



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

2015.gada jūnijs

Pētījumu objektu abiotisko un biotisko faktoru potenciālās ietekmes uz mežaudzēm novērtēšanai un izplatības vairākkārtējai noteikšanai apraksts

KOPSAVILKUMS

Pastāvīgajos parauglaukumos trijās Latvijas vietās, veicot regulāru nobiru un augsnes mitruma, kā arī meteoroloģisko apstākļu monitoringu, ievākti dati šo rādītāju savstarpējās saiknes novērtēšanai. Konstatēts, ka gan virsējo nobiru slāņa mitrums, kas norāda uz aizdegšanās iespēju, gan daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, kas raksturo potenciālo degšanas intensitāti, visciešāk korelē ar Kanādas uguns laika apstākļu indeksu (FWI), tādēļ to rekomendējams izmantot ugunsbīstamības raksturošanai. Prognozes liecina, ka klimata izmaiņu ietekmē pieaugs gan vidējais dienu skaits sezonā ar sevišķi augstu ugunsbīstamību (FWI>17), gan gadu skaits, kad šādas vērtības tiks sasniegtas.

Pētījumā prognozētas ne tikai abiotisko, bet arī biotisko faktoru ietekmes izmaiņas klimata izmaiņu rezultātā. Tā, analizējot 25 agresīvāko dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās vēstures teritorijās, kuru klimats līdzīgs Latvijā nākotnē prognozētajam (Centrāleiropā), un uz vēsturisko novērojumu pamata, kas veikti pastāvīgos un īslaicīgos parauglaukumos, izstrādājot to savairošanās prognozes, konstatēts, ka visām apskatā ietvertajām sugām sagaidāms to ietekmēto meža platību pieaugums, turklāt vairumā gadījumu fiksētā tendence ir statistiski būtiska. Atsevišķos gadījumos savairošanās tendences ir saistītas ar konkrētiem meteoroloģiskajiem faktoriem, piemēram, *Ips typographus* ietekmētajai platībai konkrētajā gadā ir pozitīva korelācija ar iepriekšējās sezonas vidējo gaisa temperatūru augustā. Ņemot vērā, ka priedei un eglei Latvijā ir liels meža platību īpatsvars un tām raksturīgs salīdzinoši augsts kopējais un specifisko dendrofāgu sugu skaits, lielākais kaitēkļu savairošanās risks prognozējams tieši skujkoku audzēs.

SATURS

Ievads.....	3
1. Degmateriāla mitruma analīze un ugunsbīstamības izmaiņu prognozes	4
2. Dendrofāgo kukaiņu populāciju dinamika un tās prognozes	28
Izmantotā literatūra.....	65

Ievads

Pētījumu objektu abiotisko un biotisko faktoru potenciālās ietekmes uz mežaudzēm novērtēšanai aprakstā ietvertā informācija ir apkopojums par visā projekta aktivitātes izpildes laikā ierīkotajiem objektiem (veiktajiem pētījumiem). Lai novērstu dublēšanos ar citos šīs aktivitātes pārskatos ietverto informāciju, kur objekti aprakstīti kontekstā ar tajos iegūtajiem rezultātiem, kā arī, lai sniegtu priekšstatu par izveidoto pētījumu objektu pielietojamību, šajā pārskatā ietverta informācija par:

- a) vienu abiotisko faktoru – degmateriāla mitruma analīzi (informācijas par sasalstoša lietus un vēja bojājumiem ir citos šīs aktivitātes pārskatos);
- b) vienu biotisko faktoru – dendrofāgo kukaiņu savairošanās iespēju analīzi (informācija par slimību, kā arī invazīvo sugu un specifiski egļu bruņuts un ar to saistīto sekundāro kaitēkļu bojājumiem jau ietverta citos šīs aktivitātes pārskatos).

Pētījuma objekti aprakstīti kontekstā ar tajos iegūtajiem rezultātiem, demonstrējot to praktisko nozīmi, kā arī nodrošinot informāciju par projekta aktivitātē sasniegto.

1. Degmateriāla mitruma analīze un ugunsbīstamības izmaiņu prognozes

Meteoroloģisko apstākļu ietekme uz degmateriāla un augsnes mitruma izmaiņām

Aprakstīti vairāki ugunsbīstamības indikatori, kuri izmantoti meža zemsegas un augsnes organiskā slāņa mitruma raksturošanai.

Ņesterova indekss (NI)

Līdz šim Latvijā ugunsbīstamības novērtējumam izmantots 1968.gadā PSRS Hidrometeocentra izstrādātais kompleksais ugunsbīstamības rādītājs, kurš ir pārveidots agrāk izmantotais Ņesterova 1939.gadā izstrādātais ugunsbīstamības indekss. Daudzviet pasaulē šo pārveidoto indeksu dēvē par Ņesterova indeksu (NI). Ņesterova indeksa vērtību nosaka 3 rādītāji – temperatūra, rāsas punkta temperatūra un nokrišņu daudzums iepriekšējā diennaktī.

$$NI = \sum_{i=1}^W T_i * (T_i - D_i) \quad (1)$$

kur:

NI = Ņesterova indekss;

W = dienu skaits kopš lietus >3mm;

T_i = i -tās dienas pusdienas laika t (°C);

D_i = i -tās dienas rāsas punkta t (°C).

Atbilstoši oficiālajai metodikai, Ņesterova indeksu sāk uzskaitīt pavasarī pēc sniega nokušanas, kad temperatūra paaugstinās virs 0 °C, un turpina summēt, līdz nokrišņu daudzums diennakts laikā pārsniedz 3 mm. Ja lietus daudzums pārsniedz 3 mm diennaktī, Ņesterova indeksa vērtību pieņem kā atbilstošu 0. Beidz skaitīt rudenī, kad $T < 0$ °C.

Meteoroloģisko apstākļu noteiktā ugunsbīstamība dalīta 1.1.tabulā aprakstītajās klasēs.

1.1.tabula

Meža ugunsbīstamības kompleksā rādītāja klases (Roga, 1979)

Meža ugunsbīstamības klase	Meža ugunsbīstamība	
	Vasaras pirmā puse (IV, V, VI)	Vasaras otra puse (VII, VIII, IX)
I klase (0-300)	zema	nav
II klase (301-1000)	vidēja	zema
III klase (1001-4000)	augsta	vidēja
IV klase (4001-10000)	sevišķi augsta	augsta
V klase (10000<)	ārkārtēja	sevišķi augsta
		ārkārtēja, ja 15000<

Modificētais Nesterova indekss (MNI)

Modificētais Nesterova indekss izteikts ar sekojošu sakarību:

$$MNI = K \sum_{i=1}^W T_i * (T_i - D_i) \quad (2)$$

kur:

MNI = Modificētais Nesterova indekss;

W = dienu skaits kopš lietus > 19 mm;

T_i = i -tās dienas pusdienas laika t ($^{\circ}C$);

D_i = i -tās dienas rāsas punkta t ($^{\circ}C$).

K – vērtības no 1.2.tabulas, kuras ir atkarīgas no lietus daudzuma iepriekšējā dienā.

1.2.tabula

Koeficienta K vērtības

Nokrišņi (mm)	0	0,1-0,9	1,0-2,9	3,0-5,9	6,0-14,9	15,0-19,0	>19
K	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0

Meža ugunsgrēka riska līmeņi atkarībā no modificētā Nesterova indeksa parādīti 1.3. tabulā.

1.3.tabula

Meža ugunsgrēka risks atkarībā no modificētā Nesterova indeksa

Uguns riska līmenis	Modificētais Nesterova indekss	Meža ugunsgrēka risks
I	100 – 1000	ļoti zems
II	1001 – 2500	zems
III	2501 – 5 000	vidējs
IV	5 001 – 10 000	augsts
V	> 10 000	ekstrēms

Modificētais Portugāles indekss (MPI)

Modificētais Portugāles indekss, kas veidots uz Nesterova indeksa pamata, izteikts ar sekojošu sakarību:

$$PI = r \sum_{k=i}^{i-1} I(k) + T_i * (T_i - D_i) \quad (3)$$

kur:

PI = Portugāles indekss;

T_i = i -tās dienas pusdienas laika t ($^{\circ}C$);

D_i = i -tās dienas rāsas punkta t ($^{\circ}C$).

r – koeficients (1.4. tab.) atkarībā no nokrišņu daudzuma iepriekšējā dienā (k).

Koeficienta r vērtības

Nokrišņi (mm)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-10	<10
r	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1

Kanādas uguns laika apstākļu indekss (FWI)

Virkne pētījumu liecina, ka žūšanas process ir atkarīgs arī no citiem meteoroloģiskajiem rādītājiem, piemēram, vēja ātruma, kā arī no degmateriāla (ar to saprotot dažāda lieluma organiskās daļas gan augsnē, gan uz tās, piemēram, nobiras) īpašībām (blīvuma, novietojuma, sākotnējā mitruma u.c.).

Kanādas uguns laika apstākļu indeksu (Canadian Fire Weather index (FWI) (Wagner, Pickett, 1985) aprēķina, izmantojot sekojošus apakšindeksus:

- Smalko degmateriālu mitruma kods (Fine fuel moisture code (FFMC));
- Nobiru mitruma kods (Duff moisture code (DMC));
- Sausuma kods (Drought code (DC));
- Sākotnējās izplatīšanās indekss (Initial spread index (ISI));
- Attīstības indekss (Build up index (BUI)).

Katrs no augstāk minētajiem kodiem un indeksiem tiek aprēķināts, balstoties uz nokrišņu daudzumu iepriekšējā periodā, pusdienas laika temperatūru, relatīvo mitrumu, vēja ātrumu (FFMC), kā arī ņemot vērā saules (dienas garuma) ietekmi (DMC, DC). Kodu un indeksu aprēķināšanā tiek izmantota vienādojumu sistēma, kas raksturo žūšanas un samitrināšanās procesu atsevišķi smalkajam degmateriālam (FFMC), nobirām (DMC) un zemākajos augsnes organiskajos slāņos (DC). Vienādojumi aprakstīti, piemēram, Wagner un Pickett (1985).

FFMC Smalko degmateriālu mitruma kods

Parametri:

TEMP ir 12:00 vietējā standartlaika temperatūra, °C;

RH ir 12:00 vietējā standartlaika relatīvais mitrums, %;

WIND ir 12:00 vietējā standartlaika vēja ātrums, km ha⁻¹;

RAIN ir 24 stundu akumulētais nokrišņu daudzums (mm) 12:00 pēc vietējā standartlaika;

FFMCo ir iepriekšējās dienas FFMC.

$$Mo = 147,2 * (101 - FFMCPprev) / (59,5 + FFMCPprev) \quad (1)$$

ja (RAIN > 0,5) tad

$$rf = RAIN - 0,5 \quad (2)$$

ja (Mo <= 150) tad

$$Mr = Mo + 42,5 * rf * (Exp(-100 / (251 - Mo))) * (1 - Exp(-6,93 / rf)) \quad (3a)$$

Citādi

$$Mr = Mo + 42,5 * rf * (Exp(-100 / (251 - Mo))) * (1 - Exp(-6,93 / rf)) + 0,0015 * (Mo - 150)^2 * (rf)^{0,5} \quad (3b)$$

ja (Mr > 250) tad

$$Mr = 250$$

$$Mo = Mr$$

$$Ed = 0,942 * (RH)^{0,679} + 11 * Exp((RH - 100) / 10) + 0,18 * (21,1 - TEMP) * (1 - Exp(-0,115 * RH)) \quad (4)$$

ja (Mo > Ed) tad

$$ko = 0,424 * (1 - (RH / 100))^{1,7} + 0,0694 * (WIND)^{0,5} * (1 - (RH / 100)^8) \quad (6a)$$

$$kd = ko * 0,581 * Exp(0,0365 * TEMP) \quad (6b)$$

$$m = Ed + (Mo - Ed) * (10)^{-kd} \quad (8)$$

citādi

$$Ew = 0,618 * (RH)^{0,753} + 10 * Exp((RH - 100) / 10) + 0,18 * (21,1 - TEMP) * (1 - Exp(-0,115 * RH)) \quad (5)$$

ja (Mo < Ew) tad

$$kl = 0,424 * (1 - ((100 - RH) / 100))^{1,7} + 0,0694 * (WIND)^{0,5} * (1 - ((100 - RH) / 100)^8) \quad (7a)$$

$$kw = kl * 0,581 * Exp(0,0365 * TEMP) \quad (7b)$$

$$m = Ew - (Ew - Mo) * (10)^{-kw} \quad (9)$$

citādi

$$m = Mo$$

$$FFMC = 59,5 * (250 - m) / (147,2 + m) \quad (10)$$

DMC Nobiru mitruma kods

Parametri:

TEMP ir 12:00 vietējā standartlaika temperatūra, °C;

RH ir 12:00 vietējā standartlaika relatīvais mitrums, %;

RAIN ir 24 stundu akumulētais nokrišņu daudzums (mm) 12:00 pēc vietējā standartlaika;

DMCo ir iepriekšējās dienas DMC;

LAT ir vietas ģeogrāfiskā platuma grādi;

MONTH ir gada mēneša kārtas skaitlis (1..12).

$$\text{ja } (\text{RAIN} > 1,5) \text{ tad } re = 0,92 * \text{RAIN} - 1,27 \quad (11)$$

$$\text{Mo} = 20 + \text{Exp}(5,6348 - \text{DMCPrev} / 43,43) \quad (12)$$

ja (DMCPrev <= 33) tad

$$B = 100 / (0,5 + 0,3 * \text{DMCPrev}) \quad (13a)$$

citādi

ja (DMCPrev <= 65) tad

$$B = 14 - 1,3 * (\text{Log}(\text{DMCPrev})) \quad (13b)$$

citādi

$$B = 6,2 * \text{Log}(\text{DMCPrev}) - 17,2 \quad (13c)$$

$$\text{Mr} = \text{Mo} + 1000 * re / (48,77 + B * re) \quad (14)$$

$$\text{Pr} = 244,72 - 43,43 * \text{Log}(\text{Mr} - 20) \quad (15)$$

If (Pr > 0) tad

$$\text{DMCPrev} = \text{Pr}$$

citādi

$$\text{DMCPrev} = 0$$

ja (TEMP > -1,1) tad

$$\text{Dl} = \text{DayLength}(\text{LAT}, \text{MONTH})$$

$$K = 1,894 * (\text{TEMP} + 1,1) * (100 - \text{RH}) * \text{Dl} * 0,000001$$

citādi

$$K = 0$$

$$\text{DMC} = \text{DMCPrev} + 100 * K \quad (17)$$

DC Sausuma kods

Parametri:

TEMP ir 12:00 vietējā standartlaika temperatūra, °C;

RAIN ir 24 stundu akumulētais nokrišņu daudzums (mm) 12:00 pēc vietējā standartlaika;

LAT ir vietas ģeogrāfiskā platuma grādi;

MONTH ir gada mēneša kārtas skaitlis (1..12);

* DCo ir iepriekšējās dienas DC.

ja (RAIN > 2,8) tad

$$rd = 0,83 * (RAIN) - 1,27 \quad (18)$$

$$Qo = 800 * \text{Exp}(-DCPrev / 400) \quad (19)$$

$$Qr = Qo + 3,937 * rd \quad (20)$$

$$Dr = 400 * \text{Log}(800 / Qr) \quad (21)$$

ja (Dr > 0) tad

$$DCPrev = Dr$$

citādi

$$DCPrev = 0$$

$$Lf = \text{DayLengthFactor}(LAT, MONTH - 1)$$

$$\text{ja } (TEMP > -2,8) \text{ tad } V = 0,36 * (TEMP + 2,8) + Lf \quad (22)$$

citādi $V = Lf$

ja ($V < 0$) tad $V = 0$

$$D = DCPrev + 0,5 * V \quad (23)$$

$$DC = D$$

ISI Sākotnējās izplatīšanās indekss

Parametri:

WIND ir 12:00 vietējā standartlaika vēja ātrums, km ha⁻¹;

FFMC ir kārtējās dienas FFMC.

$$fWIND = \text{Exp}(0,05039 * WIND) \quad (24)$$

$$m = 147,2 * (101 - FFMC) / (59,5 + FFMC) \quad (1)$$

$$fF = 91,9 * \text{Exp}(-0,1386 * m) * (1 + (m)^{5,31} / 49300000) \quad (25)$$

$$ISI = 0,208 * fWIND * fF \quad (26)$$

BUI Attīstības indekss

Parametri:

DMC ir kārtējās dienas DMC;

DC ir kārtējās dienas DC.

Ja $(DMC \leq 0,4 * DC)$ tad

$$U = 0,8 * DMC * DC / (DMC + 0,4 * DC) \quad (27a)$$

citādi

$$U = DMC - (1 - 0,8 * DC / (DMC + 0,4 * DC)) * (0,92 + (0,0114 * DMC)^{1,7}) \quad (27b)$$

$$BUI = U$$

FWI uguns laika apstākļu indekss

Parametri:

* ISI ir kārtējās dienas ISI;

BUI ir kārtējās dienas BUI.

ja $(BUI \leq 80)$ tad

$$fD = 0,626 * (BUI)^{0,809} + 2 \quad (28a)$$

citādi

$$fD = 1000 / (25 + 108,64 * \text{Exp}(-0,023 * BUI)) \quad (28b)$$

$$B = 0,1 * ISI * fD \quad (29)$$

ja $(B > 1)$ tad

$$S = \text{Exp}(2,72 * (0,434 * \text{Log}(B))^{0,647}) \quad (30a)$$

$$\text{citādi} \quad S = B \quad (30b)$$

$$FWI = S$$

$$LfN = \text{Array}(-1,6, -1,6, -1,6, 0,9, 3,8, 5,8, 6,4, 5, 2,4, 0,4, -1,6, -1,6)$$

Smalko degmateriālu veido maz sadalījušās zaru, lapu u.c. organiskās atliekas (*litter*).

Nobiru mitruma kods raksturo vidēji līdz gandrīz pilnīgi sadalījušos lapu, skuju, smalko zariņu un citu organisko materiālu, kas atrodas starp smalko degmateriālu un minerālās augsnes slāni 2-5 cm dziļumā.

Sausuma kods raksturo nobiru/humusa/kūdras slāni 5-10 cm dziļumā.

Ugunsbīstamību raksturojošo indikatoru saikne ar degmateriāla un augsnes mitruma izmaiņām

Lauka materiāls ievākts 2012. un 2013. gadā pētījumu objektos 3 dažādās Latvijas vietās – Piejūras zemienē (Mazirbe), Ventaszemē (Ugāle) un Austrumzemgalē (Vecumnieki), kā arī 2014.gadā Ventaszemē (Ugāle).

Meteoroloģiskie rādītāji novērtēti, izmantojot pārvietojamās meteostacijas *Vantage Pro2*, kuras uzstādītas atklātā vietā (vismaz 100 m attālumā no dabiskiem vai mākslīgiem šķēršļiem). Iegūti sekojoši meteoroloģiskie rādītāji: gaisa temperatūra, relatīvais mitrums, vēja ātrums (10 m augstumā), nokrišņu (lietus) daudzums.

Audzēs izvēlētas atbilstoši sekojošiem nosacījumiem:

- 1) atrodas ne tālāk par 2,5 km (pa gaisa līniju) no meteostacijas;
- 2) pārstāv dažādus meža tipus un dažādas ugunsbīstamības klases, valdošā suga priede, egļe, bērzs, apse.

Atbilstoši MK noteikumiem (1.¹ pielikums Ministru kabineta 2004.gada 17.februāra noteikumiem Nr.82). audzes pēc to ugunsbīstamības tiek iedalītas 5 klasēs (1.5.tab.).

1.5.tabula

Mežaudžu un izcirtumu iedalījums ugunsbīstamības klasēs

(izvilks no Pielikuma MK 10.06.2008. noteikumu Nr.422 redakcijā)

Nr.p.k.	Ugunsbīstamības klase	Mežaudzes vai izcirtuma apraksts
1.	I klase – ugunsbīstamība paaugstināta	Par 40 gadiem jaunākas skuju koku audzes visos meža augšanas apstākļu tipos un lauksaimniecības zemēs ieaudzētie skuju koku plantāciju meži. Lauksaimniecības zemēs ieaudzētie lapu koku plantāciju meži, kas jaunāki par 10 gadiem. Mežaudzes un izcirtumi silā un grīnī
2.	II klase – ugunsbīstamība augsta	Mežaudzes un izcirtumi lānā, mētrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī
3.	III klase – ugunsbīstamība vidēja	Mežaudzes un izcirtumi damaksnī, šaurlapu ārenī, mētru ārenī, šaurlapu kūdrenī un mētru kūdrenī
4.	IV klase – ugunsbīstamība zema	Mežaudzes un izcirtumi vērī, gāršā, slapjā mētrājā, slapjā damaksnī, slapjā vērī, slapjā gāršā, platlapju kūdrenī un platlapju ārenī
5.	V klase – ugunsbīstamība ļoti zema	Mežaudzes un izcirtumi purvājā, niedrājā, dumbrajā un lieņā

Pētījumu objektu sadalījums pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām sugām atspoguļots 1.6.tabulā, bet sadalījums pa meža tipi un ugunsbīstamības klasēm 1.7.tabulā.

Parauglaukumu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām sugām

Valdošā suga	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Priede	3	4	6	5	3	12	3	2	38
Egle			4			5	3		12
Bērzs			2			7	1		10
Apse							1		1
Izcirtums			1		2	4	1		8
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

* 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem (02.17.2004. Nr.82), 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas.

Parauglaukumu skaits sadalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un meža tiptiem

Meža tips	Ugunsbīstamības klase								Kopā
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
As			6			10			16
Dm			3			9			12
Dms				3			2		5
Km			2			3			5
Ks			2			6			8
Mr		4			5				9
Mrs				2			2		4
Nd								2	2
Sl	3								3
Vr							5		5
Kopā	3	4	13	5	5	28	9	2	69

* 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem (02.17.2004. Nr.82), 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas.

Parauglaukumos novērtēts:

- 1) augsnes mitrums, izmantojot augsnes mitruma mērītāju (*Soil moisture meter*), katrā uzmērīšanas reizē parauglaukumā vismaz 2 vietās. Katrā parauglaukumā novērtējums veikts vismaz 10 (10-15) reizes sezonā 2012.gadā, 18 (16-22) reizes sezonā 2013.gadā un 10 reizes (ne visos pētījuma objektos) 2014. gadā

- 2) nobiru un zemsegas mitrums, izmantojot DMM600 (*Duff moisture meter*) CAMPBELL SCIENTIFIC atbilstoši rokasgrāmatā norādītajai metodikai. Mitrums mērīts augsnes virskārtā 0-2 cm (ieskaitot nesadalījušās nobiras), 2-5 cm dziļumā (daļēji sadalījušos nobiru slānis) un 5-10 cm dziļumā (humusa slānis jeb „trūdzemes”). Mērījumi katrā parauglaukumā katrā mērīšanas dienā veikti vismaz 2 atkārtojumos. Mērījumi veikti katrā objektā 4-5 reizes sezonā.
- 3) iepriekšējā gadā nozāģētu koksnes paraugu (priedes stumbra nogrieznis bez mizas apmēram 1m garumā, ar caurmēru 6-8 cm) mitrums, izmantojot koksnes mitruma mērītāju *Wood Moisture meter* T500. Koksnes paraugi novietoti uz zemsedzes parauglaukuma centra tuvumā. Mērījumi veikti 11-15 reizes sezonā 2012.gadā un 17 (16-20) reizes sezonā 2013.gadā.

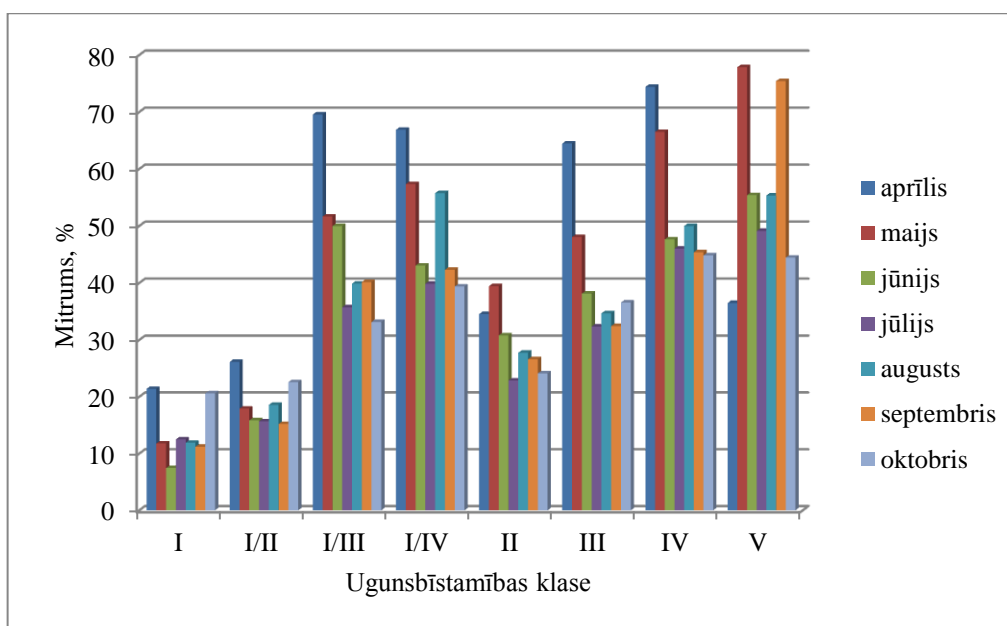
Vidējais augsnes virskārtas mitrums atšķiras dažādās ugunsbīstamības klasēs. Mežaudzēs silā un jaunaudzēs lānā, mētrājā, viršu ārenī un viršu kūdrenī augsnes virskārtas mitrums ir būtiski zemāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs. Savukārt skujuoku jaunaudzēs III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos augsnes virskārtas mitrums ir līdzīgs III un IV ugunsbīstamības klases meža tipu mitrumam, nevis I ugunsbīstamības klases mitrumam (1.8.tab., 1.1.att.).

1.8.tabula

Vidējais augsnes virskārtas mitrums pa mēnešiem un ugunsbīstamības klasēm 2012.,
2013.gadā (%)

Mēnesis	Ugunsbīstamības klase								Vidēji
	I	I/II*	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Aprīlis	21,4	26,2	69,6	66,9	34,5	64,5	74,4	36,5	57,3
Maijs	11,8	17,9	51,7	57,4	39,4	48,1	66,5	77,9	47,8
Jūnijs	7,4	15,9	50,0	43,1	30,8	38,1	47,6	55,4	38,5
Jūlijs	12,5	15,7	35,7	39,9	22,9	32,4	46,0	49,1	32,4
Augusts	11,9	18,6	39,9	55,8	27,8	34,7	50,0	55,4	36,8
Septembris	11,2	15,2	40,2	42,3	26,6	32,4	45,4	75,4	33,8
Oktobris	20,6	22,6	33,2	39,4	24,1	36,6	44,8	44,4	34,4
Vidēji	11,5	17,2	43,6	48,2	29,1	37,7	51,4	56,6	38,1

* 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem (02.17.2004. Nr.82), 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas.



Ugunsbīstamības klase: 1.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumiem (02.17.2004. Nr.82), 2.skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas.

1.1.attēls. Augsnes virskārtas mitrums (%) dažādas ugunsbīstamības parauglaukumos 2012. un 2013.gadā.

