)

1.2.4. Šķērslaukuma augšanas gaitas modeļa precizēšana

Nākošā perioda šķērslaukuma aprēķina kā funkciju no nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita pēc sekojoša vienādojuma (Donis et al., 2012):

$$G = \frac{\pi D^2 N}{4000} \quad (1.7)$$

kur G – audzes I stāva šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$; D – audzes I stāva valdošās koku sugas caurmērs, cm ; N – audzes I stāva koku skaits, ha^{-1}

Nākošā perioda audzes I stāva vidējā kvadrātiskā caurmēra un I stāva koku skaita aprēķināšanas modeļi apmēriem iepriekšējās sadaļās.

2. Pieauguma, atmiruma un krājas diferences prognožu modeļu izstrāde

2.1. Faktiskās audzes tekošā pieauguma modelis

Materiāls un metodika

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai izmantots sekojošs vienādojums (Donis et al., 2012):

$$Z_M = a_1 A^{a_2} a_3^B G^{a_4} \quad (2.1)$$

kur

Z_M - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas pieaugums, $m^3 ha^{-1} gadā$;

A – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas vecums, gadi;

B – audzes bonitāte (atbilstoši Orlova bonitāšu skalai $la=0, l=1...IV=4; V=5$);

G – kokaudzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$.

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

$$Z_m = \frac{M_A - m_{A-n}}{n} \quad (2.2)$$

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

Analīzē izmantoti dati par 1401 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglaukumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglaukumiem, kuriem:

- abās uzmērīšanas reizēs sakrīt I stāva valdošā koku suga;
- I stāva valdošā koku suga ir priede (597 parauglaukumi), egļe (269), bērzs (358), apse (45), melnalksnis (62), un baltalksnis (70);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- uzmērīto I stāva koku skaits ir vismaz 5 koki;
- I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā augstuma pieaugums ir pozitīvs un nav lielāks par 3 standartnovirzēm no parauglaukuma atbilstošās audzes vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības;
- dabiskais atmirums nav lielāks par 25 % no 1. uzmērīšanas reizē konstatētā koku skaita;
- starpuzmērīšanas periodā nav konstatēta koku ciršana (2. uzmērīšanas reizē nav konstatēti cirsti koki);

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 reizē 2004, 2005. gadā vai 2006. gadā, un to reprezentācijas klases nemaina.

Rezultāti

Aproksimētas koeficientu vērtības valdošās koku sugas, kokaudzes I stāva un kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai (2.1. tabula). Egļei, apsei un baltalksnis krājas pieaugums pašreizējā modelī nav atkarīgs no bonitātes, jo egļei un baltalksnim krājas pieaugumam nav konstatētas būtiskas atšķirības starp bonitātēm, bet apsei pie pašreizējās Orlova bonitāšu skalas 43 parauglaukumi no 45 ir Ia (30 parauglaukumi) vai I (13) bonitāte.

Atšķirībā no iepriekšējā gadā izstrādātā vienādojuma, šim vienādojumam vairs neparedz nepamatotu krājas pieauguma palielināšanos vecākajās audzēs.

**Vienādojuma faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā pieauguma aprēķināšanai (2. 1. formula)
koeficienti un statistiskie rādītāji**

Suga	Taksācijas vienība	Koeficienti				Vienādojuma statistiskie rādītāji								
		a1 Intercept	a2 A1.3	a3 Bon	a4 G	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N
Priede	s10	3.98783	-0.52602	0.87655	0.91395	0.286	1.553	2.074	4.293	0.441	0.765	0.762	0.580	597
	1st	4.07240	-0.50617	0.86576	0.90173	0.304	1.810	2.453	6.007	0.437	0.790	0.765	0.585	597
	kopa	3.90489	-0.44725	0.85175	0.85711	0.341	2.062	2.794	7.793	0.423	0.803	0.774	0.599	597
Egle	s10	7.53280	-0.61037	1	0.81126	0.384	2.025	2.689	7.202	0.342	0.674	0.815	0.665	269
	1st	8.50711	-0.58684	1	0.75567	0.498	2.633	3.402	11.532	0.477	0.528	0.730	0.533	269
	kopa	8.79592	-0.53713	1	0.68101	0.550	2.842	3.649	13.262	0.533	0.458	0.693	0.480	269
Bērzs	s10	12.66409	-0.62992	0.89955	0.62989	0.392	1.714	2.446	5.968	0.558	0.601	0.682	0.465	358
	1st	11.02849	-0.57547	0.89153	0.65976	0.460	2.179	3.001	8.982	0.589	0.584	0.660	0.436	358
	kopa	9.69965	-0.47757	0.87718	0.60972	0.526	2.583	3.442	11.811	0.566	0.564	0.673	0.453	358
Melnalksnis	s10	8.28507	-0.64522	0.88140	0.83127	0.425	1.958	2.726	7.302	0.417	0.599	0.771	0.594	62
	1st	9.22403	-0.54366	0.88285	0.69924	0.351	2.219	2.905	8.294	0.530	0.522	0.693	0.480	62
	kopa	10.72400	-0.51326	0.88218	0.62336	0.316	2.285	3.046	9.120	0.592	0.534	0.649	0.422	62
Apse	s10	13.59512	-0.61845	1	0.68375	0.188	2.207	2.941	8.436	0.380	0.775	0.794	0.630	45
	1st	14.24908	-0.51609	1	0.55261	0.296	2.645	3.354	10.977	0.601	0.512	0.641	0.410	45
	kopa	12.49095	-0.37528	1	0.44798	0.324	2.837	3.449	11.606	0.635	0.454	0.612	0.375	45
Baltalksnis	s10	16.55900	-0.81648	1	0.66388	0.710	2.323	3.749	13.840	0.602	0.509	0.652	0.425	70
	1st	15.70849	-0.60951	1	0.50399	0.806	2.662	4.051	16.162	0.664	0.316	0.605	0.366	70
	kopa	11.58373	-0.47268	1	0.47374	0.817	2.740	4.091	16.479	0.706	0.242	0.575	0.331	70

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartkļūda; MSE - vidējā kvadrātiskā kļūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglukumumu skaits

*s10 – audzes I stāva valdošā koku suga ; 1st – audzes I stāvs; kopā - kokaudzes.

2.2. Atmiruma modelis

Materiāls un metodika

Ikgadējā dabiskā atmiruma modelēšanai izmantoti vienādojumi:

$$Z_M(-) = \frac{AG}{a+bA+cG} \quad (2.3)$$

kur

$Z_M(-)$ - faktiskās audzes tekošais vidēji periodiskais krājas atmirums., $m^3 ha^{-1} gadā$;

A – kokaudzes I stāva valdošās koku sugas krūšaugsstuma vecums, gadi;

G – kokaudzes šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$;

a,b,c, - koeficienti.

Analīzē izmantoti dati par 1401 MSI atkārtoti uzmērītajiem parauglukumumiem. Analīzē izmanto datus tikai par tiem parauglukumumiem, kuriem:

- abās uzmērīšanas reizēs sakrīt I stāva valdošā koku suga;
- I stāva valdošā koku suga ir priede (597 parauglukumumi), egle (269), bērzs (358), apse (45), melnalksnis (62), un baltalksnis (70);
- I stāva valdošās koku sugas krūšaugsstuma vecums 1. uzmērīšanas reizē ir vismaz 5 gadi;
- I stāva valdošās koku sugas koku skaits 1. ciklā ir vismaz 100 koki uz hektāra;
- uzmērīto I stāva koku skaits ir vismaz 5 koki;
- I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra un tam atbilstošā augstuma pieaugums ir pozitīvs un nav lielāks par 3 standartnovirzēm no parauglūkuma atbilstošās audzes vecuma desmitgades aritmētiski vidējās vērtības;
- dabiskais atmirums nav lielāks par 25 % no 1. uzmērīšanas reizē konstatētā koku skaita;
- starpuzmērīšanas periodā nav konstatēta koku ciršana (2. uzmērīšanas reizē nav konstatēti cirsti koki);

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

5 gadu pārmērīšanas cikls ir par īsu, lai objektīvi raksturotu katra atsevišķa parauglaukuma koku dabisko krājas atmirumu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem (kokaudzes vecuma un šķērslaukuma). Tādēļ vienādojumu izstrādē izmanto kokaudzes vecuma un šķērslaukuma gradācijas klašu aritmētiski vidējos dabiskā atmiruma datus, tos izlīdzinot izmantojot Ņūtona metodes principus.

Rezultāti

Aproksimētas koeficientu vērtības kokaudzes tekošā vidēji periodiskā krājas atmiruma aprēķināšanai (2.2. tabula). Krājas atmiruma modelis pašreizējā variantā nav atkarīgs no audzes bonitātes, jo pie pašreizējā datu apjoma bonitātei nav statistiski būtiskas ietekmes uz kokaudzes krājas atmirumu.

2.2. tabula

Vienādojuma audzes dabiskā tekošā vidēji periodiskā atmiruma aprēķināšanai (2.3. formula) koeficienti un statistiskie rādītāji

Suga	Taksācijas vienība	Vienādojuma statistiskie rādītāji											
		a AG	b A	c G	MRES	AMRES	RMSE	MSE	MEF	VR	R	R2	N
Priede	s10	300.94217	24.72256	-26.77060	-0.206	1.019	1.429	2.039	0.874	0.149	0.381	0.145	597
	1st				-0.264	1.206	1.686	2.837	0.875	0.202	0.387	0.150	597
	kopa				-0.328	1.320	1.857	3.442	0.899	0.394	0.417	0.174	597
Egle	s10	196.76581	5.99927	-2.71843	-0.767	1.599	2.133	4.535	1.082	0.223	0.300	0.090	269
	1st				-0.883	2.052	2.809	7.859	0.991	0.244	0.357	0.127	269
	kopa				-0.716	2.180	2.985	8.875	0.882	0.267	0.423	0.179	269
Bērzs	s10	173.04410	7.71451	-4.20134	-0.543	1.097	1.475	2.169	1.000	0.224	0.382	0.146	358
	1st				-0.544	1.460	2.106	4.421	0.871	0.193	0.433	0.188	358
	kopa				-0.490	1.608	2.264	5.110	0.770	0.318	0.518	0.268	358
Melnalksnis	s10	293.67071	4.72598	-0.65462	-0.584	1.278	1.813	3.230	0.932	0.255	0.423	0.179	62
	1st				-0.621	1.694	2.404	5.681	0.932	0.154	0.367	0.135	62
	kopa				-0.333	1.589	2.288	5.145	0.869	0.193	0.392	0.153	62
Apse	s10	-29.13739	10.31567	0.24534	-0.671	1.592	2.294	5.138	0.955	0.183	0.372	0.138	45
	1st				-0.921	1.747	2.336	5.329	0.933	0.212	0.476	0.227	45
	kopa				-0.857	1.832	2.488	6.045	0.757	0.283	0.587	0.345	45
Baltalksnis	s10	32.20676	2.51643	0.98351	-1.701	2.311	2.814	7.802	0.989	0.471	0.630	0.397	70
	1st				-1.858	2.573	3.151	9.783	0.925	0.401	0.645	0.416	70
	kopa				-1.874	2.551	3.142	9.722	0.912	0.432	0.657	0.432	70

MRES - vidējā novirze; AMRES - vidējā absolūtā novirze; RMSE – standartklūda; MSE - vidējā kvadrātiskā klūda; MEF - modeļa efektivitātes indekss; VR - dispersijas attiecība; R - korelācijas koeficients; R2 - determinācijas indekss; N - parauglaukumu skaits

Atsevišķos gadījumos (lielākoties pārbiezinātās audzēs) izmantotais krājas atmiruma modelis tā formas pēc prognozē nelógiskas (nepamatoti augstas vai negatīvas) vērtības, kuras turpmākajos pētījumos, palielinot datu apjomu paredzēts novērst.

2.3. Krājas diferences modelis

Krājas diference aprēķināma atbilstoši 2.3. formulai.

$$Z_{dab} = Z_M - Z_{Matm} - Z_{Mizc} \quad (2.4)$$

kur

Z_{dab} – kokaudzes krājas diference,

Z_M - faktiskās audzes krājas pieaugums,

Z_{Matm} - kokaudzes krājas atmirums,

Z_{Mizc} – izcirstās kokaudzes krāja.

3. MSI datu izmantošanas iespēju novērtējums ticamu augšanas gaitas modeļu iegūšanā koku sugām priede, egle, bērzs, apse, melnalksnis, baltalksnis.

Augšanas gaitas modeļu adekvātumu nolemts pārbaudīt izmantojot sekojošus kritērijus – modeļa forma un parametrizācijas atbilstība, bioloģiskais reālisms, salīdzināmība, modeļa drošums, pielāgošanas iespējas.

Vienādojumu atbilstības izvērtēšanai izmantoti sekojoši statistiskie rādītāji:

- Vidējā novirze (MRES) $MRES = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)}{n};$ (3.1)

- Vidējā absolūtā novirze (AMRES) $ARMS = \frac{\sum|y_i - \hat{y}_i|}{n};$ (3.2)

- Standartklūda (RMSE) $RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1-p}};$ (3.3)

- Vidējā kvadrātiskā klūda (MSE) $MSE = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p};$ (3.4)

- Modeļa efektivitāte (MEF) $MEF = \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2};$ (3.5)

- Dispersijas attiecība (VR) $VR = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2};$ (3.6)

- Determinācijas indekss (R^2) $R^2 = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$ (3.7)

Formulās 3. – 9. izmantotie apzīmējumi:

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

3.1. Augstuma augšanas gaitas modelis

3.1.1. Sakarība starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu

Atbilstoši vispārpieņemtajiem uzstādījumiem, gadījumā, ja koku skaits ir 100 gab. ha^{-1} , tad virsaugstums un vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumiem būtu jābūt vienādiem, savukārt, ja koku skaits ir mazāks par 100, tad virsaugstumu aprēķināt nevar. Tā kā 1.1. vienādojumā šāda ierobežojums nav definēts, nepieciešams pārbaudīt arī kāds ir mazākais koku skaits uz ha, pie kāda šis vienādojums ir adekvāts.

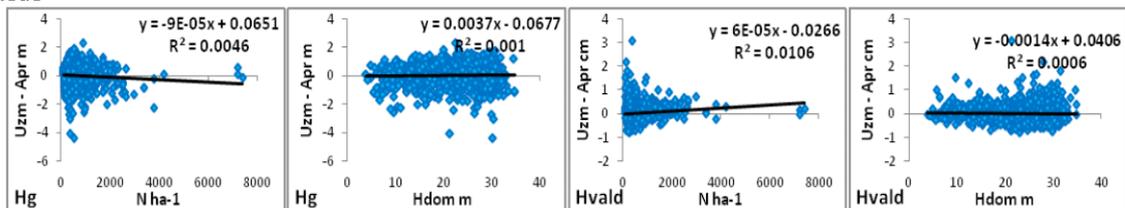
Vienādojums nosaka, ka, jo mazāks koku skaits, jo mazāka atšķirība starp virs augstumu un vidējā kvadrātiskā koka augstumu. Gadījumos, ja koku skaits uz ha ir mazāks par 100, virsaugstums audzei nav konceptuāli nosakāms, tādēļ no šāda viedokļa, lietderīgāks ir rādītājs – valdaudzes augstums, jo neatkarīgi no koku skaita būs vismaz viens koks, kas ir augstuma grupā $>H_{\max} * 0.81$.

Vienādojumi ir salīdzinoši precīzi, jo neatkarīgi no koku sugas un H_g (audzes vidējais augstums) un H_{vald} (valdaudzes augstums) aprēķināto vērtību vidējā novirze ir mazāka par $\pm 0,2$ metriem (1.5. tabula). Visiem vienādojumiem starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām konstatēta cieša korelācija ($R > 0,90$).

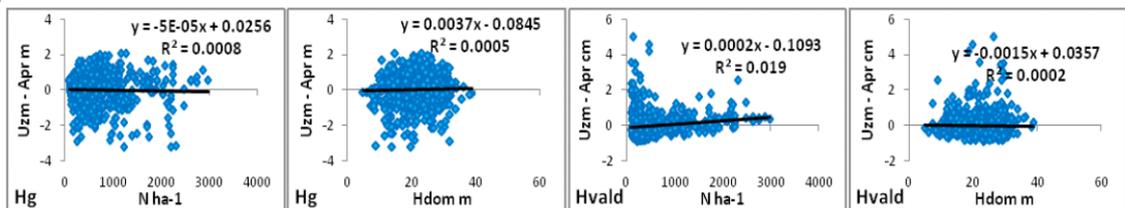
Ne audzes vidējam augstumam, ne audzes valdaudzes augstumam nav konstatēts būtiskas sistemātiskas novirzes ne atkarībā no virsaugstuma, ne arī atkarībā no koku skaita uz ha (3.1. attēls).

Izstrādātās sakarības starp kokaudzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.1. tabulā.

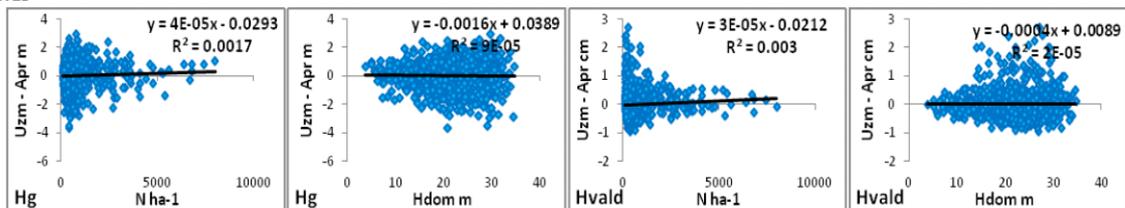
Priede



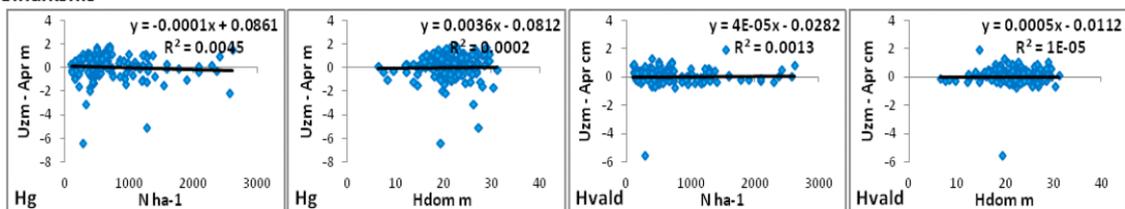
Egle



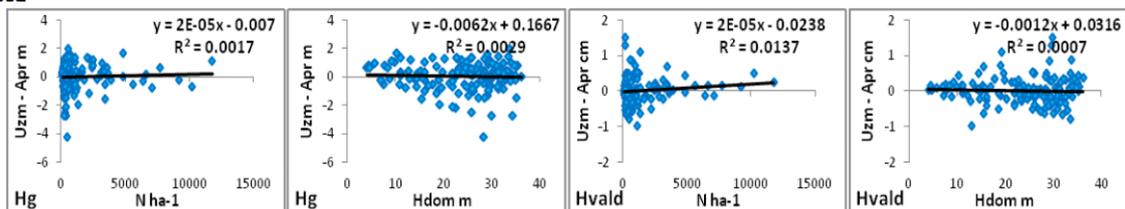
Bērzs



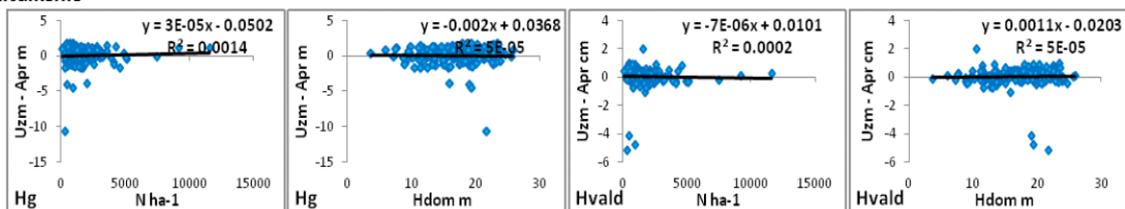
Melnalksnis



Apse



Baltalksnis



3.1. attēls. Audzes vidējā (Hg) un valdaudzes (Hvald) augstuma starpības starp uzņēmējām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes virsaugstuma (Hdom) un audzes valdošās koku sugas l stāva koku skaita (N)

Sakarības starp audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu un audzes virsaugstumu (1.1. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

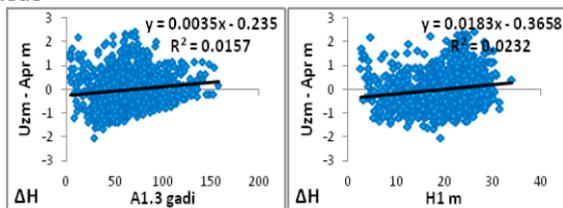
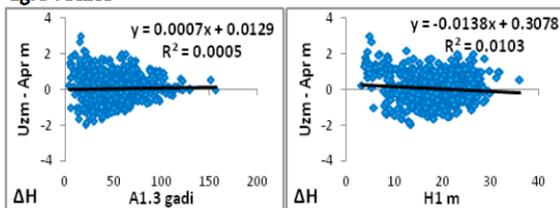
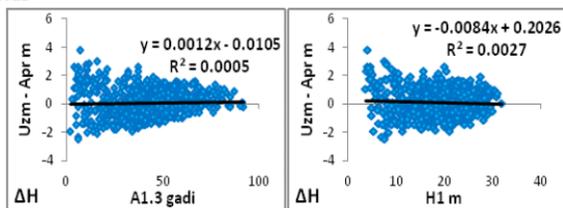
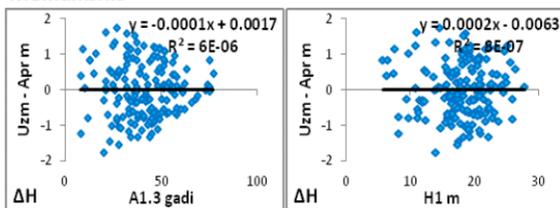
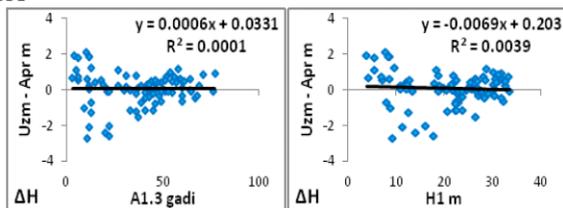
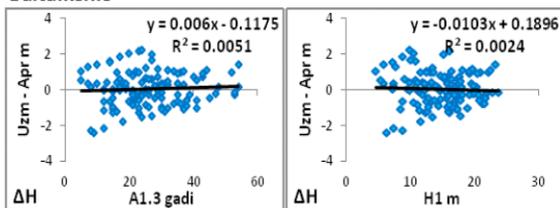
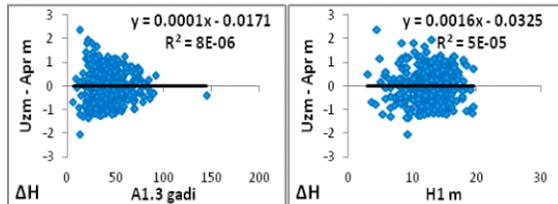
Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Nav attiecināms
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Nē. Modelis nestrādā adekvāti, ja koku skaits ir 100. Skat. ierobežojumus 1.4. tabulā.
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav attiecināms
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Nav attiecināms
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Dalēji

3.1.2. Vidējā augstuma augšanas gaitas modelis

Vidējā augstuma augšanas gaita modelēta I stāvam priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim un II stāvam eglei. I stāva meža elementiem sugas ietvaros augstuma augšanas gaitai nav konstatētas būtiskas atšķirības starp valdaudzes un piemistrojuma elementiem. Visiem analizētajiem elementiem vidējā novirze starp aprēķinātajām un uzmērītajām vērtībām mazāka par ± 10 cm (teorētiski uzmērīšanas precizitāte), kā arī visos gadījumos konstatēta ļoti cieša lineāri pozitīva korelācija (1.7. tabula).

Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma un vidējā augstuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto augstumu novirzes (3.2. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ($R < 0,5$). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos (piem, priedei) lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

Izstrādātā meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstuma augšanas gaitas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.2. tabulā.

Priede**Egle I stāvs****Bērzs****Melnalksnis****Apse****Baltalksnis****Egle II stāvs**

3.2. attēls. Audzes vidējā augstuma perioda beigās starpības starp uzņēmātajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3) un audzes vidējā augstuma perioda sākumā (H1)

Izstrādātais meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra kokam atbilstošā augstuma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas circes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

Audzēs vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu augšanas gaitas modeļa (1.3. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji, ekstrapolējot augšanas gaitu ilgākā periodā sākotnēji zemākās bonitātēs augstuma pieaugumi kļūst lielāki par sākotnēji augstākas bonitātes pieaugumiem
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesa reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Mazas (statistiski nebūtiskas) augstuma izmaiņas jaunākā vecumā (<10 gadiem) rada nepamatoti lielas (statistiski būtiskas) izmaiņas vēlākā vecumā
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

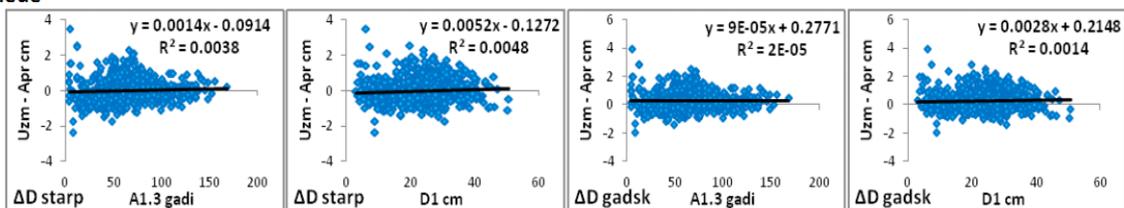
3.2. Caurmēra augšanas gaitas modelis

Uz MSI pārmērījumu datiem balstītais caurmēra augšanas gaitas modelis izstrādāts I stāvam priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim un II stāvam eglei, bet uz MSI urbumu skaidām balstītais modelis izstrādāts tikai I priedei, eglei bērzam, apsei, melnalksnim, baltalksnim. Uz MSI pārmērījumu datiem balstītajam caurmēra augšanas gaitas modelim vidējā novirze starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām visiem analizētajiem meža elementiem ir mazāka par ± 0.05 cm, bet uz MSI urbumu skaidām caurmēra augšanas gaitas modelim šis rādītājs atkarībā no meža elementa ir robežās no $\pm 0,05$ cm līdz $\pm 0,50$ cm (1.10. un 1.11. tabulas). Abos variantos visiem meža elementiem ir cieša lineāri pozitīva korelācija starp aprēķinātajām un uzmērītajām vērtībām. Uz MSI pārmērījumu datiem balstītajam caurmēra augšanas gaitas modelim statistiskie rādītāji ir augstāki vien tādēļ, ka modeļa koeficientu vērtības un tā statistiskie rādītāji aprēķināti uz vienas un tās pašas datu bāzes.

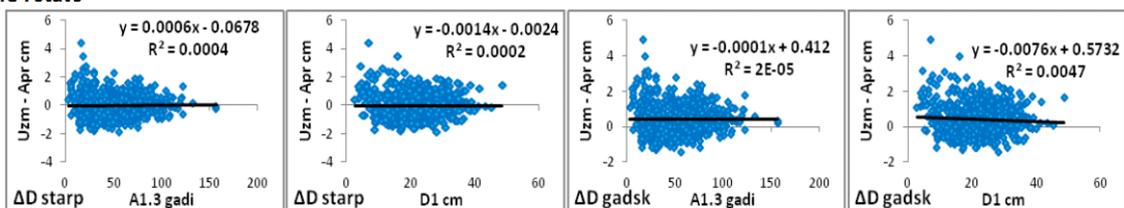
Visiem analizētajiem meža elementiem abos modeļa variantos atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma un vidējā kvadrātiskā caurmēra pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto caurmēru novirzes (3.3. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ($R < 0,5$). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķas (piem, priedei vai eglei) lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

Izstrādātā meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra augšanas gaitas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.3. tabulā.

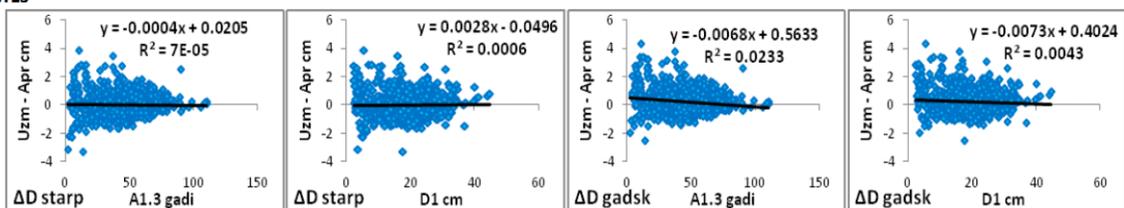
Priede



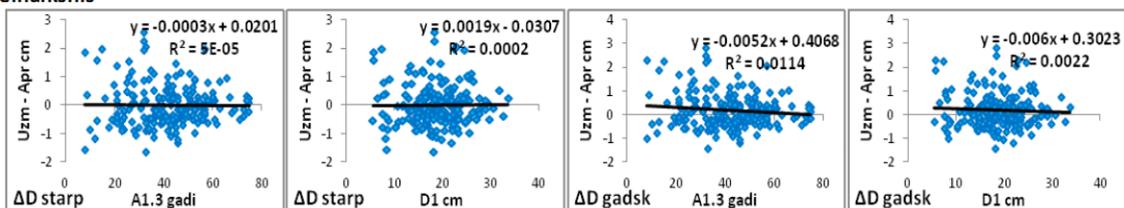
Egle I stāvs



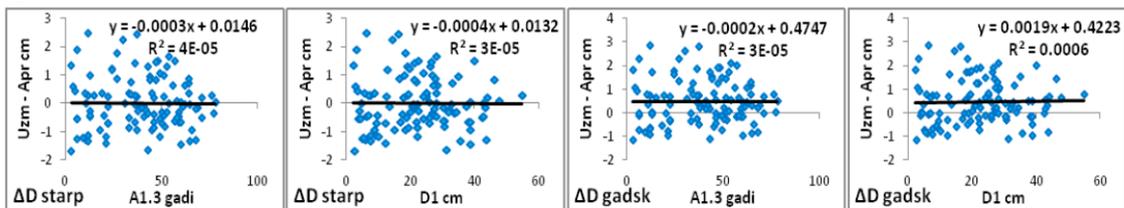
Bērzs



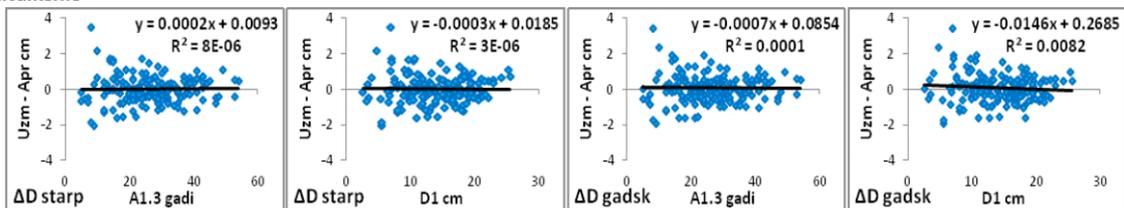
Melnalksnis



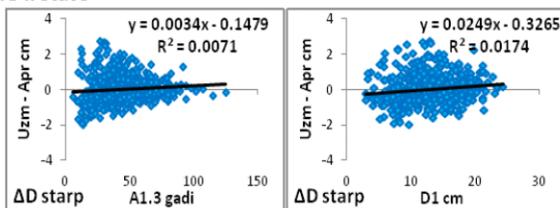
Apse



Baltalksnis



Egle II stāvs



3.3. attēls. Audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda beigās starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3) un audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda sākumā (D1)

Audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstumu augšanas gaitas modeļa (1.4. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā (bet nav ņemta vērā audzes biežība un tās izmaiņas)
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji, ekstrapolējot augšanas gaitu ilgākā periodā sākotnēji zemākās bonitātēs augstuma pieaugumi kļūst lielāki par sākotnēji augstākas bonitātes pieaugumiem
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Mazas (statistiski nebūtiskas) caurmēra izmaiņas jaunākā vecumā (<10 gadiem) rada nepamatoti lielas (statistiski būtiskas) izmaiņas vēlākā vecumā
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

Izstrādātais meža elementa vidējā kvadrātiskā caurmēra modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas cirtes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

3.3. Kokaudzes koku skaita modelis

Kokaudzes koku skaita modelis izstrādāts I stāvam atkarībā no I stāva valdošās koku sugas, audzes sākotnējā koku skaita un audzes I stāva valdošās koku sugas vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā koka augstuma.

Priedei, eglei, bērzam un melnalksnim vidējā novirze abos modeļa variantos (izmantots audzes caurmērs vai augstums) ir mazāka par ± 5 kokiem uz hektāra, bet apsei un baltalksnim šī novirze ir ievērojami lielāka (1.13. tabula).

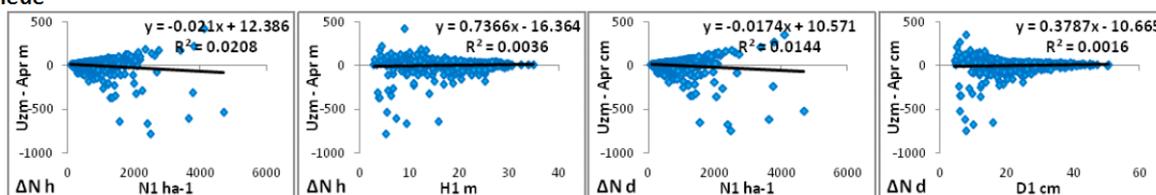
Kokaudzes koku skaita modelis, nepārrēķinot audzes taksācijas rādītāju (audzes vidējā augstuma, vidējā caurmēra un koku skaita) izmaiņas, nav paredzēts modelēt koku skaita izmaiņas ilgākā laika periodā kā pieci gadi. Šis modelis nav paredzēts modelēt koku skaita izmaiņas dabisko traucējumu rezultātā (vējgāzes, ugunsgrēki).

Koku skaita izmaiņas modelis (1.5. vienādojums) nespēj korekti modelēt koku atmiršanu pārbiezinātās audzēs, tādēļ izveidots vienādojums maksimālā koku skaita aprēķināšanai atkarībā no audzes valdošās koku sugas un audzes vidējā caurmēra vai augstuma (1.6. vienādojums). Gadījumos kad prognozētais koku skaits ar 1.5. vienādojumu pārsniedz ar 1.6. vienādojuma modelēto vērtību, prognozētais koku skaits jāreducē līdz 1.6. vienādojuma vērtībai.

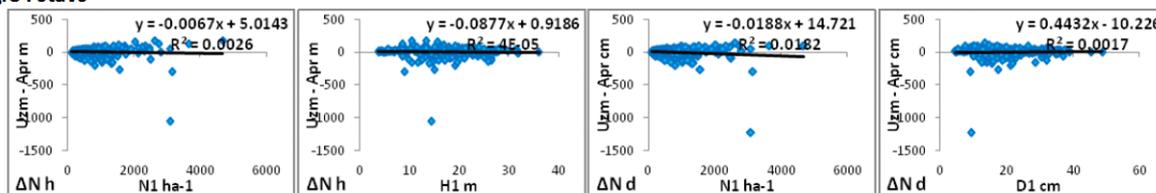
Pašreizējā variantā koku skaita modelis spēj paredzēt tikai koku atmiršanu un nav paredzēts modelēt koku ieaugšanos.

Visiem analizētajiem meža elementiem abos modeļa variantos atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes I stāva koku skaita un vidējā kvadrātiskā caurmēra vai tam atbilstošā augstuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto koku skaita novirzes (3.4. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ($R < 0,5$). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķas lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

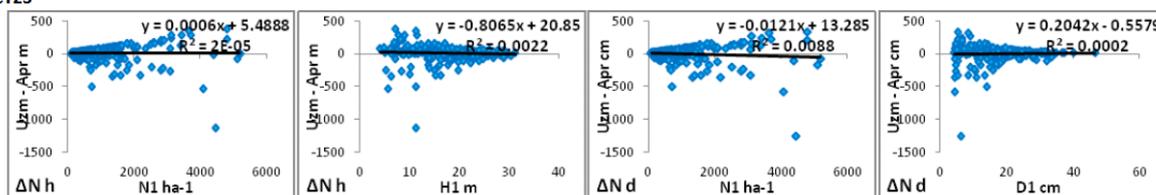
Priede



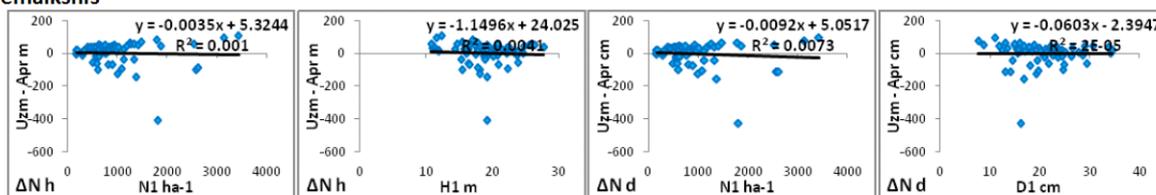
Egle I stāvs



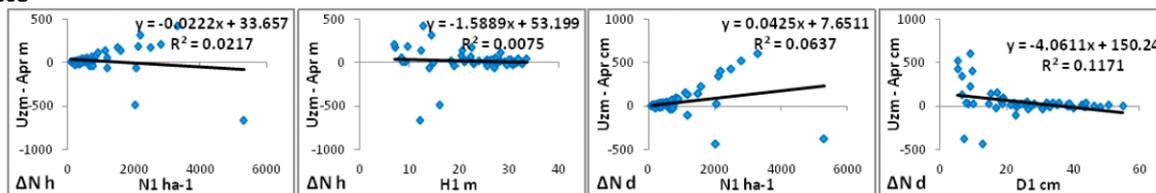
Bērzs



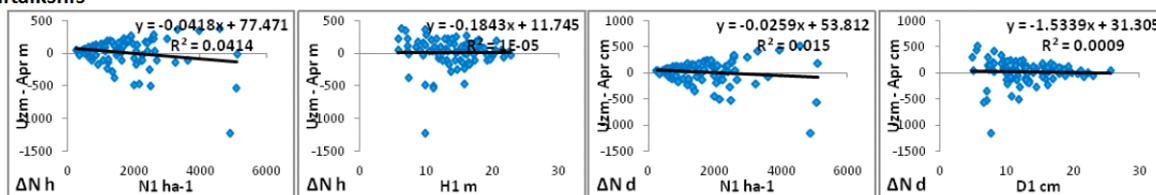
Melnalksnis



Ape



Baltalksnis



3.4. attēls. Audzes I stāva koku skaita perioda beigās starpības starp uzmērītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes I stāva koku skaita perioda sākumā ($N1$), audzes vidējā augstuma perioda sākumā ($H1$) un audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra perioda sākumā ($D1$)

Izstrādātā kokaudzes I stāva koku skaita izmaiņas modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.4. tabulā.

3.4. tabula

Audzēs koku skaita modeļa (1.5. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

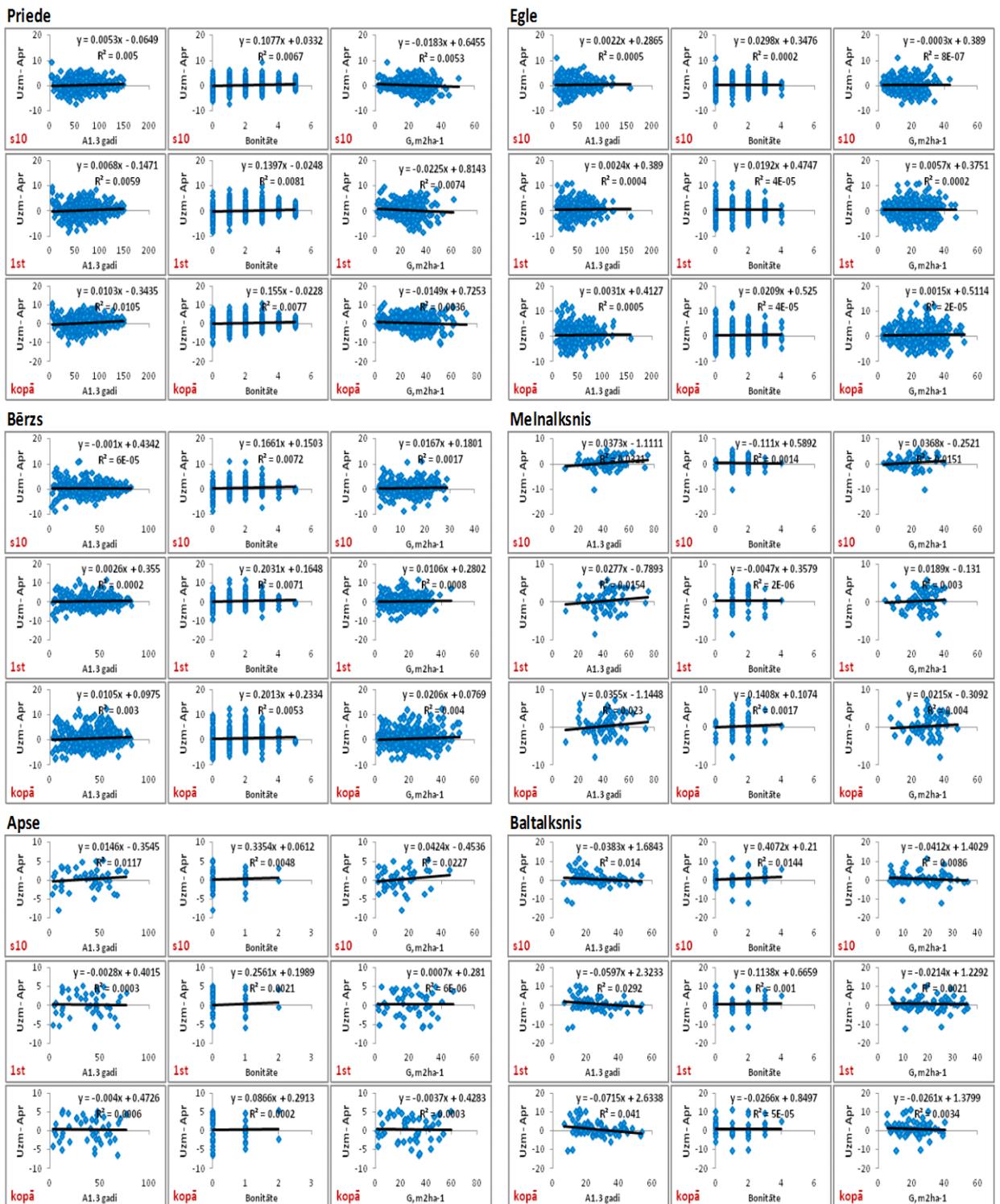
Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Daļēji, (M;A;Ba atsevišķi koeficienti nav statistiski būtiski (ska. t1.12. tab.), bet tie saglabāti, lai saglabātu vienādojuma formu
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā (bet nav ņemts vērā audzes vecums)
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Daļēji (skat. 1.1. punktu)
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Daļēji
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmerītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Daļēji, tad, ja skaita izmaiņas prognozē ilgākā laika periodā kā pieci gadi, tad tas ir atkarīgs no kokaudzes vidējā caurmēra un vidējā augstuma modeļu prognozētajām vērtībām
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

3.4. Faktiskās audzes krājas pieauguma modelis

Faktiskās audzes krājas pieauguma modelis izstrādāts kokaudzes I stāva valdošās koku sugas, I stāva un kokaudzes kopējās tekošā faktiskā vidēji periodiskā krājas pieauguma modelēšanai.

Visos variantos faktiskās audzes krājas pieauguma modelētajām vērtībām vidējā novirze ir pozitīva un mazāka par $\pm 1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ gadā}$, kā arī visos gadījumos konstatētas vidēji ciešas lineārās korelācijas starp uzmērītajām un aproksimētajām vērtībām (2.1. tabula).

Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma, bonitātes un meža elementa šķērslaukuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto krājas pieauguma novirzes (3.5. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ($R < 0,5$). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.



3.5. attēls. Faktiskās audzes I stāva valdošās koku sugas (s10), I stāva (1st) un audzes kopējā ikgadējā krājas pieauguma starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3), bonitātes un šķērslaukuma (G)

Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (kopšanas cirtes, mēslošanas, meliorācijas utt.) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā papildus pieauguma izmaiņu prognozēšanai.

Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.5. tabulā.

Faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa (2.1. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Jā
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Daļēji (E;A;Ba nav atkarīgs no bontātes, bet tā ir saglabāta, lai saglabātu vienādojuma formu
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Nav vērtēts
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

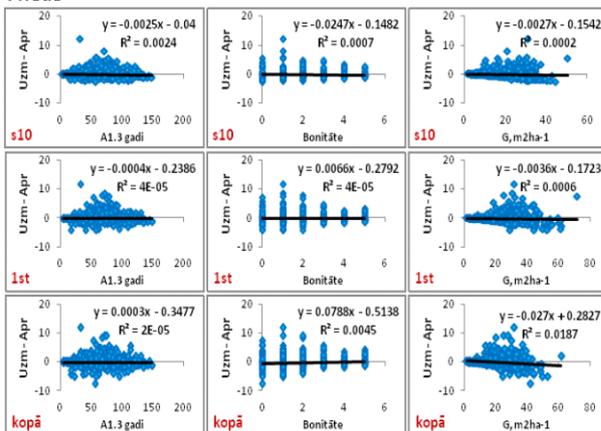
3.5. Atmiruma modelis

Kokaudzes krājas atmiruma modelis izstrādāts kokaudzes I stāva valdošās koku sugas, I stāva un kokaudzes kopējās tekošā faktiskā vidēji periodiskā krājas pieauguma modelēšanai.

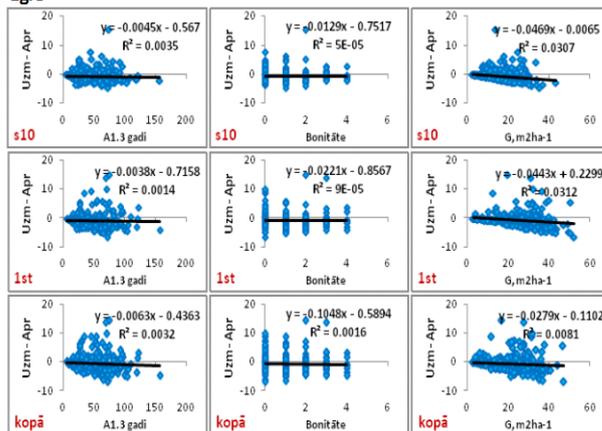
Visos variantos audzes krājas atmiruma modelētājām vērtībām vidējā novirze ir negatīva un mazāka par $\pm 2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ gadā}$ (2.2. tabula).

