



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

L-KC-11-0004

Pārskats par pētījuma

Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai

virziena

Potenciālo klimata izmaiņu ietekmes vērtējums un kvantifikācija

7. aktivitātes rezultātu izpildi

**Pētījums veikts sadarbībā ar:
Latvijas Valsts mežzinātnes institūtu „Silava”
AS „Latvijas valsts meži”
SIA "MNKC"**

Virziena vadītājs _____ Āris Jansons

2014.gada jūlijs

Konstatēto un prognozēto veģetācijas perioda garuma izmaiņu ietekmes uz koku vitalitāti un kvalitāti izpētes rezultātu apraksts

KOPSAVILKUMS

Klimata izmaiņu ietekmē sagaidāma nozīmīga veģetācijas perioda garuma palielināšanās, un līdz ar to paredzamas koku ikgadējā augšanas cikla procesu izmaiņas. Skujkokiem Latvijā sagaidāma pastiprināta papildpieauguma jeb augusta dzinumu veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē pēc galvenā pieauguma izbeigšanās, ko sekmē augstāka gaisa temperatūra augusta pirmajās divās nedēļās. Pētījumos atzīmēta augusta dzinumu iespējamā ietekme uz koka stumbra kvalitāti, veicinot padēlu veidošanos, tomēr pētījumu par padēlu saglabāšanos turpmākās koka dzīves laikā, tādējādi ietekmējot tā stumbra monetāro vērtību, ir maz, jo šādi izpētei nepieciešami vai nu ļoti ilglaicīgi vienas un tās pašas paraugkopas novērojumi, vai pēdējā desmitgadē izmantotā pieauguša koka iekšējās zarojuma struktūras rekonstrukcija ar datortomogrāfiju, kas ir dārga un laikietilpīga, tādēļ līdz šim veikta ļoti nelielam koku skaitam. Saistībā ar audzes vecumu mūsu pētījumā nav konstatēta koku ar augusta dzinumiem īpatsvara izmaiņu tendence (analizēto jaunaudzju vecums 3–9 gadi), taču abām sugām konstatēta statistiski būtiska ģenētikas (ģimenes) ietekme uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru. Meža tipa ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru statistiski būtiska ir priedei: lielākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars konstatēts šaurlapju kūdrēnī. Nozīmīgs augusta dzinumu veidošanās cēlonis (neatkarīgi no meža tipa) priedei var būt dendrofāgo kukaiņu bojājumi, turpretī saikne starp augusta dzinumu veidošanos un pārnadžu izraisītiem bojājumiem nav novērota. Eglei vairāk augusta dzinumu veidojas tās augšanai piemērotākos vides apstākļos. Konstatēts, ka augusta dzinumi priedei apmēram pusē gadījumu izraisa arī pēc 1-2 veģetācijas sezonām redzamu padēla veidošanos (saikne ir statistiski būtiska), kas liecina par augusta dzinumu negatīvu ietekmi uz stumbra kvalitāti, vismaz jaunaudzes vecumā.

Kompleksi vērtējot 3 sezonu mērījumu datus, var secināt, ka:

- 1) priežu jaunaudzju ierīkošana šaurlapju kūdrēnī saistīta ar paaugstinātu padēlu veidošanās varbūtību un rekomendējama tikai pēc tās ekonomiskās ietekmes izvērtēšanas;
- 2) ņemot vērā, ka klimata izmaiņu ietekmē veidosies apstākļi, kuros sagaidāma biežāka augusta dzinumu un padēlu veidošanās, kā arī ievērojamo koku ģenētikas ietekmi uz šīm pazīmēm (augusta dzinumu un padēlu veidošanos), rekomendējams tās vērtēt meža selekcijas procesā, neiekļaujot sēklu plantāciju klonu skaitā tādus, kuriem konstatēts augsts pēcnācēju ar augusta dzinumiem īpatsvars.

SATURS

1. Veģetācijas perioda izmaiņu prognozes un to iespējamā ietekme uz koku augšanu.....	3
1.1. Veģetācijas periodu raksturojošie rādītāji un to prognozētās izmaiņas	3
1.2. Papildpieauguma veidošanos ietekmējošie faktori	19
1.3. Padēlu veidošanās jaunaudzes vecumā ietekme uz koka stumbra kvalitāti	25
2. Papildpieauguma novērtēšanas metodika.....	32
3. Augusta dzinumu sastopamības, izraisīto faktoru un ietekmes novērtēšanas rezultāti....	36
3.1. Augusta dzinumu vērtējums priedei.....	36
3.2. Augusta dzinumu vērtējums eglei.....	54
Izmantotā literatūra	64

1. Veģetācijas perioda izmaiņu prognozes un to iespējamā ietekme uz koku augšanu

1.1. Veģetācijas periodu raksturojošie rādītāji un to prognozētās izmaiņas

Veģetācijas perioda garums uzskatāms par nozīmīgāko rādītāju, kas ietekmē mežaudžu produktivitāti. Veģetācijas perioda garums nosaka gan to, kādu koku sugu augšanai/audzēšanai konkrētā vieta ir piemērota (Krauklis, Zariņa, 2002), gan arī, kādas proveniencas, klonus konkrētajā vietā ieteicams izmantot. Augstāka ražība vienmēr būs tiem kokiem, kas spēj optimāli izmantot visu pieejamo veģetācijas perioda garumu. Jāņem vērā, ka visi koka ikgadējie augšanas procesi ir savstarpēji saistīti un izkārtoti tā, lai katrā konkrētā laika brīdī maksimumā nebūtu vairāki no tiem. Piemēram, priedes aktīvās augšanas sezona sākas ar pumpuru uzbriešanu un augstuma pieauguma veidošanos. Tā sākas 1 – 2 nedēļas pirms koksnes veidošanās sākuma (Schmitt et al., 2004), savukārt 1 – 2 nedēļas pēc augstuma pieauguma kulminācijas sākuma veidošanās. Liela daļa no agrīnās koksnes veidošanās notiek tajā pašā laikā, kad augstuma pieauguma formēšanās, taču šo procesu intensitātes kulminācijas ir laikā nobīdītas (Campbell, 1974). Vēlīnās koksnes aktīva veidošanās notiek pēc augstuma pieauguma izbeigšanās (Stähl, 1998). Rudenī pēc radiālā pieauguma kulminē sakņu pieaugums. Salcietības veidošanās sākas vienlaikus ar nākamā gada pumpuru formēšanos. Straujāk salcietības sliekšnis paaugstinās pēc pumpuru noformēšanās (Hurme, 1997).

Evolūcijas procesā izdzīvojuši tie īpatņi, kas konkrētās vietas apstākļos spēj visus procesus „ietilpināt” veģetācijas periodā, sasniedzot maksimālo augšanas ātrumu (pārspējot konkurentus, optimāli izmantojot pieejamos resursus) un vienlaikus zemu risku ciest rudens vai pavasara salnās. Par piemērošanos noteiktam veģetācijas perioda garumam liecina provenienču eksperimenti, kur koki no populācijām ar izcelsmi uz ziemeļiem no stādīšanas vietas rudenī beidz augt agrāk, reizē ar to audzes ir ar zemāku produktivitāti. Vēl spilgtāk tas izpaužas klonu līmenī, piemēram, apšu hibrīdiem – paši ātraudzīgākie kloni Somijā nav starp labākajiem Latvijā vai Polijā.

Ar veģetācijas periodu saistīti sekojoši indikatori:

1. **Veģetācijas perioda (VP) garums** tika aprēķināts kā dienu skaits no dienas, kad sesto dienu pēc kārtas diennakts vidējā temperatūra pārsniedz robežvērtību T_{rob} , līdz dienai, kad sesto dienu pēc kārtas vidējā temperatūra ir zemāka par robežvērtību.
2. **VP sākuma datums** – dienu skaits no kalendārā gada sākuma līdz dienai, kad 6. dienu pēc kārtas vidējā temperatūra pārsniedz robežvērtību.
3. **Dienu skaits kalendārā gadā, kad $T_{vid} > T_{rob}$.** T_{vid} ir diennakts vidējā temperatūra.
4. **Dienu skaits pēc VP beigām līdz 1.dienai, kad $T_{vid} < -5$ °C.**
5. **Vēlākās pavasara salnas VP datums** – dienu skaits no gada sākuma līdz vēlākajai dienai VP pirms 1. jūlija, kad minimālā diennakts temperatūra ir zemāka par 0 °C.
6. **Agrākās rudens salnas VP datums** – dienu skaits no gada sākuma līdz pirmajai dienai VP pēc 30. jūnija, kad minimālā diennakts temperatūra ir zemāka par 0 °C.
7. **Aktīvo temperatūru summa (ATS) veģetācijas periodā.** ATS aprēķina kā $\Sigma(T_{vid}-T_{rob})$. Aplūkotās robežtemperatūras ir 5 °C un 10 °C.

Visi ar veģetācijas periodu saistītie klimata indikatori tika aprēķināti temperatūras robežvērtībai $T_{rob} = 5\text{ °C}$.

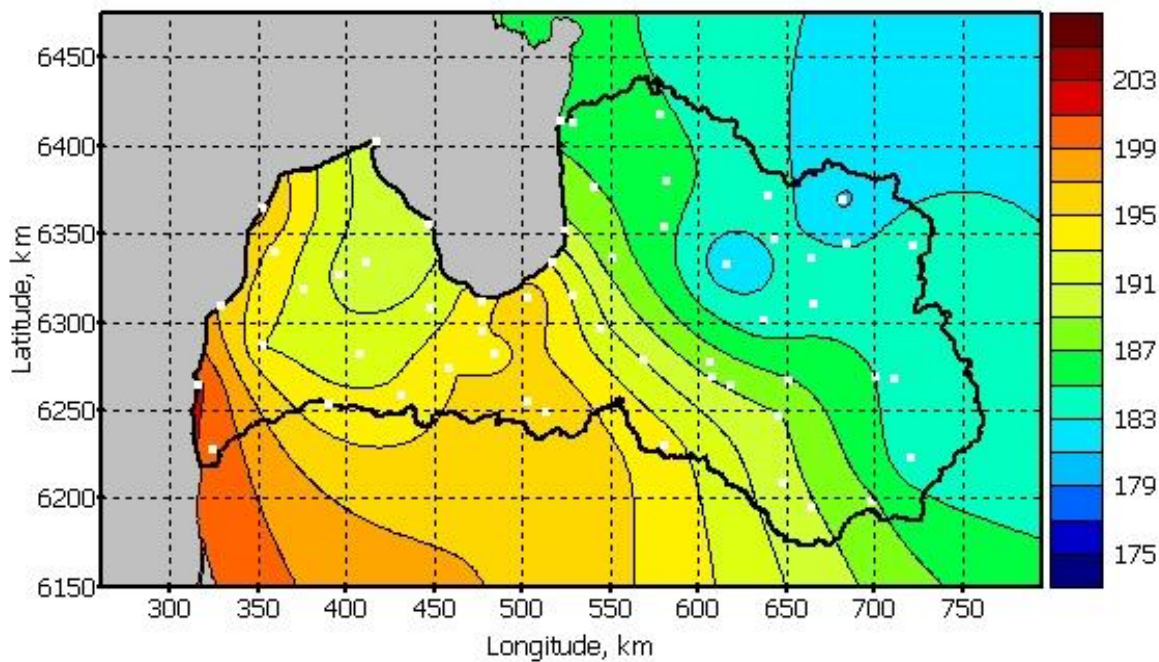
Klimata izmaiņu prognozes tiek gatavotas diviem laika periodiem – tuvajai nākotnei (2021.-2050.g.) un tālajai nākotnei (2071.-2100.g.), salīdzinājumam izmantojot references periodu – mūsdienu klimatu (1961.-1990.g.). Izvēlēta statistiska pieeja no modeļaprēķiniem iegūto datu rindu interpretācijā, kuras rezultātā tiek izveidoti trīs klimata attīstību raksturojoši scenāriji – mēreno, vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs. Mēreno izmaiņu scenārijs paredz tādu vidējās mēneša/gada vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz 83% no modeļaprēķiniem jeb modeļu ansambļa locekļiem (attiecīgi atlikušie 17% no modeļaprēķiniem paredz identisku vai mazāku pieaugumu). Vidēju izmaiņu scenārijs paredz tādu vidējās mēneša/gada vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz 50% no modeļaprēķiniem (attiecīgi atlikušie 50% no modeļaprēķiniem paredz identisku vai mazāku pieaugumu). Nozīmīgu izmaiņu scenārijs paredz tādu mēneša/gada vidējās vērtības pieaugumu, par kuru lielāku pieaugumu paredz tikai 17% no modeļaprēķiniem (attiecīgi identisku vai mazāku pieaugumu paredz 83% no modeļaprēķiniem). Ar veģetācijas periodu saistītie indikatori aprēķināti references periodam, tuvajai un tālajai nākotnei, vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijiem.

Tiek prognozēts, ka veģetācijas periods, kas šobrīd ir 180-200 dienas, līdz gadsimta beigām pieaugs par 35-62 dienām vidēju klimata izmaiņu gadījumā un par 50-80 dienām krasu klimata izmaiņu gadījumā. Veģetācijas periods sāksies (vidējā temperatūra 5 diennaktis pēc kārtas pārsniegs $+5\text{ °C}$) attiecīgi par 15-30 līdz 25-45 dienām agrāk pavasarī.

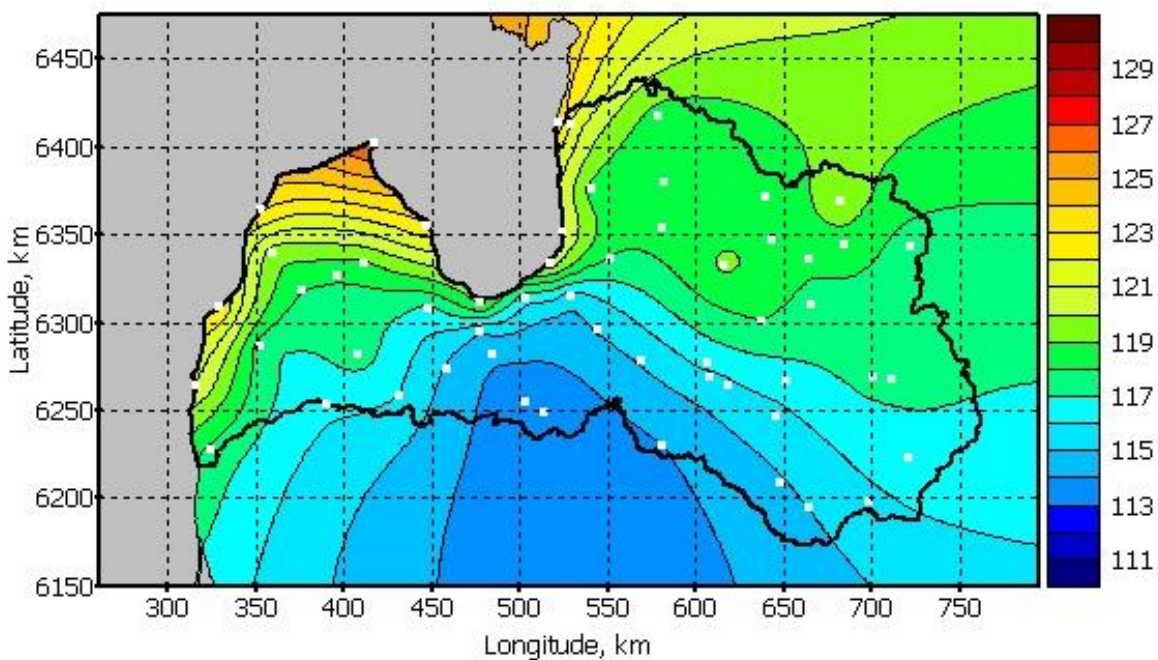
Visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāma agrāka veģetācijas perioda sākšanās un lielākās tā izmaiņas Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē, Kurzemes ziemeļos. Prognozēts, ka vēlākās pavasara salnas iestāsies agrāk, turklāt to izmaiņas būs krasākas nekā veģetācijas perioda sākuma laika izmaiņas. Tas liecina, ka varētu samazināties pavasara salnu bojājumu iespējamība. Tāpat tiek prognozēts, ka pirmās rudens salnas iestāsies par 25-40 līdz 30-50 dienām vēlāk visā Latvijā, it īpaši Rīgas jūras līča piekrastē.

Sagaidāms, ka aktīvo temperatūru summa (diennakts vidējo temperatūru summa $> 10\text{ °C}$), kas šobrīd ir vidēji $600-720^{\circ}$, palielināsies par $780-900^{\circ}$, tātad vietām pat vairāk nekā dubultosies.

Veģetācijas perioda garuma un sākuma datuma ģeotelpiskais sadalījums mūsdienu (references) klimatam attēlots, attiecīgi, 1.1. un 1.2. attēlā.

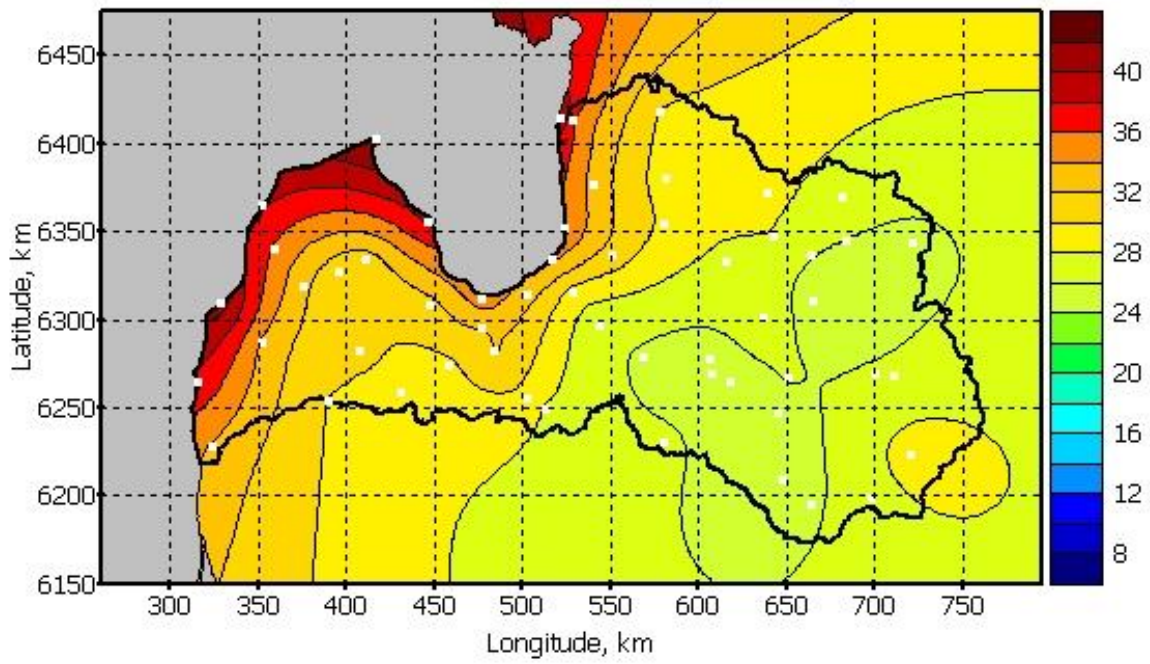
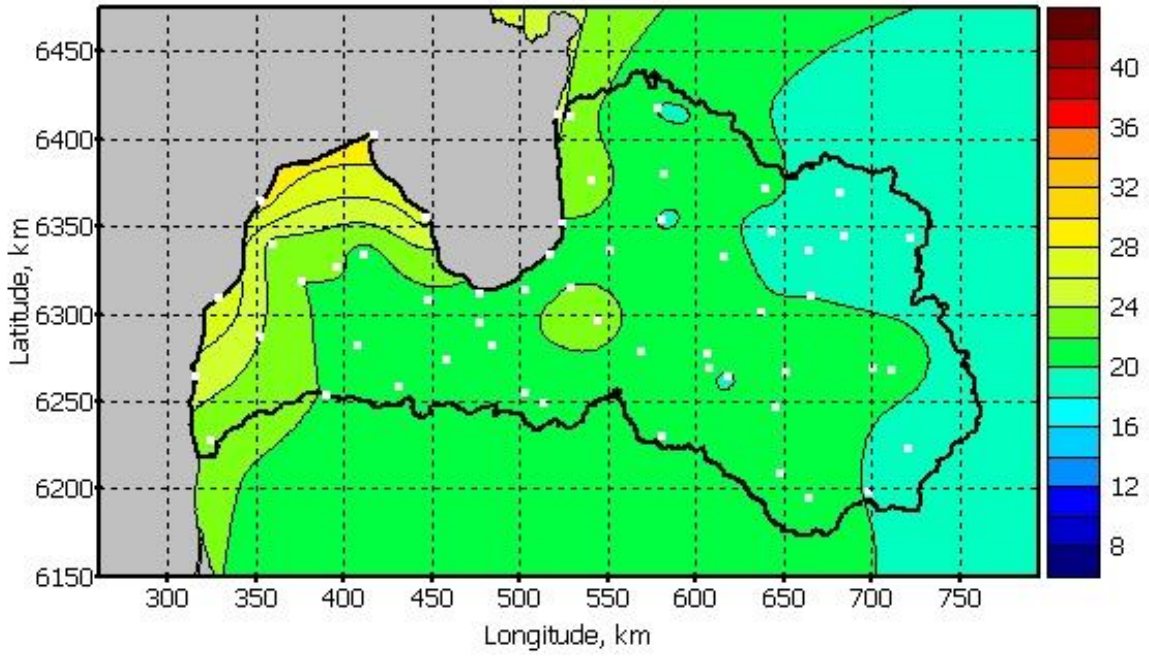


1.1. attēls. VP garums references periodā 1961-1990.

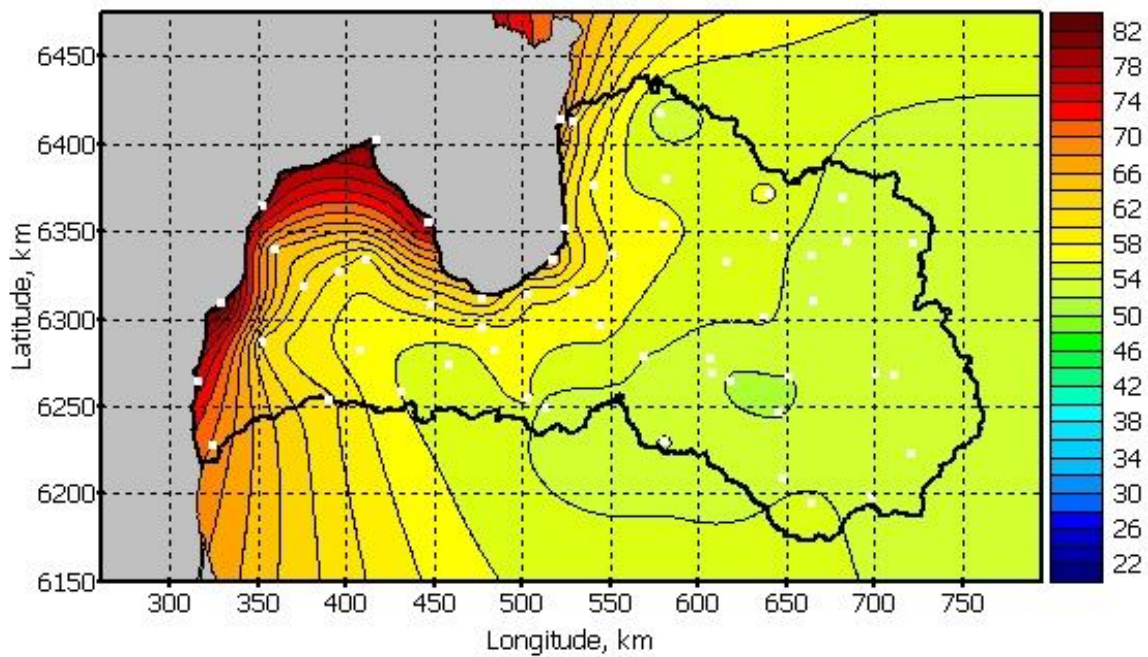
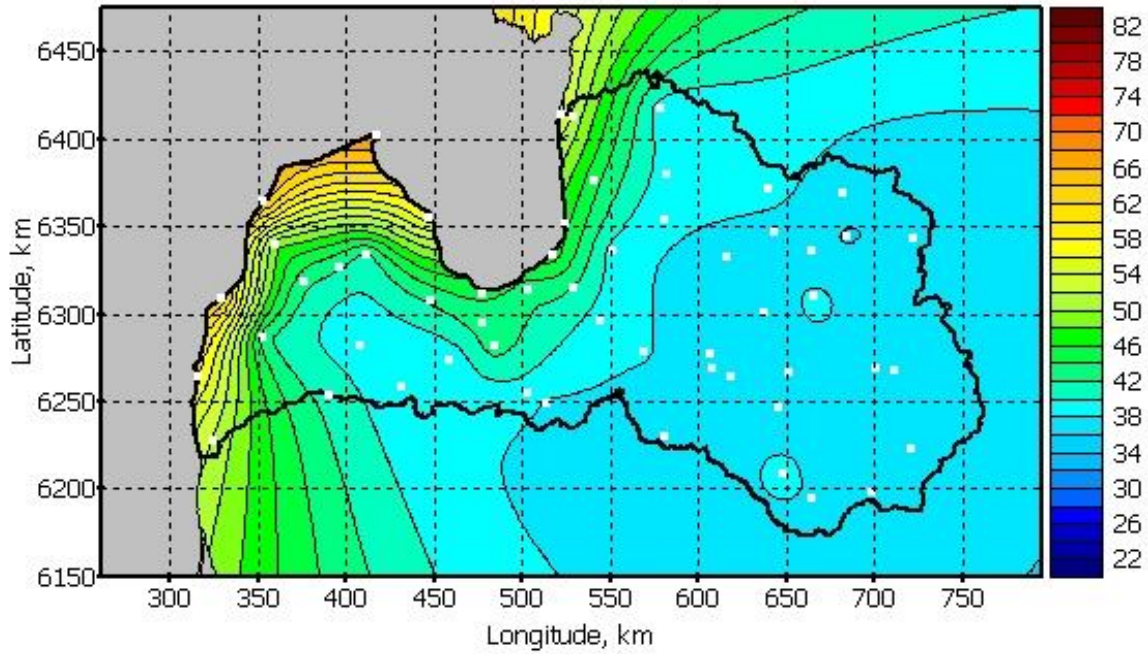


1.2. attēls. VP sākuma datums (dienās no gada sākuma) references periodā 1961-1990.

Veģetācijas perioda garuma pieaugumi (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīti 1.3. attēlā. Lielāks VP pieaugums visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāms Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē.



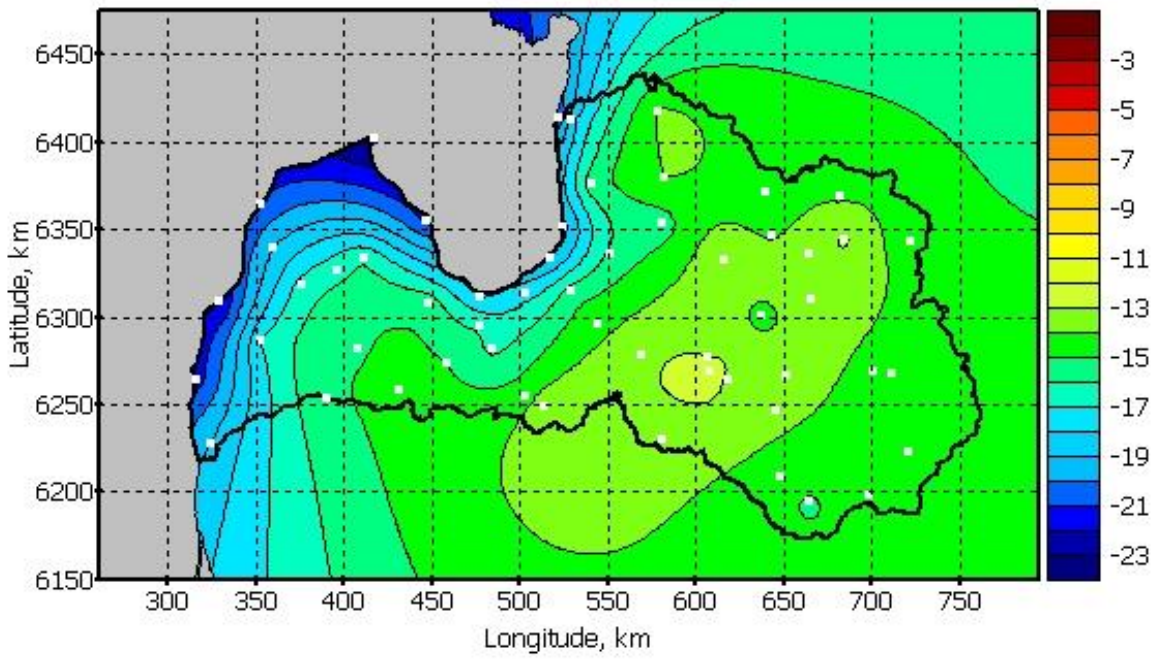
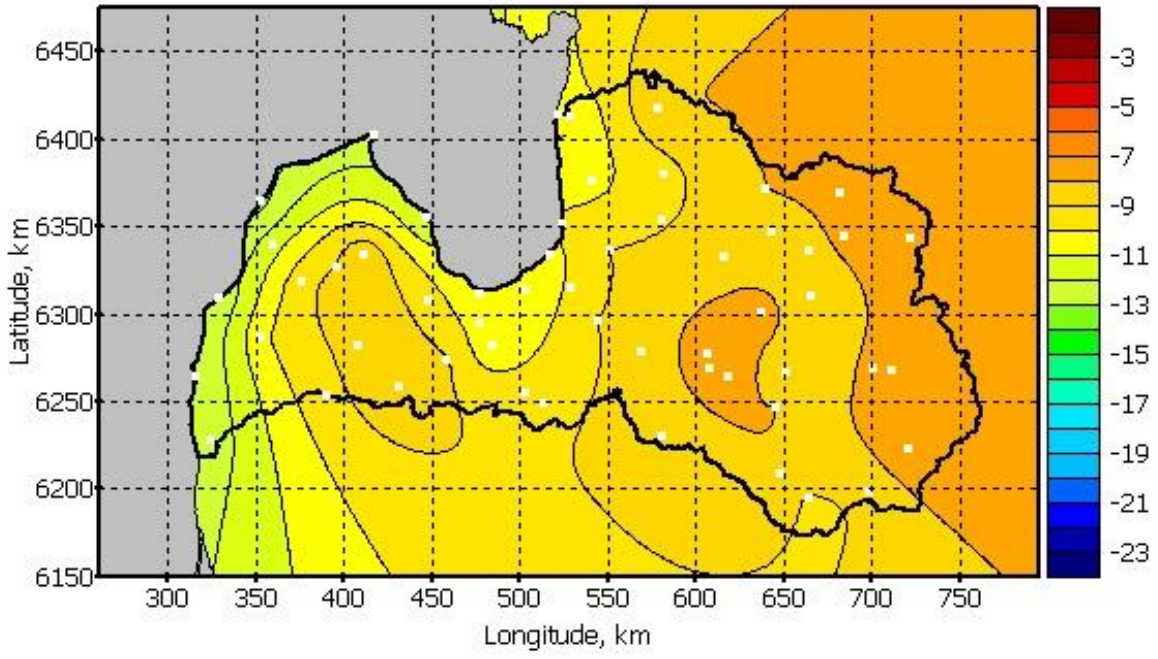
a)



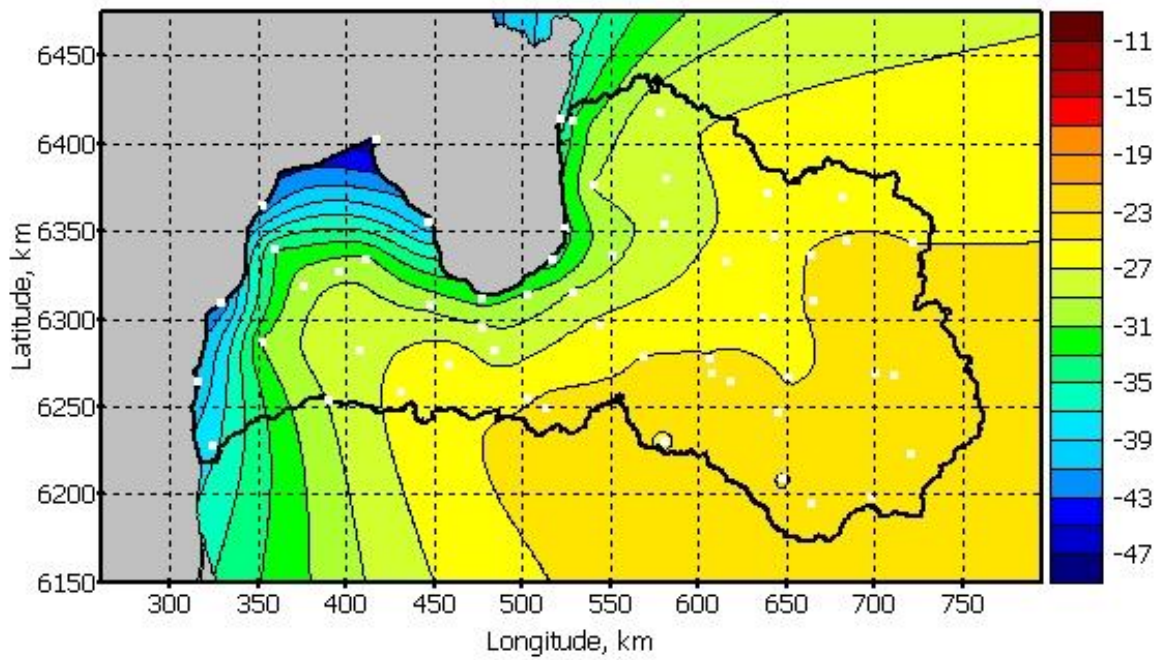
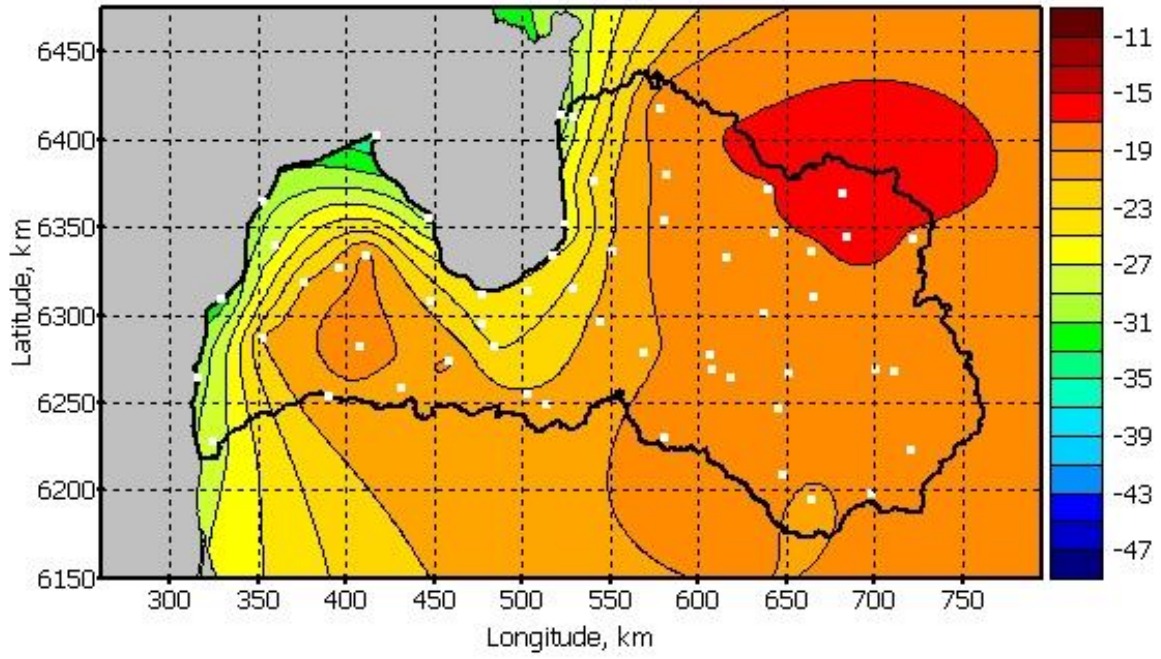
b)

1.3. attēls. VP garuma pieaugums (dienās): a) tuvajā nākotnē,
b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Veģetācijas perioda sākuma datuma izmaiņu sadalījumi (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīti 1.4. attēlā. Visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāma agrāka veģetācijas perioda sākšanās, lielākās izmaiņas sagaidāmas Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē.