Izmantojot gan 2012.gada, gan 2013.gada datus, konstatēts, ka abos gados I un I/II ugunsbīstamības klases parauglaukumos augsnes mitrums ir būtiski ($p < 0,001$) zemāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs (dispersijas analīzē, veicot gradācijas klašu salīdzināšanu, izmantots Tjūkija tests (*Tukey HSD*)). Izmantojot apvienotos 2012., 2013., 2014.g. datus, konstatēts, ka būtiski mazāks augsnes mitrums ir I un I/II ugunsbīstamības klases parauglaukumos, savukārt, I/III un III, kā arī I/IV un IV ugunsbīstamības klases parauglaukumos konstatēts līdzīgs augsnes mitrums (1.9.tab.).

1.9.tabula

Augsnes mitrums dažādas ugunsbīstamības klašu audzēs ($p < 0,05$; Tjūkija tests)

Ugunsbīstamības klase	N	Homogēnā apakškopa					
		1	2	3	4	5	6
I	184	11,5					
I/II	237	17,2					
II	222		29,2				
III	1200			37,7			
I/III	576			43,6	43,6		
I/IV	299				48,2	48,2	
IV	363					51,4	51,4
V	76						56,6
p-vērtība		0,07	1,0	0,07	0,28	0,73	0,16

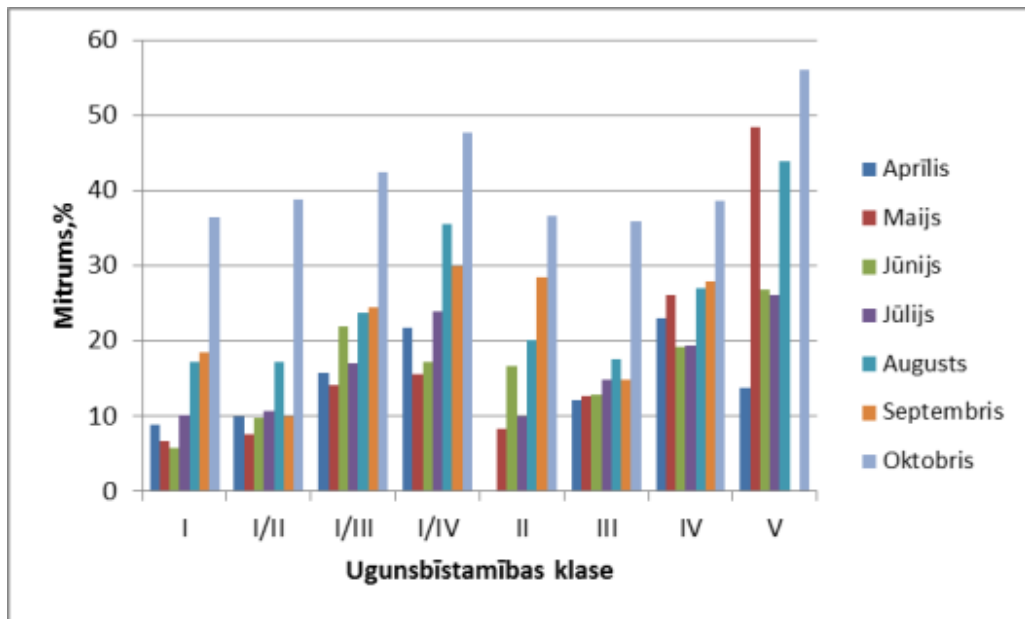
Salīdzinot mitruma daudzumu dažādos dziļumos (viršējais nobiru slānis, daļēji sadalījušos nobiru slānis 2-5 cm dziļumā un vidēja „trūdzeme” 5-10 cm dziļumā), gan 2012.gadā, gan 2013. un 2014. gadā, var konstatēt līdzīgas sakarības: I un II klasē mitruma daudzums ir mazāks nekā pārējās ugunsbīstamības klasēs, bet III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos arī skujkoku jaunaudzēs nobiru un humusa slāņa mitrums ir līdzīgāks kategorijai, kura noteikta atbilstoši meža tipam, nevis I klases ugunsbīstamības meža tiptiem (1.2.att., 1.10.tab.).

1.10.tabula

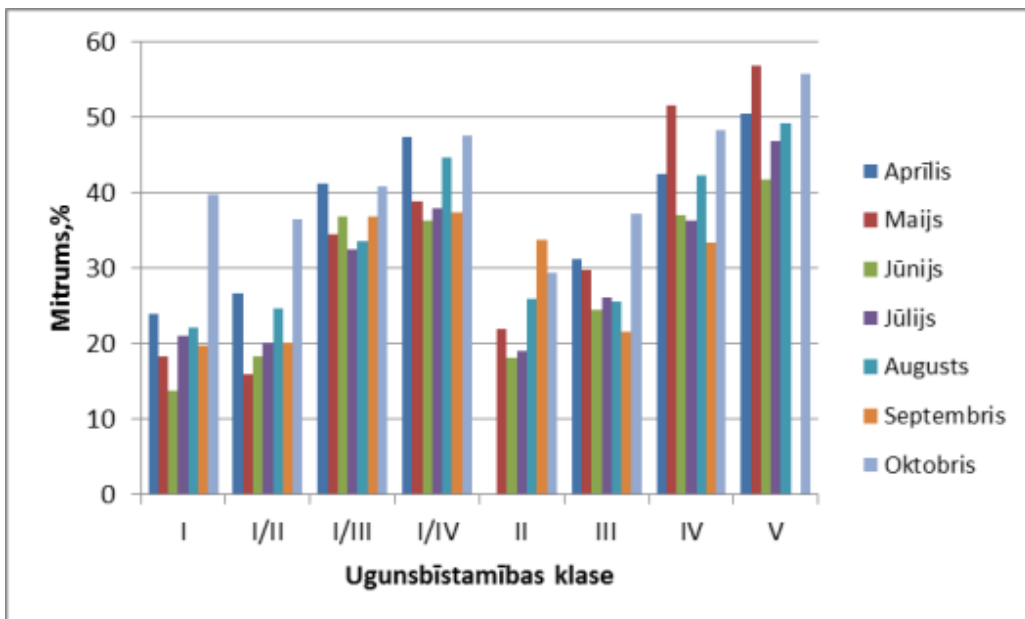
Vidējais nobiru, daļēji sadalījušos nobiru un trūdzemes slāņa mitrums
(2012., 2013., 2014.gada mērījumu apkopojums)

Mēnesis	Ugunsbīstamības klase								Vidēji
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Vidējais nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	8,8	10,0	15,8	21,8		12,1	23,0	13,7	15,3
Maijs	6,6	7,5	14,2	15,5	8,2	12,6	26,1	48,3	13,9
Jūnijs	5,8	9,8	21,9	17,2	16,6	12,8	19,2	26,8	15,5
Jūlijs	10,1	10,6	16,9	23,9	9,9	14,9	19,4	26,0	16,0
Augusts	17,2	17,2	23,7	35,4	20,0	17,6	27,0	43,9	22,7
Septembris	18,5	9,9	24,5	29,8	28,5	14,8	27,8		18,9
Oktobris	36,3	38,8	42,3	47,7	36,7	35,8	38,7	56,0	40,3
Vidēji	11,2	12,0	19,8	24,8	14,1	14,9	23,5	33,4	17,7
Vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, %									
Aprīlis	23,8	26,7	41,1	47,3		31,1	42,3	50,3	37,2
Maijs	18,2	15,9	34,5	38,9	21,9	29,7	51,5	56,7	31,5
Jūnijs	13,6	18,4	36,8	36,2	18,1	24,5	36,9	41,8	28,7
Jūlijs	20,9	20,1	32,4	37,9	19,1	26,1	36,2	46,8	28,7
Augusts	22,0	24,6	33,6	44,6	25,9	25,6	42,2	49,1	31,5
Septembris	19,6	20,2	36,8	37,3	33,8	21,5	33,3		26,1
Oktobris	39,7	36,5	40,7	47,5	29,3	37,1	48,2	55,7	40,4
Vidēji	19,9	20,8	34,5	40,4	22,0	26,4	41,2	48,0	30,4
Vidējais trūdzemes slāņa mitrums, %									
Aprīlis	38,1	28,5	49,4	51,2		41,7	56,0	59,7	45,8

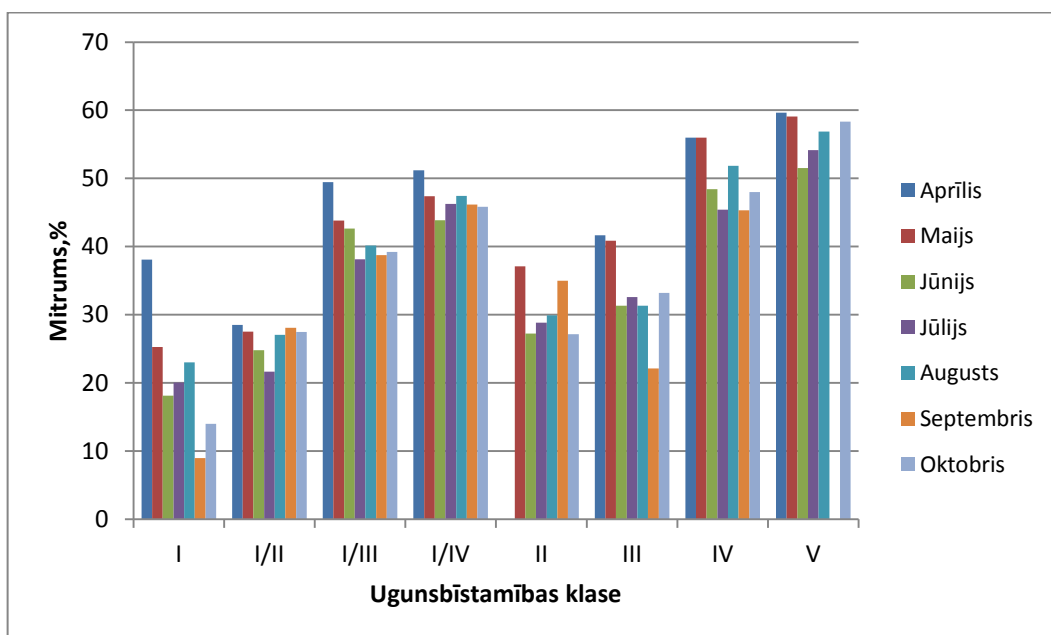
Maijs	25,3	27,5	43,8	47,4	37,1	40,9	56,0	59,1	41,9
Jūnijs	18,1	24,8	42,7	43,9	27,3	31,3	48,4	51,5	36,6
Jūlijs	20,0	21,6	38,1	46,3	28,8	32,6	45,4	54,2	35,1
Augusts	23,0	27,1	40,2	47,4	29,9	31,3	51,9	56,9	36,7
Septembris	9,0	28,1	38,7	46,2	35,0	22,1	45,3		30,6
Oktobris	14,0	27,5	39,2	45,8	27,2	33,2	48,0	58,3	36,8
Vidēji	21,8	25,3	41,0	46,7	31,1	33,5	50,2	55,5	37,4



a)



b)



c)

1.2.attēls. Vidējais nobiru slāņa mitrums (a); vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums (b) un vidējais trūdzemes slāņa mitrums (c).

Veicot vienfaktora dispersijas analīzi, konstatēts, ka pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp nobiru slāņa mitrumu dažādās ugunsbīstamības klasēs ($p < 0,001$), un, izmantojot Tjūkija testu, konstatēts, ka būtiskas atšķirības ir starp V klasi un I, I/II, II, III klasēm (1.11.tab.).

1.11.tabula

Viršējā nobiru slāņa mitrums dažādās ugunsbīstamības klašu audzēs ($p < 0,05$; Tjūkija tests)

Ugunsbīstamības klase	N	Homogēnā apakškopa			
		1	2	3	4
I	110	11,1879			
I/II	145	12,0230			
II	91	14,1355	14,1355		
III	442	14,9238	14,9238		
I/III	265		19,7648	19,7648	
IV	118			23,4520	
I/IV	198			24,8232	
V	29				33,3793
p-vērtība		0,606	0,111	0,211	1,000

Daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums starp I, I/II, II, III un I/III, I/IV, IV, V ugunsbīstamības klasēm atšķiras būtiski (1.12.tab.).

1.12.tabula

Daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums dažādas ugunsbīstamības klašu audzēs (p<0,05; Tjūkija tests)

Ugunsbīstamības klase	N	Homogēnā apakškopa				
		1	2	3	4	5
I	98	19,9				
I/II	132	20,8	20,9			
II	90	22,0	22,0			
III	416		26,4			
I/III	255			34,5		
I/IV	198				40,4	
IV	104				41,2	
V	29					48,0
p -vērtība		0,95	0,07	1,00	1,00	1,00

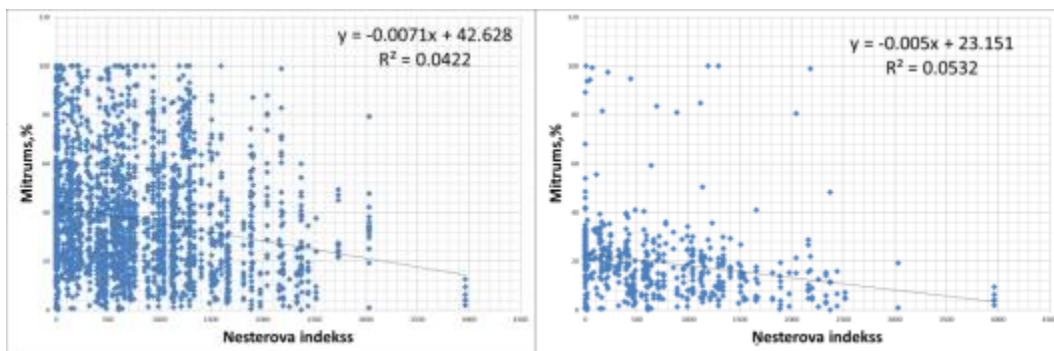
Trūdzemes slāņa mitrums starp I, I/II un II, III I/III, I/IV, IV, V klasēm atšķiras būtiski (1.13.tab.).

