



EIROPAS REĢIONĀLĀS  
ATTĪSTĪBAS FONDS

EIROPAS SAVIENĪBA

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

**Prognozēto klimata izmaiņu ietekmes uz *Heterobasidion* populāciju dinamiku ārpus  
veģetācijas perioda un potenciāli bīstamo (Latvijā esošo vai jaunu) dendrofāgo  
kukaiņu sugu vērtējums**

**KOPSAVILKUMS**

Klimata izmaiņas saistītas ar paaugstinātu dendrofāgo kaitēkļu bojājumu risku to migrācijas un dzīves cikla izmaiņu rezultātā. Par migrāciju, iespējams, jau notiekošās vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās ietekmē, liecina fakts, ka pēdējos piecos gados Latvijā novērotas 24 kukaiņu sugas, kuru pamatareāli ir uz dienvidiem no mūsu valsts teritorijas. Zinātniskās literatūras analīze liecina, ka tikai 18 % apskatīto nozīmīgāko dendrofāgo kaitēkļu sugu nākotnē prognozētajā klimatā nespēs veidot vairāk par vienu paaudzi veģetācijas periodā, tātad ievērojami palielināsies masu uzliesmojumu varbūtība. Vides apstākļi ksilofāgo dendrofāgu un lapgraužu sugām uzlabosies, taču to parazītoīdiem vasaras periodā pasliktināsies; tomēr prognozējams, ka parazītoīdu aktivitāte saglabāsies, tās maksimumam novirzoties agrāk pavasarī un vēlāk rudenī. Sagaidāms, ka palielināsies patogēnu (piemēram, *Bacillus spp.* baktēriju, kuru vairošanās optimālā temperatūra ir augstāka nekā saimniekorganismiem raksturīgā) ietekme.

**SATURS**

1. Kokaugu slimības un dendrofāgo kukaiņu savairošanos ietekmējošo klimatisko faktoru izmaiņas.....	3
2. <i>Heterobasidion parviporum</i> augļķermeņu sporulācijas sezonālās dinamikas novērtējums .....	32
3. Latvijai neraksturīgu kukaiņu sugu izplatības analīze.....	34
4. Dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās draudu izvērtējums.....	41
5. Bojāto egļu audžu izpēte .....	56
5.1. Bojāto egļu audžu pētījuma objekti un metodika .....	56
5.2. Bojāto egļu audžu pētījuma rezultāti .....	61
5.3. Rekomendācijas praksei .....	77
Izmantotie informācijas avoti.....	78

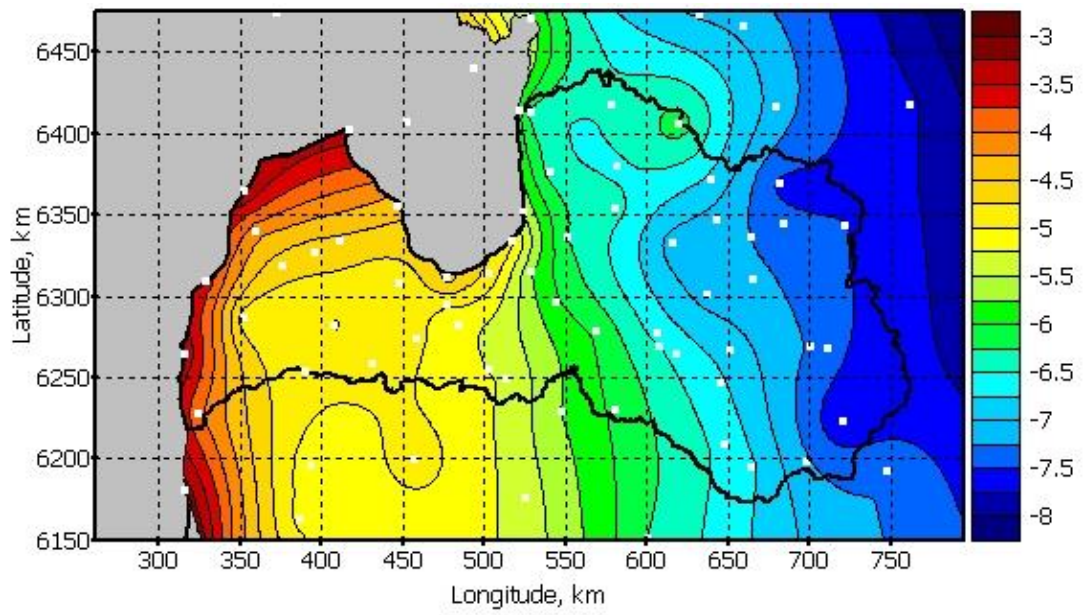
# **1. Kokaugu slimības un dendrofāgo kukaiņu savairošanos ietekmējošo klimatisko faktoru izmaiņas**

Ilgtermiņa novērojumu dati liecina par nozīmīgām augiem būtisku klimatisko rādītāju izmaiņām Latvijas teritorijā. Augšanas sezonas garums 20.gs. laikā ir palielinājies par 25,9 dienām, aukstajā sezonā laika periodā no 1851. līdz 2006. gadam sala dienu (kad minimālā diennakts gaisa temperatūra ir zemāka par 0 °C) skaits ir samazinājies vidēji no 140-150 dienām uz 110-120 dienām. Nokrišņu daudzumam raksturīga ievērojama starpgadu mainība un cikliskums, tomēr dati liecina, ka laika periodā no 1925. līdz 2006. gadam Latvijā būtiski pieauguši atmosfēras nokrišņi aukstajā sezonā, taču siltajā sezonā novērojams to neliels pieaugums vai pat samazināšanās.

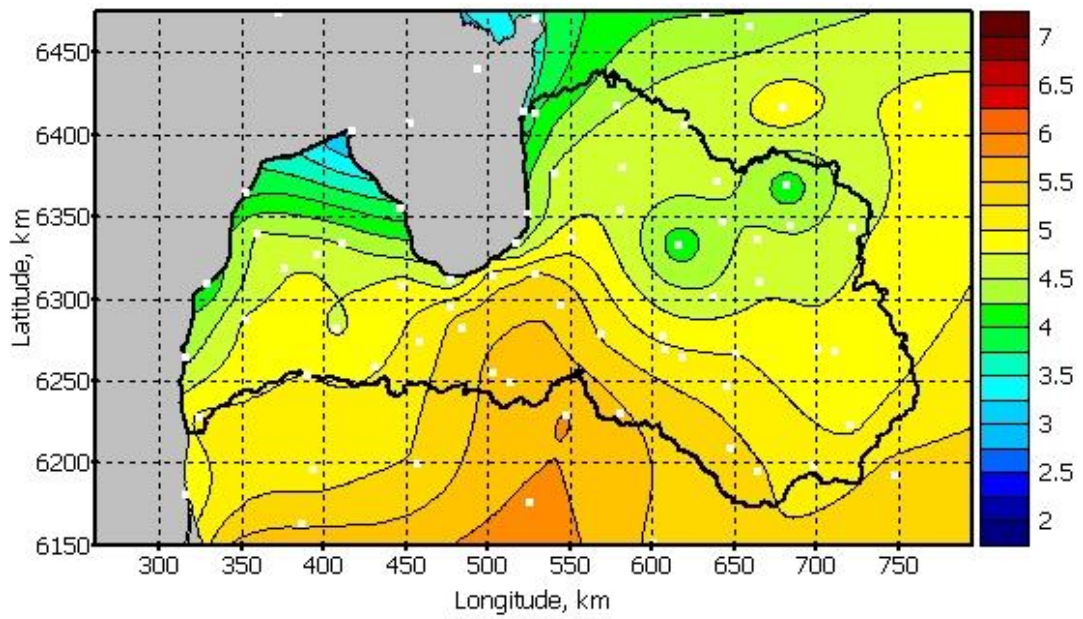
Projekta ietvaros kalibrētas klimata izmaiņu prognozēs Latvijas teritorijai diviem laika periodiem – tuvajai nākotnei (2021.-2050.g.) un tālajai nākotnei (2071.-2100.g.), salīdzinājumam izmantojot references periodu – mūsdienu klimatu (1961.-1990.g.). Izvēlēta statistiska pieeja no modeļaprēķiniem iegūto 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).

Analīzes rezultāti liecina: gadsimta beigās (2071.-2100. gads) gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvārī, vismazākais jūlijā.

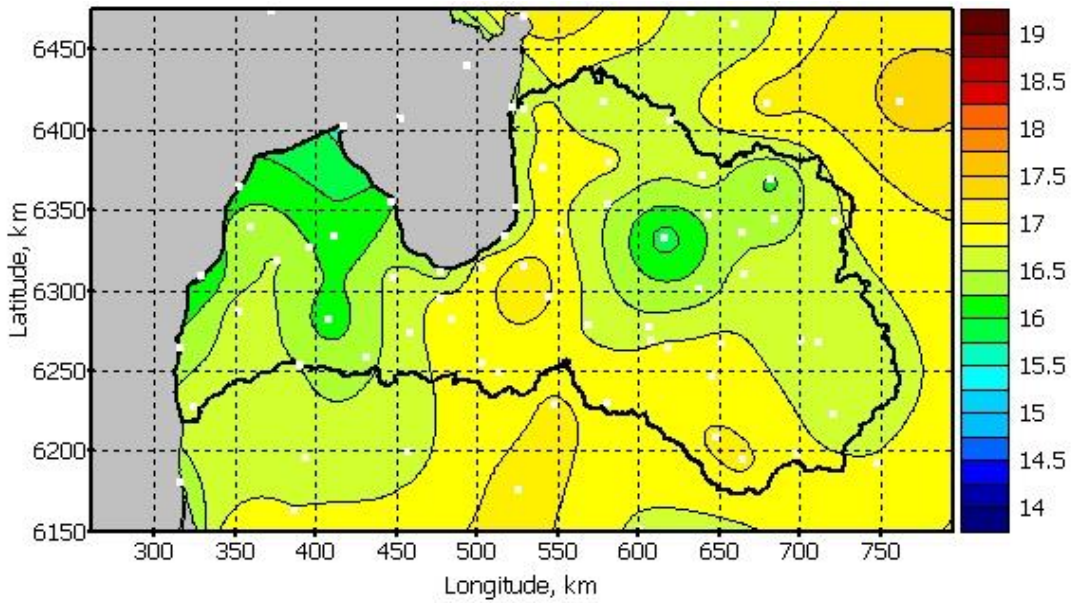
Četrām sezonām atbilstošās vidējās gaisa temperatūras sadalījums mūsdienu klimatam (1961-1990) parādīts 1.1. attēlā, bet 1.2. un 1.3. attēlā – tās sagaidāmais pieaugums attiecīgi tuvajai (2021-2050) un tālajai (2071-2100) nākotnei vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu gadījumā.



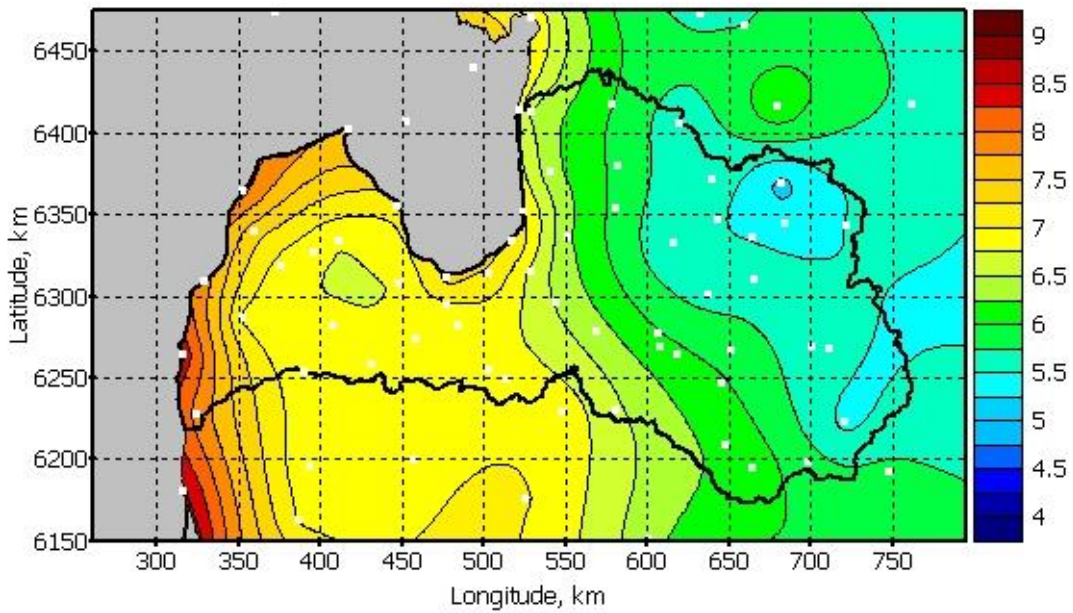
a) Janvāris



b) Aprīlis



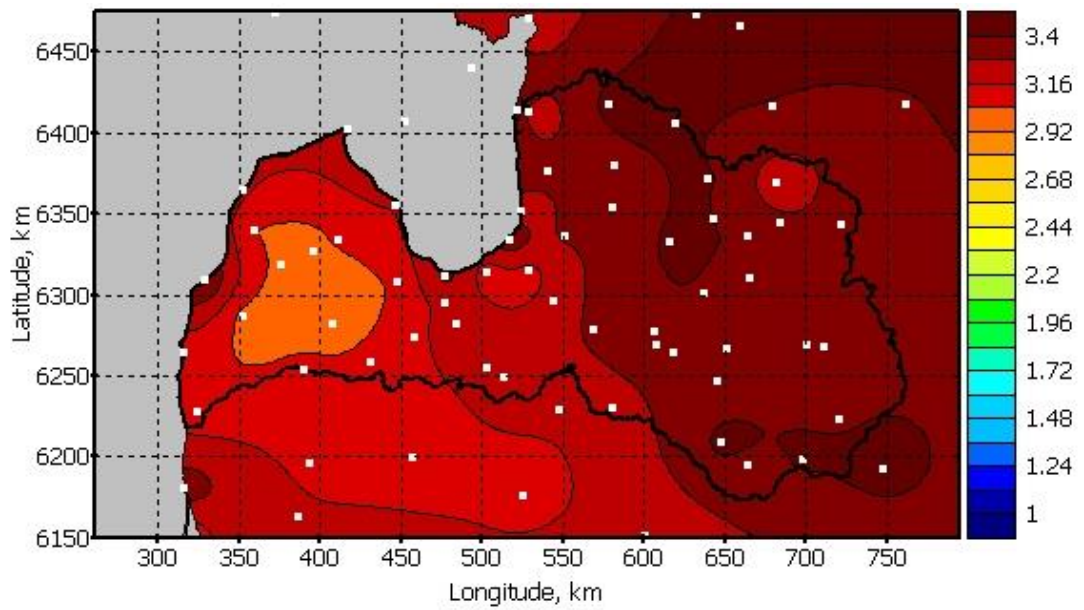
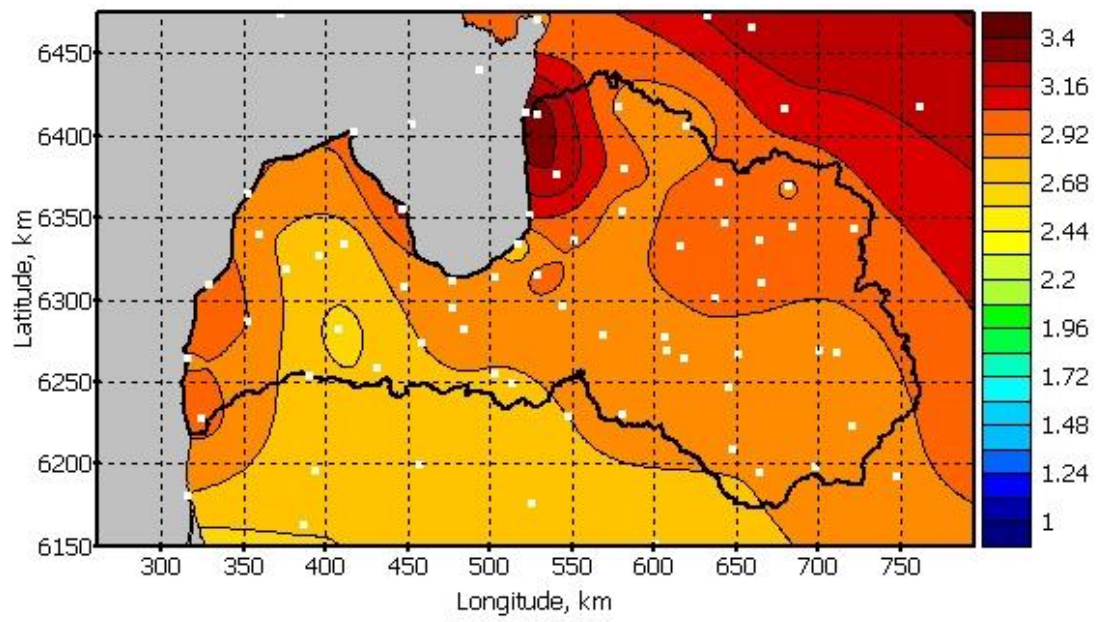
c) Jūlijs



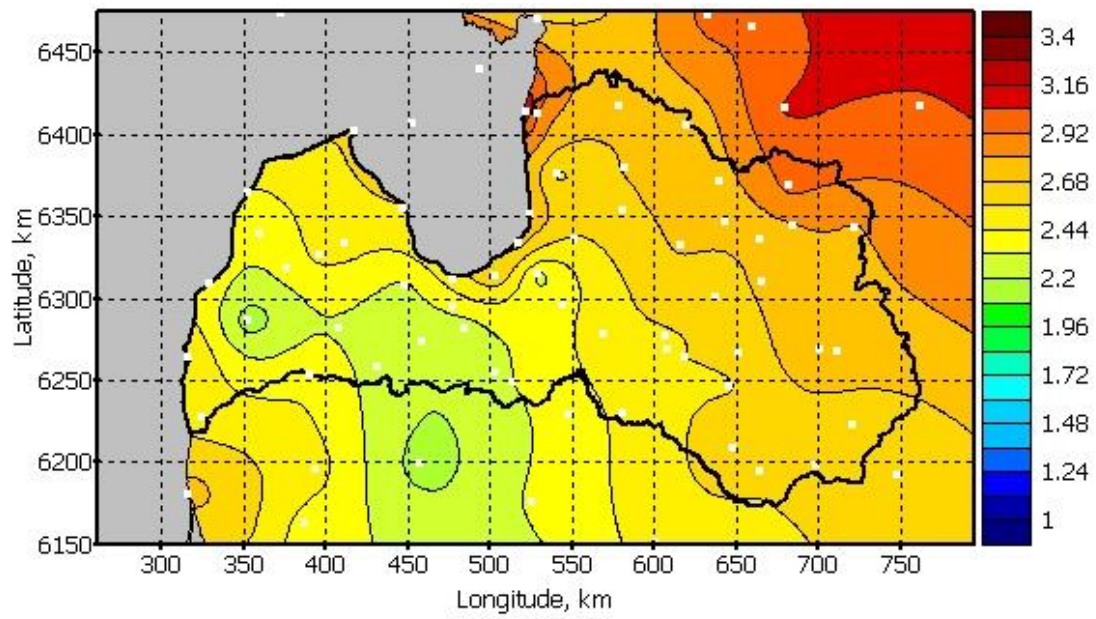
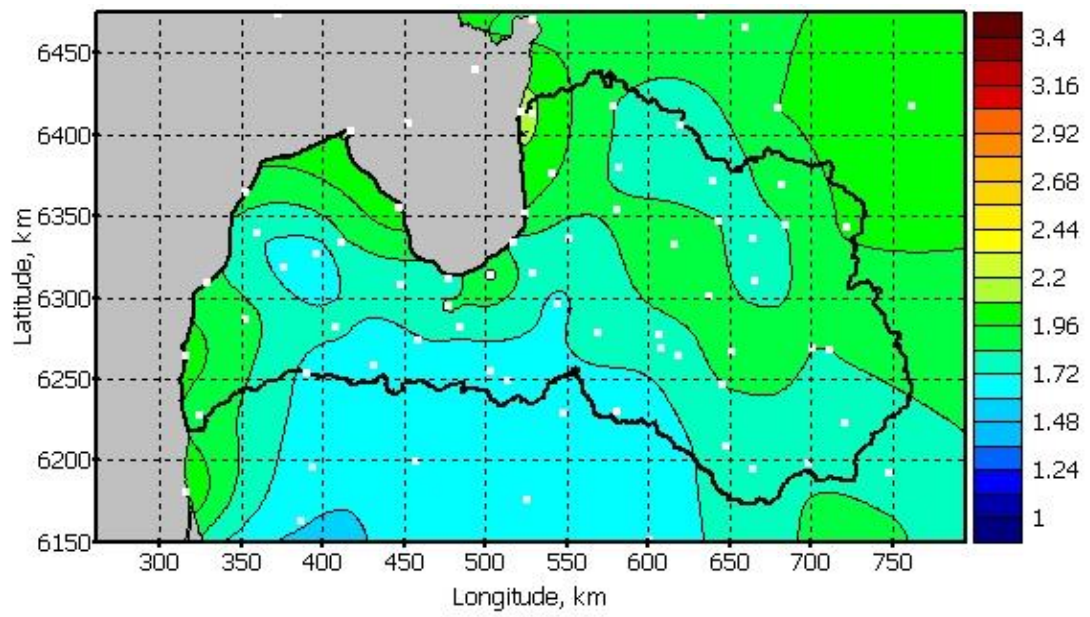
d) Oktobris

1.1. attēls. Mēneša vidējā temperatūra °C dažādās sezonās references periodā 1961-1990.

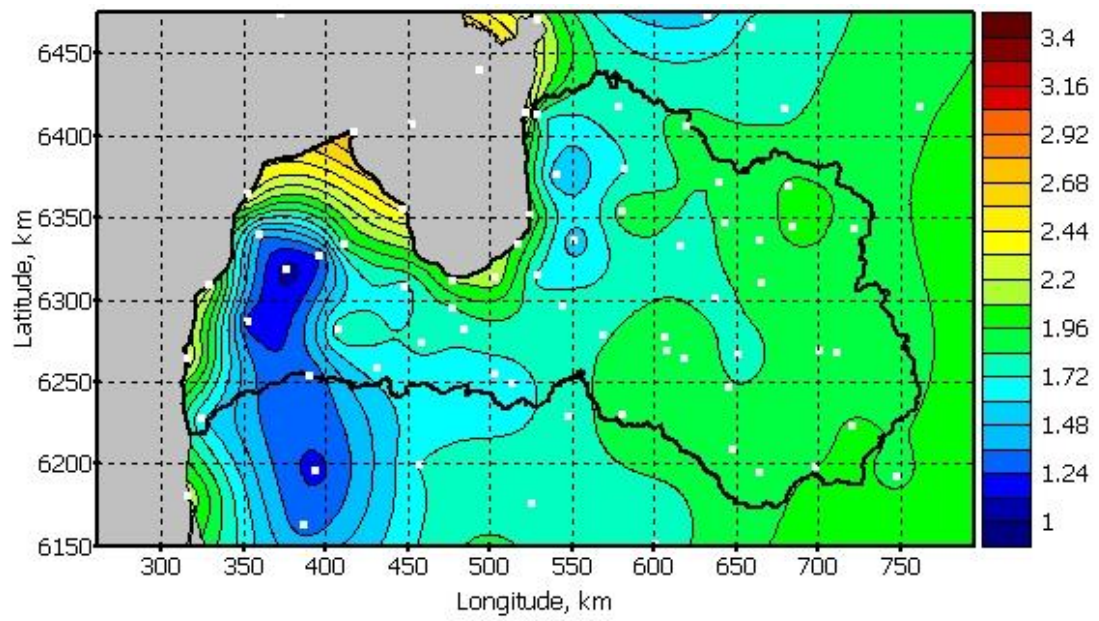
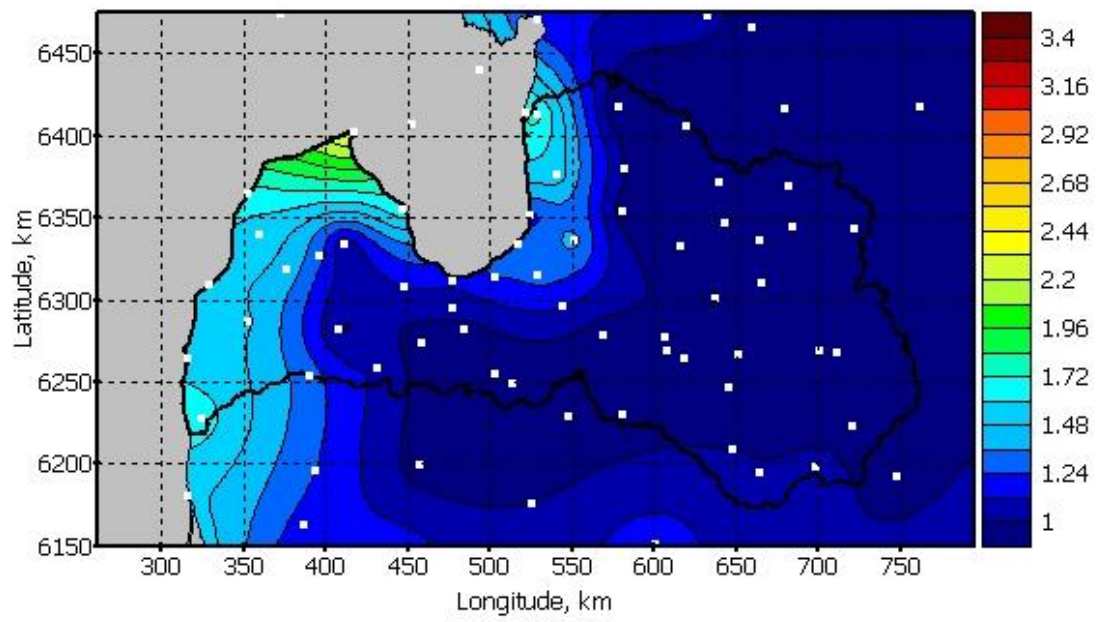
References periodā vidējā temperatūra janvārī Latvijas teritorijā samazinās virzienā no R uz A – no -3 °C Baltijas jūras piekrastē līdz -8 °C Latvijas A reģionā. Aprīlī vēsāk ir jūras un Rīgas līča piekrastē (3,5-4,5 °C), bet siltāk Latvijas D daļā – līdz 6 °C. Jūlijā vidējā temperatūra Latvijā ir salīdzinoši viendabīga – no 15,5 līdz 17,5 °C. Oktobrī augstāka vidējā temperatūra ir Baltijas jūras piekrastē – līdz 8,5 °C, zemāka ZA Latvijā – 5 °C.



a) Janvāris

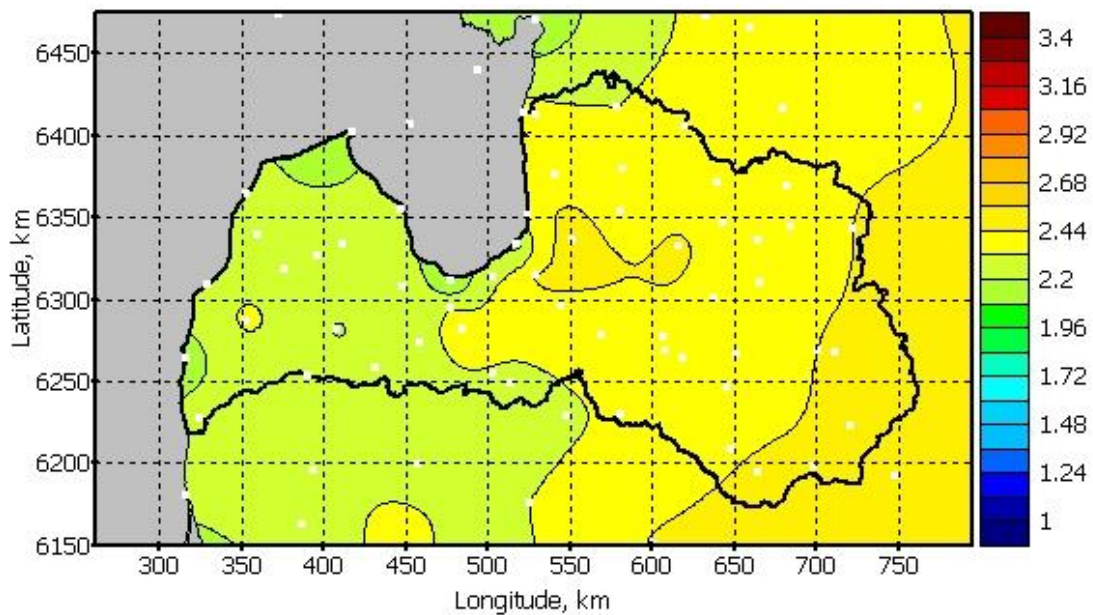
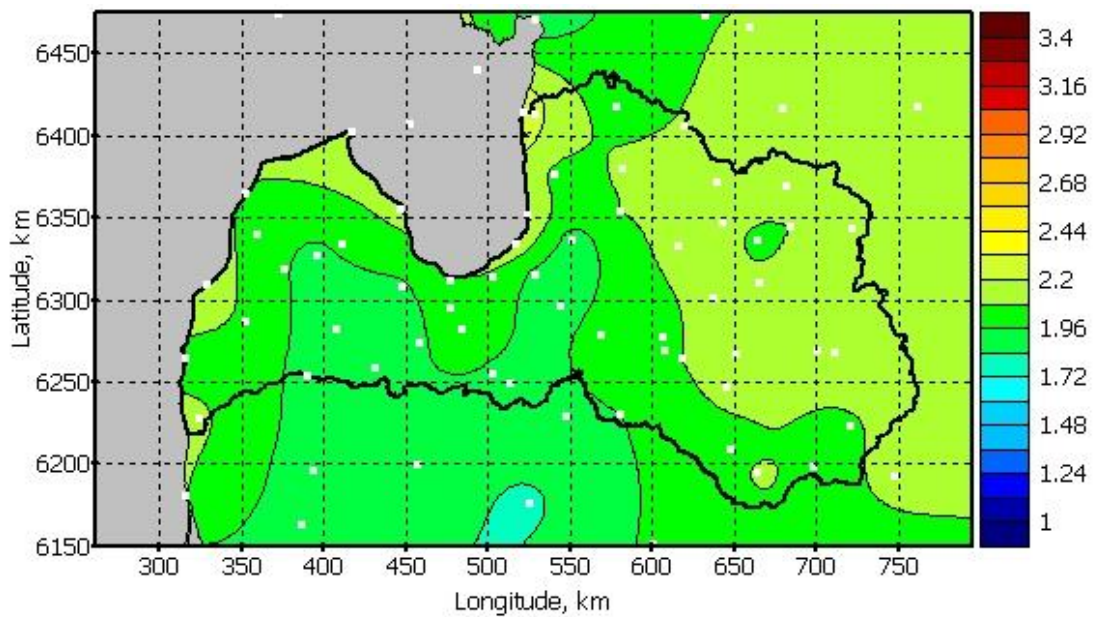


*b) Aprilis*



c) Jūlijs

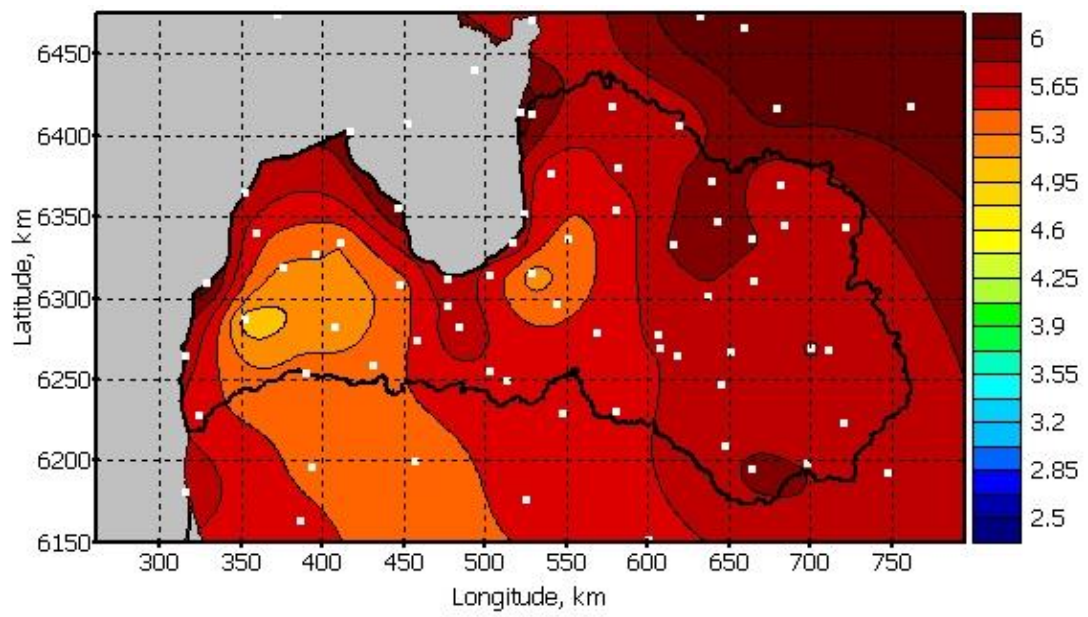
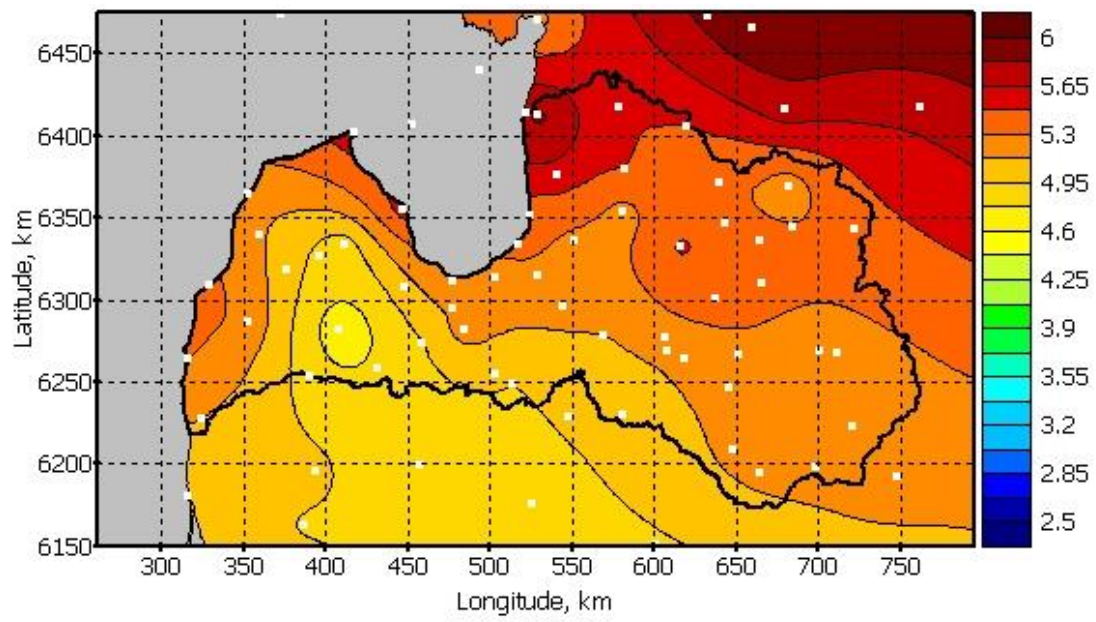




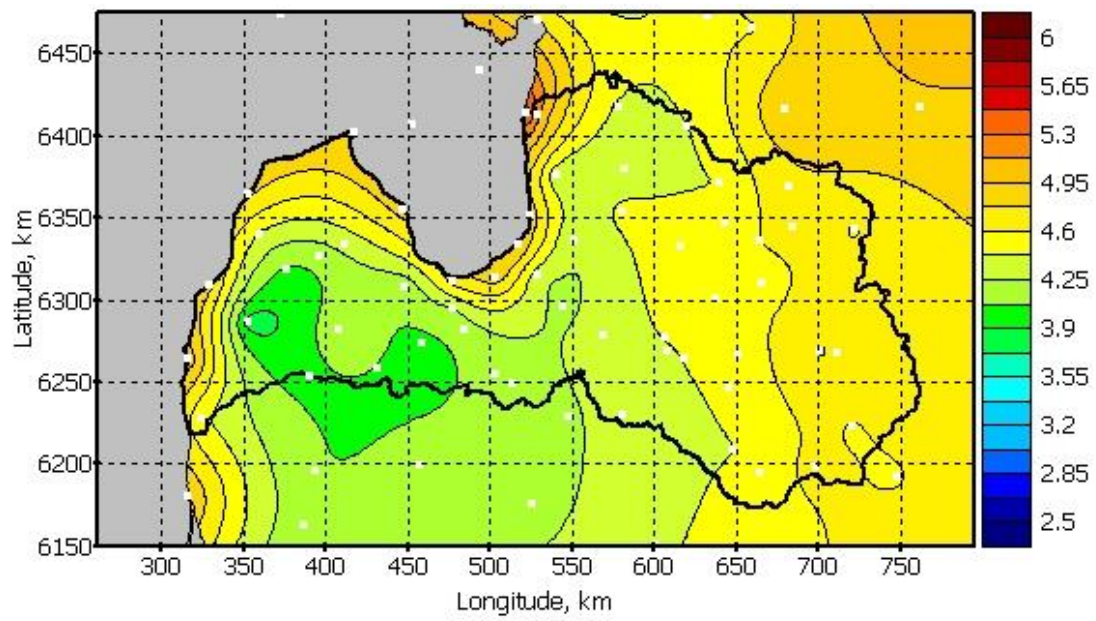
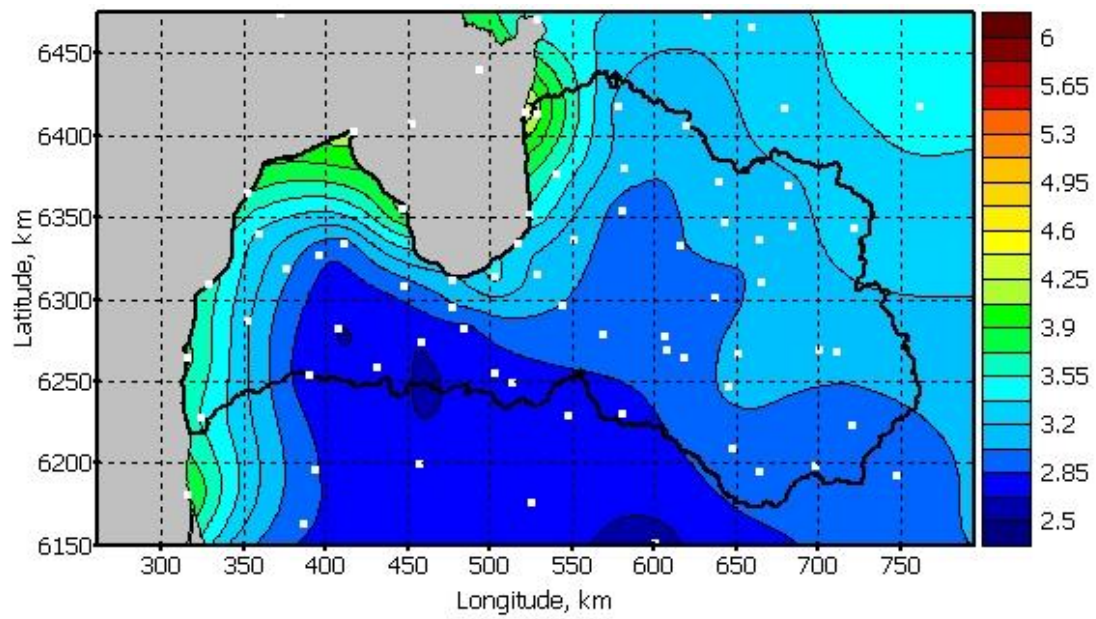
d) Oktobris