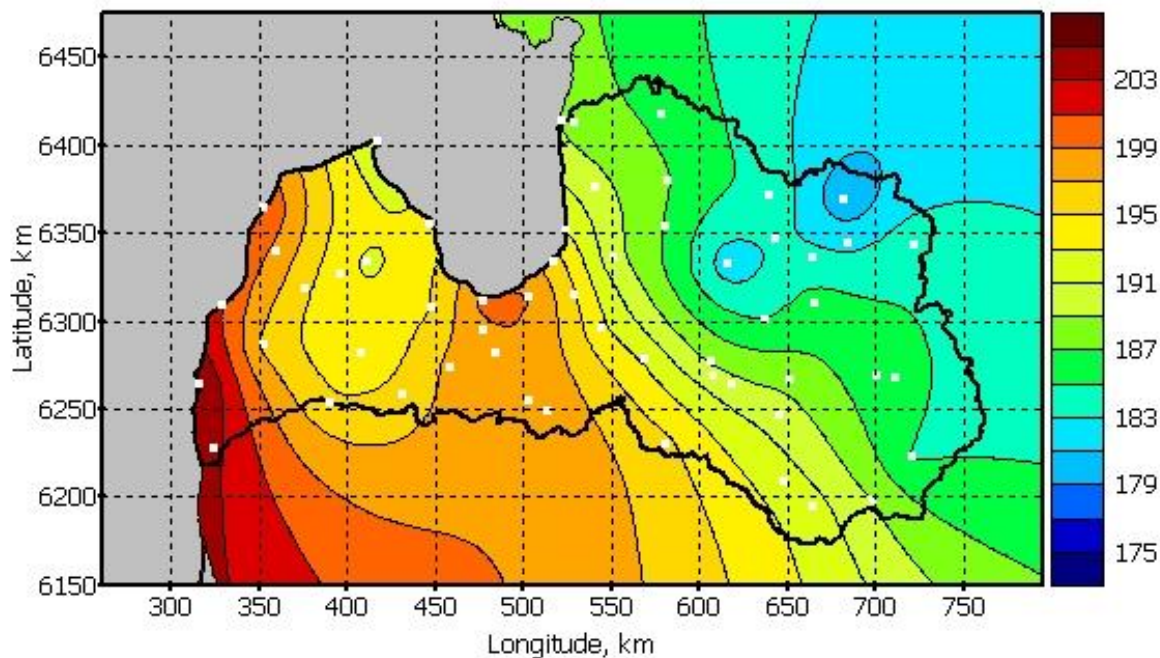
a)



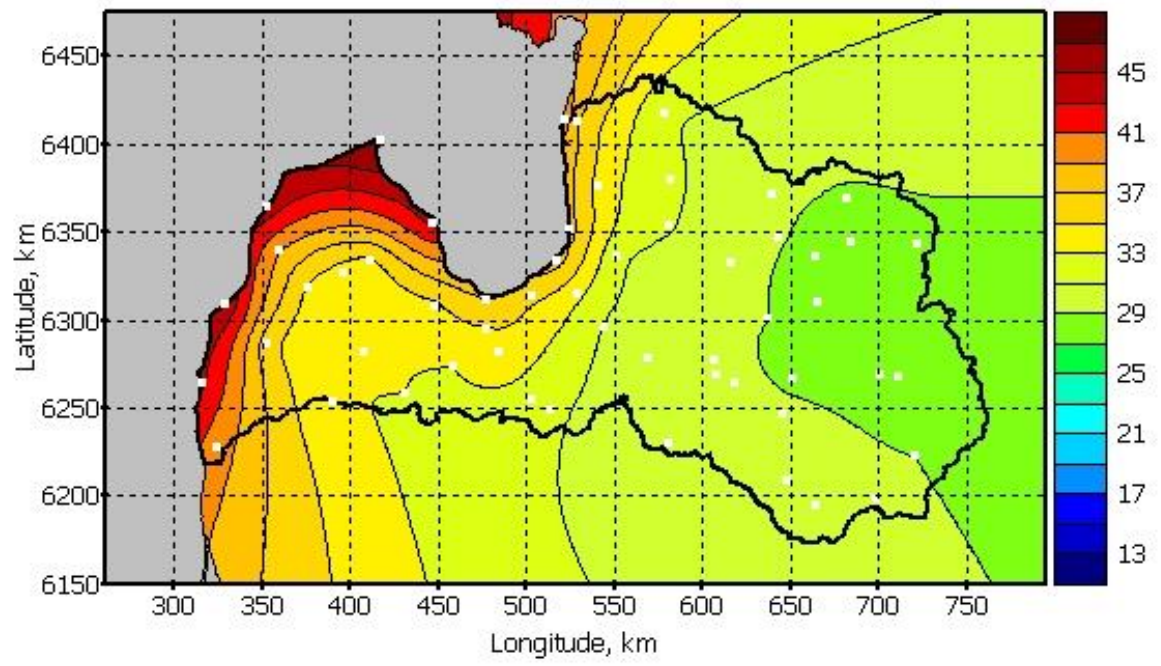
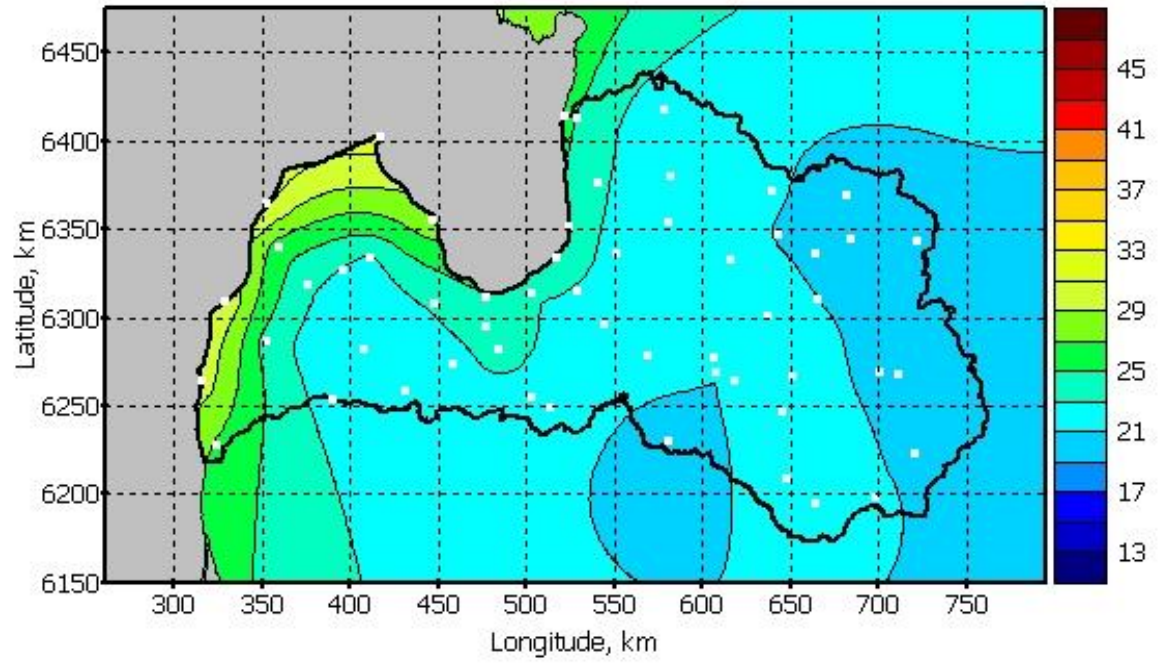
b)

1.4. attēls. VP sākuma datuma (dienās no gada sākuma) izmaiņas: a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

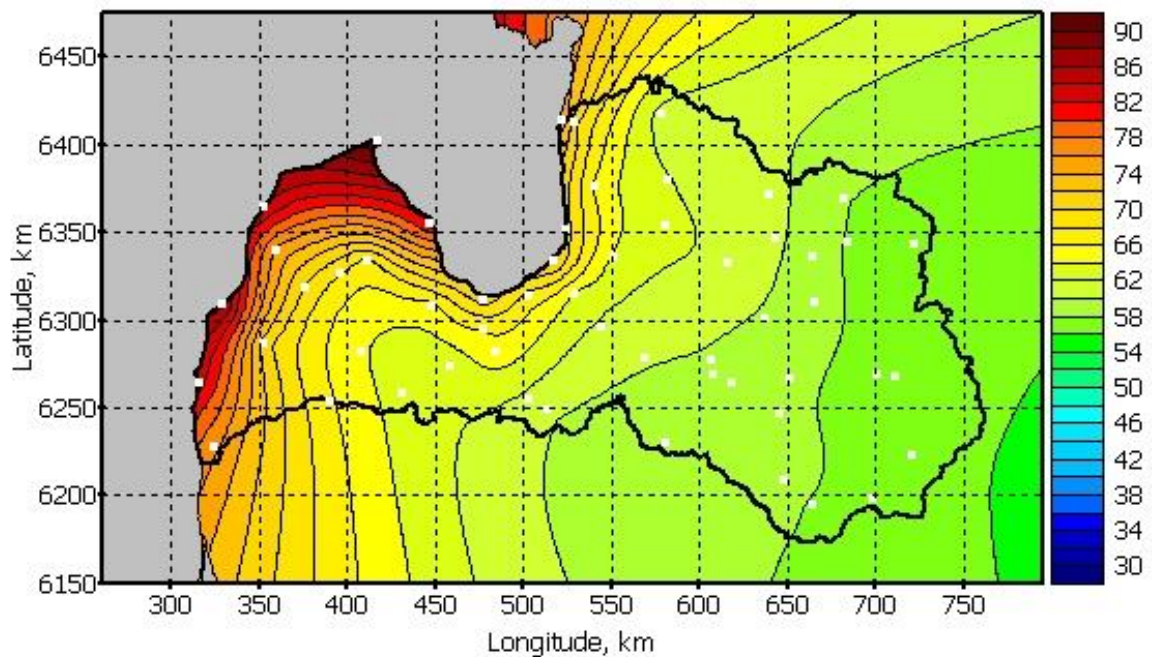
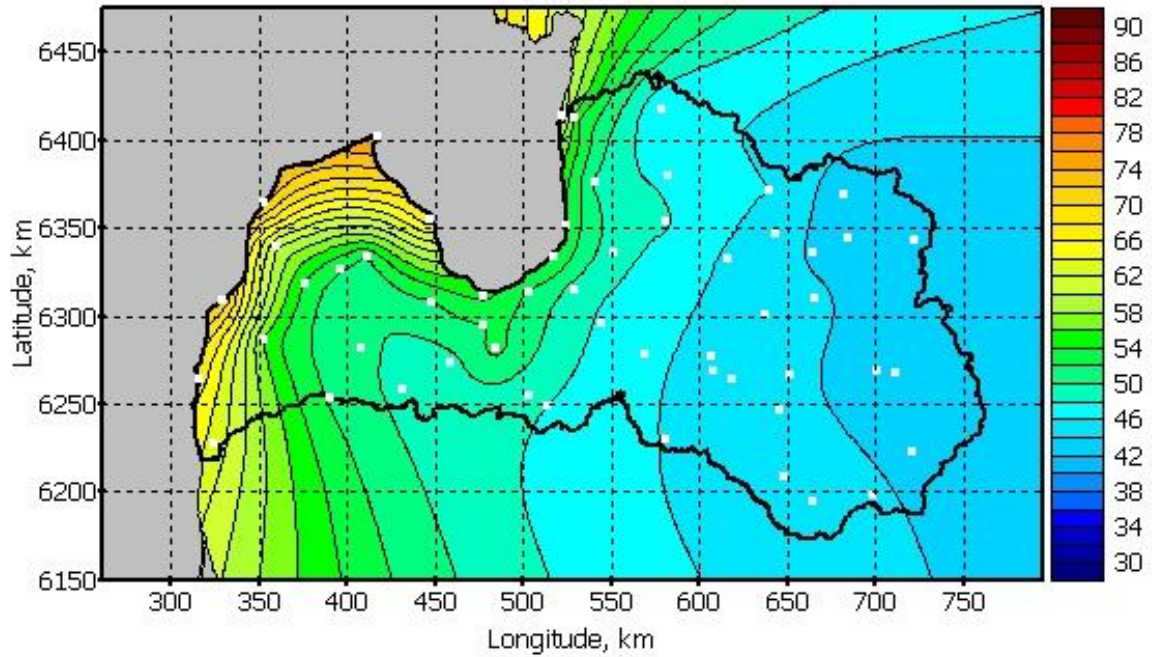
Dienu skaita kalendārā gadā ar $T_{\text{vid}} > 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ģeotelpisko sadalījumu mūsdienu (references) klimatam ietver 1.5. attēls. Šo dienu skaita pieauguma sadalījumi (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīti 1.6. attēlā. Visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāms lielāks silto dienu skaita pieaugums Baltijas jūras piekrastē un Kurzemes ziemeļos.



1.5. attēls. Dienu skaits kalendārā gadā, kad vidējā temperatūra pārsniedz $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, (dienās) references periodā 1961-1990.



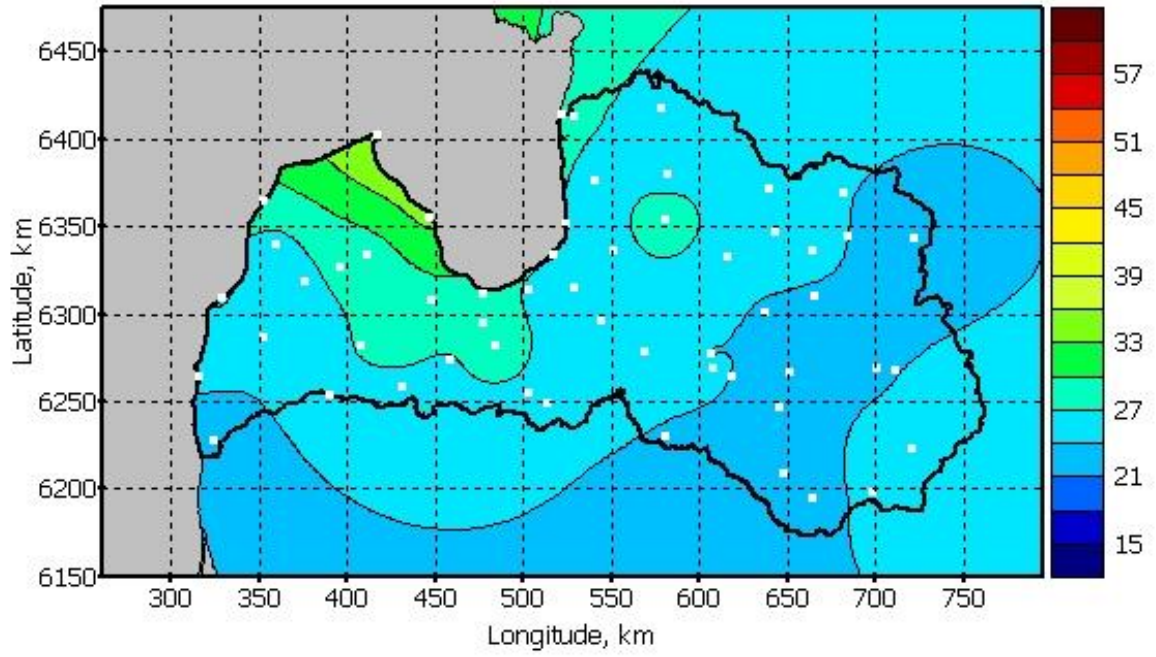
a)



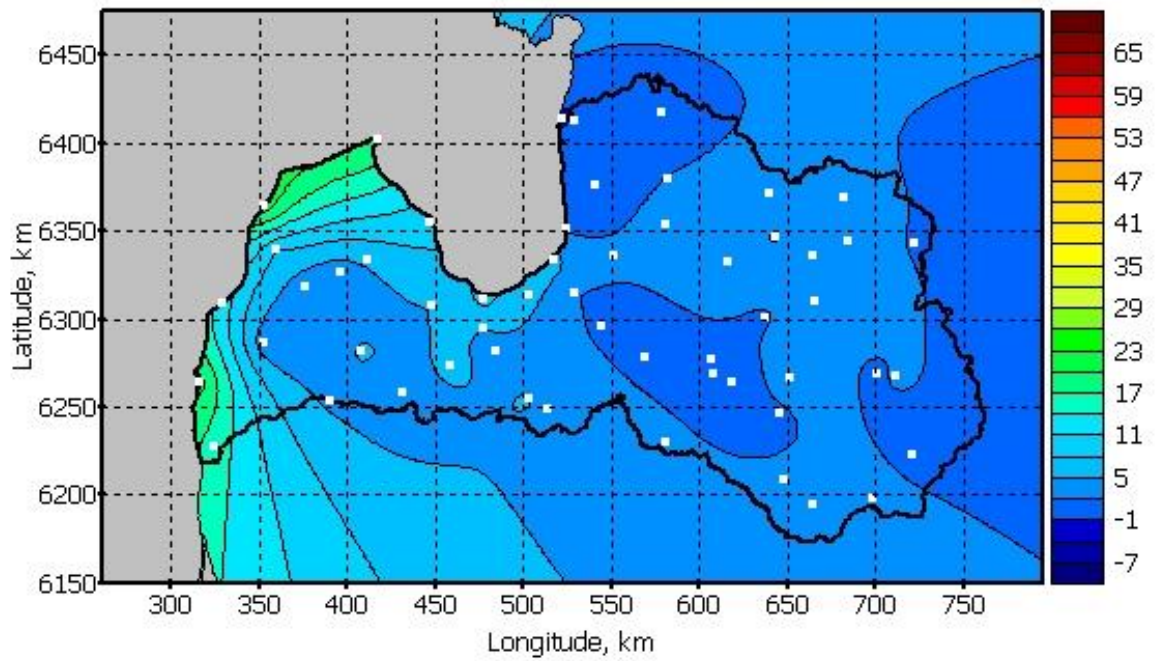
b)

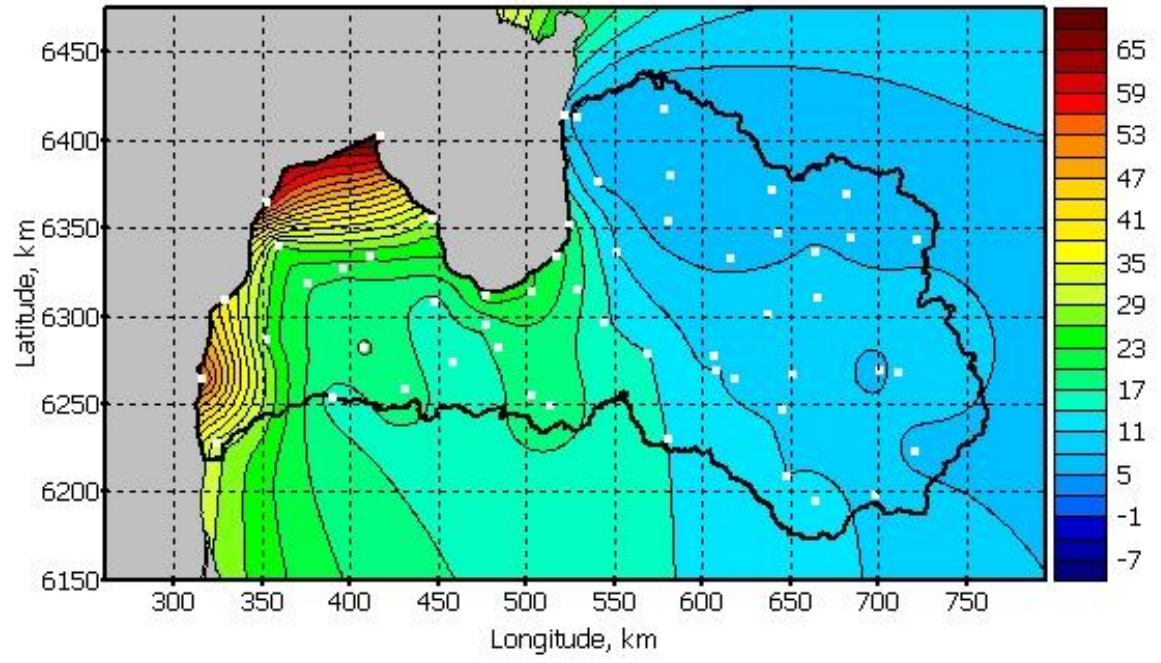
1.6. attēls. Dienu skaita kalendārā gadā, kad vidējā temperatūra pārsniedz $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, izmaiņas (dienās): a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Dienu skaits pēc VP beigām līdz pirmajai dienai ar $T_{\text{vid}} < -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ģeotelpiskais sadalījums mūsdienu (references) klimatam parādīts 1.7. attēlā. Šo dienu skaita pieauguma sadalījumi (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīti 1.8. attēlā. Visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāms lielāks silto dienu skaita pieaugums Baltijas jūras piekrastē un Kurzemes ziemeļos. Šajā reģionā klimata indikatora interpretāciju apgrūtinā apstākļi, ka ne katru ziemu sagaidāma diena ar $T_{\text{vid}} < -5\text{ }^{\circ}\text{C}$; šādām ziemām dienu skaits pārsniedz kalendārā gada garumu.

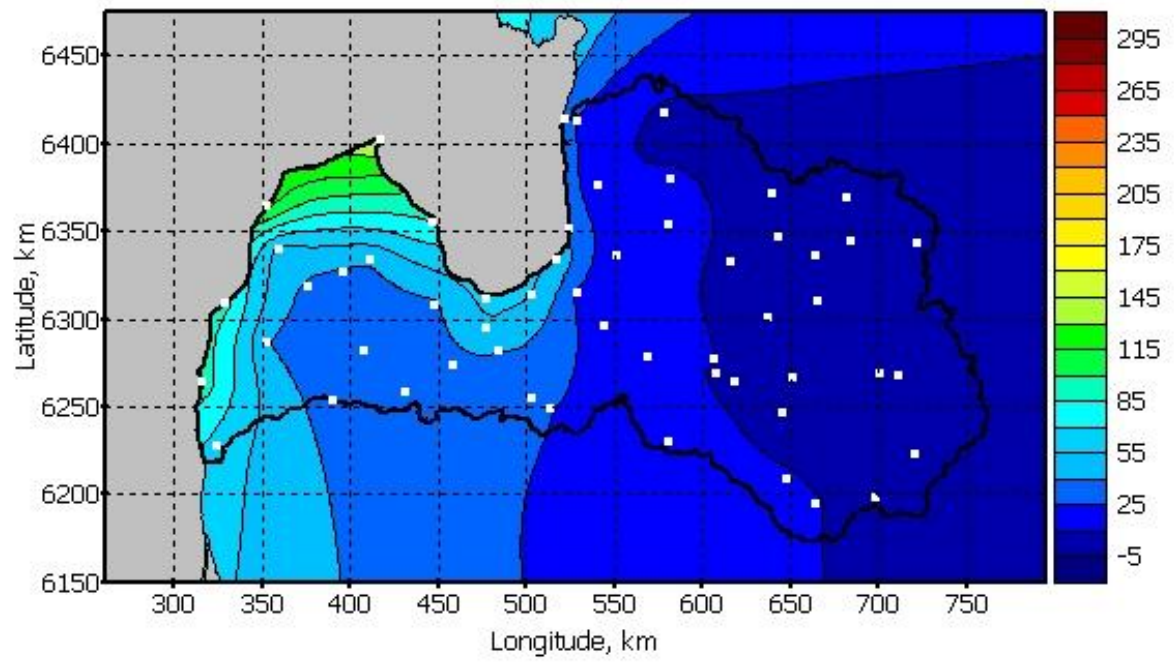


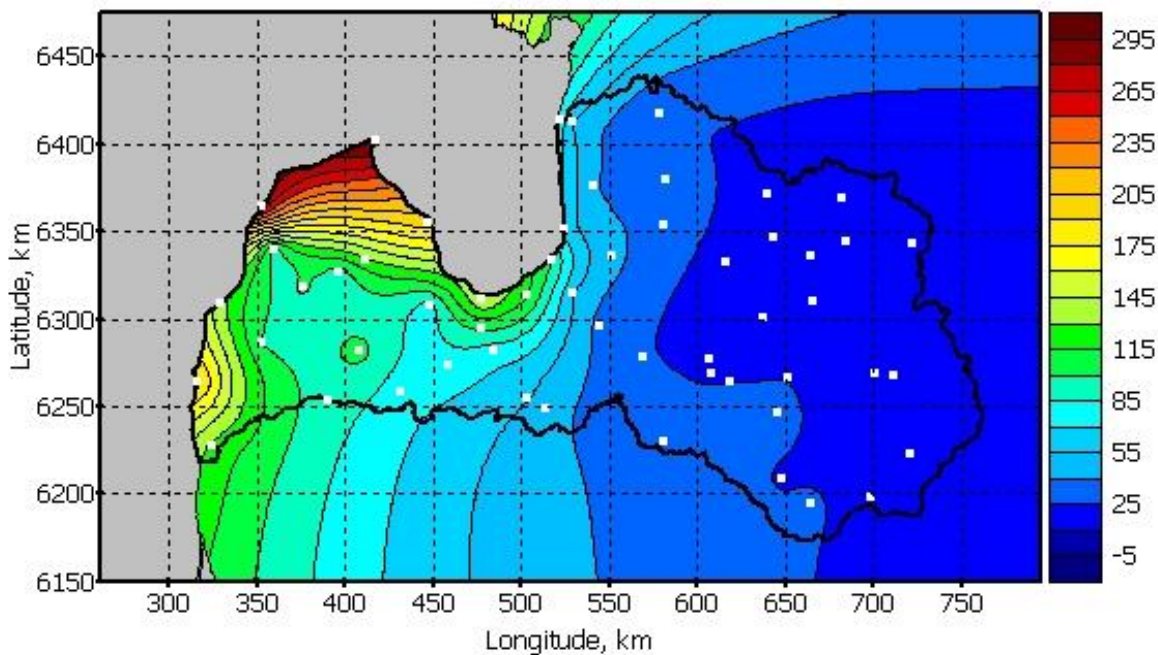
1.7. attēls. Dienu skaits pēc VP beigām līdz 1.dienai, kad vidējā temperatūra zemāka par $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, references periodā 1961-1990.





a)

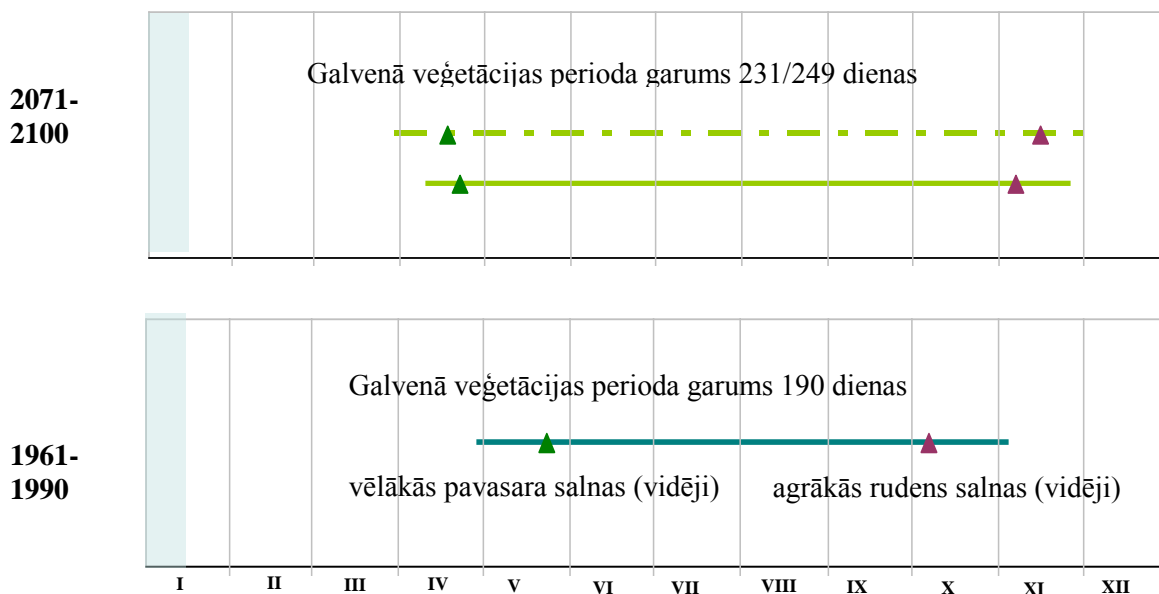




b)

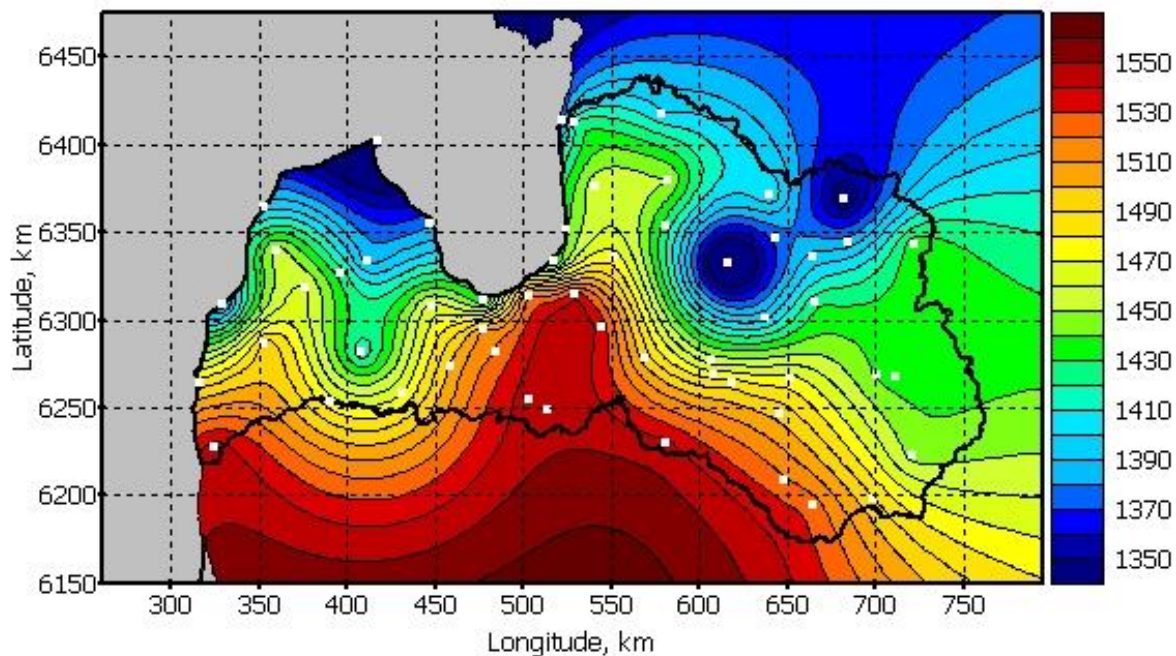
1.8. attēls. Dienu skaits pēc VP beigām līdz 1.dienai, kad vidējā temperatūra zemāka par -5°C , izmaiņas (dienās): a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Kā redzams 1.9. attēlā, nākotnē sagaidāma ne vien veģetācijas perioda garuma palielināšanās, bet arī agrāka vēlāko pavasara salnu un vēlāka agrāko rudens salnu iestāšanās. Sagaidāms, ka pēdējās pavasara salnas būs novērojamas būtiski agrāk Baltijas jūras piekrastē.

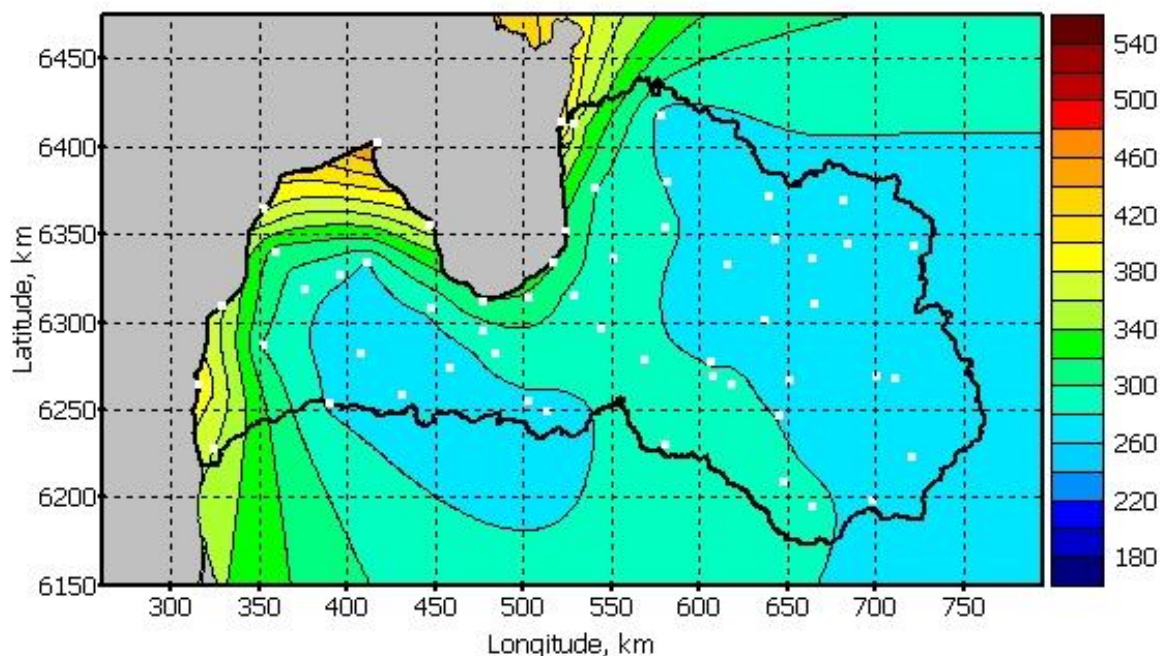


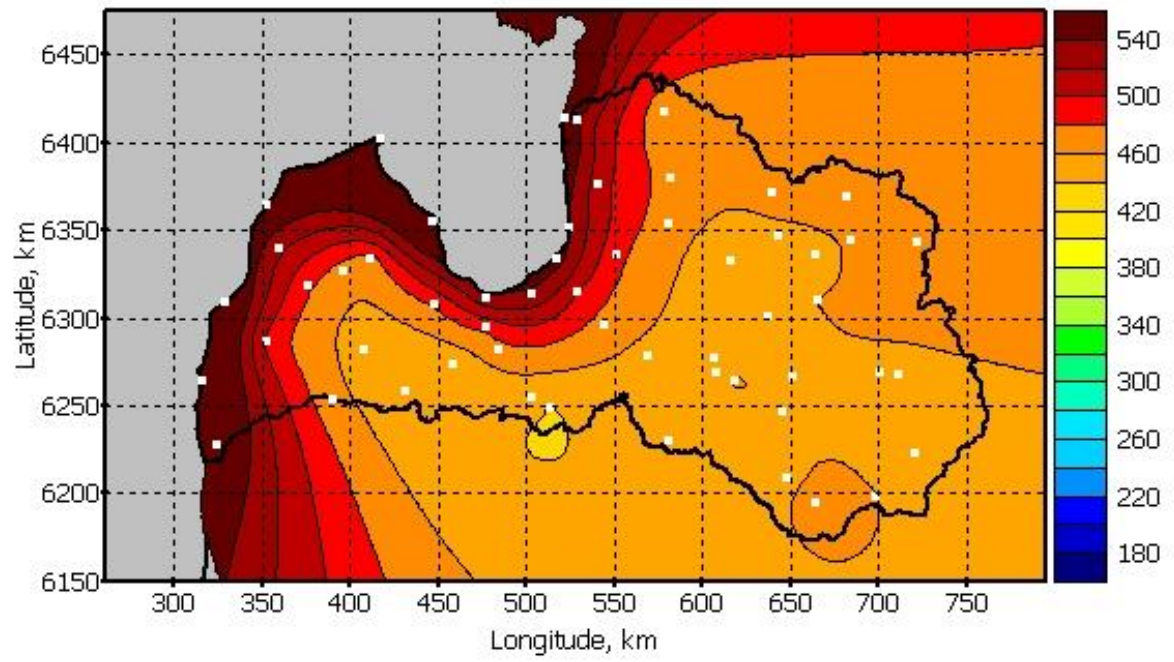
1.9. attēls. Veģetācijas perioda garuma un salnu iestāšanās sagaidāmo izmaiņu piemērs (Stende).