1.13.tabula

Trūdzemes slāņa mitrums dažādas ugunsbīstamības klašu audzēs (p<0,05; Tjūkija tests)

Ugunsbīstamības klase	N	Homogēnā apakškopa				
		1	2	3	4	5
I	67	21,8				
I/II	104	25,3				
II	87		31,1			
III	379		33,6			
I/III	251			41,0		
I/IV	184			46,7	46,7	
IV	90				50,2	50,2
V	29					55,5
p -vērtība		0,56	0,89	0,05	0,54	0,09

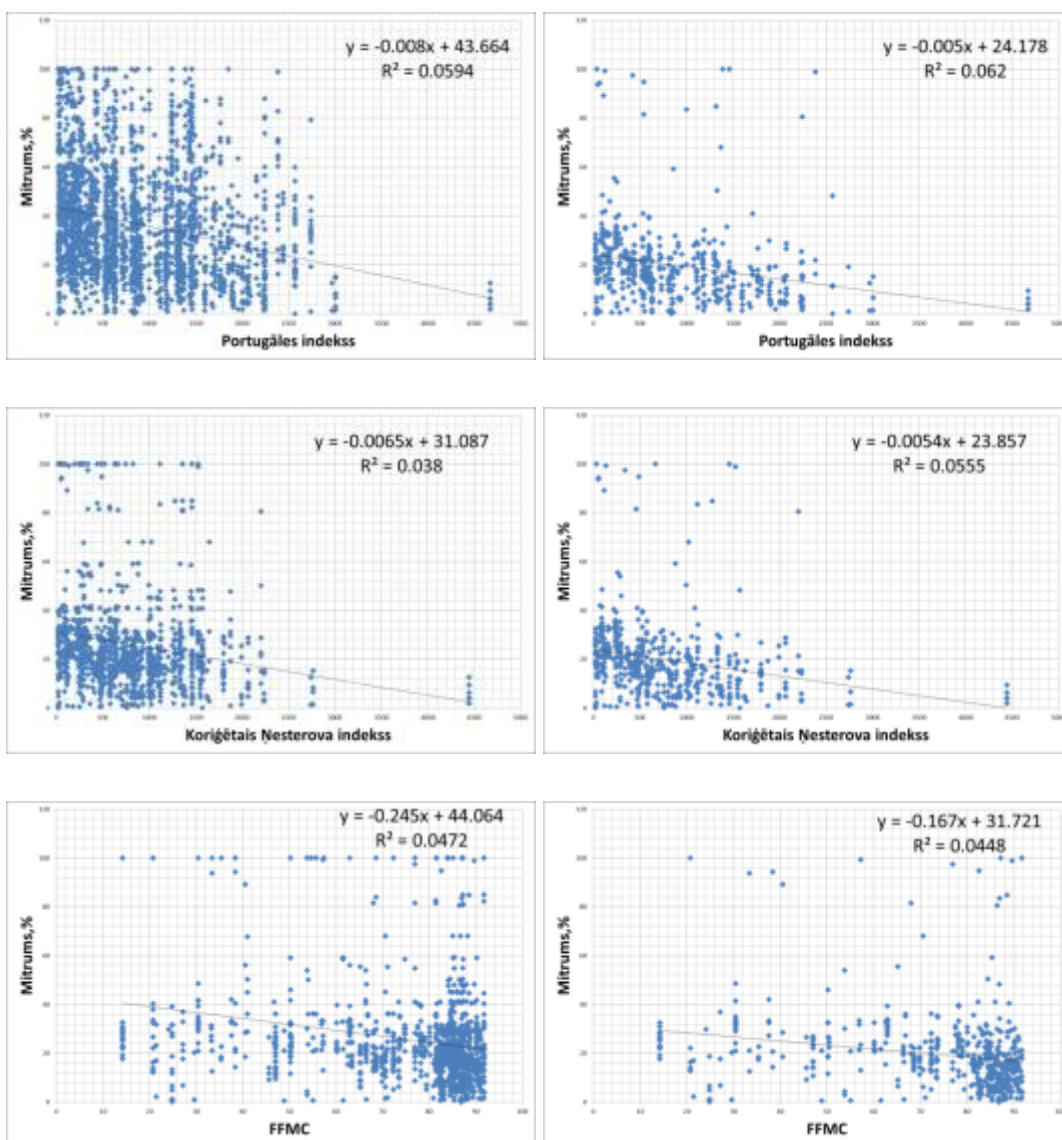
2012., 2013. un 2014. gadā, NI mainoties no 0 līdz 3966, augsnes virskārtas mitruma un Nesterova indeksa vērtību kopsakarība ir relatīvi vāja (r=-0,201). I un II ugunsbīstamības klases parauglaukumiem aprēķinātā NI sakarība ir ciešāka: r=-0,23 (1.3.att.). Tomēr arī tā izskaidro tikai 5% no datu izkliedes. Nedaudz ciešāka korelācija ar augsnes virskārtas mitrumu ir koriģētajam Portugāles indeksam: r=-0,17 līdz -0,19 (1.4.att.).

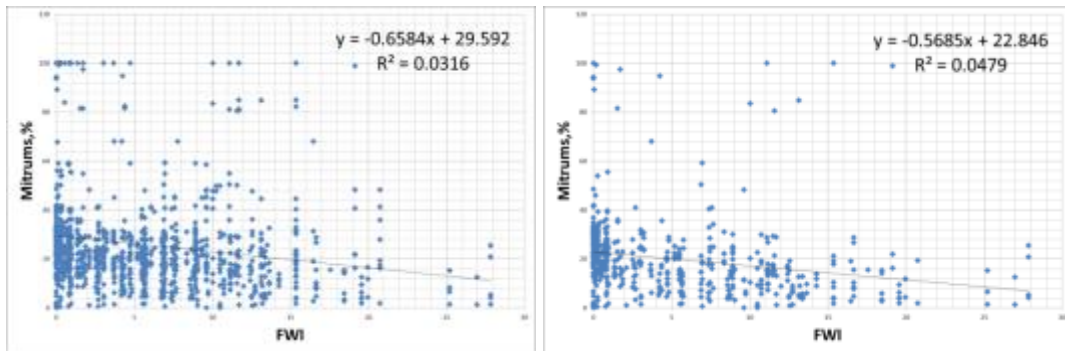


a

b

1.3.attēls. Sakarības starp augsnes virskārtas mitrumu un Ņesterova indeksa vērtībām visos objektos (a) un I un II ugunsbīstamības klases audzēs pēc meža tipa (b) 2012.g. - 2014.g.





a

b

1.4.attēls. Augsnis virskārtas mitruma sakarība ar koriģētā Portugāles indeksa, koriģētā Ņesterova indeksa, FFMC un FWI vērtībām visos objektos (a), I un II ugunsbīstamības klases audzēs pēc meža tipa (b) 2012., 2013., 2014.g.

Savstarpēji salīdzinot korelācijas starp dažādiem mitruma mērījumu parametriem un ugunsbīstamības rādītājiem (neatkarīgi no mērījumu gada), konstatētās sakarības atspoguļotas 1.14.tabulā un 1.5.attēlā.

1.14.tabula

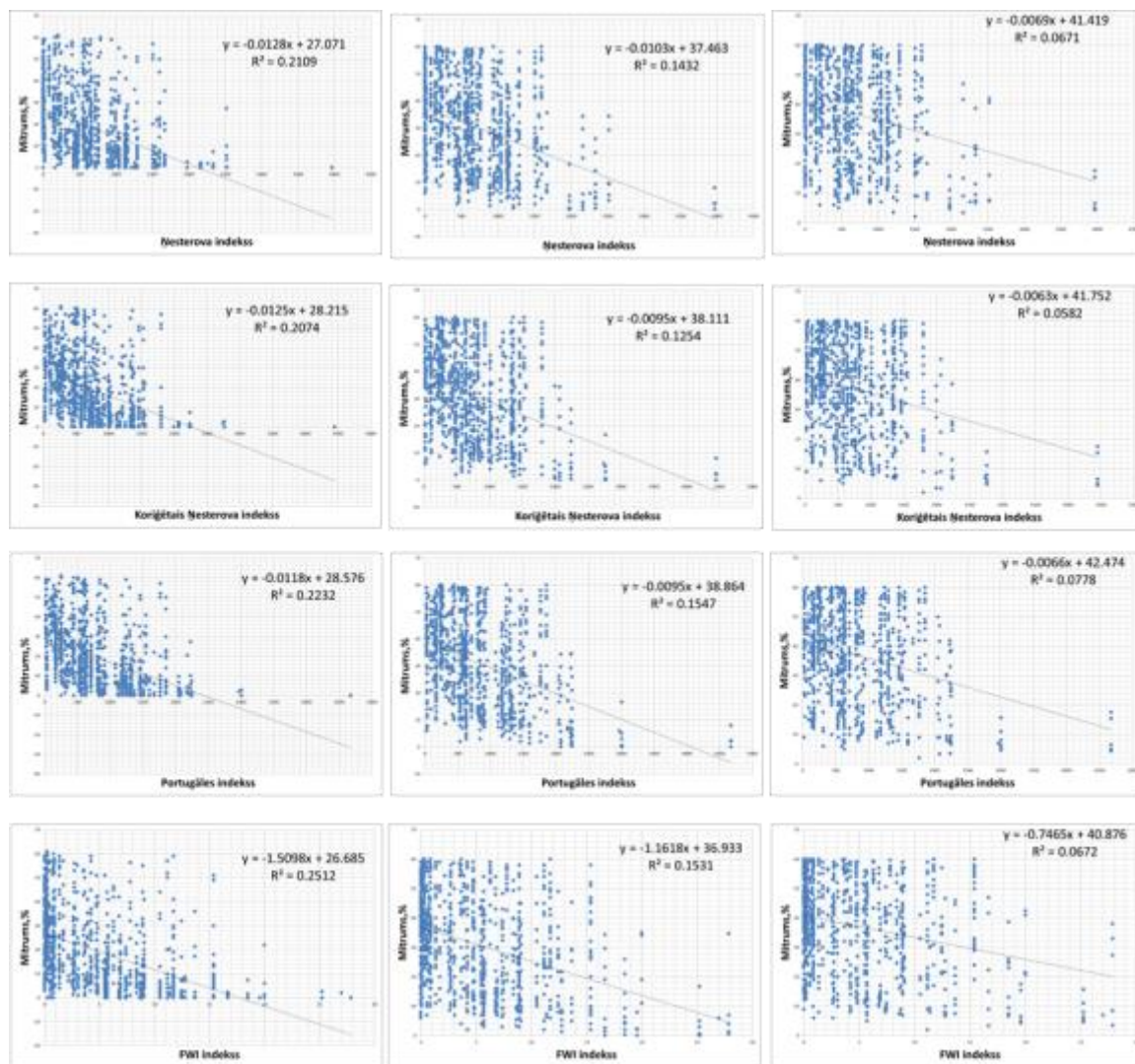
Mitrumu mērījumu un ugunsbīstamības rādītāju savstarpējā korelācija

Para-metri	Viršējā slāņa mitrums, %	Nobiru slāņa mitrums %	Daļēji sadalījušās nobiras %	Trūd-zeme,%	FFMC	DMC	DC	FWI	DSR	NI	PI	CNI
Viršējā slāņa mitrums, %	1											
Nobiru slāņa mitrums, %	0,501	1										
Daļēji sadalījušās nobiras,%	0,759	0,694	1									
Trūd-zeme,%	0,791	0,529	0,847	1								
FFMC	-0,209	-0,431	-0,266	-0,164	1							
DMC	-0,171	-0,450	-0,372	-0,247	0,628	1						
DC	-0,363	-0,254	-0,394	-0,408	0,370	0,533	1					
FWI	-0,189	-0,501	-0,391	-0,259	0,662	0,812	0,402	1				
DSR	-0,162	-0,406	-0,354	-0,252	0,485	0,745	0,357	0,947	1			
NI	-0,205	-0,459	-0,378	-0,259	0,637	0,765	0,445	0,768	0,664	1		
PI	-0,244	-0,472	-0,393	-0,279	0,666	0,868	0,520	0,820	0,731	0,943	1	
CNI	-0,219	-0,455	-0,354	-0,241	0,679	0,813	0,415	0,846	0,773	0,858	0,935	1

Viršējā slāņa mitrums visciešāk korelē ar DC ($r=-0,363$), savukārt nobiru slāņa mitrums vislabāk korelē ar FWI ($r=-0,501$), NI korelācija ar šī slāņa mitrumu ir zemāka ($r=-0,459$).

Daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums korelē ar FWI un PI ($r=-0,391$). Savukārt „trūdzemes” mitrums visciešāk korelē ar DC ($r=-0,408$) un PI ($r=-0,279$).

Tādējādi secināms, ka FWI vislabāk korelē gan ar virsējo nobiru slāņa mitrumu, kas norāda uz aizdegšanās iespēju, gan arī ar daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitruma izmaiņām, kas varētu tikt izmantots ugunsbīstamības raksturošanai. Zemāko organisko augsnes slāņu („trūdzeme”) mitruma izmaiņas vislabāk prognozē FWI indeksā ietilpstošais DC.