1.2. attēls. Mēneša vidējās temperatūras pieaugums °C tuvajā (2021-2050) nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

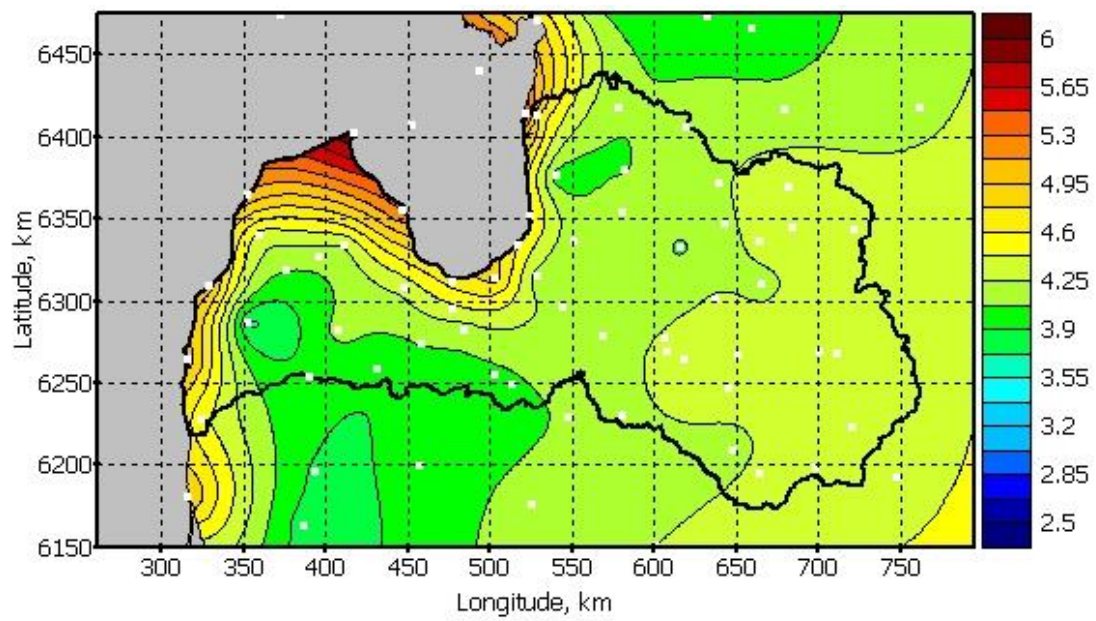
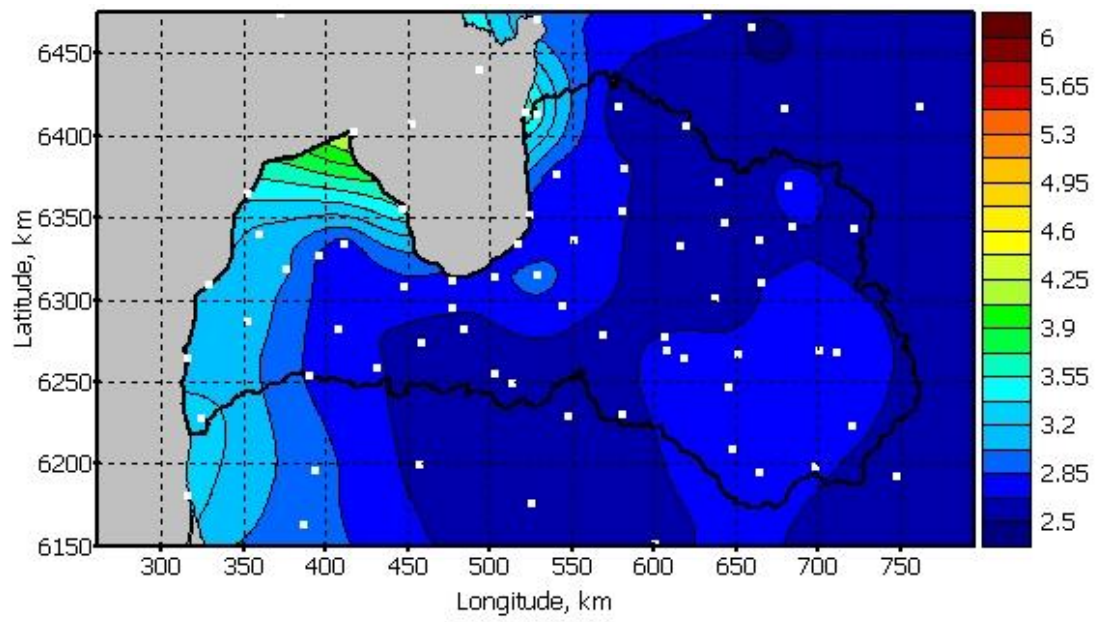
Tuvajā nākotnē gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvārī, vismazākais – jūlijā. Saskaņā ar vidējo izmaiņu scenāriju šis pieaugums janvārī un jūlijā ir, attiecīgi, 2,4-3,4 un 0,7-2,0 °C. Aprīlī un oktobrī vidēju izmaiņu pieaugums ir, attiecīgi, 1,6-2,1 un 1,9-2,3 °C. Aprīlī un oktobrī (salīdzinot ar janvāri un jūliju) izmaiņas ir viendabīgākas visā Latvijas teritorijā.



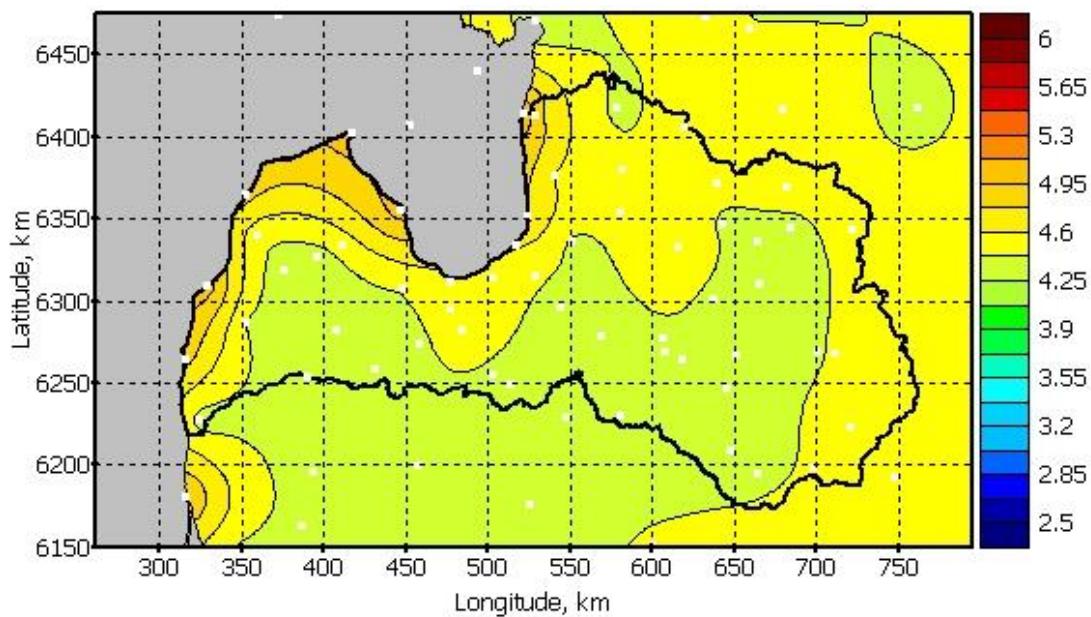
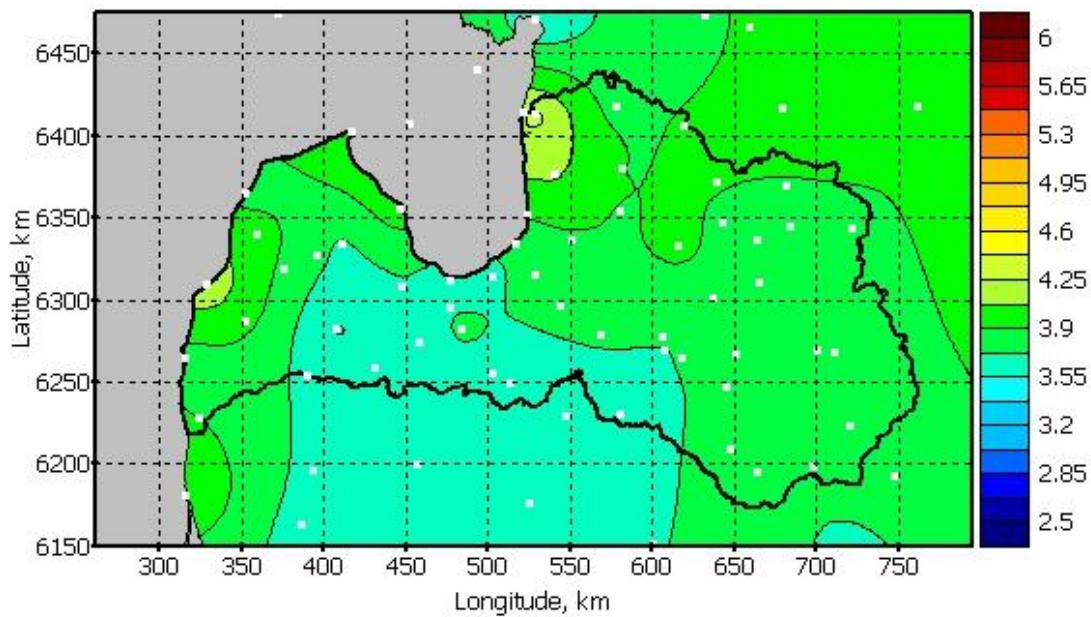
a) Janvāris



*b) Aprilis*



c) Jūlijs



d) Oktobris

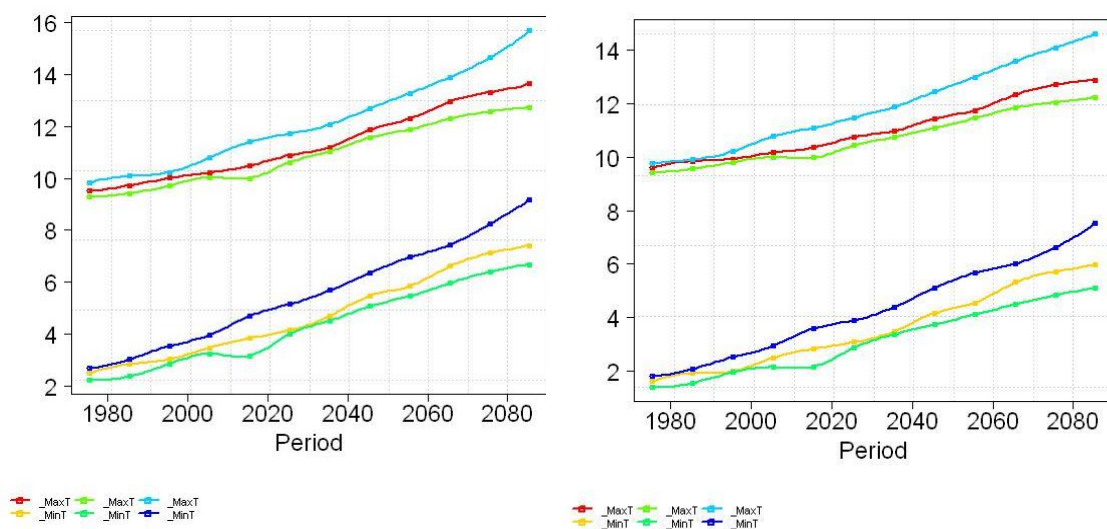
1.3. attēls. Mēneša vidējās temperatūras pieaugums °C tālajā (2071-2100) nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Tālajā nākotnē gan vidējo, gan nozīmīgo izmaiņu scenārijs paredz vidējās mēneša temperatūras paaugstināšanos visās sezonās. Lielāks pieaugums gaidāms janvārī, mazākais – jūlijā, vidējo izmaiņu scenārijam, attiecīgi, par 4,6-5,8 un 2,2-4,0 °C. Aprīļa un oktobra mēnešos sagaidāmais temperatūras pieaugums vidējo izmaiņu scenārija gadījumā ir, attiecīgi, 2,5-4,3 un 3,6-4,3 °C.

Janvārī, aprīlī un oktobrī būtiskāks temperatūras pieaugums paredzams teritorijas Z daļā, kā arī Baltijas jūras piekrastei tuvākās teritorijās. Jūlijā būtiskāks pieaugums

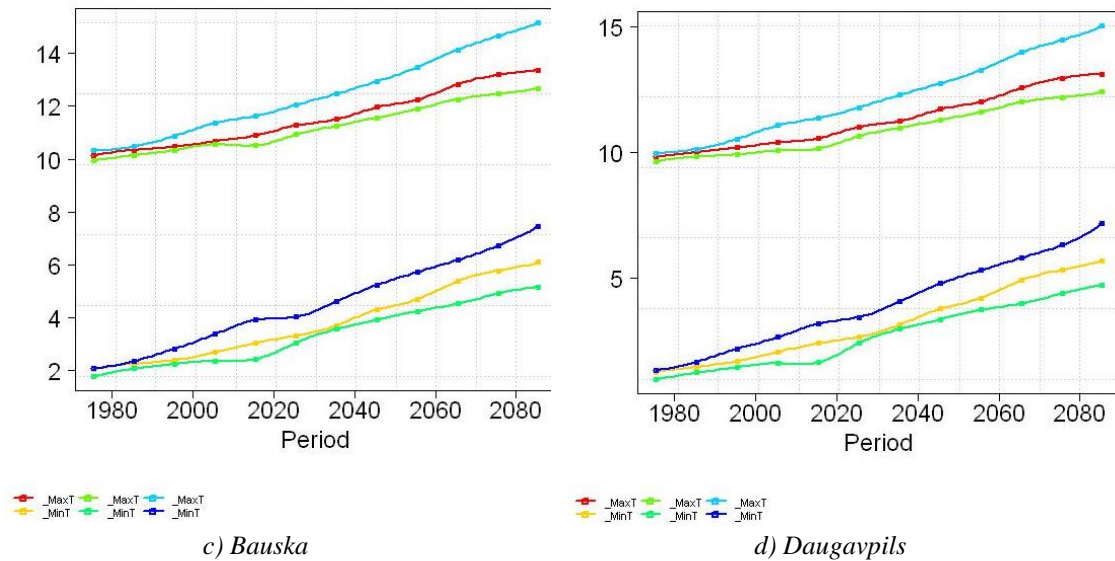
paredzams Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes tuvumā esošajās teritorijās Kurzemes reģionā.

Līdz ar vidējās gaisa temperatūras pārmaiņu iezīmēm, notikušas arī izmaiņas ekstremālajos laika apstākļos: vērojams silto temperatūru ekstremālo rādītāju pieaugums un auksto ekstremālo rādītāju samazināšanās. Abi scenāriji paredz mēneša vidējās diennakts maksimālās temperatūras pieaugumu; jūlijā vērojams mazākais pieaugums. Saskaņā ar vidējo izmaiņu scenāriju, tas visā Latvijas teritorijā jūlijā nepārsniedz 2,3 °C, bet janvārī – 2,8 °C. Abi scenāriji visos četros mēnešos paredz arī vidējās diennakts minimālās temperatūras pieaugumu. Tuvajā nākotnē lielāks vidējās diennakts minimālās temperatūras pieaugums gaidāms janvārī – līdz 3-4 grādiem. Lielāks pieaugums paredzams Latvijas Z-ZA daļā. Aprīlī, jūlijā un oktobrī vidējās diennakts minimālās temperatūras izmaiņas paredzamas mazākas, t.i., vidēju izmaiņu scenārija gadījumā par 1,5-2,2 °C aprīlī, 1,1-2,6 °C jūlijā un 2,1-2,7 °C oktobrī. Vislielākās teritoriālās pieauguma atšķirības paredzamas jūlijā, kad Latvijas DA reģionā pieaugums iespējams par gandrīz 1,5 °C mazāks nekā Baltijas jūras piekrastes rajonos. Par klimatiskajām gada ekstremālajām temperatūrām pieņemot 30 gadu periodam vidējotu diennakts gaisa ekstremālo temperatūru vērtības, 1.4. attēlā parādītas klimatiskās diennakts minimālās un maksimālās temperatūras izmaiņas laikā četrām novērojumu stacijām atbilstoši trim aplūkojamām – mērenai, vidējai un nozīmīgai – klimata izmaiņām. Visās apskatītajās stacijās gan 30 gadu vidējā diennakts minimālā, gan maksimālā temperatūra vienmērīgi aug, un gadā vidēji kļūdu robežās abiem no parametriem palielināšanās ir vienlīdz strauja.



a) Pāvilosta

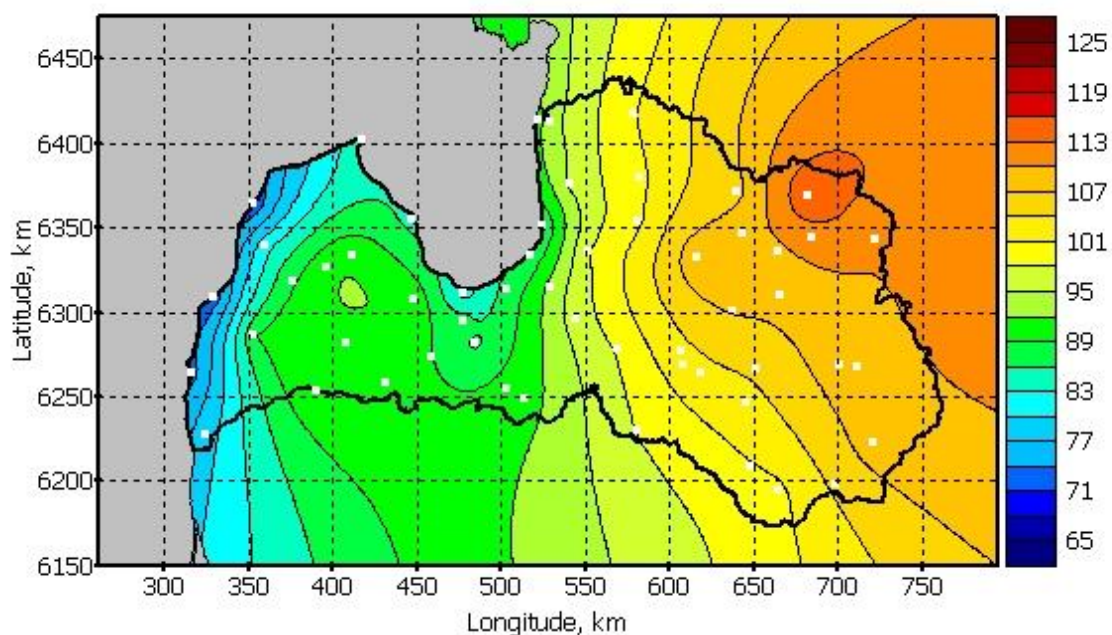
b) Stende



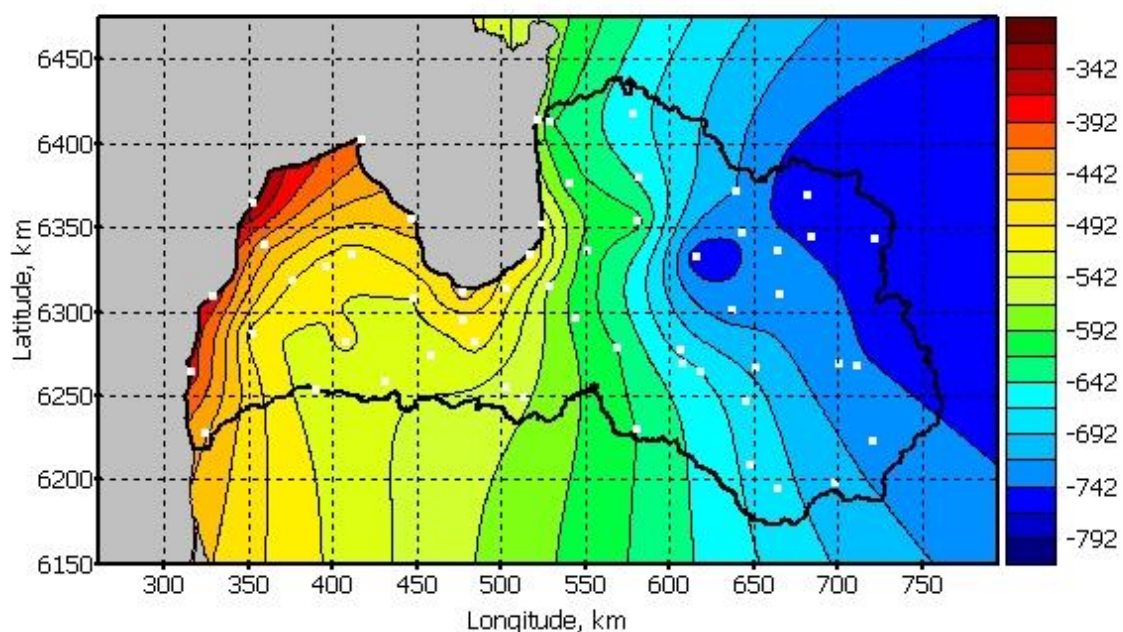
1.4. attēls. 30 gadu perioda vidējās diennakts maksimālās un minimālās temperatūras pieauguma tendences laikā (mēreno, vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs) dažādās meteoroloģisko novērojumu stacijās.

Kontroles periodā visās stacijās pie tās pašas diennakts vidējās temperatūras starpība starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru pavasara un rudens sezonās atšķiras, lielāku vērtību sasniedzot pavasara sezonā – kas liecina par lielākām diennakts temperatūras atšķirībām pavasara sezonā. Salīdzinot situāciju periodā 2071-2100 ar kontroles periodu, visās stacijās paredzama visu mēnešu vidējās temperatūras palielināšanās, tajā pašā laikā vienlaikus lielākā daļā mēnešu arī samazinoties starpībai starp mēneša vidējo maksimālo un minimālo diennakts temperatūru.

Dienu skaita ar  $T_{vid} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  starp diviem veģetācijas periodiem (VP) un negatīvo temperatūru summas šajās dienās ģeotelpiskais sadalījums mūsdienu (references) klimatam redzams, attiecīgi, 1.5. un 1.6. attēlā.



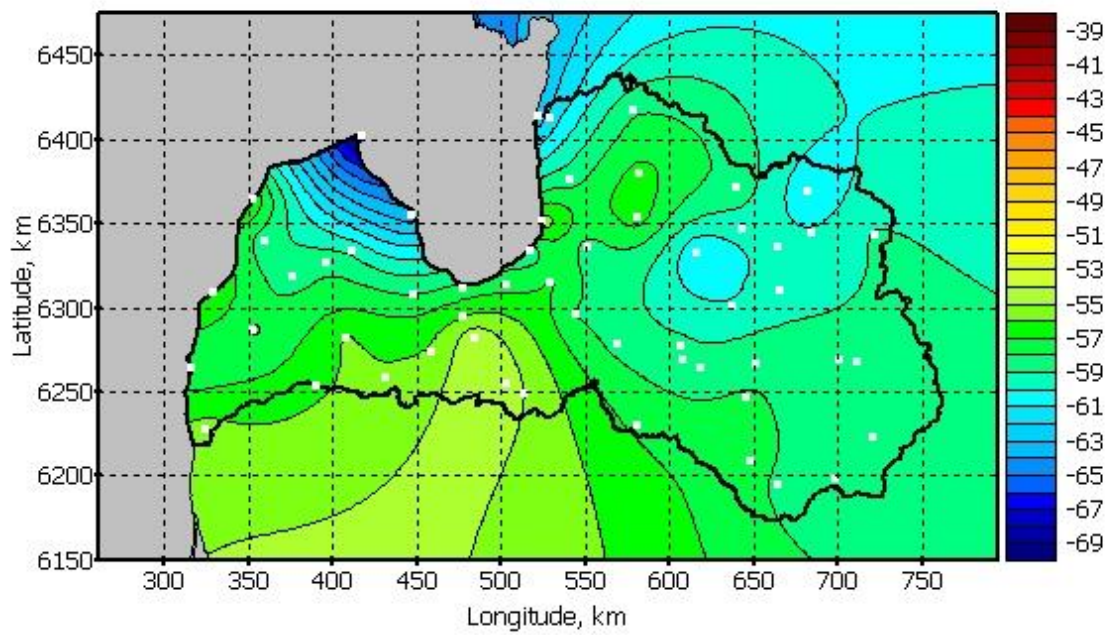
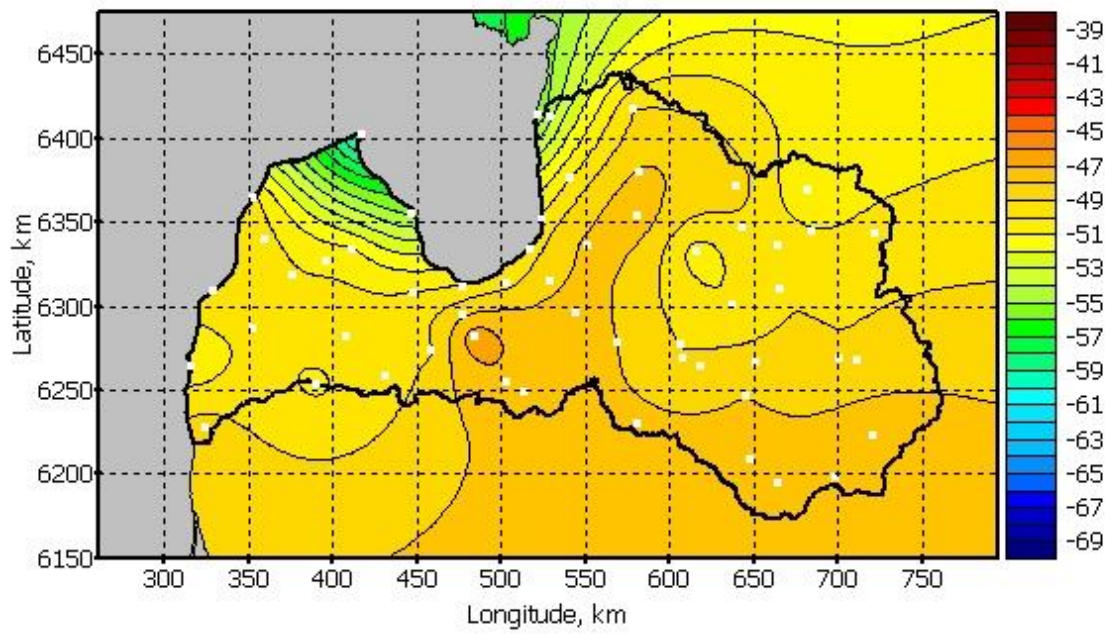
1.5. attēls. Dienu skaits, kad  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$  starp 2 sekojošiem VP references periodā 1961-1990.



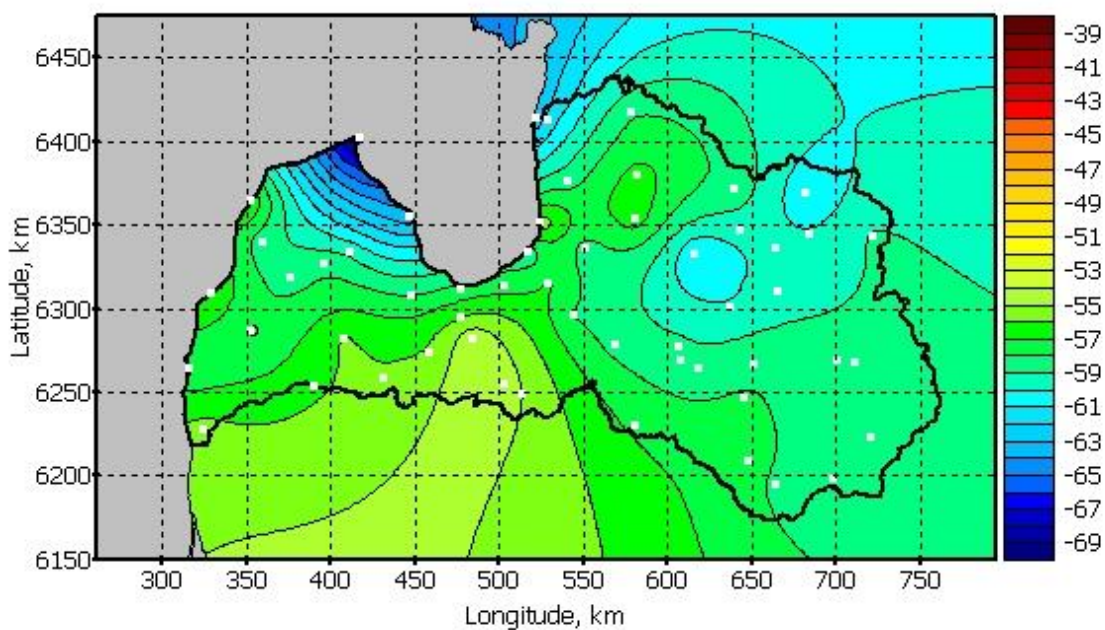
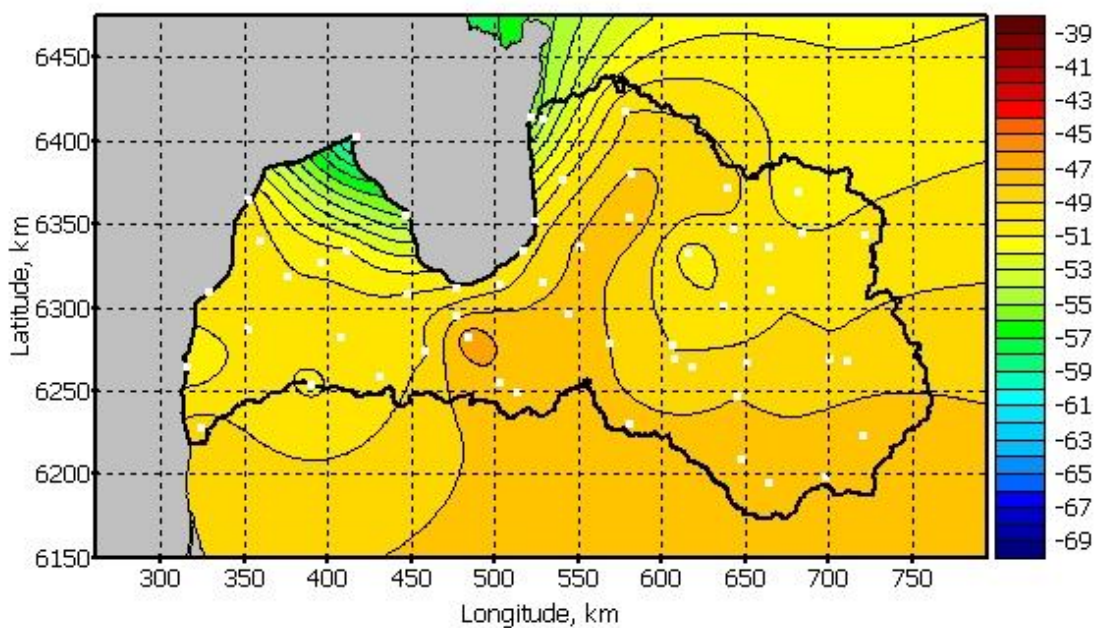
1.6. attēls. Negatīvo temperatūru summa dienās, kad  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$  starp 2 sekojošiem VP references periodā 1961-1990.

Dienu ar  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$  starp 2 VP skaita samazināšanās (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīta 1.7. attēlā. Sagaidāms, ka auksto dienu skaita samazināšanās būs vairāk izteikta Kurzemes ziemeļos un Vidzemes augstienē.





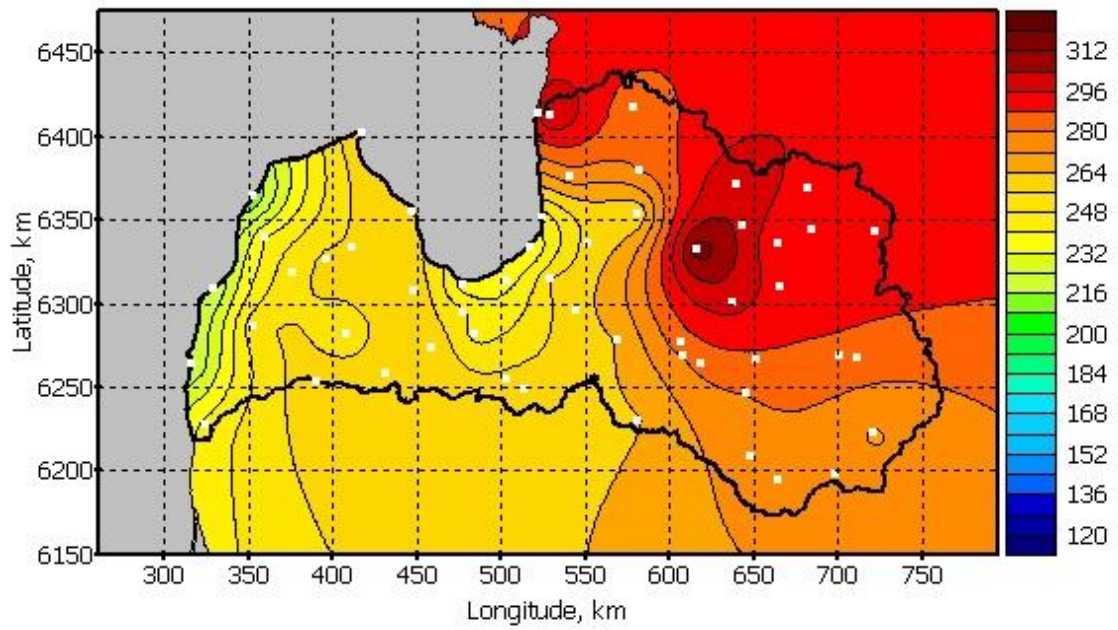
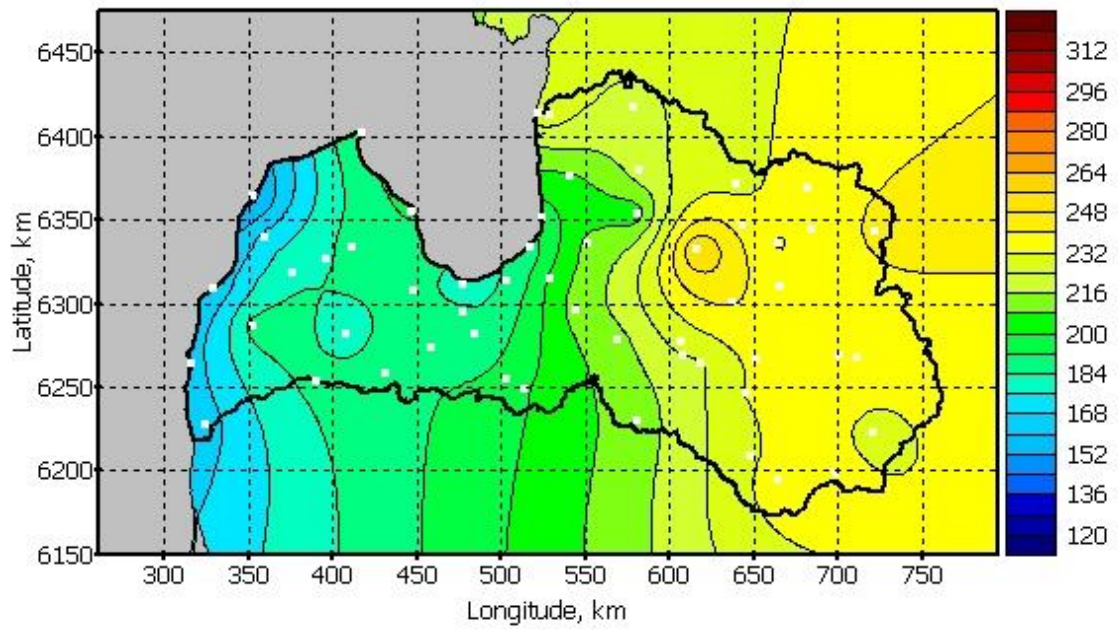
a)



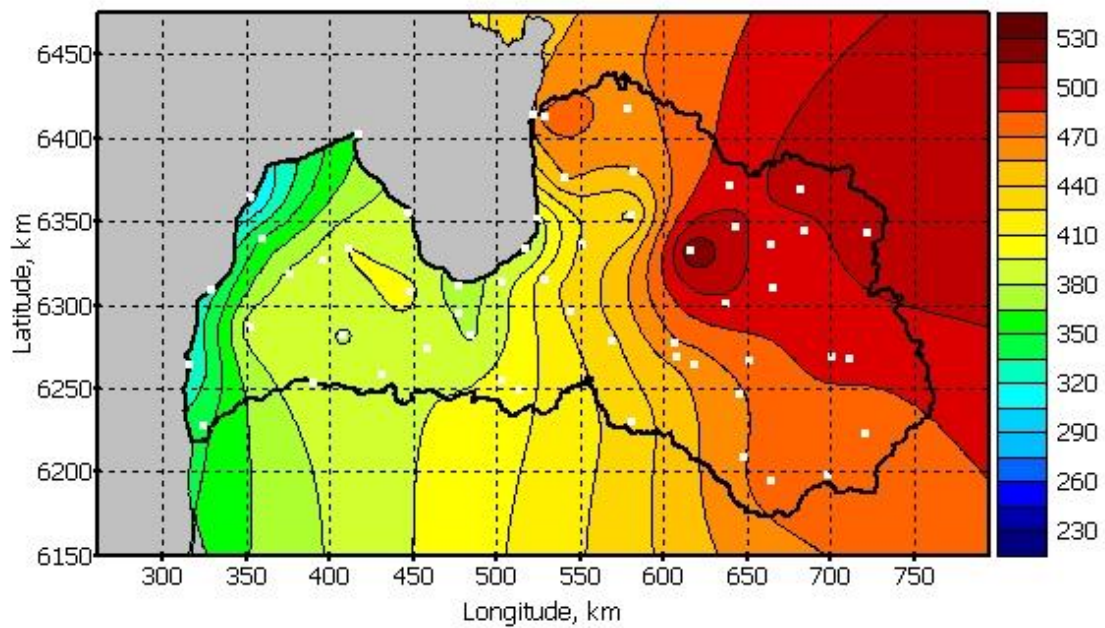
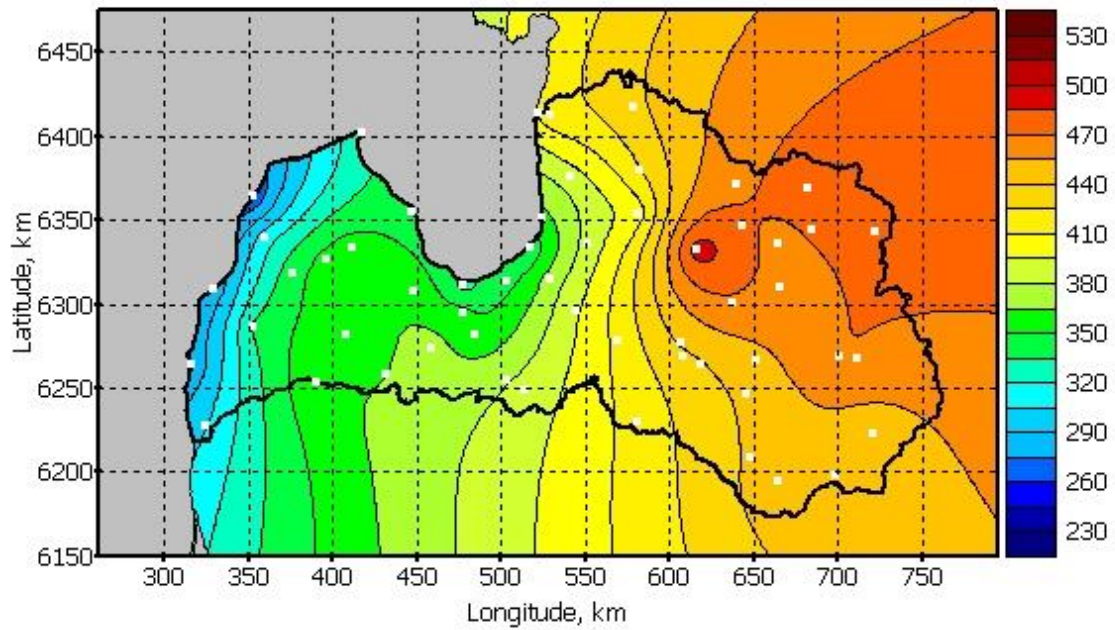
b)

1.7. attēls. Dienu skaita, kad  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , starp 2 sekojošiem VP, izmaiņas (dienās):  
 a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Negatīvo temperatūru summas (NTS) dienās ar  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$  starp VP samazināšanās (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīta 1.8. attēlā. Sagaidāms, ka NTS samazināšanās būs vairāk izteikta Latvijas austrumu un ziemeļaustrumu reģionos.