Aktīvo temperatūru summas (ATS, $T_{rob} = 5\text{ °C}$) VP ģeotelpiskais sadalījums mūsdienu (references) klimatam atspoguļots 1.10. attēlā, bet 1.11. attēlā parādīti ATS pieauguma sadalījumi (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem. Visiem scenārijiem un laika periodiem sagaidāms lielāks silto dienu skaita pieaugums Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastē.

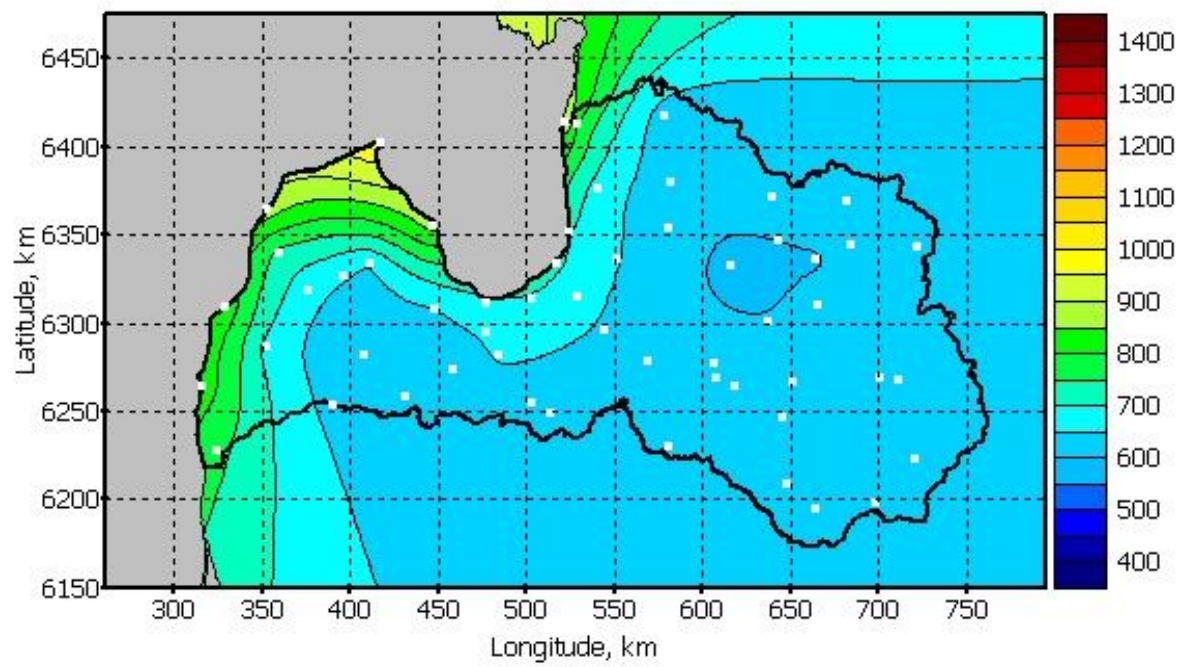


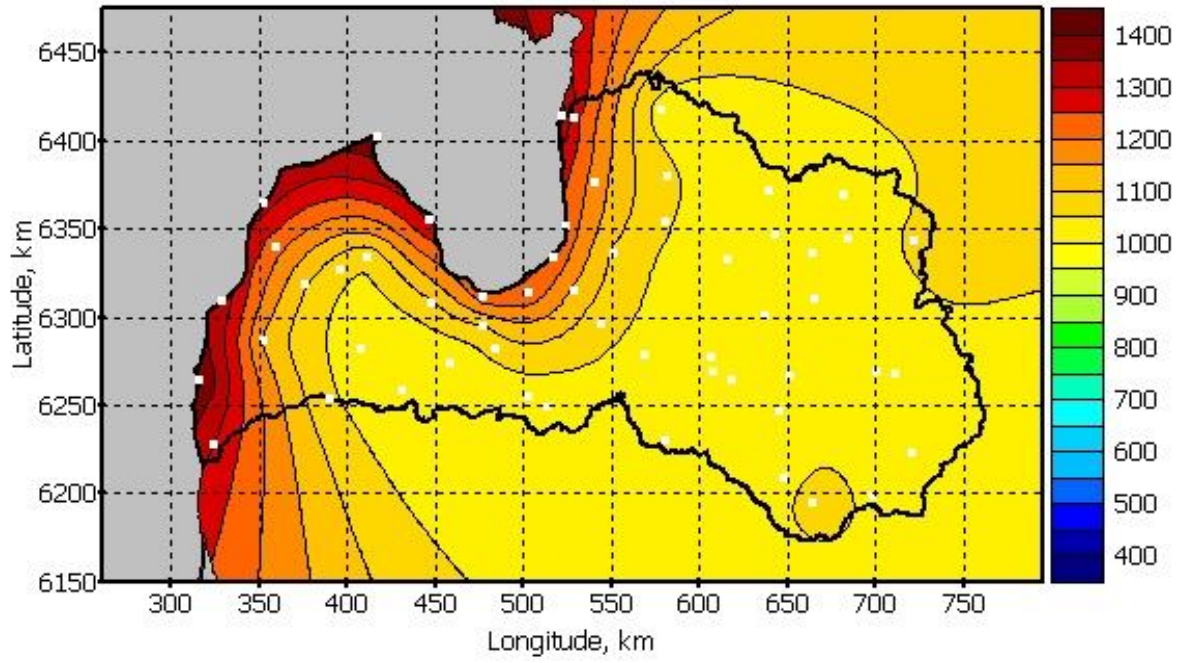
1.10. attēls. ATS virs $+5\text{ °C}$ VP references periodā 1961-1990.





a)





b)

1.11. attēls. ATS virs +5 °C VP izmaiņas (°C): a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

1.2. Papildpieauguma veidošanos ietekmējošie faktori

Ar veģetācijas periodu saistīto rādītāju izmaiņu ietekmē paredzamas koku augšanas procesa izmaiņas – skujukokiem Latvijā sagaidāma pastiprināta papildpieauguma veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē pēc galvenā pieauguma izbeigšanās. Parastajai priedei (*Pinus sylvestris* L.) un parastajai eglei (*Picea abies* (L.) Karst.) raksturīgs viens augstuma pieaugums veģetācijas periodā. Šo pieaugumu var apzīmēt kā „iepriekšnoteiktu” (no angļu valodas termina *predetermined growth*; turpmāk tekstā – galvenais pieaugums), jo tā augšanu nosaka galvenokārt stumbra posmu aizmetņi pumpurā, no kura tas attīstās. Skujkokiem agrīnā vecumā dažkārt novērojama atkārtota augstuma pieauguma veidošanās veģetācijas perioda otrajā pusē – papildpieaugums jeb t.s. „augusta dzinumi” (apzīmē arī kā „vasaras” vai ”brīvo” augšanu - no angļu valodas apzīmējuma *free growth*). Sastopami divi šī pieauguma veidi (tomēr atsevišķos gadījumos novērotas arī pārejas formas):

1) papildpieaugums seko „iepriekšnoteiktajam” pieaugumam bez pumpura noformēšanās „iepriekšnoteiktā” pieauguma galā (*syllaptic shoots*);

2) papildpieaugums sākas drīz pēc gala pumpura izveidošanās „iepriekšnoteiktā” pieauguma galā (*proleptic shoots*) (Wühlisch, Muhs, 1986).

Dažkārt apzīmējums *proleptic shoots* tiek attiecināts tikai uz sānu pumpuru vasaras pieaugumu, bet koka galotnes papildpieaugums (kas veidojas no „iepriekšnoteiktā” pieauguma gala pumpura) tiek apzīmēts kā *lammas shoot* (piemēram, Aldén, 1971). West un Ledig (1964) atzīmē, ka par augusta dzinumu uzskatāms tikai tāds dzinums, kuram galā izveidojas sava pumpuru kopa ar vismaz diviem pumpuriem, jo papildpieaugumam bez šādas kopas ir pilnīgi atšķirīga ietekme uz tālāko koka attīstību. Literatūrā papildpieauguma veidi daudzos gadījumos nav atsevišķi izdalīti un kopumā tiek apzīmēti kā augusta dzinumi (*lammas shoots*). Nosaukuma *lammas shoot* rašanās saistīta ar aptuvenu šo dzinumu parādīšanās laiku - 1.augustu („Lammas Day” – ražas svētki). Augusta dzinumi sastopami daudzām koku ģintīm - *Quercus*, *Fagus*, *Carya*, *Alnus*, *Ulmus*, *Abies*, *Pinus*, *Pseudotsuga* (Pallardy, 2008).

Augusta dzinumu veidošanās nav jauna parādība. Norvēģijā augusta dzinumi parastajai eglei tika novēroti provenienču izmēģinājumos un pēcnācēju iedzimtības pārbaudēs jau 20.gs. 60.gados. Tomēr, ja agrāk augusta dzinumi bija sastopami tikai sevišķi augstražīgos, uz bijušajām lauksaimniecības zemēm ierīkotos egļu mežos Norvēģijas zemienēs, tad tagad to sastopamība strauji pieaugusi (Søgaard et al., 2011). Pēc nejaušības principa izvēloties 20 kokus visos meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumos otrās vecuma grupas audzēs (ne vairāk kā 200 m v.j.l.), divos no 58 parauglaukumiem (tātad 3 % platības šajā reģionā un šajā vecuma grupā) vairāk nekā 80 % koku bija ar augusta dzinumiem (Kvaalen et al., 2010).

Vairāku autoru pētījumos norādīts, ka augusta dzinumu veidošanās vairāk raksturīga jauniem kokiem; līdz ar koku vecumu tā samazinās (Aldén, 1971; Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1963; Rone, 1985; Søgaard et al., 2011). Parastajai eglei pirmajos augšanas gados, palielinoties vecumam, ne tikai samazinās augusta pieauguma sastopamības biežums, bet arī mainās „iepriekšnoteiktās” un „brīvās” augšanas īpatsvars tekošā gada pieaugumā: arvien lielāku pieauguma daļu veido „iepriekšnoteiktais” pieaugums, turklāt „brīvā” pieauguma *syllaptic* formu nomaina *proleptic* forma – papildpieaugums biežāk sākas pēc „iepriekšnoteiktā” pieauguma gala pumpura noformēšanās nekā bez tās. Pirmajā dzīves gadā

egles sējeņiem raksturīga tikai „brīvā” augšana, un tā beidzas vēlāk nekā vecākiem kokiem (Wühlisch, Muhs, 1986; Ununger et al., 1988).

Iepriekšējos pētījumos akcentēta vides apstākļu atšķirīgā ietekme uz abu pieauguma veidu – „iepriekšnoteiktā” un „brīvā” – attīstību (Dormling et al., 1968; Wühlisch, Muhs, 1986). Galvenā pieauguma garumu daudz būtiskāk ietekmē vides apstākļi nevis tekošajā, bet iepriekšējā veģetācijas periodā, kad notiek pumpura formēšanās. Turpretī papildpieauguma veidošanos no jaunajiem stumbra un skuju aizmetņiem vairāk nosaka tekošā veģetācijas perioda vides apstākļi.

Temperatūra un fotoperiods ir faktori, kuriem ir visnozīmīgākā loma pieauguma veidošanās procesā visā koka dzīves laikā. Analizējot sakarības starp vides apstākļiem un parastās priedes radiālo pieaugumu 50 gadu periodā 49 paraugkokiem no piecām audzēm atšķirīgā ģeogrāfiskajā platumā Somijas ziemeļdaļā, konstatēts, ka tekošā gada pieaugumu visbūtiskāk ietekmē vidējā gaisa temperatūra iepriekšējā gada jūlijā, turpretī nokrišņu daudzuma ietekme kādā no periodiem nav novērota; iespējams, tas saistīts ar likumsakarību, ka priedes izplatības areālā nokrišņu loma pieaug (bet temperatūras – samazinās) virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem (Salminen, Jalkanen, 2005). Līdzīgi Odin (1972), Zviedrijas ziemeļu daļā trīs gadu periodā veicot diennakts pieauguma ritma analīzi desmit 5–10 gadus vecām dabiskas izcelsmes priedēm, novērojis, ka priedes radiālo pieaugumu pozitīvi ietekmē augstāka gaisa temperatūra tekošajā veģetācijas periodā, bet augstuma pieaugumu – iepriekšējā veģetācijas periodā.

Aldén (1971) konstatējis vairāku vides faktoru – mitruma, barības vielu nodrošinājuma un CO₂ – būtisku ietekmi uz augusta dzinum veidošanos vienas un tās pašas izcelsmes parastajai priedei kokaudzētavas vecumā (divgadīgiem kokiem) Zviedrijas centrālajā daļā (kontrolētos vides apstākļos), dažādās eksperimenta stadijās iesaistot 1800–6000 stādu. Nozīmīga ietekme uz augusta dzinum veidošanos novērota vides apstākļiem ne vien tekošajā, bet arī iepriekšējā veģetācijas periodā. Stādiem, kas pirmajā gadā tika audzēti labvēlīgākos vides apstākļos (CO₂, barības vielu nodrošinājums), nākamajā gadā (vienādos vides apstākļos) bija mazāk augusta dzinum nekā nelabvēlīgākos vides apstākļos (pirmajā gadā) audzētajiem. Savukārt, pirmajā gadā audzējot stādus vienādos apstākļos, bet uzlabojot apstākļus (mitrums, CO₂) otrajā audzēšanas gadā, palielinājās koku ar augusta dzinumiem īpatsvars. Autors skaidro arī iespējamus auga fizioloģiskos procesus, kas nosaka augusta dzinum veidošanos. Galvenā pieauguma attīstību priedei ietekmē vides apstākļi gan iepriekšējā veģetācijas sezonā (jo tie nosaka stumbra posmu – *stem units* - skaitu pumpurā, kas izveidojas sezonas beigās), gan tekošajā veģetācijas periodā (jo tie ietekmē šo posmu izplešanos – augšanu). Ja augam nepietiekama vides faktoru nodrošinājuma dēļ iepriekšējā (n-1) veģetācijas periodā bija traucēta barības vielu uzkrāšanās un līdz ar to tika ierobežota augšana nākamajā (n) veģetācijas sezonā (maza stumbra posmu skaita dēļ), tad, labvēlīgos vides apstākļos pastāvot augstai fotosintēzes aktivitātei sezonas (n) beigās pēc gala pumpura noformēšanās, palielinās otra pieauguma – augusta dzinuma – izveidošanās varbūtība. Autors atzīmē, ka augusta dzinum veidošanās procesā vērojamas divas atkāpes no „normālas” attīstības: pumpura attīstība notiek praktiski bez miera perioda, un ir aizkavētā apikālā (galotnes) augšana. Miera perioda iestāšanos un ilgumu nosaka dienas garums (fotoperiods) un temperatūra. Šo faktoru ietekmes mehānismā, iespējams, nozīmīga loma ir fitohormoniem (giberelīni, citokinīni, auksīni). Iespējams, to darbību ietekmē ogļhidrāti, kas tiek uzkrāti augā. Tas varētu izskaidrot augusta dzinum biežāku sastopamību jaunākiem kokiem, jo tiem

ir mazāks ogļhidrātu uzkrāšanas potenciāls. Turklāt aizkavētu galotnes pumpura un pastiprinātu laterālo pumpuru attīstību, iespējams, nosaka fitohormonu koncentrācijas izmaiņas. Literatūrā norādīta arī iespējama *Pinus resinosa* augsta dzinumu veidošanās saistība ar fitohormonu (auksīnu) koncentrācijas paaugstināšanos sēnes *Dematium pullulans* ietekmē, tomēr trūkst informācijas par pētījumiem šajā virzienā (Jump, 1938; McCabe, Labisky, 1959). Little un Macdonald (2003), pētot fitohormonu lomu pieauguma attīstību noteicošo stumbra posmu skaita un garuma veidošanās procesā galotnes pumpurā viengadīgiem un divgadīgiem parastās priedes sēņiem, atzīmējuši giberelīnu sekmējošo, kā arī auksīna pretrunīgo lomu galotnes dzinuma attīstībā.

Junttila (1986) pētījis temperatūras ietekmi uz pieauguma veidošanos parastās priedes sēņiem kontrolētos vides apstākļos. Temperatūrai pumpura formēšanās laikā ir būtiska ietekme ne vien uz nākamās sezonas stumbra posmu skaitu, bet arī uz šo posmu garumu – jo augstāka temperatūra, jo tas lielāks; kas paaugstina varbūtību, ka iepriekšējā veģetācijas perioda temperatūra ietekmē lielākā mērā tieši starpposmu šūnu skaitu nekā to izmēru. Temperatūra tekošajā gadā ietekmē šo šūnu dalīšanos un palielināšanos, tomēr šī ietekme ir mazāk nozīmīga, līdz ar to augšana tekošajā gadā ir, piemēram, mazāk jutīga pret zemas temperatūras ietekmi nekā stumbra posmu aizmetņu veidošanās iepriekšējā gadā.

Skujkokiem „iepriekšnoteiktā” pieauguma izbeigšanos un gala pumpura izveidošanos nosaka pakāpeniska pāreja uz īsāku dienu un garāku nakti (Dormling et al., 1968; Gabrilavičius, Danusevičius, 2003). Veicot eksperimentus kontrolētas vides apstākļos parastās egles sēņiem (3 proveniences no Zviedrijas ziemeļu daļas un viena proveniencē no Eiropas centrālās daļas), konstatēts, ka fotoperiodam un temperatūrai pumpura nobriešanas laikā ir izšķiroša ietekme uz nākamā gada plaukšanas laiku un pieauguma lielumu, piemēram, pārāk augsta vai zema temperatūra naktī pumpura nobriešanas laikā samazina augšanu nākamajā veģetācijas periodā. Pumpura plaukšanas laikā pavasarī, pakļaujot koku īsās dienas apstākļiem, „iepriekšnoteiktā” pieauguma veidošanās turpinājās, kamēr bija izauguši visi stumbra posmi iepriekšējā gada aizmetņi, turpretī „brīvā” pieauguma veidošanās īsās dienas apstākļos nekavējoties apstājās (Dormling et al., 1968).

Augsta dzinumu veidošanos eglei sekmē optimāli vides apstākļi – pietiekams barības vielu un mitruma nodrošinājums. Piemēram, kokaudzētavas apstākļos egles klonu grupai, kura saņēmusi pietiekamu mēslojuma NPK devu un kuras koku augstumi palielinājušies par 60 %, izmēģinājumā konstatēts divas reizes lielāks augsta dzinumu īpatsvars nekā tiem kloniem, kuri uz mēslojumu praktiski nav reaģējuši (Rone, 1985). Līdzīgi augsta dzinumu veidošanās priecai, plaukstot tikai sānu, nevis centrālajam pumpuram, 2012. gadā novērota kokaudzētavā Igaunijā (1.12. att.).



1.12. attēls. Augsta dzinuma veidošanās priecai otrajā veģetācijas periodā.

Literatūrā atrodamas arī norādes (Büsgen, 1929; Carvell, 1956; McCabe, Labisky, 1959), ka vasaras pieauguma (laterālo pumpuru) augšanu sekmē sausuma periodam sekojošs pastiprināts nokrišņu daudzums vasaras otrajā pusē, kad, iespējams, traucēta fitohormona auksīna veidošanās, kas normālos apstākļos veicina auga augšanu garumā un vienlaikus kavē sānpumpuru attīstību. Tomēr trūkst informācijas par mehānismu, kā auksīna līdzsvars augā varētu tikt izjaukts.

Carvell (1956) Rietumvirdžīnijā *Pinus resinosa* Ait. sešu gadu vecumā novērojis, ka augusta dzinumu veidošanās vairāk saistīta ar konkrētā gada, nevis vietas vides apstākļiem. Parastajai eglei Norvēģijas dienvidaustrumu daļā veiktā pētījumā (Søgaard et al., 2011) konstatēts, ka augusta dzinumi ievērojami biežāk sastopami auglīgākos apstākļos, piemēram, objektos, kur virsaugstuma bonitāte mazāka ($H_{40} = 11$), konstatēts mazāks koku ar augusta dzinumiem īpatsvars (maksimāli ap 40 %) nekā objektos, kur virsaugstuma bonitāte lielāka ($H_{40} = 23$, maksimāli ap 90 % koku ar augusta dzinumiem). Līdzīgi arī parastajai priedei iedzimtības pārbaužu stādījumos Zviedrijā 8–10 gadu vecumā novērota nozīmīga gan novērojumu gada, gan augšanas vietas vides apstākļu ietekme uz augusta dzinumu sastopamību – augsnes auglība sekmē augusta dzinumu veidošanos (Ehrenberg, 1963).

Vides apstākļu ietekme uz augusta dzinumu veidošanos novērota arī citām skuju koku sugām. Piemēram, trīsgadīgiem duglāzijas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) sējeņiem kontrolētas vides apstākļos CO_2 koncentrācijas palielināšanās neietekmēja dzinumu (tai skaitā, augusta dzinumu), skuju un pumpuru attīstības dinamiku, turpretī, paaugstinoties temperatūrai, novērota nozīmīga dzinumu pieauguma un augusta pieauguma samazināšanās (Olszyk et al., 1998). Augusta dzinumu veidošanos *Abies magnifica* A. Murr. un *Abies concolor* (Gord. and Glend.) Lindl. sējeņiem stimulē liels nokrišņu daudzums sezonas beigās – pastiprināta laistīšana palielinājusi augusta dzinumu īpatsvaru par 40–80 % (Hallgren, Helms, 1988). Novērojot temperatūras ietekmi uz augusta dzinumu veidošanos *Pinus densiflora* 14 gadu periodā, konstatēts, ka vislielākais augusta dzinumu garums bija gadā, kad jūlija un augusta vidējā temperatūra bija visaugstākā (Kushida, 2005). Klinškalnu priedei (*Pinus contorta*), salīdzinājumā ar parasto priedi, gan kokaudzētavas vecumā (Elfving et al., 2001), gan trīs–četrus gadus pēc iestādīšanas (Norgren et al., 1996) novērota intensīvāka augusta dzinumu veidošanās, turklāt tā saistīta ar ātraudzību un to sekmē lielāka augšanas telpa.

Koka augšanas ritma īpatnības un augusta dzinumu veidošanos lielā mērā nosaka ģenētika (Hoffmann, 1965; Ununger et al., 1988; Søgaard et al., 2011; Поше, 1975).

Parastās egles iedzimtības pārbauzēs Norvēģijā konstatētas būtiskas atšķirības augusta dzinumu sastopamībā starp dabiskām populācijām (proveniencēm) un indivīdiem to ietvaros, kā arī starp ģimenēm selekcijas populācijā. Izmēģinājumā pārstāvētajām proveniencēm piecu gadu vecumā vidējais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars ir 38 %, sešu gadu vecumā – 22 %, bet septiņu – 17 %, pie tam augusta dzinumu īpatsvara samazināšanās līdz ar vecumu vērojama praktiski visām proveniencēm. Augstākais augusta dzinumu īpatsvars ir proveniencēm no Čehijas un Slovākijas (piecu gadu vecumā 54 %), kā arī Polijas (45 %), zemākais - no Ziemeļvalstīm (18 %), bet Latvijas proveniencēi – 28 %. Arī eksperimentu sērijā, kur vienas un tās pašas ģimenes un kloni pārstāvēti izmēģinājumos Norvēģijā, Somijā un Dānijā, koku īpatsvars ar augusta dzinumiem ģimenēm ir būtiski atšķirīgs. Konstatēta cieša korelācija starp pēcnācēju ar augusta dzinumiem īpatsvaru ģimenē Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā un Somijas eksperimentā 21 gada vecumā. Arī sakarība starp ģimenes augusta dzinumu īpatsvaru Somijas eksperimentā 21 gada vecumā un augšanas perioda sākumu un

beigām Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā ir cieša; līdzīgi rezultāti konstatēti arī Dānijas eksperimentā (Søgaard et al., 2011).

Ununger et al. (1988), pētot augšanas ritma izmaiņas parastās egles Ziemeļzvidrijas un Francijas provenienču pēcnācējiem sešu gadu periodā (2–8 gadu vecumā), norāda, ka eglei vienā veģetācijas periodā aptuveni pusi no augšanas ritma atšķirībām izskaidro proveniences faktors; pieaugot vecumam, starpgimeņu atšķirības izlīdzinās, kā arī samazinās dzinuma augšanas perioda ilgums (augšanas periods sākas vēlāk un ir īsāks).

Hoffmann (1965) Vācijas egļu provenienču pēcnācējiem 9–13 gadu vecumā konstatējis, ka, palielinoties proveniences izcelsmes vietas augstumam (v.j.l.), pazeminās koku ar augusta dzinumiem īpatsvars proveniences pēcnācēju starpā. Līdzīgi Danusevičius un Persson (1998) un Danusevičius (1999), analizējot 108 Zvidrijas un 16 Austrumeiropas provenienču pēcnācēju augšanu juvenīlā vecumā (līdz 9 gadu vecumam), norāda, ka, palielinoties proveniences izcelsmes vietas ģeogrāfiskajam platumam un augstumam (v.j.l.), egles augšana veģetācijas periodā sākas un beidzas agrāk, koki agrāk iegūst salcietību, tiem ir mazāks augstums un augusta dzinumu sastopamība.

Koka ātraudzību lielā mērā nosaka tā augšanas ritma īpatnības (Danusevičius, Persson, 1998; Hagner, 1970; Роне, 1975). Izstrādājot atlases pamatprincipus parastās egles selekcijas darbam Latvijā 20.gs. 70.-80.gados, V.Rone analizējusi pieauguma veidošanās dinamiku un tās ģenētisko nosacītību eglēm juvenīlā vecumā (kokaudzētāvās un stādījumos līdz 10 gadu vecumam). Autore konstatējusi, ka tādām egles pazīmēm kā relatīvais augšanas perioda sākums, tā beigas un ilgums raksturīga augsta ģenētiskās nosacītības pakāpe (Роне, 1975). Egļu īpašība plaukt noteiktā laikā ir iedzimta (Ronis, 1962; Роне, 1975), tomēr dabā egļu populācijās nav novērojama krasa robeža starp eglēm ar dažādu plaukšanas laiku, tāpēc konkrētu fenoloģisko formu izdalīšana ir nosacīta (Vēveris, 1966). Literatūrā atzīmēta atšķirīgā egles fenoloģisko formu reakcija uz vides apstākļu ietekmi - agri plaukstošās egles vāji reaģē uz augsnes mitruma izmaiņām un pacieš lieku mitrumu, bet vēlū plaukstošajām eglēm nepieciešami optimāli mitruma apstākļi (Юркевич, Голод, 1966). Čertovskis (Чертовский, 1978) norādījis, ka agri un vēlū plaukstošās egles neatšķiras pēc augšanas ātruma, bet Vēveris (1975) atzīmējis, ka atsevišķu indivīdu vai populāciju agrāka plaukšana liecina par to relatīvo ātraudzību, piemēram, izcilās egles parasti ir audzes agri plaukstošie koki. Savukārt Rone (Роне, 1975) konstatējusi, ka koku augstums ir praktiski neitrāls attiecībā pret veģetācijas sākumu, bet labvēlīgos augšanas apstākļos palielinās līdz ar vēlāku veģetācijas perioda nobeigumu, un vēlāks veģetācijas perioda nobeigums 100 % gadījumu saistīts ar augusta dzinumu veidošanos. Īpatņu ar agru vai vēlū pieauguma izbeigšanos fenotipiska atlase pēc augusta dzinumiem nodrošināja ticamību 80 % un 76 % (augusta dzinumu attīstībai labvēlīgos apstākļos) (Роне, 1980). Rone (Роне, 1975) atzīmējusi, ka pieauguma beigšanās un augusta dzinumu veidošanās ir laikā stabilas pazīmes, ja nenotiek ekoloģisko apstākļu izmaiņas. Vērtējot egļu provenienču pēcnācējus 8 gadu vecumā, Rone (1984) novērojusi, ka atkārtotu pavasara salnu fonā ātraudzīgākajām proveniencēm raksturīga vēlāka plaukšana, bet objektā, kur izteikti salnu bojājumi nav konstatēti, plaukšanas termiņš neietekmē augšanas ātrumu. Analizējot stādījumus juvenīlā vecumā, konstatēts, ka koku, kuru galotnes pumpurs veido augusta dzinumu, īpatsvars ir saistīts ar attiecīgās ģimenes ātraudzību (Rone, 1985). Līdzīgi Hoffmann (1965) egļu provenienču izmēģinājumā (7 Vācijas proveniences, 9–13 gadu vecumā) konstatējis ciešu sakarību starp augusta dzinumu īpatsvaru un proveniences pēcnācēju vidējo augstumu ($r = 0,93$). Līdz ar vecumu augstuma atšķirības palielinās, piemēram, 9 gadu vecumā vidējais augstums kokiem bez augusta dzinumiem bija

95 cm, bet kokiem ar augsta dzinumiem – 129 cm; 13 gadu vecumā attiecīgi 294 cm un 390 cm. Kokaudzētavas vecumā novērots, ka augsta dzinumu īpatsvars būtiski neatšķiras trim koku grupām, kuru augstums atšķiras par aptuveni $\pm 25\%$.

Zviedrijā (Danusevičius, Persson, 1998), novērtējot 107 Zviedrijas egļu proveniencas un 16 proveniencas no Austrumeiropas 5–9 gadu vecumā, provenienču vidējo vērtību līmenī eglei konstatēta pozitīva sakarība ($r \approx 0,3$; $p < 0,01$) starp augsta dzinumu īpatsvaru un koku augstumu (gan 5, gan 9 gadu vecumā). Lielāks augsta dzinumu īpatsvars raksturīgs proveniencēm ar vēlāku plaukšanas sākumu ($r \approx 0,25$; $p < 0,05$) un vēlāku pieauguma izbeigšanos ($r = 0,43$; $p < 0,001$). Augsta dzinumu vidējais īpatsvars eksperimentā pārstāvēto reģionu pēcnācējiem ir no $0,04 \pm 0,02$ Ziemeļzviedrijā (9 proveniencas) līdz $0,17 \pm 0,03$ Austrijā (2 proveniencas). Proveniencēm no Baltijas (14) vidējais augsta dzinumu īpatsvars ir $0,07 \pm 0,01$. Egles iedzimtības pārbaužu stādījumos konstatēts, ka ģimenēm ar agrāku pieauguma izbeigšanos Norvēģijas eksperimentā 5 gadu vecumā raksturīgs lielāks augsta dzinumu īpatsvars Somijas eksperimentā 21 gada vecumā (Søgaard et al., 2011).

Eksperimenti Norvēģijā (Johnsen, 1989; Kvaalen, Johnsen, 2008) liecina, ka parastajai eglei eksistē mehānisms, kas nosaka pieauguma veidošanos atbilstoši temperatūrai embriogēneses laikā (kontrolētos vides apstākļos vai māteskoka atrašanās vietā): no siltākā vidē iegūtām sēklām izaudzētu kontrolēto krustojumu pēcnācēju augstums (visā 4–7 gadu vecuma periodā) bija lielāks, tiem būtiski vēlāk beidzās pieauguma veidošanās un bija lielāks augsta dzinumu veidošanās īpatsvars nekā pēcnācējiem, kas izaudzēti no aukstākā vidē iegūtām sēklām.

West un Ledig (1964) pētījuši ģenētisko faktoru ietekmi uz parastās priedes augsta dzinumu veidošanos, otrajā un trešajā veģetācijas sezonā pēc iestādīšanas, veicot novērojumus trīs priežu stādījumos Ņūdžersijā (ASV), kuros pārstāvētas 35 proveniencas (māteskoki no Ņujorkas, Pensilvānijas, Ņūdžersijas). Koku ar augsta dzinumiem īpatsvars svārstījās no 11 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz ziemeļiem un lielākā augstumā v.j.l.) līdz 44 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz dienvidiem un mazākā augstumā v.j.l.). Koku īpatsvars, kuriem augsta dzinumi novēroti abos gados, sasniedza no 27 % un 78 % līdz 87 % (stādījumā, kas atradās vairāk uz dienvidiem un mazākā augstumā v.j.l.). Dispersijas analīze parādīja, ka būtiska ietekme uz koku ar augsta dzinumiem īpatsvaru ir visiem trim analizētajiem faktoriem – sēklu izcelsmei, stādījuma vietai un novērojumu gadam; būtiska arī visu šo faktoru mijiedarbības ietekme. Novērojumu gads un vieta nav atdalāmi kā atsevišķi ietekmējošie faktori. Konstatētas izcelsmes ar būtiski augstāku un būtiski zemāku augsta dzinumu īpatsvaru nekā vidējais. Arī Ehrenberg (1963), vērtējot iedzimtības pārbaužu stādījumus Zviedrijā 8–10 gadu vecumā, norādījis, ka parastajai priedei pastāv ģenētiskas atšķirības augsta dzinumu sastopamībā gan starp indivīdiem proveniencē, gan starp proveniencēm, pie tam vienas proveniencas ietvaros augsta dzinumi biežāk sastopami ātraudzīgākajiem kokiem. Nav novērots, ka augsta dzinumi kavētu koka augšanu nākamajā gadā. Dažādu provenienču koku ar augsta dzinumiem īpatsvars svārstās no 0,5 % līdz 43,7 %; proveniencē, kur konstatēts augstākais koku ar augsta dzinumiem īpatsvars, 4,3 % koku augsta dzinumi novēroti četrus gadus pēc kārtas. Parastās priedes ziemeļu proveniencas pēcnācējiem novērots zemāks augsta dzinumu īpatsvars.

Nozīmīga ģenētisko faktoru ietekme uz augsta dzinumu veidošanos novērota arī citām skujkoku sugām. Sitkas egles (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) provenienču izmēģinājumā Norvēģijas rietumdaļā 8 gadu vecumā konstatēta negatīva korelācija starp augsta dzinumu īpatsvaru un izcelsmes vietas ģeogrāfisko platumu: augsta dzinumu īpatsvars bija robežās no

5 % (proveniencēm no ziemeļiem) līdz vairāk nekā 40 % (proveniencēm no dienvidiem) (Magnesen, 1986). Proveniences un augšanas vietas mijiedarbības faktora nozīmīga ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru konstatēta *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt. un *Abies lasiocarpa* var. *arizonica* (Merriam) Lemmon. sugām triju gadu vecumā (Hansen et al., 2004). Analizējot *Pinus radiata* 58 pussibu ģimeņu pēcnācēju augšanas pazīmes 2–3 gadu vecumā Spānijas ziemeļdaļā, konstatētas būtiskas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp ģimenēm (Codesido, Fernández-López, 2009). Aldén (1971) uzsver, ka gan ģenētisko, gan vides faktoru ietekme izpaužas kā izmaiņas auga fizioloģiskajos procesos, kas savukārt nosaka augusta dzinumu veidošanos.