Visiem analizētajiem meža elementiem atkarībā no modeļa mainīgajiem lielumiem (audzes krūšaugstuma vecuma, bonitātes un meža elementa šķērslaukuma pirmajā uzmērīšanas reizē) nav konstatētas sistemātiskas prognozēto krājas pieauguma novirzes (3.6. attēls), jo lineārās korelācijas ir vājas ($R < 0,5$). Lai gan lielā novērojumu skaita dēļ atsevišķos gadījumos lineārās korelācijas koeficientu vērtības ir lielākas par korelācijas koeficientu kritiskajām vērtībām.

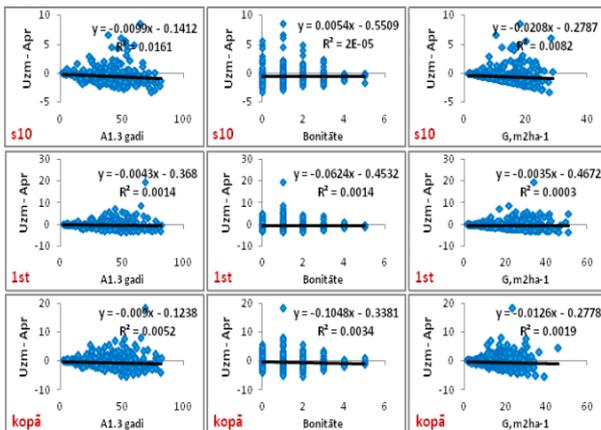
Priede



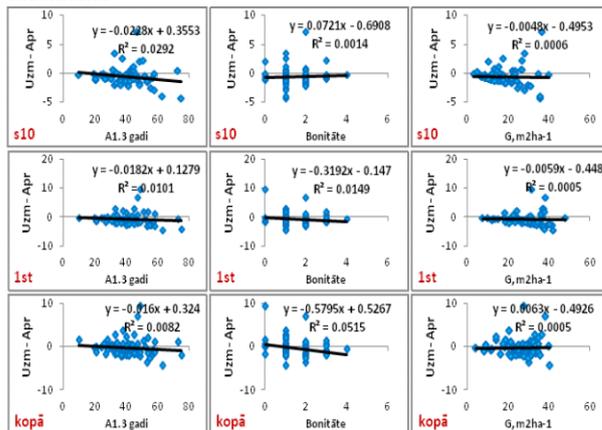
Egļe



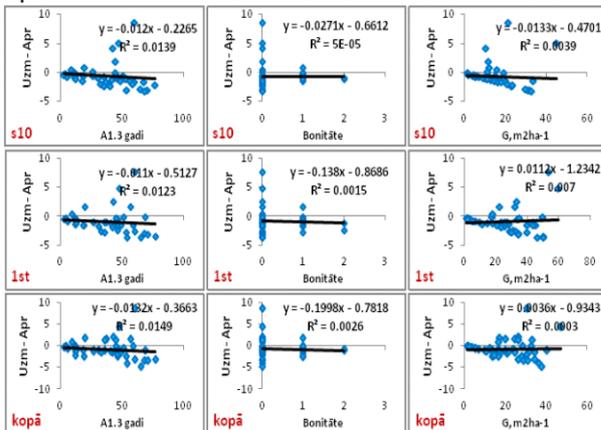
Bērzs



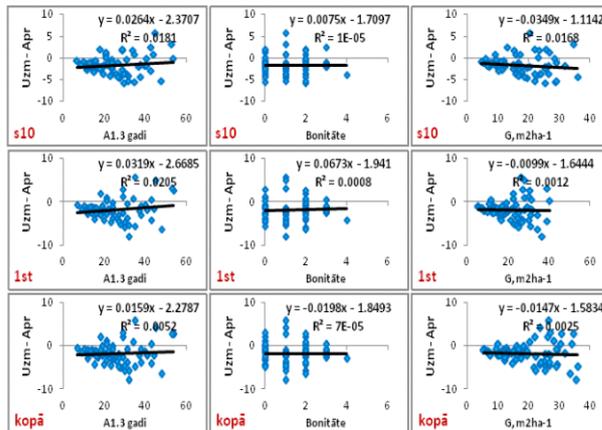
Melnalksnis



Apse



Baltalksnis



3.6. attēls. Faktiskās audzes I stāva valdošās koku sugas (s10), I stāva (1st) un audzes kopējā ikgadējā krājas pieauguma starpības starp uzņēmītajām un aprēķinātajām vērtībām atkarībā no audzes krūšaugstuma vecuma (A1.3), bonitātes un šķērslaukuma (G)

Izstrādātā audzes krājas atmiruma modelis pašreizējā variantā nav piemērots saimniecisko (cirtes) vai dabisko (ugunsgrēku, vējgāžu utt.) procesu rezultātā masveida krājas atmiruma prognozēšanai. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams papildināt esošo vienādojumu ar vēl vienu mainīgo rādītāju, kas raksturotu koku savstarpējo konkurenci (piemēram, kokaudzes biežība).

Izstrādātā faktiskās audzes krājas pieauguma modeļa adekvātuma izvērtējums atspoguļots 3.5. tabulā.

Audzes krājas dabiskā atmiruma modeļa (2.3. vienādojums) adekvātuma izvērtējums

Kritērijs	Vērtējums
1. Modeļa forma un parametrizācija:	
1.1. Vai korekti atbilst statistikas prasībām?	Jā
1.2. Vai modeļa forma pieļauj ekstrapolāciju?	Jā
1.3. Vai modelis ir elastīgs?	Jā
2. Mainīgo atlase un modeļa vienkāršība, bioloģiskais reālisms:	
2.1. Vai parametru zīmes ir loģiskas?	Jā
2.2. Vai izvēlētie mainīgie ir loģiski?	Jā, bet būtu nepieciešams papildināt ar vēl kādu rādītāju, kas precīzāk norādītu pašreizējo koku savstarpējo konkurenci
2.3. Vai prognozes sakrīt ar zināmajām meža augšanas teorijām?	Daļēji (skat. 4.1. punktu)
2.4. Vai nav lieku mainīgo?	Nē
2.5. Vai vienādojums uzrāda palielinājumu vai samazinājuma, ja maina izmērus vai vecumu?	Jā
2.6. Vai modelis „uzvedās” adekvāti, ja kovarianšu vērtība ir 0?	Jā
3. Salīdzināmība:	
3.1. Vai augšanas gaita un krājas uzkrāšanās sakrīt?	Nav vērtēts
3.2. Vai modelis laika perioda neatkarīgs?	Jā
3.3. Vai statistiskie vienādojumi tiek izmantoti dinamisku procesu reprezentācijai?	Nē, bet izmantoti tikai vienreiz pārmērītu parauglaukumu dati, kam varētu būt augsta „trokšņa signāla” attiecība
4. Modeļa drošums:	
4.1. Vai modelis nav pārāk atkarīgs no dažiem ievades parametriem?	Daļēji, atsevišķos gadījumos (audzes vecuma un šķērslaukuma kombinācijās) krājas atmirums ir negatīvs vai nepamatoti liels
4.2. Vai modelis saskan ar datiem, kurus tam vajadzētu reprezentēt?	Jā
5. Pielāgošanas iespējas	
5.1. Vai modelis ir paplašināms?	Jā
5.2. Vai modelis ir pienācīgi dokumentēts?	Daļēji

4. Urbuma skaidu ieguve 250 parauglaukumos MSI 2013.g.

Materiāls un metodika

No MSI parauglaukumu datu bāzes atlasīti 360 parauglaukumi, kuru 2013. gadā uzmērīto tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu paredzēts iegūt koksnes paraugus koku radiālā pieauguma noteikšanai (5.1. tabula).

Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai iegūst tikai I stāva valdošajai koku sugai un tajos parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis. Katrā parauglaukumā iegūti 10-15 valdošās koku sugas koksnes paraugi.

5.1.tabula

2013.g. plānoto radiālā pieauguma skaidu ieguves parauglaukumu sadalījums pa sugām un vecuma desmitgadēm

Suga	Vecuma desmitgade										Kopā	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Priede			15	15	15	15	15	15	15	15	15*	120
Egle			10	10	10	10	10	10*				60
Bērzs		15	15	15	15	15	15*					90
Melnalksnis		6	6	6	6	5	1					30
Apse		5	5	5	5	6	4					30
Baltalksnis	6	6	7	7	4							30

* norādītā vecumdesmitgade un vecākas audzes

Rezultāti

2013. gadā ievāktas urbuma skaidas 270 parauglaukumos (5.2. tabula). Urbuma skaidas nav iegūtas plānotajos parauglaukumos, ja parauglaukums ir nocirsts (audzē veikta kailcirte) vai ja dabisko vai antropogēno traucējumu rezultātā audzē mainījusies valdošā koku suga.

5.2.tabula

2013.g. radiālā pieauguma skaidu ieguves parauglaukumu sadalījums pa sugām un vecuma desmitgadēm

Suga	Vecuma desmitgade										Kopā	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Priede			13	14	11	13	9	11	7	9		87
Egle	1	2	8	9	7	9	8	8				52
Bērzs		11	15	17	7	8	10					68
Melnalksnis		4	5	5	5	3	1					23
Apse		2	2	4	4	4	2					18
Baltalksnis	4	5	8	5								22
Kopā	5	24	51	54	34	37	30	19	7	9	270	

Urbumu skaidu apstrādi un datu analīzi plānots veikt nākamajā gadā. Urbumu skaidas būs izmantojamas caurmēra pieaugumu precizēšanai.

5. Ilgtermiņa trendu, ciklisko svārstību ietekmes novērtējums (balstoties uz 2011., 2012.g. iegūto urbumu skaidu apstrādes rezultātiem)

Materiāls un metodika

2012. gadā uzmērīto 340 MSI (meža statistiskā inventarizācija) parauglaukumu tiešā tuvumā ar Preslera svārpstu iegūti koksnes paraugi koku radiālā pieauguma noteikšanai. Koksnes paraugi radiālā pieauguma noteikšanai veikti parauglaukumos, kuros valdošā koku suga ir priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis, katrā parauglaukumā iegūti 10 - 15 valdošās koku sugas koksnes paraugi. Kopā iegūti un apstrādāti 4670 paraugi (5.1. tabula).

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV. Datu pirmapstrādei izmantota datorprogrammu TSAP Win Scientific 0.55 un MS EXcel.

Datu analīzē izmantoti dati par 12210 kokiem no 918 MSI parauglaukumiem (5.2 tabula). 2012.g. pieaugumi nav iekļauti analīzē, jo urbuma skaidas iegūtas visas sezonas garumā, tādēļ izmantota pēdējā pilnā gadskārtā (2011.gads).

5.1. tabula

2013.gadā uzmērīto radiālā pieauguma skaidu sadalījums pa sugām un parauglaukumiem

Suga	Parauglaukumu skaits	Koku skaits
Priede	118	1630
Egle	58	785
Bērzs	82	1142
Melnalksnis	28	356
Apse	29	404
Baltalksnis	25	356
Kopā	340	4670

5.2. tabula

Datu analīzē izmantoto radiālā pieauguma skaidu sadalījums pa sugām un parauglaukumiem

Suga	Parauglaukumu skaits	Koku skaits
Priede	341	4549
Egle	149	1989
Bērzs	219	2894
Melnalksnis	75	990
Apse	62	823
Baltalksnis	72	965
Kopā	918	12210

Rezultāti

Katram MSI parauglaukumam starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieaugumu veikta lineārā regresija un aprēķināts lineārās regresijas taisnes slīpuma koeficients.

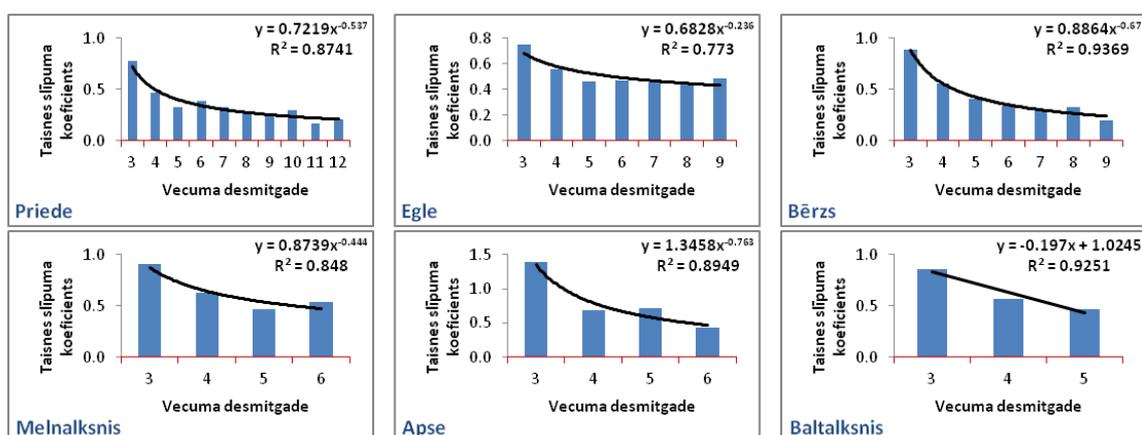
Kopā no analizētajiem 918 MSI parauglaukumiem statistiski būtiska ($R > R_{krit}$ $\alpha = 0.05$) lineārā korelācija starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieauguma konstatēta 359 gadījumos, kas ir $39,1 \pm 1,6\%$ (5.3. tabula). Kas nozīmē, ka aptuveni 60% starp audzes tievākajiem un resnākajiem I stāva valdošās sugas kokiem pēdējo piecu gadu radiālais pieaugums neatšķiras būtiski.

Audzēs, kurās konstatēta būtiska sakarība starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo piecu gadu radiālo pieaugumu, $98,9 \pm 0,6\%$ pēdējo piecu gadu radiālais pieaugums resnākajiem kokiem ir lielāks nekā tievākajiem kokiem (lineārās korelācijas slīpuma leņķis ir pozitīvs).

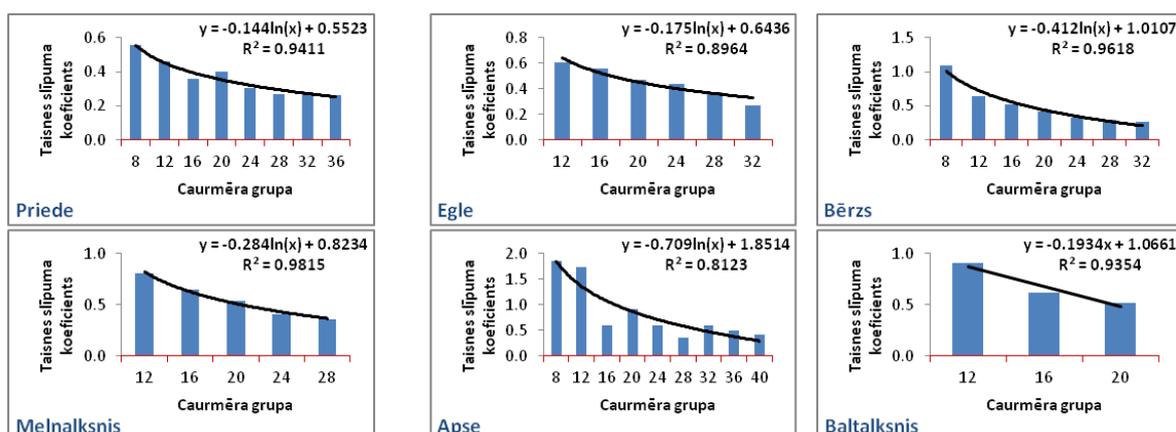
MSI parauglaukumu skaits atkarībā no lineārās korelācijas starp koku krūšaugstuma caurmēru un pēdējo 5 gadu radiālo pieaugumu būtiskuma ($\alpha=0.05$) un lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficienta

Suga	būtiska korelācija ($\alpha=0.05$ R>Rkrit)			nebūtiska korelācija ($\alpha=0.05$ R>Rkrit)			kopā		
	negatīvs	pozitīvs	kopā	negatīvs	pozitīvs	kopā	negatīvs	pozitīvs	kopā
Priede	3	118	121	44	176	220	47	294	341
Egle		57	57	18	74	92	18	131	149
Bērzs		91	91	20	108	128	20	199	219
Melnalksnis		33	33	8	34	42	8	67	75
Apse		32	32	5	25	30	5	57	62
Baltalksnis	1	24	25	8	39	47	9	63	72
Kopā	4	355	359	103	456	559	107	811	918

Visām koku sugām jaunākās audzēs pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma starpība starp resnākajiem un tievākajiem kokiem ir lielāka nekā vecākajās audzēs, jo lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients ir lielāks (5.1. attēls). Tāpat piecu gadu radiālā pieauguma starpība starp resnākajiem un tievākajiem kokiem ir lielāka mazākas dimensijas (mazāks vidējais kvadrātiskais audzes caurmērs) audzēs (5.2. attēls).

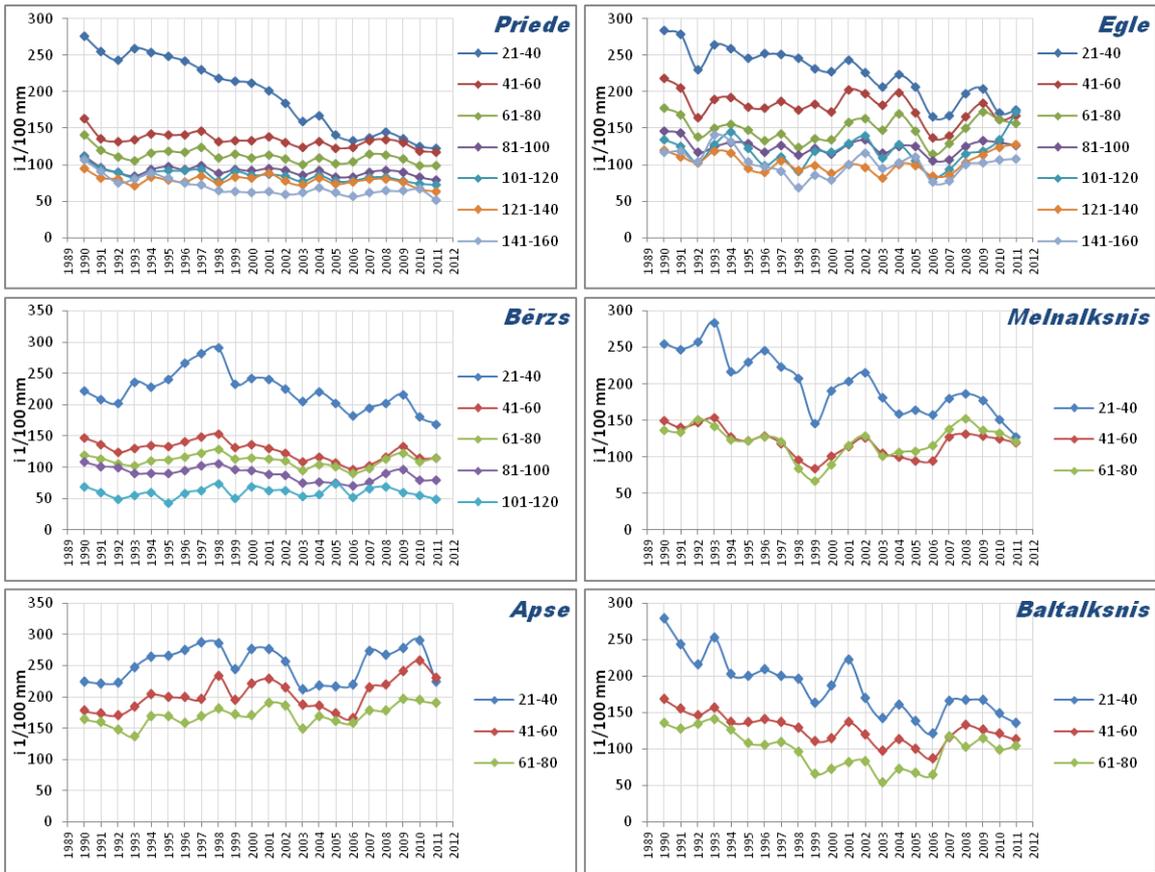


5.1. attēls. Pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients atkarībā no audzes vecuma desmitgades un sugas



5.2. attēls. Pēdējo piecu gadu radiālā pieauguma lineārās korelācijas taisnes slīpuma koeficients atkarībā no audzes vidējā kvadrātiskā caurmēra un sugas

Visām koku sugām radiālā pieauguma (gadskārtu platuma) svārstības visās vecuma grupās ir sinhronas, pie tam jaunākās audzēs radiālā pieauguma svārstības ir lielākā diapazonā nekā vecākās audzēs (5.3. attēls). Jaunākajās audzēs (20-40 gadi) novērojams trends – radiālā pieauguma samazinājums, kas visticamāk izskaidrojams ar radiālā pieauguma samazināšanos pēc tā kulminācijas.



5.3. attēls. Vidējais aritmētiskais koku radiālais pieaugums (i) atkarībā no koku sugas un audzes vecuma grupas.

6. Meža meliorācijas sistēmu renovācijas/ rekonstrukcijas ietekmes uz koku pieaugumu novērtējums (P, E, B kopā 21 objekts) T. Zālītis, Z.Lībiete-Zālīte

6.1. Problēmas uzstādījums

Latvijā trūkst pētījumu par to, kā meliorācijas sistēmu renovācija vairākas desmitgades pēc grāvju izrakšanas ietekmē mežaudzes ražību. Tomēr efektīvas un ekonomiski pamatotas meža resursu apsaimniekošanas kontekstā šis ir ļoti būtisks jautājums. Pētījuma mērķis ir noskaidrot, vai un kā 2005. gadā veikta meliorācijas sistēmu renovācija ietekmējusi pie grāvjiem augošo mežaudžu ražību. Šajā sakarā izvirzīti sekojoši pētnieciskie uzdevumi:

1. Analizēt pieejamo informāciju par 2005. gadā renovētajām meliorācijas sistēmām VAS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajos mežos un izvēlēties pētījumu objektus Ziemeļkurzemes, Vidusdaugavas un Ziemeļlatgales mežsaimniecībās.
2. Izvēlētajos pētījumu objektos ierīkot parauglaukumus dažādos attālumos no meliorācijas grāvjiem un ievākt tajos datus par mežaudzes ražību (urbuma serdeņus).
3. Kamerāli analizēt iegūto informāciju un izdarīt secinājumus par 2005. gadā veiktās meliorācijas sistēmu renovācijas efektu mežaudžu ražības kontekstā.
4. Salīdzināt 2013.gadā iegūto mērījumu rezultātus ar iepriekšējiem - 2009.gada rezultātiem.

Jāatzīmē, ka mežaudzēs, kuras atrodas minētājās meliorācijas sistēmās jau vienreiz - 2009.gadā - ierīkoti 15 parauglaukumi, kuros toreiz pēc šī pētījuma metodikas novērtētas mežaudžu ražības izmaiņas.