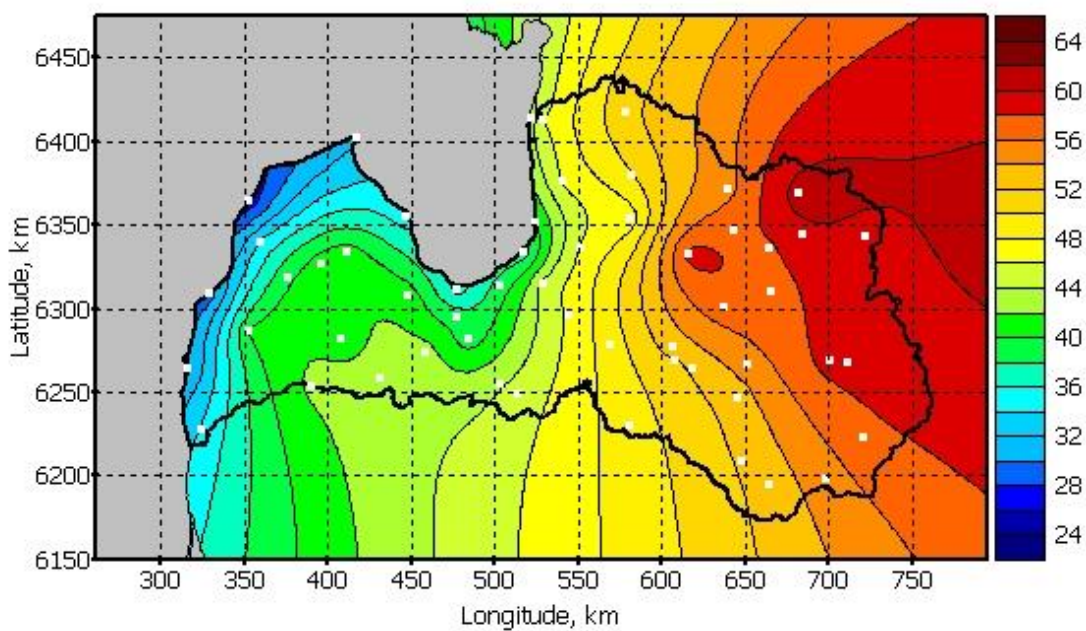
a)



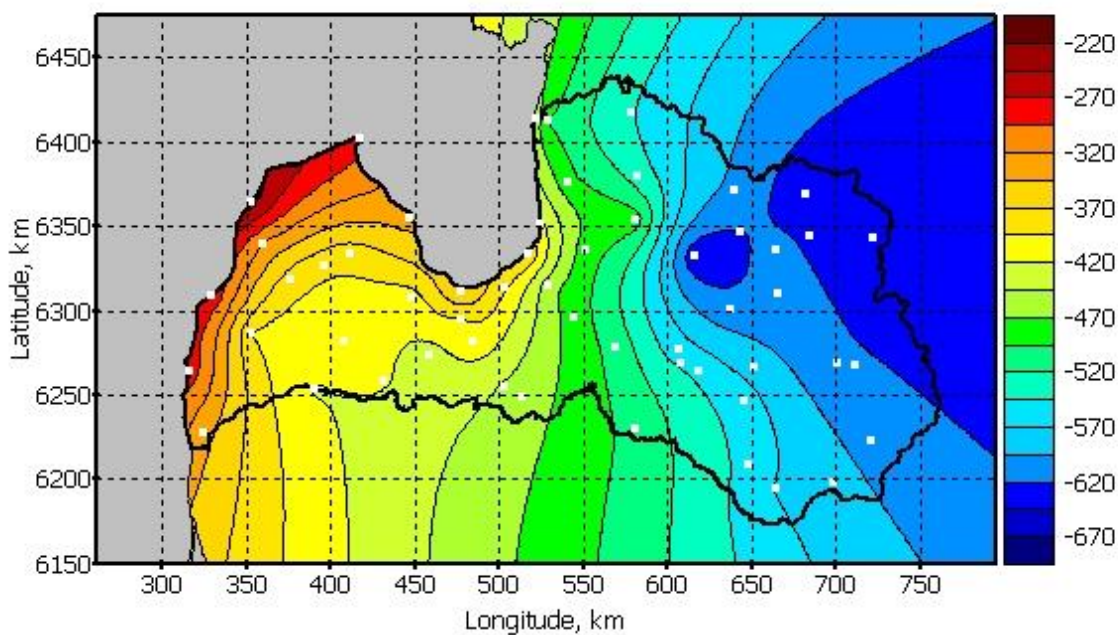
b)

1.8. attēls. Negatīvo temperatūru summas dienās, kad  $T_{\text{vid}} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ , starp 2 sekojošiem VP izmaiņas ( $^\circ\text{C}$ ): a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Dienu skaita ar  $T_{\text{vid}} < -5 \text{ } ^\circ\text{C}$  starp diviem sekojošiem VP un negatīvo temperatūru summas šajās dienās ģeotelpiskais sadalījums mūsdienu (references) klimatam parādīts, attiecīgi, 1.9. un 1.10. attēlā.

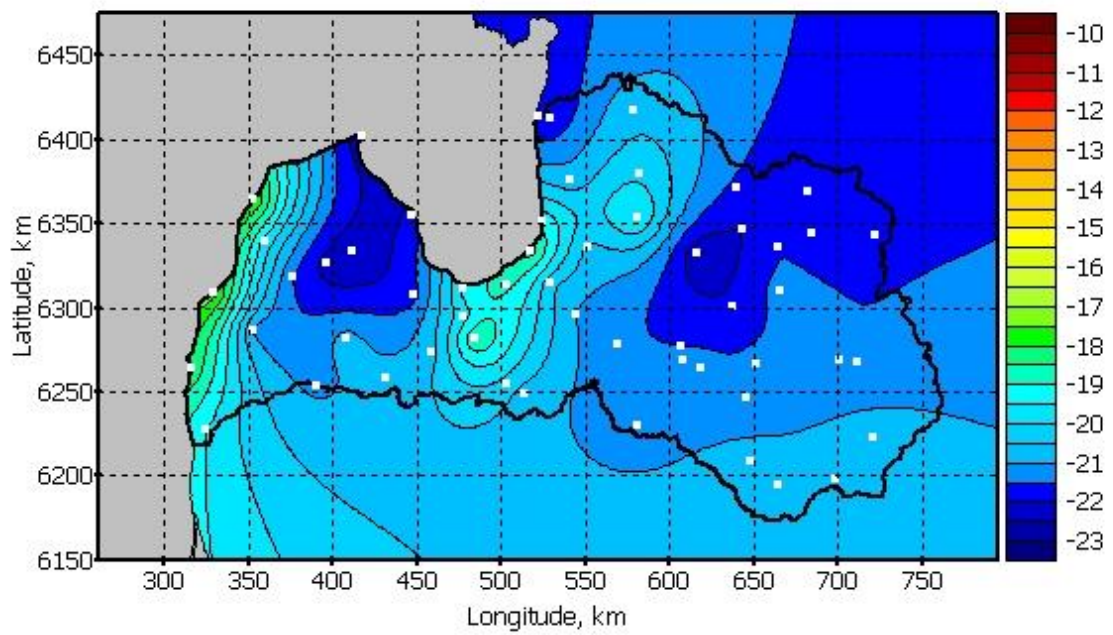
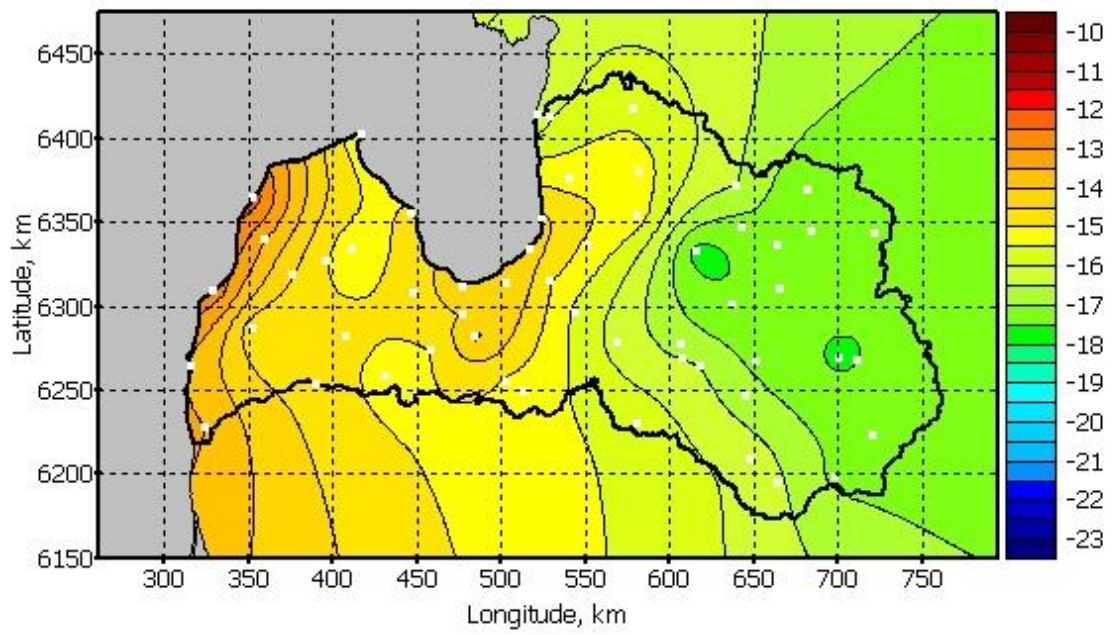


1.9. attēls. Dienu skaits, kad  $T_{vid} < -5\text{ °C}$ , starp 2 sekojošiem VP references periodā 1961-1990.

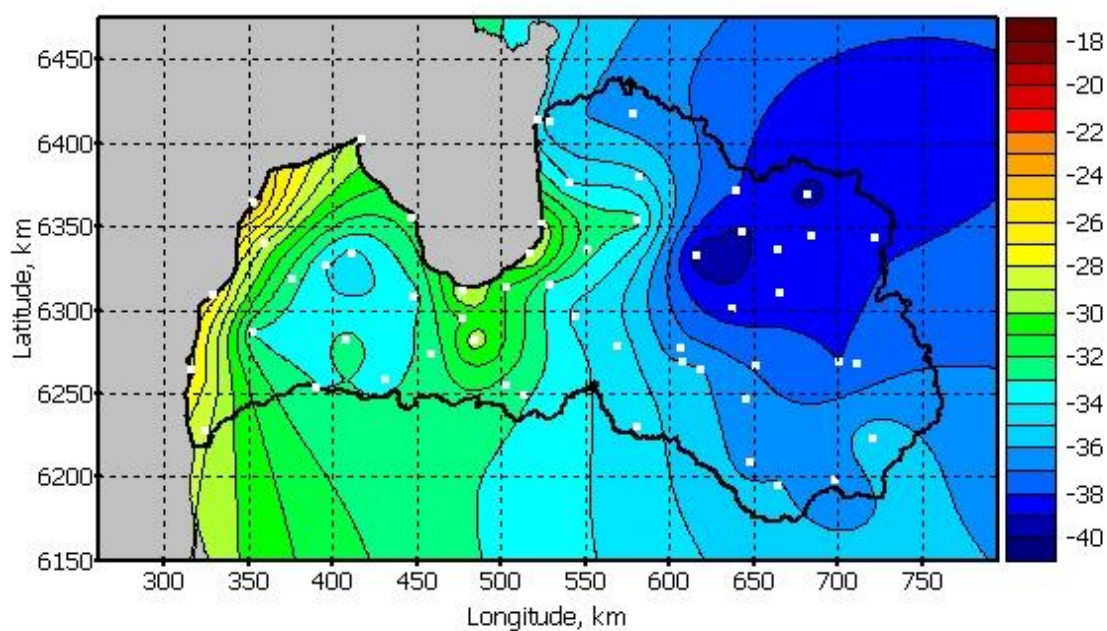
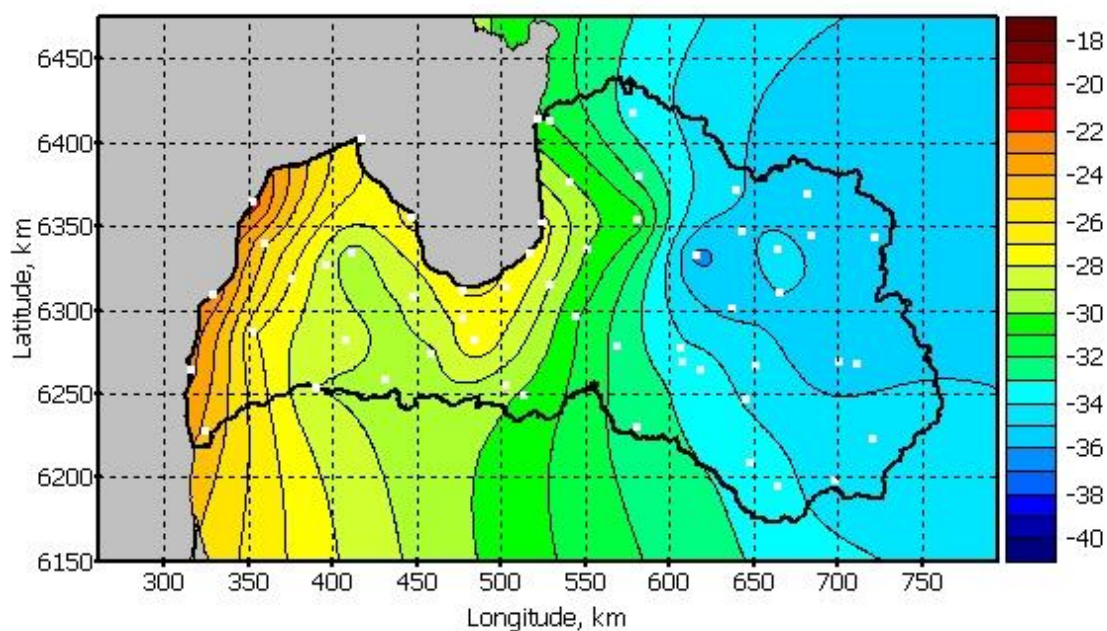


1.10. attēls. Negatīvo temperatūru summa dienās, kad  $T_{vid} < -5\text{ °C}$ , starp 2 sekojošiem VP references periodā 1961-1990.

Dienu skaita ar  $T_{vid} < -5\text{ °C}$  starp diviem VP samazināšanās (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīta 1.11. attēlā. Sagaidāms, ka auksto dienu skaita samazināšanās būs vairāk izteikta Kurzemes un Vidzemes augstienēs.



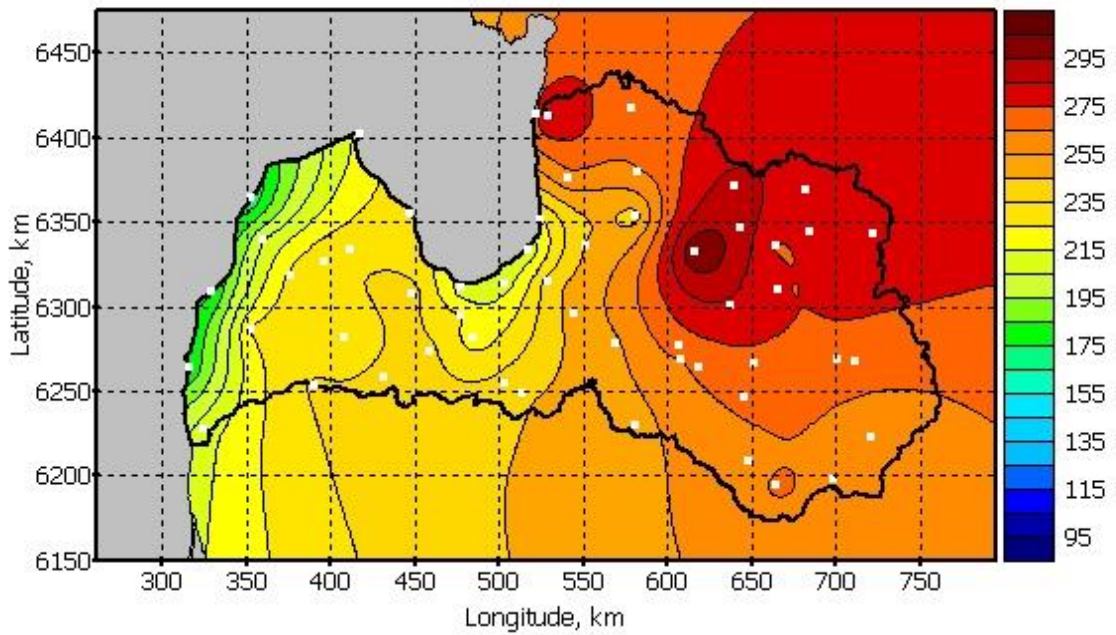
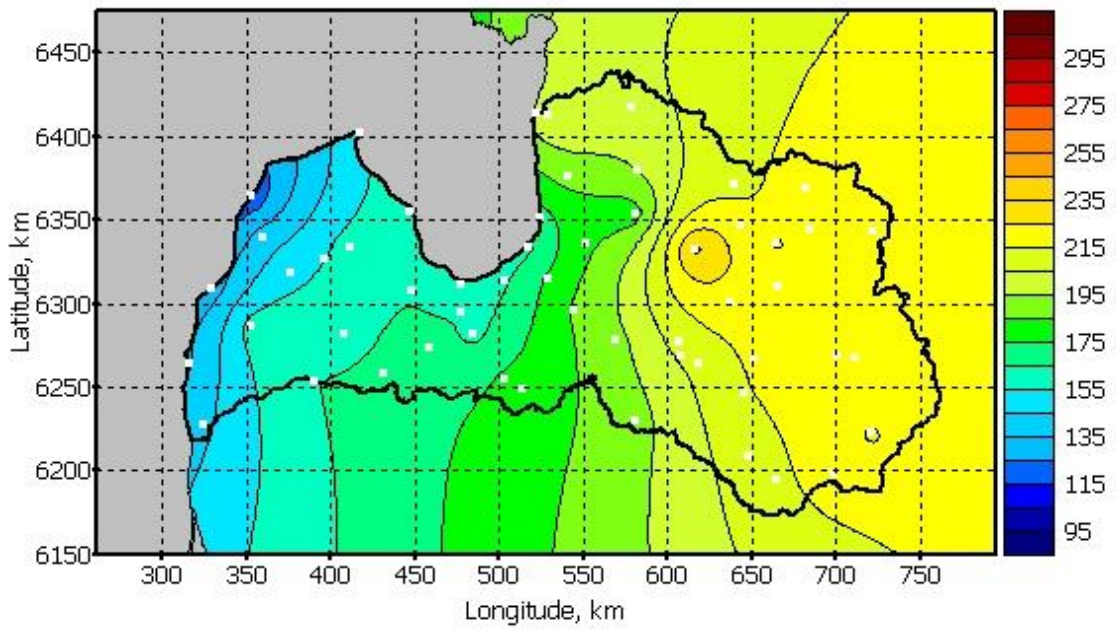
a)



b)

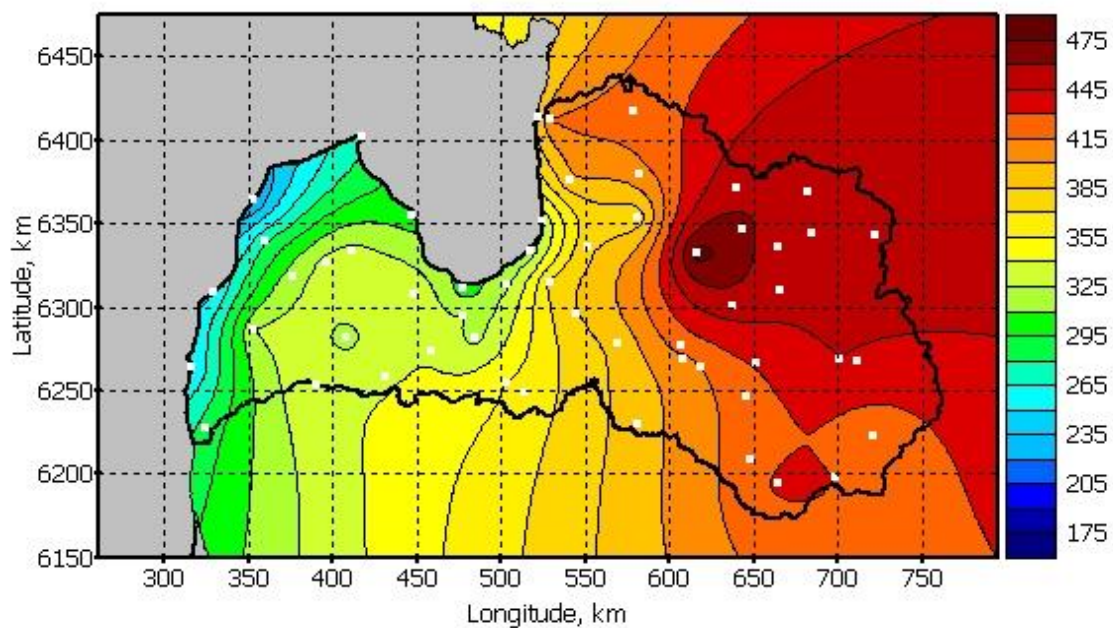
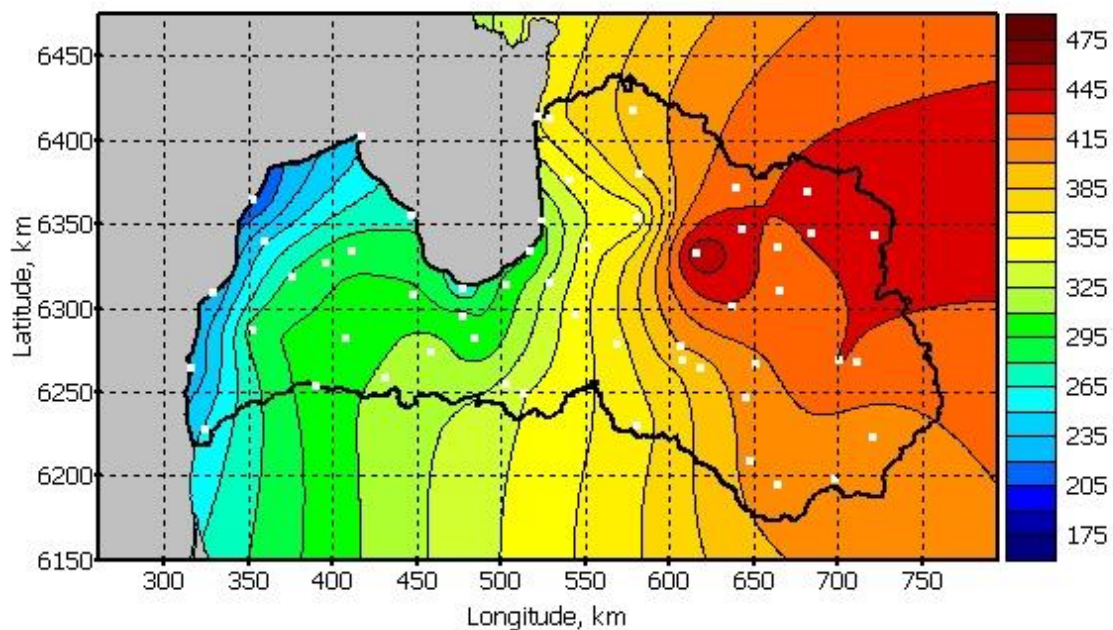
1.11. attēls. Dienu skaits, kad  $T_{vid} < -5\text{ °C}$ , starp 2 sekošiem VP izmaiņas (dienās):  
 a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

Negatīvo temperatūru summas (NTS) dienās ar  $T_{vid} < -5\text{ °C}$  starp diviem VP samazināšanās (a) tuvajā nākotnē un (b) tālajā nākotnē vidējo un nozīmīgo klimata izmaiņu scenārijiem parādīta 1.12. attēlā. Sagaidāms, ka NTS samazināšanās būs vairāk izteikta Latvijas austrumu un ziemeļaustrumu reģionos.



a)





b)

1.12. attēls. Negatīvo temperatūru summas dienās, kad  $T_{vid} < -5$  °C, starp 2 sekojošiem VP izmaiņas (°C): a) tuvajā nākotnē, b) tālajā nākotnē (vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenārijs).

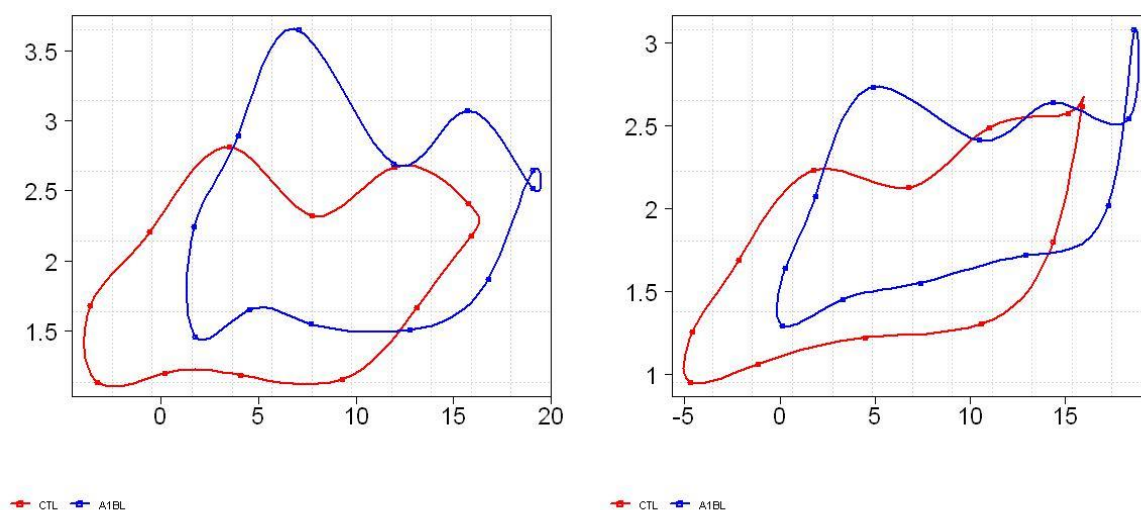
Kopumā tiek prognozēts, ka auksto dienu (vidējā diennakts temperatūra  $< -5$  °C) skaita samazināšanās būs vairāk izteikta Kurzemes un Vidzemes augstienēs un gadsimta beigās tā sasniegs (attiecīgi vidēju un krasu klimata izmaiņu gadījumā) 30-35 dienas līdz 35-40 dienas.

Prognozēts, ka garākais nepārtrauktais periods, kad vidējā diennakts temperatūra augstāka par  $+20$  °C, kas references periodā ir 4-5 dienas, līdz gadsimta beigām pieaugs par 5-6 dienām vidēju un 15-25 dienām (vietām līdz pat 40 dienām) krasu klimata izmaiņu

gadījumā. Tajā pašā laikā garākais nepārtrauktais periods ar aukstām dienām ( $< -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) bez biezas sniega segas saruks no vidēji 2 līdz 0,5 dienām.

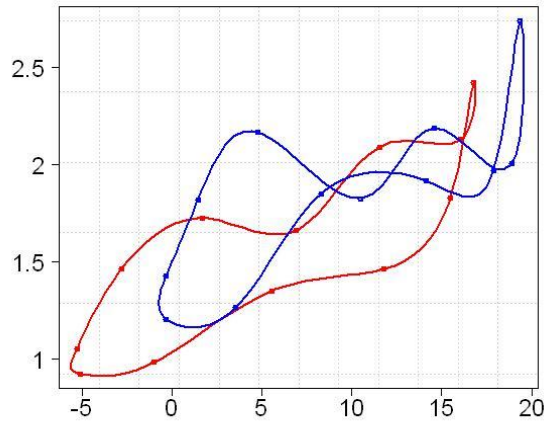
Vidējā nokrišņu intensitāte references periodā janvārī un aprīlī ir 1-1,7 mm/dienn., kas ir mazāk nekā oktobrī (1,4-2,9 mm/dienn.). Jūlijā vidējā nokrišņu intensitāte ir vislielākā – 2,1-3 mm/dienn. Zemākas nokrišņu intensitātes vērtības ir Latvijas ZA reģionā, augstākas – Vidzemes augstienē, Z-Vidzemē Rīgas līča tuvumā, kā arī Baltijas jūras D-Kurzemes piekrastē. Visās sezonās saskaņā ar vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju paredzams nokrišņu intensitātes pieaugums. Tuvajā nākotnē vidējo izmaiņu scenārijs paredz 0,02-0,3 mm/dienn. pieaugumu janvārī, 0,1-0,3 mm/dienn. – aprīlī, 0,3-0,6 mm/dienn. – jūlijā un 0,2-0,5 mm/dienn. – oktobrī. Tālajā nākotnē vidējo izmaiņu scenārijs paredz 0,3-0,65 mm/dienn. pieaugumu janvārī, 0,3-0,55 mm/dienn. – aprīlī, 0,0-0,55 mm/dienn. – jūlijā un 0,1-0,55 mm/dienn. – oktobrī. Mērenu izmaiņu scenārijs pieļauj vidējās nokrišņu intensitātes samazināšanos vasaras mēnešos. Gan tuvajā, gan tālajā nākotnē vērojama tendence lielākam nokrišņu pieaugumam Baltijas jūras un Rīgas līča piekrastei tuvākajos reģionos, zemākam – Latvijas ZA un DA rajonos.

Mēneša vidējās temperatūras un nokrišņu intensitātes funkcionālā atkarība mūsdienu klimatam (1961-1990) un tālajai nākotnei (2071-2100) dažādās stacijās parādīta 1.13. attēlā. Analizējot situāciju kontroles periodā, redzams, ka visās stacijās pie tās pašas diennakts vidējās temperatūras atšķiras mēneša vidējā nokrišņu intensitāte pavasara un rudens sezonās – vērojami mitri rudens un sausi pavasara mēneši. Izteiktāka šī īpašība parādās Rūjienā, Pāvilostā un Stendē, salīdzinoši mazāk izteikti – Daugavpilī un Bauskā. Salīdzinot situāciju tālajā nākotnē 2071-2100 ar kontroles periodu, visās stacijās uzskatāmi redzama visu mēnešu vidējās temperatūras palielināšanās, vienlaikus palielinoties mēneša vidējai nokrišņu intensitātei.

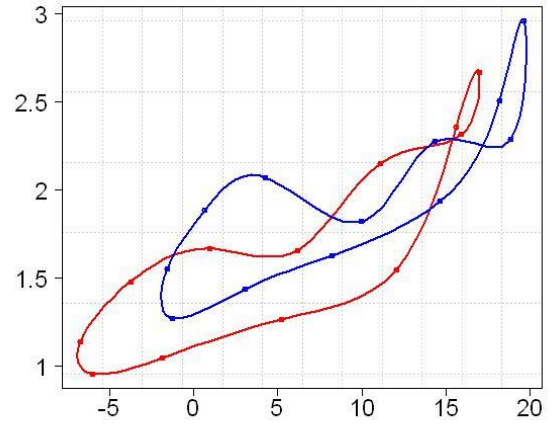


a) Pāvilosta

b) Stende

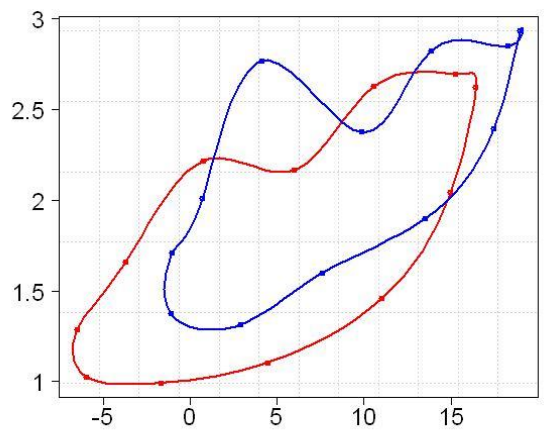


CTL A1BL



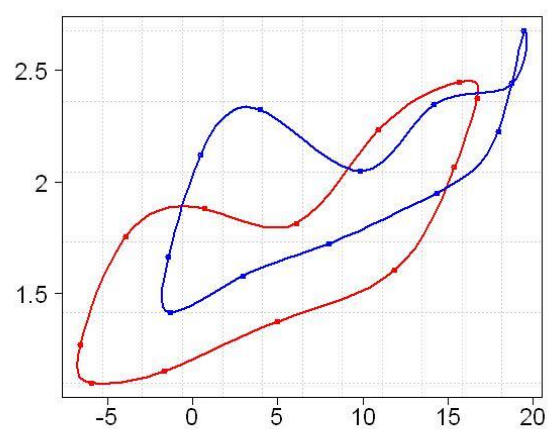
CTL A1BL

c) Bauska



CTL A1BL

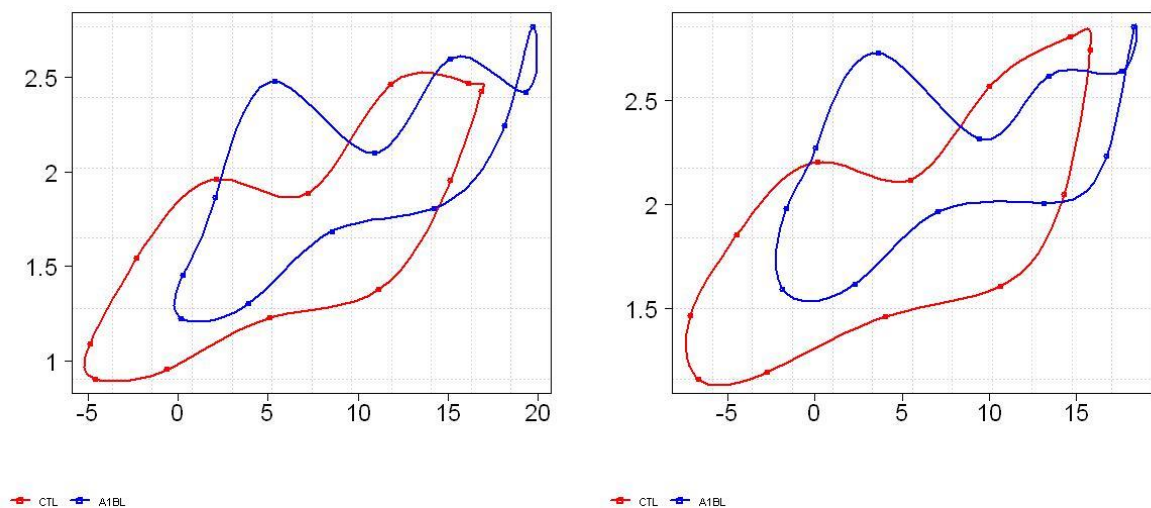
d) Daugavpils



CTL A1BL

e) Rūjiena

f) Zilāni

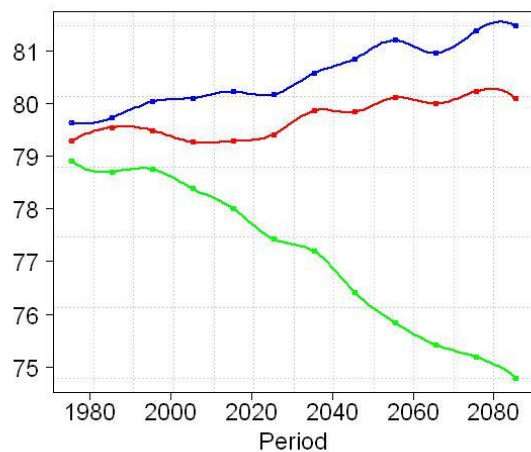


g) Rīga

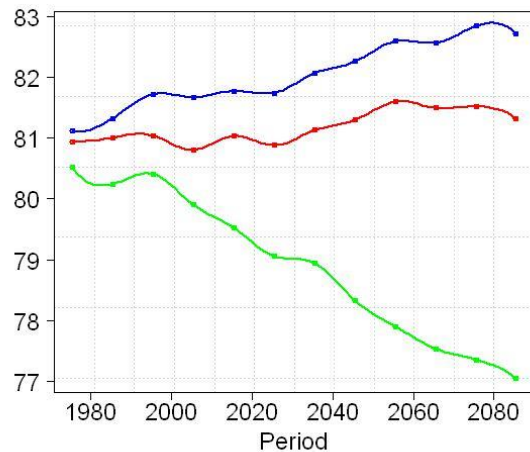
h) Zosēni

1.13. attēls. Mēneša vidējās temperatūras (uz horizontālās ass, °C) un vidējās nokrišņu intensitātes (uz vertikālās ass, mm/dienn.) saistība mūsdienu klimatam 1961-1990 (sarkanā līnija) un tālajai nākotnei 2071-2100 (zilā līnija) dažādās stacijās (vidējo izmaiņu scenārijs).