1.3. Padēlu veidošanās jaunaudzēs vecumā ietekme uz koka stumbra kvalitāti

Vērtējot augusta dzinumu negatīvo ietekmi, vairāki autori uzsver, ka papildpieauguma attīstība var būt saistīta ar stumbra kvalitātes pasliktināšanos (Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1970; McCabe, Labisky, 1959; Søgaard et al., 2011), galvenokārt, padēlu vai dubultas galotnes izveidošanos. Vairums pētnieku par padēlu uzskata zaru, kura veidotais leņķis ar stumbra garenasi ir šaurāks par 30° (Moore et al., 2009; Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000). Atšķirībā no padēliem, kā dubulta galotne šaura leņķa (<30°) zari definējami gadījumos, kad to diametrs lielāks nekā puse no stumbra diametra (Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000).

Zaru (t.sk. padēlu) izmēriem un izvietojumam ir izšķiroša ietekme uz koksnes kvalitāti un zāgmateriālu iznākumu. Zarainība gan pazemina zāgmateriālu estētisko kvalitāti, gan maina mehāniskās īpašības. Zari būtiski samazina zāgmateriālu koksnes lieces stiprību un stingrību, jo zara vietā koksnes šķiedru novirzīšanās (izliekšanās, sagrašanās) no stumbra garenass koksne rada mehāniskā ziņā vājākas vietas (Carmer et al., 1988). Šo īpašību ietekmes dēļ ir izveidoti standarti, kas nosaka kokmateriāla atbilstību attiecīgajam sortimentu veidam definētajām kvalitātes (t.sk. zaru īpašību) prasībām (Eiropas standarti LVS EN 1611-1 un LVS EN 33). Tādējādi zarainība mazina koksnes pieprasījumu tirgū un cenas. Koksnes stiprības un stingrības samazināšanās pakāpe atkarīga no zaru izmēra, izvietojuma, formas un nokalšanas (atmiršanas) stadijas (Carmer et al., 1988; Megraw, 1986; Schermann et al., 1997; Tong et al., 2013; Xiong, 2010). Lielākas zaru vietas zāgmateriālā veido augošā kokā esošie šaurāka leņķa zari – padēli. Tā kā padēli veidojas kā salīdzinoši resnāki zari un no koka stumbra atdalās šaurā leņķī, tad tie veido salīdzinoši lielāku stumbra tilpuma daļu, līdz ar to samazinot iegūstamo vērtīgo sortimentu apjomu gan kopšanas, gan galvenajā cirtē (Ehrenberg, 1970; Jayawickrama et al., 2009; Schermann et al., 1997; Tong et al., 2013). Koksnes strukturālās izmaiņas var samazināt koka izturību pret vēja izraisītiem bojājumiem (Søgaard et al., 2011).

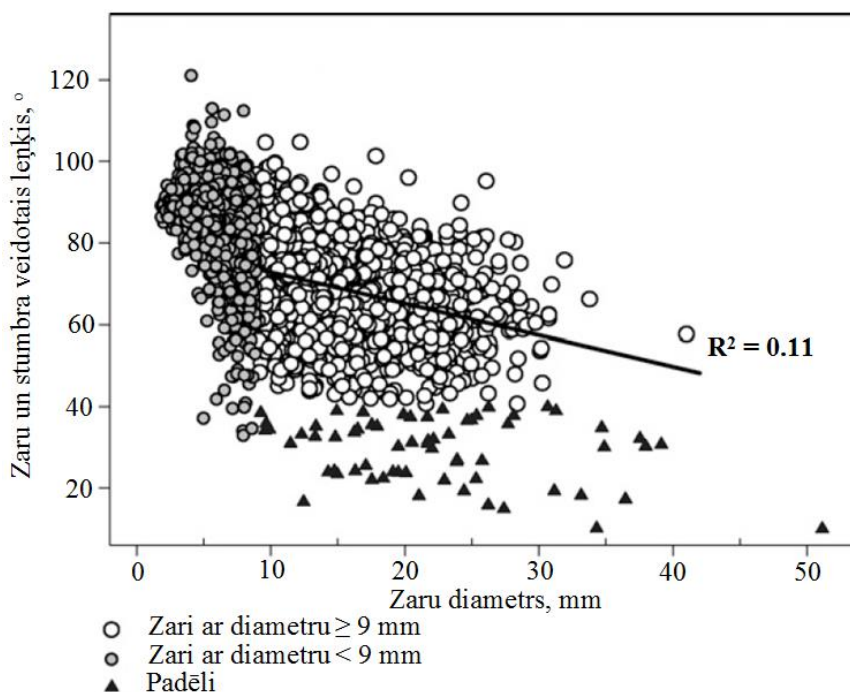
Padēlu sastopamību ietekmē koku suga, audzē veiktie mežsaimnieciskie pasākumi, vides un ģenētiskie faktori.

Tādi mežsaimnieciskie pasākumi, kā stādīšanas biežums, kopšanas cirtes, mēslošana var ietekmēt resnāku zaru veidošanos. Secinājumi par palielināta stādīšanas biežuma pozitīvo ietekmi uz padēlu sastopamības samazināšanu iegūstami galvenokārt no pētījumu rezultātiem par zaru resnuma atšķirībām. Piemēram, provenienču pētījumā Vācijā parastajai priedei 10 gadu vecumā konstatētas būtiskas zaru resnuma atšķirības dažādām proveniencēm un objektos ar atšķirīgu ierīkošanas biežumu (4444, 6666 un 13333 koku ha⁻¹), turklāt arī

proveniences un ierīkošanas biežuma mijiedarbības faktora ietekme izrādījusies būtiska. Tātad ne visas proveniences zaru resnuma ziņā vienādi reaģējušas uz stādījuma biežuma atšķirībām (Kohlstock, Schneck, 1998). Pētot Kanādas egles (*Picea glauca* [Moench] Voss) koku zarojuma pazīmes (32 gadu vecumā) ar datortomogrāfijas palīdzību no stādījuma ar ierīkošanas biežuma variantiem 780-12600 koku uz hektāra, novērota tendence, ka kokiem mazākā stādīšanas biežumā zari ir resnāki (Tong et al., 2013). Tomēr, ņemot vērā, ka par padēlu zars klasificējams ne vien tā resnuma, bet, galvenokārt, šaurā leņķa dēļ, tad nozīmīgs augsta stādīšanas biežuma pozitīvais efekts uz padēlu īpatsvara samazināšanu mežaudzē ir apšaubāms. Veicot kopšanas cirtes, izcērtami ne vien dažādu faktoru bojātie un augšanā atpalikušie, bet arī sliktas kvalitātes koki - ļoti zaraini, līki, kā arī koki ar vairākām galotnēm vai padēliem (Kopšanas ciršu rokasgrāmata, 2008). Nozīmīgi ir pētījumi, kuros skaidrots, vai un cik lielā mērā padēli, kas kokiem izveidojušies agrīnā vecumā, var ietekmēt stumbra kvalitāti vēlākos gados, iegūstot konkrētus kokmateriālu sortimentus. Zari sākotnēji aug salīdzinoši šaurā leņķī uz augšu, sasniedzot maksimālo diametru, un pēc tam to novietojums kļūst horizontālāks (Ehrenberg, 1963; Franklin, Callahan, 1970; Tong et al., 2013). Atkārtoti nosakot stumbra kvalitātes pazīmes duglāzijai, konstatēts, ka no kokiem, kuriem 12 gadu vecumā novērots padēls, 62 % gadījumu tas konstatējams arī 24 gadu vecumā, bet vairums (53 %) dubulto galotņu (12 gadu vecumā) atkārtotās uzmērīšanas laikā (24 gadu vecumā) uzskatāmas par padēliem (Temel, Adams, 2000). Vairāki autori (Barber, 1964; Campbell, 1965; Schermann et al., 1997) norādījuši, ka agrīnā vecumā sastopamie stumbra defekti ne vien pazemina pirmajās krājas kopšanas cirtēs iegūstamo kokmateriālu kvalitāti, bet arī pieaugušu koku ekonomisko vērtību, kaut arī līdz ar vecumu šie defekti augošam kokam koksnes pieauguma dēļ nav vizuāli konstatējami. Piemēram, duglāzijai sastopamā stumbra likumainība starpmieturu posmos vēlākos gados ārēji nav novērojama, tomēr atstāj paliekošu ietekmi uz koksnes kvalitāti stumbra apakšējā nogrieznī – paaugstina reakcijas koksnes īpatsvaru (Campbell, 1965). Līdzīgi rezultāti iegūti arī *Pinus elliotti* pētījumos (Barber, 1964). Stumbra defektiem tā pirmajos nogriežņos (agrīnā – 10-15 gadu vecumā) ir salīdzinoši lielāka ekonomiskā nozīme (Barber, 1964; Schermann et al., 1997). Pietiekami augstas intensitātes kopšanas cirte dod iespēju lielākā mērā samazināt koku ar padēliem īpatsvaru mežaudzē. Tāpat padēlus iespējams nozāģēt, veicot augošu koku atzarošanu, tomēr jāņem vērā, ka pasākums ir dārgs, un padēlu zaru vietas lēnāk aizaug un atstāj lielākas rētas pēc koku atzarošanas (Barber, 1964; Schermann et al., 1997). Pētījumos norādīts uz vides faktoru – augsnes auglības un meteoroloģisko apstākļu – ietekmi uz koku ar stumbra (t.sk., vadošā dzinuma) defektiem īpatsvaru, par ko liecina šī īpatsvara atšķirības starp vienas un tās pašas ģimenes pēcnācējiem dažādās stādījumu vietās un dažādos novērojumu gados, piemēram, parastajai priedei Zviedrijā 11 gadu vecumā (Ehrenberg, 1963). Pētījumos novērota stumbra defektu sastopamības palielināšanās tendence kokiem auglīgākā augsnē (Ehrenberg, 1963; Espinosa, 2009). Analizējot mēslošanas ietekmi uz dažādām terpentīna priedes pazīmēm pēcnācēju iedzimtības pārbaužu stādījumos 3 un 12 gadu vecumā Ziemeļkarolīnā, ASV, Espinosa (2009) konstatējis, ka slāpekļa mēslojuma lietošanas rezultātā paaugstinās dubultu galotņu un padēlu sastopamība.

Padēlu veidošanās tendence un līdz ar to šī stumbra kvalitātes defekta ekonomiskā nozīme dažādām koku sugām ir atšķirīga. Duglāzijai (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (MIRB.) FRANCO) dubultas galotnes un padēlus Schermann et al. (1997) norādījuši kā svarīgākos stumbra defektus. Pētot stumbra kvalitāti 80 brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumā 9 gadu vecumā, auglīgā augsnē (vidējais koku augstums 6 m), Klusā okeāna

piekrastē, Vašingtonas štatā, ASV, konstatētais koku ar vismaz vienu dubultu galotni vai padēlu īpatsvars bija attiecīgi 26 % un 46 %, ar abiem defektiem – 15 %. No kokiem, kam konstatēti šie zarojuma defekti, vairumam koku bija tikai viens padēls (60 %) vai viena dubulta galotne (80 %), tomēr maksimālais defektu skaits vienam kokam bija 7 padēli un 4 dubultas galotnes. Vērtējot koku produktivitātes un stumbra kvalitātes pazīmes duglāzijai 90 brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumā Klusā okeāna piekrastē, Oregonas štatā, ASV, Temel un Adams (2000) konstatējuši, ka koku ar padēliem īpatsvars 24 gadu vecumā bija 30,2 %. Vairumam koku (83 %), kam nebija novēroti zarošanās defekti (padēli un/vai dubultas galotnes) 12 gadu vecumā, tie netika konstatēti arī 24 gadu vecumā. Novērtējot Sitkas egles (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) stumbra kvalitātes defektus Lielbritānijā (64 audzēs 35-50 gadu vecumā, vidējais koku augstums 22,1±4,0 m, stumbra caurmērs 23,0±7,7 cm), secināts, ka koku ar padēliem īpatsvars audzē sasniedz maksimāli 88 %, bet vidēji tas ir 37,2 % (Moore et al., 2009). Pētot Kanādas egles (*Picea glauca* [Moench] Voss) koku zarojuma pazīmes ar datortomogrāfijas palīdzību 16 kokiem no stādījuma Kanādā, auglīgā augsnē, 32 gadu vecumā (vidējais koku augstums 12,6 m), vienam kokam vidēji konstatēti 112 nozīmīgi (≥ 9 mm) zari, no kuriem 7 % var pazemināt kvalitātes klasi, 3,6 % bija padēli, bet 70 % - zari, kuru veidotais leņķis ar stumbru bija robežās no 60° līdz 80° (šajā gadījumā leņķis, ko ar garenasi veido līnija koksnē no zara sākumpunkta pie serdes līdz tālākajam punktam pie mizas). Padēli konstatēti 15 kokiem no 16, maksimālais padēlu skaits vienam kokam bija 16. Vienam kokam aptuveni 31 % padēlu bija starp pieciem resnākajiem zariem. Zaru leņķis samazinājās, palielinoties zara diametram, t.i., resnākiem zariem konstatēts šaurāks zaru un stumbra garenass veidotais leņķis (1.13. att.); 8 no 16 kokiem padēli uzrādīja lielāku zaru resnumu nekā zari platākā leņķi (Tong et al., 2013).



1.13. attēls. Sakarība starp zaru resnumu un zaru un stumbra veidoto leņķi Kanādas eglei 32 gadu vecumā (Tong et al., 2013).

Terpentīna priedei (*Pinus taeda* L.), kas ir ekonomiski nozīmīgākā koku suga ASV dienvidaustrumu daļā, selekcijas programmas ietvaros 50 gadu laikā atlase veikta pēc tādām pazīmēm, kā augšanas ātrums, noturība pret slimībām un stumbra taisnums, bet salīdzinoši maza vērtība pievērsta zarošanās defektu – dubultu galotņu un padēlu – sastopamībai, kas nozīmīgi pazemina koksnes kvalitāti un kvantitatīvo iznākumu, līdz ar to tās ekonomisko vērtību. Xiong (2010) veiktā pētījumā terpentīna priedes iedzimtības pārbaužu stādījumos sešu gadu vecumā, vērtējot sibu ģimeņu pēcnācējus, koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars konstatēts 18 % (robežās no 4 % līdz 80 % dažādās stādījumu vietās). Vērtējot klonu pēcnācējus, koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars konstatēts 17 % (klonu vidējās vērtības robežās no 0 % līdz 73 %), padēlu vidējais īpatsvars 24 % (klonu vidējās vērtības robežās no 3 % līdz 50 %). Austrālijā priežu *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* hibrīdu klonu selekcijas programmas īstenošanas ietvaros konstatēts, ka no 1200 kloniem tikai 175 uzrādīja pārākumu vairāku pazīmju kompleksā vērtējumā – pēc stumbra tilpuma un taisnuma, kā arī stumbra formas (zems koku ar dubultu galotni vai padēlu īpatsvars). Kā salīdzinoši augsts (virs vidējā) atzīmēts padēlu īpatsvars 29 % no visiem uzmērītajiem klona ramiem. Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) iedzimtības pārbaužu stādījumos Zviedrijā konstatēts, ka 11 gadu vecumā pluskoku un mīnuskoku krustojumu pēcnācēju stādījumos koku ar dubultām galotnēm vidējais īpatsvars sasniedz 30 %; to lielā mērā nosaka mīnuskoku pēcnācēju vērtējums (Ehrenberg, 1963).

Pētot vides apstākļu nozīmi zarošanās defektu sastopamībā vienas koku sugas ietvaros, vairāki autori akcentējuši sala bojājumu būtisko ietekmi uz dubultu galotņu veidošanos, kad galotnes centrālā pumpura bojājuma dēļ divu vai vairāku sānu pumpuru līdzvērtīga augšana sekmē vairāku galotņu attīstību un savstarpēju konkurenci (Barber, 1964; Franklin, Callahan, 1970). Līdzīgā veidā, jebkuri citi vadošā dzinuma bojājumi – putnu, dzīvnieku, vēja, slimību, kaitēkļu izraisīti – var sekmēt vairāku galotņu veidošanos (Xiong, 2010). Franklin un Callahan (1970) klinškalnu priedei (*Pinus contorta* var. *murrayana* Engelm.) iedzimtības pārbaužu stādījumos piecu gadu vecumā konstatējuši, ka kaitēkļu bojājumu dēļ veidojusies samērā neliela, tomēr nozīmīga daļa no visām reģistrētajām dubultajām galotnēm – 10 %. Vairāki autori norādījuši, ka arī augusta dzinumu veidošanās saistīta ar stumbra kvalitātes defektiem, jo augusta dzinumu attīstība var pazemināt koku salcietību, piemēram, parastajai eglei (*Picea abies* (L.) Karst.). Tā kā salcietības veidošanās eglei cieši saistīta ar augšanas ritma īpatnībām, augusta dzinumu attīstība var pazemināt tās salcietību agrajās rudens salnās, ziemas periodā un/vai vēlajās pavasara salnās. Salcietība sāk veidoties pēc galotnes pumpura noformēšanās, tāpēc, aktīvai augšanai beidzoties pārāk vēlu, galotnes dzinums var nesaņiegt pietiekamu salcietības pakāpi, lai pārciestu rudens salnas. Līdz ar to rudens salnas var tieši bojāt audus vai arī izjaukt salcietības turpmāko attīstību; tas mazina auga izturību pret ziemas sala bojājumiem. Iespējams arī, ka vēla pumpura veidošanās veģetācijas perioda beigās ietekmē pumpura plaukšanas laiku nākamajā pavasarī, un līdz ar to paaugstinās pavasara salnu bojājumu risks (Gabrīlavičius, Danusevičius, 2003; Søgaard et al., 2011). Augusta dzinumu attīstība var sekmēt vairāku galotņu izveidošanos divējādi: vai nu attīstās konkurētspējīgi augusta dzinumi no galotnes dzinuma sānu pumpuriem, vai arī gala pumpura augusta dzinums nozīmīgi cieš no sala bojājumiem (Pallardy, 2008). Attīstoties augusta dzinumam no sānu pumpura, galotnes dzinums var vēlāk atgūt savu vadošo lomu, un augusta dzinumi tādā gadījumā saglabājas kā liela izmēra zari, vai arī galotnes dzinums var zaudēt savu vadošo lomu, un augusta dzinums tādā gadījumā kļūst par galotni, stumbrs veidojas līks,

un sākotnējā galotne saglabājas kā padēls. Novērots, ka vasaras pieaugums bieži veicina arī lielāka zaru skaita attīstību mieturī un divu mieturu izveidošanos. (Ehrenberg, 1970).

Pētījumi par augusta dzinumu ietekmi uz parastās priedes stumbra kvalitāti veikti jau 20.gs. 60. gados (West, Rogers, 1965). Provenienču izmēģinājumā Ņūdžersijā 6 gadu vecumā koku īpatsvars ar augusta dzinumiem bija 22–28 %, un pēc diviem gadiem tika novērtēta stumbra kvalitāte – līkumainība un dubultu galotņu īpatsvars. No kokiem, kuriem sestās augšanas sezonas beigās bija izveidojušies augusta dzinumi, 15 % novērota dubultas galotnes veidošanās septītā gada pieaugumam, kas bija būtiski ($\alpha = 0,01$) vairāk nekā kokiem bez augusta dzinumiem (6 %). Stumbra līkumainība (septītā gada pieaugumam) abās koku grupās (ar un bez augusta dzinumiem sestās augšanas sezonas beigās) būtiski neatšķīrās. Autori novērojuši, ka dubultas galotnes veidošanās pirmajā gadā pēc augusta dzinuma attīstības bieži nav paliekoša – koks cenšas atjaunot galotnes dzinuma vadošo lomu nākamajā veģetācijas sezonā, tāpēc nepieciešami vismaz divu gadu novērojumi, lai novērtētu, vai augusta dzinumu attīstība veicinājusi paliekošas dubultas galotnes veidošanos. Ehrenberg (1963) pētījumā konstatēta saistība starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru parastās priedes krustojumu ģimeņu pēcnācējiem Zviedrijā 8-11 gadu vecumā. Carvell (1956) Rietumvirdžīnijā *Pinus resinosa* Ait. novērojis, ka sešu gadu vecumā 19 % koku bija augusta dzinumi, un 76 % no šiem kokiem nākamajā augšanas sezonā izveidojās divi vai vairāk spēcīgi vadošie dzinumi, tomēr nav zināms, vai vēlākajos gados dubultā galotne saglabājas.

Tomēr parastajai eglei kokaudzētavas vecumā Hoffmann (1965) nav novērojis būtisku augusta dzinumu ietekmi uz dubultas galotnes veidošanos – no 600 kokiem, kam novēroti augusta dzinumi, tikai diviem pēc tam izveidojusies dubulta galotne. Līdzīgi Danusevičius un Persson (1998) egļu provenienču pēcnācējiem nav konstatējuši sakarību starp augusta dzinumu veidošanos un stumbra kvalitātes pazemināšanos: korelācijas koeficients $r = -0,02$ ($p > 0,05$) starp augusta dzinumu īpatsvaru 5 gadu vecumā un stumbra kvalitātes vērtējumu (koki ar dubultu galotni, diviem stumbriem, padēliem) 9 gadu vecumā. Šajā pētījumā nav konstatēta arī būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru piektās augšanas sezonas beigās un salnu bojājumiem nākamā gada pavasarī. Sitkas eglei (8 gadu vecumā) novērota augusta dzinumu veidošanās saistība ar vēla rudens sala bojājumiem (Magnesen, 1986). Pētījumā Norvēģijas dienvidaustrumu daļā, analizējot augusta dzinumu iespējamo ietekmi uz egles stumbra kvalitāti, konstatēts, ka kokiem, kuriem novēroti augusta dzinumi, nākamajā gadā aptuveni par 45 % biežāk konstatētas vairākas galotnes nekā kokiem bez augusta dzinumiem, piemēram, 2008.gadā vairākas galotnes konstatētas < 5 % koku, kuriem nebija augusta dzinumu 2007.gadā, bet ~ 45 % koku, kuriem bija augusta dzinumi 2007.gadā; līdzīga situācija novērota arī 2009.gadā (attiecībā pret 2008.gadu) – attiecīgi ~ 10 % un ~ 50 % (Søgaard et al., 2011).

Duglāzijas iedzimtības pārbaužu stādījumā 9 gadu vecumā (Schermann et al., 1997) konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru un koku ar stumbra kvalitātes defektiem īpatsvaru ģimenē (padēliem 0,72 un dubultām galotnēm 0,93). Schermann et al. (1997) konstatējuši, ka duglāzijai agrāka plaukšana pozitīvi korelē ($0,39 \pm 0,15$) ar augusta dzinumu īpatsvaru un stumbra defektiem (ģenētiskā korelācija padēliem $0,42 \pm 0,13$ un dubultām galotnēm $0,56 \pm 0,17$). Adams un Bastien (1994) duglāzijai konstatējuši, ka pastāv pozitīva ģenētiskā korelācija starp vidējo koku ar augusta dzinumiem

5, 6, 7 un 10 gadu vecumā īpatsvaru un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru 10 gadu vecumā ($r_A=0,66$).

Ģenētisko faktoru ietekmi uz dažādu skuju sugu stumbra kvalitātes pazīmēm pētnieki konstatējuši jau 20.gs. vidū, piemēram, analizējot stumbra līkumainību *Pinus elliotii* brīvapputes un kontrolēto krustojumu pēcnācējiem (Mergen, 1955), kā arī salīdzinot stumbra defektu sastopamību parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) pluskoku un mīnuskoku pēcnācējiem (Ehrenberg, 1958; Ehrenberg, 1963). Klinškalnu priedei (*Pinus contorta* var. *murrayana* Engelm.) Franklin un Callaham (1970) iedzimtības pārbaužu stādījumos piecu gadu vecumā konstatējuši, ka ģenētiskie faktori dubultu galotņu veidošanos ietekmē ģimeņu līmenī.

Zaru leņķim raksturīga augstāka ģenētiskās nosacītības pakāpe, salīdzinot ar citām zarojuma pazīmēm, piemēram, zaru resnumu, ko vairāk ietekmē apkārtējās vides apstākļi (Zobel, Jett, 1995). Xiong (2010) veiktajā pētījumā terpentīna priedes iedzimtības pārbaužu stādījumos sešu gadu vecumā individuāliem kokiem iedzimstamības koeficients dubulto galotņu sastopamībai bija zems (0,06), bet ģimenēm $h^2=0,59$. Autors secina, ka dubultu galotņu veidošanos ģimeņu līmenī lielā mērā nosaka ģenētiskie faktori, bet individuālu koku līmenī – galvenokārt vides apstākļi. Konstatēta vidēja ģenētiskā korelācija starp dubultu galotņu un padēlu sastopamību (0,68), kas liecina par to, ka abas pazīmes daļēji kontrolē vieni un tie paši gēni, kas nodrošina iespēju selekcijas rezultātā iegūt pozitīvu efektu abām pazīmēm vienlaikus.

Analizējot *Pinus elliotii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbaužu stādījumus 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996), konstatētas iedzimstamības koeficienta vērtības koku augstumam $h^2=0,19-0,24$, dubulto galotņu īpatsvaram $h^2=0,11-0,13$, padēlu īpatsvaram $h^2=0,10-0,11$; ģenētiskā korelācija koku augstumam $r_b=0,90-0,91$, dubulto galotņu īpatsvaram $r_b=0,79-0,93$, padēlu īpatsvaram $r_b=0,87-0,92$.

Pētot stumbra formas pazīmju ģenētisko nosacītību duglāzijai, aprēķinātās iedzimstamības koeficienta vērtības ģimenēm (padēlu īpatsvaram 0,43, dubulto galotņu īpatsvaram 0,35) brīvapputes pēcnācēju stādījumā 9 gadu vecumā liecina, ka stumbra kvalitāti var uzlabot ar selekcijas palīdzību. Starp padēlu īpatsvaru un dubulto galotņu īpatsvaru konstatēta ģenētiskā korelācija (0,54) ir pozitīva, bet vidēji cieša; tas nozīmē, ka šos abus stumbra defektus tikai daļēji kontrolē vieni un tie paši gēni (Schermann et al., 1997). Dubultu galotņu un padēlu sastopamībai konstatēta cieša pozitīva ģenētiskā korelācija (0,6 līdz 1,0) *Pinus elliotii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbaužu stādījumos 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996). Temel un Adams (2000) norādījuši, ka nepieciešamība atsevišķi uzskaitīt šos abus stumbra zarošanās defektus ir apšaubāma, jo vairums (53 %) dubulto galotņu atkārtotās uzmērīšanas laikā duglāzijai 12 un 24 gadu vecumā uzskatāmas par padēliem; ģenētiskā korelācija starp šīm stumbra kvalitātes pazīmēm 12 un 24 gadu vecumā bija augsta ($r_A \geq 0,82$).

Vairākos pētījumos norādīts, ka pastāv pozitīva sakarība starp koka augšanas pazīmēm un stumbra kvalitātes defektu veidošanos. Starp koku augstumu un dubultu galotņu īpatsvaru konstatēta vāja nevēlama ģenētiskā korelācija (0,18) terpentīna priedei sešu gadu vecumā (Xiong, 2010). Zaru izmēriem un padēlu sastopamībai duglāzijai konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija ar stumbra krūšaugstuma caurmēru (attiecīgi $r_A=0,56$ un $r_A=0,41$), turklāt ģenētiskā korelācija starp koku caurmēru un padēlu sastopamību 24 gadu vecumā (0,41) ir mazāka nekā 12 gadu vecumā (0,61) (Temel, Adams, 2000). Analizējot *Pinus elliotii* brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbaužu stādījumus 6-11 gadu vecumā Austrālijā (Dieters, 1996),

dubultu galotņu un padēlu sastopamībai konstatēta vidēja pozitīva ģenētiskā korelācija (0,2 līdz 0,6) ar augšanas pazīmēm (koka augstumu, stumbra caurmēru un tilpumu), turklāt šī korelācija 10 gadu vecumā ir augstāka nekā 6 gadu vecumā (atšķirībā no Temel, Adams (2000) pētījuma rezultātiem duglāzijai).

Duglāzijai 9 gadu vecumā stumbra defektiem konstatēta pozitīva ģenētiskā korelācija ar stumbra caurmēru (padēlu īpatsvaram 0,42 un dubultu galotņu īpatsvaram 0,59), tomēr autori (Schermann et al., 1997) akcentējuši, ka tā ir pietiekami zema, lai sekmīgi veiktu selekciju gan pēc stumbra tilpumu, gan labas stumbra kvalitātes (padēlu un dubultu galotņu samazināta īpatsvara). Līdzīgi Adams un Bastien (1994) duglāzijai brīvapputes ģimeņu pēcnācēju iedzimtības stādījumos 5-13 gadu vecumā, konstatējot pozitīvu ģenētisko korelāciju starp koku augstumu 13 gadu vecumā un koku ar dubultām galotnēm īpatsvaru 10 gadu vecumā ($r_A=0,53$), norādījuši uz iespējam selekcijas rezultātā palielināt koku augstumu, nepalielinot stumbra defektu – dubulto galotņu – sastopamību.

Stumbra kvalitātes defektu sastopamības samazināšana ar selekcijas metodēm ir efektīvāka un lētāka nekā ar mežsaimniecisko pasākumu palīdzību, piemēram, augstu stādīšanas biežumu, sastāva kopšanas cirtēm, augošu koku atzarošanu. Vairāki autori, konstatējot no mežsaimniecības viedokļa nevēlamu ģenētisko korelāciju (parasti zemu vai vidēju) starp koka produktivitātes un stumbra kvalitātes pazīmēm, akcentē nepieciešamību selekcijas procesā pēcnācēju vērtēšanā iekļaut ne vien produktivitāti, bet arī stumbra kvalitāti raksturojošas pazīmes, kā arī definēt stumbra un koksnes kvalitātes pazīmju ietekmes īpatsvaru uz zāgmateriālu kvalitāti (Adams, Bastien, 1994; Cumbie et al., 2012; Dieters, 1996; Jayawickrama et al., 2009; Schermann et al., 1997; Temel, Adams, 2000; Xiong, 2010), tādējādi ar selekcijas metodēm uzlabojot stumbra kvalitāti.

2. Papildpieauguma novērtēšanas metodika

Augusta dzinumu sastopamība, to veidošanos ietekmējošie faktori, kā arī augusta dzinumu iespējamā saikne ar koku produktivitāti un kvalitāti raksturojošām pazīmēm novērtēta, ievācot datus gan mežaudzēs, gan pēcnācēju pārbaužu stādījumos (2.1. att.).

Parastajai priedei novērojumi veikti:

- 1) mākslīgi un dabiski atjaunotās jaunaudzēs (priežu tīraudzes) dažādos meža tipos trīs sezonas pēc kārtas: 2011. gadā (ar to apzīmējot augusta dzinumus, kas veidojušies 2011. gada veģetācijas sezonas beigās, uzmērīti 2012. gada pašā sākumā, ziemas periodā) – 122 jaunaudzēs 3-7 gadu vecumā; no šīm audzēm 2012. gadā (rudenī) atkārtotam vērtējumam izvēlētas 22 jaunaudzēs (attiecīgi 4-8 gadu vecumā); 2013. gada rudenī no šīm 22 jaunaudzēm trešo sezonu pēc kārtas novērojumi veikti 10 audzēs (attiecīgi 5-9 gadu vecumā). 2013. gada veģetācijas perioda beigās augusta dzinumu pētījumiem papildus izvēlētas (pēc nejaušības principa) 55 jaunaudzēs meža tipos, kur augusta dzinumu uzskaitē iepriekš netika veikta vai parauglaukumu skaits bija neliels; audžu vecums 3–5 gadi, slapjaini, āreņi un kūdreņi (Mrs, Dms, Am, As, Kv, Km, Ks);
- 2) trijos priežu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos (mētrājā), kur katrā pārstāvētas vairāk nekā sešdesmit ģimenes (divos no šiem stādījumiem nodrošinot arī augsnes temperatūras un mitruma mērījumus divos dažādos dziļumos visas sezonas garumā).



2.1. attēls. Augusta dzinumi priedei un eglei.

Parastajai eglei novērojumi veikti:

- 1) mākslīgi un dabiski atjaunotās 3–8 gadus vecās jaunaudzēs dažādos meža tipos: 2011. gadā (t.i., 2012. gada pašā sākumā) – 103 jaunaudzēs; 2012. gadā (rudenī) atkārtoti – 21 jaunaudzē;
- 2) divos egļu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos (kopumā 194 ģimenes, pārstāvēti Cēsu, Cesvaines, Kalupes, Katlešu, Krāslavas, Kuldīgas, Ludzas, Madonas, Ogres, Rēzeknes, Saldus, Tukuma un Ugāles kloni).

Augusta dzinumu novērtēšanai priežu jaunaudzēs izvēlēti nogabali, kuru platība vismaz 0,5 ha; katrā no tiem ierīkoti 20 apļveida parauglaukumi (parauglaukuma platība 25 m²). Tajos noteikts priežu skaits parauglaukumā, atzīmējot to koku skaitu, kuriem izveidojušies

augusta dzinumi galotnei vai sānzariem, kā arī koku skaitu, kas ir bojāti biotisku vai abiotisku apstākļu ietekmē (vērtējums par 2011. gada un 2012. gada veģetācijas sezonu). Visās 2013. gada rudenī vērtētajās jaunaudzēs (10 atkārtoti un 55 no jauna apsekotajās) priežu skaits parauglaukumā noteikts, norādot koka atjaunošanās veidu (stādīts vai pašizsējas); koki, kuru augstums nepārsniedza 1/3 no valdaudzēs vidējā koku augstuma, turpmākajā datu analizē netika ietverti. Kokiem, kuriem bija izveidojušies augusta dzinumi, reģistrēts zaru mieturis, kurā augusta dzinums konstatēts, skaitot 2013. gada pieauguma beigās izveidojušos gala pumpuru par 0.mieturi (2.2(a).att.), 2012. gada pieauguma beigās izveidojušos zaru mieturi par 1.mieturi (2.2(b).att.) utt., atsevišķi norādot augusta dzinumus sānzariem. Līdzīgā veidā (pa mieturiem) reģistrēti arī pārnadžu izraisīti un citi (piemēram, dendrofāgo kukaiņu izraisīti) bojājumi. Uzskaitīts arī, kurā mieturī redzams padēls, divas vai vairākas galotnes (2.3(a).att.), norādot to veidošanās iemeslu (augusta dzinums, bojājums, cits iemesls). Par padēlu uzskatīts zars, kura diametrs vismaz par 1/3 lielāks nekā pārējo zaru vidējais diametrs attiecīgajā mieturī, un šī zara un stumbra veidotais leņķis vismaz par 1/3 šaurāks nekā pārējo zaru veidotais vidējais leņķis. Atzīmēts arī, vai kokam bojājuma ietekmē notikusi galotnes maiņa. Atsevišķi izdalīti gadījumi, kad augusta dzinumu kādā no iepriekšējiem gadiem bija izveidojis centrālais pumpurs, kā rezultātā uz stumbra konstatējams papildus zaru mieturis (divi mieturi vienā veģetācijas sezonā) (2.3(b).att.).



(a)



(b)

2.2.attēls. Augusta dzinums 2013.gada veģetācijas sezonas beigās – 0.mieturī (a) un 2012.gada veģetācijas sezonas beigās – 1.mieturī (b).



(a)



(b)

2.3.attēls. Augusta dzinumu rezultātā veidojusies dubulta galotne (a) vai papildus mieturis (b).

Desmit objektos, kur novērojumi veikti atkārtoti (trešo sezonu pēc kārtas), katram kokam noteikts arī augstums un pēdējo trīs gadu augstuma pieaugumi. Vienā no jaunaudzēm

konstatēti ievērojami dendrofāgo kukaiņu bojājumi – no 157 uzmērītajiem kokiem 67 % koku novēroti kukaiņu bojājumi 2012. gada vai 2013. gada pieaugumam. No 28 kokiem, kuriem 2013. gadā šajā jaunaudzē izveidojušies augusta dzinumi, lielākajai daļai (20 kokiem) reģistrēti arī kukaiņu bojājumi.