6.2. Materiāls un metodika

6.2.1. Lauka darbu metodika

1. Parauglaukumu atlase

Pētījumam izmantoti jau 2009.gadā atlasītie VAS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotie 15 meža nogabali, kuri atrodas platībās, kurās meliorācijas sistēmas renovētas 2005.gadā. Tas tika darīts ar mērķi, lai, uzmērot koku pēdējo gadskārtu platumus, būtu iespējams novērtēt meliorācijas sistēmas renovācijas ietekmi uz koka radiālo pieaugumu, kā arī noskaidrot, vai ilgstošākā laika periodā novērojamas būtiskas mežaudžu ražības atšķirības pirms un pēc meliorācijas sistēmas renovācijas. Nepieciešamības gadījumā, respektīvi, ja mežaudze nocirsta, tā tika aizvietota, netālu atrodot līdzīgu nogabalu. Faktori nogabalu izvēlei bija sekojoši:

- Mežaudzes vecumam jābūt tādām, lai koka radiālais pieaugums atspoguļotu arī 20.gadsimta vidū veiktās - sākotnējās - meliorācijas efektu. Respektīvi, audzēm jābūt briestaudzēm un pieaugušām audzēm.
- Nogabalam jāatrodas pie grāvja, lai pārbaudītu hipotēzi, ka meliorācijas efekts samazinās, attālinoties no grāvja.

2. Parauglaukumu ierīkošana dabā

Pēc nogabala atrašanas dabā tika novērtēts, vai galvenā valdaudzes suga joprojām atbilst taksācijas aprakstā norādītajai, kā arī, vai nogabalā pēdējā laika periodā nav veikta krājas vai sastāva kopšana, kas būtu ietekmējusi radiālo pieaugumu. Ar globālās pozicionēšanas sistēmas aparātu (GPS) tika atrasts iepriekšējā uzmērīšanas reizē par pagaidu parauglaukuma centru izvēlētais valdošās sugas veidotās biogrupas centrā augošais koks. Jauna parauglaukuma izveides gadījumā šāds koks tika izvēlēts no pētījumā iekļautās biogrupas kokiem un tam uzmērītas X un Y koordinātes. Nākamā parauglaukuma centrs tika izvēlēts apmēram 50 metru attālumā no iepriekšējā iespējami perpendikulārā virzienā prom no grāvja. Katrā nogabalā ierīkoti divi vai trīs šādi parauglaukumi. Tas atkarīgs no nogabala konfigurācijas un platības.

3. Datu ievākšana

Katrā parauglaukumā izvēlēti 10-15 valdaudzēs koki, kuriem izmērīts krūšaugsstuma caurmērs $D_{1.3}$. Visiem izvēlētajiem kokiem ar Preslera pieauguma svārpstu 2013.gada augustā/septembrī tika ievāktas radiālā pieauguma skaidas, uz kurām vēlāk kamerāli mērīts gadskārtu platums. Pagaidu parauglaukuma vidējam kokam izmērīts augstums. Biogrupai ar Biterliha metodi noteikts šķērslaukums. Urbumu serdeņi uzmērīti kamerāli 2013.gada otrajā pusē.

Pētījumā izmantoti dati no sekojošiem parauglaukumiem pa VAS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībām (6.1.tabula). Atkārtotajā uzmērījumā reizē no jauna ierīkoti objekti tabulā iekrāsoti tumšāki.

6.1. tabula

Objektu izvietojums pa VAS „Latvijas valsts meži” mežsaimniecībām

Mežsaimniecība	KvApg	KV	NOG	Valdošā suga	Objekta kods	Parauglaukumu skaits	Paraugu skaits, N	RENOV_GADS1	RENOV_GADS2
Ziemeļkurzemes	709	28	9	P	A	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	24	3	P	B	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	6	30	E	C	2	20	2005	1969
Ziemeļkurzemes	709	94	23	E	D	2	20	2005	*
Ziemeļkurzemes	709	78	1	B	E	3	30	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	59	38	B	F	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	96	8	P	G	3	30	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	96	21	B	H	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	30	P	I	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	24	P	J	2	20	2005	1974
Ziemeļkurzemes	709	95	23	P	K	2	20	2005	1974
Vidusdaugavas	510	329	15	E	L	3	30	2005	*
Vidusdaugavas	510	331	10	E	M	2	20	2005	*
Vidusdaugavas	510	332	11	P	N	2	20	2005	*
Vidusdaugavas	510	328	2	E	O	2	20	2005	*

RENOV_GADS1 - gads, kad pēdējo reizi veikta grāvju renovācija

RENOV_GADS2 - gads, kad veikta iepriekšzināmā grāvju renovācija

* nav dati

No tabulas redzams, ka 4 objekti ierīkoti Vidusdaugavas mežsaimniecībā, bet 11 – Ziemeļkurzemes. 7 objekti izvēlēti priežu nogabalos, 5 – egļu, bet 3- bērzu. Par objektu šeit un turpmāk uzskatīts 2-3 parauglaukumu kopums, ka atrodas vienā nogabalā. Parauglaukumu ierīkošanas īpatnības aprakstītas nākamajā nodaļā.

6.2.2. Kamerālo darbu metodika

Radiālā pieauguma mērīšana veikta izmantojot iekārtu LINTAB IV (uzmērīšanas precizitāte 1/100 mm). Datu pirmāpstrādei izmantota datorprogramma TSAP Win Scientific 0.55 un MS EXcel. Pēc tam ar Manna-Vitneja testa palīdzību salīdzinātas gadskārtu platumu vidējās vērtības, izmantojot sekojošas gradācijas klases:

1. pēdējās 5 gadskārtas pēc pēdējās grāvju renovācijas;
2. 5 gadskārtas pirms pēdējās grāvju renovācijas;
3. 10 gadskārtas pirms pēdējās grāvju renovācijas;
4. 5 gadskārtas pirms un pēc iepriekšējās grāvju renovācijas vai grāvju ierīkošanas;
5. 10 gadskārtas pirms un pēc iepriekšējās grāvju renovācijas vai ierīkošanas.

Salīdzināti gadskārtu vidējie platumi arī starp viena objekta parauglaukumiem, lai noskaidrotu, vai parauglaukuma attālums no grāvja būtiski ietekmējis pēdējo 5 gadskārtu platumus. Meklētas arī iespējamās reģionālās atšķirības starp objektiem.

6.3. Rezultāti un diskusija

Parauglaukumu vispārējais apraksts

Uzsākot datu ievākšanu un apstrādi, nācās saskarties ar vairākiem vērā ņemamiem faktoriem, kuri būtiski ietekmēja veicamajiem darbiem paredzēto laiku.

1) Meža masīvos, kuros bija plānota paraugu vākšana, meliorācijas sistēmu renovācija lielākoties izrādījās veikta vēlāk nekā 2005.gadā. Šis faktors uzlika ievērojamus ģeogrāfiskos ierobežojumus meža nogabalu izvēlē jau 2009.gadā, ierīkojot parauglaukumus.

2) Tā kā mežaudzes, kurās bija plānots izvietot parauglaukumus, uzskatāmas par pieaugušām un pāraugušām, bieži nācās konstatēt, ka sugu sastāvs audzes pašizretināšanās dēļ vairs neatbilst datu bāzē norādītajam (sevišķi atkārtotajā pārmērījumu reizē). Veicot atkārtoto uzmērīšanu, seši objekti izvēlēti no jauna, jo vecie pēdējos gados nocirsti.

3) Mežaudžu pašizretināšanās rezultātā nereti konstatēta neatbilstība starp mežaudzes vecumu datu bāzē un reālo situāciju dabā, proti, kokiem ar līdzīgiem caurmēriem un augstumiem būtiski atšķiras vecumi.

4) Nogabali, kuros bija jāizvieto parauglaukumi, nereti bija platības ziņā nelieli (ap 1 ha), kā arī izvietoti, piemēram, pie diviem savstarpēji perpendikulāriem grāvjiem; tas liedza tos izmantot tālākā pētījumā vispār vai arī ierīkot tajos vairāk kā divus parauglaukumus.

Neskatoties uz iepriekšminētajiem ierobežojumiem, kopumā ierīkoti 33 parauglaukumi 15 nogabalos jeb objektos (kods A-O). Vispārējā informācija par parauglaukumiem apkopota 6.2. tabulā. Atkārtotajā uzmērījumu reizē no jauna izvēlētie objekti tabulā iekrāsoti tumšāki.

6.2. tabula

Parauglaukumu vispārējais apraksts

Objekta kods	X-koordināte	Y-koordināte	Grāvja stāvoklis objektā	Parauglaukuma attālums no grāvja	Vidējais augstums, H (m)	Šķērslaukums, G (m ²)
A1	57.31578	21.83683	2	1	24.2	21
A2	57.3156	21.83605	2	2	22.9	21
B1	57.31327	21.78962	2	1	25.9	29
B2	57.31285	21.78988	2	2	27.4	31
C1	57.31336	21.78595	2	1	30.1	17
C2	57.31382	21.7857	2	2	28.3	24
D1	57.28027	21.80169	2	1	27.6	26
D2	57.28063	21.80153	2	2	25.5	25
E1	57°17'39"	21°49'07"	1	1	21.2	27
E2	57°17'39"	21°49'07"	1	2	19.2	23
E3	57°17'39"	21°49'07"	1	3	21.5	21
F1	57.29309	21.80006	1	1	24.2	24
F2	57.29315	21.80078	1	2	19.9	17
G1	57°17'14"	21°49'43"	1	1	28.3	28
G2	57°17'13"	21°49'41"	1	2	26.4	27
G3	57°17'13"	21°49'37"	1	3	26.5	23
H1	57°16'60"	21°49'32"	1	1	27.1	29
H2	57°17'01"	21°49'32"	1	2	28.4	25
I1	57°16'57"	21°49'09"	1	1	25.4	29
I2	57°16'59"	21°49'09"	1	2	26.2	27
J1	57°16'54"	21°48'43"	1	1	26.5	29
J2	57°16'55"	21°48'42"	1	2	25	22
K1	57.28217	21.81034	1	1	24.5	25
K2	57.28224	21.81119	1	2	25	21
L1	56°22'33"	25°03'38"	2	1	29.3	33
L2	56°22'35"	25°03'36"	2	2	31.2	33
L3	56°22'36"	25°03'34"	2	3	33.1	35
M1	56°23'14"	25°05'03"	2	1	20.9	18
M2	56°23'13"	25°05'01"	2	2	25.4	20
N1	56°23'18"	25°04'57"	1	1	26.2	21
N2	56°23'20"	25°04'60"	1	2	28.9	27
O1	56.37352	25.05083	1	1	23	17
O2	56.37325	25.05105	1	2	21.4	20

Grāvja stāvoklis: 1-labs, 2-vidējs, 3-slikts

Parauglaukuma attālums no grāvja: 1-0m, 2-50m, 3-100m

Grāvja stāvoklis katrā objektā vērtēts, ņemot vērā to, vai tas ir aizzēlis un vai ūdens grāvī ir tekošs.

Grāvja ietekmes uz gadskārtu vidējiem platumiem izvērtējums

Lai novērtētu, vai grāvja renovācija 2005.gadā devusi pozitīvu efektu uz mežaudzes ražību, veikta gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana visu objektu parauglaukumos, kas atrodas pie grāvjiem. Pēdējo 5 gadskārtu vidējie platumi salīdzināti ar 5 un 10 gadskārtu vidējiem platumiem pirms grāvju renovācijas. Objektos, kuros zināms, kad veikta grāvju ierīkošana, veikta 5 un 10 gadskārtu savstarpējā analīze, lai pārliecinātos par toreizējo meliorācijas efektu. Analīze veikta ar Manna-Vitneja U testa palīdzību, par nulles hipotēzi pieņemot, ka gadskārtu vidējie platumi pirms un pēc meliorācijas sistēmas izveides un renovācijas būtiski neatšķiras. Visi parametri objektīvi salīdzināti arī ar iepriekšējā uzmērījumu reizē iegūtajiem.

Salīdzinot pēdējo 5 gadskārtu vidējos platumus ar 5 un 10 gadskārtu vidējiem platumiem no perioda pirms grāvju renovācijas, iegūta testa p-vērtība, kas visos gadījumos bija lielāka par 0.05. Līdz ar to ir iespējams noraidīt nulles hipotēzi, ka grāvja renovācija būtiski uzlabo audzes ražību. To izskaidrot iespējams ar līdzšinējos pētījumos gūtu atziņu, ka meliorācijas sistēmas renovācija spēj noturēt audzes ražību iepriekšējā līmenī, bet ne to uzlabot. Iespējams arī, ka audzes ražības uzlabojums sagaidāms vēl pēc kāda laika vai arī nebūs sagaidāma vispār audzes vecuma un struktūras dēļ. Līdzīgs rezultāts iegūts arī, veicot 2009.gadā iegūto datu analīzi.

Jāatzīmē, ka arī 5 un 10 gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana pirms un pēc grāvju izveidošanas brīža neuzrāda būtiskas atšķirības starp tām. Tikai vienā bērzu audzē Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā (96. kvartāla 21. nogabals) konstatēta būtiska atšķirība starp 10 gadskārtu vidējiem platumiem pirms un pēc meliorācijas – p vērtība 0.032 (iepriekšējā uzmērījumu reizē p vērtība bija 0.019), vidējais gadskārtu platums pirms meliorācijas 2.899 mm, pēc – 3.896 mm. Pārējās pētījumā iekļautās gradācijas klases būtiskas atšķirības neuzrādīja. Var rasties jautājums, kādēļ meliorācija nav devusi daudzviet aprakstīto sagaidāmo meliorācijas efektu un audzes ražības uzlabojumu? Lai iegūtu viennozīmīgu atbildi, būtu jāveic padziļināta mežu vēstures izpēte konkrētajā platībā, lai noskaidrotu, vai patiesībā meliorācija nav veikta agrāk, piemēram, 20.gadsimta pirmajā pusē. Līdz ar to 20.gadsimta 60. un 70. gados veiktā meliorācija īstenībā ir tikai grāvju renovācija, līdzīgi, kā tas darīts 2005.gadā. Jebkurā gadījumā ir iemesls apgalvot, ka, pateicoties meliorācijas sistēmu renovācijai, mežaudžu ražība saglabājas un, lai arī statistiski nebūtiski, bet pieaug. Šāds novērojums izdarāms, salīdzinot pēdējo 5 gadskārtu vidējos platumus ar vidējiem gadskārtu platumiem periodā starp 2006., 2007.un 2008.gadu.

Gadskārtu vidējo platumu analīze atkarībā no grāvja attāluma, stāvokļa un reģiona

Katrā objektā veikta pēdējo 5 gadskārtu vidējo platumu salīdzināšana, ņemot vērā parauglaukumu attālumu no grāvja. No Manna-Vitneja U testa rezultātiem izriet, ka nevienā no 33 parauglaukumiem novietojums attiecībā pret grāvi būtiski neietekmē pēdējo gadskārtu platumus (p-vērtības lielākas par 0.05). To, visticamāk, atkārtotajā pārmērījumu reizē vairs nav iespējams izskaidrot ar nepietiekamu novērojumu perioda ilgumu (konkrētajā gadījumā 8 gadi). Līdz ar to apstiprinās jau iepriekšējos (arī ārvalstu) pētījumos gūtā atziņa, ka patiesībā grāvju renovācija ne vienmēr uzlabo audzes ražību. Tā vienīgi nodrošina stabilu audzes ražību, kas šajā pētījumā apstiprinās vairākkārt.

Veicot vienfaktora dispersijas analīzi ar mērķi noskaidrot, vai pastāv būtiskas atšķirības starp pēdējo 5 gadskārtu vidējiem platumiem dažādos attālumos no grāvja, secināts, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem, kuri atrodas 0-50 metrus no grāvja ($p=0.819>0.05$), bet gadskārtu platumu vidējās vērtības būtiski atšķiras 100 metru attālumā no grāvja ($p=0.023$).

Novērtējot grāvja stāvokļa ietekmi uz pēdējo gadskārtu vidējo platumu, secināts, ka, līdzīgi kā pirmajā uzmērīšanas reizē, grāvja stāvoklis (labs, vidējs vai slikts) būtiski ietekmē gadskārtu platumu ($p=0.032<0.05$) – pasliktinoties grāvja stāvoklim, ievērojami pasliktinās audzes ražība. Gadskārtu platumu vidējās vērtības ir attiecīgi 4.2 mm +/- 0.43 mm parauglaukumos ar labu grāvju stāvokli, 2.9 mm +/- 0.7 mm parauglaukumos ar vidēju grāvju stāvokli un 1.8 mm +/- 0.65 mm pie grāvjiem, kas novērtēti kā slikti. Skaitliski novērojama gadskārtu vidējā platuma palielināšanās laikā starp

uzmērījumu reizēm, bet šī atšķirība izrādījās statistiski nebūtiska (p vērtība $0.134 > 0.05$). Izvērtējot iespējamās reģionālās atšķirības, secināts, ka pēdējo 5 gadskārtu vidējie platumi pa mežsaimniecībām ir: Vidusdaugavas MS – 4.06 mm +/-0.33 mm un Ziemeļkurzemes MS – 4.76 mm +/- 0.92 mm. Šie rezultāti joprojām sakrīt ar subjektīvu vizuālu mežaudžu novērtējumu dabā – Ziemeļkurzemes MS mežaudzes joprojām, līdzīgi kā 2009.gadā, izskatījās vitālāk, kā arī grāvju sistēmas uzskatāmas kā veiksmīgāk izveidoti infrastruktūras objekti, respektīvi, grāvju novērtējums Ziemeļkurzemes MS vidēji ir labāks nekā Vidusdaugavas MS. Šis apgalvojums, protams, nebūtu saistāms ar visas konkrētās mežsaimniecības mežsaimniecisko novērtējumu.

6.4. Secinājumi un ieteikumi

1. Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Līdzīgs secinājums izdarīts jau pirmajā audžu apsekošanas reizē.
2. Grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas, pēdējo 5 gadskārtu vidējais platumis ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.
3. Nevienā no atsevišķajiem objektiem gadskārtu platumu analīze neuzrādīja būtiskas atšķirības starp parauglaukumiem, kas ierīkoti katrā objektā. Starp dažādiem objektiem gadskārtu platumiem būtiskas atšķirības konstatētas tikai parauglaukumos, kas atrodas 100 metrus no grāvjiem.
4. Salīdzinot pa mežsaimniecībām, lielākās pēdējo 5 gadskārtu platumu vērtības konstatētas Ziemeļkurzemes mežsaimniecībā, ko, iespējams, var izskaidrot ar kopējo meliorācijas sistēmas un kvalitāti un mežaudžu kvalitāti konkrētajā teritorijā.

Mūsu ievākto datu analīze patlaban liecina, ka meliorācijas sistēmu atjaunošana 8 gadu laikā nav tieši būtiski pozitīvi ietekmējusi mežaudžu ražību. Tomēr šī infrastruktūras uzlabošanas darbība ir nozīmīga gan mežaudžu vitalitātes un ražības pašreizējā līmeņa saglabāšanā, gan arī resursu pieejamības kontekstā. Principā meliorācija ietekmē ne vien mežaudzi un tās ražību, bet arī meža kā ekosistēmas vides pakalpojumu kvalitāti; un šī ietekme sniedzas tālu ārpus mežaudzes robežām, skarot kaimiņu ekosistēmas, piemēram, dabiskās ūdensteces.

7. Novēlotu kopšanas ciršu ietekme uz pieaugumu izmaiņām vērtējums (P,E,B,A – kopā 32 objekti)

Problēmas pamatnostādnes

Augšanas gaitas modificēšana prognozējama kā atbildes reakcija 4 dažādu veidu apstākļu dēļ:

- 1) Saimnieciskās darbības rezultātā pēc tās veikšanas nekavējoties mainās kokaudzes meža elementa parametri, piem., koku skaits pēc cirtes, vidējais caurmērs vai vidējais augstums).
- 2) Saimnieciskās darbības rezultātā īslaicīgi tiek izmainīta augšanas gaita, taču tālākā augšana seko normālajam trendam (I tips). Tās efekts saglabājas taču tā neatstāj būtisku efektu uz „nogabala produktivitāti”. Piem., agrotehniskā kopšanas rezultātā var sākotnēji palielināties koku augstuma pieaugumi salīdzinājumā ar nekoptu. Līdzīgs efekts parasti ir augsnes gatavošanai, starta mēslošanai (Snowdon, 2001).
- 3) Saimnieciskās darbības rezultātā būtiski izmainās „audzes produktivitāte” (II tips), piem., a) veicot mēslošanu ar ilgas iedarbības makroelementiem, piem., fosforu. b) veicot hidrotehnisko meliorāciju, vai c) izmantojot selekcionētu reproduktīvo materiālu. Šāda pasākuma rezultātā augšanas gaita diverģē no „normālās” augšanas gaitas (Snowdon, 2001).
- 4) Saimnieciskās darbības rezultātā parādās īstermiņa efekts, kurš zūd tālākajā audzes attīstības gaitā (III tips).

Krājas kopšanas ciršu radītās izmaiņas koku vidējā augstumā un vidējā caurmērā aprēķināmas atkarībā no veiktās cirtes veida (kopšana no apakšas, kopšana no augšas) un kopšanas intensitātes (izcirstā apjoma) mainās audzes taksācijas parametri (D_g , H_g , D_{vald} , H_{vald}).

Modeļos var paredzēt ne tikai N un G, bet arī D, H maiņu kopšanas rezultātā un attiecīgi paredzot iespēju „simulēt”:

- 1) Neitrāla atlase, kad kopšanas rezultātā D vidējais un H vidējais saglabājas tāds pats, samazinās G un N.
- 2) Kopšana no apakšas, kad H vidējais un D vidējais pieaug, G un N samazinās.
- 3) Kopšana no augšas, kad H vidējais, D vidējais, G un N samazinās.
- 4) 1) un 2) kombinācija -1) uz pievešanas ceļiem (līdz 20% no platības) un 2) pārējā platībā (šī pieeja gan nav attiecināma uz MSI parauglaukumu datiem)

Kopšanas cirtes veida un intensitātes raksturošanai izmanto sekojošus rādītājus (von Gadow, Hui, 1999):

Kopšanas cirtes intensitāte $rG = G_{nocirstie} / G_{kopējais}$

Kopšanas tips NG_{attiec}

$$NG_{attiec} = \frac{N_{nocirstie} / N_{kop}}{G_{nocirstie} / G_{kop}}, \quad (7.1.)$$

Ja neitrāla atlase, tad $NG = 1.0$,

Ja kopšana no apakšas, tad $NG > 1.0$,

Ja kopšana no augšanas, tad $NG < 1.0$

Caurmēru pēc kopšanas cirtes var aprēķināt atbilstoši sekojošai sakarībai (Donis, 2009)

$$D_{g(pēc\ cirtes)} = (40000 * (G_{kop} - G_{kop} * rG) / (3.14159 * (N_{kop} - N_{kop} * rG * NG_{attiec})))^{0.5}, \quad (7.2.)$$

kur, $D_{g(pēc\ cirtes)}$, cm – paliekošās audzes daļas vidējais kvadrātiskais caurmērs pēc cirtes.

Savukārt $H_{g(pēc\ cirtes)} = f(H_{dom})$ vai $H_{vald(pēc\ cirtes)} = f(H_{dom})$ skat. 1.2.2.nodaļu.

Konceptuāli papildus pieaugums, kas rodas uzlabojoties palikušo koku augšanas apstākļiem pēc kopšanas cirtes augošajiem kokiem aprēķināms pēc sekojošas sakarības (Piennar, Rhoney, 1995)

$$H;D= H,D(f(T))+ Zk*(a*(T-Tkopš)*exp(-b*(T-Tkopš)), kur \quad (7.3.)$$

T-Tkopš – laiks kopš darbības veikšanas (T- vecums Tkopš- vecums kopšanas laikā).