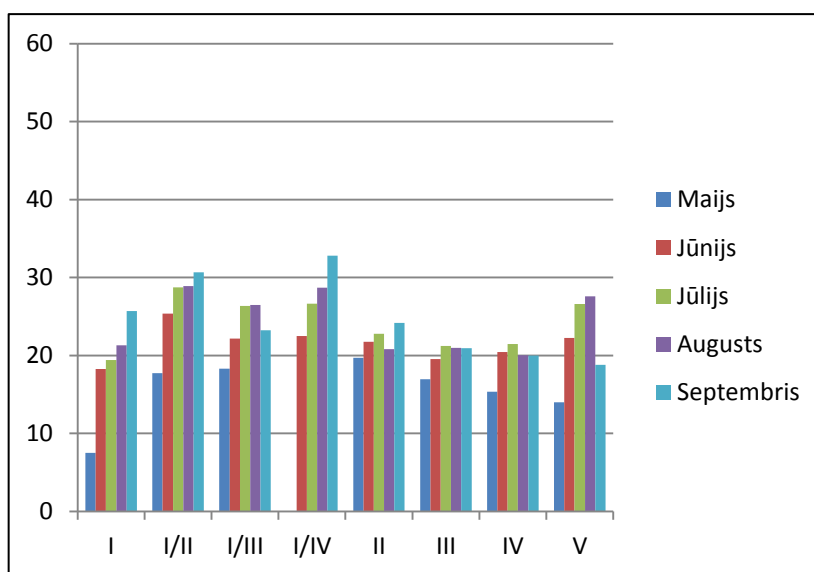
a)

b)

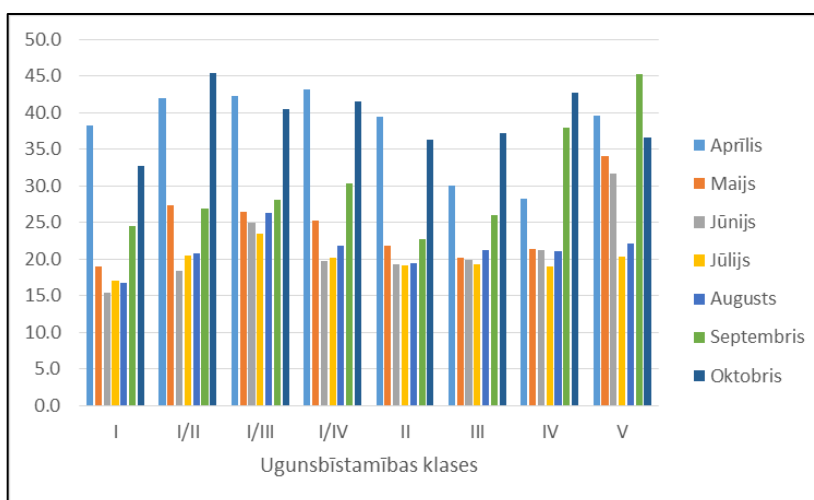
c)

1.5.attēls. Nobiru slāņa mitruma (a), daļēji sadalījušos nobiru slāņa (b) un trūdzemes slāņa (c) mitruma sakarības ar Nesterova indeksu, koriģēto Nesterova indeksu, koriģēto Portugāles indeksu un Kanādas uguns laika apstākļu indeksu (FWI).

Koksnes paraugu, kas novietoti uz zemes virskārtas, mitrums dažādos mēnešos ievērojami neatšķiras starp parauglaukumiem dažādās ugunsbīstamības klasēs gan 2012.gadā, gan 2013.gadā (1.6.att.).



2012. gads



2013. gads

1.6.attēls. Koksnes paraugu mitrums dažādās ugunsbīstamības klasēs 2012.gadā un 2013.gadā.

Vērtējot koksnes mitruma izmaiņas pa mēnešiem 2012.gadā (jūnijs –septembris), nav konstatētas ievērojamas atšķirības - Tjūkija testa vērtības visos gadījumos ir $p > 0,05$. Līdzīgi nav konstatētas arī būtiskas atšķirības starp dažādu ugunsbīstamības klašu audzēm ($p > 0,05$).

2012.g. maija mērijumi analizē netika izmantoti, jo, tā kā paraugi tika izvietoti mežā tikai maijā, to sākotnējo mitrumu noteica iepriekšējie glabāšanas apstākļi.

Vērtējot koksnes mitruma izmaiņas 2013.gadā (maijs – septembris), nav konstatētas statistiski būtiskas atšķirības starp vidējo koksnes paraugu mitrumu dažādās ugunsbīstamības klasēs, taču konstatētas atšķirības starp mēnešiem (1.15.tab.).

1.15.tabula

Koksnes paraugu mitrums dažādos mēnešos 2013.gadā

Mēnesis	Koksnes paraugu vidējais mitrums, %		
	1	2	3
Jūlijs	19,89		
Augusts	21,22		
Jūnijs	21,34		
Maijs	24,46	24,46	
Septembris		30,24	
Aprīlis			37,85
Oktobris			39,13

Starp mērijuma dienai aprēķināto Nesterova indeksa vērtību un koksnes parauga mitrumu konstatēta negatīva, vāja korelācija ($r=-0,28$). I un II ugunsbīstamības klašu audzēs šī sakarība ir vidēji cieša: $r=-0,56$.

Augstākām NI vērtībām koksnes paraugu mitrums 2012.gadā ir zemāks. Taču pie NI vērtības 0 koksnes parauga mitrums mainās no 19 līdz pat 48%, tajā pašā laikā arī pie NI vērtības 1500 koksnes paraugu mitrums sasniedz pat vairāk nekā 35%. I un II ugunsbīstamības klases audzēs vidējais koksnes paraugu mitrums ir zemāks salīdzinājumā ar visu audžu vidējo – attiecīgi 19% un 25%.

Tāpat kā 2012. gadā, arī 2013. gadā pie augstākām NI vērtībām koksnes paraugu mitrums ir zemāks. Taču pie NI vērtības 0 koksnes parauga mitrums mainās no 15 līdz pat 50%, tajā pašā laikā pie NI vērtības 2500 koksnes parauga mitrums var sasniegt 22%. Arī 2013.gadā I un II ugunsbīstamības klases audzēs vidējais koksnes paraugu mitrums ir zemāks salīdzinājumā ar visu audžu vidējo – attiecīgi 14% un 22%.

No tā izriet secinājums, ka koksnes paraugu žūšanu ietekmē citi rādītāji, ne tikai ar NI raksturotā ugunsbīstamība.

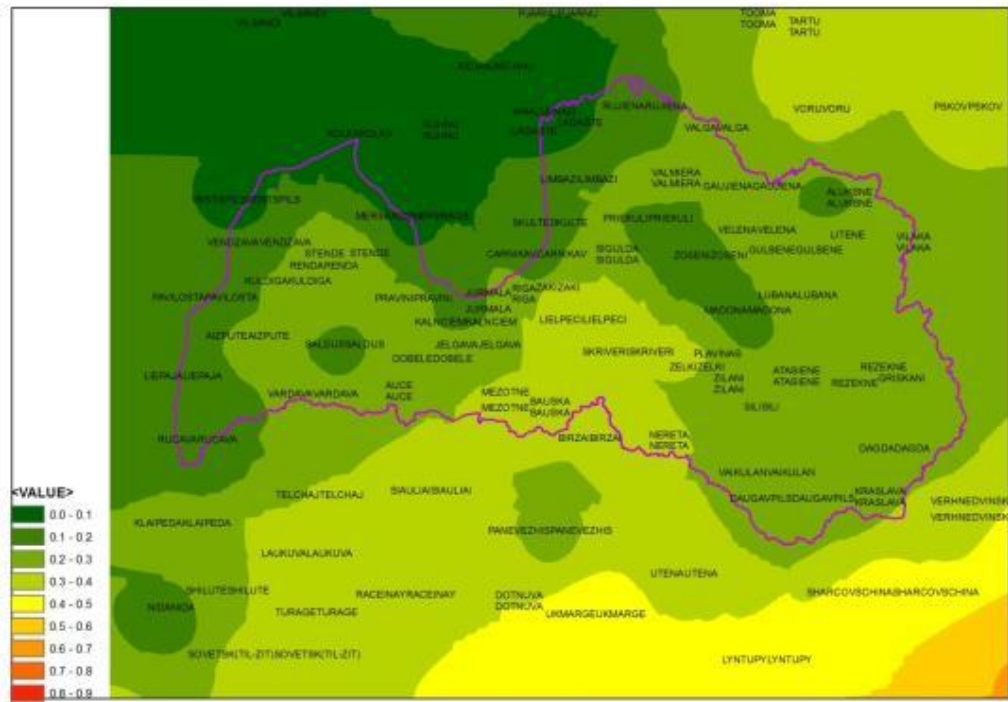
Ugunsbīstamības izmaiņas klimata izmaiņu rezultātā

Izvērtējot iespējamās klimata izmaiņas un to ietekmi uz ugunsgrēku bīstamību, aprēķinātas Ņesterova indeksa un Kanādas uguns laika apstākļu indeksa (FWI) vērtības vidēju izmaiņu gadījumā.

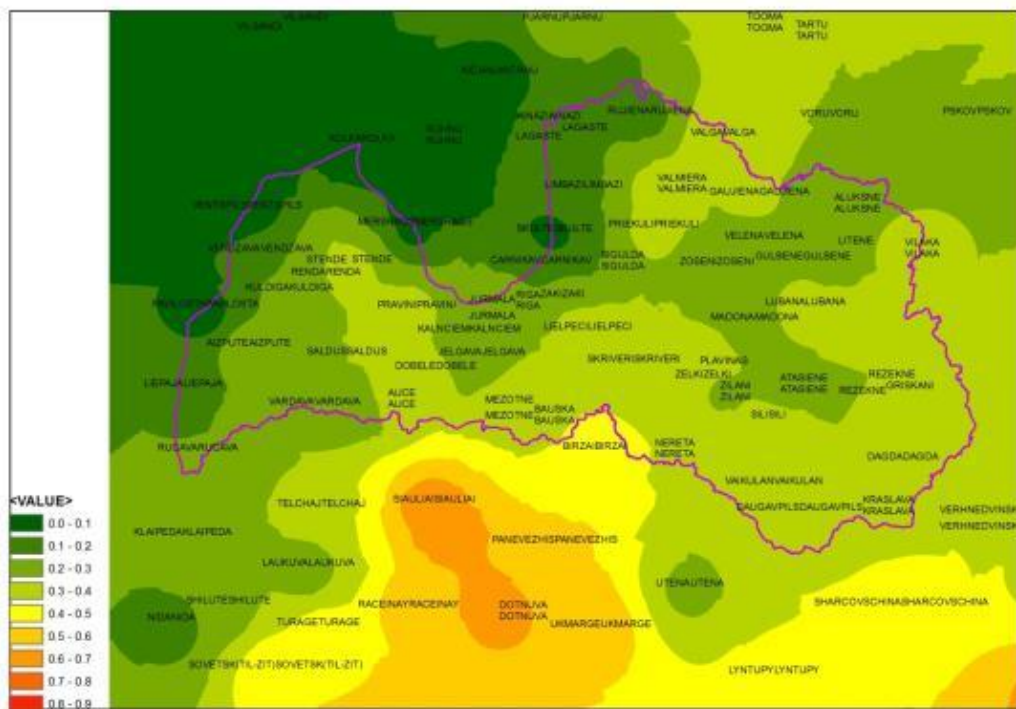
Prognozes veiktas periodam 2031-2060 un 2071-2100, kā arī vēsturiskajai situācijai (modelētā) 1980-2009. Rezultāti atspoguļoti 1.7.-1.12.attēlos.



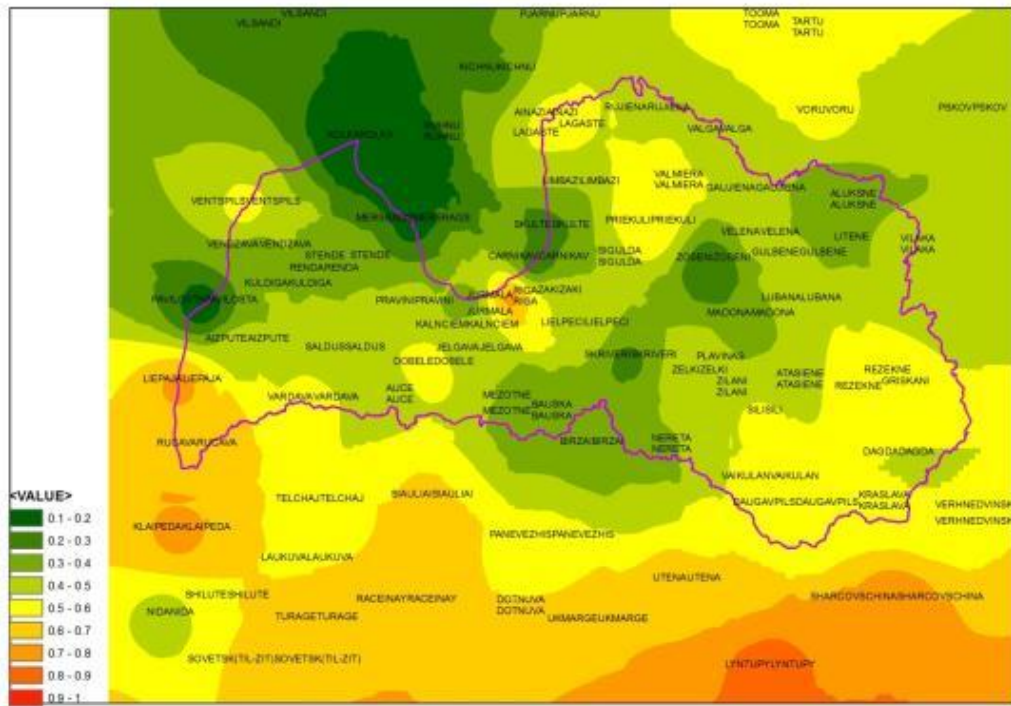
1.7.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā Ņesterova indeksa vērtība pārsniedz 4000 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 1980.-2009.