Priežu brīvapputes ģimeņu pēcnācēju stādījumos noteikts koku augstums 7 (vienā no stādījumiem – 9) gadu vecumā, pēdējo trīs gadu augstuma pieaugumi, stumbra kvalitāte – atzīmēti koki ar padēlu un vairākām galotnēm, kā arī pārnadžu izraisītiem stumbra mizas un dzinumu bojājumiem. Augusta dzinumu sastopamība reģistrēta (ir / nav) arī iepriekšējos gados (citu projektu ietvaros), četrus gadus pēc kārtas.

Egļu jaunaudzēs augusta dzinumu novērtēšanai izvēlēti nogabali, kuru platība vismaz 0,5 ha; katrā no tiem ierīkoti 20 apļveida parauglaukumi (parauglaukuma platība 25 m²). Noteikts egļu skaits parauglaukumā, atzīmējot to koku skaitu, kuriem izveidojušies augusta dzinumi galotnei (augusta pieaugumu izveidojis centrālā dzinuma gala pumpurs vai sānu pumpuri – viens vai vairāki) vai sānzariem, kā arī koku skaitu, kas ir bojāti biotisku vai abiotisku apstākļu ietekmē. Daļā nogabalu (70 objektos) ballēs novērtēta vides faktoru piemērotība egles augšanai: 1) mitruma apstākļi (1 balle – normāli, 2 balles – daļēji traucē egles augšanu, 3 balles – stipri traucē egles augšanu); 2) zālaugu un citu kokaugu konkurence (balles tāpat kā mitruma apstākļiem); 3) pārnadžu izraisīti bojājumi (1 balle – ne vairāk kā 1 % bojātu koku, 2 balles – 1,1-10 % bojātu koku, 3 balles – vairāk kā 10 % bojātu koku). Summējot šo trīs traucējumu vērtējumu (balles), iegūts rādītājs, kas raksturo augšanas apstākļu piemērotību egles augšanai katrā objektā.

Augusta dzinumu īpatsvars vērtēts tikai jaunaudzēs, kurās audzes biežums nav mazāks kā 2012. gada 18. decembra MK noteikumos nr. 935 „Noteikumi par koku ciršanu mežā” norādītais kritiskais koku skaits (priedei 1000 koki*ha⁻¹; eglei 800 koki*ha⁻¹).

Egļu brīvapputes ģimeņu pēcnācēju pārbaužu stādījumos noteikts koku augstums 10 un 11 gadu vecumā, pēdējo trīs gadu augstuma pieaugumi, stumbra kvalitāte – atzīmēti koki ar vairākām galotnēm. Augusta dzinumi 2011. gada un 2012. gada veģetācijas sezonas beigās novērtēti šādi: centrālajam dzinumam noteikts sānu pumpuru augusta dzinumu skaits un garums (garākajam no tiem); centrālajam dzinumam atsevišķi atzīmēta augusta dzinuma veidošanās gala pumpuram (jā/nē); atsevišķi atzīmēta arī augusta dzinumu veidošanās sānu zariem (jā/nē). Vienā no stādījumiem koki atkarībā no jauno dzinumu attīstības pakāpes uzskaites brīdī (2012. gada 4.-7.jūnijā) iedalīti četrās plaukšanas klasēs: 1. klase – vēlu plaukstošie koki (2.4(a)att.), 2. klase – vidēji vēlu (2.4(b)att.), 3. klase – vidēji agri (2.4(c)att.), 4. klase – agri plaukstošie koki (2.4(d)att.).



(a)



(b)



(c)



(d)

2.4. attēls. Koki dažādās plaukšanas klasēs – vēlu plaukstošie (a), vidēji vēlu plaukstošie (b), vidēji agri plaukstošie (c), agri plaukstošie (d).

3. Augusta dzinumu sastopamības, izraisošo faktoru un ietekmes novērtēšanas rezultāti

3.1. Augusta dzinumu vērtējums priedei

Priežu jaunaudzēs 2011. gada veģetācijas sezonā izveidojušos augusta dzinumu novērojumi veikti 122 nogabalos 3–7 gadu vecumā dažādos meža tipos, ņemot vērā meža tipu īpatsvaru Latvijas valsts mežos, kur 52 % mežu aug uz normāla mitruma minerālaugsnēm un 25 % – uz nosusinātām augsnēm. Augusta dzinumi 2011. gadā konstatēti 8,3 % koku (3.1.tab.). Tajos nogabalos, kur veikti atkārtoti novērojumi arī nākamajā gadā (22 jaunaudzes), koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 2011. gadā ir 15,4 % un 2012. gadā – 12,7 %; atšķirība nav statistiski būtiska ($p > 0,05$). No kopējā augusta dzinumu īpatsvara priedei 80 % sastāda galotnes augusta dzinumi un 20 % – sānzaru augusta dzinumi.

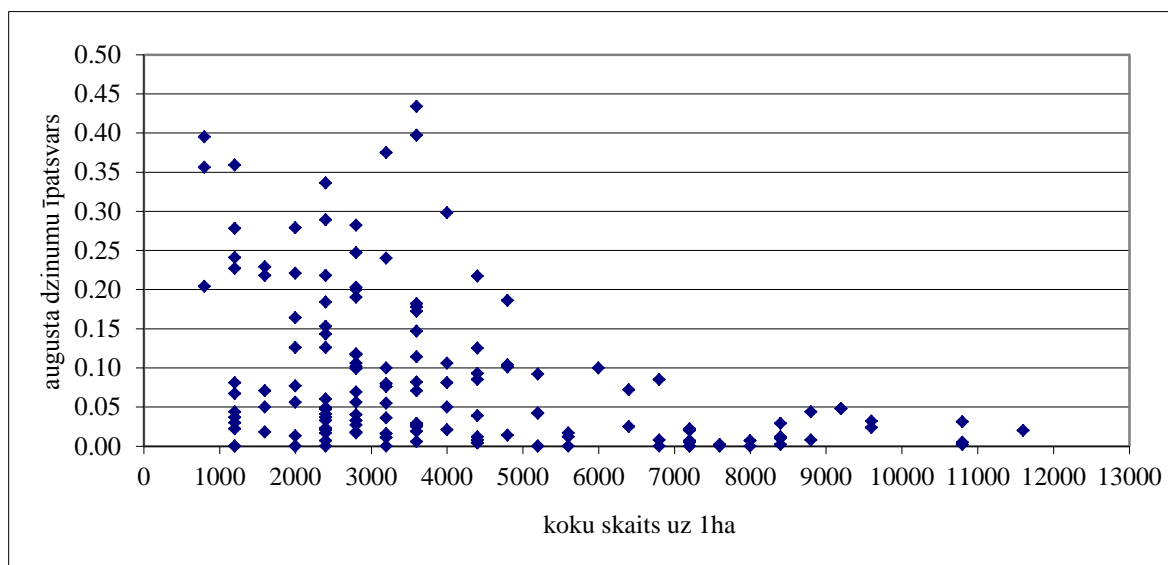
3.1.tabula

Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu jaunaudzēs dažādos meža tipos 2011. un 2012. gadā

Nr. p. k.	Meža tips	Novērojumu gads	Objektu skaits	Augusta dzinumu īpatsvars (%) dažāda vecuma jaunaudzēs						
				3g.	4g.	5g.	6g.	7g.	8g.	vidēji
1.	Sl	2011	3				0,2			0,2
2.	Mr	2011	31	2,5	1,3	1,9	0,8	2,3		1,4
3.	Mr	2012	2				0,7			0,7
4.	Ln	2011	24	9,9	5,9	4,0		2,8		5,7
5.	Ln	2012	4		24,7	3,3	12,6			13,3
6.	Dm	2011	21	14,2	6,4	8,8	3,2			8,3
7.	Dm	2012	4		24,7		1,8			19,0
8.	Mrs	2011	8		12,7					12,7
9.	Mrs	2012	2			3,6				3,6
10.	Dms	2011	4		7,8		0	35,9		12,9
11.	Dms	2012	2			2,9			39,5	21,2
12.	As	2011	16	7,9	6,6	25,5	1,6	5,3		8,5
13.	As	2012	3			6,0	16,4		21,8	14,7
14.	Km	2011	2		13,7					13,7
15.	Ks	2011	13	30,8	22,9	25,7	28,9			25,7
16.	Ks	2012	5			1,8	9,7	24,1		11,0
Kopā		2011	122	11,0	9,3	9,1	3,5	7,5		8,3
Kopā		2012	22		24,6	3,5	8,2	24,1	30,6	12,7

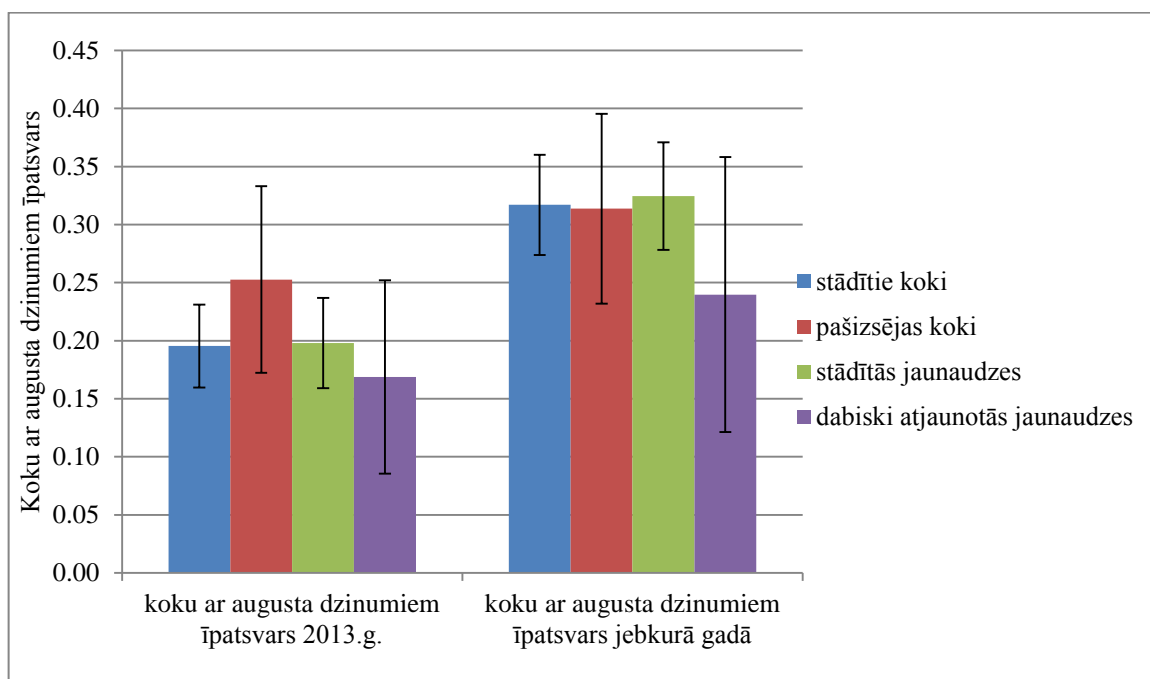
Priedei konstatēta būtiska pozitīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru vienos un tajos pašos objektos abos novērojumu gados ($r = 0,47$; $p < 0,05$), kas liecina par zināmu pazīmes stabilitāti laikā. Gan analizējot atsevišķu parauglūkumu datus, gan objektu vidējos rādītājus, priedei nav konstatēta būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru un biotisku vai abiotisku faktoru izraisītu bojājumu īpatsvaru ($p > 0,05$), kas liecina, ka bojājumi (visbiežāk – pārnadžu izraisīti) augusta dzinumu veidošanos nozīmīgi neietekmē. Konstatēta negatīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un koku skaitu parauglūkumā (objektu vidējiem rādītājiem $r = -0,39$; $p < 0,001$), tātad lielāks augusta dzinumu īpatsvars ir mazāka

koku skaita gadījumā. Tas varētu būt izskaidrojams ar salīdzinoši lielu koku skaitu objektos (vai atsevišķos parauglaukumos), kur sekmīgi notikusi priedes dabiskā atjaunošanās. Jāatzīmē, ka parauglaukumos tika uzskaitīti visi valdošās sugas koki, kas sasnieguši 10 cm augstumu; uzskaitīto koku augstums nogabalos netika noteikts. Kā redzams 3.1. attēlā, objektos, kur koku skaits uz 1 ha pārsniedz 5000 (tātad notikusi mākslīgā un dabiskā atjaunošanās vai tikai dabiskā atjaunošanās), augusta dzinumu īpatsvars nav lielāks par 10 %. Iespējams, ka liels jaunaudzēs biežums kavējis augusta dzinumu veidošanos kokiem (piemēram, ietekmējot katram kokam pieejamo barības resursu apjomu un to vitalitāti). Secinājums saskan ar pētījumu rezultātiem citās valstīs (Elfving et al., 2001).



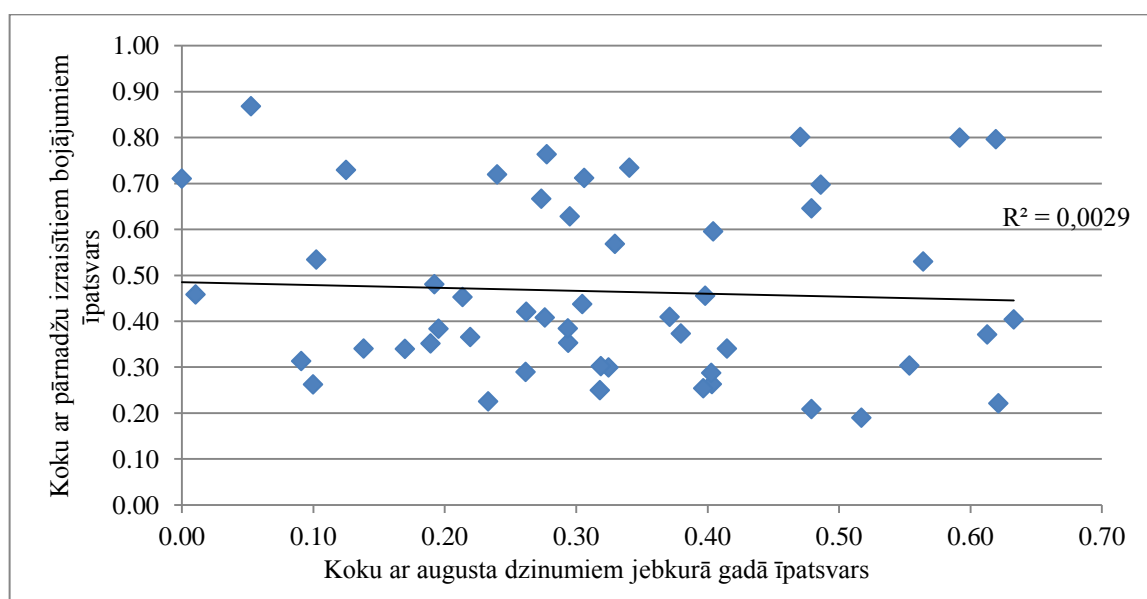
3.1. attēls. Sakarība starp objektu vidējo koku skaitu (uz 1 ha) un augusta dzinumu īpatsvaru priežu jaunaudzēs 2012. gadā.

No 2013. gadā augusta dzinumu sastopamības novērtēšanai izvēlētajām 55 jaunaudzēm (3-5 gadu vecumā) lielākā daļa (50) bija atjaunotas stādītās, un piecās notikusi dabiskā atjaunošanās. Jaunaudzēs, kas atjaunotas stādītās, augusta dzinumu sastopamība novērtēta atsevišķi stādītajiem kokiem un pašizsējas kokiem (vērtējot kokus, kuru augstums sasniedz vismaz 1/3 no stādīto koku vidējā augstuma parauglaukumā). Koku ar augusta dzinumiem 2013. gada pieauguma beigās vidējais īpatsvars jaunaudzē stādīto koku grupā bija 19,5 % un dabiskas izcelsmes koku grupā 25,3 %; koku ar augusta dzinumiem jebkurā zaru mieturī (t.sk., sānzariem), t.i., jebkurā koka dzīves laikā, vidējais īpatsvars jaunaudzē attiecīgi 31,7 % un 31,4 %. T-testa rezultāti liecina, ka šīs divas galvenās pētāmās pazīmes - koku ar augusta dzinumiem 2013. gadā vidējais īpatsvars jaunaudzē un koku ar augusta dzinumiem jebkurā zaru mieturī vidējais īpatsvars jaunaudzē – statistiski būtiski neatšķiras stādītās un dabiskas izcelsmes koku grupās ($p > 0,05$) stādītajās jaunaudzēs. Novērtētas arī koku ar augusta dzinumiem īpatsvara atšķirības stādītajās jaunaudzēs (stādītajiem kokiem) un dabiski atjaunotās jaunaudzēs. T-testa rezultāti liecina, ka galvenās pētāmās pazīmes – koku ar augusta dzinumiem 2013. gadā un visā koka dzīves laikā kopumā vidējais īpatsvars jaunaudzē – statistiski būtiski neatšķiras stādītās un dabiski atjaunotās audzēs ($p > 0,05$) (3.2. att.). Tātad iegūtais rezultāts liecina, ka, augusta dzinumu varbūtējās negatīvās ietekmes samazināšanas nolūkā aizstājot priedes stādīšanu ar dabisko atjaunošanu, nevar būtiski samazināt augusta dzinumu veidošanos jaunaudzē.



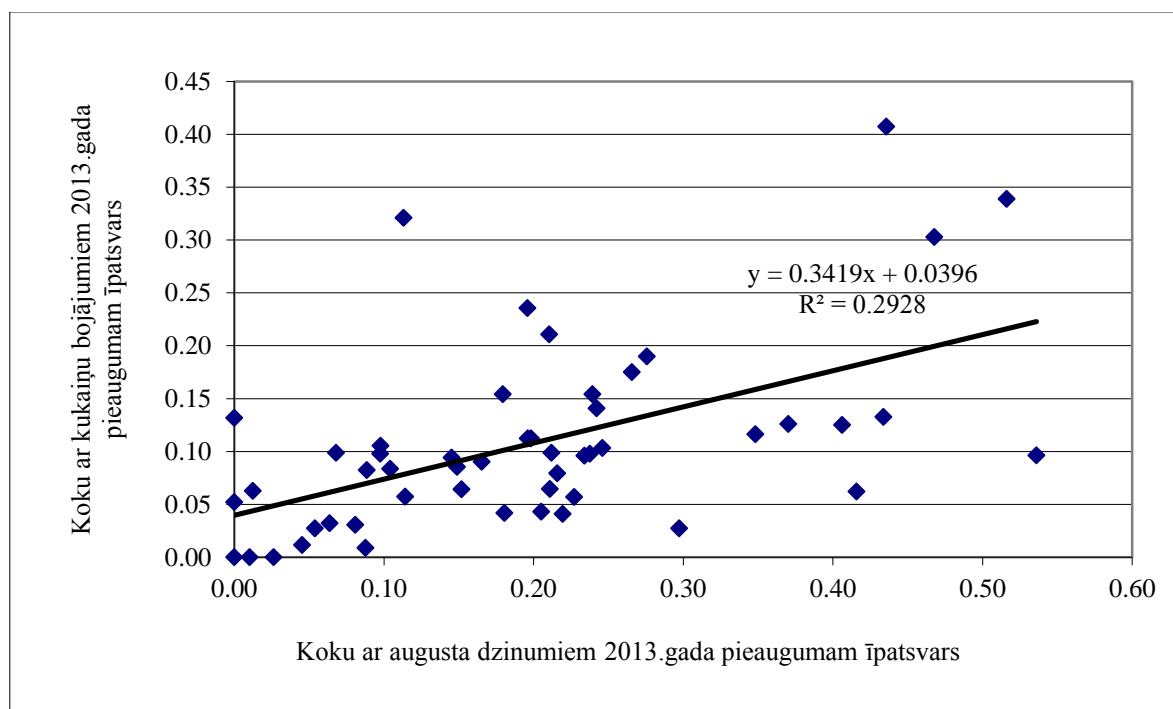
3.2. attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvara salīdzinājums stādītiem un pašizsējas kokiem.

Turpmākajā analizē izmantojot stādīto koku datus no stādītajām jaunaudzēm, noskaidrots, ka 2013. gadā vērtētajās jaunaudzēs pārnadžu bojāto koku īpatsvars bija robežās no 19 % līdz 86,8 % (vidēji 46,5 %). Tādām augusta dzinumu sastopamību raksturojošām pazīmēm kā augusta dzinumu īpatsvars 2013. gada beigās un augusta dzinumu īpatsvars vismaz vienā gadā visā koka dzīves laikā (t.sk., sānzariem), nav konstatēta korelācija ar pārnadžu bojātu koku īpatsvaru (attiecīgi $r = 0,12$ un $r = 0,05$; $p > 0,05$; 3.3. att.). Rezultāti līdzīgi 2011. un 2012. gadā iegūtajiem; tātad sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un pārnadžu izraisītiem bojājumiem priedei nav konstatēta.



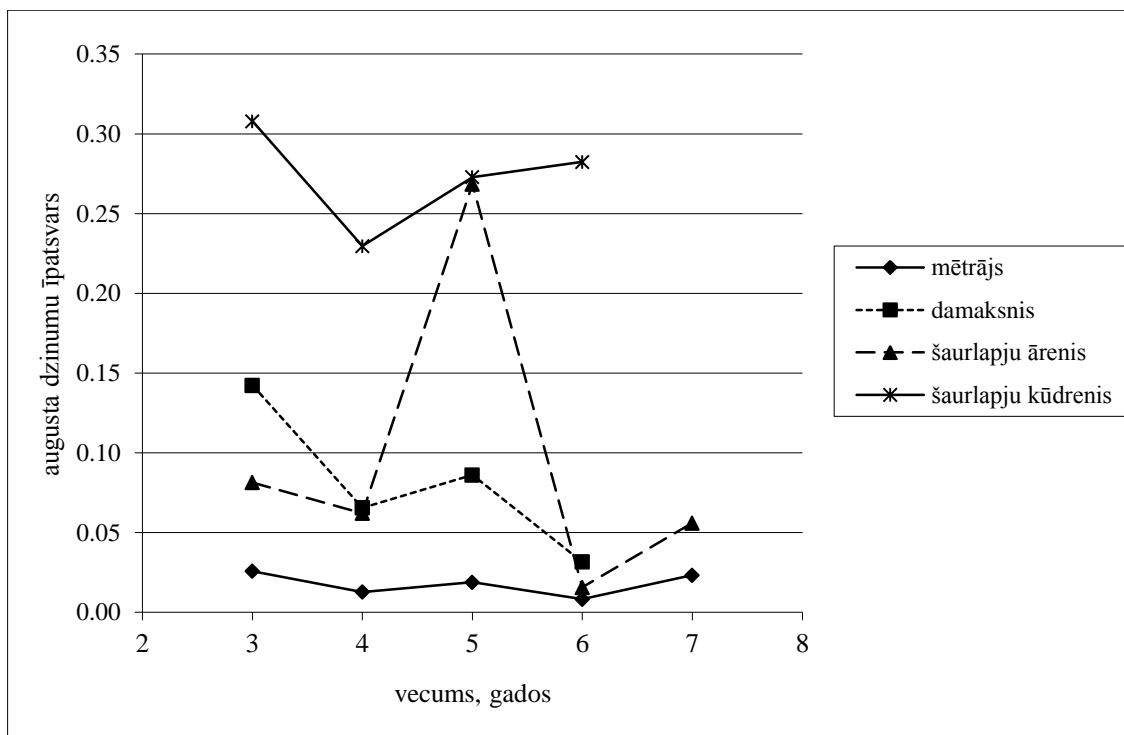
3.3. attēls. Sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un pārnadžu izraisītiem bojājumiem (2013. gada uzskaites dati).

Atšķirīga situācija 2013. gadā novērota dendrofāgo kukaiņu bojātajiem kokiem. Vairumam dendrofāgo kukaiņu sugu raksturīgs savairošanās cikliskums, tādēļ iepriekšējos divos gados (2011., 2012. gadā) kukaiņu izraisīti bojājumi netika novēroti. Bojājumi konstatēti lielākoties 2013. gada galotnes dzinumam. Analizējot iespējamo sakarību starp augusta dzinumiem un dendrofāgo kukaiņu izraisītiem bojājumiem, konstatēta pozitīva korelācija ($r = 0,54$; $p < 0,01$) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru 2013. gada beigās (bet ne citos koka dzīves gados) un kukaiņu radītiem bojājumiem (3.4. att.). Atkarībā no dendrofāgo kukaiņu izraisīto bojājumu intensitātes, jaunaudzēs iedalītas četrās klasēs: 1. klase – bojāto koku īpatsvars $\leq 0,050$; 2. klase $0,051-0,100$; 3. klase $0,101-0,150$; 4. klase $\geq 0,151$ (audžu skaits klasē 10-19). Veicot vienfaktora dispersijas analīzi, konstatēts, ka pastāv būtiskas atšķirības starp šīm klasēm, tikai salīdzinot koku ar augusta dzinumiem 2013. gada beigās īpatsvaru ($p < 0,01$), bet ne citos iepriekšējos gados, t.sk., salīdzinot koku ar augusta dzinumiem vismaz vienā gadā (2009.-2013.) īpatsvaru ($p > 0,05$). Tāpēc turpmākajā analīzē, pētot augusta dzinumu sastopamību atkarībā no jaunaudzēs vecuma un meža tipa, 2013. gada datiem izmantots koku ar augusta dzinumiem vismaz vienā zaru mieturī īpatsvars jaunaudzē.

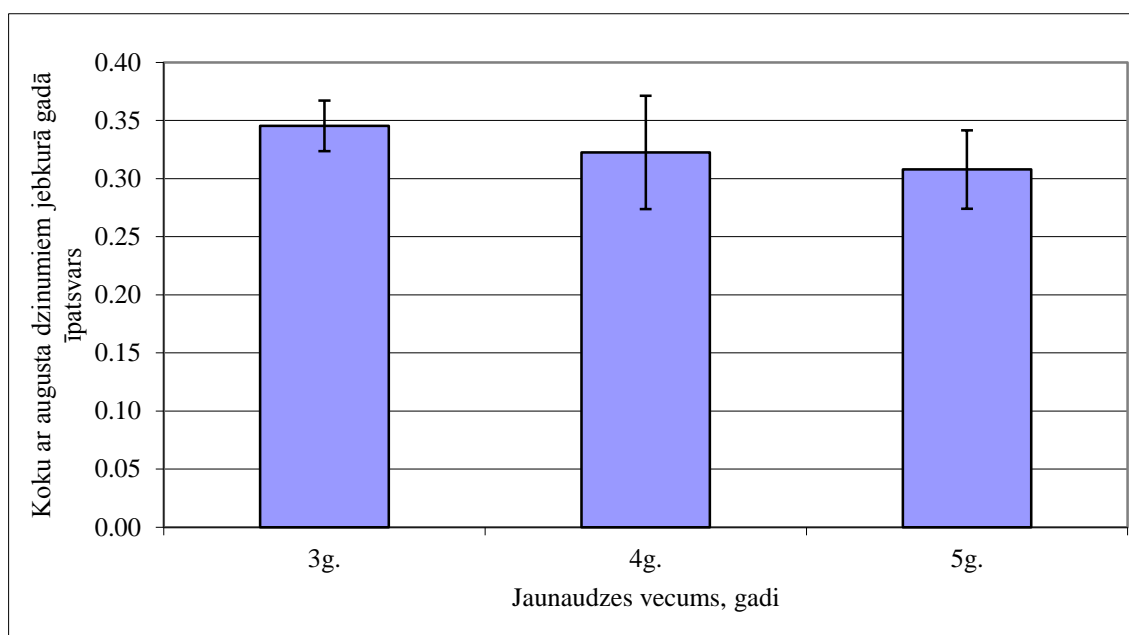


3.4. attēls. Sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un dendrofāgo kukaiņu izraisītiem bojājumiem.

Līdzīgi 2012. gadā veiktajam augusta dzinumu novērtējumam atkarībā no audzes vecuma (3.5. att.), arī 2013. gadā vērtētajās jaunaudzēs vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti (parauglaukumu līmenī) liecina, ka audzes vecumam nav būtiskas ietekmes ($p > 0,05$) uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru jaunaudzē (3.6. att.).

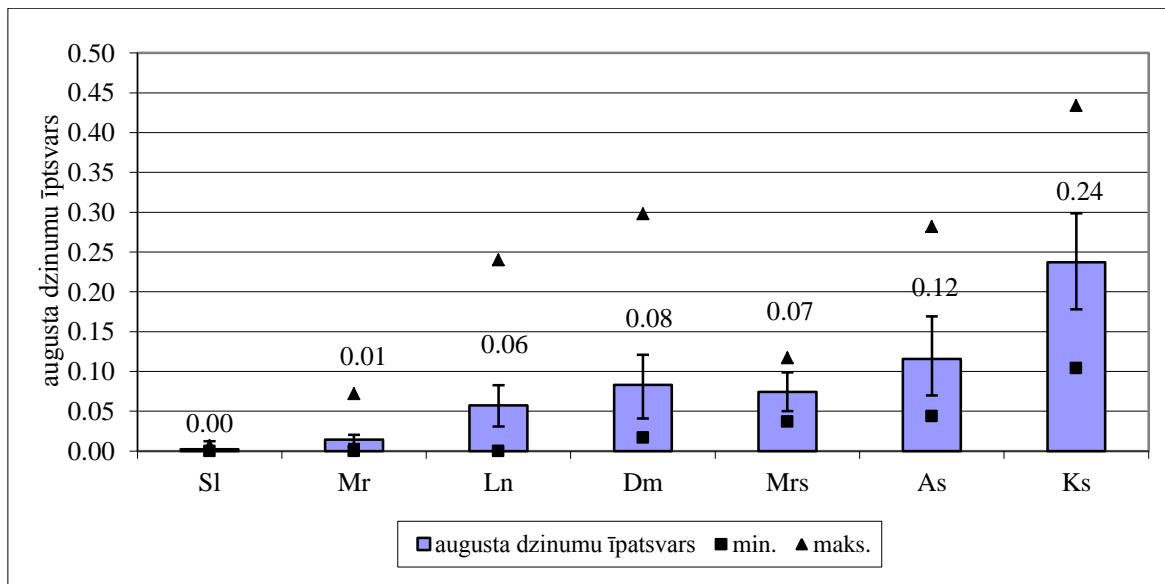


3.5. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu jaunaudzēs (2012. gada dati).



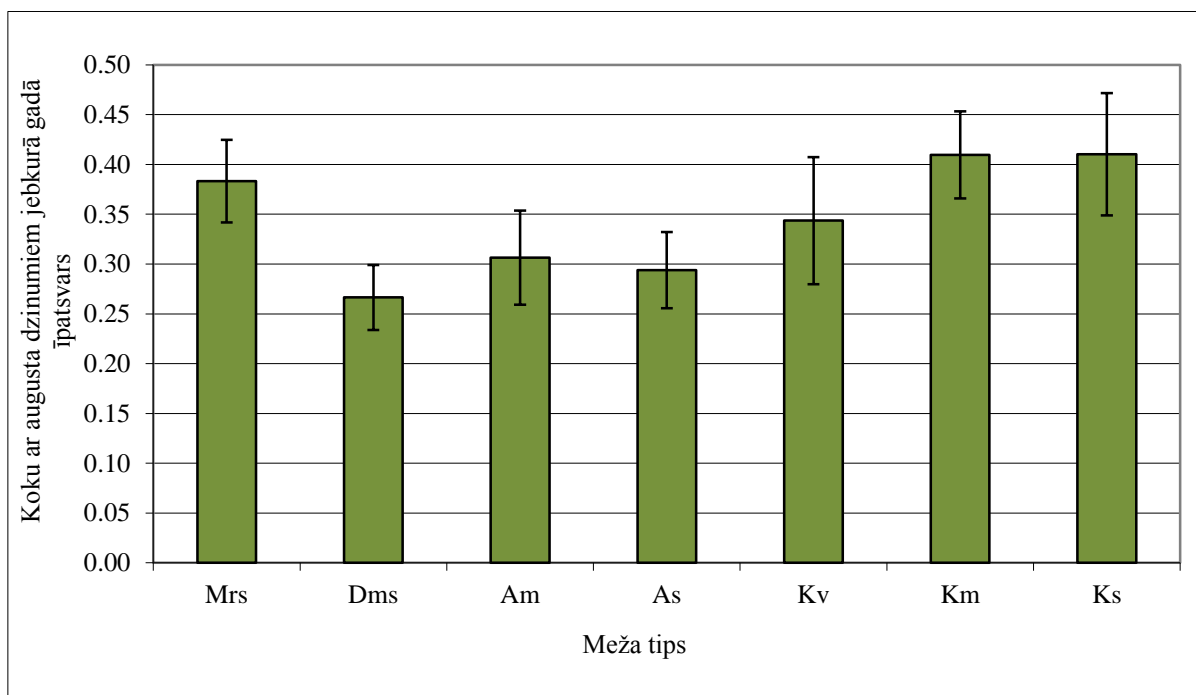
3.6.attēls. Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars dažāda vecuma jaunaudzēs (2013. gada dati).

Veicot hī-kvadrāta testu (2011. gada dati), konstatēta statistiski būtiska ($p < 0,05$) meža tipa ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru (3.7. att.). Priežu jaunaudzēs silā un mētrājā ir statistiski būtiski mazāks augusta dzinumu īpatsvars (vidēji attiecīgi 0,2 % un 1,4 %), bet šaurlapju kūdreņos - būtiski lielāks (vidēji $23,7 \pm 5,9$ %) nekā pārējos meža tipos. Atsevišķos gadījumos augusta dzinumu īpatsvars viena meža tipa ietvaros starp objektiem svārstās plašā amplitūdā (3.7. attēlā objektu vidējā augusta dzinumu īpatsvara minimālās un maksimālās vērtības), kas, iespējams, izskaidrojams galvenokārt ar īpašiem vides apstākļiem kādā no objektiem vai objekta (nogabala) daļām.



3.7. attēls. Augusta dzinumu (2011) īpatsvars priežu jaunaudzēs dažādos meža tipos.

Vērtējot 2013. gadā izvēlētās jaunaudzes (uz slapjām un nosusinātām minerālaugsnēm un nosusinātām kūdras augsnēm), konstatēts, ka meža tipam ir statistiski būtiska ietekme ($p < 0,001$) uz koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru (2009.-2013.) jaunaudzēs (vienfaktora dispersijas analīzes rezultāti, parauglaukumu līmenī; 3.8. att.). Vismazākais koku ar augusta dzinumiem īpatsvars konstatēts slapjajā damaksnī (26,6%), un tas ir būtiski mazāks nekā mētru un šaurlapju kūdrenī (41%), kā arī slapjajā mētrajā (38,3%).



3.8. attēls. Koku ar augusta dzinumiem (2009.-2013.) īpatsvars dažādu meža tipu jaunaudzēs.

Pētījuma objektos slapjajā damaksnī 2013. gadā, salīdzinājumā ar objektiem citos meža tipos, lielākā mērā novērota koku augšanai nelabvēlīgu vides apstākļu ietekme (pastiprināts mitrums un aizzēlums), tomēr kopumā, salīdzinot augusta dzinumu sastopamību dažādos

meža tipos, nav konstatējama noteikta tendence koku ar augusta dzinumiem īpatsvara saistībai ar meža tipam raksturīgiem augsnes mitruma un auglības apstākļiem.