H,D – augstums vai caurmērs

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

Zk - fiktīvais mainīgais: 1, ja kopšana veikta, citādi 0.

a un b parametri, kas jāaprēķina, a- un b –norāda ietekmes lielumu un ilgumu, to vērtības atkarīgas no audzes vecuma kopšanas brīdī un kopšanas intensitātes.

Koeficientu vērtības pašreiz nav aprēķinātas, bet tās ir potenciāli iekļaujamas modelī. Pētījuma mērķis noskaidrot pieauguma izmaiņas novēloti koptu kopšanas ciršu gadījumā, t.i., audzes nav intensīvi retinātas jaunaudžu vecumā.

Materiāls un metodika

Projekta ietvaros uzmērītas 32 audzes, kurās 1999-2004. gadā veiktas kopšanas cirtes, no kurām 8 ir priežu audzes, 6 – egļu audzes, 7 - bērzu audzes un 11 – apšu audzes. Audžu saraksts dots 7.1.tabulā.

7.1. tabula

Novēlotu kopšanas ciršu ietekmes novērtēšanai ierīkoto objektu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	Cirtes gads	MT	I stāvs									II stāvs				
				A	Bon	s10	Dcm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹	Dcm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹	
1	111-320-2	2002	Gr	21	-2.0	A	12.8	18.4	17	150	1230	9.1	9.1	1	7	480	
2	111-320-7	2004	Gr	34	-0.6	A	15.9	22.2	26	280	1260	14.4	15.6	2	14	160	
3	111-338-4	2002	Dm	51	-0.5	P	23.5	24.2	30	330	690	13.2	13.7	0	2	15	
4	111-339-2	2002	Vr	21	-1.1	A	10.8	16.6	17	138	1770	4.9	8.0	2	9	1230	
5	111-380-6	2001	As	50	-0.1	P	21.5	22.7	28	298	770	9.8	9.5	1	7	480	
6	111-616-25	2001	Mr	46	1.0	P	15.4	18.4	28	253	1500						
7	401-424-15	2004	As	56	0.3	B	22.1	26.1	23	274	590	14.7	14.9	7	57	455	
8	406-272-7	2004	Vr	56	-0.8	B	27.4	29.7	27	360	460	19.3	16.5	3	27	110	
9	409-433-4	2003	Dm	43	0.2	E	18.7	19.7	33	341	1200	8.0	9.8	1	8	260	
10	410-226-7	2003	Vr	59	-0.5	B	26.7	29.2	23	310	405	17.5	17.1	7	60	430	
11	410-227-6	2003	As	54	0.4	B	20.8	25.4	23	259	615	13.6	13.7	6	45	415	
12	410-251-9	2004	Vr	44	-0.8	E	21.4	22.8	40	465	1120						
13	601-166-6	2001	Ln	47	1.7	P	17.8	16.6	25	204	1010						
14	601-321-19	2003	Am	45	2.3	P	15.7	14.5	22	162	1160	7.1	7.7	1	3	260	
15	601-342-5	2003	Dm	47	-0.4	P	23.0	22.7	31	335	740	10.0	9.9	0	1	25	
16	604-323-6	2003	Dm	47	-0.3	E	22.1	22.5	30	342	787	10.8	13.3	1	7	93	
17	605-383-3	2001	Vr	36	-1.5	A	20.3	25.5	38	472	1120	9.8	14.7	1	8	140	
18	607-107-2	2004	Gr	28	-1.3	A	15.8	21.2	32	341	1660	8.5	13.5	5	36	1340	
19	607-118-3	2001	Gr	35	-0.2	A	16.3	21.7	29	307	1400	8.8	11.0	2	11	400	
20	607-75-34	2001	Ap	21	-3.4	A	16.2	20.9	22	221	1110	14.2	13.6	2	15	350	
21	610-103-4	2003	Vr	50	-1.2	E	25.1	25.8	45	585	910	10.2	17.8	0	1	10	
22	610-223-14	2004	As	42	-0.2	B	18.4	24.0	25	275	805	12.4	14.9	6	52	685	
23	610-282-7	2003	As	49	-0.2	E	22.8	22.8	29	331	710	10.2	11.8	0	1	25	
24	611-147-17	2004	Vr	57	0.1	B	26.2	27.0	20	241	370	12.8	13.6	2	13	165	
25	611-147-24	2004	Vr	23	-1.1	A	11.2	17.9	27	247	2800	8.5	10.7	0	3	80	
26	611-147-35	2001	Gr	23	-0.2	A	12.2	16.2	23	186	2060	6.1	8.3	1	3	300	
27	808-72-27	2002	Vrs	25	-2.9	A	14.2	23.0	29	325	1810	6.6	12.5	1	5	200	
28	811-243-32	2003	Vr	23	-1.8	A	14.0	19.4	26	252	1660	7.0	9.9	0	0	20	
29	Auce-39-2	2000	Vrs	62	0.0	B	28.2	30.5	30	408	480	18.4	18.9	7	72	300	
30	Jelgava-39-3	1999	Ln	67	0.0	P	29.6	28.8	38	499	560						
31	Kalsnava-107-14	1999	Mr	61	1.0	P	24.0	22.9	28	298	620	18.2	13.7	1	5	30	
32	Kalsnava-274-16	1999	Dms	63	1.0	E	20.6	21.7	22	251	660	7.5	9.0	1	4	150	

Lauku darbu metodika

Objektā ierīkoti 2-4 parauglaukumi, kuru lielums ir 500 m² (R=12,62m). Parauglaukumu skaits atkarīgs no uzmērīto I stāva koku skaita (objektā jābūt vismaz 100 kokiem). Ja audzē ir treilēšanas ceļi, tad ierīkoti ir pāra skaits parauglaukumu, tā lai nepāra parauglaukumiem parauglaukuma centrs atrastos pa vidu treilēšanas ceļam, bet pāra parauglaukumiem parauglaukuma centrs atrastos pa vidu starp treilēšanas ceļiem.

Visā parauglaukumā uzmērīti visi koki, kuru krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 6,0 cm, bet koki, kuriem krūšaugstuma caurmērs ir 2,1-6,0cm, uzmērīti 100 m² (R=5,64m) lielā platībā. Uzmērītajiem kokiem fiksēts:

- attālums (ar 1cm precizitāti) un azimuts (0,5°) no parauglaukuma centra,
- suga,
- krūšaugstuma caurmērs (0,1cm),
- stāvs,
- stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbenis, kritala),
- krafta klase,
- bojājumus – to atrašanās vietu, bojājuma veidu un bojājuma pakāpi atbilstoši meža veselības monitoringa metodikā lietotajiem kodiem (7.2.-7.3. tabulas),
- beigtajiem kokiem sadalīšanās pakāpi (7.4. tabula).

7.2.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
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

7.3. tabula

Bojājumu veids

Kods	Skaidrojums
01	Vēzis
02X	Puni, augļķermeņi (021) un citi progresējušas sabrukšanas indikatori: miksta koksne (022), plaisas (023), dobumi (024), valējas brūces, kas saskaras ar zemi (025)
03	Valējas 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

7.4. tabula

Beigto koku sadalīšanās pakāpes

Kods	Apraksts
1	ar mizu;
2	cieta koksne bez mizas;
3	koksne nedaudz miksta, tajā var viegli iedurt nazi 1cm dziļumā;
4	koksne miksta, nazis viegli ieiet 5 cm dziļumā;
5	koksne ļoti miksta, tā viegli drūp rokās

Parauglaukumā koku augstumi (ar 0,1m precizitāti) uzmērīti vismaz 12-15 I stāva valdošās koku sugas kokiem (dažādas dimensijas; 4-5 lieli, 4-5 vidēji, 4-5 mazi) un pārējiem meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas sugas kokus, kas atrodas vienā mežaudzes stāvā) 5 kokiem. Kokiem, kuriem mērīti augstumi, uzmērīti arī zaļā vainaga sākuma augstumi.

Ar Preslera svārpstu katrā objektā iegūti 48 I stāva valdošās koku sugas koksnes paraugi koku pieaugumu noteikšanai.

Kamerālo darbu metodika

Audzes (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzmērīts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums kopšanas ciršu rezultātā novērtēts I stāva valdošajai koku sugai salīdzinot krājas pieaugumu uzmērītajās audzēs ar kontroles audzēm. Kā kontroles audzes izmantotas šajā un citos autora projektos uzmērītās audzes, kurās nav veikta saimnieciskā darbība.

Krājas papildus pieaugumu aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas:

$$Z_M^{kp} = 1.2732.4\psi \left(GH^\alpha D^{\beta \lg H - \varphi - 2} - G_t H_t^\alpha D_t^{\beta \lg H - \varphi - 2} \right) \quad (7.4)$$

kur Z_M^{kp} - krājas kumulatīvais papildus pieaugums, $m^3 ha^{-1}$;

$\Psi, \alpha, \beta, \varphi$ - koeficienti (7.5. tabula);

t – vērtēšanas intervāls, gadi;

G, G_t – audzes krūšaugstuma šķērslaukums un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, $m^2 ha^{-1}$:

$$G_t = \frac{D_t^2 G}{D^2} \quad (7.5)$$

D, D_t – audzes vidējais krūšaugstuma caurmērs un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, cm:

$$D_t = D - 0,1 Z_D^{kp} \quad (7.6)$$

Z_D^{kp} - audzes vidējā caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, mm:

$$Z_D^{kp} = 2u \left(\sum_j^t i_j + \sum_j^t i'_j \right) \quad (7.7)$$

u – mizas biezuma koeficients (7.5. tabula);

i_j – audzes gadskārtu vidējo vērtību rinda, mm. Tā satur t+t' locekļus, kas ir aprēķināti no vērtējamās audzes uzskaites koku urbumu datiem.

t' – retrospekcijas periods, gadi;

i'_j – vērtējamās audzes gadskārtu korigēto platumu rinda, mm. Korekcijas vienādojums:

$$\dot{i}_j = \eta \dot{i}_{k;j} \wedge \rho \quad (7.8)$$

η, ρ - koeficienti

i_k – kontroles koku gadskārtu platumu vidējās vērtības, mm. *Gadskārtu platumu rindas pakļauj statistiskai pārbaudei. No neatzarotajiem kokiem atlasa tos, kuri ar vērtējamās audzes gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu retrospekcijas intervāla laikā uzrāda līdzīgu augšanas gaitu. Divas vērtību rindas uzskata par līdzīgām, ja to svārstības ir paralēlas, t.i., līdzīgi vides apstākļi izsauc relatīvi vienādu gadskārtu paplašināšanos vai sašaurināšanos (Liepa, 1996). Par līdzības kritēriju izmanto korelācijas koeficientu r. Pieņem, ka vērtējamā un pārbaudāmā uzskaites koka augšanas gaita ir līdzīga, ja r, kas aprēķināts pēc retrospekcijas perioda gadskārtu platumiem, ir statistiski būtisks ($r > r_{\alpha;t}$; $\alpha=0,05$, bet, ja adekvātās kontroles koku (k) skaits mazāks par 10, tad būtiskuma līmeni samazina līdz 0,2; $t'=5-10$). No atlasītajiem k derīgajiem kontroles kokiem sastāda gadskārtu platumu vidējo vērtību rindu. Tālāk pēc vērtējamās audzes un kontroles koku intervāla t' gadskārtu platumu vidējo vērtību rindām ar mazāko kvadrātu metodi izskaitļo koeficientus η un ρ un aprēķina visas i'_j vērtības (Liepa, 1996).*

H, H_t – audzes vidējais augstums un tā prognostiskā vērtība intervāla t beigās, m:

$$H_t = H - Z_H^{kp} \quad (7.9)$$

Z_H^{kp} - audzes vidējā augstuma kumulatīvais papildus pieaugums, m:

$$Z_H^{kp} = \frac{HZ_D^{kp}(aD+b)}{u(cD+100)} \quad (7.10)$$

a, b, c, u – koeficienti (7.5. tabula).

Pēc aprakstītā algoritma tiek aprēķināts krājas kumulatīvais papildus pieaugums ar mizu. Šī rādītāja vērtība bez mizas, $m^3 ha^{-1}$:

$$Z_{M;bm}^{kp} = \frac{Z_M^{kp}}{s} \quad (7.11)$$

s – mizas tilpuma koeficients, kas aprēķināms pēc formulas:

$$s = \frac{pD+q}{wD+100} \quad (7.12)$$

kur p, q, w – koeficienti (7.5. tabula).

7.5. tabula

Koeficientu vērtības krājas kumulatīvā papildus pieauguma aprēķināšanai

Suga	u	a	b	c	ψ	α	β	ϕ	p	q	w
P	1.103	-0.0642	6.356	27.105	0.00016541	0.56582	0.25924	1.59689	20.60	143.9	19.53
E	1.046	-0.0256	1.693	5.794	0.00023106	0.78193	0.34175	1.18811	5.25	117.6	5.00
B	1.095	-0.0728	-1.510	-35.710	0.00009090	0.71677	0.16692	1.75701	0.20	110.2	0.02
M	1.081	0.0050	7.240	90.909	0.00007950	0.77095	0.13505	1.80715	-0.55	119.0	-0.36
A	1.061	-0.0357	2.352	12.829	0.00005020	0.92625	0.02221	1.95538	0.78	109.9	0.67

Rezultāti

Priežu audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir $+0,04 \pm 0,09 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+1,16 \pm 2,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes $+0,05 \pm 0,17 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+2,03 \pm 5,71 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (7.6. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos ir konstatētas 2 veidu ietekmes, kas viena otru kompensē:

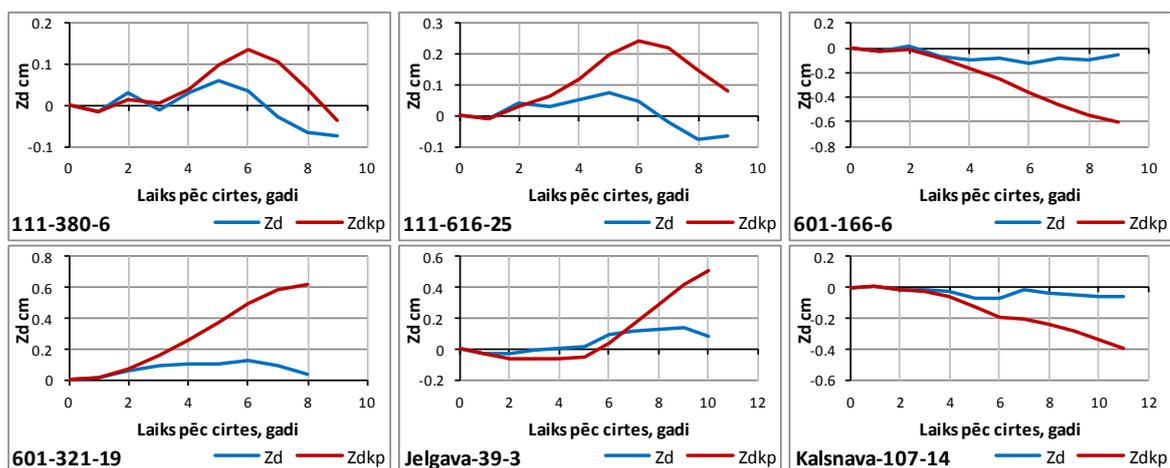
1. pozitīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums (7.1. attēls).

7.6. tabula

Priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
111-380-6	Zd	-0.01	0.03	-0.01	0.03	0.06	0.04	-0.03	-0.07	-0.08			pozitīva
	Zdkp	-0.01	0.02	0.01	0.04	0.10	0.13	0.11	0.04	-0.03			
	Zmkp	-0.43	0.52	0.21	1.34	3.58	5.14	4.26	1.66	-1.46			
111-616-25	Zd	-0.01	0.04	0.03	0.05	0.08	0.05	-0.02	-0.07	-0.07			pozitīva
	Zdkp	-0.01	0.03	0.07	0.12	0.20	0.24	0.22	0.15	0.08			
	Zmkp	-0.29	1.15	2.39	4.66	8.12	10.54	10.22	7.09	4.03			
601-166-6	Zd	-0.02	0.02	-0.07	-0.09	-0.08	-0.12	-0.09	-0.09	-0.05			negatīva
	Zdkp	-0.02	-0.00	-0.07	-0.17	-0.24	-0.37	-0.45	-0.55	-0.60			
	Zmkp	-0.47	-0.10	-2.06	-4.82	-7.48	-11.75	-15.21	-19.06	-21.74			
601-321-19	Zd	0.02	0.05	0.09	0.10	0.11	0.12	0.09	0.04				pozitīva
	Zdkp	0.02	0.07	0.16	0.27	0.37	0.50	0.58	0.62				
	Zmkp	0.37	1.56	3.64	6.33	9.38	13.14	16.23	18.06				
Jelgava-39-3	Zd	-0.03	-0.03	-0.01	-0.00	0.01	0.10	0.11	0.13	0.14	0.09		pozitīva
	Zdkp	-0.03	-0.06	-0.07	-0.07	-0.06	0.04	0.16	0.29	0.42	0.51		
	Zmkp	-1.19	-2.25	-2.62	-2.71	-2.36	1.84	7.05	13.41	20.46	25.38		
Kalsnava-107-14	Zd	0.00	-0.02	-0.01	-0.03	-0.07	-0.07	-0.02	-0.03	-0.05	-0.05		negatīva
	Zdkp	0.00	-0.01	-0.03	-0.05	-0.12	-0.19	-0.20	-0.24	-0.28	-0.34		
	Zmkp	0.14	-0.47	-0.89	-1.82	-4.31	-6.77	-7.52	-8.95	-10.94	-13.28		
Kopā	Zd	-0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	-0.02	-0.02	0.02		
	Zdkp	-0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.05	-0.08	0.09		
	Zmkp	-0.31	0.07	0.11	0.50	1.16	2.02	2.51	2.03	-1.93	6.05		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$



7.1. attēls. Priežu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) pēc kopšanas cirtes.

Egļu audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir $+0,14 \pm 0,14 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+4,45 \pm 6,02 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes $+0,05 \pm 0,30 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+0,52 \pm 15,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (7.7. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos, līdzīgi kā priežu audzēs, ir konstatētas 2 veidu ietekmes, kas viena otru kompensē:

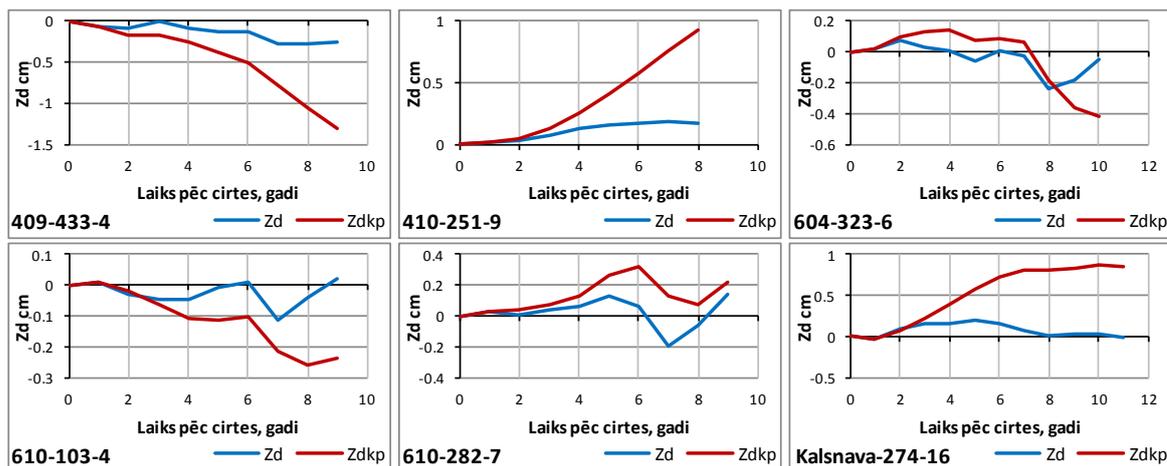
1. pozitīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gadus) nemainās, bet vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums (7.2. attēls).

7.7. tabula

Egļu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
409-433-4	Zd	-0.07	-0.09	-0.01	-0.08	-0.13	-0.13	-0.28	-0.27	-0.25			negatīva
	Zdkp	-0.07	-0.16	-0.17	-0.25	-0.38	-0.50	-0.79	-1.06	-1.30			
	Zmkp	-2.50	-6.42	-7.13	-10.78	-17.32	-24.24	-39.40	-54.88	-71.11			
410-251-9	Zd	0.02	0.03	0.07	0.13	0.15	0.17	0.18	0.17				pozitīva
	Zdkp	0.02	0.05	0.12	0.26	0.41	0.58	0.76	0.93				
	Zmkp	0.98	2.56	6.33	13.46	22.39	32.52	43.95	55.54				
604-323-6	Zd	0.02	0.08	0.03	0.00	-0.06	0.01	-0.03	-0.24	-0.18	-0.05		negatīva
	Zdkp	0.02	0.10	0.14	0.14	0.08	0.09	0.06	-0.18	-0.36	-0.41		
	Zmkp	0.73	3.49	4.89	5.21	3.09	3.71	2.61	-7.73	-15.93	-18.73		
610-103-4	Zd	0.01	-0.03	-0.05	-0.04	-0.00	0.01	-0.11	-0.04	0.02			negatīva
	Zdkp	0.01	-0.02	-0.06	-0.11	-0.11	-0.10	-0.22	-0.26	-0.24			
	Zmkp	0.67	-1.04	-3.74	-6.44	-6.90	-6.56	-13.98	-17.07	-16.26			
610-282-7	Zd	0.03	0.01	0.04	0.06	0.13	0.06	-0.19	-0.06	0.15			pozitīva
	Zdkp	0.03	0.04	0.08	0.14	0.26	0.33	0.13	0.08	0.22			
	Zmkp	0.98	1.22	2.58	4.68	9.42	12.01	5.07	2.90	8.78			
Kalsnava-274	Zd	-0.03	0.09	0.15	0.16	0.20	0.15	0.08	0.00	0.03	0.03		pozitīva
	Zdkp	-0.03	0.07	0.22	0.38	0.58	0.73	0.81	0.81	0.84	0.87		
	Zmkp	-0.60	1.71	5.67	10.19	16.04	20.83	23.74	24.33	25.84	27.61		
Kopā	Zd	-0.00	0.01	0.04	0.04	0.05	0.05	-0.06	-0.07	-0.05	-0.01		
	Zdkp	-0.00	0.01	0.05	0.09	0.14	0.19	0.13	0.05	-0.17	0.23		
	Zmkp	0.04	0.25	1.43	2.72	4.45	6.38	3.66	0.52	-13.74	4.44		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$



7.2. attēls. Egļu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) pēc kopšanas cirtes.