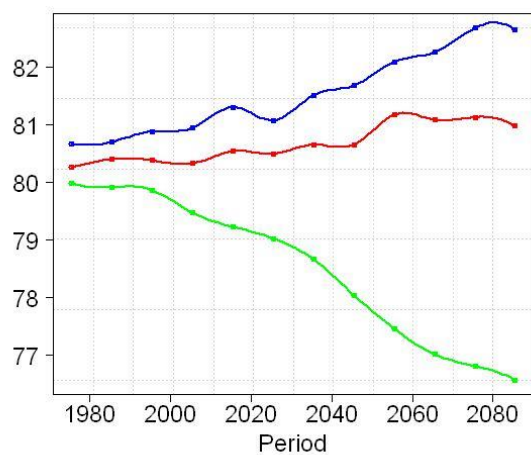
Visaugstākais relatīvais mitrums kontroles periodā vērojams janvāra un oktobra mēnešos – sasniedzot attiecīgi 90 un 87 %. Visās sezonās augstākās relatīvā mitruma vērtības ir Baltijas jūras Kurzemes piekrastei tuvākās teritorijās. Tuvajā nākotnē vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriji būtiskas relatīvā mitruma izmaiņas neparedz. Lielākās izmaiņas visā apskatītajā reģionā vērojamas jūlijā, kad dažviet pieaugums pārsniedz 1,6 %. Lielākais samazinājums paredzams aprīlī, kad dažviet reģionā relatīvais mitrums samazinās par vairāk nekā 1 %. Saskaņā ar vidējo un nozīmīgo izmaiņu scenāriju Latvijas teritorijā nevienā no sezonām izmaiņas nepārsniedz 2,6 % - turklāt dažviet paredzama samazināšanās, citviet – palielināšanās. Arī tālajā nākotnē vidējo izmaiņu scenārijs būtiskas relatīvā mitruma izmaiņas neparedz (tās ir zem 2,5 % jūlijā, bet janvārī, aprīlī un oktobrī zem 1 %). Nozīmīgo izmaiņu scenārijs atsevišķās reģiona vietās paredz pieaugumu līdz 5 % janvārī un aprīlī. Latvijas teritorijā maksimālais iespējamais pieaugums nepārsniedz 3,6 %. Klimatisko relatīvā mitruma izmaiņu (30 gadu perioda vidējā relatīvā mitruma attīstība) gadījumā (1.14. att.) vidēju un nozīmīgu klimata izmaiņu scenārijs paredz relatīvā mitruma pieaugumu, bet mēreno izmaiņu scenārijā sagaidāms relatīvā mitruma samazinājums, it īpaši tālajā nākotnē.



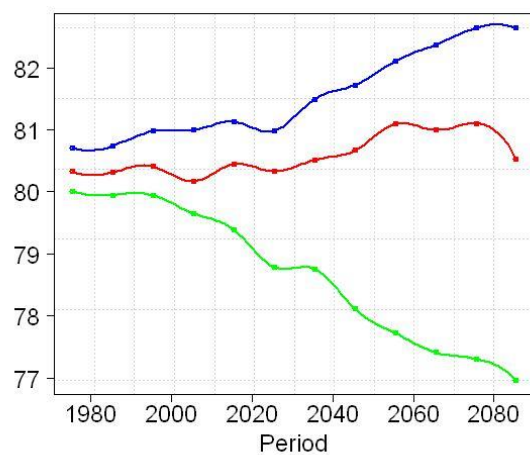
a) Daugavpils



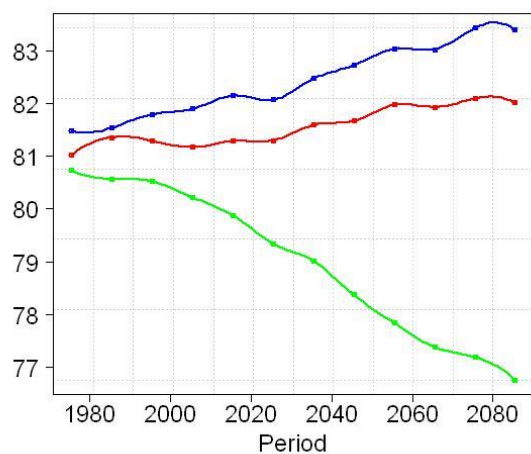
b) Bauska



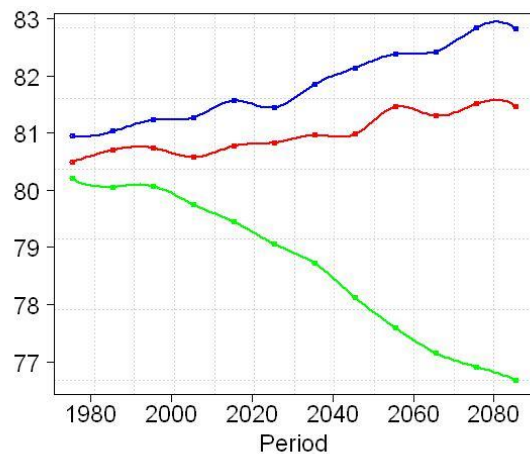
c) Rūjiena



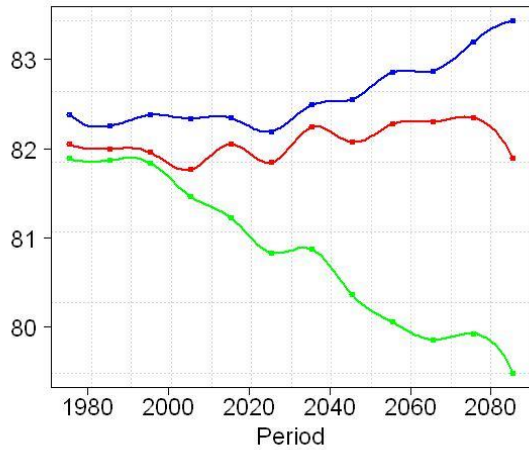
d) Stende



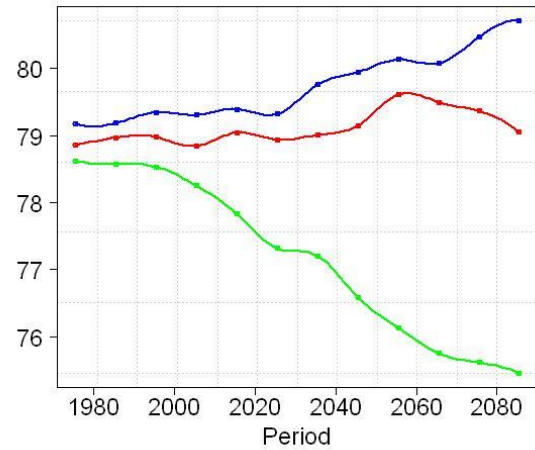
e) Zilāni



f) Zosēni



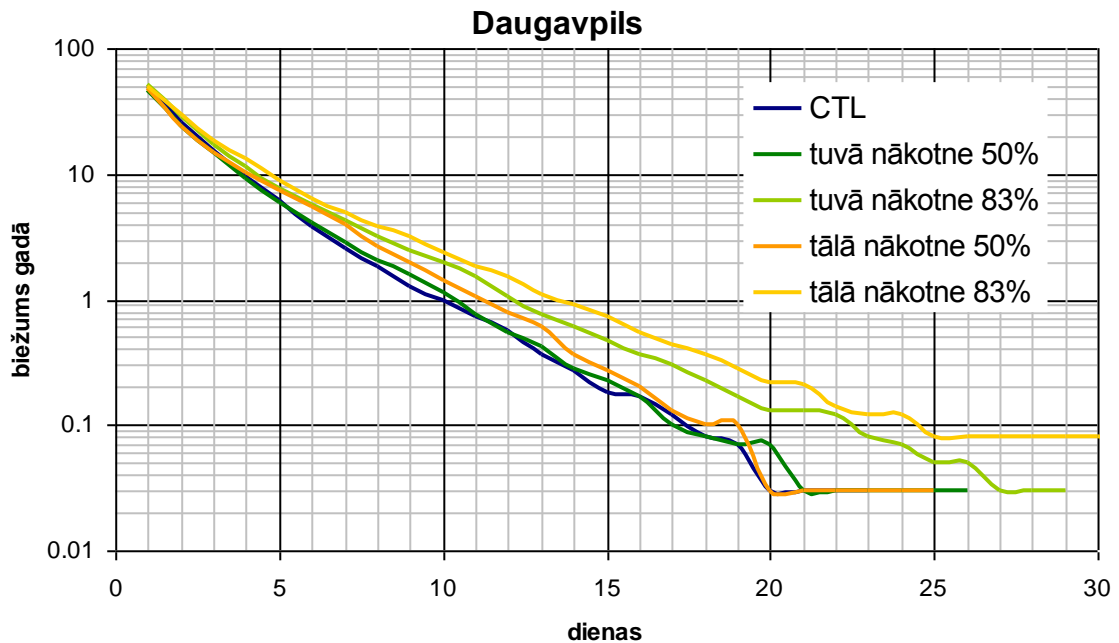
g) Pāvilosta

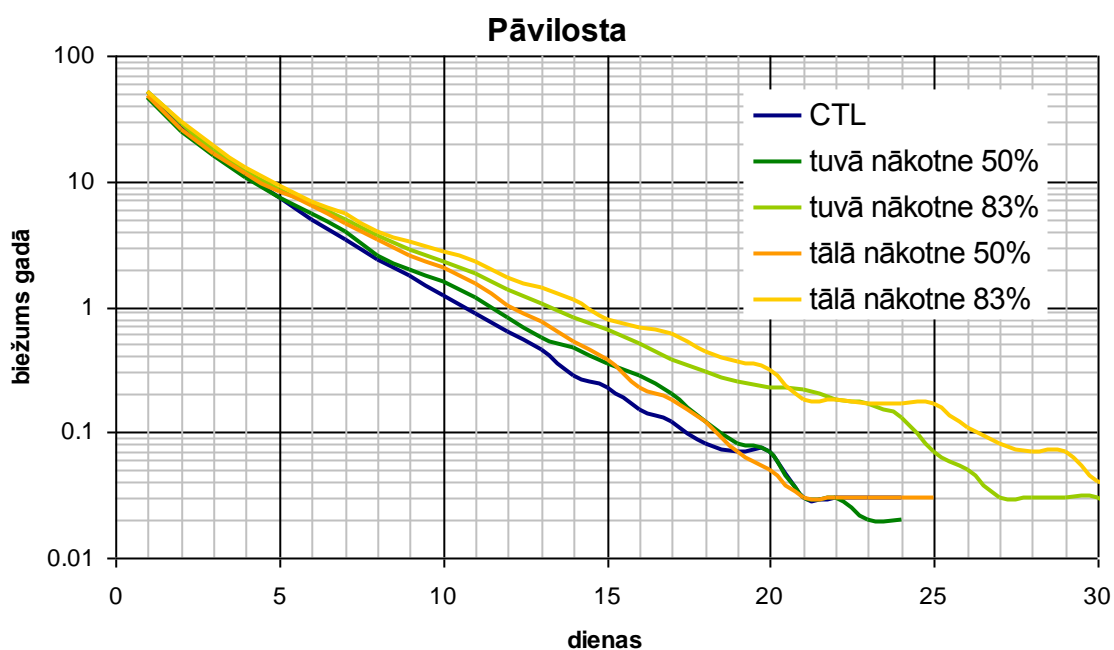
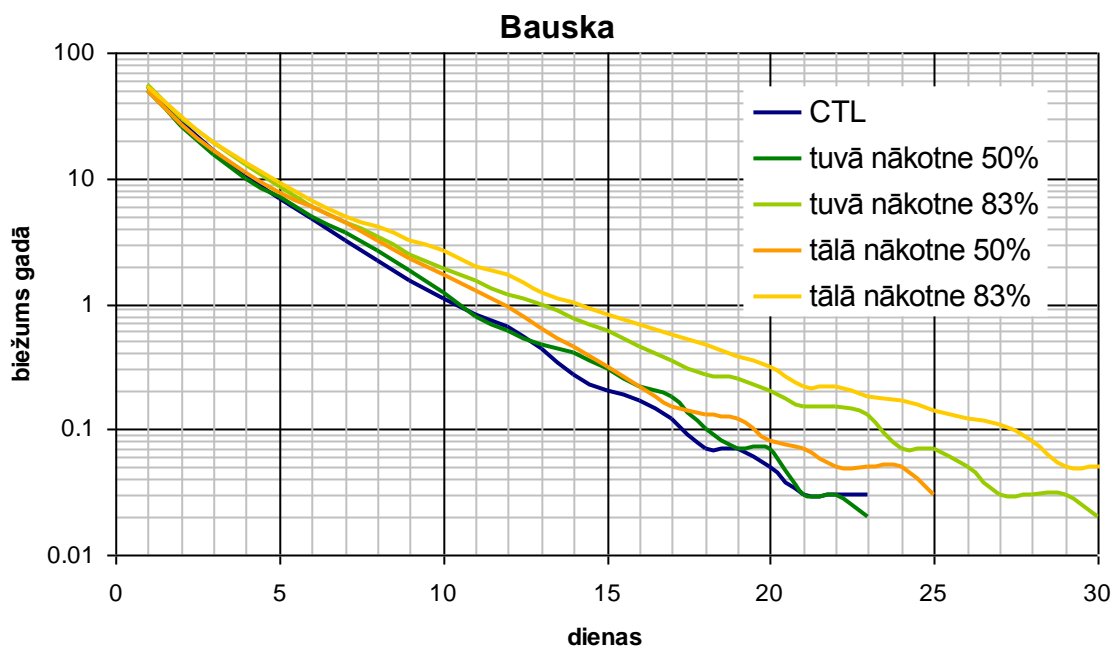


h) Rīga

1.14. attēls. 30 gadu perioda vidējā relatīvā mitruma % attīstība laikā mēreno (zaļā līnija), vidējo (sarkanā līnija) un nozīmīgo (zilā līnija) izmaiņu scenārijiem.

Sausuma periodu atkārtojamība (biežums gadā) trīs meteoroloģiskajās stacijās mūsdienu klimatam, kā arī vidējām un nozīmīgām klimata izmaiņām tuvajā un tālajā nākotnē grafiku veidā atspoguļota 1.15. attēlā. Aplūkoti 1-30 dienu gari sausuma periodi, kurus raksturo nokrišņu intensitāte zem 0,01 mm/dnn jebkurā perioda dienā. Visām aplūkotajām stacijām, klimata mainības scenārijiem un laika periodiem sagaidāms sausuma periodu biežuma pieaugums.





1.15. attēls. Sausuma periodu biežums gadā references periodā (CTL) un tuvā un tālā nākotnē vidēju (50 %) un nozīmīgu (83 %) izmaiņu scenārijiem raksturīgajās meteostacijās.

Visām aplūkotajām meteostacijām, klimata mainības scenārijiem un laika periodiem sagaidāms sausuma periodu (īpaši tādu, kas garāki par 5-7 diennaktīm) biežuma pieaugums.

## 2. *Heterobasidion parviporum* augļķermeņu sporulācijas sezonālās dinamikas novērtējums

Lai novērtētu sporu produkcijas sezonālo dinamiku, 2013. gadā turpināts iepriekšējā gadā aizsāktais eksperiments. Bazīdijsporu uzskaitē veikta visa gada garumā no 2. janvāra līdz 23. decembrim un turpināta 2014. gadā vidēji vismaz vienu reizi nedēļā, kad gaisa temperatūra ir virs 0 °C. Lai novērtētu temperatūras un relatīvā gaisa mitruma ietekmi uz sporu produkciju, katrā sporu uzskaites laikā ar mēraparātu „Testo 610” veikti šo parametru mērījumi. Īpaša vērība tika pievērsta *H. parviporum* sporulācijas dinamikai pie gaisa temperatūras, kas zemāka par +5 °C. Paralēli analizēti arī Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC) veiktie novērojumi Rīgā, kas ir tuvākais novērojumu punkts mūsu pētījumu vietai.

Pētījums veikts SIA „Rīgas meži” apsaimniekotajos mežos Tīreļu mežniecības Olaines iecirkņa teritorijā (2.1. tab.). Eksperimenta laikā četros sporu uzskaites punktos novērtēts izdalīto sporu daudzums zem sešiem *H. parviporum* augļķermeņiem. Visi eksperimentā izmantotie augļķermeņi (*Heterobasidion parviporum*) bija uz trupējušas egles koksnes: 1.1. – izgāzta celma stumbra daļas (L=32 cm, ø=60 cm); 1.2. – atliekas (L=159 cm, ø=42 cm); 1.3. – atliekas (L=249 cm, ø=32 cm) – visi trīs augļķermeņi lokalizēti uz viena sazāģēta koka; 2. – izgāztas egles sakņu kakla (diametrs 1,3 m augstumā =39 cm); 3. – izgāzta celma stumbra daļas (L=110 cm, ø =49 cm); 4. – zem izcilāta celma (ø =59 cm). Petri plates zem augļķermeņiem eksponētas no 1 līdz 10 minūtēm, atkarībā no gaisa temperatūras (2.1. att.). Tā kā daļa augļķermeņu pētījuma laikā pārstāja sporulēt (par šo augļķermeņu dabisko novecošanu liecināja arī himenofora krāsas maiņa), tika izvēlēti citi blakus esoši augļķermeņi ar līdzīgu sporulējošās virsmas laukumu. Sporas skaitītas laboratorijas apstākļos ar mikroskopu „Leica” DM5000 B 30 redzes laukos 50 x palielinājumā. Iegūtie dati pārrēķināti uz sporu skaitu, kas tiek izdalītas minūtes laikā uz vienu dm<sup>2</sup> tieši zem augļķermeņa.



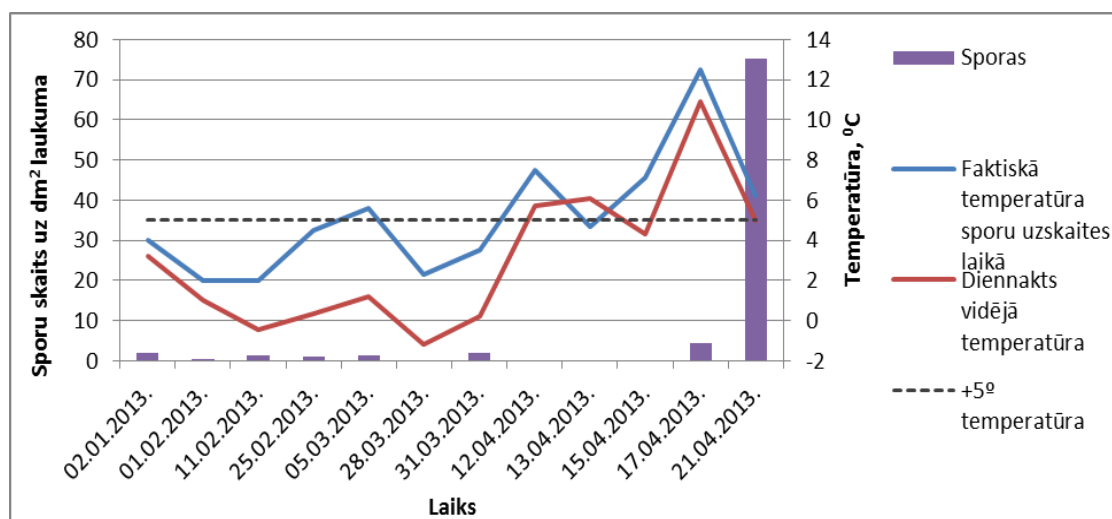
2.1. attēls. Sporu produkcijas novērtējums zem *H. parviporum* augļķermeņa.



Pētījuma objektu raksturojums

Uzskaites/auglķermeņa Nr.	Kvartāls, nogabals	Kokaudzes sastāva formula	Meža tips	Platība, ha
1.1., 1.2. 1.3.	116. kv. 2. nog.	6E2P2B <sub>108</sub>	Ap	4,4
2. 3.	116. kv. 4. nog.	6E2Ma2B <sub>88</sub>	Kp	1,4
4.	92. kv. 9. nog.	6E <sub>87</sub> 2E <sub>108</sub> 2P <sub>88</sub> +B, Ma	As	3,3

Iegūtie rezultāti salīdzināti ar veiktajiem temperatūras un relatīvā mitruma mērījumiem sporu uzskaites laikā. Apkopojot iegūtos rezultātus par *H. parviporum* sporulācijas dinamiku janvāra – aprīļa mēnešos, kad diennakts vidējā temperatūra ir zemāka par +5 °C (sporu uzskaitē no 2. janvāra līdz 21. aprīlim), konstatēts, ka, palielinoties gaisa temperatūrai, palielinās izdalīto sporu skaits (2.2. att.). Pēc LVGMC sniegtajiem datiem konstatēts, ka aprīļa sākumā bijis samērā vēss, vidējā diennakts temperatūra laika periodā no 1. līdz 10. aprīlim svārstījās robežās no -0,8°C līdz +2,7 °C. Turpmākajā periodā gaisa temperatūra pakāpeniski paaugstinājās. Pēc iegūtajiem rezultātiem secināms, ka *H. parviporum* auglķermeņiem nepieciešams noteikts laika periods, lai sāktu sporulēt (sporulācijas sākums konstatēts 17. aprīlī). Izdalīto sporu skaits īpaši palielinās, kad vidējā diennakts temperatūra paaugstinās virs +5 °C. No tā secināms, ka temperatūras izmaiņas būtiski ietekmē *H. parviporum* sporulācijas dinamiku. Arī citi autori savos pētījumos nonākuši pie līdzīga secinājuma un norāda, ka pastāv būtiska korelācija starp izdalīto sporu daudzumu un vidējo gaisa temperatūru (Kallio, 1970).



2.2. attēls. Izdalīto sporu skaits uz 1 dm<sup>2</sup> laukuma tieši zem auglķermeņa janvāra – aprīļa mēnešos atkarībā no gaisa temperatūras.

Paralēli *H. annosum* sporulācijas sezonālās dinamikas pētījumiem, trīs reizes gadā veikta izdalīto sporu uzskaitē diennakts laikā, ik pēc sešām stundām. Šobrīd tiek veikta ievāktu datu apstrāde un analīze.

### 3. Latvijai neraksturīgu kukaiņu sugu izplatības analīze

Pēdējos gados novērota vairāku kukaiņu sugu ekspansija dienvidu - ziemeļu virzienā, kas, iespējams, liecina par klimata izmaiņām. Mūsdienīgu tautsaimniecībai ir aktuāla maksimāli efektīva un pilnīga koksnes resursu izmantošana un globāla tirdzniecība. Taču nav izslēgts, ka tās ietvaros, pārvadājot koksnī vai tās produktus, Latvijā var nokļūt arī dažas nozīmīgas koksnes vai koku kaitēkļu sugas, kas var būtiski ietekmēt vietējo faunu, jo atsevišķas konkrētajai teritorijai jaunās sugas ir ekspansīvas un ātri ieņem jaunus biotopus, no tiem izspiežot vietējās sugas. Lai konstatētu izmaiņas kukaiņu sugu sastāvā un nepieciešamības gadījumā savlaicīgi varētu izmantot augu aizsardzības metodes, būtisks ir kukaiņu sugu monitorings. Pārskatā apkopota informācija no datiem, kas 5 gadu garumā vākti Daugavpils Universitātes Sistemātiskās bioloģijas institūta veiktā vaboļu monitoringa dažādos biotopos ietvaros, kombinējot ar projektā ievāktu informāciju.

Materiāla ievākšanai kukaiņu sugu monitoringam izmantotās metodes:

- 1) vākšana ar entomoloģisko tīkliņu - viena no pamatmetodēm, pētot fitofāgos kukaiņus. Ar entomoloģisko tīkliņu kādu laiku „pļaujot” pa zāli vai krūmiem (parasti 10 – 20 vēzieni), tiek ievākti kukaiņi, kas uzturas uz dažādām augu daļām. Daudzas kukaiņu sugas ar šo metodi iespējams ievākt arī lidošanas laikā. Metode izmantota galvenokārt cirsmās, uz meža ceļiem;
- 2) Logu lamatas tiek izmantotas lidojošu kukaiņu ķeršanai. Logu lamatu izgatavošanai tika izmantotas 40 x 60 cm lielas organiskā stikla vai baltas plastmasas plāksnes, pie kuru vienas malas piestiprināts izstieptas formas trauks. Kā fiksators tika izmantots apmēram 50 % tosola vai retāk 5 % etiķa šķīdums, ar ko piepilda trauku līdz pusei. Biotopos logu lamatas novieto vertikāli, ne zemāk kā virs lakstaugu stāva. Lidojošie kukaiņi, atduroties pret plāksni, iekrīt traukā ar fiksējošo šķīdumu. Materiāls no šīm lamatām tika izņemts aptuveni reizi mēnesī;
- 3) Malēzes lamatas arī paredzētas lidojošu kukaiņu ķeršanai un tiek novietotas uz zemes. Lamatas sastāv no trim H-veidā savienotām sienām (metālisks karkass ar tīklveida materiālu). Augstākās sienas augšējā stūrī piestiprināts trauks ar fiksatoru (50 % tosola vai – retāk – 5 % etiķa šķīdumu). Lamatas darbojas pēc šķēršļa principa. Lidojošie kukaiņi saduras ar lamatu centrālo sienu, paceļas augšā, meklējot augstāku vietu lidojuma uzsākšanai, un nokļūst traukā ar fiksatoru;
- 4) Augsnes (Barbera) lamatām tika izmantotas plastmasas glāzītes ar diametru 6 cm. Parauglaukumos augsnes lamatas tika izvietotas pēc transektas metodes – lamatas ieraka augsnē vienā līnijā aptuveni 2 m attālumā vienu no otras. Glāzītes ieraka augsnē tā, lai to augšējā mala būtu vienā līmenī ar augsni. Trauka malām cieši jāpieguļ pie augsnes, lai kukaiņi neaizrāpotu tam garām. Lai kukaiņi neizkļūtu no lamatām, tajās nedrīkst būt iekrituši sīki zari vai zāļu stiebi. Pēc lamatu uzstādīšanas tajās līdz pusei ielēja fiksējošo šķīdumu, kas nepieciešams vaboļu iemidzināšanai un konservēšanai. Kā fiksators tika izmantots 4-5 % etiķa šķīdums vai 50 % tosola šķīdums. Lamatas ar fiksējošo šķīdumu aizpildīja līdz pusei. Lai augsnes lamatās neiekļūtu vārdes, ciršļi un citi sīkie grauzēji, uz katras glāzītes

uzlik koka mizas gabalus. Tas pasargāja lamatas arī no pielīšanas ar ūdeni lietus laikā. Lamatās iekritušie kukaiņi tika izņemti vidēji vienu reizi četrās nedēļās.

Izmantoti dati no šādiem parauglaukumiem: Daugavpils (3), Dundagas (2), Gulbenes, Jēkabpils, Kuldīgas, Līvānu, Ogres, Talsu, Ventspils, Vecumnieku novados.

Kopumā dažādos parauglaukumos novērojumu periodā ievākti vairāk nekā 14 000 vaboļu īpatņu, kas pārstāv ~850 vaboļu sugas. Daļa materiāla pētījumu ietvaros nav identificēta līdz sugas līmenim, bet tikai līdz ģints vai atsevišķos gadījumos – līdz dzimtas līmenim. Apskatā no kopējā materiāla klāsta ietvertas Latvijas faunai neraksturīgas sugas, kuru adaptācija Latvijā varētu būt saistīta ar klimata izmaiņu ietekmi (3.1. tab.), kā arī tādas Latvijas faunā zināmas un pat plaši izplatītas sugas, kurām novērota strauja īpatņu skaita palielināšanās pēdējos gados, kas var liecināt par klimata izmaiņu ietekmi uz vietējo faunu. Katrai sugai 3.1. tabulā norādīts parauglaukumu skaits, kuros suga konstatēta, un īpatņu skaits, kas ievākti attiecīgajā gadā. Dati veidoti, sasummējot visos parauglaukumos ievāktajā materiālā konstatēto īpatņu skaitu. Atradņu izvietojums vairāk vai mazāk pārklāj visu Latvijas teritoriju un nodrošina iespēju izdarīt secinājumus par sugu skaita dinamiku dažādās vietās. Liela daļa materiāla, īpaši no dzimtām *Staphylinidae*, *Cryptophagidae*, *Lathridiidae*, *Mordellidae* u.c. nav noteikta līdz sugas līmenim, tāpēc iespējams, ka sugu, kurām pēdējos gados novērota ekspansija dienvidu – ziemeļu virzienā, ir vairāk.

3.1. tabula

Uzskaites rezultāti

N.p.k.	Suga	Parauglaukumu skaits/ Īpatņu skaits				
		2009	2010	2011	2012	2013
	Carabidae					
1.	<i>Cicindela arenaria viennensis</i> (Schrank, 1781)	0	0	1/29	1/67	1/234
2.	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	4/19	5/16	5/12	3/13	4/15
3.	<i>Pterostichus quadrioveolatus</i> (Letzner, 1852)	6/89	6/45	7/98	9/123	9/345
4.	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	15/87	15/145	15/201	15/285	15/378
5.	<i>Paradromius linearis</i> (Olivier, 1795)	1/5	1/7	1/4	2/7	3/12
	Leiodidae					
6.	<i>Sciodrepoides alpestris</i> (Jeannel, 1934)	1/1	0	1/2	3/5	3/9
	Scarabaeoidea					
7.	<i>Oxythyrea funesta</i> (Poda, 1761)	5/12	7/34	8/67	10/88	11/102
8.	<i>Hoplia graminicola</i> (Fabricius, 1792)	2/6	3/19	5/16	5/13	7/21

## 3.1. tabulas turpinājums

N.p.k.	Suga	Parauglaukumu skaits/ Īpatņu skaits				
		2009	2010	2011	2012	2013
	Buprestidae					
9.	<i>Trachys troglodytes</i> (Schönherr, 1817)	1/1	1/2	1/1	3/5	4/5
	Malachiidae					
10.	<i>Malachius marginellus</i> (Olivier, 1790)	3/9	3/18	5/23	6/21	8/35
	Nitidulidae					
11.	<i>Epurea distincta</i> (Grimmer, 1841)	5/14	5/32	5/>40	8/43	8/54
12.	<i>Glischrochilus quadrisignatus</i> (Say, 1835)	1/1	1/3	1/2	2/2	2/5
13.	<i>Glischrochilus grandis</i> (Tournier, 1872)	3/4	3/6	3/5	6/11	7/15
	Mycetophagidae					
14.	<i>Mycetophagus ater</i> (Reitter, 1879)	1/1	1/1	1/3	1/2	1/4
	Mordellidae					
15.	<i>Mordellistena sp.</i>	15/34	15/39	15/34	15/98	15/123
	Tenebrionidae					
16.	<i>Crypticus quisquilius</i> (Linnaeus, 1761)	15/21	14/33	14/26	15/39	15/133
	Oedemeridae					
17.	<i>Oedemera subrobusta</i> (Nakane, 1954)	4/9	4/20	6/19	5/25	7/19
18.	<i>Oedemera femorata</i> (Scopoli, 1763)	3/6	3/9	3/8	4/9	6/14
	Cerambycidae					
19.	<i>Leptura bifasciata</i> (Müller, 1776)	3/5	3/9	4/9	6/9	6/12
20.	<i>Agapanthia violacea</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	0	1/3
21.	<i>Phytoecia pustulata</i> (Schrank, 1776)	0	0	0	0	1/2
22.	<i>Phytoecia virgula</i> (Charpenter, 1825)	4/8	6/11	7/14	7/13	8/16
	Curculionidae					
23.	<i>Larinus turbinatus</i> (Gyllenhal, 1835)	0	1/3	3/7	4/11	7/19
24.	<i>Charagmus gressorius</i> (Fabricius, 1792)	1/3	1/7	1/6	2/7	3/9

*Glischrochilus quadrisignatus* (Say, 1835)

Tā ir mazpazīstama, introducēta Ziemeļamerikas suga, kas turpina izplatīties Eiropā, un atrasta arī Latvijā.

*Cicindela arenaria viennensis* (Schrank, 1781)

Smilšvabole, kura Eiropā izplatās ziemeļu virzienā, apgūstot smilšainas, saulainas vietas priežu mežos vai to tuvumā. Līdz šim tās areāls bija Dienvidbaltkrievijā, Ukrainā, Polijā un uz dienvidiem no šīm teritorijām. Pirmo reizi Baltijā konstatēta pēdējo 10 gadu laikā. Latvijā pagaidām zināmas 3 atradnes Latvijas dienvidaustrumu daļā. Ļoti stabila populācija izveidojusies meža karjerā un tā apkārtnē pie Sventes. Pēdējo 3 gadu laikā, īpaši 2013.gadā, novērota būtiska šīs sugas kukaiņu skaita palielināšanās Sventes biotopā. Kukaiņi izplatās pa meža ceļiem, cirmsmām, kvartālstigām. Suga ir plēsīga, meža ekosistēmu zoofāgs. Tās ietekme uz citām sugām Latvijas apstākļos nav pētīta, taču nekādas būtiskas izmaiņas pirmajos gados nav novērotas..

*Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792)

Skrejvaboļu suga, kas plaši izplatīta Rietumeiropā un Centrāleiropā. Latvijā šī suga nebija atrasta vairāk nekā 150 gadus; tā parādījās un ātri izplatījās visā valsts teritorijā dažu gadu laikā pagājušā gadsimta 90. gados. Joprojām šī suga ir sastopama visā valsts teritorijā, taču tās īpatņu skaits populācijās ir nostabilizējies vai pat ar tendenci mazliet samazināties. Iespējams, skaita svārstības ietekmē ilgstošs liels sals ziemā. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Pterostichus quadrioveolatus* (Letzner, 1852)

Skrejvaboļu suga, kas sastopama kserotermiskos biotopos. Šī suga ir mūsu faunas elements; saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Īpaši daudzskaitlīga tā ir meža degumos vairākus gadus pēc ugunsgrēka. Dabiskajos biotopos (nedegušos) pēdējo divu gadu laikā novērots būtisks īpatņu skaita pieaugums. Karstas vasaras ir īpaši labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Calathus melanocephalus* (Linnaeus, 1758)

Eiritopa skrejvaboļu suga. Tā ir mūsu faunas elements; saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Suga sastopama dažādos biotopos, arī mitros. Īpaši daudzskaitlīga tā ir meža izcirtumos. Dabiskajos biotopos pēdējos trīs gados novērots būtisks īpatņu skaita pieaugums. Karstas vasaras, acīmredzot, ir īpaši labvēlīgas arī šīs mazāk kserotermiskās sugas attīstībai. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Paradromius linearis* (Olivier, 1795)

Līdz šim tika uzskatīts, ka Latvijā tā ir reta skrejvaboļu suga, kas sastopama kāpās. Pēdējos gados novērota sugas izplatība iekšzemē, pļavās, mežmalās, cirmsmās. Vairākās vietās, kur vaboļu pētījumi tiek regulāri veikti jau vismaz ceturtdaļgadsimtu, šī suga ir fiksēta tikai pēdējos gados. Suga nav ekspansīva, taču Latvijā katru gadu tiek konstatēta kāda jauna šīs sugas atradne. Zoofāgs. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Sciodrepoides alpestris* (Jeannel, 1934)

Šī ir mazpazīstama vaboļu suga, kas pirms dažiem gadiem publicēta kā jauna Latvijas faunai. Pēdējos gados novērotas vairākas jaunas šīs sugas atradnes. Pašlaik droši nevar apgalvot, ka suga izplatās. Iespējams, tā ir bijusi sastopama Latvijā arī agrāk, taču jauktā ar citām ģintīm. Taču nav izslēgts, ka tieši pēdējos gados šī suga nonākusi Latvijā un izplatās tās teritorijā. Nepieciešami papildus pētījumi. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta.

*Oxythyrea funesta* (Poda, 1761)

Dienvīdu suga, kura ekspansīvi izplatās Latvijā. Informācija par šīs sugas ienākšanu Latvijas faunā ir publicēta (Bukejs, Barševskis, Rudāns, 2006). Pašlaik tā izplatījusies lielākajā Latvijas daļā. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga ir antofila - izēd ziedus, galvenokārt – ziedputekšņus.

*Hoplia graminicola* (Fabricius, 1792)

Suga ir vietējās faunas elements, kas apdzīvo galvenokārt smilšainus kserotermiskus biotopus. Saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījusies. To apliecina arī mūsu pētījumu dati. Karstas vasaras ir īpaši labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Iespējams, ka tā var bojāt koku dīgļus.

*Trachys troglodytes* (Schönherr, 1817)

Ļoti reti sastopama - kserotermiskās pļavās un mežmalās uz pēterenēm (*Centaurea*) - krāšņvaboļu suga. Latvijā pēdējos gados konstatētas vairākas jaunas atradnes. Visticamāk, pateicoties karstajām vasarām, suga vairāk izplatās. Šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav konstatēta.