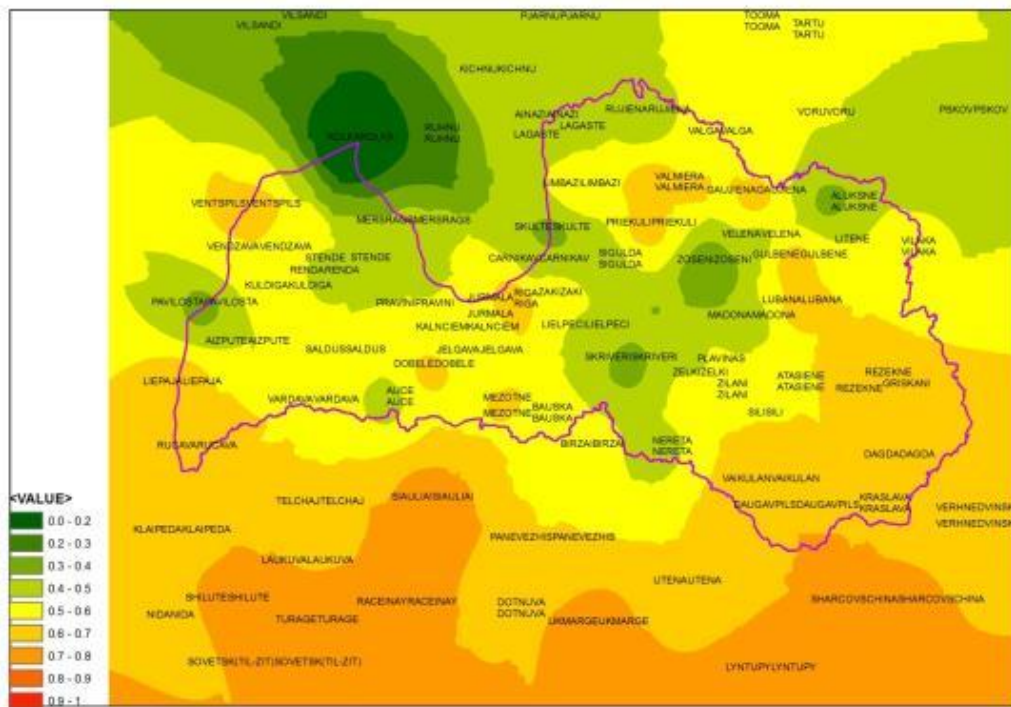
1.8.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā Ņesterova indeksa vērtība pārsniedz 4000 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 2031.-2060.



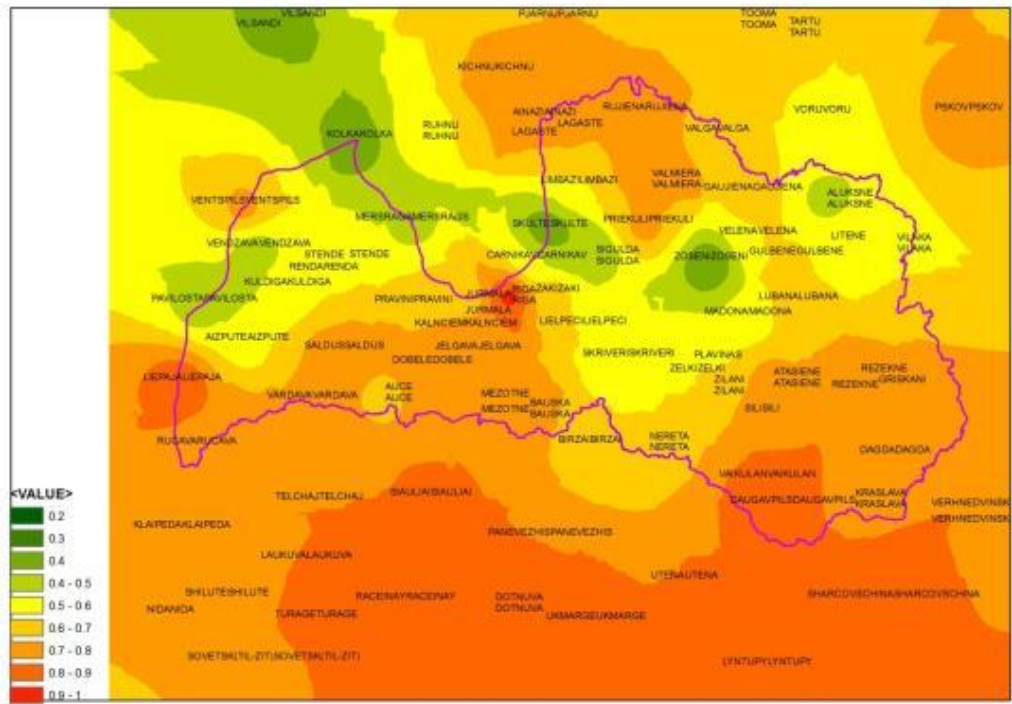
1.9.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā Ņesterova indeksa vērtība pārsniedz 4000 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 2071.-2100.



1.10.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā FWI indeksa vērtība pārsniedz 17 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 1980.-2009.



1.11.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā FWI indeksa vērtība pārsniedz 17 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 2031.-2060.



1.12.attēls. Gadu īpatsvars, kad modelētā FWI indeksa vērtība pārsniedz 17 (IV klase, sevišķi augsta ugunsbīstamība), periodā 2071.-2100.

Ja vēsturiski, atbilstoši modelim, lielākajā daļā Latvijas gadu īpatsvars ar Nesterova indeksa vērtību „IV klase un augstāks” ($4000 <$) bijis līdz 20%, tad tiek prognozēts, ka ap gadsimta vidu šādu gadu īpatsvars jau būs 30%, bet gadsimta beigās 40%.

Atbilstoši aprēķinātajām FWI vērtībām sevišķi augsta ugunsbīstamība (>17) bijusi 30-50% gadu, bet gadsimta vidū un beigās tiek prognozēta attiecīgi 60-70% un 80% gadu.

2. Dendrofāgo kukaiņu populāciju dinamika un tās prognozes

Kukaiņu masveida savairošanās iemeslu analīze ir viens no meža entomoloģijas svarīgākajiem izpētes objektiem (Allard et al., 2003; Barbosa et al., 2012). Daudzu plaši pazīstamu dendrofāgo kaitēkļu sugu savairošanās pamatā ir dažādu biotisko faktoru ietekme, tai skaitā –putnu populācijas izmaiņas, plēsīgo posmkāju un specifisko parazītu ietekme, kaitēkļu starpsugu konkurence, saimniekaugu pieejamība, to reģenerācija un inducētā rezistence, kā arī patogēno aģentu apmaiņas biežums starp īpatņiem (Allard et al., 2003; Barbosa et al., 2012; Roques et al., 2006). Tomēr jaunākie pētījumi liecina, ka kukaiņi vistiešāk ir pakļauti klimata izmaiņām, jo temperatūra ir primārais faktors, kas nosaka to vielmaiņu, barošanās intensitāti, kopulācijas sekmes un pēcnācēju skaitu (Bjorkman et al., 2011; Kolk, 2006; Öhr, 2012; Seidl et al., 2011). Temperatūrai palielinoties līdz sugai specifiskajam optimumam, iepriekšminētie rādītāji pieaug. Pastāvot salīdzinoši augstai gaisa temperatūrai, daudzas kukaiņu sugas var strauji savairoties pat pēc populācijas blīvuma krituma, kas noticis dabisko ienaidnieku ietekmē (Allard et al., 2003; Barbosa et al., 2012; Cheraghian, 2013; Herard, Mercadier, 1996).

Lai prognozētu kukaiņu savairošanās tendences nākotnē un noskaidrotu, vai temperatūra ir noteicošais savairošanās faktors salīdzinoši nelielā lokālā izplatības areālā, jāzin konkrēto kukaiņu sugu masveida uzliesmojumu vēsture. Pasaulē līdzīgi pētījumi bieži veikti atsevišķu sugu un faktoru kontekstā (Barbosa et al., 2012; Kunca et al., 2014b), tomēr nav apskatīti sugu kompleksi kopumā, kas būtu svarīgāk, prognozējot to savairošanos un ietverot ietekmi meža apsaimniekošanas modeļos.

Mūsu apskats ir universāls, līdz šim pirmo reizi veikts informācijas apkopojums, kas balstās uz speciāli atlasītu nozīmīgāko meža dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās vēstures izpēti Centrāleiropas reģionā. Apskata pamatā ir hipotēze, ka, izmantojot informāciju par dažādu dendrofāgu savairošanās vēsturi vismaz pusgadsimta laikā, iespējams noteikt to savairošanās tendences salīdzinoši tuvā nākotnē; turklāt, tās lielā mērā atkarīgas no klimata izmaiņām. Apskata mērķis ir raksturot un prognozēt nozīmīgāko dendrofāgo kukaiņu savairošanās tendences.

Metodes

Apskatā ietverto sugu atlase veikta pēc vairākiem kritērijiem:

- 1) izvēlētas tās sugas, kurām vēsturiski vismaz vienā gadā konstatēta savairošanās vairāk nekā 150 ha lielā platībā;
- 2) netika izvēlētas tās sugas, par kuru savairošanos trūka datu divus vai vairāk gadus pēc kārtas (jebkurā apskata perioda posmā).

Visas no apskatā ietvertajām sugām jau šobrīd sastopamas Latvijas teritorijā. Apkopota informācija par 25 mežam nozīmīgākajām dendrofāgu sugām (aiz sugas nosaukuma iekavās dots turpmāk tekstā izmantotais tās saīsinājums): *Lymantria dispar* (Lymdis), *Lymantria monacha* (Lymmon), *Ips typographus* (Ipstyp), *Ips acuminatus* (Ipsacu), *Hylobius abietis* (Hyabi), *Bupalus piniarius* (Buppin), *Neodiprion sertifer* (Neoser), *Phymatodes testaceus* (Phytes), *Scolytus ratzeburgi* (Scorat), *Euproctis chrysorrhoea* (Eupchr), *Aradus cinnamomeus* (Aracin), *Xyleborus dispar* (Xyldis), *Cryphalus piceae* (Crypic), *Archips crataegana* (Arccra), *Melasoma populi* (Melpop), *Phalera bucephala* (Phabuc), *Diprion pini* (Dippin), *Rhyacionia buoliana* (Rhybuo), *Saperda carcharias* (Sapcar), *Panolis flammea* (Panfla), *Melolontha melolontha* (Melmel), *Dendrolimus pini* (Denpin), *Pityogenes chalcographus* (Pitcha), *Tomicus piniperda* (Tompin), *Tomicus minor* (Tommin). Visas atlasītās kukaiņu sugas ir pasaulē pazīstami mežu kaitēkļi ar plašu izplatību Eiropā un Latvijā (Barbosa et al., 2012; pēc *Fauna Europaea Database* informācijas). Šo sugu savairošanās platību apjoma vēsture analizēta, sākot ar 1950. gadu. Šādu apskatāmā perioda izvēli noteica uzticamu zinātnisku datu trūkums laikā pirms Otrā pasaules kara, kā arī nepieciešamība periodā ietvert arī kaitēkļu, kam raksturīga lēna augšana un attīstība (k-stratēģu), savairošanās ciklus (piemēram, *M. melolontha* savairošanās cikls ilgst līdz pat 20 gadiem) (Zimmermann, 2010).

Informācijas ievākšanai un apkopošanai izmantotas EFI (*European Forest Institute*), EFIATLANTIC, GISD (*Global Invasive Species Database*), EPPO (*European and Mediterranean Plant Protection Organization*) un FED (*Fauna Europaea Database*) datubāzes, kā arī zinātniskā literatūra.

Atlasīto dendrofāgu savairošanās teritorijas galvenokārt apskatītas Centrāleiropas reģionam kopumā, ietverot datus par sekojošām valstīm – Beļģiju, Nīderlandi, Slovākiju, Latviju, Lietuvu, Čehiju, Austriju, Serbiju, Ungāriju, Baltkrieviju, Rumāniju, Apvienoto Karalisti, Poliju, Vāciju, Franciju un Ukrainu – un pieņemot, ka kukaiņu savairošanās

tendences visās iepriekšminētās valstīs klimata izmaiņu ietekmē izpaužas līdzīgi. Izvēlēto valstu teritorijas ir relatīvi “tuvas” un atrodas uz dienvidiem no Latvijas (Allard et al., 2003; Haynes et al., 2014).

Lai noteiktu saistību starp laiku (gadi) un ievāktajiem vēsturiskajiem datiem, kā arī, lai prognozētu izmaiņas līdz 2020. gadam, izmantots GLS modelis (*generalized least square*); šī modeļa izvēli noteica analizētajām laika rindām raksturīgā augstā autokorelācija. Statistiskās analīzes veiktas programmā R 3.1.1. (R Core Team, 2014). GLS modeļus pielietoja, gan analizējot savairošanās platību, gan attiecību starp šo platību un reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu (2.1.–2.3. pielikums). Saskaņā ar iegūtajiem GLS modeļa rezultātiem, salīdzināts, cik strauji konkrētām sugām notikusi skarto meža platību palielināšanās aplūkotajā laika periodā, lai prognozētu konkrētu sugu savairošanās iespējas tuvā nākotnē.

Padziļinātai analīzei (pamatojoties uz reģistrēto savairošanās vēsturi Latvijas teritorijā) atlasītas 8 dendrofāgu sugas, kurām raksturīgs būtisks nodarītais kaitējums mūsu valsts mežsaimniecībai: *B. piniarius*, *P. flammea*, *D. pini*, *I. typographus*, *R. buoliana*, *L. monacha*, *L. dispar*, *M. populi* (Ozols, 1985). Lai noskaidrotu, kā Latvijas mežsaimniecībai nozīmīgu kukaiņu savairošanās platību pieaugumu ietekmē dažādi klimatiskie faktori un to izmaiņas laikā, analīzei izmantoti dati par kaitēkļu skarto kopējo platību (2.1. pielikums) un platības attiecību pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu (2.3., 2.4. pielikums) Eiropas valstīs, kā arī klimatiskie rādītāji, kas iegūti, apkopojot vairākus meteoroloģiskos parametrus no 53 kukaiņu savairošanās punktiem (aprēķinot vidējo rādītāju), izmantojot CRU (*Climatic Research Unit*) datubāzi (Harris et al., 2014) (2.5., 2.6. pielikums). Šie 53 savairošanās punkti (2.6. pielikums) ir visu 25 atlasīto dendrofāgu sugu masveida savairošanās reģionu epicentri, kas atlasīti pēc sekojošiem kritērijiem:

- 1) apskatītajā vēsturiskajā periodā attiecīgā reģionā notikusi vismaz trīs dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās;
- 2) savairošanās reģiona minimālā platība – 200 ha.