Raksturojot koku stumbra kvalitāti, stādītajās jaunaudzēs stādīto koku grupā (5399 koki) aptuveni pusei koku vismaz vienā zaru mieturī konstatēts padēls vai divas (vai vairākas) galotnes (turpmāk tekstā – padēli). Liela daļa šo padēlu (vidēji 37,4 %) veidojušies bojājumu (pārsvarā pārnadžu izraisītu) dēļ; koku īpatsvars ar vismaz vienā zaru mieturī konstatētu padēlu, kas radies bojājuma dēļ (t.sk., notiekot koka galotnes maiņai), atsevišķās jaunaudzēs bija no 12,1 % līdz 78,9 %. Vidēji 10,2 % jaunaudzēs koku kā padēla veidošanos izraisošs cēlonis novērots augusta dzinums attiecīgajā zaru mieturī; atsevišķās jaunaudzēs šīs pazīmes vērtība bija no 0 līdz 32,3 %. Daļai koku (vidēji 3,7 %, maksimāli 15,2 %) konstatēts papildus zaru mieturis, kas radies gadījumā, kad papildpieaugums (augusta dzinums) izveidojies tieši centrālajam (vadošajam) pumpuram, un nav notikusi vadošā dzinuma maiņa. Tādu koku īpatsvars, kam augusta dzinuma dēļ izveidojies padēls un/vai papildus zaru mieturis, vidēji bija 13,1 % (maksimāli 39,6 %) no visiem audzes kokiem.

Pirmajā zaru mieturī (skaitot no galotnes) augusta dzinums reģistrēts 720 kokiem (13,3 %). No šiem kokiem lielākajai daļai (63,5 %) augusta dzinuma dēļ izveidojies padēls (dubulta galotne). Otrajā zaru mieturī (skaitot no galotnes) augusta dzinums reģistrēts 3,4 % koku. Arī no šiem kokiem lielākajai daļai (59 %) izveidojies padēls. Kopumā 886 kokiem (16,4 %) novērots augusta dzinums vismaz vienā zaru mieturī (pirmajā vai senāk). No šiem kokiem 64,2 % izveidojies vismaz viens padēls augusta dzinuma dēļ, 23,7 % izveidojies vismaz viens papildus mieturis, un 82,5 % koku izveidojies padēls un/vai papildus mieturis vismaz vienā koka dzīves gadā.

Damakšņa, šaurlapju āreņa un šaurlapju kūdreņa meža tipos iepriekšējos gados (2011., 2012.) novērtētajās jaunaudzēs koku ar augusta dzinumiem īpatsvars nogabalos bija robežās no 0-43,4 % (vidēji 7,6 %) 2011. gadā (apsekots 2012. gada ziemā) 3-7 gadus vecās jaunaudzēs (50 objekti) un robežās no 1,4-39,7 % (vidēji 12,6 %) 2012. gadā 4-8 gadus vecās jaunaudzēs (12 objekti, izvēlēti no 2011. gadā apsekotajiem). Deviņās no šīm audzēm (šajā vērtējumā netika iekļauta 10. audze ar atšķirīgu – izteikti augstu kukaiņu bojājumu īpatsvaru) augusta dzinumu sastopamība (5-9 gadu vecumā) novērtēta arī 2013. gada rudenī; koku ar augusta dzinumiem vidējais īpatsvars 3,4 % (robežās no 0-5,2 %). Tā kā 2013. gada rudenī šajās 9 jaunaudzēs parauglaukumos kokiem tika reģistrēts augusta dzinums ne vien 2013. gada pieauguma beigās, bet arī jebkurā no iepriekšējiem koka dzīves gadiem, tad bija iespējams salīdzināt datus, kas iegūti tieši augusta dzinuma veidošanās laikā un 1-2 gadus vēlāk – tā tad analizēt augusta dzinumu izraisītās sekas un to novērtēšanas iespējas vēlākos gados pēc tā izveidošanās. Atsevišķos gadījumos 2013. gadā novērots lielāks augusta dzinumu īpatsvars nekā to veidošanās gadā, kas liecina par šīs pazīmes ievērojamo mainību atkarībā no mikrovides apstākļiem – konkrēta parauglaukuma vietas izvēles. Tomēr lielākoties (70 % gadījumu) augusta dzinumu veidošanās gadā konstatēts lielāks augusta dzinumu īpatsvars nekā, uzskaiti veicot vēlākos gados, turklāt situācija ir līdzīga neatkarīgi no tā, vai pēc augusta dzinuma izveidošanās pagājis viens vai divi gadi. Šajā gadījumā atšķirības augusta dzinumu īpatsvarā atkarībā no novērtēšanas brīža nav izskaidrojamas tikai ar konkrēta parauglaukuma apstākļiem. Ja augusta dzinumu nākamajā vai aiznākamajā gadā pēc tā izveidošanās nav iespējams redzēt (uzskaitīt), tad tā ietekmi uz koka stumbra kvalitāti var uzskatīt par mazsvarīgu. Jāņem vērā, ka konkrētā gadā uzskaitītu augusta dzinumu daudzums var būt lielāks nekā attiecīgajā mieturī vēlākajos gados uzskaitītu augusta dzinumu daudzums

arī tādēļ, ka pēc konkrētā gada augusta dzinumu uzskaites ziemas periodā var tikt bojāta (visbiežāk pārnadžu nokosta) koka galotne ar augusta dzinumu, sānzaram kļūstot par galotni (sānzariem augusta dzinumi veidojas ievērojami retāk). Vairumā gadījumu augusta dzinums iepriekšējos mieturos ir redzams arī divus gadus pēc tā izveidošanās, tātad iespējama vairāk vai mazāk paliekoša stumbra kvalitātes defekta rašanās – attiecīgajā mieturī veidojas padēls, dubulta galotne vai papildus zaru mieturis. Par atkārtotu augusta dzinumu veidošanos vienam un tam pašam kokam liecina tas, ka no 4794 kokiem (izslēdzot no analīzes kokus ar 2013. gadā novērotiem kaitēkļu izraisītiem bojājumiem) augusta dzinums vismaz vienā zaru mieturī (pirmajā vai senāk) novērots 791 kokam (16,5 %), bet no šiem kokiem 22,8 % koku augusta dzinums izveidojies arī 2013. gadā.

Parauglaukumos tika uzmērīts katra koka augstums un pēdējo triju gadu augstuma pieaugumi, kas ļauj analizēt augusta dzinumu veidošanās iespējamu saistību ar koka produktivitāti raksturojošām pazīmēm. Koki (stādītie) pēc to augstuma pieaugumiem tika sadalīti grupās: virs 60 cm, 51-60 cm, 41-50 cm, 31-40 cm un zem 30 cm. Analizējot augstuma pieaugumu kokiem ceturtajā dzīves gadā un ceturtais sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (489 koki), konstatētas statistiski būtiskas atšķirības (χ^2 tests; $p < 0,001$) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru dažādās pieaugumu grupās, turklāt vērojama sakarība, ka pieaugumam samazinoties, samazinās arī augusta dzinumu sastopamība. Tomēr, analizējot augstuma pieaugumu kokiem trešajā dzīves gadā un trešās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (317 koki), kā arī piektajā dzīves gadā un piektās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus (754 koki), nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības (χ^2 tests; $p > 0,05$) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru dažādās pieaugumu grupās. Ietverot kopējā analīzē pieaugumu 3.-6. dzīves gadā (ieskaitot) un attiecīgās sezonas beigās izveidojušos augusta dzinumus, koku ar augusta dzinumiem īpatsvars atsevišķās pieauguma grupās ir robežās no 8 % līdz 11 %, noteikta tendence nav novērojama, un atšķirības nav statistiski būtiskas ($p > 0,05$).

Analizēta arī sakarība starp koku augstumu un augusta dzinumu sastopamību. Koki pēc to augstuma 2013. gada sezonas beigās sadalīti četrās grupās: virs 300 cm, 251-300 cm, 201-250 cm, 151-200 cm, līdz 150 cm, no vērtējuma izslēgta jaunaudzē 9 gadu vecumā. Analizējot augusta dzinumu sastopamību pirmajā mieturī un otrajā mieturī (skaitot no galotnes), konstatētas statistiski būtiskas atšķirības (χ^2 tests; $p < 0,001$) starp koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru dažādās augstuma grupās (pēdējā gada augusta dzinumu daudzums testa veikšanai nav pietiekamā apjomā). Vismazākais augusta dzinumu īpatsvars (gan pirmajā, gan otrajā mieturī) ir kokiem vislielākā augstuma grupā (virš 300 cm) un vismazākā augstuma grupā (zem 150 cm), kas, iespējams, saistīts ar koku augstuma un vecuma ietekmes kombināciju.

Lai noskaidrotu augusta dzinumu sastopamības iespējamo saistību ar koku vecumu, tika analizēti augusta dzinumu uzskaites dati pirmajā, otrajā un trešajā mieturī, skaitot no koka galotnes, piemēram, koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 4 gadus vecā jaunaudzē ir gan koku ar augusta dzinumiem pirmajā mieturī īpatsvars 5 gadus vecā jaunaudzē, gan koku ar augusta dzinumiem otrajā mieturī īpatsvars 6 gadus vecā jaunaudzē, u.tml. Pastāv statistiski būtiskas atšķirības ($p < 0,05$) starp augusta dzinumu īpatsvaru gan dažādā koku vecumā, gan dažādos meža tipos, tomēr ievērojamas (un statistiski būtiskas) ir arī atšķirības starp dažādiem objektiem vienā vecumā un vienā meža tipā; nav konstatējama noteikta ar koku vecumu vai meža tipu izskaidrojama augusta dzinumu īpatsvara palielināšanās vai samazināšanās tendence.

Lai gan damaksnī kopumā 3-6 gadu vecumā vērojama koku ar augusta dzinumiem īpatsvara samazināšanās, bet šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī 3-5 gadu vecumā - palielināšanās (analīze parauglaukumu līmenī, $p < 0,05$), tomēr jāuzsver, ka šajā analīzē izmantoti „mieturu” uzskaites dati – tāvad ne visām jaunaudzēm konkrētajā vecumā bija līdzīgi meteoroloģiskie apstākļi (piemēram, piecu gadu vecumu divas jaunaudzes bija sasniegušas 2013. gadā, divas – 2012. gadā, četras – 2011. gadā dažādos meža tipos, viena – 2009. gadā).

Analizējot koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru (augusta dzinums uzskaitīts vismaz vienā no iepriekšējiem koka dzīves gadiem), noteikta ar vecumu saistīta tendence šādu koku īpatsvaram jaunaudzē nav konstatēta: 5 gadus vecās audzēs koku ar augusta dzinumiem īpatsvars ir 41,2 %, 6 gadus vecās audzēs 11,8 %, septiņus gadus vecās audzēs 28,6 %. Tas netieši liecina, ka nozīmīgāka par koka vecuma ietekmi (analizētajā vecuma intervālā damaksnī, šaurlapju ārenī un šaurlapju kūdrenī) ir meteoroloģisko apstākļu ietekme uz augusta dzinumu veidošanos konkrētā veģetācijas sezonā.

Priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos konstatēts, ka koku īpatsvars, kuriem konstatēti viens vai vairāki augusta dzinumi, pēdējos četros gados (2009.-2012.) bija robežās no 0,5 % līdz 14,3 % (3.2. tab.).

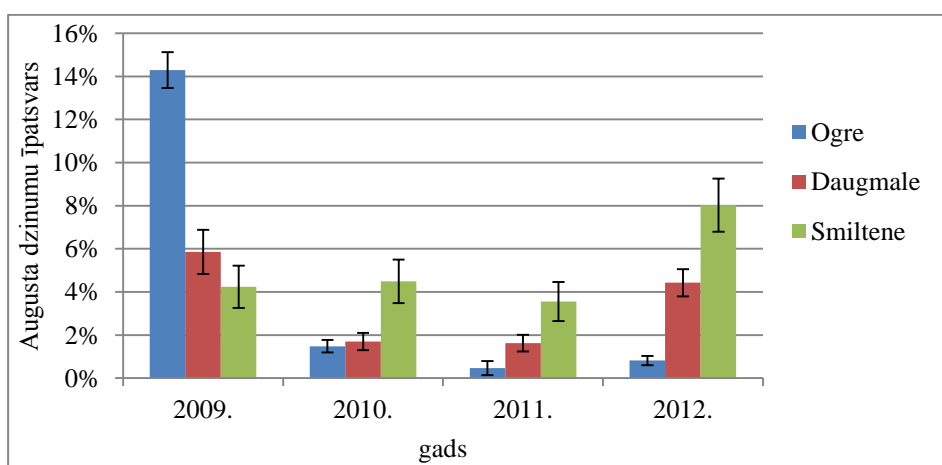
3.2. tabula

Augusta dzinumu īpatsvars priežu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumos

Stādījums	Ģimeņu skaits	Koku skaits	Vidējais augusta dzinumu īpatsvars, %			
			2009	2010	2011	2012
Ogre	66	6745	14,3	1,5	0,5*	0,8
Daugmale	65	4001	5,9**	1,7	1,6	4,4
Smiltene	61	1857	4,2	4,5	3,6	8,0

* augusta dzinumu īpatsvars vērtēts, apsekojot ~ 25 % koku katrā ģimenē (1693 gab.)

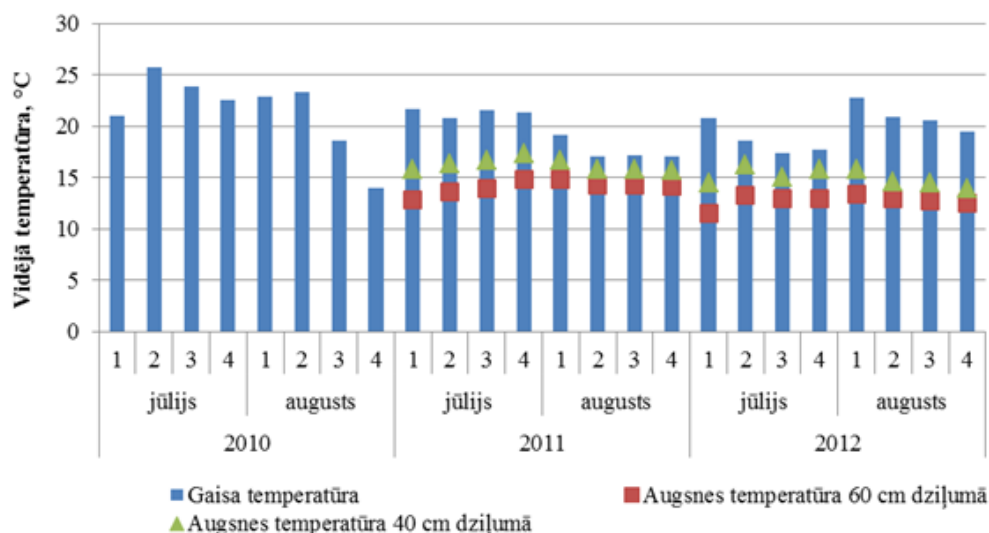
** augusta dzinumu īpatsvars vērtēts, apsekojot ~ 50 % koku katrā ģimenē (2221 gab.)



3.9. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos dažādos novērojumu gados.

Kā redzams 3.9. attēlā, starp dažādiem stādījumiem vienā novērojumu gadā vairumā gadījumu pastāv statistiski būtiskas ($p < 0,05$) augusta dzinumu vidējā īpatsvara atšķirības, turklāt nav novērojama sakarība starp stādījumu augusta dzinumu īpatsvara atšķirībām

dažādos gados. Visaugstākais augusta dzinumu īpatsvars visā novērojumu periodā bijis 2009. gadā Ogres stādījumā, bet nākamajos trīs gados šajā stādījumā augusta dzinumu īpatsvars krasi samazinājies un nav pārsniedzis 1,5 %. Daugmales stādījumā augusta dzinumu īpatsvars 2009. un 2012. gadā statistiski būtiski pārsniedzis īpatsvaru 2010. un 2011. gadā. Smiltenes stādījumā augusta dzinumu īpatsvars trijos gados (2009.–2011.g.) mainījies nedaudz (statistiski būtiski neatšķiras) – 3,6 % līdz 4,5 % robežās, bet 2012. gadā – palielinājies (8 %). Tātad pēcnācēju pārbaužu stādījumos priedēm 5–9 gadu vecuma periodā nav konstatēta ar koka vecumu saistāma noteikta augusta dzinumu veidošanās tendence. Ogres stādījumā novērota visstraujākā koku augšana salīdzinājumā ar abiem pārējiem stādījumiem: septiņu gadu vecumā vidējais koku augstums Ogres stādījumā bija $211 \pm 1,1$ cm, Daugmales – $122 \pm 1,3$ cm, Smiltenes – $119 \pm 1,4$ cm. Iepriekšējos pētījumos atzīmēts, ka augusta dzinumu īpatsvars līdz ar koka vecumu samazinās (Aldén, 1971; Büsgen, 1929; Ehrenberg, 1963; Rone, 1985; Søgaard et al., 2011), kā arī norādīts, ka tas varētu būt saistīts ar ogļhidrātu uzkrāšanas potenciāla palielināšanos (un līdz ar to augusta dzinumu veidošanās intensitātes samazināšanos, pat intensīvai fotosintēzei labvēlīgos apstākļos veģetācijas perioda otrajā pusē) lielāku dimensiju kokiem (Aldén, 1971). Tomēr Daugmales un Smiltenes stādījumos, palielinoties koku vecumam (un tātad arī dimensijām), nav novērojama augusta dzinumu īpatsvara samazināšanās tendence. Pastāv uzskats, ka augusta dzinumu veidošanos sekmē augstāka augsnes auglība (Ehrenberg, 1963), kam šajā pētījumā apstiprinājums iegūts tikai 2009. gada novērojumos – Ogres stādījumā, kur augsnes apstākļi priedes augšanai ir labvēlīgāki (lai gan svārstās tikai viena meža tipa ietvaros), augusta dzinumu īpatsvars ir būtiski lielāks nekā abos pārējos stādījumos. Viena stādījuma ietvaros augusta dzinumu īpatsvaru dažādos gados nozīmīgi ietekmē meteoroloģiskie apstākļi iepriekšējā un tekošajā veģetācijas sezonā (Aldén, 1971; Dormling et al., 1968; Wühlisch, Muhs, 1986). Ogres stādījumā veikto meteoroloģisko novērojumu dati (2010. un 2011. gadā ievākti citu projektu ietvaros) liecina, ka 2010. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars stādījumā bija statistiski būtiski lielāks nekā divos nākamajos gados (attiecīgi 1,5 % 2010. gadā, 0,5 % un 0,8 % divos nākamajos, $p < 0,05$), gaisa temperatūra augusta dzinumu intensīvākās veidošanās laikā (jūlija pēdējās divās un augusta pirmajās divās nedēļās) bijusi salīdzinoši augsta (virs $20\text{ }^{\circ}\text{C}$), bet 2011. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars stādījumā bija vismazākais, gaisa temperatūra tieši augusta pirmajās divās nedēļās nokritusies zem $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3.10. att.). Savukārt 2012. gadā, kad augusta dzinumu īpatsvars Ogres stādījumā, lai arī ne statistiski būtiski ($p > 0,05$), tomēr bija nedaudz lielāks nekā iepriekšējā gadā, temperatūra bijusi salīdzinoši zema jūlija pēdējās divās nedēļās un paaugstinājusies (virs $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) augusta sākumā. Daugmales stādījumā konstatētais augusta dzinumu īpatsvara pieaugums 2012. gadā salīdzinājumā ar 2011. gadu (attiecīgi 4,4 % un 1,6 %) ir vairāk izteikts (atšķirība statistiski būtiska, $p < 0,05$).

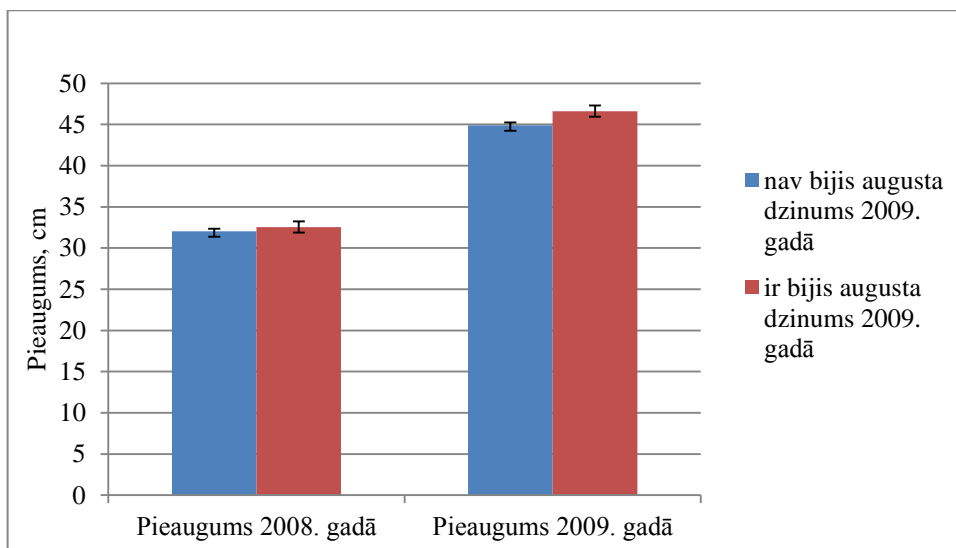


3.10. attēls. Meteoroloģisko novērojumu dati 2010.-2012. gadā.

Attiecinot uz Daugmales stādījumu Ogres meteoroloģisko novērojumu datus (attālums starp abiem stādījumiem aptuveni 10 km), var konstatēt, ka augusta dzinumu veidošanās procesā nozīmīga loma, iespējams, ir tieši gaisa temperatūras kāpumam augusta sākumā salīdzinājumā ar jūlija beigām. Augsnes temperatūras (40 cm un 60 cm dziļumā) svārstības salīdzinoši nelielās robežās, visticamāk, nav nozīmīgi ietekmējušas augusta dzinumu veidošanās intensitāti.

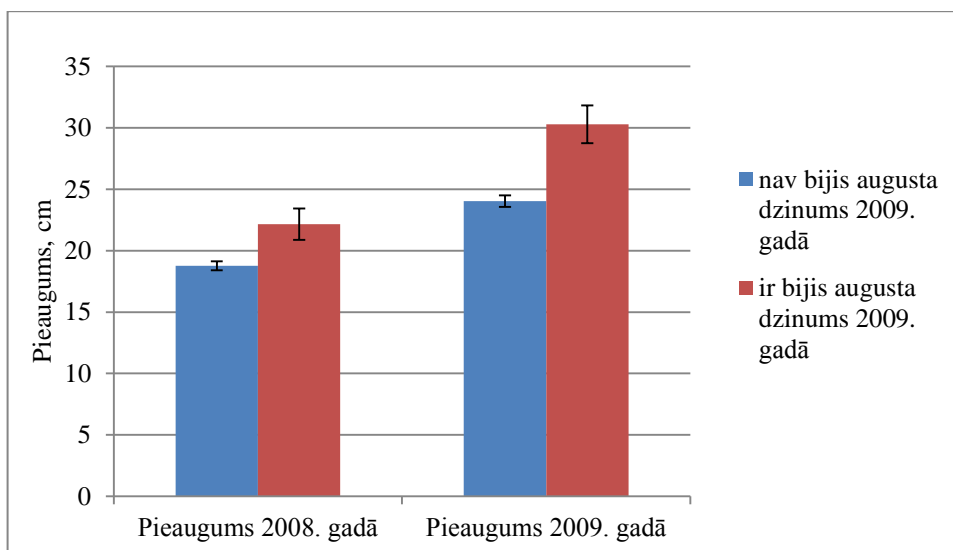
Iepriekšējos pētījumos gūti atšķirīgi secinājumi par dažādu augšanas periodu (iepriekšējās un tekošās veģetācijas sezonas) meteoroloģisko apstākļu (gaisa temperatūras, nokrišņu daudzuma) un barības vielu nodrošinājuma ietekmi uz galvenā un papildpieauguma veidošanos. Augusta dzinumu īpatsvara svārstības dažādos stādījumos dažādos novērojumu gados, visticamāk, izskaidrojamas ar daudzu faktoru (gan vides, gan ģenētisko) kompleksu iedarbību uz augusta dzinumu veidošanos.

Iepriekšējos pētījumos vairumā gadījumu konstatēta pozitīva sakarība starp augusta dzinumu veidošanos un koka produktivitātes pazīmēm – vitālāki koki kopumā biežāk veido papildpieaugumu nekā augšanā atpalikušie (Ehrenberg, 1963). Priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumos analizēta augusta dzinumu veidošanās saistībā ar koku produktivitātes pazīmēm (augstumu, augstuma pieaugumu iepriekšējā, kā arī tekošajā veģetācijas periodā) un konstatēts, ka Ogres stādījumā augusta dzinumu īpatsvaram piektās veģetācijas sezonas beigās (kad bijis vislielākais augusta dzinumu īpatsvars šajā stādījumā) nav statistiski būtiskas sakarības ar koka iepriekšējā gada augstuma pieaugumu, bet pastāv būtiska sakarība ar tā paša gada augstuma pieaugumu – būtiski lielāks augstuma pieaugums saistīts ar lielāku augusta dzinumu īpatsvaru tā paša veģetācijas perioda beigās (3.11. att.).



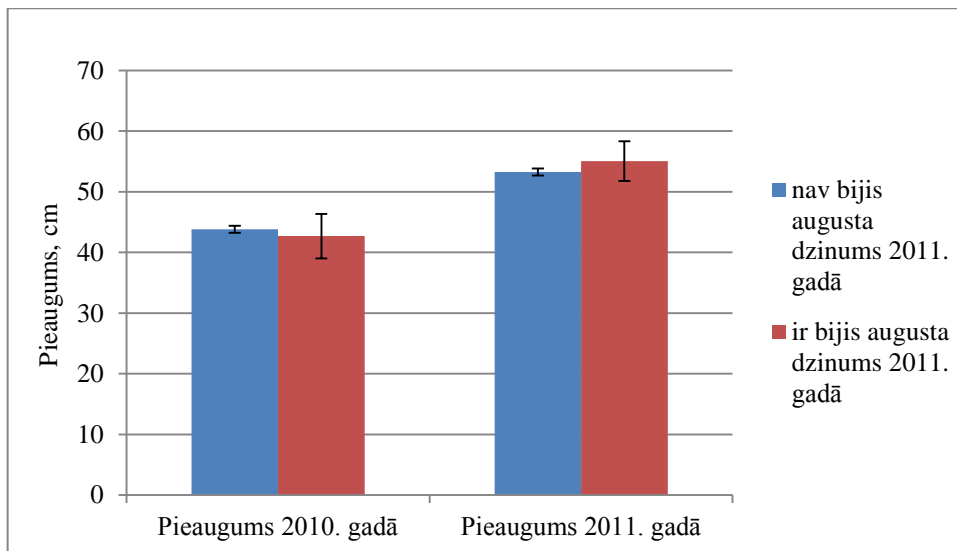
3.11. attēls. Koka augstuma pieauguma un augusta dzinuma veidošanās saikne Ogres stādījumā.

Daugmales stādījumā statistiski būtiski lielāks augstuma pieaugums ceturtajā veģetācijas sezonā ir kokiem ar piektās veģetācijas sezonas beigās konstatētiem augusta dzinumiem. Arī piektās veģetācijas sezonas beigās kokiem ar jaunajiem augusta dzinumiem ir būtiski lielāks augstuma pieaugums nekā kokiem bez papildpieauguma, kas liecina par augusta dzinumu pastiprinātu veidošanos vitālākiem kokiem (3.12. att.).



3.12. attēls. Koka augstuma pieauguma un augusta dzinuma veidošanās saikne Daugmales stādījumā.

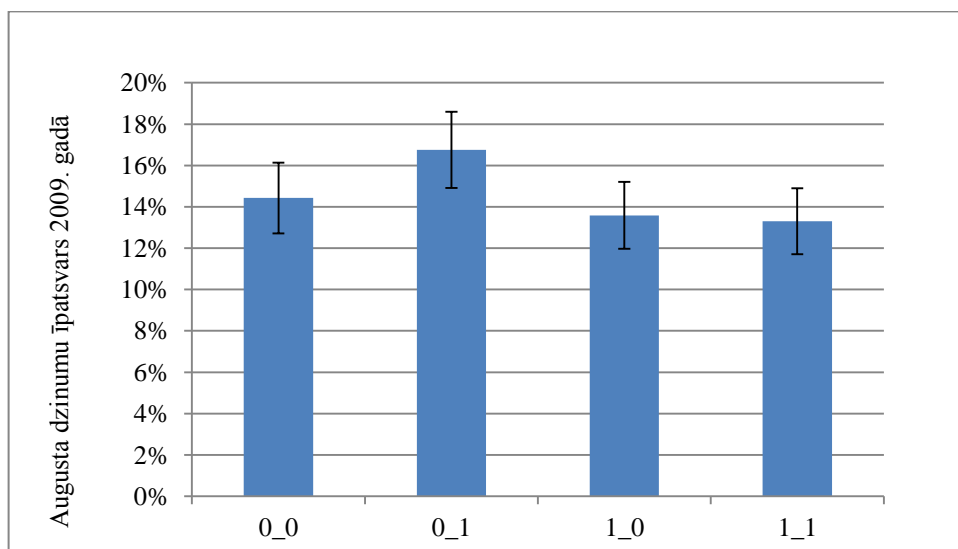
Smiltenes stādījumā nav konstatēta statistiski būtiska sakarība starp augusta dzinumu veidošanos (astotās veģetācijas sezonas beigās) un augstuma pieaugumu septītajā vai astotajā augšanas gadā (3.13. att.).



3.13. attēls. Koka augstuma pieauguma un augusta dzinuma veidošanās saikne Smiltenes stādījumā.

Ogres, Daugmales un Smiltenes stādījumos, analizējot vairākos iepriekšējos gados uzskaitīto augusta dzinumu īpatsvara sadalījumu koku grupās ar atšķirīgu augstumu (Ogres un Daugmales stādījumos 7 gadu vecumā, Smiltenes stādījumā – 9 gadu vecumā) nav novērojama noteikta augusta dzinumu pastiprinātas veidošanās tendence augstākiem vai zemākiem kokiem.

Kā redzams 3.14. attēlā, vislielākais augusta dzinumu īpatsvars ir kokiem, kuriem bijis mazs augstuma pieaugums iepriekšējā gadā (mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo pieaugumu) un liels augstuma pieaugums tekošajā gadā (lielāks par izmēģinājuma vidējo). Tomēr konstatētās sakarības nav statistiski būtiskas.



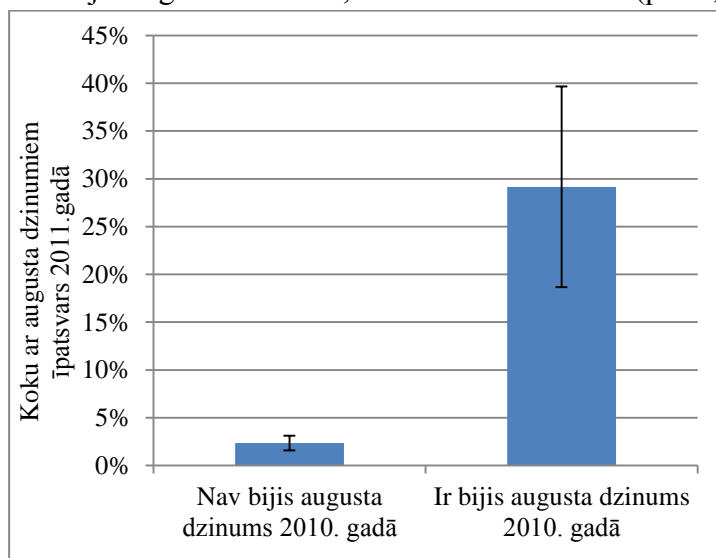
0_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā un 2009.gadā bija mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo;
 0_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā bija mazāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2009.gadā – lielāks par izmēģinājuma vidējo;
 1_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā bija lielāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2009.gadā – mazāks par izmēģinājuma vidējo;
 1_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2008.gadā un 2009.gadā bija lielāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo.

3.14. attēls. Augusta dzinumu un koku augstuma pieauguma izmaiņu saikne Ogres stādījumā.

Daugmales stādījumā no pārējām grupām statistiski būtiski atšķiras koki ar salīdzinoši maziem pieaugumiem abos novērojumu gados (ceturtajā un piektajā augšanas gadā) – šiem kokiem ir vismazākais augusta dzinumu īpatsvars, kas liecina par augšanā atpalikušu koku mazāku spēju veidot papildpieaugumu. Līdzīga situācija novērota Smiltenes stādījumā sestajā un septītajā augšanas gadā, tomēr, atšķirībā no Daugmales stādījuma, augusta dzinumu īpatsvara atšķirības nav statistiski būtiskas. Turpinot šādus novērojumus arī nākamajā gadā, nav konstatētas būtiskas sakarības starp iepriekšējā un tekošā veģetācijas perioda pieaugumu un augusta dzinumu īpatsvaru.

Visos stādījumos novērots, ka augusta dzinumi kokiem ar pastāvīgi mazu augstuma pieaugumu veidojas ievērojami retāk nekā kokiem ar salīdzinoši lielāku augstuma pieaugumu iepriekšējā un/vai tekošajā veģetācijas sezonā.

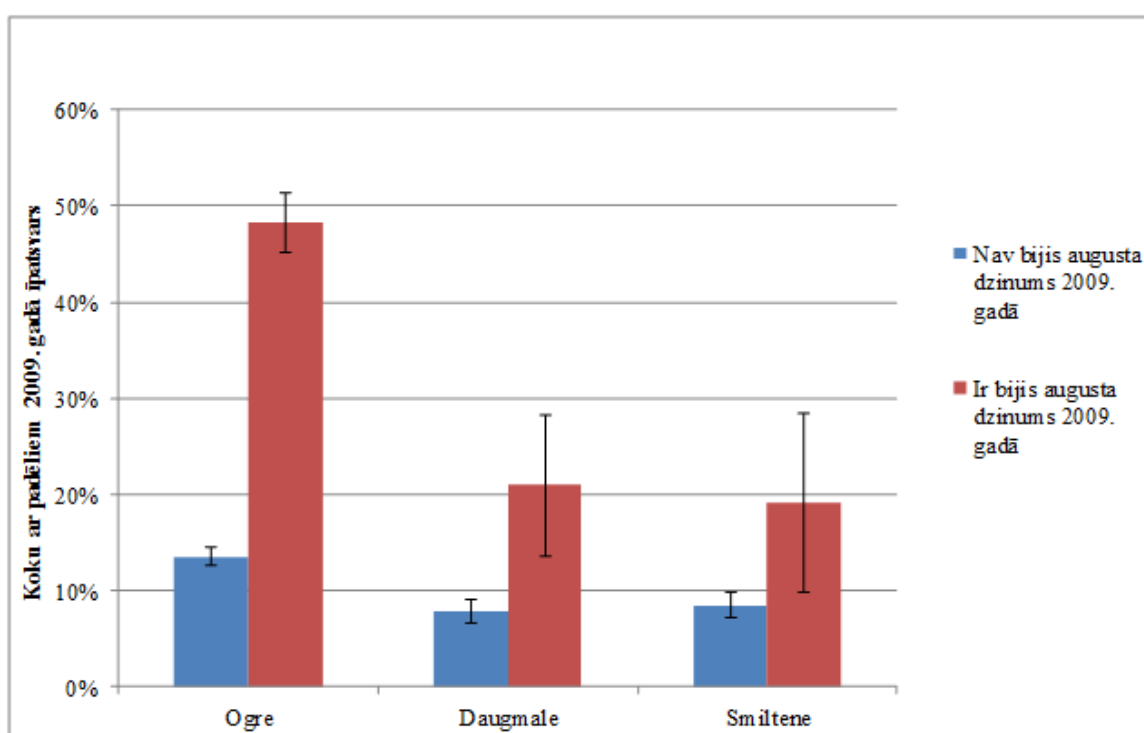
Stādījumos konstatētas būtiskas ($p < 0,001$) sakarības starp augusta dzinumu veidošanos kokiem dažādos gados. Ogres stādījumā 10 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2010. gadā, tika novērots augusta dzinums arī 2012. gadā; mazāk izteikta šāda sakarība bija starp novērojumiem 2009.-2010. gadā (3,8 %) un 2009.-2012. gadā (3,6 %). Daugmales un Smiltenes stādījumā 2010.- 2012. gadā individuāliem kokiem šī pazīme ir noturīgāka nekā Ogres stādījumā: Daugmales stādījumā 16–20 % koku, bet Smiltenes stādījumā (3.15. att.) 30–40 % koku, kuriem bijis augusta dzinums, tas novērots atkārtoti ($p < 0,001$).