*Malachius marginellus* (Olivier, 1790)

Šī suga Latvijā pirmo reizi novērota pagājušā gadsimta deviņdesmitajos gados. Suga turpina izplatīties. Pēdējos gados konstatētas vairākas jaunas atradnes. Šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav konstatēta.

*Epurea distincta* (Grimmer, 1841)

Šī ir spīduļu dzimtas suga, kas attīstās uz piepes. Suga Latvijā izplatījās pagājušā gadsimta 90.gados, galvenokārt gar Daugavas ieleju. Tās izplatība turpina pieaugt.

*Glischrochilus grandis* (Tournier, 1872)

Šī ir mazpazīstama dienvīdu suga, kas izplatījusies Baltkrievijā un konstatēta arī Latvijā, galvenokārt lapkoku mežos. Suga Latvijā turpina izplatīties. Jāveic novērojumi par šīs sugas ietekmi uz Latvijā sastopamo vietējo *G. hortensis*, jo abas sugas sastopamas vienos un tajos pašos biotopos.

*Mycetophagus ater* (Reitter, 1879)

Ļoti reta sēņgraužu suga. Latvijā pagaidām konstatēta tikai Latvijas dienvidaustrumos – Ilgās, kur ir stabila šīs sugas populācija. Tā kā *Lai gan* sugas pamatareāls atrodas samērā tālu no Latvijas, šai dienvidu sugai jāpievērš uzmanība. Nav informācijas par tās tālāku izplatību Latvijā, taču to nevar izslēgt.

*Crypticus quisquilius* (Linnaeus, 1761)

Suga ir vietējās faunas elements; tā apdzīvo galvenokārt smilšainus kserotermiskus biotopus. Saistībā ar klimatiskajām izmaiņām uzmanība jāpievērš arī šai vietējai sugai. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījusies un palielinājies īpatņu skaits populācijās. To apliecina arī mūsu pētījumu dati. Karstas vasaras ir īpaši labvēlīgas šīs sugas attīstībai. Būtiska sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Iespējams, ka arī šī suga var bojāt koku dīgļstus, taču nepieciešami pētījumi šīs hipotēzes apstiprināšanai.

*Oedemera subrobusta* (Nakane, 1954)

Šī ir austrumu, dienvidaustrumu suga, kura izplatās rietumu – ziemeļrietumu virzienā. Informācija par šīs sugas atrašanos Latvijas faunā ir publicēta (Barševskis, 2008). Pašlaik suga izplatījusies lielākajā Latvijas daļā. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga ir antofīla, izēd ziedputekšņus.

*Oedemera femorata* (Scopoli, 1763)

Suga ir vietējās faunas elements, kas apdzīvo galvenokārt smilšainus biotopus. Novērots, ka pēdējos gados suga ir plašāk izplatījusies, ko apliecina arī mūsu pētījumu dati. Būtiska šīs sugas ietekme uz meža ekosistēmām nav fiksēta, taču nepieciešami pētījumi. Suga izplatās galvenokārt Kurzemē un Zemgalē, Latgalē joprojām reti sastopama. Iespējams, tās izplatību limitē zemās temperatūras ziemā.

*Leptura bifasciata* (Müller, 1776)

Suga ir vietējās faunas elements, sastopama galvenokārt Latvijas dienvidaustrumu daļā. Šī koksgraužu suga, kas attīstās celmos, Latvijā līdz šim tika uzskatīta par retu. Parasti vienā vietā tā ir mazskaitlīga - vienkopus tiek novēroti tikai daži īpatņi. Pēdējos desmit gados suga kļuvusi daudz biežāk sastopama Latvijas dienvidaustrumos un izplatās visā Latvijā. Pēdējos gados šī dienvidu suga konstatēta arī Igaunijā.

*Agapanthia violacea* (Fabricius, 1775)

Šī ir ekspansīva koksgraužu suga, kas no Centrāleiropas pēdējos gados strauji izplatās ziemeļu virzienā. Pēdējos dažos gados Polijā konstatētas vairākas jaunas atradnes (Dr. J. Gutowski u.c., mutiska informācija). Šogad suga pirmo reizi konstatēta Latvijā, Daugavpils novada Ilgās – 3 eksemplāri. Visticamāk, arī Latvijā šī suga strauji izplatīsies turpmākajos gados. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; Mežsaimniecībā kaitējumu nenodara.

*Phytoecia pustulata* (Schrank, 1776)

Šī ir kserotermiskās vietās sastopama koksgraužu suga, kas, iespējams, pēdējos gados no Centrāleiropas izplatās ziemeļu virzienā. Šogad suga pirmo reizi novērota Latvijā -

kserotermiskās pļavās Daugavpils novada Muravkos, Dabas parka „Daugavas loki” teritorijā – 2 eksemplāri. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; mežsaimniecībā kaitējumu nenodara. Suga zināma arī Lietuvā. Biotopā, kur suga konstatēta, koleopteroloģiskie pētījumi tiek veikti daudzus gadus, taču agrāk neviens šīs sugas īpatnis nav konstatēts.

*Phytoecia virgula* (Charpenter, 1825)

Ši ir kserotermiskās vietās sastopama koksngrauzu suga, kas arī, iespējams, no Centrāleiropas pēdējos gadu desmitos izplatās ziemeļu virzienā. Sākotnēji suga bija novērota tikai Latvijas dienvidaustrumu daļā. Pašlaik suga izplatījies plašāk, taču galvenokārt – gar Daugavas ieleju. Suga ir zālaugu stublājgrauzis; mežsaimniecībā kaitējumu nenodara. Suga zināma arī Lietuvā.

*Larinus turbinatus* (Gyllenhal, 1835)

Šī mazpazīstamā un mazizpētītā suga Latvijā parādījusies pēdējos gados un tagad strauji izplatās. Sastopama galvenokārt uz zālaugiem, mežmalās, mežmalu pļavās. Nepieciešami papildus pētījumi par sugas bioloģiju.

*Charagmus gressorius* (Fabricius, 1792)

Arī šī smecernieku suga, kas izplatīta Dienvidbaltkrievijā, Polijā un citur, pēdējos gados sākusi strauji izplatīties ziemeļu virzienā. Latvijā mazpazīstama un maz izpētīta suga. Nepieciešami papildus pētījumi par bioloģiju.

Iegūtie rezultāti liecina, ka:

- 1) pēdējos piecos gados novērotas vismaz 24 kukaiņu sugas, kuru pamatāreāli ir uz dienvidiem no Latvijas, taču tās ir konstatētas un izplatās valsts teritorijā. Daļa no šīm sugām ir ekspansīvas, taču neviena nav nozīmīgs kaitēklis. Visticamāk, šo sugu izplatība ziemeļu virzienā liecina par klimata izmaiņām;
- 2) saistībā ar klimatiskajām izmaiņām būtiski veikt monitoringu arī vietējām dendrofāgo kukaiņu sugām, kuru attīstībai īpaši labvēlīgas ir karstas vasaras;
- 3) lielākā daļa sugu, kas var liecināt par klimata izmaiņām, visbiežāk parādās Latvijas dienvidaustrumu daļā un jūras piekrastē, pagaidām retāk – Latvijas centrālajos un ziemeļu rajonos, taču gadījumi ar *Oxythirea funesta* vai *Leptura bifasciata* liecina, ka sugas var diezgan strauji izplatīties gandrīz visā valsts teritorijā. Kā vietējai faunai netipisko sugu izplatības koridori, pirmkārt, varētu būt Daugavas senleja (īpašs mikroklimats, dienvidu ekspozīcijas ielejas nogāzes). Otrkārt, tās varētu būt atklātās lauksaimniecībā izmantojamās teritorijas, atmatas un pļavas, kas pieguļ Baltkrievijas un Lietuvas teritorijām. Pa tām kā koridoriem ienāk virkne vietējai faunai neraksturīgu sugu. To apstiprina pētījumi, kas veikti Daugavpils novada Ilgās, kur atklātās teritorijas robežojas ar plašu meža masīvu, un katru gadu tiek konstatētas šādas sugas;
- 4) iespējams turpināt šāda veida pētījumus un mēģināt modelēt atsevišķu mežsaimniecībai nozīmīgu dienvidu sugu iespējamo izplatību ziemeļu virzienā.



## 4. Dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās draudu izvērtējums

Dendrofāgo kukaiņu masveida savairošanās ir neatņemama mežsaimniecības problēma, kas būtiski ietekmē valsts ekonomiku (Schönrogge, Crawley, 2000; Stireman et al., 2005; Wilson et al., 2005). Mežu ekosistēmām draudus rada arī potenciāli invazīvās sugas, kuru invāzijas risku palielina intensīvā starpvalstu tirdzniecība (Menu et al., 2000; Niemela, Mattson, 1996; Petzoldt, 2002; Robinson, 2005). Dendrofāgu savairošanās vēstures izpēte liecina, ka to uzliesmojumu biežums laika gaitā pieaug, un tiem ir cieša saistība ar globālām klimata izmaiņām (Fleming, Volney, 1995; Hance et al., 2007; Kollár et al., 2009; Stireman et al., 2005). Pirmās ziņas par kaitēkļu masveida uzliesmojumiem pasaulē ir aprakstītas, tikai sākot ar 18. gadsimtu (Hance et al., 2007; Moraal, Akkerhuis, 2010; Stireman et al., 2005; Wilson et al., 2005).

Vairākumam mizgraužu, koksngraužu, smecernieku un lapu alojošo lapseņu un tauriņu sugu ir raksturīgi skaidri izteikti savairošanās cikli, kas periodiski, neatkarīgi no izplatības reģiona, atkārtojas. Jāatzīmē, ka miera periods starp uzliesmojumiem šīm kukaiņu sugām ir noteikts, tāpēc savairošanās kļūst aptuveni paredzamas (Brockhoff et al., 2006; Estay et al., 2008; pēc IPCC 2007 datiem). Savukārt, to uzliesmojumu norise, kuriem nav skaidru ciklisku iezīmju, skaidrojama ar pēkšņām reģionālām klimata izmaiņām – piemēram, pēkšņu sausumu vai karstumu (Battisti, 2006; Berryman, 1996). Turklāt, informācija liecina, ka sezonālās klimatiskās izmaiņas, kas ietekmē kaitēkļu uzliesmojumus, netieši veicina to parazītoīdu savairošanos nākamajā gadā (Allard et al., 2003; Ashworth, 2001; Wilson et al., 2005). Lai gan daudzām kaitēkļu sugām ir noskaidroti savairošanos veicinošie klimatiskie apstākļi, līdz šim nebija tiešas skaidrības, kā tie saistāmi ar kaitēkļiem nozīmīgāko parazītoīdu bioloģiju, un kā tas ietekmē saimnieka – parazīta savstarpējās attiecības (Ford, Shaw, 1991; Hill et al., 1999; Kollár et al., 2009; Schroeder 2008).

Pašlaik Latvijā vairāk ir pētīta ekoloģija sekojošām meža kaitēkļu sugām: priežu sprīžotājam (*Bupalus piniarius*), egļu mūķenei (*Lymantria monacha*), priežu pūcītei (*Panolis flammea*), priežu parastai zāglapsenei (*Diprion pini*), priežu rūsganai zāglapsenei (*Neodiprion sertifer*), priežu sfingam (*Hyloicus pinastri*), egļu astoņzobu mizgrauzim (*Ips typographus*), lielajam priežu smecerniekam (*Hylobius abietis*). Pētījumu rezultātā ir noskaidroti praktiski aspekti šo sugu monitoringam, kontrolei. Latvijā 2008. gadā pirmo reizi notika viena no pasaulē agresīvākajiem kaitēkļiem – ozolu mūķenes (*Lymantria dispar*) savairošanās. Pirms tam nebija praktiski nekādas informācijas par šī dendrofāga ekoloģiju Latvijā. Šis gadījums pierāda, ka jāpievērš uzmanība tām sugām, kuras Latvijā konstatētas salīdzinoši nesen vai arī sastopamas līdzīgu klimatisko apstākļu reģionos citur pasaulē.

Šī pētījuma mērķis ir sniegt informāciju par jau apskatītu un jaunu (karantīnas) kaitēkļu sugu iespējamiem sagaidāmajiem savairošanās riskiem tuvāko 100 gadu laikā Latvijas teritorijā – mainoties klimatiskajiem apstākļiem, turklāt noskaidrot, kā šo

savairošanos var ietekmēt to būtiskākie parazītoīdi un veģetācijas perioda izmaiņas nākotnē.

Pētījuma ietvaros vākta un apkopota informācija par nozīmīgāko dendrofāgo sugu ekoloģiju, tai skaitā no teritorijām, kurās klimats līdzīgs kā Latvijā nākotnē prognozētais. Noskaidroti būtiskākie meža kaitēkļu parazītoīdie organismi (balstoties uz kaitēkļu mirstības pētījumiem), kā arī optimālā temperatūra to maksimālajai auglībai (apskatot informāciju, kas iegūta to reproduktivitātes pētījumos). Savairošanās kritisko punktu izvēlei atlasīti literatūrā pieejamie dati par savairošanās reģionos esošajiem klimatiskajiem apstākļiem (pārsvārā gaisa temperatūras), kombinējot tos ar Latvijā un pasaulē veiktajiem vidējo temperatūru prognožu modeļiem (pamatā izmantojot U.Bethera (2012) un IPCC (2007) datus). Lai novērtētu kaitēkļu kritiskos savairošanās sākumperiodus nākotnē, tika atlasītas vidējās un maksimālās temperatūras vasarā, sākot no maija līdz septembrim (kas ir pieci mēneši – literatūrā aprakstītais vidējais „sildo” mēnešu optimums, kas nepieciešams vairumam meža kukaiņu sugu normālai attīstībai vasaras laikā) (Lynn, 2009; Moretti et al., 2010). Zinot to, ka vairumam meža kaitēkļu sugu uzliesmojumus veicina vasaras temperatūras virs 25 °C, kas ilgākas par vienu nedēļu (Hance et al., 2007; Singh, Satyanarayana, 2009; Venette, Abrahamson, 2011), starp vidējām un maksimālajām „sildo” mēnešu temperatūrām (pēc LVĢMA datiem) aprēķināts vidējais rādītājs (turpmāk tekstā - vidējais izkliedes rādītājs). Kopējais vidējais izkliedes rādītājs starp maksimālo un vidējo temperatūru Latvijā vasarā ir 24,4 °C. Starpības starp šo rādītāju un kaitēkļa savairošanās vidējām temperatūrām, kā arī starp parazītoīda vidējām attīstībai optimālām temperatūrām ļauj noskaidrot kaitēkļu kritiskos savairošanās sākumperiodus nākotnē, un vai tos ietekmēs parazītoīdu bioloģija.

Papildus uzskaitītajiem analizēti šādi faktori – patogēnu maksimālai reprodukcijai optimālās temperatūras, dendrofāgu un to parazītoīdo organismu attīstībai kritiskais lietavu perioda ilgums un laiks vasarā. Veikts kritisko sausuma periodu un salcietības rādītāju salīdzinājums uz klimata scenāriju fona. Zinot parazītoīdu attīstības laikus vasarā un prognozētās veģetācijas perioda izmaiņas, iespējams paredzēt to savairošanās perspektīvas un lomu dendrofāgu ierobežošanā. Salcietības un sausumizturības dati ļauj spriest par dendrofāgu pielāgotību reģionālām meteoroloģiskām izmaiņām.

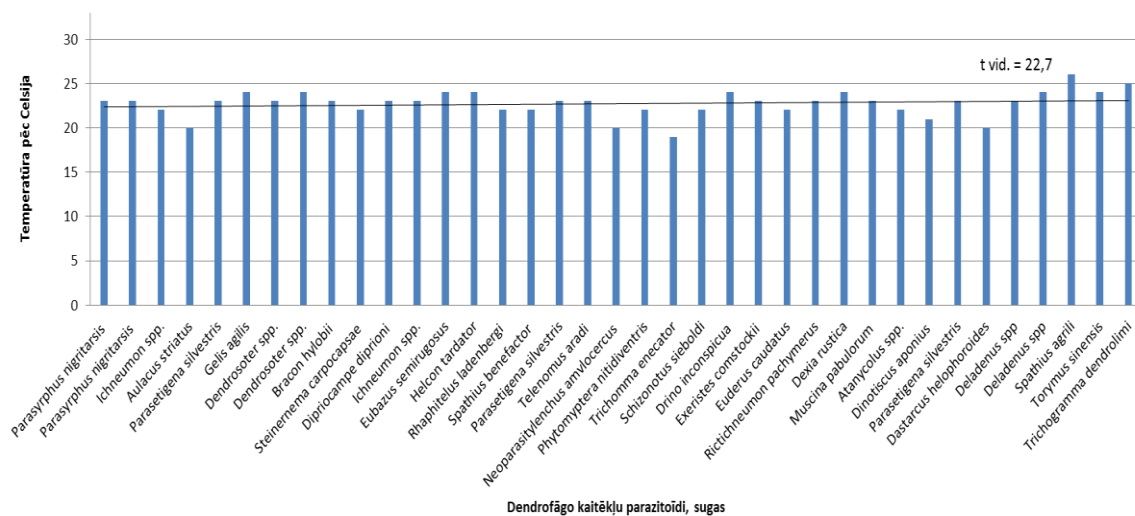
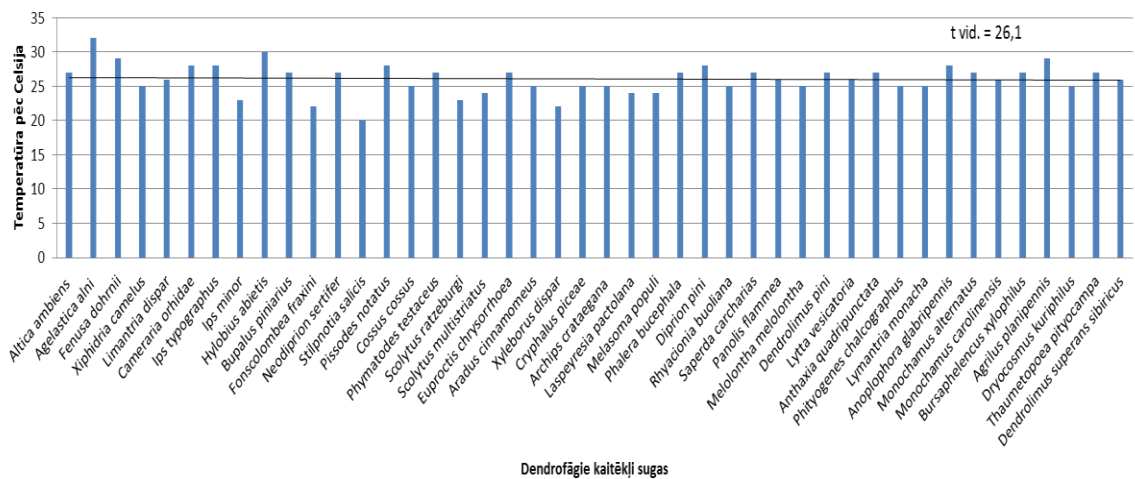
Lietavu un sausuma periodu ietekmes novērtējums dendrofāgiem salīdzinājumā ar parazītoīdiem ir atlasīts atšķirīgi. Novērtēta lietaino un „bezrokrišņu” dienu ietekme uz dendrofāgu preimago (pamatā kāpuru) attīstību, bet parazītoīdiem – uz imago. Šāds salīdzinājums ir loģisks un skaidrojams ar abu organismu grupu bioloģiju, jo parazītoīdu imago un dendrofāgu preimago stadijas ir pārsvārā sastopamas paralēli vienā laika periodā. Šādā veidā noskaidrots, ar kuru nepārtraukto lietavu vai sausuma dienu sāk būtiski samazināties dendrofāgu kāpuru barošana un parazītoīdu saimnieku meklējumi, un kad abu organismu grupu mirstība pārsniedz 50% robežu. Šie dati iegūti, balstoties uz kaitēkļu un parazītoīdu mirstības pētījumiem laboratorijās un lauka apstākļos, novērtējot šo organismu populāciju izmaiņas.

Altasīti arī pēc literatūras datiem būtiskākie kaitēkļu patogēni, noskaidrojot tiem optimālās savairošanās temperatūras, lai vērtētu efektīvākos kontroles aģentus kaitēkļu monitoringā, un kāda ir to izmantošanas perspektīva nākotnē. Zinot, ka konkrētiem kukaiņiem – kaitēkļiem ir specifiski attīstības ciklu garumi (Brockerhoff et al., 2006; pēc

IPCC 2007 datiem), ir apkopota informācija par vienai kukaiņu paaudzei nepieciešamā veģetācijas perioda ilgumu vienā vasarā, tā salīdzināta ar esošo un nākotnē paredzēto veģetācijas periodu garumu. Salīdzināšana veikta pēc atbilstības, nolieguma principa. Analīzei papildus iekļautas karantīnas sugas, kas apdzīvo attālus, Latvijai līdzīgus klimatiskos reģionus: *Anoplophora glabripennis*, *Monochamus alternatus*, *Monochamus carolinensis*, *Bursaphelenus xylophilus*, *Agrilus planipennis*, *Dryocosmus kuriphilus*, *Thaumetopoea pityocampa*, *Dendrolimus superans sibiricus*.

### Klimatisko faktoru ietekme uz dendrofāģiem kukaiņiem un to parazītoīdiem

Aplūkojot pieejamo informāciju, noskaidrots, ka pastāv uzskatāma atšķirība starp maksimālai reprodukcijai nepieciešamajām temperatūrām dendrofāģiem un to parazītoīdiem. Kaitēkļu vairākums zināmo maksimālo pēcnācēju skaitu sasniedz vidēji pie 26,1 °C, kamēr to parazītoīdi – vidēji pie 22,7 °C (4.1. att.).



4.1.attēls. Kaitēkļu savairošanās un to parazītoīdu reprodiktivitātei optimālo temperatūru sadalījums pa sugām.

Augstākās savairošanās temperatūras raksturīgas lapgraužiem (*A. ambiens* – pat virs 30°C). Salīdzinoši augstas (vidēji 22,7°C) savairošanās temperatūras raksturīgas tieši ksilofāgiem – koksngraužiem, mizgraužiem, smecerniekiem un krāšņvabolēm, jo to preimago attīstības sekmes lielā mērā atkarīgas no pieejamā ūdens daudzuma koksnē, kas kokiem nereti ir vienīgais vielu apmaiņas depoziits ilgstošos stresa apstākļos - karstuma, sausuma periodos (Raniuss, Janson, 2000; Schroeder, 2002; Tan et al., 2010).

Ksilofāgu savairošanās pie salīdzinoši augstām temperatūrām bieži skaidrojama ar to pielāgošanos baroties izdegušās meža platībās, vējgāzēs un izcirtumos, kur raksturīga palielināta saules radiācija (Lombardero et al., 2000; Mellec et al., 2011; Ozols, 1985). Turklāt, pastāv teorija, ka labvēlīgos augšanas apstākļos koki visaktīvāk izmanto ķīmiskos aģentus, kas kavē ksilofāgu preimago attīstību koksnē (Bakke, 1968; Bouget, Duelli, 2004).

Daudzu dendrofāgu tauriņu vidējā savairošanās temperatūra pārsniedz vidējo rādītāju dendrofāgajiem kukaiņiem (pamatā *Lymantriiade* dzimta), jo salīdzinoši karstākā gaisā to mātītes aktīvāk izdala feromonus, tādējādi ievērojami palielinot iespējas apaugļoties (Dwyer et al., 2004; Stefanescu et al., 2003; Toffolo et al., 2006).

Dendrofāgu parazītiem raksturīgas specifiskas savairošanās temperatūras, parasti – nelielā intervālā (Grillenberger et al., 2009; Yang et al., 2005). Tie bieži savairojas pēc kaitēkļu uzliesmojumiem nākamajā gadā, kad nereti novērojamas salīdzinoši zemākas vidējās sezonas temperatūras, salīdzinot ar iepriekšējo, kaitēkļa populācijas uzliesmojuma, gadu (Haris, 2009; Moiroux et al., 2012). Piemēram, vairākumam olu parazītu karstumā pieaug enerģijas un ūdens patēriņš. Ņemot vērā, ka vairākums parazītoīdu ir salīdzinoši mazāki par saimniekorganismiem un to imago nebarojas, domājams, ka karstā, sausā laikā mātītes, aktīvi meklējot saimniekorganismus, būtiski reducē pēcnācēju skaitu, daļu iznēsājamo olu lizējot ūdens un enerģijas saglabāšanas nolūkā (Moiroux et al., 2012). Lai gan vairākums universālo parazītoīdu ir aktīvi temperatūrā virs 25°C, saimniekam specifiskiem vidēji ir jāveic salīdzinoši lielāks attālums saimniekorganisma meklējumos (Moiroux et al., 2012; Tarmo et al., 1996). Turklāt, vairākums no apskatītajiem parazītoīdiem ir speciālisti – jo parazītē tikia noteiktas sugas, dzimtas ietvaros.

Atšķirības starp optimālajām savairošanās temperatūrām netieši liek domāt, ka kaitēkļi savairojas tajos temperatūras intervālos, kuros nespēj optimāli vairoties tiem specifiskie parazītoīdi. Tomēr šādam apgalvojumam nav viennozīmīga pamata, jo saimniekorganismu un parazītu savstarpējo bioloģiju ietekmē konkrētu sezonālo klimatisko svārstību ierosināta to uzvedības un ekoloģisko stratēģiju maiņa (Tauber et al., 1986).

Noskaidrojot kopējo vidējo izkliedes rādītāju starp maksimālo un vidējo temperatūru vasarā, un tā vērtību atskaitot no optimālo savairošanās temperatūru vērtībām, iegūta starpība, kas parāda to grādu skaitu pēc Celsija, kuri nepieciešami, lai sasniegtu absolūtos savairošanās apjomus līdz kritiskajam līmenim, ļaujot sugai pārsniegt ekoloģisko kapacitāti (4.2. att.). Negatīvās vērtības norāda, ka esošie klimatiskie apstākļi ir jau virs savairošanās optimuma (lai gan, cik tas ir būtiski – pagaidām nav zināms) un ka konkrētā suga patlaban pielāgojas jauniem apstākļiem, vai arī turpina dzīvot nelabvēlīgākos apstākļos (iespējams, pie samazināta pēcnācēju skaita). Neitrālā vērtība (nulle) atbilst kopējam vidējam izkliedes rādītājam starp maksimālo un vidējo temperatūru vasarā, kas ir 24,4 °C. Ņemot vērā IPCC 2007. g. izvirzītos 3 klimata prognožu scenārijus (mēreno, vidējo un nozīmīgo izmaiņu

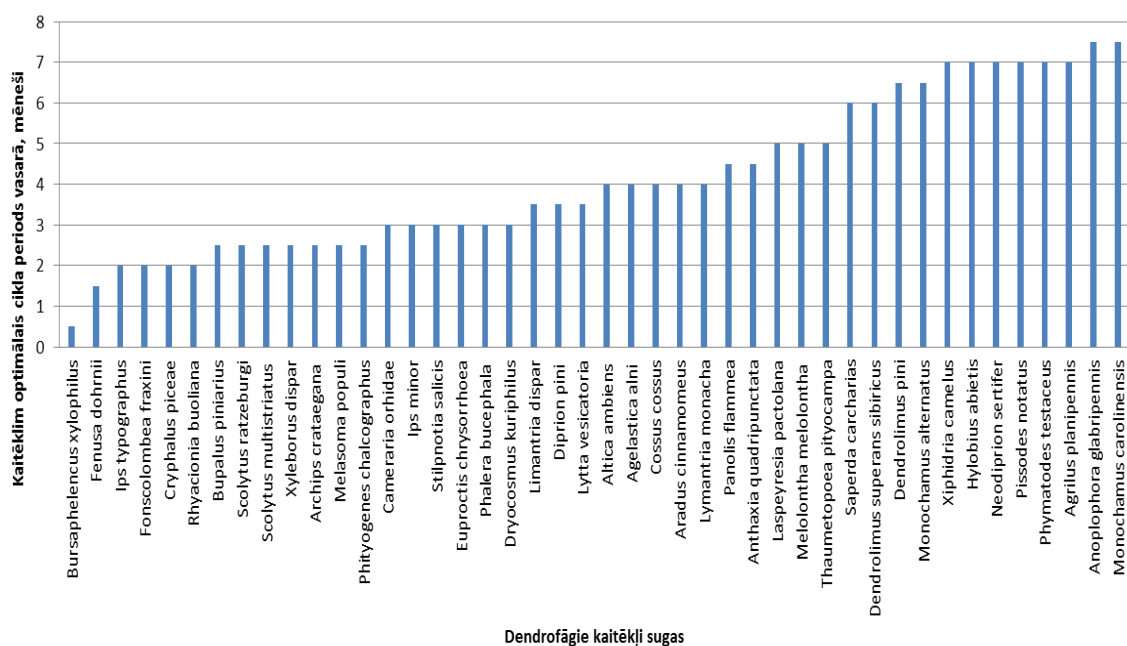


Vairumam parazītu sugu raksturīgas negatīvas starpību vērtības (vidēji  $-1,69\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Vairākums parazītu sugu ir aktīvi sezonas periodos, kad saimniekorganisms ir neaktīvs vai mazaktīvs – parasti rudenos un pavasaros, kad gaisa temperatūras ir zemas, bet pietiekošas, lai saglabātu parazīta aktivitāti. Klimata izmaiņu ietvaros pieaugot vidējām gaisa temperatūrām rudenos un pavasaros, parazītu aktivitātei nākotnē joprojām pieņem divus scenārijus:

1) tā samazināsies un samazināsies arī pēcnācēju skaits, līdz ar to kaitēkļu populācijas būtiskāk ietekmēs citi limitējošie faktori;

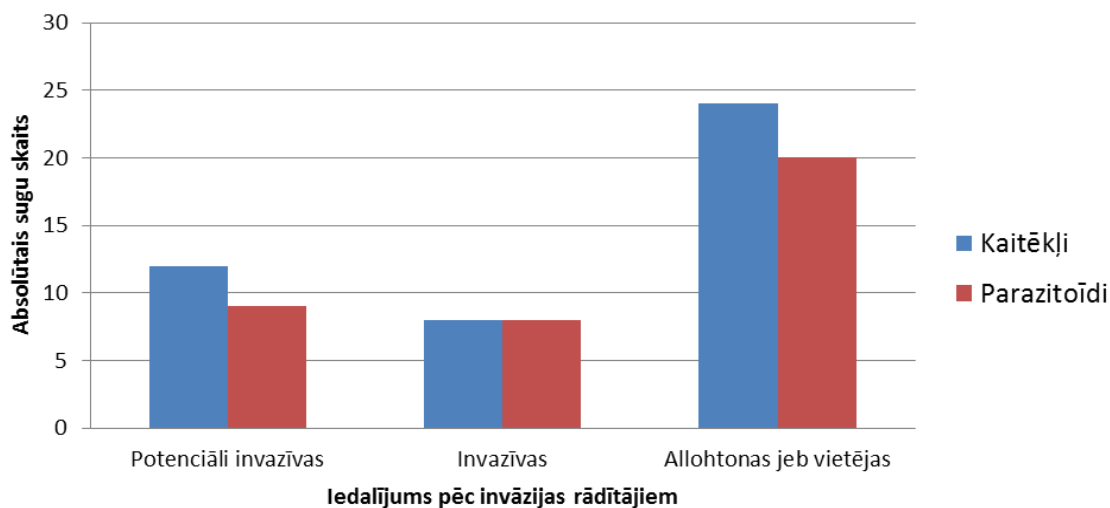
2) tā novirzīsies uz agrākiem laika periodiem pavasarī un vēlākiem rudenī, saglabājot vai nedaudz samazinot pēcnācēju skaitu, kā arī savu ekoloģisko nozīmi kaitēkļu limitācijā (Shaw, Huddleston 1991; Anonymous 2008a).

Pašlaik Latvijā veģetācijas periods vidēji ilgst 5,5 – 6 mēnešus. Saskaņā ar projekta iepriekšējos pārskatos atspoguļoto informāciju, vidēju izmaiņu scenārijs paredz agrāko salnu iestāšanos tuvā nākotnē vidēji no oktobra beigām (veģetācijas periods – 6,5 mēn.), bet tālā – vidēji no novembra sākuma (veģetācijas periods – 7 mēn.); savukārt, nozīmīgu izmaiņu scenārijā tuvā nākotnē – no novembra sākuma, bet tālā nākotnē - pat no decembra vidus. Šādu izmaiņu scenārijs viennozīmīgi norāda, ka nākotnē r – stratēģiem būtiski pieaugs paaudžu skaits sezonā, palielinot kaitēkļu populāciju kopapjomus, paaugstinot ikgadējo mežu defoliācijas intensitāti. Kaitēkļiem palielinot paaudžu skaitu sezonā, būtiski pieaug to savairošanās risks. Gandrīz pusei no apskatā ietvertajiem dendrofāģiem vienas paaudzes attīstība norit līdz 3 mēnešiem (4.3. att.). Tas nozīmē, ka šīs kaitēkļu sugas teorētiski spēs sasniegt pat 3 paaudzes gadā nozīmīgu pārmaiņu scenārijā tālā nākotnē. Tikai 18 % no apskatā ietvertajām sugām nepalielinās paaudžu skaitu tālā nākotnē vienas sezonas ietvaros, jo to attīstības cikli ilgst vidēji 7 – 7,5 mēnešus.



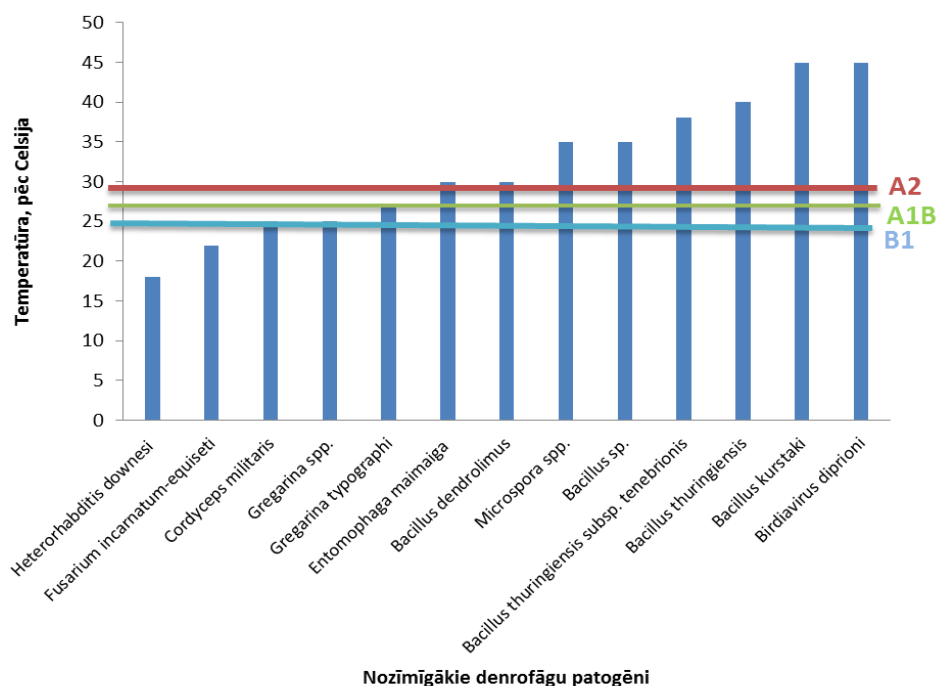
4.3.attēls. Dendrofāģo kaitēkļu sugu optimālai attīstībai piemēroto periodu ilgums mēnešos vasaras laikā Latvijā.

Apskatot dendrofāgo kaitēkļu un to parazītoīdu sadalījumu pēc invāzijas rādītājiem, redzams, ka pastāv līdzīgas sadalījuma proporcijas starp abiem (4.4. att.). Tas nozīmē, ka invāzijas potenciāls un varbūtība vairākumam kaitēkļu sugu ir līdzīgs to būtiskākajiem parazītoīdiem.



4.4.attēls. Dendrofāgu un to parazītoīdo organismu sugu sadalījums pēc invāzijas riska rādītājiem.

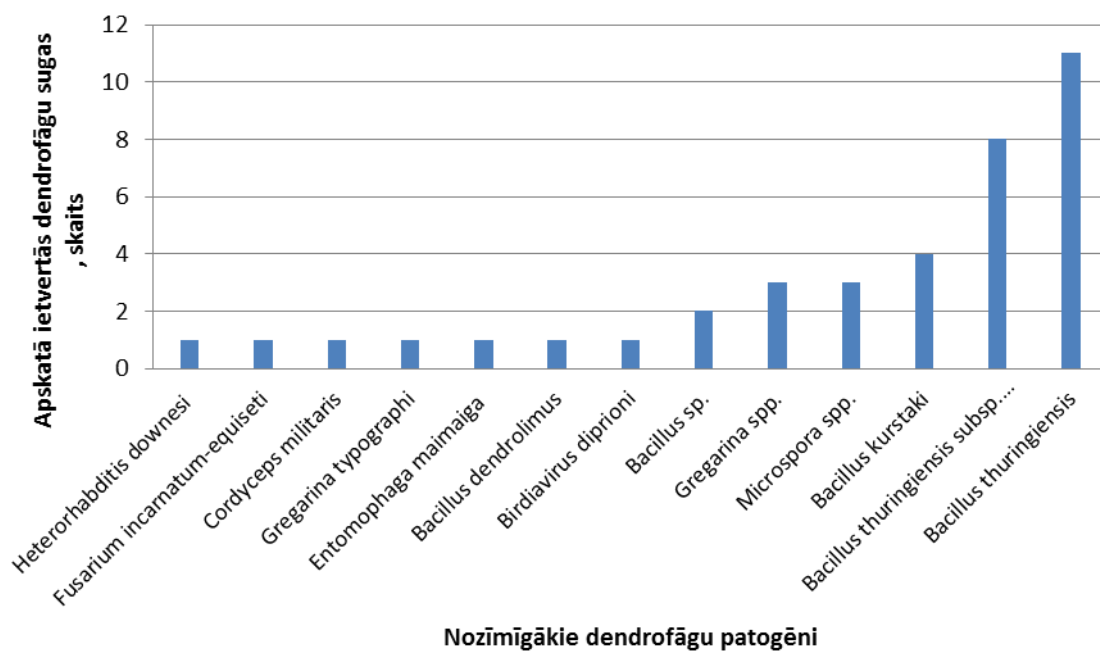
Aplūkojot pieejamo informāciju, noskaidrots, ka pastāv uzskatāma atšķirība starp dendrofāgu patogēniem raksturīgajām optimālajām savairošanās temperatūrām (4.5. att.). Ņemot vērā IPCC 2007.g. klimata prognozes, redzams, ka nākotnē nozīmīgu klimatisko izmaiņu gadījumā būtiska nozīme dendrofāgu limitācijā būs bakteriālajiem un vīrussaturošajiem kontroles preparātiem. Piemēram, vairākuma *Bacillus* spp. optimālās temperatūras vidēji par 11,4 °C pārsniedz nozīmīgo izmaiņu scenārija vidējo temperatūru Eiropā. *Bacillus* ģints savairošanās vidējais diapazons starp dažādām sugām sasniedz 20 °C, kamēr pārējiem apskatā ietvertajiem patogēniem – vidēji 7–12 °C.