Bērzu audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir $-0,22 \pm 0,06 (\pm SE) \text{ cm}$ un $-6,13 \pm 1,93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes $-0,43 \pm 0,11 (\pm SE) \text{ cm}$ un $-13,26 \pm 4,07 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (7.8. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības 40-60 vecās audzēs ir statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) mazāks par nulli. Analizētajiem objektiem bērzu audzēs parādās 2 caurmēra pieauguma izmaiņas tendences:

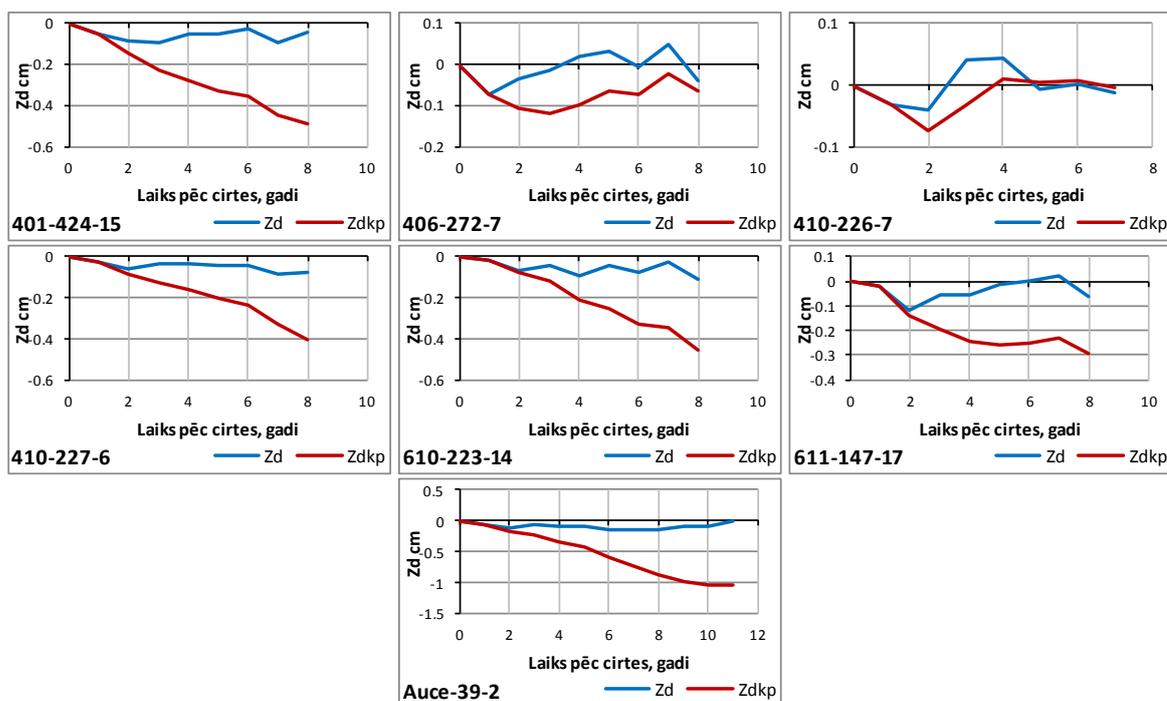
1. neitrāla - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes nemainās (sākotnēji ir nedaudz negatīvs, bet pēc tam pozitīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);
2. negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes samazinās (7.3. attēls).

7.8. tabula

Bērzu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
401-424-15	Zd	-0.05	-0.09	-0.09	-0.05	-0.05	-0.03	-0.09	-0.04				negatīva
	Zdkp	-0.05	-0.14	-0.23	-0.28	-0.33	-0.35	-0.45	-0.49				
	Zmkp	-1.07	-3.00	-5.03	-6.31	-7.58	-8.40	-10.88	-12.23				
406-272-7	Zd	-0.07	-0.03	-0.01	0.02	0.03	-0.01	0.05	-0.04				neitrāla
	Zdkp	-0.07	-0.11	-0.12	-0.10	-0.07	-0.07	-0.02	-0.06				
	Zmkp	-2.31	-3.41	-3.91	-3.30	-2.27	-2.56	-0.82	-2.35				
410-226-7	Zd	-0.03	-0.04	0.04	0.04	-0.01	0.00	-0.01				neitrāla	
	Zdkp	-0.03	-0.07	-0.03	0.01	0.01	0.01	-0.00					
	Zmkp	-0.82	-1.92	-0.86	0.31	0.15	0.22	-0.10					
410-227-6	Zd	-0.03	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.09	-0.08			negatīva	
	Zdkp	-0.03	-0.09	-0.12	-0.16	-0.20	-0.24	-0.33	-0.40				
	Zmkp	-0.71	-2.23	-3.29	-4.37	-5.57	-6.84	-9.50	-11.94				
610-223-14	Zd	-0.01	-0.07	-0.04	-0.09	-0.04	-0.08	-0.02	-0.11			negatīva	
	Zdkp	-0.01	-0.08	-0.12	-0.21	-0.25	-0.33	-0.35	-0.46				
	Zmkp	-0.29	-1.76	-2.75	-5.09	-6.45	-8.80	-9.81	-13.51				
611-147-17	Zd	-0.02	-0.12	-0.05	-0.05	-0.01	0.00	0.02	-0.06			neitrāla	
	Zdkp	-0.02	-0.14	-0.19	-0.25	-0.26	-0.25	-0.23	-0.29				
	Zmkp	-0.47	-3.17	-4.43	-5.80	-6.29	-6.34	-5.87	-7.71				
Auce-39-2	Zd	-0.06	-0.11	-0.06	-0.10	-0.10	-0.15	-0.15	-0.14	-0.09	-0.08	negatīva	
	Zdkp	-0.06	-0.17	-0.24	-0.34	-0.44	-0.59	-0.74	-0.88	-0.98	-1.05		
	Zmkp	-1.85	-5.50	-7.74	-11.23	-14.89	-20.49	-26.31	-31.84	-36.03	-39.78		
Kopā	Zd	-0.04	-0.07	-0.04	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.08	-0.09	-0.08		
	Zdkp	-0.04	-0.11	-0.15	-0.19	-0.22	-0.26	-0.30	-0.43	-0.98	-1.05		
	Zmkp	-1.07	-3.00	-4.00	-5.11	-6.13	-7.60	-9.04	-13.26	-36.03	-39.78		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$



7.3. attēls. Bērzu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zdkp) pēc kopšanas cirtes.

Apšu audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc kopšanas cirtes ir $+0,60 \pm 0,29 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+14,06 \pm 8,65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet astoņus gadus pēc kopšanas cirtes $+0,44 \pm 0,36 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+13,21 \pm 16,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (7.9. tabula).

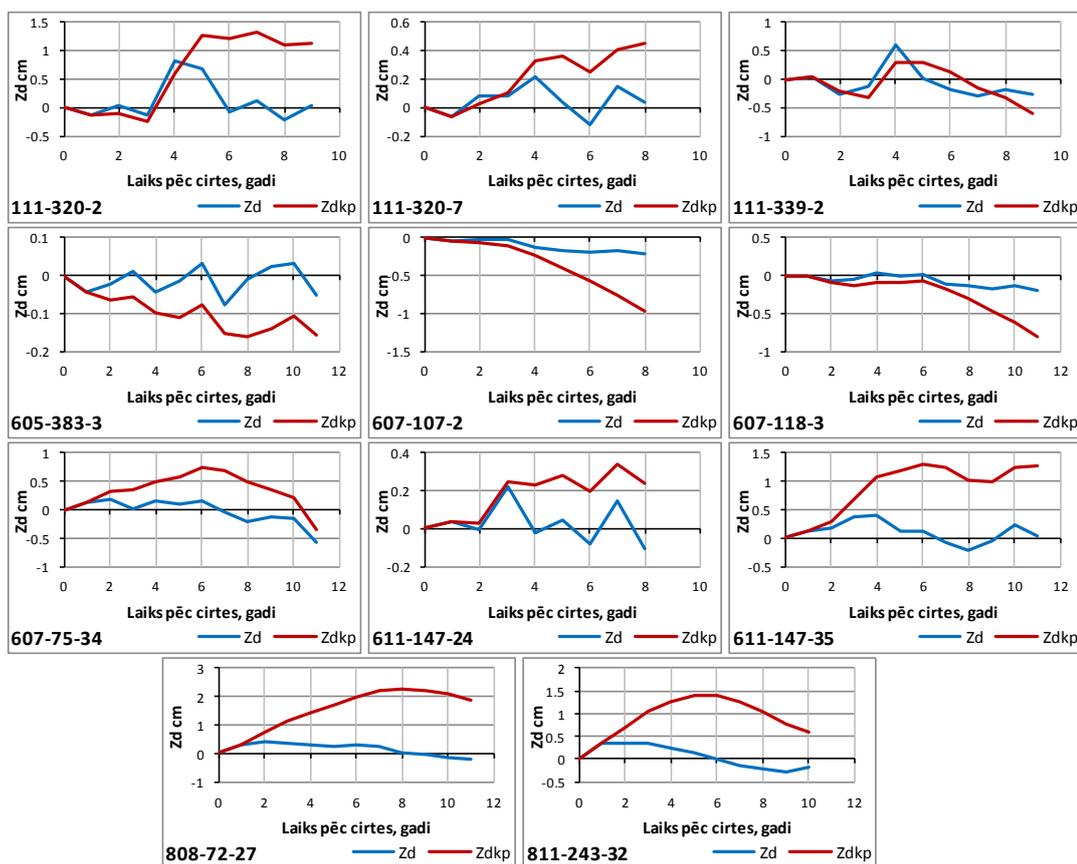
Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) neatšķiras no nulles, jo analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

1. pozitīvs - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes sākumā (1-5 gados) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. neitrāla - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes nemainās (sākotnēji ir nedaudz negatīvs, bet pēc tam pozitīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);
3. negatīva - caurmēra pieaugums pēc kopšanas cirtes samazinās (7.4. attēls).

Apšu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc kopšanas cirtes

Objekts	Rādītājs	Laiks pēc kopšanas cirtes, gadi										Ietekme	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
111-320-2	Zd	-0.13	0.03	-0.13	0.84	0.69	-0.07	0.12	-0.23	0.04			pozitīva
	Zdkp	-0.13	-0.11	-0.24	0.60	1.29	1.21	1.33	1.11	1.15			
	Zmkp	-1.21	-1.08	-2.72	8.32	20.57	22.09	27.14	24.80	28.16			
111-320-7	Zd	-0.06	0.09	0.08	0.22	0.04	-0.11	0.16	0.04				pozitīva
	Zdkp	-0.06	0.03	0.11	0.33	0.37	0.25	0.41	0.45				
	Zmkp	-1.77	0.76	3.53	11.25	13.66	9.98	16.55	18.64				
111-339-2	Zd	0.05	-0.25	-0.13	0.62	0.02	-0.17	-0.29	-0.18	-0.26			neitrāla
	Zdkp	0.05	-0.20	-0.33	0.29	0.31	0.14	-0.15	-0.33	-0.59			
	Zmkp	0.63	-2.82	-5.10	5.36	6.67	3.35	-4.03	-9.61	-19.18			
605-383-3	Zd	-0.04	-0.02	0.01	-0.04	-0.01	0.03	-0.08	-0.01	0.02	0.03		neitrāla
	Zdkp	-0.04	-0.06	-0.05	-0.10	-0.11	-0.08	-0.15	-0.16	-0.14	-0.11		
	Zmkp	-1.71	-2.63	-2.32	-4.26	-5.01	-3.61	-7.53	-8.41	-7.53	-6.00		
607-107-2	Zd	-0.04	-0.03	-0.02	-0.13	-0.16	-0.19	-0.18	-0.21				negatīva
	Zdkp	-0.04	-0.07	-0.10	-0.23	-0.39	-0.58	-0.75	-0.97				
	Zmkp	-1.97	-3.47	-4.75	-11.90	-21.54	-33.25	-45.32	-60.51				
607-118-3	Zd	-0.01	-0.07	-0.04	0.03	0.00	0.03	-0.10	-0.13	-0.18	-0.14		negatīva
	Zdkp	-0.01	-0.08	-0.12	-0.09	-0.09	-0.06	-0.17	-0.29	-0.47	-0.61		
	Zmkp	-0.42	-2.66	-4.36	-3.47	-3.42	-2.59	-7.01	-13.02	-22.13	-30.16		
607-75-34	Zd	0.13	0.19	0.03	0.15	0.10	0.15	-0.04	-0.22	-0.13	-0.14		pozitīva
	Zdkp	0.13	0.32	0.34	0.49	0.59	0.74	0.70	0.48	0.36	0.21		
	Zmkp	1.68	4.72	5.68	8.79	11.27	15.91	16.40	12.45	10.02	6.59		
611-147-24	Zd	0.04	-0.01	0.22	-0.02	0.05	-0.08	0.14	-0.10				neitrāla
	Zdkp	0.04	0.03	0.25	0.23	0.28	0.20	0.34	0.24				
	Zmkp	1.12	1.03	9.35	9.55	12.63	9.58	18.00	13.42				
611-147-35	Zd	0.12	0.17	0.38	0.39	0.12	0.13	-0.07	-0.21	-0.04	0.24		pozitīva
	Zdkp	0.12	0.29	0.67	1.07	1.19	1.32	1.25	1.03	1.00	1.24		
	Zmkp	1.74	4.81	12.43	21.58	25.11	30.10	30.65	27.79	29.04	38.28		
808-72-27	Zd	0.31	0.44	0.38	0.30	0.26	0.28	0.24	0.05	-0.02	-0.15		pozitīva
	Zdkp	0.31	0.75	1.13	1.44	1.70	1.97	2.21	2.26	2.24	2.09		
	Zmkp	6.25	17.47	30.15	42.40	54.54	70.91	88.03	99.20	106.26	105.15		
811-243-32	Zd	0.35	0.34	0.35	0.24	0.15	-0.01	-0.14	-0.21	-0.29	-0.18		pozitīva
	Zdkp	0.35	0.69	1.04	1.27	1.42	1.41	1.27	1.05	0.76	0.58		
	Zmkp	6.14	14.23	24.15	32.33	40.21	44.52	44.98	40.57	31.57	25.64		
Kopā	Zd	0.06	0.08	0.10	0.24	0.11	-0.00	-0.02	-0.13	-0.11	-0.06		
	Zdkp	0.06	0.14	0.25	0.48	0.60	0.59	0.57	0.44	0.54	0.57		
	Zmkp	0.95	2.76	6.00	10.90	14.06	15.18	16.17	13.21	19.53	23.25		

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums m³ha⁻¹



7.4. attēls. Apšu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) pēc kopšanas cirtes.

Līdzšinējais datu apjoms uzrāda tendences, ka

1. vecākās audzēs kopšanas cirtei nav vai ir negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, bet jaunākās audzēs šī ietekme ir pozitīva,
2. kopšanas ciršu papildus pieauguma efekts ir īslaicīgs.

Lai precīzāk un statistiski korekti raksturotu novēlotu kopšanas ciršu ietekmi uz kokaudzes augšanas gaitu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem un/vai taksācijas rādītāju izmaiņām kopšanas cirtes rezultātā, kā arī lai izstrādātu vienādojumus taksācijas rādītāju izmaiņu aprēķināšanai pēc kopšanas cirtes, nepieciešams lielāks datu apjoms.

8. Dabisko traucējumu ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums (P,E pieaugumu izmaiņas pēc vējgāzes vai ugunsgrēka 24 objekti).

8.1. Vējgāzes ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums

Materiāls un metodika

Kurzemes reģionā MAF projekta „Ekstrēmu vēju ātrumu ietekmes uz kokaudzes noturību novērtējums, lēmuma pieņemšanas atbalsta sistēmas izstrāde” 2005. gadā apsekotajos 1 km² lielajos kvadrātos tika izvēlētas egļu audzes, kurās vecums ir 40-60 gadi un 2005. gadā bija konstatēti grupveida vējgāzes bojājumi.

Kopā uzmērītas 9 egļu audzes (8.1. tabula).

8.1. tabula

Vējgāzes ietekmes novērtēšanai ierīkoto parauglaukumu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	PL	MT	I stāvs									II stāvs					
				A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹
1	7206-192-17	vejg	Dms	38	-0.3	1.0	9E1A+Ba	17.6	19.0	31	308	1300	6E4M+B;Ba	8.0	9.9	3	21	920
		kontrl	Dms	38	0.1	0.9	10E+A	17.5	18.1	28	266	1280	6E2Ba2M+B	8.1	11.8	3	23	740
2	7206-199-15	vejg	Ks	38	0.3	0.8	10E	19.5	17.6	24	210	800	10E	9.5	10.4	2	11	240
		kontrl	Ks	38	0.7	0.8	10E	17.7	16.6	23	197	940	10E	6.9	8.4	1	8	360
3	7206-200-8	vejg	Vr	40	-0.3	0.7	10E+B	19.7	19.9	24	244	780	9E1B1	8.4	9.9	1	10	260
		kontrl	Vr	40	-0.7	1.2	10E	20.3	20.8	39	418	1220	6E4L	9.1	11.3	1	8	160
4	8102-310-2	vejg	Vr	37	-0.2	0.8	10E	21.6	18.3	26	226	700	5Ba5E	4.9	9.8	2	10	620
		kontrl	Vr	37	-0.3	0.9	10E	21.2	18.6	28	253	780	7E3Ba	8.4	9.4	1	7	200
5	8102-310-21	vejg	Vr	38	0.9	0.6	10E	18.0	16.1	17	141	680	10E	7.0	9.4	1	9	380
		kontrl	Vr	38	0.8	0.8	10E+Oz	17.4	16.3	25	207	1040	10E	9.2	9.2	1	4	100
6	8102-310-4	vejg	Vr	50	1.1	1.0	10E	19.9	19.3	32	310	1040	10E	8.6	11.0	2	16	380
		kontrl	Vr	50	1.4	1.2	10E+Ba	17.1	18.4	37	357	1620	10E	7.5	9.0	3	19	660
7	8205-308-17	vejg	Dm	43	-0.5	1.0	10E+B	23.1	21.6	36	380	860	9E1B	12.1	13.2	2	14	180
		kontrl	Dm	43	-0.1	1.0	10E	20.5	20.3	35	366	1060	10E	9.3	9.5	4	25	620
8	8205-311-26	vejg	Vr	36	-0.4	0.7	10E+B	23.2	18.6	23	201	560	7E3B	9.0	11.0	0	2	60
		kontrl	Vr	36	-1.3	1.3	10E	23.6	20.6	43	425	980	10E	9.1	12.7	1	11	200
9	8306-343-2	vejg	Ks	45	0.0	0.9	8E1B1B1	21.4	20.9	29	302	860	10E	8.7	6.5	0	0	20
		kontrl	Ks	45	-0.8	1.3	10E	21.1	23.0	45	538	1300	10E	7.2	9.2	0	1	20

Lauku darbu metodika

Objektā ierīko 2 parauglaukumus, kuru lielums ir 500 m² (R=12,62m), vienu parauglaukumu ierīko audzes bojātajā daļā, bet otru audzes relatīvi (nav redzami tieši vējgāzes bojājumi (lauzti, gāzti koki)) nebojātajā daļā. Abi parauglaukumi ierīkoti līdzīgos augšanas apstākļos (meža tips, audzes iespējamā biežība pirms 2005. gada vētras, audzes augstums, audzes caurmērs utt.).

Parauglaukumā uzmērīti visi koki, kuru krūšaugstuma caurmērs ir lielāks par 6,0 cm, bet koki, kuriem krūšaugstuma caurmērs ir 2,1-6,0cm, uzmērīti 50 m² (R=3.99m) lielā platībā. Uzmērīti koki, kuri pēc vizuālā novērtējuma ir bijuši dzīvi pirms 2005. gada vētras un tiem fiksēts:

- suga,
- krūšaugstuma caurmērs (0,1cm),
- stāvs un krafta klase,
- stāvokļa klase (dzīvs, sausoknis, stumbeņis, kritala),
- bojājumus – to atrašanās vietu, bojājuma veidu un bojājuma pakāpi atbilstoši meža veselības monitoringa metodikā lietotajiem kodiem (7.1. un 7.2. tabulas),
- beigtajiem kokiem sadalīšanās pakāpi (7.3. tabula).

Parauglaukumā koku augstumi (ar 0,1m precizitāti) uzmērīti vismaz 12-15 I stāva valdošās koku sugas kokiem (dažādas dimensijas; 4-5 lieli, 4-5 vidēji, 4-5 mazi) un pārējiem meža elementiem (par vienu meža elementu uzskata vienas sugas kokus, kas atrodas vienā mežaudzes stāvā) 5 kokiem.

Ar Preslera svārpstu katrā parauglaukumā dažādas dimensijas valdošās koku sugas (egles) kokiem iegūti 24 koksnes paraugi radiālā pieaugumu noteikšanai.

Kamerālo darbu metodika

Audzes (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzmērīts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums aprēķināts I stāva eglēm katrā audzē salīdzinot audzes vējgāzes bojāto daļu ar audzes relatīvi vējgāzes nebojāto daļu (nav vizuālu vējgāzes bojājumu).

Krājas papildus pieaugumu pēc 2005. gada vējgāzes aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas (7.4. vienādojums).

Rezultāti

Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums piecus gadus pēc vējgāzes ir $+0,23 \pm 0,12 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+6,21 \pm 3,14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, bet deviņus gadus pēc vējgāzes $+0,58 \pm 0,26 (\pm SE) \text{ cm}$ un $+18,37 \pm 7,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Negatīvs krājas kumulatīvais papildus pieaugums 9 gadus pēc vējgāzes ir tikai divām audzēm, no kurām vienai (7206-199-15) pēc vējgāzes ir veikta kopšanas cirte. Visos objektos palikušo egļu krājas papildus pieaugums ir mazāks nekā 2005. gadā vējgāzes ietekmes rezultātā atmirušo koku krāja. Savukārt negatīvs caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums 9 gadus pēc vējgāzes ir tikai vienā objektā un tajā pašā, kurā pēc vējgāzes veikta kopšanas cirte (8.2. tabula).