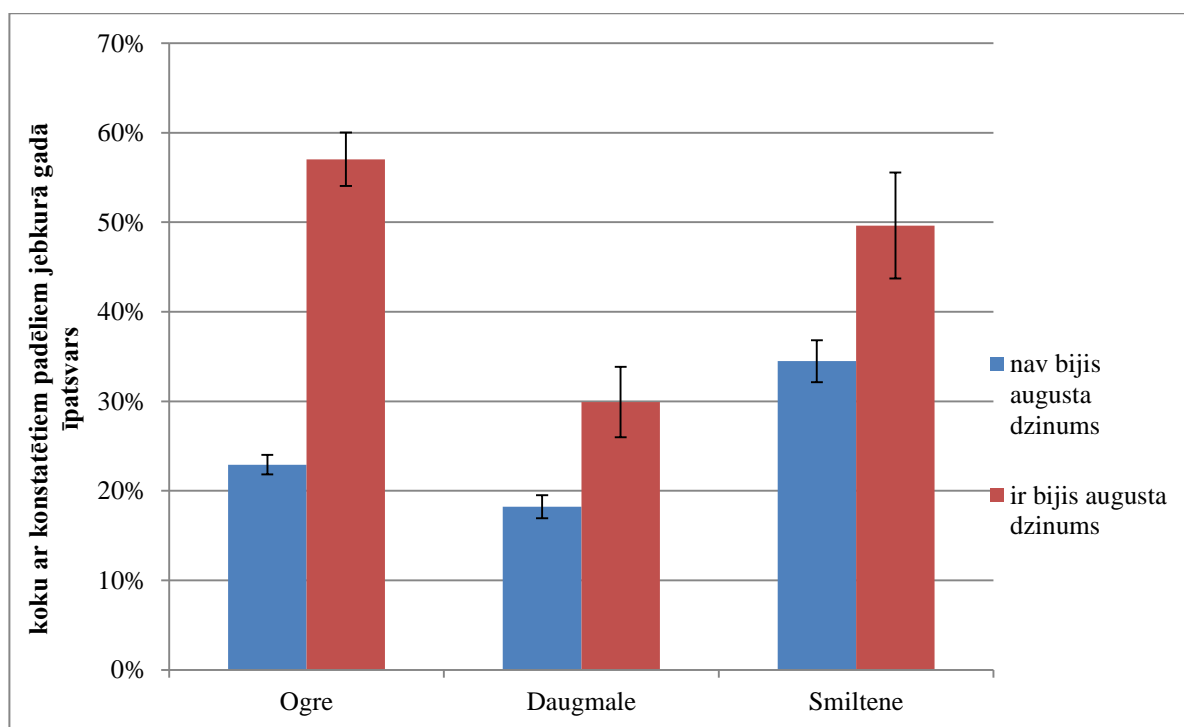
3.15. attēls. Atkārtota augusta dzinuma veidošanās kokiem Smiltenes stādījumā.

Iepriekšējos pētījumos (Ehrenberg, 1970; West, Rogers, 1965) konstatēts, ka augusta dzinuma izveidošanās var sekmēt padēla veidošanos attiecīgajā zaru mieturī, kas pazemina stumbra kvalitāti. Ogres un Daugmales stādījumos 2011. gadā, kā arī Smiltenes stādījumā 2012. gadā, reģistrējot kokus ar padēliem, atzīmēts, kurā gadā (mieturī) tie izveidojušies. Konstatēts, ka gadījumos, kad kokam bijis augusta dzinums, padēla izveidošanās iespēja ievērojami palielinās salīdzinājumā ar situāciju, kad kokam augusta dzinuma nav bijis. Ogres un Daugmales stādījumos individuālu koku līmenī pastāv būtiska ($p < 0,001$) sakarība starp augusta dzinumu un padēlu veidošanos konkrētajā gadā. Ogres stādījumā 48 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2009. gadā, bija izveidojušies padēls attiecīgajā mieturī (3.16. att.); mazāk izteikta, bet statistiski būtiska šāda sakarība bija 2010. gadā (27 %). Daugmales stādījumā 21 % koku, kuriem bijis augusta dzinums 2009. gadā (vērtēti ~ 50 % koku stādījumā), bija

izveidojies padēls šajā mieturī; vairāk izteikta sakarība bija 2010. gadā – 49 %. Arī Smiltenes stādījumā konstatēta līdzīga tendence. Analizējot iespējamu saistību starp augusta dzinumu un padēlu veidošanās risku vienam un tam pašam kokam, visos stādījumos konstatēta statistiski būtiska sakarība (3.17. att.): ja kokam jebkurā novērojumu gadā, kad veikta augusta dzinumu uzskaitē (Ogres un Daugmales stādījumos 5, 6 vai 7 gadu vecumā, Smiltenes stādījumā 6, 7 vai 8 gadu vecumā), konstatēts augusta dzinums, tad iespēja, ka šim kokam veidosies padēls (jebkurā zaru mieturī) ir statistiski būtiski lielāka nekā kokiem, kuri nekad (novērojumu periodā) nav veidojuši augusta dzinumus (Ogres stādījumā attiecīgi 57 % un 23 %; Daugmales stādījumā 30 % un 18 %; Smiltenes stādījumā 50 % un 34 %). Saprotams, ne visiem kokiem, kuriem 8–9 gadu vecumā kādā no zaru mieturiem konstatēts padēls, sagaidāma šī stumbra kvalitātes defekta ilglaicīga saglabāšanās, tomēr novērojumu rezultāti skaidri parāda augusta dzinumu saistību ar iespējamu stumbra kvalitātes pazemināšanos priedei.



3.16. attēls. Saiknes starp augusta dzinuma un padēla veidošanos vienam un tam pašam kokam vienā attiecīgajā mieturī.



3.17. attēls. Saiknes starp augusta dzinuma un padēla veidošanos vienam un tam pašam kokam.

Analizējot ģenētikas ietekmi uz augusta dzinumu un padēlu veidošanos, konstatēts, ka atsevišķu ģimeņu vidējais koku ar augusta dzinumiem (jebkurā novērojumu perioda gadā) īpatsvars stādījumos ir 13–16 % (3.3. tab.). Visos stādījumos ir ģimenes, kurām nav bijis augusta dzinumu, bet ir arī ģimenes, kurās augusta dzinumu īpatsvars ir augsts (maksimālā augusta dzinumu īpatsvara vērtība Ogres stādījumā 46 %, Daugmales – 32 %, Smiltenes – 73 %).

3.3. tabula

Koku ar augusta dzinumiem un padēliem īpatsvars ģimenēs priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos

Koku īpatsvars	Koku īpatsvars (%)ģimenē Ogres stādījumā ar:		Koku īpatsvars (%)ģimenē Daugmales stādījumā ar:		Koku īpatsvars (%) ģimenē Smiltenes stādījumā ar:	
	augusta dzinumiem	padēliem	augusta dzinumiem	padēliem	augusta dzinumiem	padēliem
Vidējais	15,6	28,3	12,9	19,7	14,8	36,7
Minimālais	0	4,8	0	6,0	0	7,1
Maksimālais	46,2	44,6	31,8	40,0	72,7	70,6

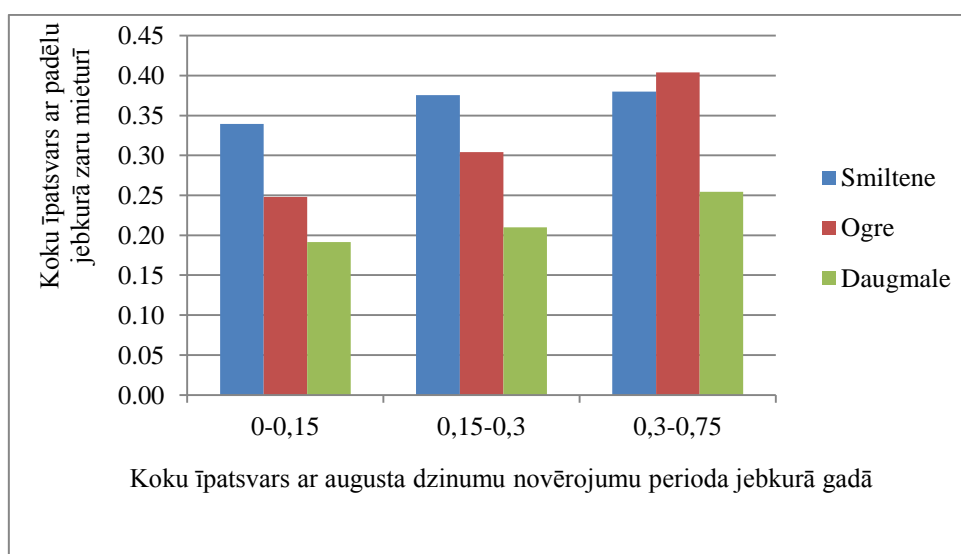
Ogres stādījumā 2009. gadā vidējo stādījuma augusta dzinumu īpatsvaru (14,3 %) pārsniedza 30 ģimenes, sasniedzot maksimālo augusta dzinumu īpatsvaru 44,2 % (M237 – tā pati ģimene, kurai vislielākais koku īpatsvars ar padēliem). No šīm ģimenēm 2/3 ģimeņu 2010. gadā (19 ģimenes) un 2012. gadā (21 ģimene) uzrādīja augusta dzinumu īpatsvaru, kas bija lielāks nekā vidējais augusta dzinumu īpatsvars attiecīgā gadā. Ogres stādījumā nav tādu ģimeņu, kam 2009. gadā nevienam kokam nebūtu bijis augusta dzinums; 15 ģimenēm nav bijis augusta dzinumu ne 2010. gadā, ne 2012. gadā, un augusta dzinumu īpatsvars 2009. gadā šīm ģimenēm bijis mazāks par šī gada vidējo.

Daugmales stādījumā no tām 19 ģimenēm, kurām 2010. gadā augusta dzinumu īpatsvars bija lielāks par vidējo, 11 ģimenēm nākamajā un 10 ģimenēm aiznākamajā gadā augusta dzinumu īpatsvars pārsniedza attiecīgā gada vidējo rādītāju. Desmit ģimenēs nevienam kokam nav bijis augusta dzinumu 2010.–2012. gadā.

Ģimeņu vidējo vērtību līmenī nav konstatētas nozīmīgas sakarības starp koku ar augusta dzinumiem (jebkurā novērojumu perioda gadā) īpatsvaru un koku augstumu pēdējā uzmērīšanas reizē (Ogrē, Daugmalē 7 gadu vecumā, Smiltēnē – 9 gadu vecumā): Ogres stādījumā $r = 0,02$ ($p > 0,05$), Daugmales stādījumā $r = 0,25$ ($p = 0,045$), Smiltēnes stādījumā $r = -0,13$ ($p > 0,05$).

Atsevišķu ģimeņu vidējais koku ar padēliem (jebkurā zaru mieturī) īpatsvars stādījumos ir 20–40 %. Stādījumos nav tādu ģimeņu, kurās visi koki būtu bez padēliem (minimālais koku ar padēliem īpatsvars 5–7 %, maksimālais – 40–71 %). Vislielākais padēļu īpatsvars Ogres stādījumā ir tai pašai ģimenei (M237), kurai ir vislielākais augusta dzinumu īpatsvars šajā stādījumā. Nav konstatēta būtiska korelācija starp ģimenes koku īpatsvaru ar padēliem Ogres un Daugmales stādījumos ($p = 0,114$). Smiltēnes stādījumā padēli un vairākas galotnes reģistrētas visos mieturos, bet aprēķinos izmantots tikai vērtējums otrajā un trešajā mieturī no galotnes (tātad stumbra kvalitātes defekts veidojies 6 un 7 gadu vecumā), jo agrākā vecumā radušies stumbra kvalitātes defekti lielākajā daļā gadījumu, visticamāk, bija dzīvnieku nodarīto bojājumu izraisīti.

Ģimeņu vidējo vērtību līmenī (3.18. att.), tāpat kā individuāliem kokiem, konstatēta būtiska sakarība starp papildpieauguma attīstību (tādu koku īpatsvaru, kuriem bijis augusta dzinums novērojumu perioda jebkurā gadā) un padēļu veidošanos (tādu koku īpatsvaru, kuriem konstatēts padēlis jebkurā zaru mieturī): Ogres stādījumā $r = 0,64$ ($p < 0,001$); Daugmales stādījumā $r = 0,29$ ($p < 0,05$); Smiltēnes stādījumā $r = 0,14$ ($p < 0,05$). Ogres stādījumā pastāv būtiska sakarība starp augusta dzinumu un padēļu īpatsvaru ģimenē konkrētā gadā – 2009. gadā $r = 0,74$ ($p < 0,001$) un 2010. gadā $r = 0,46$ ($p < 0,001$), bet Daugmales stādījumā šāda sakarība 2010. gadā nav būtiska ($r = 0,23$, $p = 0,059$).



3.18. attēls. Sakarība starp ģimeņu vidējo augusta dzinumu un padēļu īpatsvaru.

Pēcnācēju pārbaužu stādījumos Ogrē un Daugmalē pārstāvētajām ģimenēm konstatēta būtiska ($p < 0,01$) korelācija starp ģimeņu augsta dzinumu īpatsvaru abos stādījumos konkrētā gadā (2010. gadā $r = 0,33$; 2012. gadā $r = 0,58$), kas liecina par pazīmes zināmu ģenētisko nosacītību un noturību atšķirīgos ekoloģiskajos apstākļos. Līdzīgi katrā stādījumā novērojumu periodā konstatēta arī būtiska ($p < 0,01$) sakarība starp ģimenes augsta dzinumu īpatsvaru dažādos gados: Ogres stādījumā $r = 0,42 \dots 0,54$; Daugmales stādījumā $r = 0,34 \dots 0,66$; Smiltenes stādījumā $r = 0,47 \dots 0,60$.

3.2. Augusta dzinumu vērtējums eglei

Apsekojot 103 egļu jaunaudzes 3–8 gadu vecumā (3.4. tab.), 2011. gadā augusta dzinumi novēroti vidēji 6,5 % koku. Daļā objektu (21 jaunaudze) veikti atkārtoti novērojumi arī nākamajā gadā. Šajos objektos augusta dzinumu īpatsvars 2011. gadā ir 9,1 % un 2012. gadā – 12,9 %; atšķirība starp gadiem, līdzīgi kā priežu jaunaudzēs, nav statistiski būtiska ($p = 0,13$). No kopējā augusta dzinumu īpatsvara eglei 67 % sastāda galotnes augusta dzinumi (augusta pieaugumu izveidojis centrālā dzinuma gala pumpurs vai sānu pumpuri) un 33 % – sānzaru augusta dzinumi, tātad sānzaru augusta dzinumi novēroti biežāk nekā priedei.

3.4. tabula

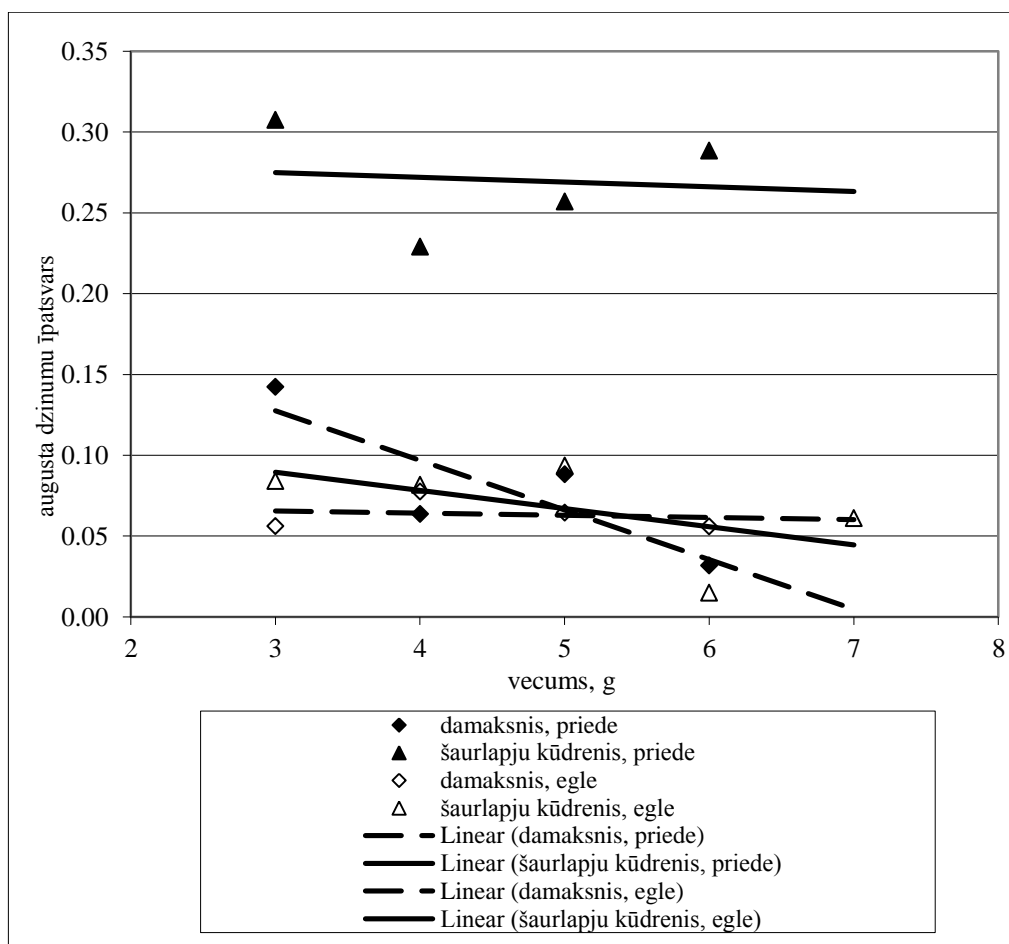
Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma egļu jaunaudzēs dažādos augšanas apstākļos 2011. un 2012. gadā

Nr. p. k.	Meža tips	Novērojumu gads	Objektu skaits	Augusta dzinumu īpatsvars (%) dažāda vecuma jaunaudzēs						
				3g.	4g.	5g.	6g.	7g.	8g.	vidēji
1.	Dm	2011	26	5,6	7,8	6,4	5,6			6,6
2.	Dm	2012	5		3,3	33,1	9,6			13,1
3.	Vr	2011	9		0,9	7,4	7,6	2,9		6,2
4.	Vr	2012	4			9,0	18,1	6,6		12,9
5.	Dms	2011	13	7,7	2,3	2,4		2,6		4,4
6.	Vrs	2011	5		4,8	6,6				5,5
7.	Vrs	2012	1			19,4				19,4
8.	As	2011	24	7,2	12,4	6,9	4,1	10,6		7,1
9.	As	2012	4		14,3			9,8	15,9	12,4
10.	Ap	2011	7			2,4	6,7		3,7	4,5
11.	Ap	2012	1					9,7		9,7
12.	Ks	2011	15	8,4	8,2	9,4	1,5	6,1		8,0
13.	Ks	2012	5		4,3	14,9	10,0			9,8
14.	Kp	2011	4	5,8				11,5		8,6
15.	Kp	2012	1		25,9					25,9
Kopā		2011	103	6,8	6,5	6,4	5,0	8,7	3,7	6,5
Kopā		2012	21		12,0	19,1	11,9	9,0	15,9	12,9

Analizējot atkārtoti vērtēto objektu datus, atšķirībā no priedes, eglei sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru dažādos gados nav statistiski būtiska ($r = 0,29$; $p = 0,198$). Iespējams, eglei augusta dzinumu veidošanās vairāk nekā priedei saistīta ar vides apstākļu izmaiņām - piemēram, laika posmā starp 2011. gada un 2012. gada uzskaiti, uzlabojoties augšanas apstākļiem (piemēram, citu augu konkurences samazināšanās, mitruma apstākļu uzlabošanās, pārnadžu izraisītu bojājumu samazināšanās u.tml.), paaugstinājusies egles vitalitāte un līdz ar to arī augusta dzinumu īpatsvars.

Eglei (atšķirībā no priedes) konstatēta negatīva korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un biotisku vai abiotisku faktoru izraisītu bojājumu īpatsvaru objektu vidējiem rādītājiem ($r = -0,27$; $p < 0,01$), kas liecina par tendenci eglei veidot augusta dzinumus augšanai labvēlīgākos apstākļos, kad koka augšanu nekavē, piemēram, regulāri pārnadžu izraisīti bojājumi. Tomēr statistiski būtiska sakarība starp augusta dzinumu īpatsvaru un koku skaitu eglei nav konstatēta. Jāatzīmē, ka koku skaits eglei (vidēji objektos 800 līdz 3600 koku uz 1 ha) mainās mazākā amplitūdā nekā priedei (1200 līdz 9600 koku uz 1 ha).

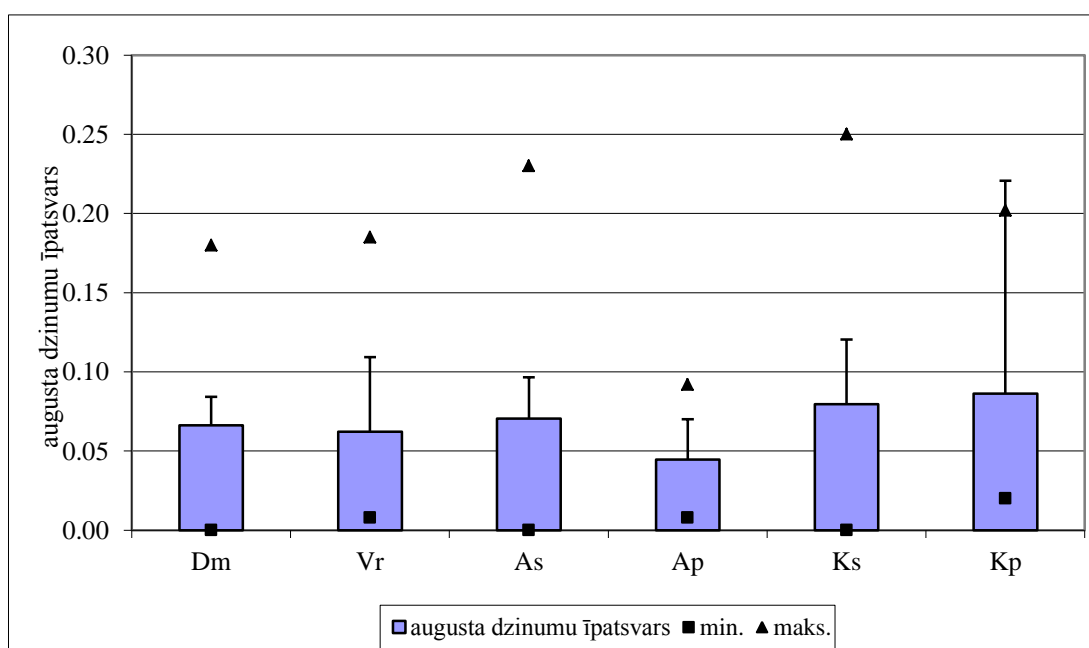
Analizējot augusta dzinumu īpatsvaru 3–8 gadus vecās egļu jaunaudzēs dažādos meža tipos, konstatēts, ka koku vecumam šajā egles dzīves posmā nav statistiski būtiskas ietekmes uz augusta dzinumu īpatsvaru. Augusta dzinumu īpatsvara svārstības 2011. gadā dažāda vecuma priežu un egļu jaunaudzēs salīdzinoši auglīgos augšanas apstākļos (damaksnis, šaurlapju ārenis, šaurlapju kūdrenis) atspoguļotas 3.19. attēlā. Priedei damaksnī augusta dzinumu īpatsvaram vērojama tendence līdz ar vecumu samazināties, tomēr jāņem vērā, ka tikai 3 gadu vecumā augusta dzinumu īpatsvars ir statistiski būtiski augstāks nekā cita vecuma jaunaudzēs. Pārsvārā gadījumu starp abām skujkoku sugām šajos meža tipos nav novērojamas nozīmīgas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības, tomēr šaurlapju kūdrenī priedei salīdzinājumā ar egli ir būtiski lielāks augusta dzinumu īpatsvars. Ņemot vērā iespējamo stumbra kvalitātes pasliktināšanos augusta dzinumu ietekmē (īpaši priedei), kā arī iespējamo augusta dzinumu īpatsvara palielināšanos Latvijas skujkoku jaunaudzēs klimata pārmaiņu ietekmē, rekomendējams šaurlapju kūdreņos, izvēloties skujkoku sugu meža atjaunošanai, priekšroku dot eglei.



3.19. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars dažāda vecuma priežu un egļu jaunaudzēs auglīgos meža tipos.

Analizējot augusta dzinumu īpatsvara saistību ar meža tipu, no vērtējuma izslēgti nogabali uz slapjām minerālaugsnēm. Meža tipam, no kā būtiski atkarīgs augusta dzinumu īpatsvars priežu jaunaudzēs, nav statistiski būtiskas ietekmes ($p > 0,05$) uz šo pazīmi egļu jaunaudzēs (3.20. attēls); pastāv nozīmīgas augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp viena meža tipa dažādiem objektiem. Piemēram, damaksnī, kur eglei ilgstoši bijusi konkurence ar

zālaugu un krūmu sugām, un vidējais koku skaits tikai 1200 koku uz 1 ha, kā arī 22 % koku ir pārnadžu bojāti, augusta dzinumu īpatsvars bijis tikai 1,8 %. Turpretī eglei damaksnī vislielākais augusta dzinumu īpatsvars ir objektā, kur koku augšanai ir optimāli apstākļi – visā nogabalā nav lieka mitruma, bijusi laba stādīšanas kvalitāte un līdz ar to koku saglabāšanās, bijis samērā liels aizzēlums, bet audze regulāri kvalitatīvi kopta, nav pārnadžu izraisītu bojājumu. Augusta dzinumu īpatsvara paaugstināšanos šajā objektā (18 % 2011. gadā un 33 % 2012. gadā) var skaidrot gan ar atšķirīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, gan egles vitalitātes pieaugumu (pēc 2011. gada kopšanas). Līdzīgi platlapju kūdrēnī augusta dzinumu īpatsvars mainās robežās no 2 % līdz 26 %. Vismazākais augusta dzinumu īpatsvars ir objektā, kur daudz pārnadžu izraisītu bojājumu un auglīgajos stipra aizzēluma apstākļos eglei triju gadu vecumā ir stipri apgrūtināta augšana. Objektā, kur līdz 7 gadu vecumam eglei nogabalā bijusi laba saglabāšanās, bet meliorācijas grāvja aizsprostojuma dēļ radies lieks mitrums un egles sākušas kalst, augusta dzinumu īpatsvars arī ir tikai 2,7 %. Savukārt citā objektā platlapju kūdrēnī, tāpat kā damaksnī, pēc kopšanas palielinājies augusta dzinumu īpatsvars (10 % 2011. gadā un 26 % 2012. gadā). Līdzīga situācija novērota arī citos meža tipos. Priedei, salīdzinājumā ar egli, raksturīgs daudz plašāks augšanai piemēroto ekoloģisko apstākļu diapazons – tā aug gan vairāk, gan mazāk auglīgās augsnēs, dažādos mitruma apstākļos, kas ietekmē augusta dzinumu īpatsvara atšķirības starp meža tipi. Egles turpretī aug auglīgākās augsnēs, kur nozīmīga ietekme uz audzes vitalitāti agrīnā vecumā viena meža tipa dažādos objektos var būt tādiem faktoriem kā mitruma apstākļu izmaiņas (meliorācijas sistēmas stāvoklis), zālaugu un citu sugu kokaugu konkurence (izcirtuma aizzēluma pakāpe, kopšanas ciršu biežums un kvalitāte), kā arī pārnadžu izraisīto bojājumu intensitāte.

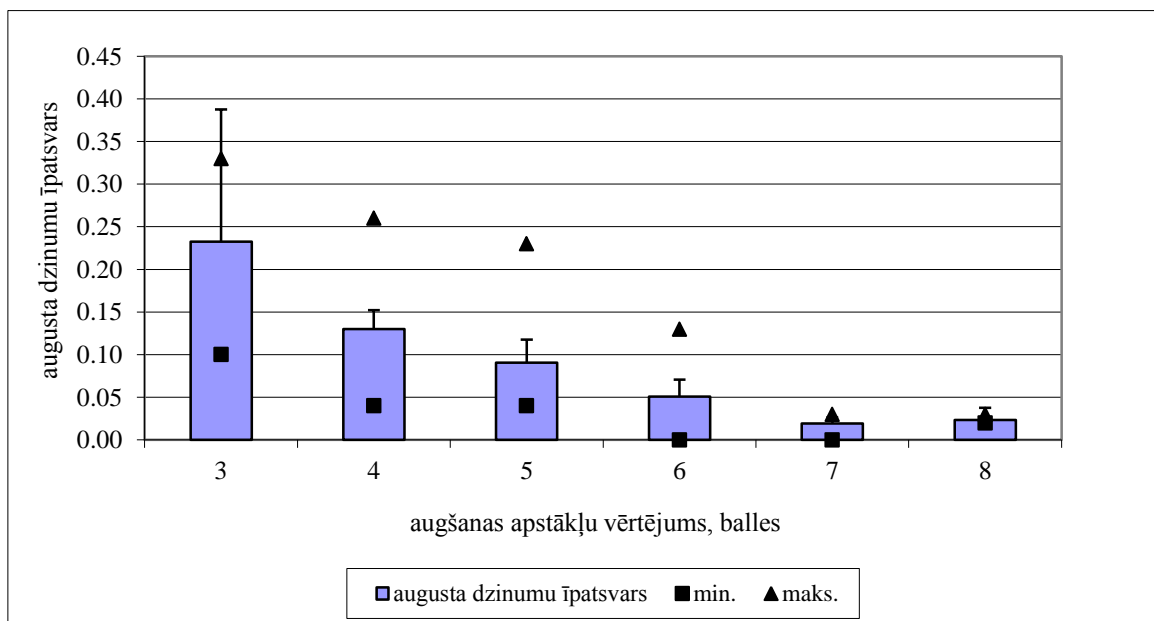


3.20. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars egļu jaunaudzēs dažādos meža tipos 2011. gadā.

Lai noskaidrotu, cik lielā mērā egles augšanai vairāk vai mazāk optimāli apstākļi saistīti ar augusta dzinumu veidošanos, daļā objektu (70 objektos dažādos meža tipos) novērtēti mitruma apstākļi, zālaugu un citu kokaugu konkurence, kā arī pārnadžu izraisīti bojājumi, katram no šiem trim traucējumu veidiem piešķirot vērtējumu 1, 2 vai 3 balles (1 – vislabvēlīgākie apstākļi egles augšanai). Summējot šos trīs vērtējumus (balles), iegūts kopējs

augšanas apstākļu piemērotības rādītājs, kura minimālā vērtība 3 (vislabvēlīgākie apstākļi egles augšanai), maksimālā (teorētiski) 9 (visvairāk traucējumu).

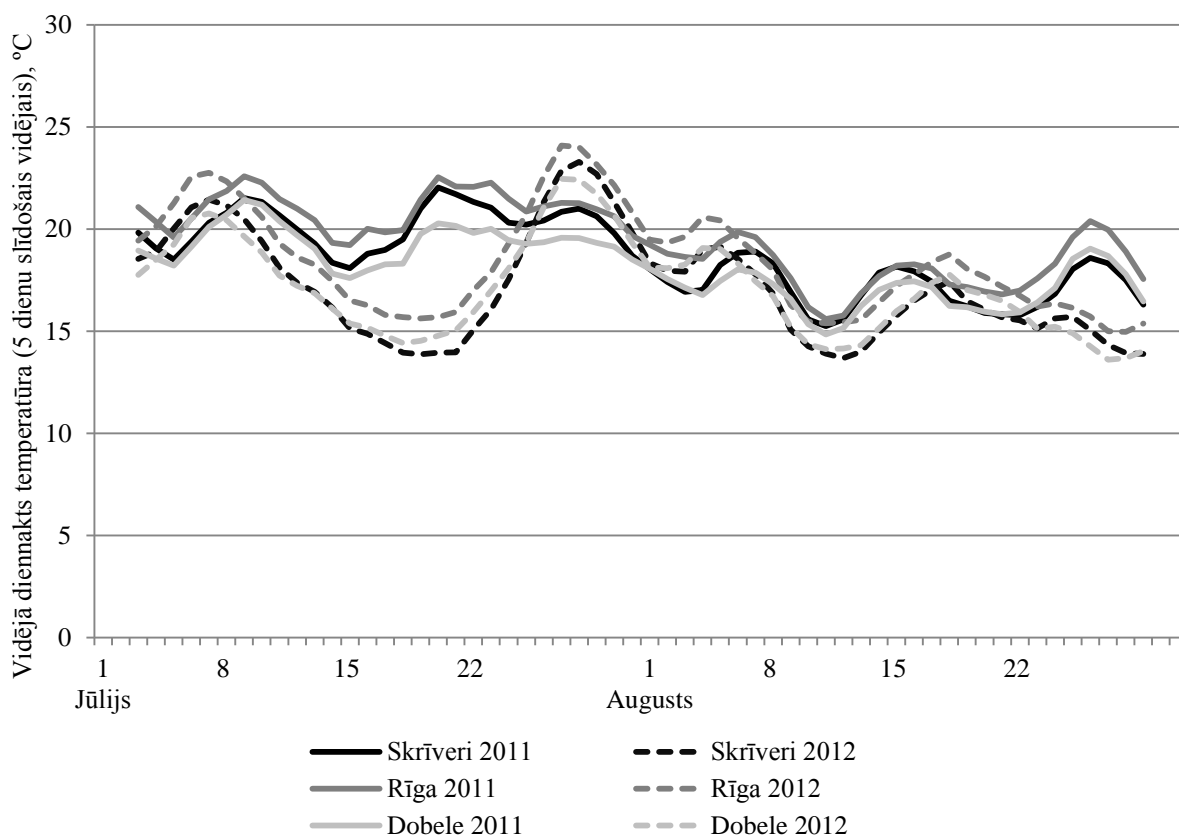
Analizējot koku ar augusta dzinumiem īpatsvaru šādi izveidotās klasēs (3.21. att.), konstatēts, ka augšanai optimālos apstākļos augusta dzinumi eglei veidojas biežāk nekā gadījumos, kad egles augšanu traucē lieks mitrums, citu augu sugu konkurence vai pārnadžu izraisīti bojājumi.



3.21. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars nogabalos ar atšķirīgu vides faktoru ietekmi.

Ja vismaz viens no analizētajiem faktoriem novērtēts ar trim ballēm (stipra negatīva ietekme, kopējais vērtējums vismaz 5), tad augusta dzinumu īpatsvars nogabalā nepārsniedz 10 %. Novērota arī atsevišķa faktora būtiska ietekme uz augusta dzinumu īpatsvaru egļu jaunaudzē. Statistiski būtiski atšķiras augusta dzinumu īpatsvars objektos, kur ir atšķirīga aizzēluma pakāpe ($p < 0,001$): ja egles augšanu aizzēlums netraucē (vērtējums 1 balle), tad augusta dzinumu vidējais īpatsvars ir 14,5 %, ja traucējums ir vidējs (2 balles) – 6,1 %, ja traucējums ievērojams (3 balles) – 2,2 %. Līdzīga situācija konstatēta, arī analizējot mitruma ietekmi. Ja egles augšanai ir optimāli mitruma apstākļi (vērtējums 1 balle), tad augusta dzinumu vidējais īpatsvars ir 11,7 %, ja traucējums ir vidējs (2 balles) – 4,8 %, ja traucējums ievērojams (3 balles) – 1,8 %. Konstatēta statistiski būtiska korelācija starp augusta dzinumu īpatsvaru un augšanas apstākļu piemērotību (rangu korelācija $r = 0,83$; $p < 0,001$). Arī citos pētījumos norādīts, ka augusta dzinumu sastopamība eglei cieši saistīta ar koku augšanai optimāliem apstākļiem (Rone, 1985; Søgaard et al., 2011).