4.5.attēls. Dendrofāgo kaitēkļu patogēnu optimālās savairošanās temperatūras salīdzinājumā ar prognozētajām (IPPC, 2007.g., scenāriji: A2– nozīmīgo, A1B– vidējo, B1– mēreno izmaiņu scenārijs).

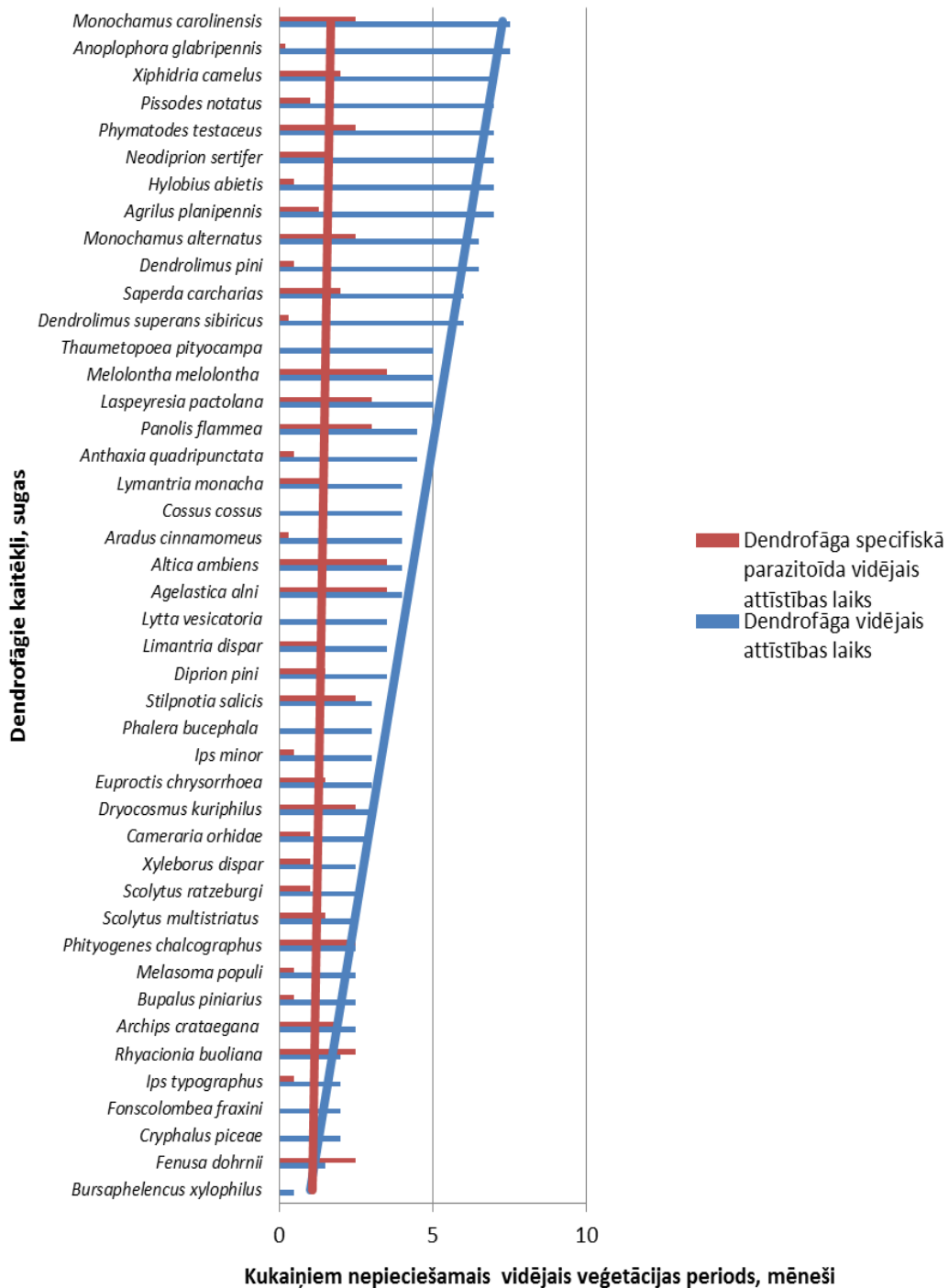
Tas liek domāt, ka tauriņi, zāglapsenes, lapgrauži, un mizgrauži būs tie dendrofāgi, kuru savairošanos tālā nākotnē visvairāk ierobežos tieši bakteriālo un vīrusu patogēnu ietekme; to pierāda arī lielāks *Bacillus thuringiensis* invadējamo saimniekorganismu sugu skaits salīdzinājumā ar pārējiem patogēniem (4.6. att.). Savukārt, tikai divu patogēnu (*Cordyceps militaris* un *Gregarina* spp.) savairošanās sasniedz optimumu mēreno izmaiņu scenārija gadījumā (4.5. att.), bet vidējo izmaiņu scenārija gadījumā sagaidāma dažādu mikrosporiju, *Entomophaga* spp. un dažu *Bacillus* spp. ietekme. Domājams, ka vidējo izmaiņu scenārija gadījumā tieši dendrofāgie tauriņi un zāglapsenes cietīs no tiem specifisku patogēnu ietekmes. Savukārt, *Heterohabditis downesi* ietekme uz *Hilobius abies* (lielo priežu smecernieku) un *Fusarium incarnatum – equiseti* ietekme uz *Dryocosmus kuriphilus* (pangu lapseni) nākotnē varētu samazināties. Pastāv teorija, ka, samazinoties mēreniem klimatiskajiem apstākļiem raksturīgo patogēnu ietekmei, klimata izmaiņu rezultātā to nišu aizņems subtropiskiem reģioniem raksturīgie analoģu kukaiņu taksonu patogēni (Dunphy, Chadwick, 1984).





4.6.attēls. Nozīmīgāko dendrofāgu patogēnu sadalījums pēc saimniekorganismu (dendrofāgu) skaita.

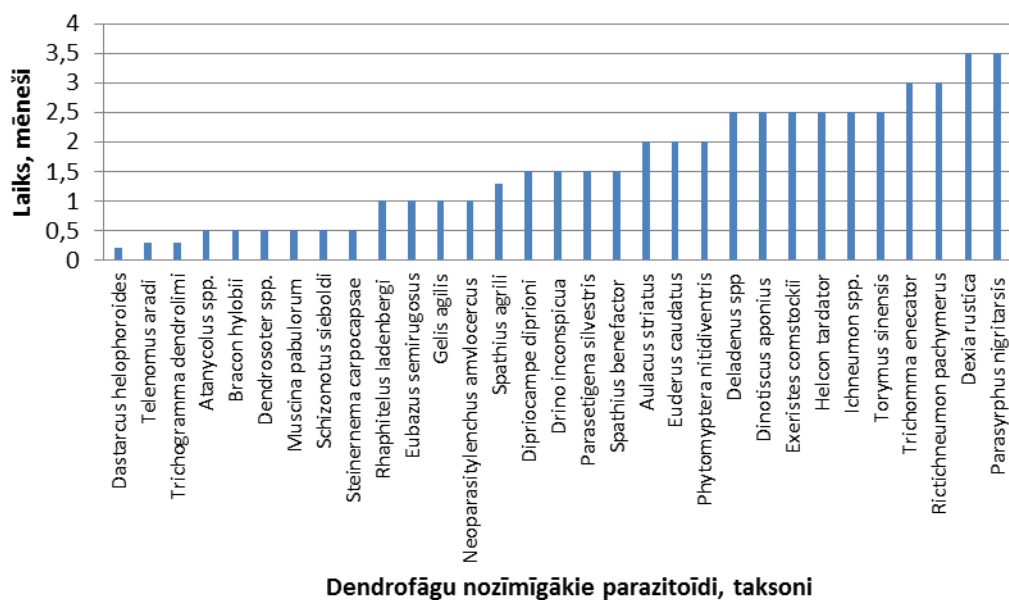
Vidējais dendrofāgu attīstības ilgums ir 4,1 mēneši, kamēr to parazitoīdu attīstības cikls vidēji ir 1,7 mēneši veģetācijas periodā (4.7. att). Turklāt, dendrofāgu sugām ar salīdzinoši garākiem attīstības cikliem nav raksturīgi parazitoīdi ar salīdzinoši garākiem attīstības cikliem ( $R^2 = 0,03$ ) salīdzinājumā ar pārējām parazitoīdu sugām, kā tas sākotnēji tika pieņemts (4.7. att.). Tas skaidrojams ar parazitoīdu pielāgošanos saimniekorganismu dzīves ciklam koevolūcijas procesā (Dowden, 1939; Hudson et al., 2012; Wallner, 1987).



4.7.attēls. Dendrofāgo kukaiņu un to specifisko parazitoīdu sugu attīstības ciklu garumu salīdzinājums veģetācijas periodā.

Tomēr informācija literatūrā un iegūtie rezultāti liek domāt, ka tie parazitoīdi, kas ir aktīvi galvenā veģetācijas perioda sākumposmā un beigu posmā, spēs pielāgoties nozīmīgā izmaiņu scenārija gaitai, un to ietekme novirzīsies uz agrākiem laika periodiem pavasarī un vēlākiem rudenī, nedaudz samazinot pēcnācēju skaitu, kā arī savu ekoloģisko nozīmi kaitēkļu limitācijā. To pierāda arī apskatā ietvertās koksngrauzu sugas, kuru attīstības ciklu garumi pārsniedz mūsu apstākļiem raksturīgo 5,5 mēnešu veģetācijas periodu; izplatības

reģions aptver gan mērenās zonas Viduseiropā, gan taigas areālus Ziemeļeiropā, bet tiem specifisko parazitoīdu sugu sastāvs saglabājas nemainīgs teritorijās ar atšķirīgu klimatu (Wallner, 1987; Yang et al., 2005). Interesanti, ka tieši lapgraužu parazitoīdiem (pamatā *Tachinidae* kāpurmušas) ir visgarākie attīstības cikli (4.7. un 4.8. att.), kas gandrīz pilnībā aizņem dendrofāga attīstības ciklu. Turklāt, kāpurmušu optimālās savairošanās temperatūras ir zemākas par 25 °C (Frouz et al., 2003; Hanski, 1977).

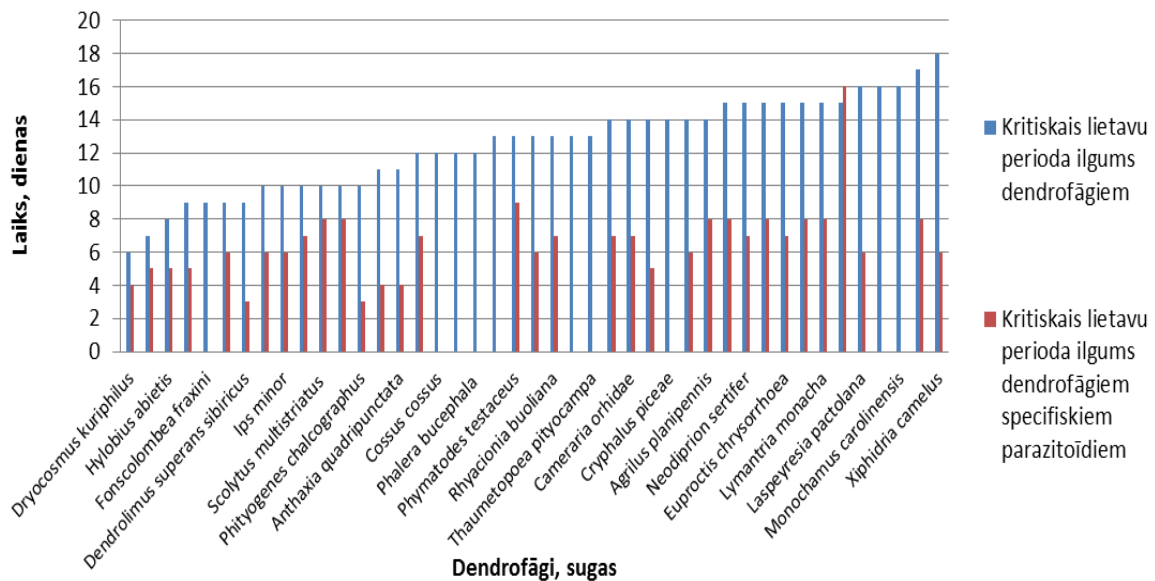


4.8.attēls. Nozīmīgāko parazitoīdo organismu attīstības laika sadalījums galvenajā veģetācijas periodā.

Jauniegūtie dati apstiprina iepriekš izvirzītos secinājumus par lapukoku apdraudētību tālā nākotnē, jo efektīvāka ir to parazitoīdu ietekme, kuru attīstības cikla garums vasaras periodā ir vismaz 3 reizes mazāks nekā to saimniekorganismiem (McManus, Liebhold, 2002; Wallner, 1987). Apskatot nozīmīgāko parazitoīdo organismu attīstību, redzams, ka 43 % parazitoīdu taksonu tā ir vismaz 3 reizes īsāka nekā to saimniekiem (4.7. un 4.8. att.).

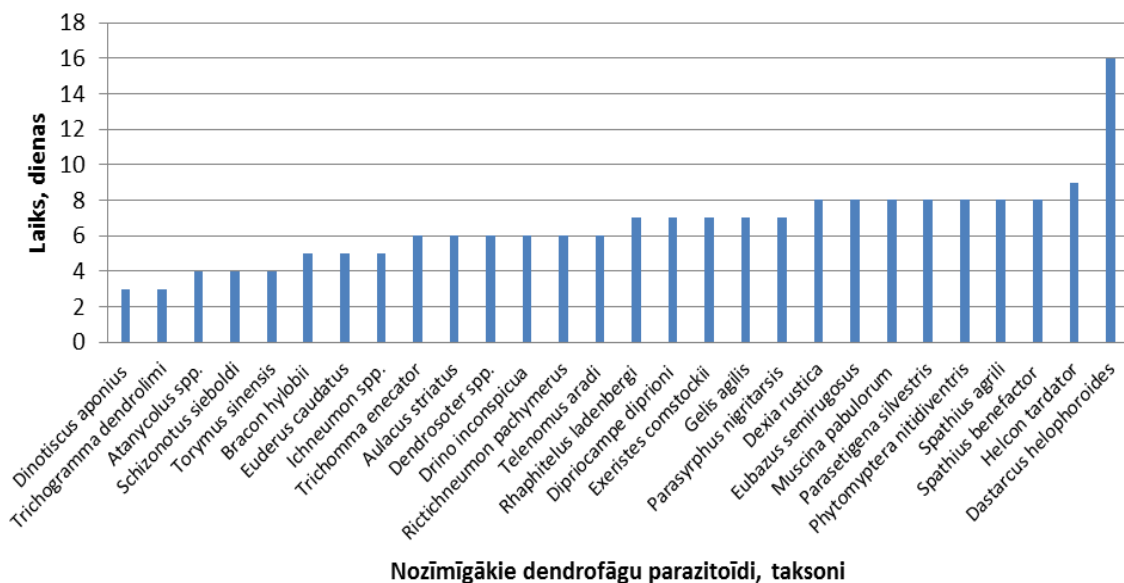
Vidējām temperatūrām nākotnē pieaugot, pieaugs arī evapotranspirācijas intensitāte un vidējais nokrišņu apjoms gadā. Vairākums modeļu liecina, ka veģetācijas periodā palielināsies par 5 dienām garāku bezlietus periodu biežums, tomēr iespējami arī atsevišķi garāki lietavu periodi. Lietavu periodi var būtiski ietekmēt visu kukaiņu mirstību, jo vairākums sugu to laikā pārtrauc pārvietošanos un barošanos (Andresen, 2004; Liberal et al., 2011; McManus, Liebhold, 2002; Morgan, 1986).

Apskatot dendrofāgu un to specifisko parazitoīdu kritisko lietavu periodu atšķirīgos rādītājus (4.9. att.), noskaidrots, ka dendrofāgiem tas vidēji sastāda 12,5 dienas, bet parazitoīdiem – 6,6 dienas. Starp dendrofāgu sugām garākie kritisko lietavu periodi ir koksngrauziņiem un māņragastēm (4.9. att.), kas daļēji skaidrojams ar to izteikti slēpto dzīvesveidu, salīdzinoši garākajiem preimago periodiem, atrodoties koksnē (Kenis et al., 2004; Yang et al., 2005).



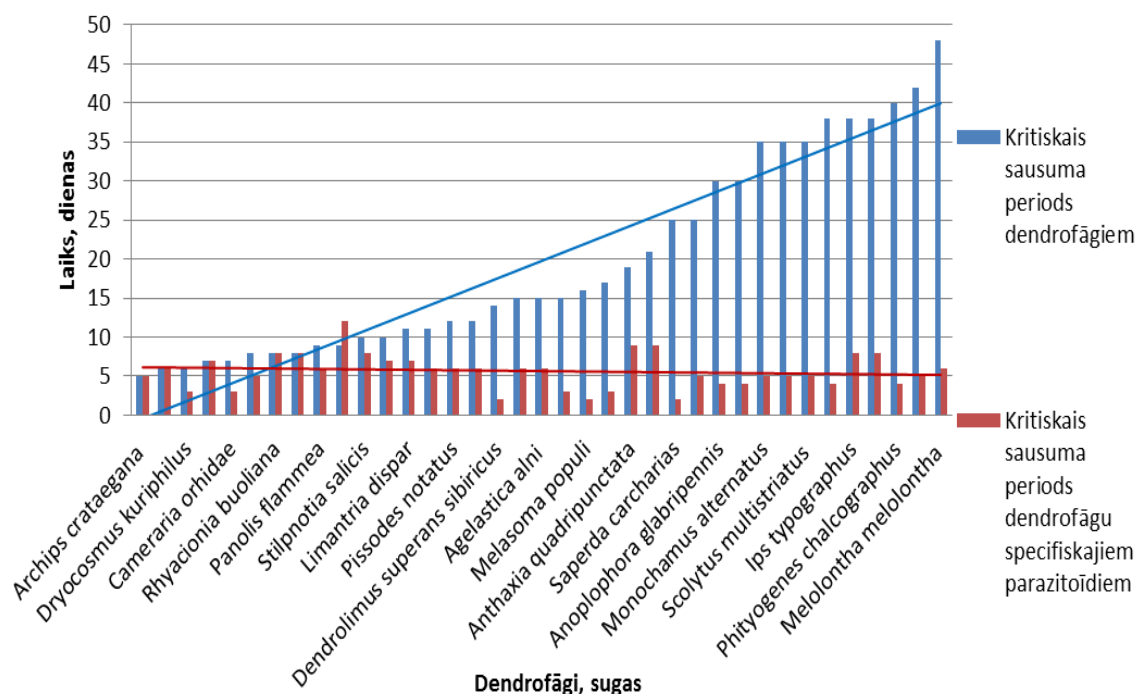
4.9.attēls. Nozīmīgāko dendrofāgu un to specifisko parazītoīdu kritisko lietau periodu salīdzinājums.

Relatīvi zema parazītoīdu lietau „panesamība” skaidrojama ar salīdzinoši lielu parazītisko lapseņu īpatsvaru starp apskatītajiem parazītiskajiem organismiem kopumā (4.10. att.). Parazītisko lapseņu spārnu virsmas laukums ir relatīvi neliels, tāpēc tie samirkst vieglāk (piemēram, salīdzinot ar kāpurmušām – ar salīdzinoši lielāku spārnu virsmu), ievērojami samazinot lidotspējas. Šādā veidā lapsenes nespēj sevi reprodūktīvi realizēt, ļaujot dendrofāgiem netraucēti palielināt populāciju apjomus uz to samazināta parazītisma rēķina (Compton, 2000; Mechi, 1999). Iegūtie dati liek domāt, ka nākotnē parazītu ietekme kopumā uz meža kaitēkļu ekoloģiju kļūs mazsvarīgāka, atklājot brīvas nišas citiem kaitēkļu populāciju limitējošiem faktoriem.



4.10.attēls. Nozīmīgāko parazītoīdu kritisko lietau periodu sadalījums.

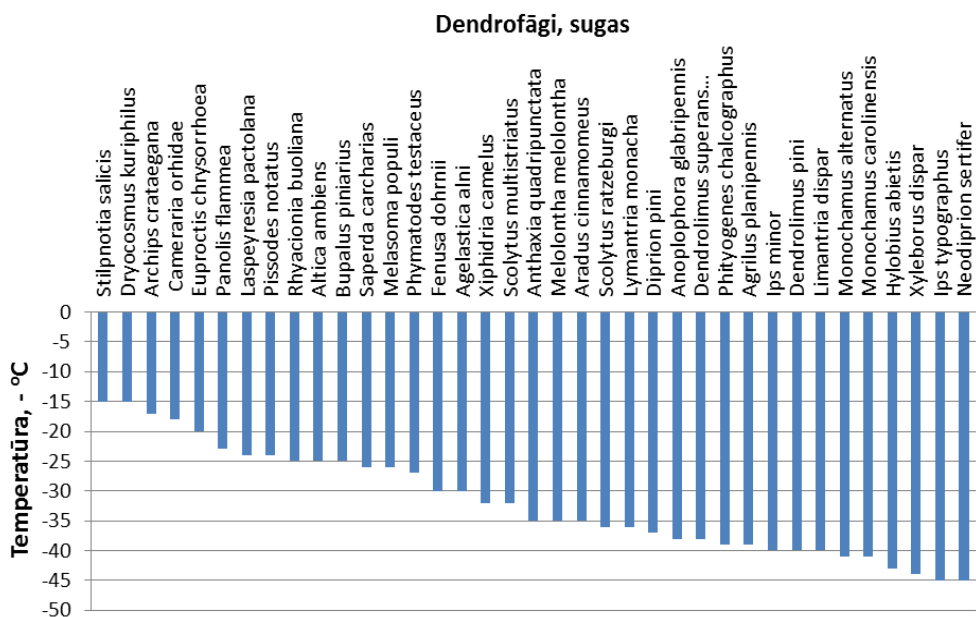
Iegūstot datus par atšķirīgiem sausuma izturības intervāliem abām organismu grupām, noskaidrots, ka ekoloģiskajiem apstākļiem, kādi veidosies saskaņā ar nozīmīgu klimata izmaiņu scenāriju, no dendrofāgiem vislabāk spēs pielāgoties tieši ksilofāgi (4.11. att.), jo to attīstība notiek slēgtā, no saules radiācijas pasargātā vidē – koksnē, kur tie salīdzinoši veiksmīgi izmanto koka uzkrātās ūdens rezerves sava preimago cikla attīstībai (Giuggiola et al., 2010; Tauber et al., 1986). To pierāda salīdzinoši lielākas kritiskā sausuma perioda vērtības, piemēram, mizgraužiem, koksngraužiem un krāšņvabolēm (4.11. att.). Turklāt, sausuma izturība samazinās tieši proporcionāli, samazinoties dendrofāgo kaitēkļu ķermeņa izmēram (piemēram, alotājkodēm) - tātad, ūdens depoziņam (Giuggiola et al., 2010). Tomēr atsevišķu pangu lapseņu un lapgraužu sugas spējīgas izturēt salīdzinoši ilgstošus sausuma periodus (kā *F. dornii* un *A. alni*), kas skaidrojams ar to izcelsmi – pamatareāliem Eiropas dienvidu un centrālajā daļā (Meshkova, 2009; Tauber et al., 1986).



4.11.attēls. Nozīmīgāko dendrofāgu un to specifisko parazītoīdu kritiskā sausuma perioda salīdzinājums.

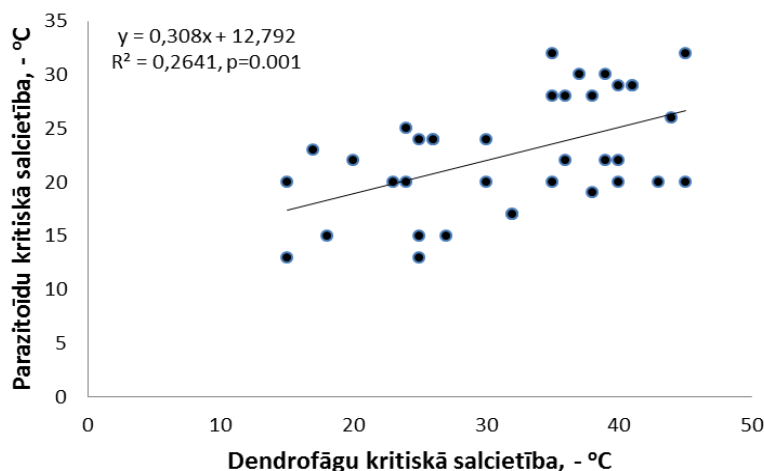
Sausuma periodos visapdraudētākie ir tieši tauriņu un lapgraužu kāpuri, jo pie ekstrēmas evapotranspirācijas augu lapas izstrādā aizsargvaska kārtu, kas ievērojami apgrūtina šo dendrofāgu barošanu (Grinnan et al., 2013; Singh, Choudhary, 2003). Regresijas analīzē noskaidrots, ka nav būtiskas sakarības starp dendrofāgu un to parazītoīdu sausumizturībām ( $R^2 = 0,02$ ), turklāt pusei parazītoīdo organismu sausumizturība ir vidēji vairāk nekā 4 reizes mazāka nekā to saimniekorganismiem (4.11. att.). Tas ļauj domāt, ka daļai dendrofāgu sugu, mainot izplatības reģionus klimatisko izmaiņu rezultātā, mainīsies arī to parazītiskie organismi, un mazāka loma būs specifiskiem, vēsturiskajiem parazītoīdiem.

Salu labāk iztur ksilofāgi (4.12. att.), kas skaidrojams ar to vēsturisko pielāgotību klimatiskiem apstākļiem to izcelsmes areālos, kuri pārsvarā atrodas Palearktikas, Nearktikas ziemeļu reģionos – tundras, taigas biotopos (Bale, Hayward, 2010; Langer, Hance, 2000). Tāpat no analizētajām dendrofāgu sugām salīdzinoši labāk pārvar mūķeņu dzimtas tauriņi (4.12. att.), jo pārziemo olu stadijā (Denlinger et al., 2005). Šo tauriņu olu izmēri un fizioloģiskais sastāvs traucē veidoties ledus kristāliem to iekšpusē pie ekstrēmi zemām temperatūrām. Dažu zāglapšeņu sugu, piemēram, *Neophridion sertifer* eonimfas, ziemojot augsnē, spēj izturēt salu, kas ir zemāks par  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (4.12. att.).



4.12.attēls. Nozīmīgāko kaitēkļu kritisko salcietību sadalījums.

Turklāt, pastāv vāja, bet uzskatāma tieši proporcionāla sakarība starp dendrofāgu un to parazītoīdu kritiskām salcietībām. Vairākumam dendrofāgo kaitēkļu sugu ar salīdzinoši zemāku salcietību raksturīgi parazītoīdi ar proporcionāli zemāku salcietību – un otrādi (4.13. att.).



4.13.attēls. Sakarība starp dendrofāgiem un to parazītoīdiem organismiem raksturīgajām kritiskām salcietībām.

Domājams, to ietekmē ilgstoši evolucionāri procesi, kuru rezultātā parazītoīdi „saskaņojuši” savas pārziemošanas stratēģijas ar saimniekorganismu attīstības cikliem. Turklāt, šāda pielāgošanās notikusi pēc Ledus laikmeta, kad klimats bijis salīdzinoši „vēsāks” (Bale, Hayward, 2010; Tauber et al., 1986). Tāpēc, iespējams, parazītoīdu salīdzinoši vājā pielāgotība saimniekorganismu sausumizturībai pēc pēdējā gadsimta pētījumiem (4.11. att.) netieši norāda, ka klimatiskās izmaiņas – globālā sasilšana – notiek relatīvi strauji, un šī adaptācija vēl nav izstrādājusies.

Veiktās metaanalīzes rezultāti liecina:

- 1) piepildoties nozīmīgu klimata izmaiņu scenārijiem, ievērojami palielināsies ksilofāgo dendrofāgu un lapgraužu sugu savairošanās risks, kas skaidrojams ar to pielāgotību attīstīties dzīvotnēs ar palielinātu saules radiāciju, kuras, savukārt, ir nelabvēlīgas tiem specifisko parazītoīdu attīstībai. Tomēr noskaidrots, ka attiecīgo parazītoīdu aktivitāte saglabāsies, novirzoties uz „agrākiem” laika posmiem pavasarī un salīdzinoši „vēlu” rudeni; palielināsies patogēnu ietekme. To pierāda arī abu organismu grupu – saimnieku-parazītoīdu - savstarpēji līdzīgā izplatība areālos ar dažādiem klimatiskiem apstākļiem;
- 2) koksngraužu, mizgraužu, tauriņu un lapgraužu savairošanos nākotnē salīdzinoši efektīvi var ierobežot ar *Bacillus spp.* baktēriju palīdzību, jo to vidējais savairošanās diapazons par vidēji 20 °C pārsniedz saimniekorganismiem raksturīgās optimālās vairošanās temperatūras;
- 3) domājams, ka 82 % no apskatītajām sugām ir paaugstināts ekstensīvu masu uzliesmojumu risks nākotnē (saskaņā ar jebkuru no klimata izmaiņu scenārijiem), jo prognozējams, ka tikai 18 % apskatīto dendrofāgo kaitēkļu sugu nespēs veidot vairāk par vienu paaudzi veģetācijas perioda laikā;
- 4) garāki sausuma periodi samazinās to dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanos, kurām raksturīgi salīdzinoši nelieli ķermeņa izmēri – t.i., mazāks ūdens depozijs;
- 5) dendrofāgo kaitēkļu sugām ar relatīvi augstu salcietību ir raksturīgi parazītoīdi ar tieši proporcionāli augstu salcietību. To izskaidro specifisko parazītoīdu sugu laika gaitā izveidojusies adaptācija dzīvei reģionos ar līdzīgiem vai analogiem klimatiskiem apstākļiem kā to saimniekorganismiem.

## 5. Bojāto egļu audžu izpēte

### 5.1. Bojāto egļu audžu pētījuma objekti un metodika

Monitorings 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos veikts ar mērķi noteikt koku bojājumu pakāpes izmaiņas egļu bruņuts bojātajās un veselajās vai mazāk bojātajās egļu mežaudžu daļās un novērtēt bojājumu attīstību atkarībā no audzes dendrometriskajiem rādītājiem un augsnes īpašībām.

Bojājumu pakāpe noteikta 2012. gada augustā saulainā laikā, sadalot bojātās egles 3 kategorijās, atbilstoši 2010. gadā pielietotajai metodikai (Lazdiņš, 2010). Par bojātiem kokiem uzskatītas egles, kurām vispirms sākusi brūnēt galotne un pēc tam bojājumi parādījušies arī vainaga lejasdaļā. Bojātie koki tika uzskaitīti 3 bojājumu pakāpēs:

1. – 1/3 no vainaga (kalstoša koka galotne, pārējās vainaga daļās bojājumi ir nelieli);
2. – 2/3 no koka vainaga (koks zaudējis lielāko daļu skuju, būtiski bojājumi visā vainagā);
3. – koks zaudējis visas skuju, bet iespējami nelieli zaļi jaunie dzinumi.

Paralēli bojājumu pakāpes izmaiņām novērtēta egļu astoņzobu mizgrauža izplatība parauglaukumos. Visos 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos, kas nav nozāģēti sanitārajā cirtē, apsekoti un uzmērīti astoņzobu mizgrauža bojātie koki bojātās koksnes apjoma aprēķināšanai uz vienu hektāru. Kopumā apsekotas 23 audzes, katrā audzē 2 parauglaukumi. Katrai eglei apsekoti trīs 6 dm<sup>2</sup> (30 x 20 cm) lieli mizas laukumi. Katrā mizas laukumā uzskaitītas visas ieskrejas (kopulācijas telpas), kas norāda jauno saimju skaitu. Mizgrauža pirmās paaudzes uzskaitē veikta no 1. jūlija līdz 31. jūlijam.

Egļu audžu mēslošanas izmēģinājumu darba uzdevumi:

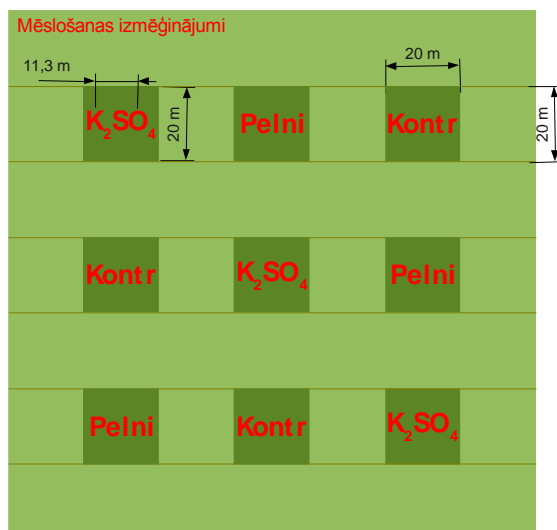
1. noteikt augsnes īpašības (pH, N, P, K, C, Mg, Mn, Ca) 0 – 80 cm dziļumā veģetācijas sezonas beigās kontroles un mēslošanas platībās;
2. noteikt dendrometriskos rādītājus mēslošanas un kontroles platībās.

Izmēģinājumiem izraudzītas trīs platības, kur 2007. – 2010. gadā veikta krājas kopšana. Būtisks nosacījums ir raksturīgo galotņu kalšanas bojājumu esamība parauglaukumos. Izmēģinājumu objekta struktūra parādīta 5.1. attēlā. Katrā nogabalā 2011. gadā ierīkoti 9 taisnstūrveida parauglaukumi. Visos parauglaukumos fiksēta koku atrašanās vieta, noteikti koku dendrometriskie rādītāji un bojājumi.

Katrā parauglaukumā veģetācijas perioda beigās (2011. un 2012. gada septembris – oktobris) 2 atkārtojumos ievākti augsnes paraugi 0 – 80 cm dziļumā un noteikts augsnes pH, kopējais N un C un karaļūdenī šķīstošie P, K, C, Mg, Mn un Ca.

Divas veģetācijas sezonas pēc eksperimenta uzsākšanas atkārtoti uzmērīti mežaudžu dendrometriskie rādītāji un noteikts koku bojājumu indekss mēslošanas un kontroles variantā katrā nogabalā.





5.1. attēls. Pelnu un kālija minerālmēslu izmantošanas izmēģinājumu shēma.

Faktiskā mēslošanas deva saskaņā ar 2011. gadā veikto analīžu rezultātiem izmēģinājumos bija: pelniem  $2,5 \text{ tonnas ha}^{-1}$ , minerālmēsliem ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  ar 42 % K tīrvielas)  $145 \text{ kg ha}^{-1}$ . Saskaņā ar aprēķiniem ar pelniem ienesti  $65 \text{ kg K tīrvielas}$ , ar minerālmēsliem –  $61 \text{ kg}$ .

Bojājumu salīdzināšanai pētījumā izmantots bojājumu pakāpes aritmētiskais vidējais – bojājumu pakāpe, kas ietver visus bojātos kokus, atšķirībā no bojājumu indeksa, kurā ņemti vērā tikai koki ar vismaz 60 % defoliāciju.

Sistēmas iedarbības insekticīda „Aktara” lietošanas izmēģinājumu veikšanas uzdevums ir novērtēt *Physokermes piceae* lomu par 5 m augstāku egļu audzēs, veicot insekticīda injicēšanu mazāk bojātajos kokos un novērtējot to veselības stāvokļa izmaiņas 3 veģetācijas sezonu garumā (pie ilglaicīgo izmēģinājumu parauglaukumiem).

Insekticīda injicēšanu veica 5 nogabalos uz organiskām augsnēm, kur ierīkoti ilglaicīgo novērojumu parauglaukumi, kuros 2011. gadā konstatētas dzīvas bruņutis un svaigi bojājumi, izvēloties 10 kokus ar 1. pakāpes bojājumiem katrā nogabalā (bojāta līdz 1/3 koka vainaga). Koku injicēšanai tika izmantota „ArborJet” palīgierīce (5.2. att.). Vispirms tika izurbti nelieli caurumi koku sakņu kaklā (līdz 45 cm augstumā un 2 – 3 cm dziļumā), nepieciešamo urbumu skaits noteikts atbilstoši koka augstumam (lai varētu ievadīt 1 g aktīvās vielas uz 1 m koka augstuma, vidēji 3 līdz 4 urbumi kokā).

Injicēšanu veica 2011. gada pavasarī, un pirmais ietekmes novērtējums veikts 2011. gada rudenī. 2012. gada veģetācijas sezonas beigās novērtēts, vai attiecīgo koku veselības stāvokļa izmaiņas atšķiras būtiski no neapstrādāto koku ar 1. pakāpes bojājumiem veselības stāvokļa izmaiņām (defoliācija, dehromācija) ilglaicīgo novērojumu parauglaukumu teritorijā.



5.2. attēls. Firmas ArborJet insekticīdu injicēšanas pistole.

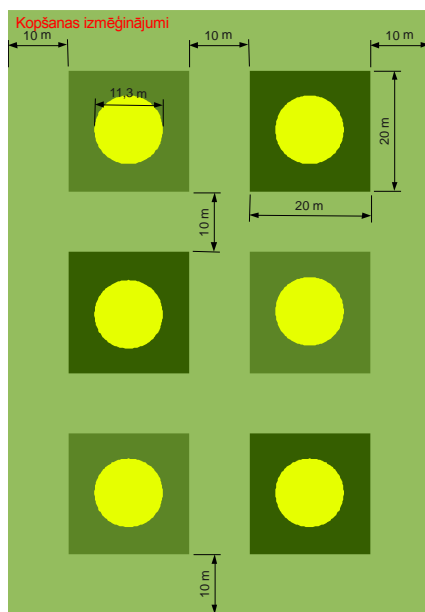
Sastāva kopšanas ciršu ietekmes uz bojājumu izplatību egļu jaunaudzēs novērtēšanai ierīkoti parauglaukumi egļu audzēs kūdreņos, veicot kopšanu audzēs ar vidējo augstumu 2 – 4 m un 4 – 8 m, un novērtēta kopšanas ietekme uz egļu bruņuts populāciju koptajās audzēs.