8.2. tabula

Egļu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc 2005. gada vējgāzes

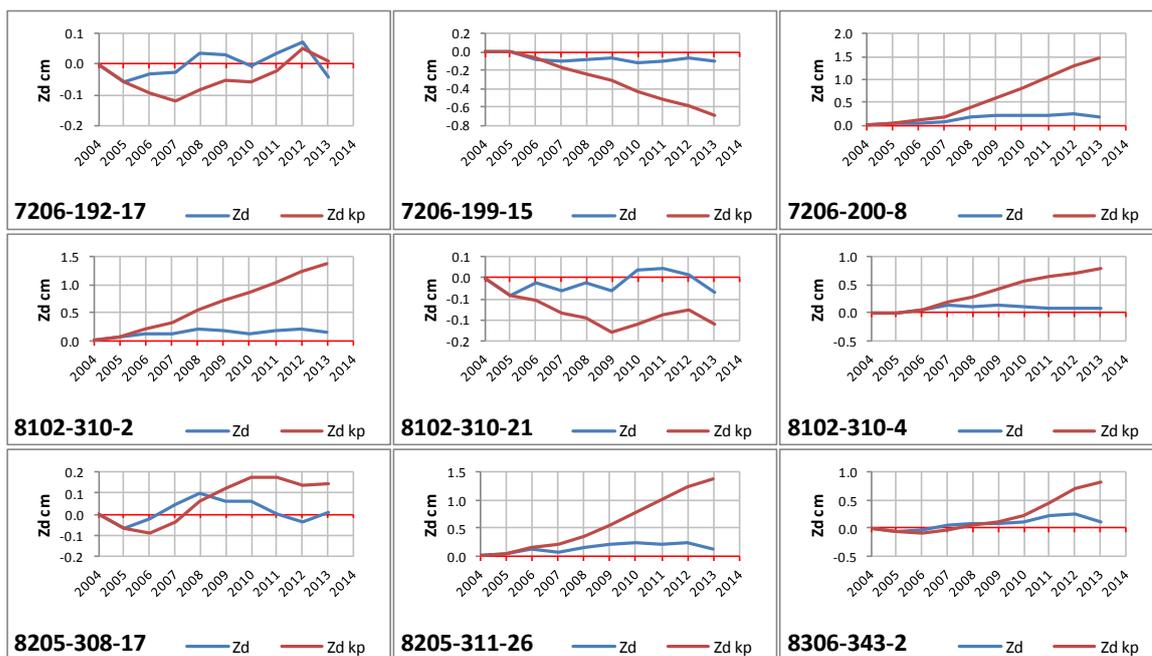
Objekts	Rādītājs	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Matm $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7206-192-17	Zd	-0.06	-0.03	-0.02	0.04	0.03	-0.01	0.03	0.07	-0.04	
	Zdkp	-0.06	-0.09	-0.12	-0.08	-0.05	-0.06	-0.02	0.05	0.01	
	Zmkp	-1.85	-3.03	-3.98	-2.96	-1.88	-2.22	-0.89	2.31	0.54	60.91
7206-199-15	Zd	0.01	-0.08	-0.10	-0.08	-0.06	-0.13	-0.09	-0.06	-0.11	
	Zdkp	0.01	-0.07	-0.16	-0.25	-0.30	-0.43	-0.52	-0.58	-0.69	
	Zmkp	0.22	-1.68	-4.19	-6.57	-8.52	-12.46	-15.71	-18.11	-22.26	20.03
7206-200-8	Zd	0.05	0.05	0.09	0.19	0.22	0.23	0.23	0.25	0.17	
	Zdkp	0.05	0.10	0.20	0.38	0.60	0.82	1.06	1.31	1.48	
	Zmkp	1.08	2.38	4.76	9.74	16.06	23.11	31.11	40.79	47.94	97.71
8102-310-2	Zd	0.07	0.14	0.11	0.22	0.18	0.13	0.19	0.20	0.14	
	Zdkp	0.07	0.21	0.32	0.54	0.72	0.85	1.04	1.25	1.39	
	Zmkp	1.50	4.42	7.09	12.49	17.47	21.66	27.66	34.78	39.97	49.97
8102-310-21	Zd	-0.04	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	0.02	0.02	0.01	-0.03	
	Zdkp	-0.04	-0.05	-0.08	-0.10	-0.13	-0.11	-0.09	-0.08	-0.11	
	Zmkp	-0.62	-0.81	-1.37	-1.65	-2.34	-2.09	-1.76	-1.70	-2.52	38.94
8102-310-4	Zd	-0.01	0.06	0.13	0.10	0.15	0.12	0.09	0.07	0.08	
	Zdkp	-0.01	0.06	0.18	0.28	0.43	0.55	0.65	0.72	0.79	
	Zmkp	-0.22	1.91	6.43	10.35	16.41	21.80	26.54	30.78	35.17	100.75
8205-308-17	Zd	-0.07	-0.02	0.05	0.10	0.06	0.06	0.18	0.14	0.15	
	Zdkp	-0.07	-0.09	-0.04	0.06	0.12	0.18	0.18	0.14	0.15	
	Zmkp	-2.23	-3.11	-1.45	2.26	4.75	7.34	7.75	6.28	6.97	49.40
8205-311-26	Zd	0.03	0.12	0.05	0.16	0.20	0.23	0.20	0.25	0.12	
	Zdkp	0.03	0.15	0.20	0.36	0.56	0.79	0.99	1.24	1.36	
	Zmkp	0.44	2.17	3.16	6.16	10.44	15.57	21.00	28.31	32.47	65.78
8306-343-2	Zd	-0.05	-0.03	0.06	0.07	0.07	0.11	0.23	0.25	0.12	
	Zdkp	-0.05	-0.08	-0.02	0.05	0.12	0.23	0.45	0.71	0.82	
	Zmkp	-1.26	-2.09	-0.61	1.46	3.51	6.75	13.87	22.45	27.08	157.70
Kopā	Zd	-0.01	0.02	0.04	0.09	0.09	0.08	0.10	0.11	0.05	
	Zdkp	-0.01	0.01	0.05	0.14	0.23	0.31	0.42	0.53	0.58	
	Zmkp	-0.33	0.02	1.09	3.48	6.21	8.83	12.18	16.21	18.37	71.24

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zdkp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm;
Zmkp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$

Tā kā uzmērīti ir radiālā pieaugumi, bet augstuma pieaugumi ir aprēķināti balstoties uz radiālo pieaugumu, vējgāzes ietekmes izvērtēšanai objektīvāks rādītājs ir caurmēra pieaugums nevis krājas pieaugums.

Caurmēra pieaugumam ir novērojamas 3 tendences:

1. caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gados) nemainās, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums,
3. caurmēra pieaugums pēc vētras sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk tas ir tāds pats kā kontroles daļā (8.1. attēls).



8.1. attēls. Egļu audžu ikgadējais caurmēra papildus pieaugums (Zd) un caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) pēc 2005. gada vējgāzes.

Lai precīzāk un statistiski korekti raksturotu vējgāzes ietekmi uz kokaudzes augšanas gaitu atkarībā no audzes taksācijas rādītājiem un/vai vējgāzes radīto postījumu intensitātes nepieciešams lielāks datu apjoms.

8.2. Ugunsgrēku ietekmes uz augšanas gaitu novērtējums

Materiāls un metodika

Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai 2013. gadā uzmērītas 15 audzes, kā arī izmantoti dati no iepriekšējos gados uzmērītajām 18 audzēm (8.3. un 8.4. tabula).

8.3. tabula

Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai 2013. gadā uzmērīto objektu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	MT	I stāvs									II stāvs							
			A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹		
1	408-184-6_1	Mr	102	1.3	1.0	10P+B	34.0	28.0	35.5	445.2	387								
2	408-184-6_2	Mr	102	2.1	0.5	10P	35.1	24.9	17.5	196.6	180								
3	408-184-8;9	Ln	102	0.5	0.9	6P4B	42.4	31.2	32.5	435.4	240	10B	21.6	19.8	0.2	1.7	5		
4	408-188-4	Ln	106	1.9	0.6	10P	36.1	25.9	23.0	268.1	225								
5	408-421-9	Mr	59	1.4	0.6	10P+B	24.2	20.6	21.7	207.8	470	10P	15.4	14.0	0.6	3.9	30		
6	408-521-13	Mr	31	0.8	0.7	10P	15.6	13.5	21.9	148.8	1140								
7	408-521-14	Mrs	32	2.2	0.5	10P	13.5	10.7	14.0	79.9	980	10P	8.6	6.4	0.1	0.5	20		
8	506-9-18	Dm	77	0.4	1.0	9P1B+E	29.0	27.5	35.3	440.6	540	10E	20.9	18.7	2.7	25.7	80		
9	506-9-3_1	Mr	40	2.9	0.4	10P	14.6	11.6	12.1	74.1	720								
10	506-9-3_2	Nd	32	1.0	0.6	10P	16.6	13.6	18.7	128.4	860								
11	507-285-11	Nd	58	2.2	0.7	10P	17.5	18.0	22.6	196.4	940								
12	507-285-21	Nd	143	4.0	0.2	10P	28.9	20.3	7.2	67.4	110								
13	Mezole-1	Ln	77	1.4	1.2	10P	25.4	24.2	41.6	461.4	820	10E	15.0	13.3	0.7	4.9	40		
14	Mezole-2	Mrs	75	2.6	0.8	10P	19.8	19.8	26.6	248.1	860								
15	Mezole-4	Ln	84	1.8	0.6	10P	26.6	23.7	23.3	252.8	420								

8.4. tabula

Ugunsgrēku ietekmes novērtēšanai iepriekšējos gados uzmērīto objektu taksācijas rādītāji

Nr. p.k.	Objekts	MT	I stāvs									II stāvs							
			A	Bon	Biez	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹	Sastāvs	D cm	H m	G m ² ha ⁻¹	M m ³ ha ⁻¹	N ha ⁻¹		
1	408-521-15	Dm	45	0.9	0.5	10P atsE	23.2	18.3	18.1	156.3	430	10E	9.6	10.6	0.1	0.5	10		
2	401-239-2	Mr	59	1.4	0.9	10P+B	19.5	20.7	31.1	304.7	1060								
3	401-239-6	Ln	121	2.5	0.5	10P	28.0	25.0	17.9	203.3	290								
4	401-239-8	Ln	124	2.3	0.7	10P	31.2	26.2	26.0	308.7	340								
5	408-521-23	Mr	50	0.9	0.8	10P atsE	21.0	19.9	27.6	258.8	800	10E	10.4	10.5	0.1	0.5	10		
6	408-94-32	Kv	109	3.2	1.0	10P	26.7	21.3	34.1	334.8	610	8B2P	10.7	12.9	0.6	3.7	60		
7	408-94-34	Mrs	57	2.0	0.8	10P	17.6	18.3	28.2	251.0	1160	10P	8.2	8.9	0.1	0.6	20		
8	408-97-2	Kv	98	3.6	1.0	10P	23.8	18.8	33.5	294.6	750	10P	9.6	11.0	0.2	1.3	30		
9	408-97-4	Mrs	50	1.1	0.9	10P	20.8	19.2	30.3	277.7	890	10P	7.6	12.0	0.0	0.3	10		
10	609-174-3	Dm	48	0.5	0.8	10P atsB	20.2	20.3	28.1	270.7	900								
11	609-174-5	Am	78	1.5	0.9	10P	26.6	24.1	32.1	355.4	580	10E	11.3	9.6	0.4	2.7	40		
12	610-175-11P	Am	65	1.2	1.0	10P	21.2	22.5	34.0	358.3	960								
13	710-166-11	Ln	68	1.2	0.8	10P atsE	26.2	23.1	29.1	308.2	540	10E	14.5	13.4	0.4	2.8	27		
14	710-166-12	Mr	43	1.6	0.4	10P	19.1	15.7	14.3	109.7	500								
15	710-166-7	Mr	90	2.1	0.6	10P atsE,B	31.6	23.7	20.6	223.6	264	10E	18.1	14.2	0.4	3.0	16		
16	710-167-6	As	70	1.3	0.8	10P atsE,B	27.1	23.2	29.9	321.5	520								
17	710-167-7	Sl	52	2.4	0.6	10P	20.0	16.0	19.5	151.6	620	8E2P	8.6	8.1	0.1	0.5	16		
18	710-167-8	Mr	69	2.6	0.7	9P1EatsB	21.9	18.7	22.2	197.5	592	10E	7.8	8.0	0.5	2.7	96		

Lauka darbu metodika

Izvēlētajās audzēs atkarībā no to lieluma, kā arī koku biezuma (skaita uz laukuma vienības) ierīko vienu vai vairākus 500 m² lielus apļveida parauglaukumus tā, lai audzē aprakstītu vismaz 50-100 koku. Parauglaukumu centrus nosaka subjektīvi, izvēloties iespējami vienveidīgus degšanas apstākļus un tā, lai parauglaukums pilnībā būtu degumā.

Visā parauglaukumā 12.62 m rādiusā (500m²) uzmēra visus kokus, kuru caurmērs krūšaugstumā pārsniedz 6,1 cm, kokus ar caurmēru no 2.1-6.0 cm uzmēra 5.64 m lielā rādiusā (100m²) (Donis, 2010).

Katram kokam nosaka horizontālo attālumu no parauglaukuma centra ar 0.1 m precizitāti un virzienu (azimutu no centra) ar 1° precizitāti. (Donis, 2010).

Katrā parauglaukumā visiem kokiem nosaka zemāk minētos raksturlielumus.

Katram kokam nosaka **stāvokļa klasi**:

- izdzīvojis - kokam saglabājušās vismaz daļa dzīvu (zaļu) skuju un miza (dzīva lūksne un kambijs);

- sausoknis - nokaltis koks, kuram nav zaļu skuju, vai pilnībā pa perimetru „nolobīta” miza. Kokam saglabājušies otrās pakāpes sānzari;

- stumbeņi - kokam saglabājušies tikai 1. pakāpes sānzari vai to nav vispār, koks nolauzts zem vainaga;
- kritāla - koks izgāzts, guļošs vai guļoša nolauzta koka daļa (Donis, 2010).

Kokus izdala pa **stāviem**:

1. stāvs – koks pieder koku kopai, kuras augstumu atšķirības no mežaudzes koku vidējā augstuma nepārsniedz 20 %;

2. stāvs – koks pieder 2. stāvam, ja to kopas koku vidējais augstums nav mazāks par vienu ceturtdaļu no mežaudzes pirmā stāva koku vidējā augstuma, kā arī to vidējais augstums nav mazāks par sešiem metriem (Donis, 2010).

Diametru mēra 1.3 m augstumā virs sakņu kakla ar precizitāti 0.1 cm visiem dzīvajiem kokiem, sausokņiem un stumbeņiem, bet izgāztajiem un guļošajiem kokiem to mēra 1.3 m attālumā no sakņu kakla.

Augstumu katrā objektā mēra 1. stāva 20 dažādu dimensiju priedēm ar 0.5 m precizitāti. Pārējiem meža elementiem - 9 kokiem, vai visiem, ja to skaits mazāks par 9.

Koku bojājuma pakāpes mērījumi katram kokam iegūti no pirmajā reizē ievāktajiem datiem, kur katram koka stumbram parauglaukumā noteikts **maksimālais** un **minimālais apdeguma augstums** ar precizitāti 2 dm par robežu starp degušo un nedegušo uzskatot vietu, kur 25 % no perimetra sektora vairāk nekā 50 % ir apdedzis, apogļojies; kokiem vizuāli ar 25 % precizitāti novērtēts **augšnes stāvoklis** 1m rādiusā ap koku:

- platība, kurā nodegusi zemsedze, %;
- platība, kurā atsegtas saknes, %;
- platība, kurā degušas saknes vai zem saknēm, % (Donis, 2010).

Koku urbšana pieauguma noteikšanai

Katrā objektā ar pieauguma svārpstiem izurbj 30 kokus, kas izvēlēti proporcionāli pa parauglaukumiem objektā. Urbj kokus, kuri atrodas tuvāk parauglaukuma centram. Lai koki tiktu izurbti pret dažādām debess pusēm, urbšanas virzienu izvēlas pret parauglaukuma centru.

Katram objektam kontroles kokus urbj tā paša nogabala nedegušajā daļā, vai netālu esošā līdzīgā (pēc taksācijas rādītājiem) nogabalā. Ja tuvumā nav atrasta piemērota kontroles audze, par kontroles audzēm izmantotas šajā un citos projektos uzņēmētās piemērotas audzes, kurās nav veikta saimnieciskā darbības pēdējos 20 gados. Katrā kontroles audzē pēc kārtas no dažādām debess pusēm urbj 40 kokus (priedes). Kā kontroles kokus izvēlas kokus, kas aug vismaz 30 m no deguma un nogabala malas.

Lai noteiktu koku vecumu, gan vērtējamās, gan kontroles audzes kokus urbj līdz serdei.

Kamerālo darbu metodika

Audzēs (parauglaukumu) taksācijas rādītāji un audzes papildus pieaugums aprēķināts programmā MS Excel. Koku radiālais pieaugums uzņēmēts, izmantojot gadskārtu platumu mērīšanas ierīci LINTAB-IV un datorprogrammu TSAP-Win™ Scientific.

Krājas papildus pieaugums aprēķināts katrā degušajā audzē I stāva priedēm tās salīdzinot ar līdzīgām nedegušām audzēm.

Krājas papildus pieaugumu pēc 2005. gada vējgāzes aprēķina pēc profesora I. Liepas (Liepa, 1996) izstrādātās metodikas (7.1. vienādojums).

Rezultāti

Analizē audzes sadalītas trīs vecuma grupās: 1) 31-60 gadus vecas audzes, 2) 61-90 gadus vecas audzes un 3) audzes, kas vecākas par 90 gadiem.

31-60 gadu vecas audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir $-0,48 \pm 0,40 (\pm SE)$ cm un $-1,32 \pm 1,16$ m³ha⁻¹, bet piecus gadus pēc ugunsgrēka $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE)$ cm un $-3,25 \pm 1,82$ m³ha⁻¹ (8.5. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) neatšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

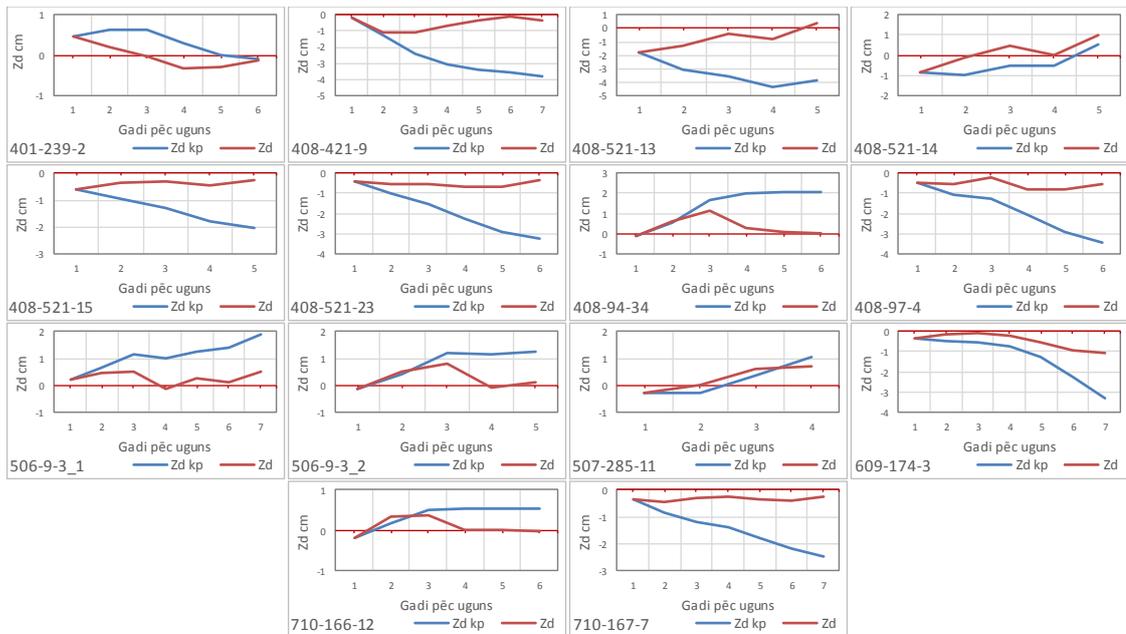
1. negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-5 gadus) ir negatīvs, kā arī vēlāk ir novērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka nemainās (sākotnēji ir nedaudz pozitīvs, bet pēc tam negatīvs un vēlāk izlīdzinās ar kontroles pieaugumiem);
3. pozitīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka 1. gadā ir pozitīvs vai negatīvs, bet vēlāk ir novērojams pozitīvs caurmēra papildus pieaugums (8.2. attēls).

8.5. tabula

31-60 gadu vecu priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka

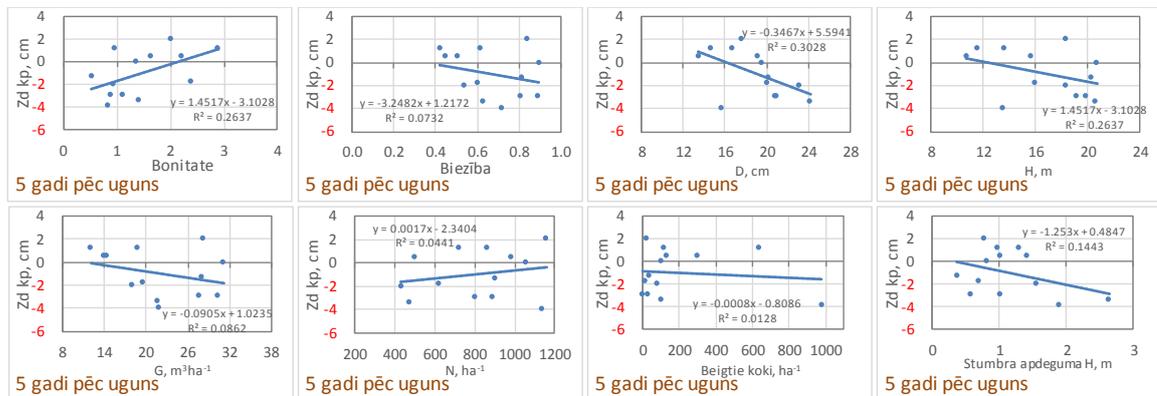
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
401-239-2	Zd	0.45	0.19	-0.02	-0.31	-0.29	-0.12	
	Zd kp	0.45	0.64	0.62	0.31	0.02	-0.10	
	Zm kp	1.98	2.87	2.83	1.44	0.09	-0.48	
408-421-9	Zd	-0.20	-1.09	-1.12	-0.67	-0.34	-0.11	-0.32
	Zd kp	-0.20	-1.28	-2.40	-3.07	-3.42	-3.52	-3.84
	Zm kp	-0.44	-3.01	-5.84	-7.69	-8.81	-9.37	-10.55
408-521-13	Zd	-1.79	-1.30	-0.42	-0.80	0.41		
	Zd kp	-1.79	-3.09	-3.51	-4.31	-3.90		
	Zm kp	-4.31	-7.90	-9.58	-12.49	-12.00		
408-521-14	Zd	-0.86	-0.11	0.46	0.02	1.02		
	Zd kp	-0.86	-0.97	-0.52	-0.50	0.53		
	Zm kp	-1.20	-1.45	-0.82	-0.84	0.96		
408-521-15	Zd	-0.63	-0.34	-0.33	-0.48	-0.24		
	Zd kp	-0.63	-0.97	-1.29	-1.77	-2.01		
	Zm kp	-1.19	-1.91	-2.64	-3.73	-4.38		
408-521-23	Zd	-0.42	-0.56	-0.57	-0.70	-0.65	-0.36	
	Zd kp	-0.42	-0.98	-1.55	-2.25	-2.90	-3.26	
	Zm kp	-1.45	-3.52	-5.73	-8.56	-11.31	-12.99	
408-94-34	Zd	-0.09	0.63	1.14	0.30	0.10	0.02	
	Zd kp	-0.09	0.54	1.68	1.97	2.07	2.09	
	Zm kp	-0.34	2.15	6.95	8.42	9.04	9.32	
408-97-4	Zd	-0.49	-0.57	-0.22	-0.77	-0.84	-0.55	
	Zd kp	-0.49	-1.06	-1.29	-2.06	-2.90	-3.45	
	Zm kp	-1.74	-3.96	-5.02	-8.34	-12.12	-14.92	
506-9-3_1	Zd	0.21	0.44	0.51	-0.14	0.25	0.14	0.50
	Zd kp	0.21	0.64	1.15	1.01	1.26	1.40	1.90
	Zm kp	0.22	0.74	1.40	1.29	1.69	1.95	2.78
506-9-3_2	Zd	-0.12	0.53	0.80	-0.08	0.13		
	Zd kp	-0.12	0.41	1.20	1.13	1.26		
	Zm kp	-0.24	0.83	2.61	2.58	3.03		
507-285-11	Zd	-0.29	0.03	0.63	0.70			
	Zd kp	-0.29	-0.26	0.36	1.07			
	Zm kp	-0.97	-0.89	1.27	3.80			
609-174-3	Zd	-0.33	-0.14	-0.09	-0.21	-0.51	-0.96	-1.05
	Zd kp	-0.33	-0.47	-0.56	-0.77	-1.28	-2.24	-3.29
	Zm kp	-1.16	-1.73	-2.14	-3.02	-5.19	-9.34	-14.10
710-166-12	Zd	-0.18	0.33	0.36	0.01	0.02	-0.02	
	Zd kp	-0.18	0.16	0.51	0.53	0.55	0.52	
	Zm kp	-0.27	0.24	0.83	0.89	0.96	0.95	
710-167-7	Zd	-0.37	-0.47	-0.33	-0.25	-0.37	-0.42	-0.28
	Zd kp	-0.37	-0.84	-1.17	-1.42	-1.78	-2.20	-2.48
	Zm kp	-0.79	-1.83	-2.61	-3.22	-4.15	-5.23	-6.03
Kopā	Zd	-0.36	-0.18	0.06	-0.24	-0.10	-0.26	-0.29
	Zd kp	-0.36	-0.54	-0.48	-0.72	-0.96	-1.20	-1.93
	Zm kp	-0.85	-1.38	-1.32	-2.11	-3.25	-4.46	-6.97

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{cm}^3\text{ha}^{-1}$.