Attiecībai starp savairošanās platību un reģistrēto gadījumu skaitu veikta logaritmiskā transformācija, lai samazinātu datu variāciju, kas var radīt problēmas tālākajā datu analīzes procesā. Izmantoti galvenokārt klimatiskie dati par iepriekšējo sezonu (gadu) – pirms sezonas, kurā reģistrēta masveida savairošanās. Konkrētās sezonas dati izmantoti, vienīgi analizējot sausuma ietekmi (dienu skaits bez nokrišņiem).

No CRU datubāzes GLS faktoru ietekmes modeļu izstrādei atlasīti sekojoši ikmēneša meteoroloģiskie rādītāji (paskaidroti CRU oriģinālie rādītāju nosaukumi):

Mean TMean (°C) – vidējā temperatūra (°C);

Total Precipitation (mm) – kopējais nokrišņu daudzums (mm);

Mean TMax (°C) – vidējā maksimālā temperatūra (°C);

Consecutive Days Without Prcp (days) – nepārtraukto dienu skaits bez nokrišņiem;

RelativeHumidity (%) – relatīvais gaisa mitrums (%);

Nb Days With Prcp(days) – kopējais dienu skaits ar nokrišņiem;

Snowfall (mm of water) – sniega daudzums (ūdens mm);

WindSpeed (km h⁻¹) – vidējais vēja ātrums (km h⁻¹);

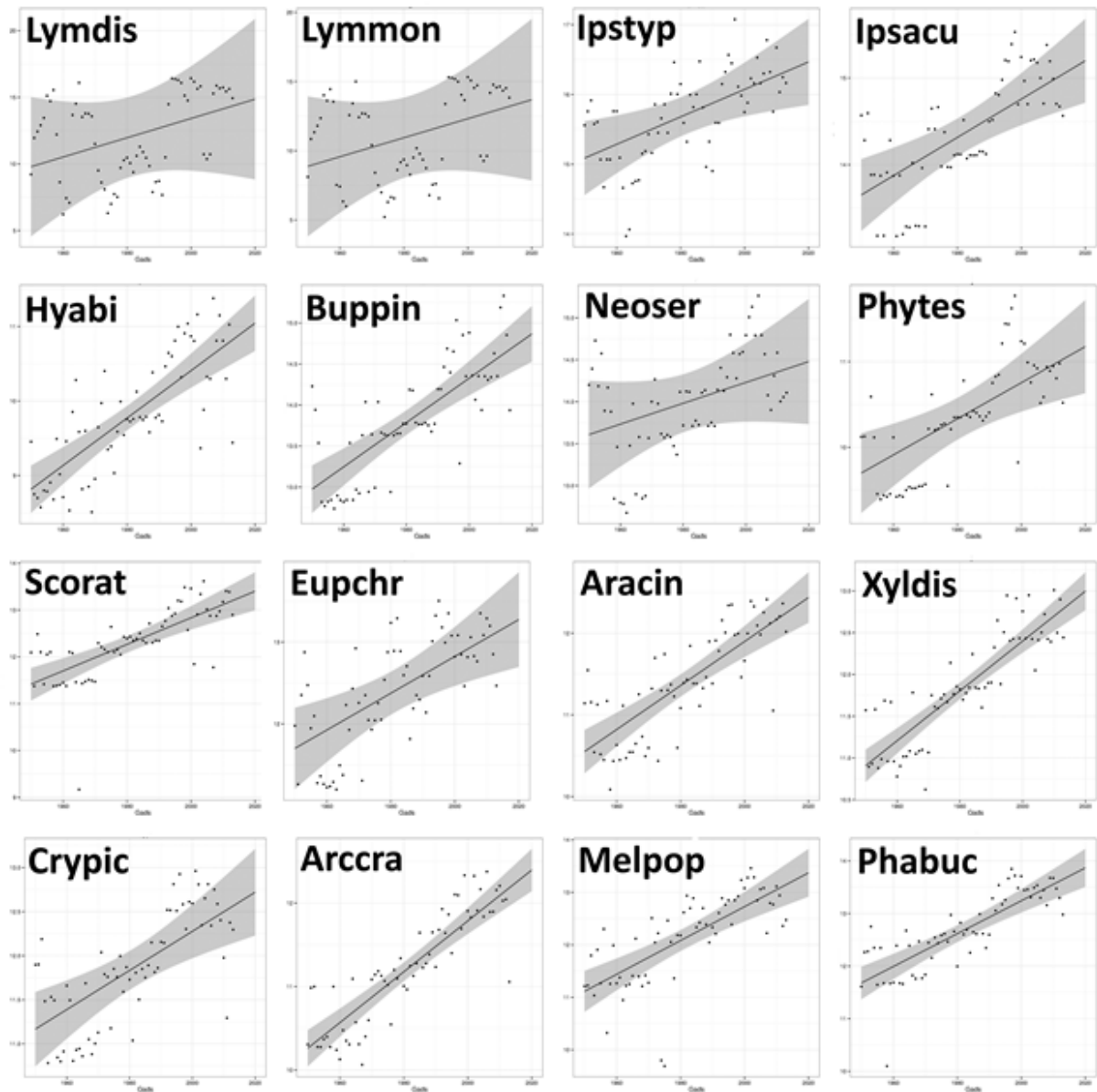
Frost Days (days) – kopējais kailsala dienu skaits (Harris et al., 2014).

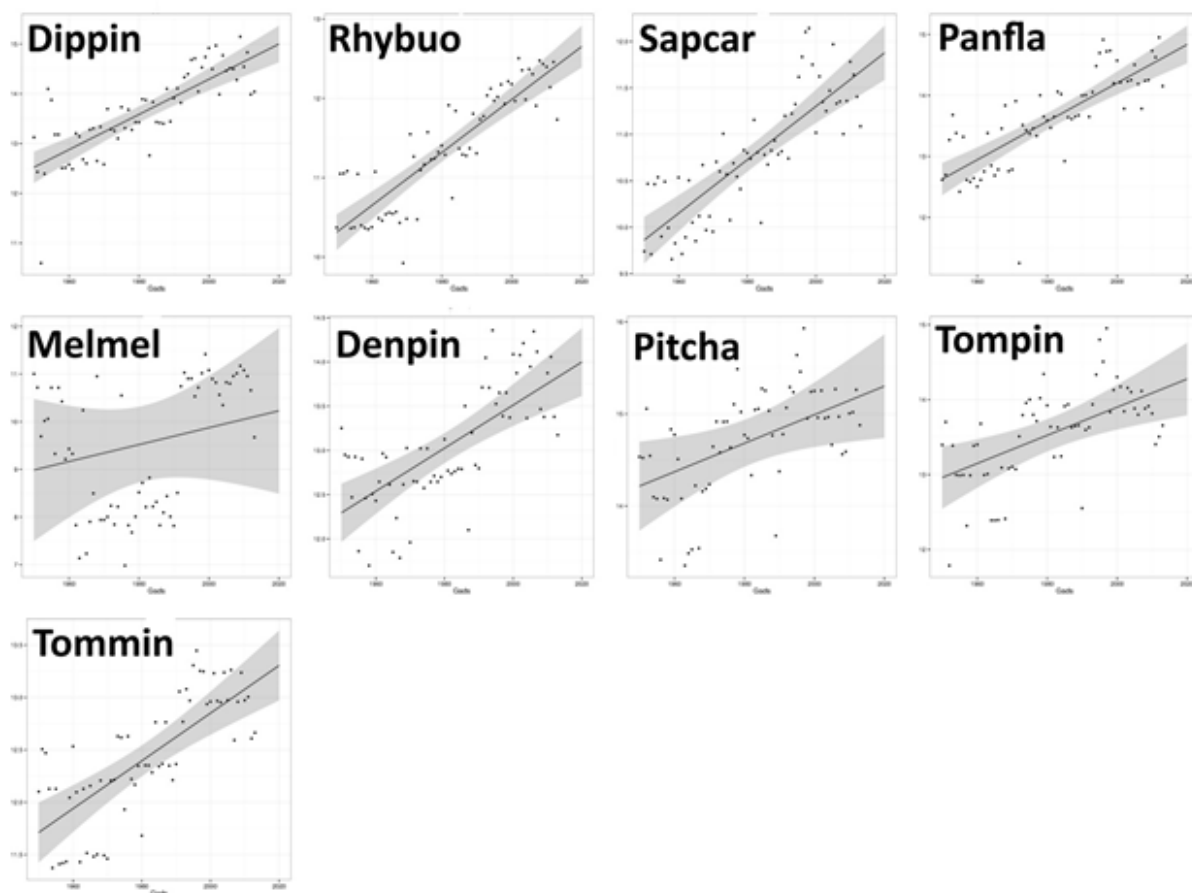
Katrai atlasītai vietējās nozīmes kaitēkļu sugai izveidots viens faktoru modelis. Katrā faktoru modelī iekļauti seši ietekmējošie mainīgie (faktori) – gads (lai noskaidrotu, vai pastāv noteiktas, statistiski būtiskas izmaiņas (tendence) vērtētajā laika periodā), kā arī sugu ietekmējoši pieci klimatiskie faktori (izvēlēti saskaņā ar literatūras datiem). Iekavās norādīti mēneši, kuros izvēlētie meteoroloģiskie parametri var būt kritiski attiecīgās sugas dzīvotspējai konkrētā tās attīstības posmā (2.5. pielikums). Šī analīze veikta par laika periodu no 1962. līdz 2011. gadam, kad pieejami CRU klimatiskie dati. Faktoru ietekmes būtiskuma novērtēšanai izmantota p-vērtība 0,1 (būtisks ar 90 % varbūtību).

Latvijā izplatītākajām koku sugām noteiktas specifiskās (vienai sugai raksturīgās) un kopīgās (t.s. ģenerālisti – barojas uz dažādiem saimniekaugiem) dendrofāgu sugas.

Dendrofāgo kukaiņu savairošanās un to ietekmējošie faktori

Veicot datu analīzi, vispirms izrēķinātas savairošanās platības attiecībā pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu. GLS analīzes rezultātā iegūtās savairošanās platību izmaiņas apskatītajā vēstures periodā un to prognozes visām apskatītajām kukaiņu sugām parādītas 2.1. attēlā.



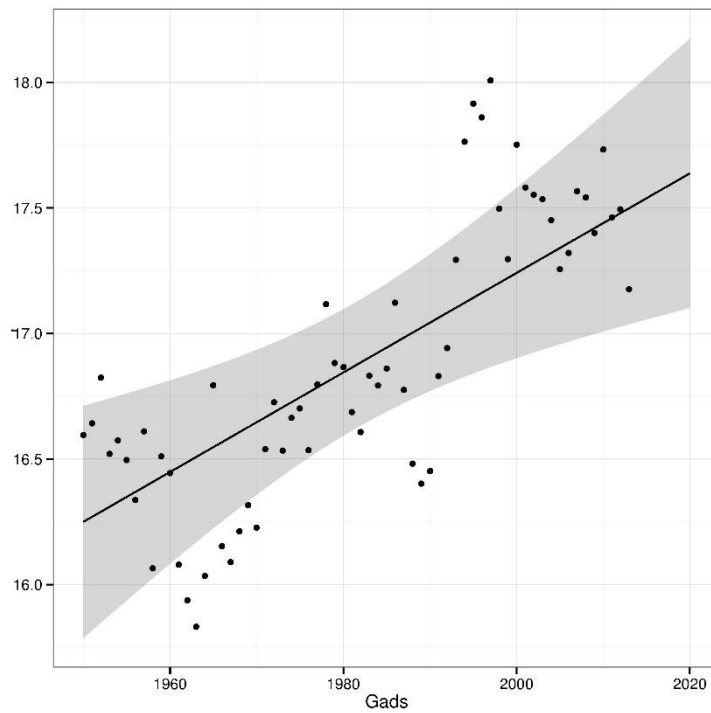


x-ass – laiks, gadi; y-ass - savairošanās platības attiecības pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu logaritmiski transformētās vērtības

2.1. attēls. Dendrofāgo kukaiņu savairošanās platību dinamika un tās prognozes tuvākajiem sešiem gadiem izvēlētajām sugām.

Lai gan GLS analīzē iegūto platību rādītāju vidējās izkliedes atšķiras, tomēr visu sugu savairošanās platībām laikā ir augšupejoša tendence. Tādēļ arī prognozējams, ka tuvākajos 6 gados tendence nemainīsies un dendrofāgu ik gadus ietekmētās platības turpinās palielināties (2.2. att.).

Savairošanās platību pieauguma tendences atsevišķām sugām raksturo sakarības virziena koeficienti (2.1. tab.). Virziena koeficienta reizinājums ar gadu ir savairošanās platību attiecības pret gadījumu skaitu logaritmiskā transformācija. Virziena koeficienti ir salīdzināmi savā starpā, jo iegūti no standartizētām vērtībām. Straujākie savairošanās platību pieaugumi raksturīgi *R. buoliana*, *X. dispar*, *A. crataegana*, *S. carcharias*, *P. buchepala*, *D. pini*, *P. flammea*, *A. cinnamomeus*, *H. abietis*. Šo kukaiņu sugu savairošanās sakarības virziena koeficienti pārsniedz 0,04.



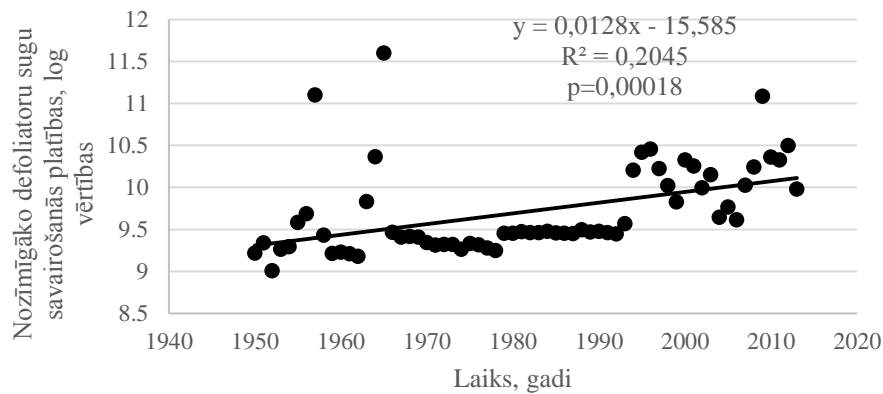
y-ass - savairošanās platības attiecības pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu logaritmiski transformētās vērtības

2.2. attēls. Dendrofāgo kukaiņu savairošanās platību dinamika un to prognozes tuvākajiem sešiem gadiem apskatītajām sugām kopumā.