Pētījumam izraudzītas 6 mākslīgi atjaunotas egļu jaunaudzes ar 2 – 4 m augstiem kokiem un 6 mākslīgi atjaunotas egļu jaunaudzes ar 4 – 8 m augstiem kokiem uz kūdras augsnēm (Kp un Ks) reģionos, kur ir vislielākā bojāto egļu audžu koncentrācija. Izmēģinājumiem izraudzītas egļu audzes ar taisnstūrveida konfigurāciju un vismaz 0,5 ha platībā, lai tajās var izvietot 6 taisnstūrveida laukumus, atstājot starp parauglaukumiem joslu vismaz 10 m platumā.

Izraudzītajās audzēs iezīmēti 6 taisnstūrveida parauglaukumi (5.3. att.), no kuriem 3 norobežoti ar krāsainu lentu, lai tajos neveiktu kopšanu, bet atlikušajiem 3 iezīmēja tikai centru. Visos taisnstūrveida parauglaukumos ierīkoti apļveida parauglaukumi 100 m<sup>2</sup> platībā, kuros uzmērīts visu koku augstums un novērtēta bojājumu pakāpe (defoliācija, dehromācija).

2012. gada rudenī visos parauglaukumos vēlreiz uzmērīts koku augstums un augstuma pieaugums, noteikti bojājumi un uzskaitītas egļu bruņušu mātīšu čaulas, ņemot divus nejauši izraudzītus 20 cm garus dzinumu galus no vainaga vidusdaļas un augšdaļas 6 kokiem ap parauglaukuma centru (kopā 864 dzinumi).

Visas pētījumiem izraudzītās jaunaudzes robežojas ar vecākām egļu audzēm, kurās 2011. gada vasarā konstatēti egļu bruņuts radīti bojājumi. Tikai vienā no pētījumam izraudzītajām jaunaudzēm uzmērīšanas laikā 2011. gadā konstatēti svaigi, bet nenozīmīgi egļu bruņuts bojājumi; attiecīgi jebkuri nozīmīgi bojājumi, kas tiktu atrasti pēc kopšanas, būtu veidojušies pēc kopšanas. Mežaudžu uzmērījumu rezultātu kopsavilkums dots 5.1. tabulā.



5.3. attēls. Kopšanas izmēģinājuma shēma.

2011. gada rudenī visos nogabalos (5.4. att.) veica kopšanu.



5.4. attēls. Sastāva kopšanas parauglaukumu izvietojums Latvijas teritorijā.

5.1. tabula

Valdošās sugas koku skaits un vidējais koku augstums kopšanas parauglaukumos

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200-11	H, m	1,91	2,43	2	2,01	1,79	1,96	2,03
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1100	2100	2500	2200	2200	1400	1917
69-01-07- 608-147-16	H, m	3,01	2,96	4,41	3,23	4,17	2,69	3,42
	Koku skaits, gab. ha <sup>s</sup>	3000	3500	3400	2600	2500	2700	2950
69-01-07- 608-176-3	H, m	2,17	2,25	2,33	2,65	3,05	1,49	2,31
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	4900	3500	3300	3000	2600	2700	3333
69-01-07- 608-179-6	H, m	1,87	1,65	1,53	1,8	1,53	1,49	1,66
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3700	2700	1700	2600	3500	2700	2817
70-07-07- 304-227-24	H, m	2,99	2,62	3,02	2,58	2,76	2,19	2,73
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2200	2500	3100	2000	3200	1700	2450
80-09-07- 604-177-10	H, m	3,66	4,12	3,11	4,59	7,27	6,05	4,8
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3200	600	800	2500	1400	2000	1750
80-10-07- 604-55-3	H, m	2,72	3,08	3,41	3,13	2,52	3,25	3,03
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1400	1500	2700	1400	2200	1400	1767
80-11-07- 609-141-10	H, m	1,22	1,8	1,86	1,32	1,26	1,4	1,52
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2800	3500	3500	3000	1800	1700	2717
80-11-07- 609-188-1	H, m	3,21	2,99	3,34	3,27	2,51	2,77	3,06
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2600	2300	2600	2600	1700	2100	2317
83-01-07- 601-103-18	H, m	0,65	0,6	0,43	0,67	0,88	0,66	0,72
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1700	1800	300	2100	4000	2100	2000
83-01-07- 601-105-2	H, m	0,68	0,9	1,04	1,12	1,47	1,54	1,09
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	4200	1200	1400	3100	3300	1500	2450
83-05-07- 603-294-15	H, m	1,6	1,62	0,89	0,97	0,81	1,3	1,27
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	6100	6200	3500	4100	4000	4800	4783
Vidēji	H, m	2,07	2,13	2,47	2,17	2,17	2,11	2,18
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3075	2617	2400	2600	2700	2233	2604

## 5.2. Bojāto egļu audžu pētījuma rezultāti

### Bojājumu dinamika 2010. gadā ierīkotajos parauglaukumos

Koku veselības stāvokļa izmaiņu novērojumi 2012. gadā veikti visos parauglaukumos, kas nav nozāģēti sanitārajā cirtē. Būtiskākās atziņas, kas iegūtas, apsekojot iepriekšējā gadā ierīkotos parauglaukumus, ir:

- nevienā parauglaukumā (2011. gadā tikai atsevišķos parauglaukumos Klīves iecirknī) nav konstatētas dzīvas bruņņušu mātītes, un nav novērota raksturīgā medusrasas izdalīšanās, kas nozīmē, ka bruņņus intensīvas izplatīšanās fāzē ilgst 1 – 2 gadus, kā tas ir aprakstīts literatūrā (Kunkel, 1997; Turguter, Ülgentürk, 2006; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010), un Latvijā bruņņus savairošanās notikusi 2009.-2010. gadā, bet 2011. gadā jauni bojājumi parādījās tikai atsevišķās audzēs, un to intensitāte bija mazāka nekā iepriekšējos gados;
- notiek bojāto koku atveseļošanās – arī daļa sākotnēji „norakstīto” koku (3. bojājumu pakāpe) ir atguvuši skuju (5.5. att.), kas apstiprina hipotēzi, ka stresa faktors (egļu bruņņus) vairs neiedarbojas uz bojātajiem kokiem un nav izraisījusi arī sekundāro kaitēkļu savairošanos. Šis secinājums neattiecas uz audzēm, kas 2010. gadā atbilda sanitārās cirtes kritērijiem un tika nocirstas kailcirtē;

Skandināvijas valstīs un Lietuvā bruņņus izplatību un bojājumu intensitātes palielināšanos saista ar klimata izmaiņām, kas rada šī kaitēkļa attīstībai labvēlīgus meteoroloģiskos apstākļus (Olsson et al., 2012; Valstybinė Miškų Tarnyba, 2010). Saskaņā ar pētījumiem, kas veikti Turcijā, egļu bruņņus savairošanos veicina ilgstoši sausuma periodi (1-2 nedēļas bez nokrišņiem) veģetācijas perioda laikā. Saskaņā ar klimata modeļu datiem, nākotnē Latvijā šādu bezlietus periodu iestāšanās varbūtība palielināsies (Jansons, 2011), tāpēc paredzams, ka nākotnē masveida egļu bruņņus savairošanās iespējamība pieaugs, un ir svarīgi savlaicīgi veikt profilaktiskos pasākumus, lai ierobežotu kaitēkļa izplatību un sekmētu bojāto audžu atveseļošanos.

- pagaidām nav skaidrs, vai Latvijā bojājumu iemesls ir egļu bruņņus (*Physokermes piceae*) vai Ungārijas bruņņus (*Physokermes inopinatus*), vai starpsugu hibrīds, jo abu sugu bioloģija ir maz pētīta un vienīgā viegli nosakāmā atšķirība ir kukaiņu izplatība koku vainagā – egļu bruņņus parasti invadē tikai pēdējā gada dzinumus, bet Ungārijas bruņņus sastopama arī uz vecākiem dzinumiem. 2010. gadā veiktajos novērojumos kukaiņi konstatēti uz dažāda vecuma dzinumiem, bet vizuāli mātīšu čaulas atšķīrās no Zviedrijas dienvidos tajā pašā gadā ievāktajām Ungārijas bruņņušu mātīšu čaulām.



5.5. attēls. Egles, kurām 2010. gadā konstatēta 90 % defoliācija (2011. gads).

Izvērtējot bojājumu dinamiku (5.2. tab.), konstatēts, ka nedzīvo koku skaits 2 gadu laikā kopumā palielinājies par 5 % (jāņem vērā, ka lielākā daļa visvairāk bojāto audžu ir nocirstas sanitārajās cirtēs, un iegūtais rezultāts attiecas uz audzēm, kurās nebija pamata veikt sanitārās kailcirtes), koku ar 2. pakāpes bojājumiem skaits ir samazinājies vairāk kā 2 reizes, koku ar 1. pakāpes bojājumiem skaits ir samazinājies par 4 %, bet pilnīgi veselo koku skaits ir pieaudzis par 10 %. Salīdzinot ar sākotnējo bojājuma pakāpi, veselo koku kategorijā jauni bojājumi radušies 20 % koku, savukārt koku grupā ar 30 % defoliāciju 57 % koku novērota atveseļošanās un 21 % koku – stāvokļa pasliktināšanās. Koku grupā ar vismaz 60 % defoliāciju veselības stāvoklis uzlabojies 70 % koku, un 19 % no kokiem šajā grupā ir gājuši bojā. Īpatnēji, ka arī koku grupā ar 3. pakāpes bojājumiem (koki ar gandrīz pilnībā nobirušām skujām), notikusi veselības stāvokļa uzlabošanās 26 % koku, t.i., kokiem atjaunojušās skujas, un 2012. gadā veidojušies normāli dzinumu pieaugumi. Stipri bojāto koku (2. un 3. bojājumu pakāpe) īpatsvars samazinājies no 24 % līdz 20 %. Veselības stāvokļa pasliktināšanās līdz 2. vai 3. bojājumu pakāpei notikusi 8 % veselo un viegli bojāto koku (0. un 1. bojājumu pakāpe), tajā skaitā 20 % koku ar 1. bojājumu pakāpi.

Salīdzinot koku skaita un šķērslaukuma izmaiņas (5.2. un 5.3. tab.) dažādās bojājuma pakāpēs, statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas, piemēram, veselu koku skaits mainījies no 52 % līdz 62 %, bet veselu koku šķērslaukums – no 50 % līdz 66 %. Tas nozīmē, ka bojājumu intensitāte un koku atveseļošanās pētījuma ietvaros ierīkotajos parauglaukumos nav atkarīga no koku dimensijām. Korelācija starp koku caurmēru un bojājuma pakāpes izmaiņām 2 gadu laikā arī nav konstatēta ( $r = 0,16$ ).

5.2. tabula

### Bojājumu dinamika – koku skaita sadalījums<sup>1</sup>

Bojājumu pakāpe 2010. gadā	Bojājumu pakāpe 2012. gadā	Koku sadalījums		Koku skaits bojājumu pakāpē 2010. gadā	Koku skaits bojājumu pakāpē 2012. gadā
		sākotnējā bojājumu pakāpē	no kopskaita visās bojājumu pakāpēs		
0	0	80 %	42 %	0 %	0 %
	1	13 %	7 %		
	2	3 %	1 %		
	3	4 %	2 %		
1	0	57 %	13 %	23 %	18 %
	1	22 %	5 %		
	2	10 %	2 %		
	3	11 %	3 %		
2	0	43 %	7 %	15 %	6 %
	1	28 %	4 %		
	2	11 %	2 %		
	3	19 %	3 %		
3	0	2 %	0 %	9 %	14 %
	1	15 %	1 %		
	2	9 %	1 %		
	3	74 %	7 %		

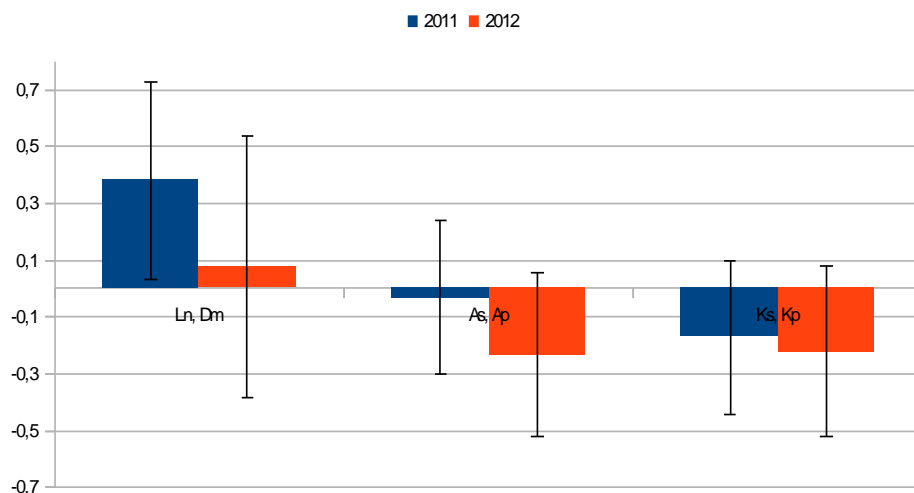
<sup>1</sup> Ar sarkanu krāsu iezīmētas rindas, kurās koku defoliācijas pakāpe palielinās, ar zaļu – rindas, kur defoliācijas pakāpe samazinās, ar dzeltenu – rindas, kur nenotiek izmaiņas.

Bojājumu dinamika – šķērslaukuma sadalījums

Bojājumu pakāpe 2010. gadā	Bojājumu pakāpe 2012. gadā	Šķērslaukuma sadalījums		Šķērslaukums bojājumu pakāpē 2010. gadā	Šķērslaukums bojājumu pakāpē 2012. gadā
		sākotnējā bojājumu pakāpē	no kopskaita visās bojājumu pakāpēs		
0	0	86 %	43 %	0 %	0 %
	1	10 %	5 %		
	2	1 %	1 %		
	3	3 %	1 %		
1	0	61 %	16 %	26 %	16 %
	1	22 %	6 %		
	2	7 %	2 %		
	3	10 %	3 %		
2	0	48 %	8 %	16 %	4 %
	1	25 %	4 %		
	2	9 %	1 %		
	3	19 %	3 %		
3	0	1 %	0 %	9 %	14 %
	1	13 %	1 %		
	2	9 %	1 %		
	3	77 %	7 %		

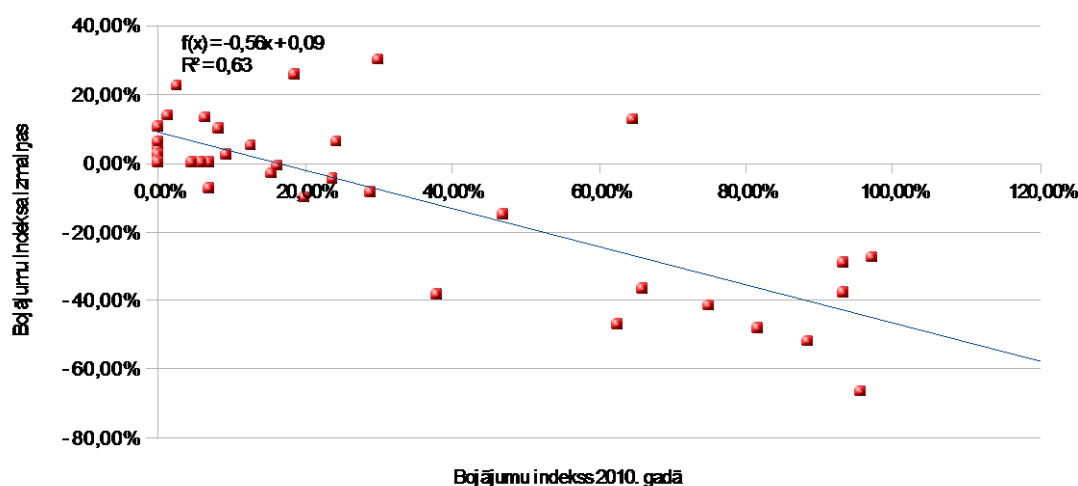
Salīdzinot stāvokļa izmaiņas dažādos meža tipos, nav konstatēta statistiski būtiska atšķirība. Tas saistīts ar lielu datu izkliedi, tomēr 5.6. attēlā redzams, ka 2011. gadā stāvokļa pasliktināšanās notikusi galvenokārt sausieņu meža tipos, bet kūdreņos un āreņos stāvoklis saglabājies nemainīgs vai nedaudz uzlabojies; savukārt, 2012. gadā stāvoklis uzlabojies vai palicis nemainīgs visos meža tipos. Bojājumu izplatīšanās sausieņu tipos tendences iemesls ir tas, ka kūdreņos un āreņos bojājumi sākās agrāk, jau 2009. gadā, bet sausieņu meža tipos tie izplatījās tikai 2010. un 2011. gadā. Līdzīgs scenārijs īstenojās arī Lietuvā, kur vispirms cieta egļu audzes uz organiskām susinātām augsnēm, bet pēc tam arī pārējās egļu audzes. Šo hipotēzi apstiprina fakts, ka 2012. gadā jaunu bojājumu veidošanās sausieņos krasi samazinājās.





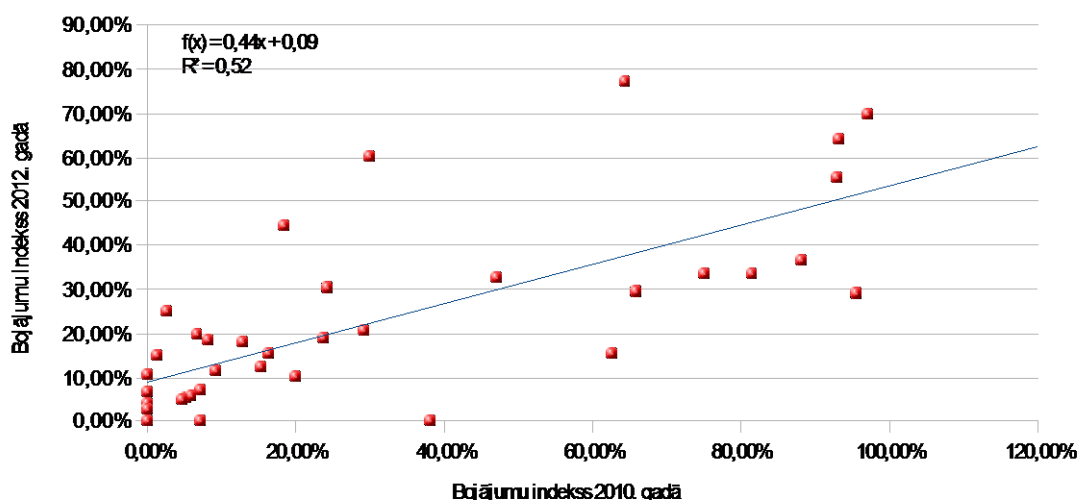
5.6. attēls. Bojājumu pakāpes izmaiņas dažādos meža tipos<sup>2</sup>.

Pieņēmumu par bojājumu samazināšanos uz susinātajām augsnēm, kur sākotnēji konstatēja visvairāk nokaltušu koku, apstiprina arī 5.7. attēls, kurā redzams, ka bojājumu indekss palielinājies parauglaukumos, kur sākotnēji bija vismazāk bojāto koku, turpretim parauglaukumos ar daudziem bojātiem kokiem bojājumu indekss samazinās. Kā redzams 5.8. attēlā, pastāv cieša lineāra korelācija starp sākotnējo un 2012. gadā konstatēto bojājumu indeksu; tas nozīmē, ka 2010. gadā vairāk bojātās audzes ir sliktākā stāvoklī arī tagad, tomēr stresa faktora, kas izraisījis šos bojājumus, iedarbība beigusies agrāk, un audzes sākušas atveseļoties. Vērtējot šo faktu, jāņem vērā, ka mežaudzes, kur bojājumi bija visintensīvākie, tika nocirstas sanitārajā cirtē.



5.7. attēls. Sakarība starp sākotnējo bojājumu indeksu un tā izmaiņām.

<sup>2</sup> Negatīva vērtība grafikā nozīmē to, ka defoliācijas pakāpe samazinājusies, t.i., koka veselības stāvoklis uzlabojies.



5.8. attēls. Sakarība starp sākotnējo bojājumu indeksu un 2011. gadā konstatēto bojājumu indeksu.

Veicot korelācijas analīzi, konstatēts, ka starp bojājumu pakāpes izmaiņām 2010. – 2011. gadā un augstumu virs jūras līmeņa pastāv cieša lineāra korelācija ( $r = 0,55$ ), t.i., jo lielāks augstums virs jūras līmeņa, jo lielāka varbūtība, ka bojājumi palielināsies. 2012. gadā šāda sakarība vairs nav konstatēta. Pirms tam, 2010. gadā, konstatēta negatīva korelācija starp bojājumu indeksu un augstumu virs jūras līmeņa. Iespējams, ka augstāk virs jūras līmeņa ierīkotajos parauglaukumos (Vidzemes augstienē) bojājumi izplatījās vēlāk, nekā piejūras zemienē ierīkotajos parauglaukumos, tāpēc 2011. gadā konstatēta pozitīva sakarība ar bojājumu indeksu.

Bojājumu pakāpes izmaiņām konstatēta pozitīva korelācija ar koku skaitu, šķērsslaukumu un krāju audzē. Tas nozīmē, ka audzēs ar lielāku koku skaitu, dimensijām un kopējo krāju koku atlabšanas varbūtība ir mazāka. Šāda pati sakarība ar bojājumu intensitāti 2010., 2011. vai 2012. gadā nav konstatēta.

Salīdzinot augsnes analīžu rezultātus un bojājumu indeksu 2012. gadā, konstatēta cieša lineāra bojājumu indeksa korelācija ar  $N\text{-NO}_3$  ( $r = 0,51$ ) un cieša negatīva lineāra korelācija ar māla daļiņu īpatsvaru augsnē ( $r = -0,50$ ). Vidēji cieša pozitīva korelācija konstatēta starp bojājumu indeksu un Ca ( $r = 0,46$ ) un Mg ( $r = 0,48$ ) saturu augsnē, kā arī mitruma saturu augsnē ( $r = 0,46$ ); vāja korelācija ar N ( $r = 0,33$ ) un  $C_{\text{org}}$  ( $r = 0,29$ ) saturu augsnē. Salīdzinot ar 2010. gadu, palielinājusies Ca un Mg saturs, kā arī māla daļiņu īpatsvara ietekme. Vidējās bojājumu pakāpes izmaiņām nav konstatēta korelācija ar barības vielu koncentrāciju vai māla daļiņu īpatsvaru dažādos augsnes slāņos.

Kā konstatēja 2010. gadā, izteiktāka korelācija ir barības vielu rezervēm, nevis koncentrācijai dažādos augsnes slāņos (Bārdule et al., 2011). Salīdzinot audžu bojājumu indeksu 2012. gadā un 2010. gadā un konstatētās barības vielu rezerves 0 – 80 cm slānī, cieša pozitīva korelācija konstatēta  $\text{NO}_3^-$ , apmaiņas Mn, N,  $C_{\text{org}}$  un Ca uzkrājumam augsnē, attiecīgi,  $r = 0,51$ ;  $0,56$ ;  $0,56$ ;  $0,51$  un  $0,63$ . Tāpat cieša pozitīva korelācija konstatēta starp bojājuma indeksu un vidējo augsnes blīvumu 0 – 80 cm dziļumā ( $r = 0,63$ ). Tas apstiprina iepriekš izvirzīto hipotēzi, ka sablīvētās augsnēs bojājumu risks ir lielāks.

Apmaiņas Mn korelācija ar bojājumu indeksu apstiprina iepriekš veiktos pētījumos izvirzīto pieņēmumu, ka reducētajiem Mn savienojumiem ir saistība ar egļu vitalitātes pasliktināšanos (Nollendorfs, 2007). Vidēji cieša negatīva korelācija konstatēta starp bojājumu indeksu un K krājumiem augsnē. Salīdzinot ar 2010. gadu, visiem uzskaitītajiem elementiem korelācija ar bojājumu indeksu palielinājusies. Salīdzinot ar bojājumu pakāpes izmaiņām, vidēji cieša negatīva korelācija konstatēta tikai  $\text{NO}_3^-$  ( $r = -0,41$ ). Tas liecina, ka audžu atveseļošanās etapā lielākiem  $\text{NO}_3^-$  krājumiem ir pozitīva ietekme uz audžu atveseļošanos. Taču tas var būt saistīts arī ar faktu, ka bojājumi vispirms izplatījās kūdras augsnēs, kurām raksturīga lielāka N koncentrācija, attiecīgi arī atveseļošanās process vispirms sākās kūdras augsnēs. Ciešākā korelācija starp bojājumu indeksu un barības vielu rezervēm konstatēta augsnes virskārtas slāņos (0 – 20 cm).

Salīdzinot barības vielu rezerves un bojājumu indeksu 2012. gadā dažādos augšņu tipos (5.4. tab.), konstatēta vidēji cieša pozitīva korelācija ar  $\text{NH}_4^+$ , N,  $\text{C}_{\text{org}}$ , Ca un P (attiecīgi  $r = 0,59$ ;  $0,58$ ;  $0,58$ ;  $0,64$  un  $0,42$ ), kā arī cieša korelācija ar apmaiņas Mn uzkrājumu ( $r = 0,80$ ), kā arī vidēji cieša negatīva korelācija ar K uzkrājumu augsnē ( $r = -0,54$ ). Intensīvākie bojājumi arī 2012. gadā saglabājas pārmitrās kūdras augsnēs.

5.4. tabula

Barības vielu rezerves 0 – 80 cm dziļumā dažādos augšņu tipos

Augsnes tips	N- $\text{NH}_4$ , kg ha $^{-1}$	N- $\text{NO}_3$ , kg ha $^{-1}$	Apmaiņas Mn, kg ha $^{-1}$	N, kg ha $^{-1}$	C, kg ha $^{-1}$	K, kg ha $^{-1}$	Mn, kg ha $^{-1}$	Ca, kg ha $^{-1}$	Mg, kg ha $^{-1}$	Na, kg ha $^{-1}$	P, kg ha $^{-1}$
Augstā purva gleja trūdaugsne	78,1	10,7	-	15 926	341 943	1 427	188	9 182	2 440	-	1 091
Augstā purva tipiskā trūdaugsne	138,5	17,5	-	31 585	634 706	1 878	196	20 430	2 503	-	1 062
Kūdrainā podzolētā glejaugsne	88,4	17,5	3,3	13 337	272 181	2 397	285	6 481	2 349	2 303	1 183
Pārejas purva gleja kūdraugsne	132,9	63,1	16,8	23 957	536 805	2 373	241	20 440	2 801	2 035	1 768
Pārejas purva tipiskā kūdraugsne	140,4	34,6	14,3	13 902	308 334	2 108	312	9 109	3 021	745	2 454
Pārejas purva trūdaini kūdrainā augsne	112,9	32,4	-	31 023	637 867	1 339	202	24 221	2 173	-	915
Pseudoglejotā augsne	82,3	47,3	16,0	6 903	233 946	7 109	492	744	4 506	906	1 210
Trūdainā podzolētā glejaugsne	82,8	29,3	7,0	7 541	122 114	6 595	333	1 057	5 545	917	1 463
Trūdaini kūdrainā podzolaugsne	44,4	52,8	5,6	6 976	158 166	4 762	265	6 924	3 909	4 189	1 459
Trūdaini kūdrainā podzolētā glejaugsne	78,1	16,5	38,8	16 822	322 744	2 433	766	11 852	2 508	617	1 392
Velēnglejotā augsne	65,9	30,1	7,7	10 350	212 067	3 509	264	2 740	3 562	1 583	1 061
Velēnu podzolaugsne	37,4	40,4	3,8	9 401	83 204	8 478	257	4 516	4 271	637	802
Zemā purva trūdaini kūdrainā augsne	102,7	63,8	29,8	28 710	564 819	1 423	250	38 267	4 105	847	1 522
Vidēji	108,3	44,6	20,4	19 251	399 701	2 853	335	17 518	3 533	1 096	1 680

### Egļu audžu mēslošanas izmēģinājumu rezultāti

2012. gadā apsekoja izmēģinājumus 3 nogabalos, kuros 2011. gada vasarā ierīkoti mēslošanas izmēģinājumi. Izmēģinājumu objekti ierīkoti AS „Latvijas valsts meži” Zemgales mežsaimniecības Klīves iecirknī. Mēslojums iestrādāts 2011. gada 16. jūnijā,

pirms tam nosakot koku dendrometriskos rādītājus un bojājumu pakāpi visos parauglaukumos. Mežaudžu raksturojums dots 5.5. tabulā, parauglaukumu raksturojums sadalījumā pa izmēģinājumu variantiem dots 5.6. tabulā.

2011. gada septembrī veikta sākotnējā bojājumu uzskaitē, ievākti augsnes paraugi 4 atkārtojumos katrā parauglaukumā un veiktas augsnes analīzes. Sakņu vitalitātes novērtējums, egļu skuju analīze un atkārtots koku veselības stāvokļa izmaiņu novērtējums 2011. gadā ierīkotajos izmēģinājumu objektos uzsākts 2012. gada rudenī. Līdz šim brīdim pabeigta bojājumu uzskaitē un visām analīzēm nepieciešamo paraugu ievākšana.

5.5. tabula

Mēslo to mežaudžu raksturojums

Koku suga	Biezums, gab. ha <sup>-1</sup>	Vid. Ø, cm	Vid. H, m	Šķērslaukums, m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Virszemes biomasa, tonnas ha <sup>-1</sup>	Krāja, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
16. kvartāls, 10. nogabals						
E	536	22	18	22	108	220
Visas sugas	536	22	18	22	108	220
17. kvartāls, 7. nogabals						
E	469	26	19	26	126	259
Visas sugas	469	26	19	26	126	259
41. kvartāls, 14. nogabals						
B	14	15	15	0	1	2
E	497	22	18	20	97	200
Ma	3	18	17	0	0	1
Visas sugas	514	22	18	20	99	202

Salīdzinot bojājuma pakāpi 2011. un 2012. gada beigās, redzams, ka kontroles parauglaukumos tā nav mainījies, bet abos mēslotajos parauglaukumos būtiski samazinājusies, tajā skaitā platībās, kur ienesti minerālmēsli – 2 reizes (5.6. tabula). Koku skaits parauglaukumos samazinājies vidēji par 8 %, tajā skaitā mēslotajos parauglaukumos par 7 % un kontroles parauglaukumos – par 11 %.

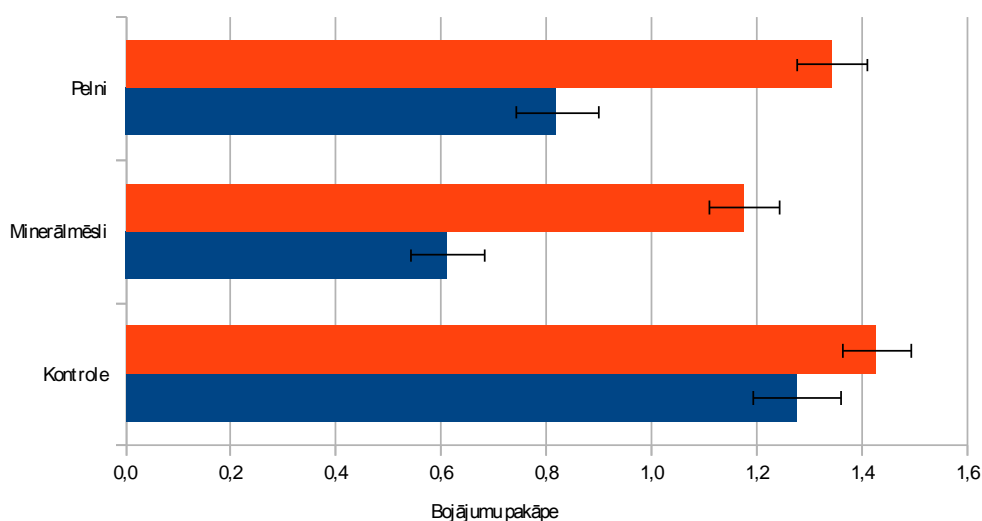
5.6. tabula

Dažādu izmēģinājumu variantu raksturojums

Rādītājs	Kontrole	Minerālmēsli	Pelni	Visi varianti
Caurmērs krūšu augstumā, cm	23,9 ± 0,4	23,2 ± 0,5	23,3 ± 0,4	23,5 ± 0,3
Bojājuma pakāpe 2011. gadā	1,4 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0
Bojājuma pakāpe 2012. gadā	1,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0
Bojājumu pakāpes izmaiņas	-0,2 ± 0,1	-0,6 ± 0,1	-0,5 ± 0,1	-0,4 ± 0,1
Koku skaits 2011. gadā	171	177	191	539
Koku skaits 2012. gadā	152	165	178	495
Koku skaita izmaiņas	89 %	93 %	93 %	92 %

Veicot atšķirību būtiskuma analīzi, konstatēts, ka bojājumu pakāpe atšķiras būtiski ( $p < 0,05$ ) starp kontroles un abiem mēslojuma variantiem, bet nav būtiskas atšķirības ( $p = 0,09$ ) starp parauglaukumiem, kas mēsloti ar pelniem un minerālmēsliem.

Sevišķi uzskatāmi mēslojuma ietekmi raksturo grafiks 5.9. attēlā. Grafikā redzams, ka pirmajā gadā būtiska atšķirība no kontroles bija tikai parauglaukumos, kuros ienesti minerālmēsli, bet 2012. gadā būtiska atšķirība no kontroles ir abiem mēslojuma variantiem. Tāpat būtiska atšķirība ir starp 2011. gada un pašreizējo bojājumu pakāpi abos mēslojuma variantos. Minerālmēsli rada lielāku efektu, kas, iespējams, skaidrojams ar kālija satura svārstībām izmantotā pelnu mēslojuma dažādos maisos (līdz pat 10 reizēm).



5.9. attēls. Bojājumu pakāpe dažādos izmēģinājumu variantos.

Bojājumu dinamikas analīze (bojājumu pakāpes salīdzinājums vieniem un tiem pašiem kokiem 2011. un 2012. gadā, 5.7. tabula) rāda, ka nebojātu koku kopskaits pieaudzis 2,6 reizes. Ar minerālmēsliem apstrādātajā platībā nevienam veselajam kokam nav radušies jauni bojājumi, bet ar pelniem apstrādātajā platībā tādu koku, kam radušies jauni bojājumi, ir 2,3 reizes mazāk nekā kontroles platībā. Koku skaits ar 1. bojājumu pakāpi samazinājies no 40 % līdz 28 %. Izmaiņas notikušas, uzlabojoties koku veselības stāvoklim. Arī šeit mēslotajās platībās ir būtiski labāki rezultāti – parauglaukumos, kas apstrādāti ar minerālmēsliem, 80 % koku ir pilnībā atveseļojušies, 20 % koku veselības stāvoklis nav mainījies, un nevienam kokam tas nav pasliktinājies. Ar pelniem mēslotajos parauglaukumos 6 % koku veselības stāvoklis pasliktinājies un 73 % uzlabojies, savukārt kontroles parauglaukumos veselības stāvoklis uzlabojies tikai 42 % koku, kam sākotnēji konstatēta 1. bojājumu pakāpe. Kokiem ar 2. bojājumu pakāpi ar minerālmēsliem apstrādātajos parauglaukumos veselības stāvoklis uzlabojies 68 % koku, ar pelniem mēslotajos parauglaukumos – 71 % koku, bet kontroles parauglaukumos – tikai 22 % koku. Koku ar gandrīz pilnīgu defoliāciju atlabšana notikusi ar pelniem mēslotajās platībās (21 % koku ar sākotnēji noteiktu 3. bojājumu pakāpi) un kontroles platībās (9 % koku).

## Bojājumu dinamika

Sākotnējā bojājumu pakāpe	Pašreizējā bojājumu pakāpe	Varianti			No kopskaita	Koku skaita izmaiņas bojājumu pakāpē	
		kontrolē	minerālmēsli	pelni		sākotnēji	tagad
0	0	79 %	100 %	91 %	17 %	18 %	47 %
	1	21 %	0 %	9 %	1 %		
1	0	42 %	80 %	73 %	27 %	40 %	28 %
	1	53 %	20 %	21 %	12 %		
	2	5 %	0 %	3 %	1 %		
	3	0 %	0 %	3 %	0 %		
2	0	3 %	13 %	18 %	4 %	34 %	14 %
	1	19 %	55 %	53 %	14 %		
	2	58 %	32 %	18 %	12 %		
	3	19 %	0 %	12 %	4 %		
3	0	0 %	0 %	6 %	0 %	8 %	11 %
	1	0 %	0 %	6 %	0 %		
	2	9 %	0 %	11 %	1 %		
	3	91 %	100 %	78 %	7 %		
2. un 3. klases koki		41 %	15 %	21 %	25 %	41 %	25 %

**Sistēmas iedarbības insekticīda „Aktara” lietošanas izmēģinājumu veikšana**

2011. gada pavasarī ierīkoti 5 parauglaukumi 3 nogabalos, kuros jau 2010. gadā bija ierīkoti ilglaicīgo novērojumu parauglaukumi egļu audžu bojājumu iemeslu noskaidrošanai un kuros arī 2011. gada pavasarī konstatēta egļu bruņuts savairošanās (5.8. tab.). Katrā parauglaukumā atlasīti 10 paraugkoki ar 1. pakāpes bojājumiem, kuros 2011. gada jūnijā injicēja insekticīdu „Aktara”. Koku injicēšanai tika izmantota „ArborJet” injekcijas šļirce. Vispirms kokos sakņu kakla augstumā vai uz lielākajām saknēm izurba nelielus caurumus (3 – 5 cm dziļumā, 15 – 20 cm attālumā pa perimetru vienu no otra). Tālāk tika injicēts insekticīds „Aktara”, kura deva tika noteikta atkarībā no koku augstuma – 1 g uz 1 m augstuma. Pavisam apstrādāti 50 koki.