Pētījuma ietvaros analizēti triju Latvijas centrālā reģiona meteostaciju (Dobele, Rīga, Skrīveri) gaisa temperatūras dati 2011.gada un 2012.gada jūlijā un augustā.

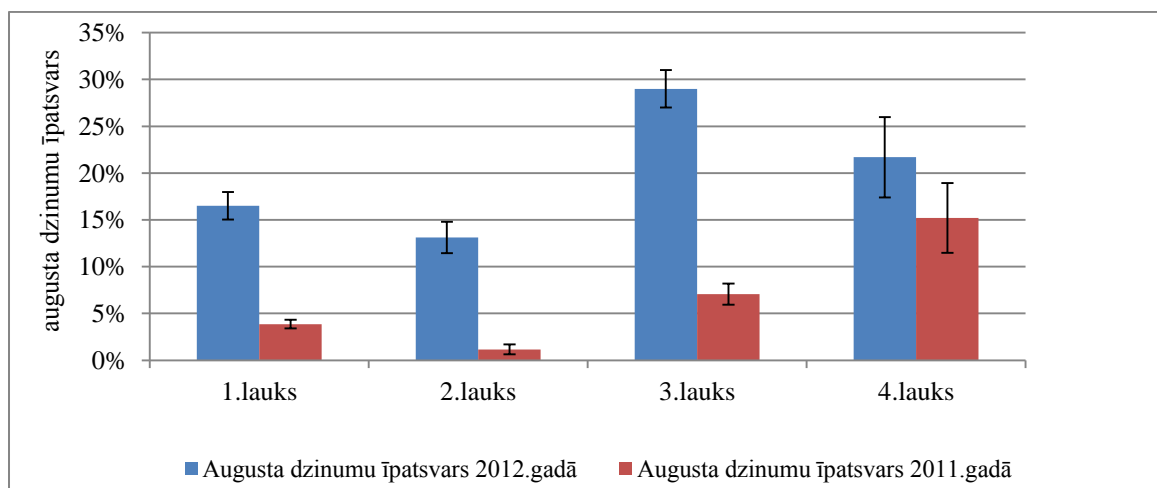


3.22. attēls. Diennakts vidējā gaisa temperatūra (piecu diennakšu slīdošais vidējais) trijās meteostacijās 2011.gada un 2012.gada jūlijā un augustā.

Gaisa temperatūra augusta dzinumu intensīvas veidošanās laikā (jūlija beigās - augusta sākumā) 2011. un 2012.gadā nozīmīgi neatšķiras, piemēram, vidējā diennakts temperatūra periodā, kas ietver jūlija pēdējo un augusta pirmo nedēļu, Rīgas meteostacijā bija attiecīgi 20,4 °C un 20,7 °C, Dobeles – 18,6 °C un 19,3 °C, bet Skrīveru meteostacijā abos gados 19,4 °C. Tomēr, kā redzams 3.22. attēlā, 2012.gadā, salīdzinājumā ar 2011.gadu, konstatēta ievērojama temperatūras paaugstināšanās jūlija beigās: temperatūras starpība starp jūlija trešo un ceturto nedēļu 2012.gadā bija 5-5,8 °C, bet 2011.gadā – tikai 0,3-0,5 °C. Mūsu pētījumā, salīdzinot divu gadu meteorodatus, konstatēts, ka 2012.gadā, kad novērots salīdzinoši augstāks augusta dzinumu īpatsvars, papildpieauguma iespējamās veidošanās perioda sākumā (jūlija beigās) notika gaisa temperatūras paaugstināšanās. Var secināt, ka augusta dzinumu sastopamības biežumu ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi papildpieauguma veidošanās sākumā (jūlija beigās - augusta sākumā), turklāt lielāka ietekme bija tieši apstākļu izmaiņai – iespējams, augusta dzinumu veidošanos lielākā mērā nekā absolūtās gaisa temperatūras vērtības ietekmē tieši šo vērtību izmaiņa tajā veģetācijas sezonas „brīdī”, kad beigusies galvenā pieauguma veidošanās, bet vēl pastāv labvēlīgi apstākļi „augšanai” (fotosintēzei?) (temperatūra, fotoperiods).

Konstatētās sakarības apliecina arī egles pēcnācēju pārbaužu stādījumu analīze Rembatē (10 un 11 gadu vecumā) un Jelgavā (9 un 10 gadu vecumā). Koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 2011. un 2012. gadā Jelgavas stādījumā bija attiecīgi 8 % un 33 %, bet Rembates stādījumā vidēji – attiecīgi 4 % un 20 %. Rembatē izmēģinājums ierīkots četros atkārtojumos (laukos), ar samērā atšķirīgiem vides apstākļiem (augšnes auglību, mitruma apstākļiem, salnu iespējamību). Rembates stādījumā 2011. un 2012. gadā lielāks koku ar augusta dzinumiem

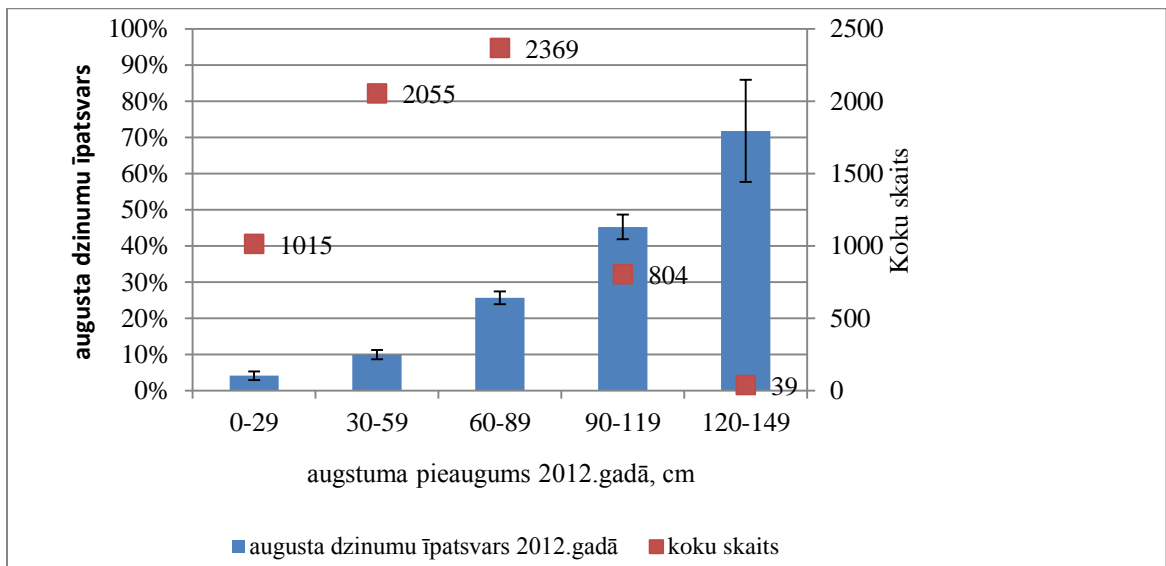
Īpatsvars konstatēts attiecīgi 4. un 3. laukā (3.23. att.), kur stādījumi ierīkoti salīdzinoši auglīgā bijušajā lauksaimniecības augsnē, un platībās nav novērotas izteiktas pavasara salnas. Vismazākais augusta dzinumu īpatsvars konstatēts 2. laukā, kur egles augšanu traucē lieks mitrums un regulāri salnu bojājumi. Par augšanas apstākļu atšķirībām dažādos izmēģinājuma laukos liecina ievērojamās koku augstuma atšķirības: vienpadsmit gadu vecumā vidējais koku augstums Rembates stādījumā ir robežās no $190\pm 3,8$ cm otrajā laukā līdz $290\pm 4,4$ cm trešajā laukā.



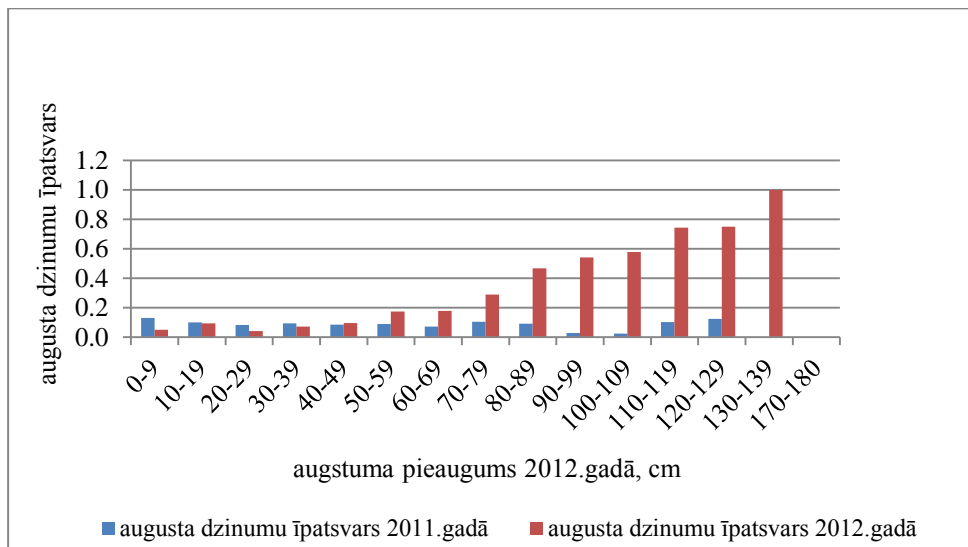
3.23. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars Rembates stādījuma četros laukos.

Analizējot meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz augusta dzinumu īpatsvaru, līdzīgi kā priežu pēcnācēju pārbaužu stādījumos, konstatēts, ka augstāka gaisa temperatūra (aptuveni par $3\text{ }^{\circ}\text{C}$) 2012. gada augustā, salīdzinājumā ar 2011. gada augustu, veicinājusi statistiski būtisku ($p < 0,05$) augusta dzinumu īpatsvara paaugstināšanos gandrīz visos Rembates stādījuma laukos (atšķirība nav statistiski būtiska tikai 4. laukā). Arī Jelgavas stādījumā augusta dzinumu īpatsvars lielāks ir 2012. gadā.

Novērtējot augusta dzinumu īpatsvara saistību ar koka produktivitātes pazīmēm, eglei Rembates stādījumā gan desmitajā, gan vienpadsmitajā augšanas gadā individuāliem kokiem konstatēta sakarība, ka koku tekošā gada augstuma pieaugumam palielinoties, palielinās arī augusta dzinumu īpatsvars tās pašas veģetācijas sezonas beigās (3.24. att.). Līdzīga sakarība novērota arī Jelgavas stādījumā desmitajā augšanas gadā (3.25. att.) tomēr ne devītajā augšanas gadā. Jāatzīmē, ka devītajā augšanas gadā Jelgavas stādījumā konstatēts salīdzinoši mazs koku skaits ar augusta dzinumiem.

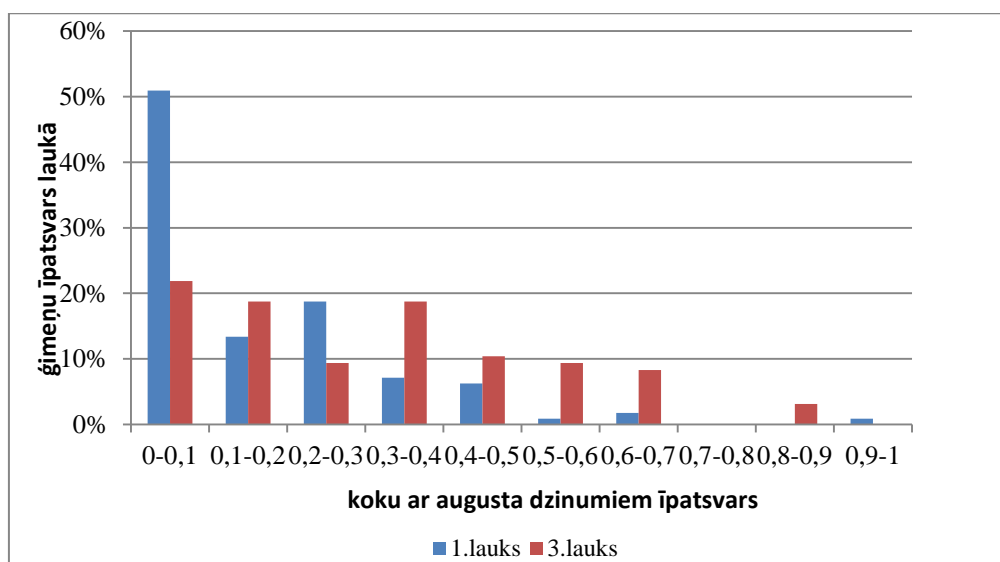


3.24. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars koku grupās ar atšķirīgu augstuma pieaugumu 2012. gadā Rembates stādījumā.



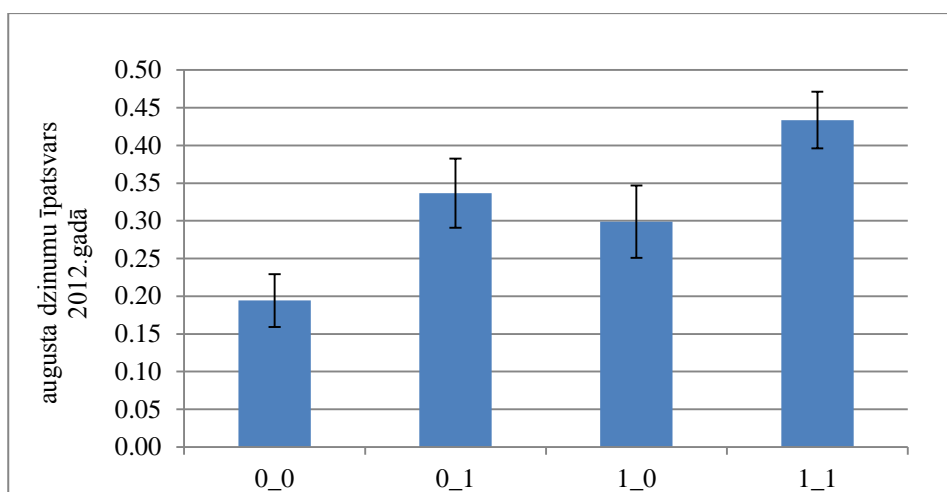
3.25. attēls. Augusta dzinumu īpatsvars 2011. un 2012. gadā koku grupās ar atšķirīgu 2012. gada augstuma pieaugumu Jelgavas stādījumā.

Rembates stādījumā ģimeņu vidējo vērtību līmenī konstatēta sakarība starp 2012. gada augstuma pieaugumu un augusta dzinumu īpatsvaru ģimenē tā paša gada beigās – $r = 0,41$ ($p < 0,01$). Konstatētā ievērojamā augusta dzinumu īpatsvara amplitūda starp ģimenēm (3.26. att.), kā arī statistiski būtiskā pazīmes korelācija abos novērojumu gados ($r = 0,39$; $p < 0,01$) liecina par iespēju selekcijas darba rezultātā atlasīt genotipus, kam raksturīgs gan augšanas pazīmju pārkāpums, gan zemāka augusta dzinumu veidošanās intensitāte.



3.26. attēls. Ģimeņu īpatsvars Rembates stādījuma laukos ar atšķirīgu augusta dzinumu īpatsvaru 2012. gadā.

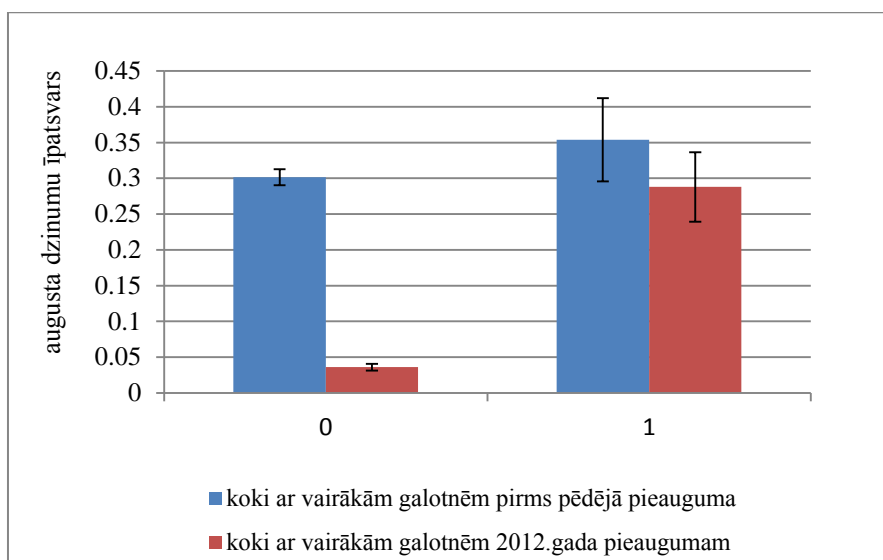
Rembates stādījumā kokiem bez augusta dzinumiem gan desmitajā, gan vienpadsmitajā veģetācijas sezonā raksturīgs statistiski būtiski mazāks augstuma pieaugums gan iepriekšējā, gan tekošajā veģetācijas sezonā nekā kokiem ar augusta dzinumiem. Jelgavas stādījumā šāda sakarība konstatēta desmitajā augšanas sezonā. Šajā sezonā statistiski būtiski vairāk augusta dzinumu bija kokiem, kuriem gan iepriekšējā, gan tekošajā veģetācijas periodā augstuma pieaugums pārsniedza izmēģinājuma vidējo attiecīgajā gadā (3.27. att.). Devītajā augšanas sezonā Jelgavas stādījumā netika konstatētas izteiktas sakarības starp augusta dzinumu veidošanos un koku augstuma pieaugumu.



0_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011. gadā un 2012. gadā bija mazāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo;
 0_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011. gadā bija mazāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2012. gadā – lielāks par izmēģinājuma vidējo;
 1_0 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011. gadā bija lielāks par izmēģinājuma vidējo, bet 2012. gadā – mazāks par izmēģinājuma vidējo;
 1_1 koki, kuriem augstuma pieaugums 2011. gadā un 2012. gadā bija lielāks par attiecīgā gada izmēģinājuma vidējo.

3.27. attēls. Augusta dzinumu veidošanās Jelgavas stādījumā desmitajā augšanas sezonā saistībā ar koku augstuma pieaugumu iepriekšējā un tekošajā sezonā.

Līdzīgi kā priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumos, arī egļu stādījumos analizēta augusta dzinumu veidošanās iespējamā saistība ar stumbra kvalitāti, uzskaitot kokus ar vairākām galotnēm. Kā redzams 3.28. attēlā, Rembates stādījumā kokiem, kuriem veidojies augusta dzinums 2011. gadā, ir būtiski ($p < 0,05$) vairāk koku ar vairākām galotnēm 2012. gada dzinumam. Eglei nav novērota statistiski būtiska sakarība starp augusta dzinumu veidošanos kokam (2011. gadā) un vairāku galotņu veidošanos visā koka dzīves laikā. Augusta dzinumiem 2012. gadā šāda sakarība ir neliela (10 % robežās), tomēr statistiski būtiska – vairāk augusta dzinumu ir kokiem ar vairākām galotnēm.



0 – koki bez augusta dzinumiem 2011. gadā,
 1 – koki ar augusta dzinumiem 2011. gadā

3.28. attēls. Vairāku galotņu un augusta dzinumu veidošanās eglēm Rembates stādījumā.

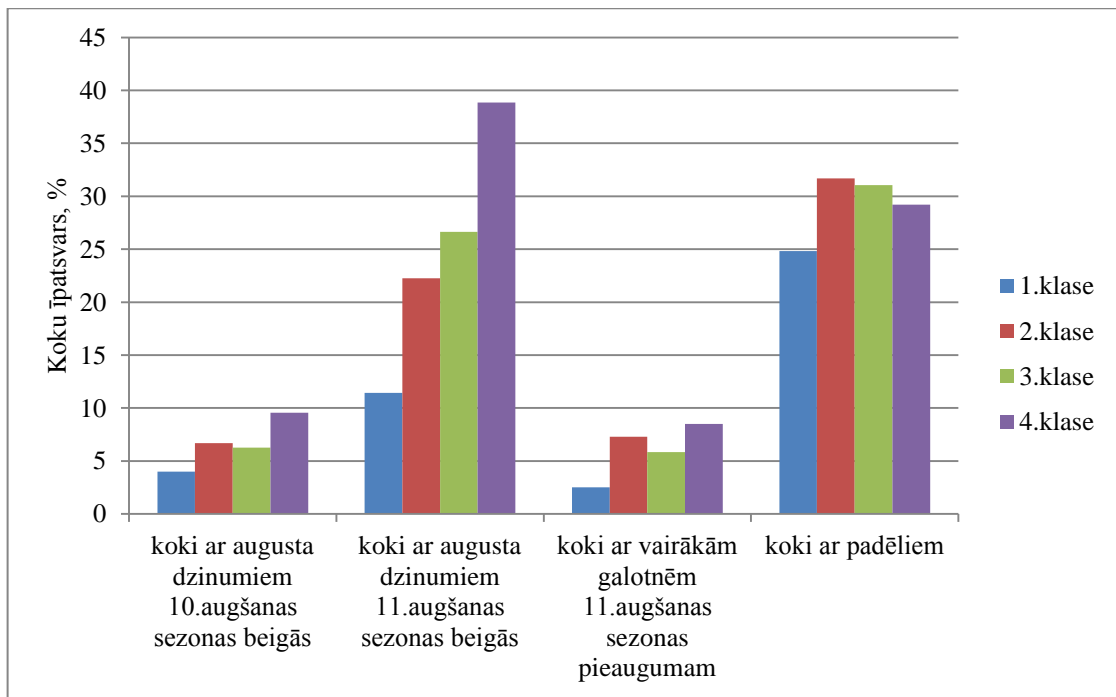
Jelgavas stādījumā, atšķirībā no Rembates stādījuma, kokiem, kuriem bijis augusta dzinums 2011. gadā, vairāku galotņu izveidošanās iespēja 2012. gadā ir statistiski būtiski mazāka nekā kokiem bez augusta dzinuma 2011. gadā.

Tā kā egles augusta dzinumu veidošanās un stumbra kvalitātes (vairāku galotņu) vērtējumā iegūtie dati stādījumos neliecina par izteiktu šo pazīmju savstarpēju saistību, iespējams, ka vairāku galotņu veidošanos eglei lielākā mērā nekā augusta dzinumi nosaka citi faktori.

Rembates stādījumā salīdzināts koku ar augusta dzinumiem īpatsvars 10. un 11. augšanas sezonas beigās dažādās plaukšanas klasēs (agri, vidēji agri, vidēji vēlu un vēlu plaukstošie).

Rembates stādījumā reģistrēti arī koki, kuriem izveidojies padēls (jebkurā mieturī), neatkarīgi no tā veidošanās iespējamā iemesla (sala bojājumi, dzīvnieku izraisīti bojājumi u.c.). Koku ar padēliem īpatsvars stādījumā ir 28%.

Kā redzams 3.29. attēlā, vismazākais koku ar augusta dzinumiem (gan 10., gan 11. augšanas sezonas beigās) īpatsvars, koku ar vairākiem vadošajiem dzinumiem 11. augšanas sezonas pieaugumam īpatsvars, kā arī koku ar padēliem īpatsvars konstatēts visvēlāk plaukstošajiem kokiem, un, pārsvarā gadījumu, salīdzinoši agrāk plaukstošo koku klasēs īpatsvars palielinās. Piemēram, koku ar augusta dzinumiem 11. augšanas sezonas beigās īpatsvars dažādās klasēs (sākot ar vēlu plaukstošo koku klasi) ir: 11 %, 22 %, 27 %, 39 %.



3.29. attēls. Koku ar augusta dzinumiem, vairākām galotnēm un padēliem īpatsvars plaukšanas klasēs.

Konstatēts, ka ģimeņu līmenī (pazīmes vērtība ģimenei konkrētā laukā) nepastāv statistiski būtiska sakarība starp agri plaukstošo koku īpatsvaru un koku ar padēliem īpatsvaru ģimenē ($R^2=0,004$; $p=0,31$), kas liecina, ka padēļu veidošanos ietekmē citi faktori, piemēram, dzīvnieku radītie bojājumi.

Izmantotā literatūra

- Adams W.T., Bastien J.-C. (1994). Genetics of second flushing in a French population of coastal Douglas-fir. *Silvae Genetica*, 43 (5/6), 345-352.
- Aldén T. (1971). Influence of CO₂, moisture and nutrients on the formation of Lammas growth and prolepsis in seedlings of *Pinus silvestris* L. *Studia Forestalia Suecica*, 93, 1-21.
- Barber J.C. (1964). Inherent variation among slash pine progenies at the Ida Cason Callaway foundation, U.S. For. Serv. Res. Pap. Southeast For. Exp. Sta. 10. 90 p.
- Büsgen M. (1929). The structure and life of forest trees. John Wiley and Sons, New York, 436p.
- Campbell R.K. (1974). A provenance transfer model for boreal regions. USDA Forest Service, Oregon, 24 p.
- Campbell R.K. (1965). Phenotypic variation and repeatability of stem sinuosity in Douglas-fir. *Northwest Science*, 39, 47-59.
- Carmer S.M., Stahl D.C., Fohrell W.B., McDonald K.A. (1988). Exploring the relationship between local grain angle and initial fracture in lumber subject to tensile load. Proceedings of International conference on timber engineering (Vol.2.). Seattle, WA., 566-575.
- Carvell K.L. (1956). Summer shoots cause permanent damage to red pine. *Journ. Forestry* 54, 271.
- Codesido V., Fernández-López J. (2009). Genetic variation in seasonal growth patterns in radiata pine in Galicia (northern Spain). *Forest Ecology and Management*, 257, 518-526.
- Cumbie W.P., Isik F., McKeand S.E. (2012). Genetic improvement of sawtimber potential in loblolly pine. *Forest Science*, 58(2), 168-177.
- Danusevičius D. (1999). Early genetic evaluation of growth rhythm and tolerance to frost in *Picea abies* (L.) Karst. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 38 p.
- Danusevičius D., Persson B. (1998). Phenology of natural Swedish populations of *Picea abies* as compared with introduced seed sources. *Forest Genetics*, 5, 211-220.
- Dieters M.J.J. (1996). Genetics parameters for Slash pine (*Pinus elliottii*) grown in south-east Queensland, Australia: Growth, stem straightness and crown defects. *Forest Genetics*, 3(1), 27-36.
- Dormling I., Gustafsson A., von Wettstein D. (1968). The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genetica*, 17, 44-63.
- Ehrenberg C. (1970). Breeding for stem quality. *Unasylva*, 24, 23-31p.
- Ehrenberg C.E. (1963). Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Studia Forestalia Suecica*, 10, 1-135.
- Ehrenberg C.E. (1958). Uber Entwicklungsanomalien in Kreuzungs-nachkommenschaften bei *Pinus sylvestris* L. [On anomalous development of progeny from crossing in Scots pine.] *Meddel. Statens Skogsforskn.Inst.* 48 (2), 1-14.
- Elfving B., Ericsson T., Rosvall O. (2001). The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. *Forest Ecology and Management*, 141, 15-29.

- Espinoza J.A. (2009). Genetic and nutritional effects on stem sinuosity in loblolly pine. Dissertation. Raleigh, North Carolina. 102 p.
- Franklin E.C, Callaham R.Z. (1970). Multinodality, branching, and forking in Lodgepole Pine (*Pinus contorta* var. *murrayana* Engelm.). *Silvae Genetica*, 19 (5/6),180-184.
- Gabrilavičius R., Danusevičius D. (2003). Eglės genetiniai tyrimai ir selekcija Lietuvoje (Genetics and breeding of norway spruce in Lithuania: monogrāfija. Vilnius: UAB „Petro ofsetas”, 364p.
- Hagner M. (1970). The intra- provenance correlation between annual rhythm and growth of single trees of *Pinus silvestris* L. *Studia Forestalia Suecica*, 82, 1-40.
- Hallgren S.W., Helms J.A. (1988). Control of height growth components in seedlings of Californie red and white fir by seed source and water stress. *Can.Journ.For.Res.*,18, 521-529.
- Hansen O.K., Nielsen U.B., Edvardsen Ø.M., Skúlason B., Skage J. (2004). Nordic provenance trials with *Abies lasiocarpa* and *Abies lasiocarpa* var. *arizonica*: three-year results. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 112-126.
- Hoffmann K. (1965). Bedeutung des Austriebes für den Fichtenbau im Pleistozän der DDR. *Soz.Forstwirtschaft.*, 7, 204-207.
- Hurme, P. (1997). Climatic adaptation of bud set and frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Can. J. For. Res.*, 27, 716-723.
- Jayawickrama K.J.S., Ye T.Z., Gupta R., Cherry M.L. (2009). Including wood stiffness in tree improvement of coastal Douglas-fir in the US Pacific Northwest: A Literature Review and Synthesis. Research Contribution 50, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. 97 p.
- Johnsen Ø. (1989). Phenotypic changes in progenies of northern clones of *Picea abies* (L.) Karst. grown in a southern seed orchard. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 4, 331-341.
- Jump J.A. (1938). A study of forking in red pine. *Phytopathology*, 38, 798-811.
- Junttila O. (1986). Effects of temperature on shoot growth in northern provenances of *Pinus sylvestris* L. *Tree Physiology*, 1, 185-192.
- Kohlstock N., Schneck V. (1998). IUFRO provenance trial of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at Waldsieversdorf 1982-1994. Scots pine breeding and genetics: proceedings of the IUFRO S.02.18 symposium, 1994, Lithuania, Kaunas, 29-36.
- Kopšanas ciršu rokasgrāmata (2008). AS „Latvijas valsts meži”. 108 lpp.
- Krauklis A., Zariņa A. (2002). Parastais skābardis sava areāla ziemeļu robežas ainavā Latvijā. *Folia Geographica*, X, 16.–47. lpp.
- Kushida T. (2005). Effect of high summer temperatures on lammas shoot elongation and flowering in Japanese red pine. *Phyton*, 45 (4), 215-221.
- Kvaalen H., Johnsen Ø. (2008). Timing of bud set in *Picea abies* is regulated by a memory of temperature during zygotic and somatic embryogenesis. *New Phytologist*, 177, 49-59.
- Kvaalen H., Søgaard G., Steffenrem A. (2010). Environmental and genetic effects on lammas growth of Norway spruce. Adaptation of trees and stands to forest disturbances: management considerations, Book of abstarcts of International scientific conference, October 18-21, 2010, Riga, Latvia., p.13.
- Little C.H.A., Macdonald J.E. (2003). Effects of exogenous gibberellin and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. *Tree Physiology*, 23, 73–83.

- Magnesen S. (1986). Det internasjonale sitkagran-proveniensforsøket på Vestlandet. Norsk institutt for skogforskning. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning, 1/86, 12 s.
- McCabe R.A., Labisky R.F. (1959). Leader forking of red and white pines in plantations. *Journ. Forestry*, 57, 94-97.
- Megraw (1986). Douglas-fir wood properties. Proceeding of Douglas-fir: stand management for the future symposium, June 18-20, 1985, University of Washington, Seattle, 86-91.
- Mergen F. (1955). Inheritance of deformities in slash pine. *South Lumberman* 190 (2370), 30-32.
- Moore J.R., Lyon A.J., Searles G.J., Vihermaa L.E. (2009). The effects of site and stand factors on the tree and wood quality of Sitka spruce growing in the United Kingdom. *Silva Fennica*, 43(3), 383-396.
- Norgren O., Little C.H.A., Sundblad L.G. (1996). Seedling shoot, needle and bud development in three provenances of *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta* cultivated in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 356-363.
- Odin H. (1972). Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants. *Studia Forestalia Suecica*, 97, 1-32.
- Olszyk D., Wise C., van Ess E., Apple M., Tingey D. (1998). Phenology and growth of shoots, needles, and buds of Douglas-fir seedlings with elevated CO₂ and (or) temperature. *Canadian Journal of Botany*, 76, 1991-2001.
- Pallardy S.G. (2008). *Physiology of woody plants*. Elsevier, 454p.
- Rone V. (1984). Pirmie egļu provenienču vērtēšanas rezultāti Latvijā. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 26, 33.-38.lpp.
- Rone V. (1985). Egles klonu juvenilā augšana un selekcijas stratēģija. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 27, 10.-16.lpp.
- Ronis E. (1962). Par dažām Latvijas PSR sastopamām parastās egles formām. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 4, 9.-14.lpp.
- Salminen H., Jalkanen R. (2005). Modelling the effect of temperature on height increment of Scots pine at high latitudes. *Silva Fennica*, 39, 497-508.
- Schermann N., Adams W.T., Aitken S.N., Bastien J.-Ch. (1997). Genetic parameters of stem form traits in a 9-year-old coastal Douglas-fir progeny test in Washington. *Silvae Genetica*, 46 (2-3), 166-170.
- Schmitt U., Jalkanen R., Eckstein D. (2004). Cambium dynamics of *Pinus sylvestris* and *Betula pendula* spp. in the northern boreal forests in Finland. *Silva Fennica*, 38 (2), 167-178.
- Ståhl, E.G. (1998). Changes in wood and stem properties of *Pinus sylvestris* caused by provenance transfer. *Silva Fennica*, 32 (2), 163-172.
- Søgaard G., Fløistad I.S., Granhus A., Hanssen K.H., Kvaalen H., Skrøppa T., Steffenrem A. (2011). Lamma shoots in spruce - occurrence, genetics and climate. *Forest management and silviculture in the north - balancing future needs*, Book of abstracts for the conference. [skatīts 2012.gada 3.septembrī]. Pieejams: http://www.skogoglandskap.no/filearchive/lamma_shoots_in_spruce.pdf
- Temel F., Adams W.T. (2000). Persistence and age-age genetic correlations of stem defects in coastal douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *Menziesii* (Mirb.) Franco). *Forest Genetics*, 7 (2), 145-153.
- Tong Q., Duchesne I., Belley D., Beaudoin M., Swift E. (2013) Characterization of knots in plantation white spruce. *Wood and Fiber Science*, 45(1), 1-14.

- Ununger J., Ekberg I., Kang H. (1988). Genetic control and age related changes of juvenile growth characteristics in *Picea abies*. *Scand.Journ..For.Res.*, 3, 55-56.
- Vēveris A. (1966). Agri un vēlu plaukstošās egles Latvijas PSR mežos. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 8, 15.-21.lpp.
- Vēveris A. (1975). Koksnes blīvuma mainība egļu audzēs. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 17, 14.-18.lpp.
- West R.F., Ledig F.T. (1964). Lammas shoot formation in Scots pine. *Proceedings of 11th Northeast. Forest Tree Improvement Conference*, 1963, 21-30.
- West R.F., Rogers R. (1965) The effect of lammas shoot growth on the stem form of young Scotch pine. Published as a Paper of the Journal Series, New Jersey Agricultural Experiment Station, New Brunswick, New Jersey, 14-20.
- Wühlisch G.von, Muhs H.J. (1986). Influence of age on sylleptic and proleptic free growth of Norway spruce seedlings. *Silvae Genetica*, 35 (1), 42-48.
- Xiong J.S. (2010). Genetic analysis of forking defects in loblolly pine. Phd dissertation. Raleigh, North Carolina. 132 p.
- Zobel B.J., Jett J.B. (1995). *Genetics of wood production*. Berlin etc., Springer. 337 p.
- Роне В. (1975). Межсеме́йный и клоно́вый отбор у ели обыкновенной. В кн: Генетические исследования древесных в Латвийской ССР. Зинатне, Рига, с.34-44.
- Роне В. (1980). Отбор клонов ели на повышение ювенильной быстроты роста. Отчёт лаборатории лесной селекции. Научно- производственное объединение „Силава”, Саласпилс, с.21-54.
- Чертовский В. (1978). Еловые леса европейской части СССР. Лесная промышленность, Москва, 176 с.
- Юркевич И., Голод Д. (1966). Сезонное развитие ели обыкновенной. Наука и техника, Минск, 70 с.