8.2. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) 31-60 gadu vecās audzēs.

Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 31-60 gadu vecās audzēs (8.3. attēls).



8.3. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 31-60 gadu vecās audzēs.

61-90 gadu vecas audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir $-1,00 \pm 0,35 (\pm SE)$ cm un $-4,27 \pm 1,68$ $m^3 ha^{-1}$, bet piecus gadus pēc ugunsgrēka $-1,57 \pm 0,56 (\pm SE)$ cm un $-6,81 \pm 2,64 m^3 ha^{-1}$ (8.6. tabula).

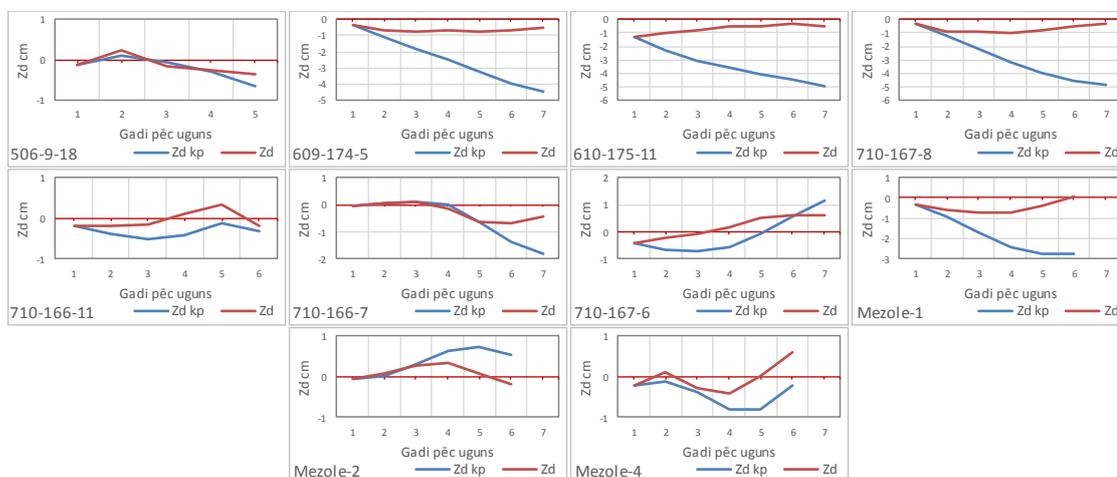
Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) neatšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

1. negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir negatīvs, bet vēlāk ir novērojams gan negatīvs, gan pozitīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir neitrāls, bet vēlāk ir vērojams gan pozitīvs, gan negatīvs papildus pieaugums (8.4. attēls).

61-90 gadu vecu priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka

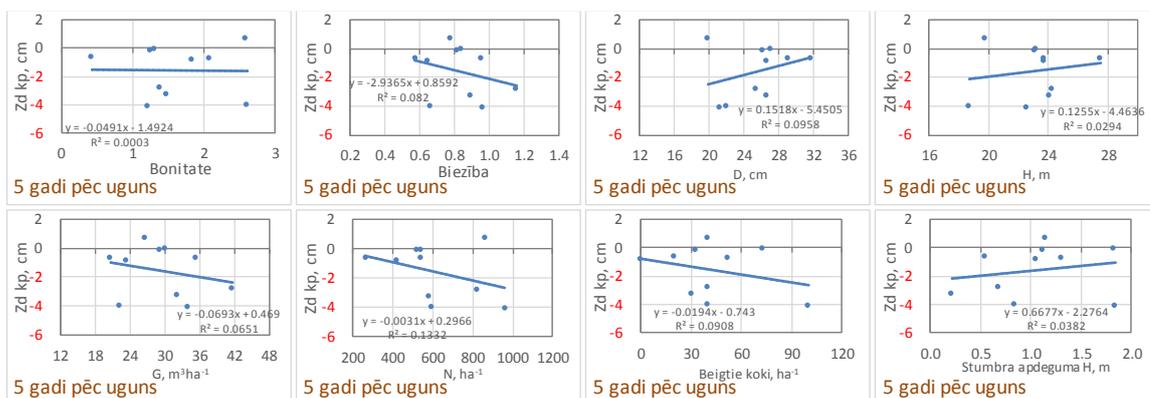
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
506-9-18	Zd	-0.13	0.22	-0.15	-0.25	-0.35		
	Zd kp	-0.13	0.10	-0.05	-0.30	-0.64		
	Zm kp	-0.58	0.45	-0.23	-1.44	-3.16		
609-174-5	Zd	-0.38	-0.68	-0.74	-0.68	-0.78	-0.67	-0.49
	Zd kp	-0.38	-1.06	-1.80	-2.48	-3.26	-3.93	-4.42
	Zm kp	-1.54	-4.33	-7.43	-10.39	-13.85	-16.95	-19.33
610-175-11	Zd	-1.28	-0.97	-0.81	-0.56	-0.49	-0.33	-0.51
	Zd kp	-1.28	-2.25	-3.06	-3.62	-4.11	-4.43	-4.94
	Zm kp	-6.21	-11.17	-15.59	-18.91	-22.01	-24.24	-27.50
710-167-8	Zd	-0.35	-0.88	-0.94	-1.03	-0.79	-0.54	-0.33
	Zd kp	-0.35	-1.23	-2.17	-3.20	-3.99	-4.54	-4.86
	Zm kp	-0.88	-3.17	-5.74	-8.69	-11.11	-12.97	-14.29
710-166-11	Zd	-0.19	-0.20	-0.14	0.10	0.32	-0.19	
	Zd kp	-0.19	-0.39	-0.53	-0.44	-0.11	-0.31	
	Zm kp	-0.64	-1.33	-1.85	-1.55	-0.41	-1.14	
710-166-7	Zd	-0.03	0.06	0.09	-0.14	-0.64	-0.71	-0.42
	Zd kp	-0.03	0.04	0.12	-0.02	-0.66	-1.37	-1.80
	Zm kp	-0.06	0.08	0.26	-0.04	-1.42	-2.98	-3.94
710-167-6	Zd	-0.41	-0.25	-0.08	0.15	0.52	0.63	0.59
	Zd kp	-0.41	-0.65	-0.73	-0.58	-0.06	0.57	1.17
	Zm kp	-1.30	-2.14	-2.43	-1.96	-0.20	2.03	4.23
Mezole-1	Zd	-0.34	-0.61	-0.73	-0.72	-0.37	0.05	
	Zd kp	-0.34	-0.95	-1.68	-2.41	-2.78	-2.74	
	Zm kp	-1.86	-5.34	-9.61	-13.94	-16.31	-16.26	
Mezole-2	Zd	-0.05	0.06	0.28	0.35	0.08	-0.18	
	Zd kp	-0.05	0.01	0.29	0.63	0.71	0.53	
	Zm kp	-0.19	0.02	1.08	2.44	2.81	2.13	
Mezole-4	Zd	-0.22	0.10	-0.28	-0.41	0.01	0.58	
	Zd kp	-0.22	-0.12	-0.40	-0.82	-0.81	-0.23	
	Zm kp	-0.62	-0.35	-1.18	-2.42	-2.44	-0.70	
Kopā	Zd	-0.34	-0.31	-0.35	-0.32	-0.25	-0.15	-0.23
	Zd kp	-0.34	-0.65	-1.00	-1.32	-1.57	-1.83	-2.97
	Zm kp	-1.39	-2.73	-4.27	-5.69	-6.81	-7.90	-12.17

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums $\text{cm}^3\text{ha}^{-1}$.



8.4. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) 61-90 gadu vecās audzēs.

Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 61-90 gadu vecās audzēs (8.5. attēls).



8.5. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biezības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 61-90 gadu vecās audzēs.

91 gadu un vecākas audzes. Analizēto objektu aritmētiski vidējais caurmēra un krājas kumulatīvais papildus pieaugums trīs gadus pēc ugunsgrēka ir $-0,52 \pm 0,45 (\pm SE)$ cm un $-0,90 \pm 1,22$ m³ha⁻¹, bet piecus gadus pēc ugunsgrēka $-1,60 \pm 0,66 (\pm SE)$ cm un $-4,32 \pm 1,86$ m³ha⁻¹ (8.7. tabula).

Aritmētiski vidējās kumulatīvā papildus pieauguma vērtības statistiski būtiski ($\alpha=0,05$) atšķiras no nulles. Analizētajos objektos caurmēra pieaugums var būt:

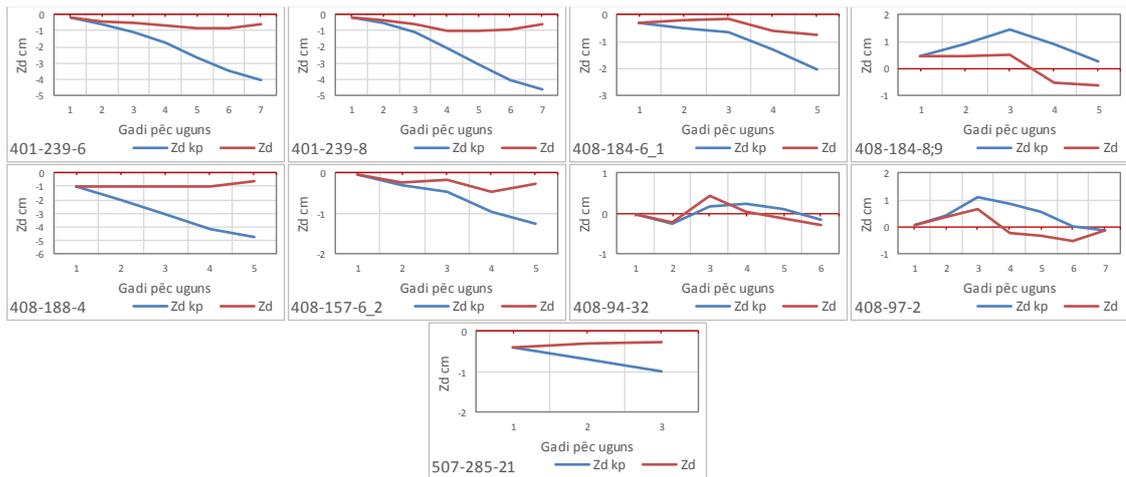
1. negatīvs - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir negatīvs, kā arī vēlāk ir vērojams negatīvs caurmēra papildus pieaugums;
2. neitrāls - caurmēra pieaugums pēc ugunsgrēka sākumā (1-3 gadus) ir pozitīvs vai neitrāls, bet vēlāk ir vērojams papildus pieauguma samazinājums (8.6. attēls).

8.7. tabula

91 gadu un vecāku priežu audžu caurmēra un krājas papildus pieaugums pēc ugunsgrēka

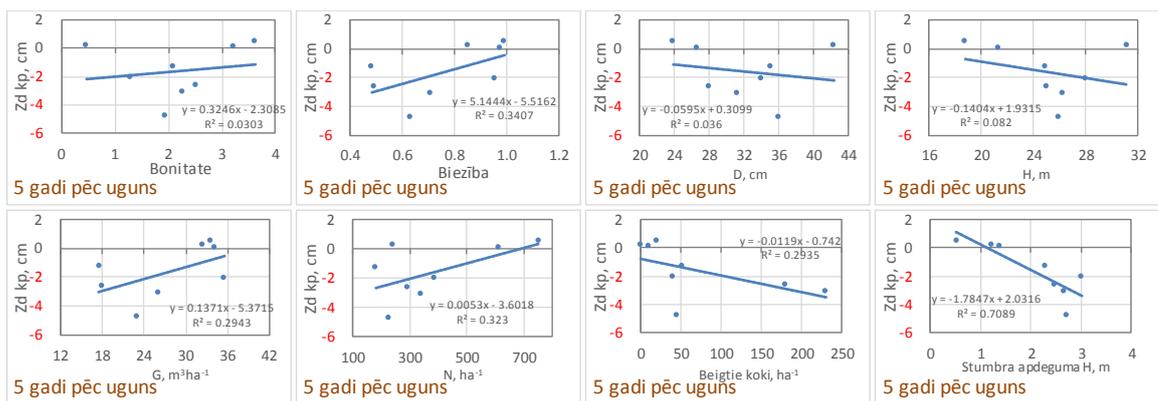
Objekts	Rādītājs	Gadi pēc ugunsgrēka						
		1	2	3	4	5	6	7
401-239-6	Zd	-0.15	-0.44	-0.49	-0.68	-0.86	-0.88	-0.57
	Zd kp	-0.15	-0.59	-1.08	-1.76	-2.61	-3.49	-4.06
	Zm kp	-0.33	-1.34	-2.47	-4.07	-6.10	-8.22	-9.66
401-239-8	Zd	-0.16	-0.32	-0.64	-0.99	-0.98	-0.97	-0.57
	Zd kp	-0.16	-0.48	-1.12	-2.11	-3.09	-4.05	-4.63
	Zm kp	-0.50	-1.48	-3.47	-6.61	-9.74	-12.89	-14.87
408-184-6_1	Zd	-0.32	-0.20	-0.14	-0.62	-0.75		
	Zd kp	-0.32	-0.51	-0.65	-1.27	-2.02		
	Zm kp	-1.26	-2.08	-2.69	-5.30	-8.51		
408-184-8;9	Zd	0.43	0.47	0.52	-0.55	-0.63		
	Zd kp	0.43	0.91	1.43	0.88	0.25		
	Zm kp	1.34	2.85	4.55	2.85	0.82		
408-188-4	Zd	-0.99	-1.05	-1.03	-1.05	-0.63		
	Zd kp	-0.99	-2.04	-3.08	-4.13	-4.77		
	Zm kp	-2.24	-4.68	-7.14	-9.70	-11.31		
408-184-6_2	Zd	-0.05	-0.25	-0.18	-0.49	-0.28		
	Zd kp	-0.05	-0.30	-0.48	-0.96	-1.25		
	Zm kp	-0.08	-0.50	-0.83	-1.68	-2.21		
408-94-32	Zd	-0.03	-0.21	0.43	0.05	-0.13	-0.28	
	Zd kp	-0.03	-0.24	0.18	0.23	0.11	-0.17	
	Zm kp	-0.10	-0.88	0.69	0.91	0.43	-0.69	
408-97-2	Zd	0.06	0.36	0.68	-0.23	-0.32	-0.54	-0.12
	Zd kp	0.06	0.42	1.10	0.87	0.55	0.01	-0.12
	Zm kp	0.22	1.49	4.00	3.25	2.09	0.02	-0.46
507-285-21	Zd	-0.40	-0.31	-0.27				
	Zd kp	-0.40	-0.71	-0.98				
	Zm kp	-0.29	-0.52	-0.73				
Kopā	Zd	-0.18	-0.22	-0.13	-0.57	-0.57	-0.67	-0.42
	Zd kp	-0.18	-0.39	-0.52	-1.03	-1.60	-1.93	-2.93
	Zm kp	-0.36	-0.79	-0.90	-2.55	-4.32	-5.44	-8.33

Zd - caurmēra ikgadējais papildus pieaugums, cm; Zd kp - caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums, cm; Zm kp - krājas kumulatīvais papildus pieaugums cm³ha⁻¹.



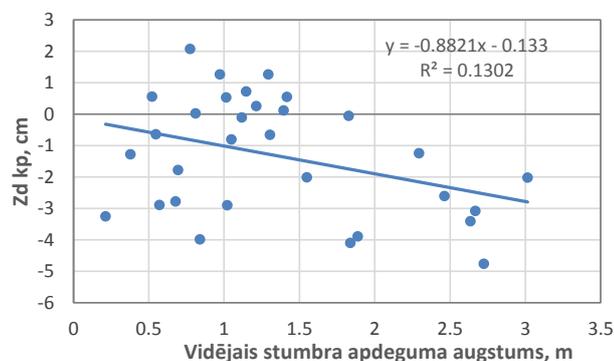
8.6. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) un ikgadējais papildus pieaugums (Zd) vecākās audzēs par 90 gadiem.

Starp caurmēra kumulatīvo papildus pieaugumu un audzes vidējo stumbra apdeguma augstumu konstatēta statistiski būtiska negatīva korelācija ($r=-0,842$). Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums nav atkarīgs no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita 91 gadu un vecākās audzēs (8.7. attēls).



8.7. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no audzes bonitātes, biežības, vidējā kvadrātiskā diametra, augstuma, šķērslaukuma, koku skaita, beigto koku skaita, vidējā stumbra apdeguma augstuma 91 gadu un vecākās audzēs.

Vistiešāk caurmēra kumulatīvo papildus pieaugumu ietekmē koku stumbru apdeguma augstums. Pie vidējā stumbra apdeguma augstuma līdz 1,5 metriem caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums var būt gan pozitīvs, gan negatīvs, bet virs 1,5 metriem tas ir negatīvs (8.8. attēls).



8.8. attēls. Caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums (Zd kp) atkarībā no aritmētiski vidējā stumbra apdeguma augstuma.

Secinājumi

1. Izstrādāts vidējā kvadrātiskā caurmēra koka augstuma pieauguma vienādojums, kurš balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi augstuma pieaugumu var prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti.
2. Izstrādāti vienādojumi audzes vidējā augstuma un audzes virsaugstuma sakarības aproksimācijai.
3. Izstrādāts vidējā kvadrātiskā caurmēra pieauguma vienādojums, kurš balstīts uz vispārinātās algebriskās diferences pieeju, tādējādi augstuma pieaugumu var prognozēt zinot tikai audzes augstumu un vecumu, bet nav nepieciešama informācija par bonitāti. Tomēr tālākajos pētījumos būtu nepieciešams vienādojumu papildināt ar vēl vienu mainīgo, kas raksturotu meža elementa sociālo stāvokli un/vai koku savstarpējo konkurenci.
4. Izstrādāts jauns vienādojums koku skaita izmaiņu modelēšanai atkarībā no kokaudzes šķērslaukuma un vidējā kvadrātiskā koka caurmēra vai tā augstuma.
5. Aproksimētas jaunas koeficientu vērtības vienādojumam faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanai.
6. Izstrādāts jauns vienādojums audzes dabiskā atmiruma modelēšanai atkarībā no kokaudzes šķērslaukuma un krūšaugstuma vecuma. Turpmākajos pētījumos būtu nepieciešams papildināt esošo vienādojumu ar vēl vienu mainīgo rādītāju, kas raksturotu koku savstarpējo konkurenci (piemēram, kokaudzes biezība).
7. Visām koku sugām radiālā pieauguma svārstības visās vecuma grupās ir sinhronas, pie tam jaunākās audzēs radiālā pieauguma svārstības ir lielākā diapazonā nekā vecākās audzēs. Jaunākajās audzēs (20-40 gadi) novērojams trends – radiālā pieauguma samazinājums, kas visticamāk izskaidrojams ar radiālā pieauguma samazināšanos pēc tā kulminācijas.
8. Nevienā no 15 ierīkotajiem objektiem (33 parauglaukumi) grāvju renovācija nav devusi būtisku mežaudžu ražības pieaugumu visā nogabalā kopumā. Taču grāvju renovācijas kvalitāte būtiski ietekmē mežaudzes ražību – audzēs, kas lokalizētas meliorācijas sistēmās, kuras novērtētas kā labas, pēdējo 5 gadskārtu vidējais platums ir būtiski lielāks nekā audzēs, kas atrodas pie sliktākā kvalitātē atjaunotiem grāvjiem.
9. Novēlotām krājas kopšanas cirtēm 40-60 gadus vecās skuju koku audzēs ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz koku radiālo papildus pieaugumu, 40-60 gadus vecās bērzu audzēs vai nu nav vai arī ir negatīva ietekme, bet 21-40 gadus vecās apšu audzēs vai nu nav, vai arī ir gan pozitīva, gan negatīva ietekme. Lai precīzāk raksturotu novēlotu krājas kopšanas ciršu ietekmi uz audzes taksācijas rādītāju izmaiņām, nepieciešams papildināt datu apjomu. Pašreiz nav pamats ieviest korekcijas koeficientu papildus pieauguma ievērtēšanai modeļos.
10. Analizētajos objektos egļu audzēs pēc 2005. gada vējgāzes sāktnēji (1-5 gadi) ir negatīvs vai neitrāls caurmēra papildus pieaugums, bet vēlāk ir pozitīvs caurmēra papildus pieaugums. Pašreiz nav pamata ieviest korekcijas koeficientu papildus pieauguma ietveršanai augšanas gaitas modeļos.
11. Priežu audžu aritmētiski vidējais piecu gadu kumulatīvais caurmēra papildus pieaugums pēc ugunsgrēka 31-60 gadus vecās audzēs ir $-0,96 \pm 0,56 (\pm SE) \text{cm}$, 61-90 gadus vecās audzēs - $1,57 \pm 0,56 \text{cm}$ un vecākās audzēs par 90 gadiem $-1,60 \pm 0,66 \text{cm}$. Lai gan visās vecuma grupās caurmēra kumulatīvais papildus pieaugums ir negatīvs (61 gadi un vecākās audzēs pat būtiski negatīvs), tomēr visās vecuma grupās ir konstatētas arī audzes, kurā pēc ugunsgrēka caurmēra papildus pieaugums ir pozitīvs vai caurmēra papildus pieauguma nav.

Literatūra

Czieszewski, C.J., Bailey, R.L. 2000. Generalized algebraic difference approach: Theory based derivations with polymorphism and variable asymptotes. For.Sci 46 (1) 115-126

Donis J. (projekta vad.), (2012) Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana, izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventurizācijas datus. Pārskats. 111 lpp: Pieejams http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/2012_gada_izpetes_projektu_atskaites/?doc=15450

Donis J. Meža ugunsgrēka ietekmes uz koka dzīvotspēju novērtēšanas metodikas izstrāde. 2010. [skatīts 2012. gada 30. martā]. Pieejams http://www.lvm.lv/lat/lvm/zinatniskie_petijumi/?doc=12047

Liepa, I. (1996) Pieauguma mācība. Jelgava. 123 lpp.

Ozols, J. 1926. Meža taksācija un mežierīcība. Rokas grāmata mežkopjiem. Rīga. Mežu departamenta izdevums. 173 lpp.

Sacenieks, R., Matuzānis, J. (1964) Mežsaimniecības tabulas. Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 207 lpp.

Sarma, P. (1948). Meža taksācija. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 590. lpp.

Spiecker, H. 1999. Overview of recent growth trends in European forests. Water Air and Soil Pollution. 116: 33-46.

Pretzsch H. 20010 Forest dynamics, growth and yield. From measurement to model. Berlin, Heidelberg

Springer, 2010.

Skudra, P. Dreimanis, A., (1993) Mežsaimniecības pamati. - R.: Zvaigzne. 262 lpp

Матузанис, Я.К. (ред.) (1988) Нормативы для таксации леса Латвийской ССР, Рига. ст. 176.