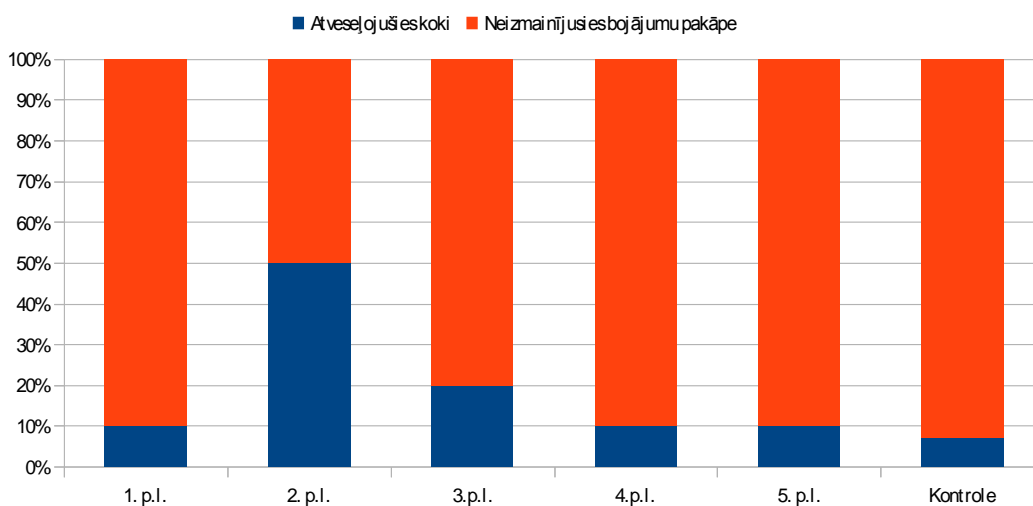
## Mežaudzes, kurās ierīkoti izmēģinājumi

PL	Atslēga	Kadastra numurs	Nogabala numurs	Platība	Saimniecība	Sugas kods	MT	NRI vecuma desmitgade	NRI formula
4., 5.	69-02-07-609-16-10	54860080410	10	4,5	Klīves I Zemgales MS Klīves M	3	Ks	5	10E 50
1., 3.	69-02-07-609-17-1	54860080410	1	5,0	Klīves I Zemgales MS Klīves M	3	Ks	5	10E 44
2.	80-27-55-001-18-24	80800010418	24	2,6	Rīgas pilsētas meža fonds	3	Ks	6	10E 55

2011. gada septembrī tika veikta pirmā koku veselības stāvokļa novērtēšana. No 50 kokiem, kam bija veiktas injekcijas, 9 bija pārgājuši no 1. bojājuma pakāpes uz 0. pakāpi

(veseli koki). Neviens no kokiem nebija pārgājis uz lielāku bojājuma pakāpi. Kontroles parauglaukumā, kas ierīkots Rīgas pilsētas meža fondā, 4 % koku ar 1. bojājumu pakāpi 2011. gada vasaras laikā delofīācija palielinājās līdz vismaz 60 % (bojājumu pakāpe 2 vai 3, Lazdiņš, 2011).

2012. gadā, veicot atkārtotu koku ar veiktām injekcijām apsekošanu, konstatēts, ka 17 % koku bojājumu pakāpe samazinājusies, un kokus var uzskatīt par pilnīgi veselīgiem. Lielākajā daļā parauglaukumu atveseļojušies 10 % koku, bet 1 parauglaukumā – 50 % koku. Kontroles parauglaukumos, kas ierīkoti 2010. gadā tajās pašās mežaudzēs, tikai 7 % koku ar sākotnējo bojājuma pakāpi 1 ir pilnībā atveseļojušies (5.10. att.). Tāpat kā 2011. gadā, insekticīdu injicēšana rada mazāku pozitīvo efektu nekā mēslošana. Tas liecina, ka bruņuts kaitīgā iedarbība ir beigusies, bet sekundārie kaitēkļi vismaz pagaidām nerada būtisku ietekmi uz egļu veselības stāvokli. Būtiski, ka 2012. gadā nevienā no audzēm, kur kokiem veiktas injekcijas, vairs nav atrastas dzīvas bruņutis.



5.10. attēls. Koku ar veiktām injekcijām atveseļošanās parauglaukumos.

Pētījuma rezultāti, kas iegūti 2011. un 2012. gadā, liecina par to, ka masveida egļu bojājumi ir saistīti ar kaitēkļiem, taču parauglaukumi ierīkoti mežaudzēs, kur pirmie bojājumi konstatēti jau 2010. gadā, un insekticīdi, kas izmantoti 2011. gadā, šajā gadījumā vairāk ierobežoja sekundāro kaitēkļu invāziju. Saskaņā ar lietuviešu kolēģu atzinumu, insekticīdi var būt efektīvi egļu bruņuts savairošanās pirmajā gadā, pēc tam koki cieš jau no sekundāriem stresa faktoriem, kas gadu pēc insekticīda izmantošanas pilnīgi vienādi iedarbojas gan uz apstrādātajiem, gan kontroles kokiem.

### Sastāva kopšanas ciršu ietekme uz bojājumu izplatību egļu jaunaudzēs

Veicot atkārtotu kopšanas parauglaukumu uzmērīšanu, konstatēts, ka kopšana veikta tikai 6 nogabalos (5.9. tab.), turklāt izkopti gan kontroles, gan kopjamie parauglaukumi. Tas nozīmē, ka pētījumā nav iespējama iekšējā nogabalu kontrole, taču var salīdzināt izkoptos un nekaitos nogabalus.

Kopšanas laikā izzāģēti galvenokārt lapkoki, egļu skaitu samazinot minimāli. Valdošās sugas koku skaita samazinājums izkoptajos nogabalos ir 11 %, bet nekaitos audzēs – 5 %. Vidējā koku augstuma izmaiņas izkoptajos nogabalos ir 16 cm, nekaitos

audzēs – 12 cm (5.10. tab.). Sakarība starp koku augstumu un skaitu izmēģinājumu objektos parādīta 5.11. attēlā.

Veicot atkārtotu jaunaudzū apsekošanu, nevienā no parauglaukumiem ne koptajās, ne nekoptajās audzēs nav konstatēti egļu bruņuts bojājumi vai dzīvas egļu bruņutu mātītes. Tas liecina, ka Latvijā nav notikusi egļu bruņutu invāzija jaunaudzēs. Iespējams, ka tas saistīts ar egļu bruņuts populācijas samazināšanos šo kaitēkļu dabisko ienaidnieku darbības rezultātā. Arī 2010. gadā ierīkotajos ilglaicīgo novērojumu parauglaukumos 2012. gadā vairs netika konstatētas dzīvas bruņutis. Iespējams, ka citāds rezultāts tiktu iegūts, ja pētījumu objektus ierīkotu jau 2009. vai 2010. gadā, kad bojājumi izplatījās visintensīvāk.

Jaunaudzū kopšanas izmēģinājumu turpināšana nav lietderīga. To vietā ir lietderīgi paplašināt meža mēslošanas izmēģinājumu programmu un ierīkot meža atjaunošanas izmēģinājumus bojātajās audzēs, kas nocirstas sanitārajā cirtē.



Valdošās sugas koku skaits un vidējais koku augstums pēc kopšanas<sup>3</sup>

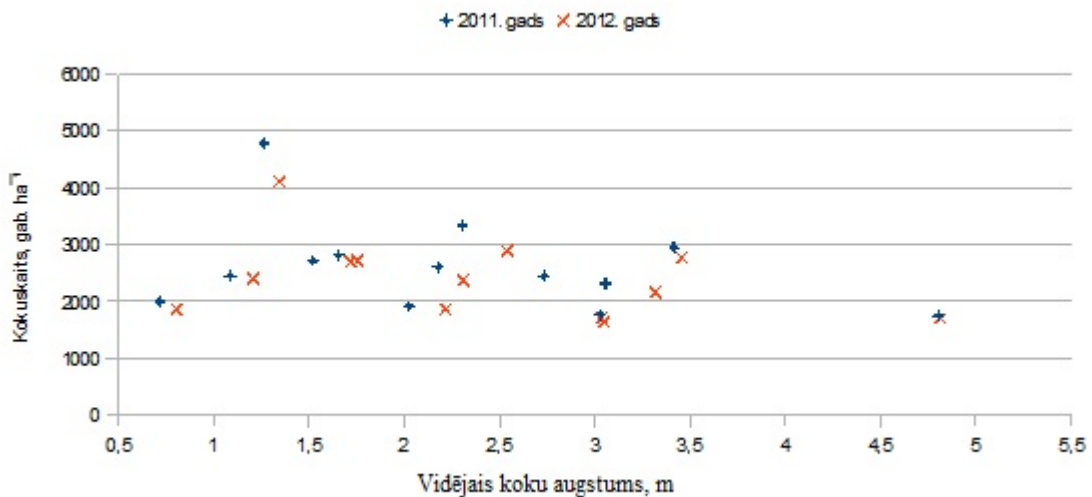
Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukumi						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200- 11	H, m	2,03	2,64	2,22	2,19	1,98	2,13	2,22
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1000	2100	2400	2200	2100	1400	1867
69-01-07- 608-147- 16	H, m	3,06	3,07	4,58	3,23	4,04	2,71	3,46
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2900	3200	3100	2400	2400	2600	2767
69-01-07- 608-176- 3	H, m	2,37	2,4	2,28	2,69	3,35	2,28	2,54
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	4500	3300	3200	2900	2400	1100	2900
69-01-07- 608-179- 6	H, m	1,97	1,75	1,63	1,98	1,63	1,5	1,76
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3600	2500	1600	2600	3400	2600	2717
70-07-07- 304-227- 24	H, m	3,16	2,82	3,56	2,96	3,36	2,18	3,05
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1500	1700	2200	1500	1500	1400	1633
80-09-07- 604-177- 10	H, m	3,59	4,12	3,11	4,62	7,27	6,05	4,81
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3000	600	800	2400	1400	2000	1700
80-10-07- 604-55-3	H, m	2,72	3,05	3,5	3,13	2,52	3,17	3,04
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1400	1400	2600	1400	2100	1300	1700
80-11-07- 609-141- 10	H, m	1,35	2,01	2,19	1,57	1,16	1,67	1,72
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	3000	4000	3100	3000	1700	1400	2700
80-11-07- 609-188- 1	H, m	3,54	3,24	3,57	3,56	2,72	2,98	3,32
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2500	2200	2400	2500	1600	1800	2167
83-01-07- 601-103- 18	H, m	0,72	0,71	0,5	0,75	0,97	0,75	0,81
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	1500	1600	300	2000	3800	2000	1867
83-01-07- 601-105- 2	H, m	0,76	1,01	1,15	1,24	1,61	1,69	1,21
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	4000	1200	1400	3000	3300	1500	2400
83-05-07- 603-294- 15	H, m	1,78	1,86	0,9	1,13	0,96	1,24	1,35
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	4500	4500	3400	3800	3800	4600	4100
Vidēji	H, m	2,19	2,3	2,61	2,31	2,27	2,24	2,31
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	2783	2358	2208	2475	2458	1975	2376

<sup>3</sup> Ar pelēku prāsu iezīmēti nogabali, kas atkārtotas uzmērīšanas laikā 2012. gadā nebija izkopti.

Valdošās sugas koku skaita un vidējā koku augstuma izmaiņas<sup>4</sup>

Nogabala atslēga	Rādītājs	Parauglaukums						Vidēji
		1	2	3	4	5	6	
66-06-07- 313-200- 11	H, m	0,12	0,21	0,22	0,18	0,19	0,18	0,19
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	91 %	100 %	96 %	100 %	95 %	100 %	97 %
69-01-07- 608-147- 16	H, m	0,05	0,11	0,17	0,01	-0,14	0,02	0,04
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	97 %	91 %	91 %	92 %	96 %	96 %	94 %
69-01-07- 608-176- 3	H, m	0,2	0,15	-0,05	0,03	0,29	0,79	0,23
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	92 %	94 %	97 %	97 %	92 %	41 %	87 %
69-01-07- 608-179- 6	H, m	0,1	0,1	0,1	0,18	0,1	0	0,1
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	97 %	93 %	94 %	100 %	97 %	96 %	96 %
70-07-07- 304-227- 24	H, m	0,17	0,19	0,55	0,37	0,6	-0,01	0,31
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	68 %	68 %	71 %	75 %	47 %	82 %	67 %
80-09-07- 604-177- 10	H, m	-0,07	0	0	0,03	0	0	0,01
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	94 %	100 %	100 %	96 %	100 %	100 %	97 %
80-10-07- 604-55-3	H, m	0	-0,03	0,09	0	0	-0,08	0,01
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	100 %	93 %	96 %	100 %	95 %	93 %	96 %
80-11-07- 609-141- 10	H, m	0,13	0,2	0,33	0,25	-0,1	0,27	0,2
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	107 %	114 %	89 %	100 %	94 %	82 %	99 %
80-11-07- 609-188- 1	H, m	0,32	0,25	0,23	0,3	0,2	0,21	0,26
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	96 %	96 %	92 %	96 %	94 %	86 %	94 %
83-01-07- 601-103- 18	H, m	0,06	0,11	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	88 %	89 %	100 %	95 %	95 %	95 %	93 %
83-01-07- 601-105- 2	H, m	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	0,15	0,12
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	95 %	100 %	100 %	97 %	100 %	100 %	98 %
83-05-07- 603-294- 15	H, m	0,18	0,25	0,01	0,16	0,15	-0,06	0,08
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	74 %	73 %	97 %	93 %	95 %	96 %	86 %
Vidēji	H, m	0,12	0,17	0,13	0,14	0,1	0,13	0,13
	Koku skaits, gab. ha <sup>-1</sup>	91 %	90 %	92 %	95 %	91 %	88 %	91 %

<sup>4</sup> Ar pelēku prāsu iezīmēti nogabali, kas atkārtotas uzmērīšanas laikā 2012. gadā nebija izkopti.



5.11. attēls. Sakarība starp valdošās sugas vidējo koku augstumu un skaitu.

### Stumbra kaitēkļu bojājumi parastās egles audzēs

Egles astoņzobu mizgrauzis *Ips typographus* L. ir viens no galvenajiem parastās egles audžu kaitēkļiem. Tas ir bīstams ne tikai Latvijā (Bičevskis, Ozols, 1983), bet arī visā Eirāzijā (Christiansen, Bakke, 1988). Šis kaitēklis parasti savairojas vēja gāztās vai citādi novājinātās eglēs vai nemizotos baļķos, kas ir virs 12 cm diametrā. Skandināvijā raksturīga viena paaudze gadā, bet Latvijā samērā bieži (siltajās vasarās) sekmīgi attīstās divas paaudzes (Bičevskis, Ozols, 1983; Ozols 1968; Ozols 1985; Šmits, 2009). Vecās vaboles ziemo zemsegā 2–5 cm dziļumā, lielākoties zem veco koku vainagu klāja. Tikai neliela daļa vaboļu paliek ziemot attīstības vietās zem mizas, pa lielākai daļai uz gulošiem stumbriem (Ozols, 1985). Vaboles lido pavasarī, kad zemsegas temperatūra paaugstinās virs +10 °C. Latvijā tas parasti notiek maija sākumā, retāk aprīļa vai maija beigās (Šmits, Bičevskis, 1997). No kopulācijas telpas atiet 2–3 mātesejas, paralēli koka stumbra asij. To garums līdz 15 cm, savukārt, kāpurejas vidēji garas, atrodas blīvi viena pie otras, perpendikulāras mātesejai (Bičevskis, Ozols, 1983). Pirmā paaudze izlido jūnijā vai jūlija sākumā, bet otrā paaudze – augusta beigās, septembrī (Šmits, Bičevskis, 1997). Jaunās vaboles pārziemo zem mizas vai augsnē netālu no attīstības vietas. Lai egles astoņzobu mizgrauža vaboles spētu kolonizēt dzīvu koku, tām jāsapulcējas pietiekami lielā skaitā, lai pārvarētu koka pretestību (Mulock, Christiansen, 1986). Tā kā egles astoņzobu mizgrauža sekmīgai attīstībai ir nepieciešami egles stumbri, kas ir resnāki par 12 cm diametrā, zari un galotnes nav tieši piemēroti to attīstībai (Šmits, 2009).

Ievāktu materiālu vērtējumi par egles stumbra kaitēkļu bojājumiem egles bruņuts bojātajās parastās egles audzēs, kas sagatavoti atbilstoši M. Bičevska izstrādātajai metodikai, apkopoti 5.11. tabulā un 5.12. attēlā (Bičevskis, 2006).

Stumbra kaitēkļu bojājumi tika konstatēti visās apsekotajās 23 egles bruņuts bojātās parastās egles audzēs. Koku stumbru apsekošanā tika konstatētas pārsvarā mizgraužu Scolytidae dzimtas sugas: pūkainais eglu mizgrauzis (*Polygraphus polygraphus* L.), eglu sešzobu mizgrauzis (*Pityogenes chalcographus* L.), eglu dubultzobu mizgrauzis (*Ips duplicatus* Sahlb.), eglu astoņzobu mizgrauzis (*Ips typographus* L.) un svītrains

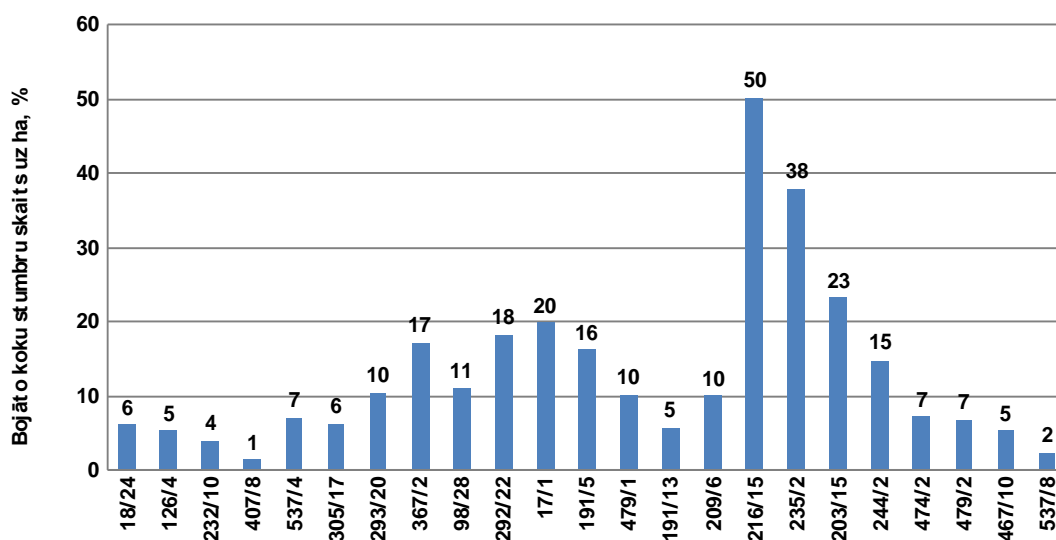
mizgrauzis (*Trypodendron lineatus* Oliv.). Zem atlupušas mizas uz stumbriem tika konstatēti egļu smecernieka-sveķotāja (*Pissodes harcyniae* Hrbst.) un mazā egļu koksngrauža (*Tetropium castaneum* L.) bojājumi un sēņotnes pārveidnes – rizomorfas, kas veic augošajos sēņu auglķermeņos vadorgānu funkcijas. Rizomorfas raksturīgas *Armillaria* spp. sēnēm.

5.11. tabula

Stumbra kaitēkļu izraisītu augošu egles stumbru bojājumu un to izraisīšu riska apstākļu izvērtējums ballēs

Novērtējums ballēs	Bojāto koku stumbru skaits uz ha, %	Parastās egles audžu skaits	Audzū atrašanās kvartāli/nogabali
0 (nav riska)	< 3 %	2	LVM 407/8, 537/8
1 (vidējs risks)	3 – 10 %	11	LVM 18/24, 126/4, 232/10 537/4, 305/17, 479/1, 191/13, 209/6, 474/2, 479/2, 467/10
2 (augsts risks)	> 10 %	10	LVM 293/20, 367/2, 98/28, 292/22, 17/1, 191/5, 216/15, 235/2, 203/15, 244/2

Kā redzams 5.11. tabulā, 2 audzēs (uz apsekošanas brīdi) konstatēts, ka apsaimniekošanas riska apstākļi nepastāv, savukārt vidēja riska apstākļi pastāv 11 audzēs un augsta – 10 audzēs.



5.12. attēls. Stumbra kaitēkļu bojāto augošu egles stumbru skaits egles bruņots bojātājās parastās egles audzēs uz ha, %.

Izvērtējot stumbra kaitēkļu bojāto koku skaitu pēc koka bojājuma pakāpes, secināts, ka 95,3 % gadījumu tika bojāti pārsvarā koki ar vērtējuma pakāpi 3.

### 5.3. Rekomendācijas praksei

Pirmajā invāzijas gadā, vērtējot bojātos kokus, pieņem, ka puse koku ar vainaga bojājuma pakāpi līdz 30 % pavasarī (maiņa beigās) rudenī sasniegs bojājuma pakāpi – vairāk kā 60 % defoliācija. Pirmā gada rudenī pēc veģetācijas sezonas beigām un otrajā gadā pieņem, ka koku defoliācijas pakāpe no maiņa beigām līdz veģetācijas sezonas beigām nemainīsies, attiecīgi, par stipri bojātiem uzskata tikai kokus ar vairāk kā 60 % defoliāciju.

Vērtējot bojājumu dinamiku egļu audzēs, konstatēts, ka turpinās bojāto koku atveseļošanās tendence. Tajā pašā laikā gandrīz visos stipri bojātajos kokos ir atrasti dažādi sekundārie kaitēkļi, kuru tālāka izplatīšanās labvēlīgos (kaitēkļiem) apstākļos var izraisīt nopietnākas sekas nekā sākotnējie bojājumi. Pētījums apstiprina hipotēzi, ka galvenais bojājumu iemesls ir egļu bruņuts (*Physokermes piceae*) savairošanās, ko iepriekšējos gados novēroja arī Polijā, Lietuvā un Skandināvijas valstīs. Egļu bruņuts savairošanos veicinājuši vairāki faktori, no kuriem nozīmīgākie ir labvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi un klimata izmaiņas, kas radījušas priekšnosacījumus šo kukaiņu virzībai uz ziemeļiem. Lai mazinātu bojājumu risku nākotnē, rekomendējams:

- 1) egļu audžu atjaunošanas procesā sekmēt priedes piemistrojuma veidošanos, kas ir saimniekaugs egļu bruņuts dabiskajam ienaidniekam: plasmecerniekam (*Anthribus nebulosus*), kā arī ieteicams atstāt dabiskajai atjaunošanai ar citām koku sugām mikroieplakas, kur lieko ūdeni nav iespējams novadīt;
- 2) veikt bruņuts savairošanās monitoringu, izmantojot aerofotografēšanu riskam visvairāk pakļautajās teritorijās vai satelītattēlus, jo šādā veidā savairošanos iespējams konstatēt gadu pirms tam, kad tā redzama no zemes. Kaitēkļu izplatīšanās pirmajā gadā efektīvākais profilaktiskais pasākums ir sanitārā cirte bojātajā audzē, bet otrajā gadā – meža mēslošana (ienesot bojātajā audzē papildus kāliju).

## Izmantotie informācijas avoti

1. Allard G.B., Fortuna S., Lee S.S., Novotny J., Baldini A., Courtinho T. (2003). Global information on outbreaks and impact of major forest insect pests and diseases. 7<sup>th</sup> World Forestry Congress paper. Canada.
2. Andresen E. (2004). Effects of season and vegetation type on community organization of dung beetles in a tropical dry forest. Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Scientific review, 291-300.
3. Anonymous (2008a). Climate change impacts on pest animals and weeds. Fact sheets. 6 p.
4. Ashworth A.C. (2001). Perspectives on beetles and climate change. American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, Tulsa, Oklahoma. Proceeding bulletin, 47. 18 p.
5. Bakke A. (1968). Ecological studies on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature. Medd. Nor. Skogsforsöksves, 21: 443-602.
6. Bale J.S., Hayward A.L.S. (2010). Insect overwintering in a changing climate. The Journal of Experimental Biology: 980-994.
7. Bārdule A., Lazdiņš A., Bārdulis A., Liepiņš J., Stola J. (2011). Augšnes īpašību izvērtējums SIA "Rīgas meži" valdījumā esošajās 2010. gadā bojātajās egļu audzēs āreņos un kūdreņos. Referātu tēzes, 2011, Latvijas Universitāte, Rīga, 45-47.
8. Barševskis A. (2008). *Oedemera subrobusta* (Nakane, 1954) (Coleoptera: Oedemeridae) – new species for Baltic fauna. Acta Biol. Univ. Daugavp., 8 (2): 283-286.
9. Battisti A. (2006). Insect populations in relation to environmental change in forests of temperate Europe. Invasive Forest Insects, Introduced Forest Trees, and Altered Ecosystems, 127-140.
10. Berryman A.A. (1996). What causes population cycles of forest Lepidoptera? Trends in Ecology and Evolution 11 (1): 28-32.
11. Bēthers U. (2012). Nākotnes klimata projekcijas Latvijai. Klimata parametri un indikatori. Latvijas klimatam līdzīgi reģioni pasaulē un Eiropā. Prezentācijas materiāls. 29 lpp.
12. Bičevskis M. (2006). Egļu astoņzobu mizgrauža savairošanās ierobežošanas sekmju novērtējums AS LVM valdījumā esošajos mežos pēc 2005.gada janvāra vētras. LVMI Silava, 28 lpp.
13. Bičevskis M., Ozols G. (1983). Egļu astoņzobu mizgrauža bioloģija un sintētiskā feromona lietošana. Jaunakais Mežsaimniecībā, 25, 48-56.
14. Bouget C., Duelli P. (2004). The effects of windthrow on forest insect communities: A literature review. Biological Conservation 118: 281-299.

15. Brockerhoff E.G., Liebhold A.M., Jactel H. (2006). The ecology of forest insect invasions and advances in their management. *Canadian Journal of Forestry Research*, 36: 263-268.
16. Bukejs A., Barševskis A., Rudāns E. (2006). *Oxythyrea funesta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoninae) in the fauna of Latvia. *Acta Biol. Univ. Daugavp.*, 6 (1-2): 51-56.
17. Christiansen E., Bakke A. (1988). The spruce bark beetle of Eurasia. - Berrymann A.A. (ed). *Dynamics of forest insect populations*. Plenum, New York, 479-503.
18. Compton S.G. (2000). The flight heights of Chalcid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea) in a lowland Bornean rain forest: Fig wasps are the high fliers. *Biotropica*, 32 (3): 515-522.
19. Denlinger D.L., Lee Jr. R.E., Yocum G.D., Kukul O. (2005). Role of chilling in the acquisition of cold tolerance and the capacitation to express stress proteins in diapausing pharate larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 21 (4): 271-280.
20. Dowden B.P.B. (1939). *Schizonotus sieboldi*, an important parasite of the imported willow leaf beetle (*Plagioderia versicolora*). *Journal of Agricultural Research*, 58 (8): 581-592.
21. Dunphy G.B., Chadwick J.M. (1984). Physical factors influencing the growth of protoplasts of *Entomophaga grylli*. *Canadian Journal of Microbiology*, 30 (11): 1315-1318.
22. Dwyer G., Dushoff J., Yee S.H. (2004). The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. *Nature*, 430: 341-345.
23. Estay S.A., Lima M., Labra F.A. (2008). Predicting insect pest status under climate change scenarios: combining experimental data and population dynamics modelling. *Journal of Applied Entomology*: 1-9.
24. Fleming R.A., Volney W.J.A. (1995). Effects of climate change on insect defoliator population processes in Canada's boreal forest: Some plausible scenarios. *Water, Air and Soil Pollution*, 82 (1-2): 445-454.
25. Ford T.H., Shaw M.R. (1991). Host records of some West Palaearctic Tachinidae (Diptera). *Entomologist's Record*, 103: 23-38.
26. Frouz J., Matena J., Ali A. (2003). Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *European Journal of Entomology*, 100: 459-465.
27. Giuggiola A., Kuster T.M., Saha S. (2010). Drought-induced mortality of Scots pines at the southern limits of its distribution in Europe: causes and consequences. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, 3: 95-97.
28. Grillenberger B.K., van de Zande L., Bijlsma R., Gadau J., Buekeboom L.W. (2009). Reproductive strategies under multiparasitism in natural populations of the parasitoid wasp *Nasonia* (Hymenoptera). *Journal of Evolutionary Biology*, 22: 460-470.
29. Grinnan R., Carter T.E., Johnson M.T.J. (2013). Effects of drought, temperature, herbivory, and genotype on plant–insect interactions in soybean (*Glycine max*). *Arthropod-Plant Interactions*, 7 (2): 201-215.

30. Hance T., Baaren J., Vernon P., Oivin G. (2007). Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52: 107-126.
31. Hanski I. (1977). Biogeography and ecology of carrion flies in the Canary Islands. *Annual Entomology of Fennica*, 43 (4): 101-107.
32. Haris A. (2009). Sawflies of the Zselic Hills, SW Hungary (Hymenoptera: Symphyta). *Natura Somogyiensis*, 15: 127-158.
33. Hill J.K., Thomas C.D., Huntley B. (1999). Climate and habitat availability determine 20<sup>th</sup> century changes in a butterfly's range margin. *Proceeding of Royal Society, London, B. Vol. 266*: 1197-1206.
34. Hudson W., Robbins G., Dorsey T., Mayer M., Bronhard L. (2012). *Peristenus relictus (stygius)* (Hymenoptera: Braconidae) a possible biological control agent for tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*, (Hemiptera: Miridae) in New Jersey. Phillip Alampi Beneficial Insect Laboratory. Annual report. 11 p.
35. IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K. and Reisinger A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 p.
36. Jansons Ā. (2011). Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām. Starpatskaite, LVMI, Silava, 106 lpp.
37. Kallio T. (1970). Aerial Distribution of the Root-Rot Fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 107: 55pp.
38. Kenis M., Wermelinger B., Grégoire J.C. (2004). Research on parasitoids and predators of Scolytidae – A Review. *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe. A Synthesis*, 237-290.
39. Kollár J., Hrubík P., Tkáčová S. (2009). Monitoring of harmful insect species in urban conditions in selected model areas of Slovakia. *Plant Protection Science*, 45: 119-124.
40. Kunkel H. (1997). Scale insect honeydew as forage for honey production. *Soft Scale Insects, their Biology, Natural Enemies and Control, World Crop Pests*, 7 (A), 291-302.
41. Kupiökiö FMU – Lithuania | FSC FM | Kupiökiö FMU - Lithuania on ekobai.com. [skatīts 2012. gada 13. decembrī]. Pieejams: <http://www.ekobai.com/company/44764/kupikio-fmu-lithuania>
42. Langer A., Hance T. (2000). Overwintering strategies and cold hardiness of two aphid parasitoid species Hymenoptera Braconidae Aphidiinae. *Journal of insect physiology*, 46 (5): 671-676.
43. Lazdiņš A. (2010). Egļu audžu masveida bojājumu cēloņu izzināšana SIA "Rīgas meži" nosusinātās meža zemēs. Pārskats par SIA „Rīgas meži” pasūtīto pētījumu. LVMI Silava, 9-11.
44. Lazdiņš A. (2011). AS “Latvijas valsts meži” valdījumā esošajos mežos bojāto egļu audžu masveida bojājumu iemeslu noskaidrošana un rekomendāciju izstrāde bojāto audžu apsaimniekošanai. LVMI Silava, 145 lpp.



45. Liberal C.N., Farias A.M.I., Meiado M.V., Filgueiras B.K.C., Lanuzzi L. (2011). How habitat change and rainfall affect dung beetle diversity in Caatinga, a Brazilian semi-arid ecosystem. *Journal of Insect Science*, 11 (114): 1-11.
46. Lombardero M.J., Ayres M.P., Ayres S.D., Reeve J.D. (2000). Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29 (3): 421-432.
47. Lynn K.A. (2009). User-friendly methods for timing integrated pest management strategies: an analysis of degree-day models and biological calendars. Ohio State University. Entomology. 109 p.
48. McManus M.L., Liebhold A.M. (2002). Ecology, survey and management of forest insects. *Proceedings*. 187 p.
49. Mechi M.R. (1999). Activity cycle of the ponen wasp, *Trimeria howardi* (Hymenoptera: Vespidae) in Southeastern Brasil. *Rewiev of Biology in Tropics*, 47 (4): 939-948.
50. Mellec A., Karg J., Bernacki Z., Slowik J., Korczynski I., Krummel T., Mazur A., Altena H.W., Gerold G., Reinhardt A. (2011). Effects of insect mass outbreaks on throughfall composition in even aged European pine stands - Implications for the C and N cycling. *Earth Science and Climatic Change*, 1 (1), 6 p.
51. Menu F., Roebuck J.P., Viala M. (2000). Bet-hedging diapause strategies in stochastic environments. *American Nature*, 155: 724-734.
52. Meshkova V.L. (2009). Seasonal development of foliage browsing insects. Kharkov, Planeta-print. 382 p.
53. Moiroux J., Giron D., Vernon P., Baaren J., van Alphen J.M. (2012). Evolution of metabolic rate in a parasitic wasp: The role of limitation in intrinsic resources. *Journal of Insect Physiology*, 58: 979-984.
54. Moraal L.G., Akkerhuis G.A.J.M.J. (2010). Changing patterns in insect pests on trees in The Netherlands since 1946 in relation to human induced habitat changes and climate factors—An analysis of historical data. *Forest Ecology and Management*, 261 (1): 50-61.
55. Moretti M., De Ca'ceres M., Pradella C., Obrist M.K., Wermelinger B., Legendre P., Duelli P. (2010). Fire-induced taxonomic and functional changes in saproxylic beetle communities in fire sensitive regions. *Ecography*, 33: 760-771.
56. Morgan K.R. (1986). Temperature regulation, energy metabolism and mate-searching in rain beetles (*Pleocoma* spp.), winter-active, endothermic scarabs (Coleoptera). *Journal of Experimental Biology*: 107-122.
57. Mulock P., Christiansen E. (1986). The threshold of successful attack by *Ips typographus* on *Picea abies*: A field experiment. *Forest Ecology and Management*, 14: 125–132.
58. Niemela P., Mattson W.J. (1996). Invasion of North American forests by European phytophagous insects. *Bioscience*, 10: 741-753.
59. Nollendorfs V. (2007). Eglu audžu paņikuma un sabrukšanas cēloņu noskaidrošana, to samazināšanas iespējamie pasākumi (pārskats par Meža attīstības fonda pētījumu). LVMI Silava, 60 lpp.
60. Olsson P.O., Jönsson A.M., Eklundh L. (2012). A new invasive insect in Sweden –

- Physokermes inopinatus*: Tracing forest damage with satellite based remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 285, 29–37.
61. Ozols G. (1968). Egles stumbra kaitēkļi un to ekoloģiskās grupas Latvijas PSR. *Latvijas Entomologs*, 21, 19.-34.lpp.
  62. Ozols G. (1985). Priedes un egles dendrofāgie kukaiņi Latvijas mežos. *Zinātne, Rīga*, 207 lpp.
  63. Petzoldt C. (2002). Climate change effects on insects and pathogens. *Climate change and agriculture: Promoting practical and profitable responses*. Informative paper. 11 p.
  64. Raniuss T., Janson N. (2000). The influence of forest regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. *Biological Conservation*, 95: 85-94.
  65. Robinson W.H. (2005). *Urban insects and arachnids. A Handbook of Urban Entomology*. Cambridge University Press. UK. 225 p.
  66. Schönrogge K., Crawley M.J. (2000). Quantified webs as means of assessing the impact of alien insects. *Journal of Animal Ecology*, 69: 841-868.
  67. Schroeder L.M. (2002). Tree mortality by the bark beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. *Integrated Pest Management Reviews*, 6 (3-4): 169-175.
  68. Schroeder L.M. (2008). Insect pests and forest biomass for energy. *Sustainable Use of Forest Biomass for Energy. Managing Forest Ecosystems*, 12: 109-128.
  69. Shaw M.R., Huddleston T. (1991). Classification and biology of braconid wasps. *Handbooks for the Identification of British Insects*, 7 (11). 126 p.
  70. Singh S.P., Choudhary A.K. (2003). Selection criteria for drought tolerance in Indian mustard Czern Coss. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 63 (3): 263-264.
  71. Singh T.V.K., Satyanarayana J. (2009). Insect outbreaks and their management. *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*: 331-350.
  72. Šmits A. (2005). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamika vētras postītās mežaudzēs. *Pārskats par līgumdarbu. LVMI Silava*. 36 lpp.
  73. Šmits A. (2009). Meža kaitēkļu savairošanās un bioloģiskās daudzveidības komponentu attīstības dinamikas monitorings. *LVMI Silava*, 39 lpp.
  74. Šmits A., Bičevskis M. (1997). Egļu astoņzobu mizgrauzis. *Meža dzīve*, 16–20.
  75. Stefanescu C., Penula J., Filella I. (2003). Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest of Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, 9: 1494. - 1506.
  76. Stireman J.O., Dyer L.A., Janzen D.H., Singer M.S., Lill J.T., Marquis R.J., Ricklefs R.E., Gentry G.L., Hallwachs W., Coley P.D., Barone J.A., Greeney H.F., Connahs H., Barbosa P., Morais H.C., Diniz R. (2005). Climatic unpredictability and parasitism of caterpillars: Implications of global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102 (48): 4 p.

77. Tan J.Y., Keith D.W.R., Morgann G. (2010). Flight ability and reproductive development in newly-emerged pine weevil *Hylobius abietis* and the potential effects of climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 427-434. p.
78. Tarmo V., Seppo N., Ari N., Martti V., Pekka N. (1996). Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. *Silva Fennica*, 30 ( 2 – 3): 169-177.
79. Tauber M.J., Tauber C.A., Masaki S. (1986). *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press. 385 p.
80. Toffolo E.P., Bernardinelli I., Stergulc F., Battisti A. (2006). Climate change and expansion of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*, in northern Italy. IUFRO Working Party 7.03.10 Proceedings of the Workshop, Gmunden, Austria: 331-340.
81. Turguter S., Ülgentürk S. (2006). *Physokermes piceae* (Schrank) (Yumrulu Ladin Koşnili) (Hemiptera: Coccidae)'nin Biyolojik Özellikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12, 44–50.
82. Valstybinė Miškų Tarnyba. Netikrasis eglinis skydamaris (*Physokermes piceae* Schrank.). 2010. [skatīts 2012. gada 12. oktobrī]. Pieejams: <http://www.msat.lt/lt/kenkejai/vabzdziai/spyglius-grauziantys/netikrasis-eglinis-skydamaris/>
83. Venette C., Abrahamson M. (2011). Cold hardiness of emerald ash borer, *Agrilus planipennis*: a new perspective. *USDA Forest Service Informative Paper*. 5 p.
84. Wallner W.E. (1987). Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species. *Annual Review of Entomology*, 32: 317-340.
85. Wilson R.J., Gutierrez D., Gutierrez J., Martinez D., Agudo R., Monseratt V.J. (2005). Changes to the elevation limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters*, 8: 1138-1146.
86. Yang Z.Q., Strazanac J.S., Marsh P.M., van Achterberg C., Choi W.Y. (2005). First recorded parasitoid from China of *Agrilus planipennis*: A new species of *Spathius* (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 98 (5): 636-642.