Atlasīto dendrofāgo sugu prognožu projekciju virziena koeficienti

Nr. p.k.	Suga	Virziena koeficients	p vērtība
1	Rhybuo	0,0465	<0,001
2	Xyldis	0,0461	<0,001
3	Arcra	0,0459	<0,001
4	Sapcar	0,0441	<0,001
5	Phabuc	0,0428	<0,001
6	Dippin	0,0423	<0,001
7	Panfla	0,0420	<0,001
8	Aracin	0,0418	<0,001
9	Hyabi	0,0407	<0,001
10	Buppin	0,0398	<0,001
11	Tommin	0,0392	<0,001
12	Melpop	0,0384	<0,001
13	Scorat	0,0378	<0,001
14	Denpin	0,0367	<0,001
15	Crypic	0,0352	0,0002
16	Ipsacu	0,0348	0,0002
17	Eupchr	0,0339	0,0013
18	Phytes	0,0323	0,0014
19	Ipstyp	0,0309	0,0075
20	Tompin	0,0304	0,0014
21	Pitcha	0,0275	0,0203
22	Lymdis	0,0226	0,2894
23	Lymmon	0,0219	0,3000
24	Neoser	0,0208	0,1523
25	Melmel	0,0130	0,3796

Novērtējot nozīmīgāko dendrofāgo defoliatoru ietekmi laika gaitā, konstatēts to savairošanās teritoriju stabils pieaugums (2.3. att.), kas ļauj prognozēt, ka līdzīga tendence varētu saglabāties tuvāko 6 gadu laikā.

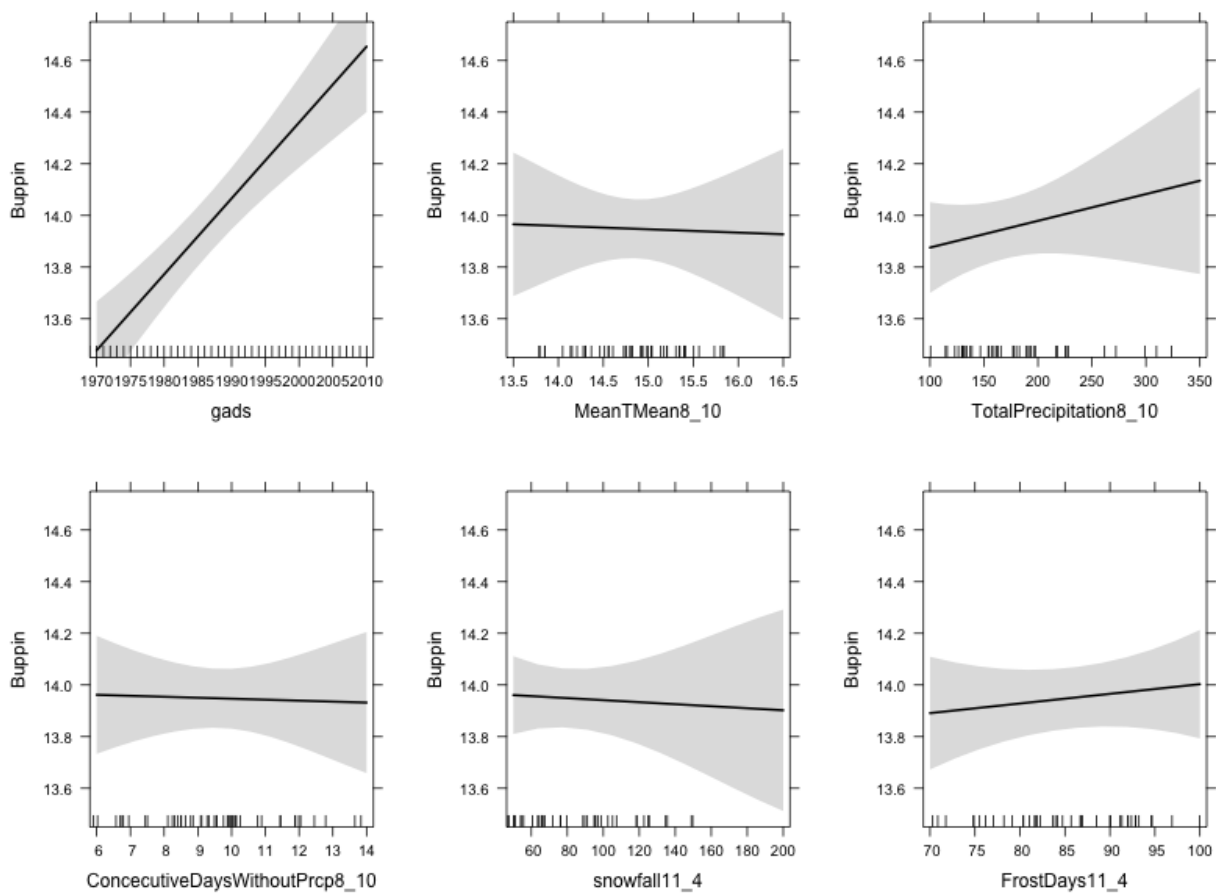


2.3. attēls. Meža nozīmīgāko defoliatoru sugu (*L. dispar*, *B. piniarius*, *N. sertifer*, *D. pini*) savairošanās platību un savairošanās gadījumu attiecības logaritmiskās transformācijas 1950. – 2020. gadu periodam.

Veicot regresijas analīzi starp savairošanās gadījumu skaitu un apskatīto valstu platību, noskaidrots, ka valstīs ar salīdzinoši lielāku kopējo platību novērots augstāks savairošanās gadījumu skaits.

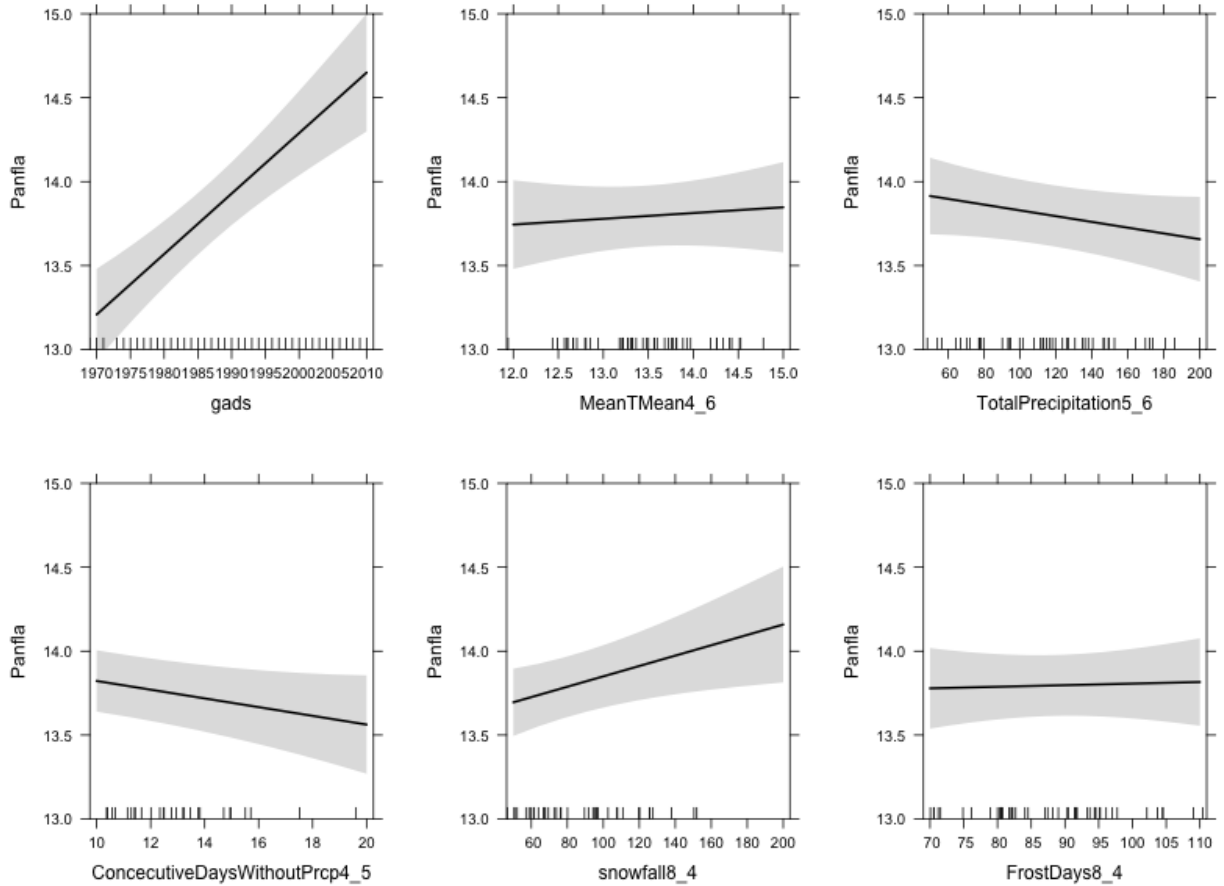
GLS klimata faktoru ietekmes analīzes modeļu grafiskā interpretācija dota 2.4.-2.19. attēlos. Modeļu rezultātos uzmanība jāpievērš šādiem rādītājiem: Phi vērtībai, kas parāda autokorelāciju savairošanās platību datos; sakarības virziena koeficientam (tabulas *Coefficients* kolonnai *Value*), kas rāda, vai konkrētā faktora ietekme ir pozitīva vai negatīva, kā arī p-vērtībai (tabulas *Coefficients* kolonnai *p-value*), kas rāda, vai konkrētā faktora ietekme ir būtiska. Sakarību grafiskajos attēlos (2.4.-2.11. att.) uz x ass norādītas attiecīgā faktora vērtības, bet uz y ass – savairošanās platību logaritmiski transformētās vērtības.

B. piniarius novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.4. att.).



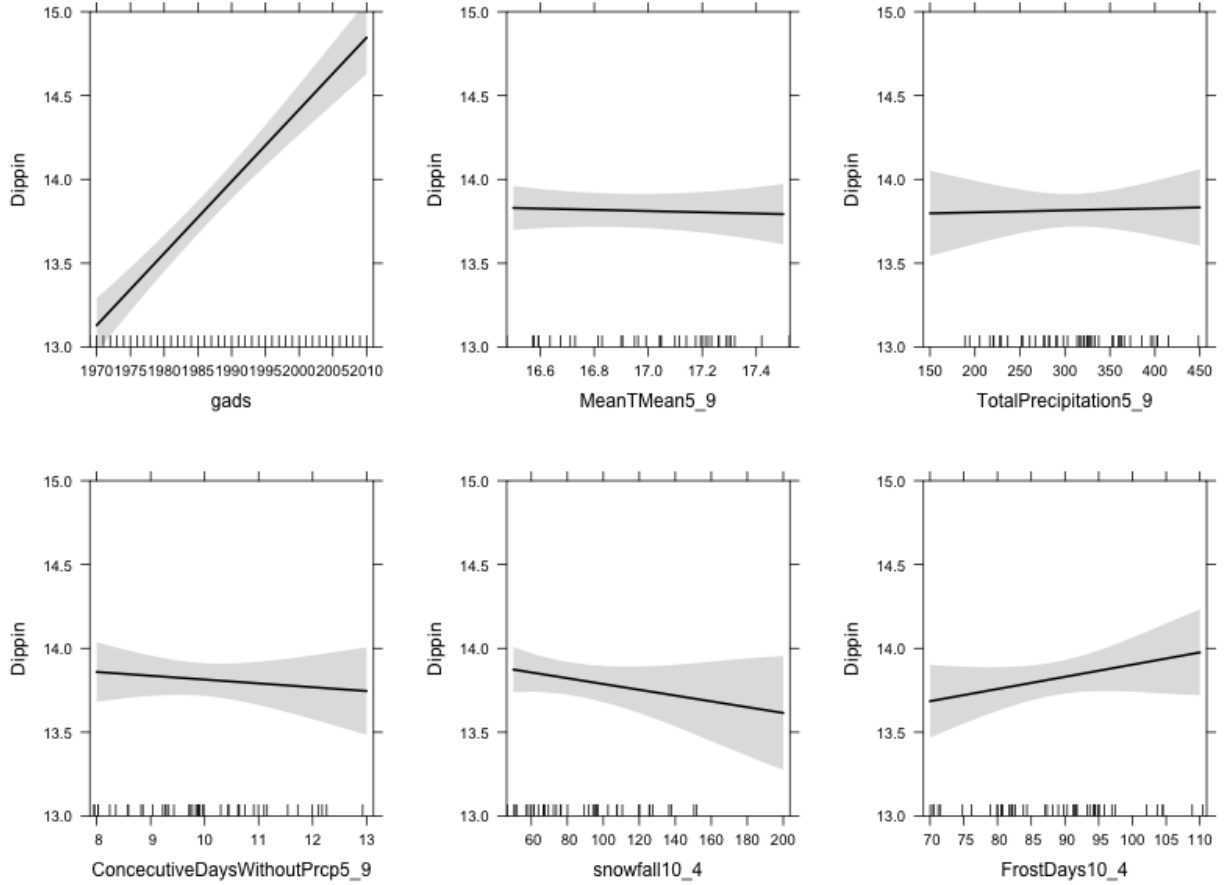
2.4. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *B. piniarius* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

P. flammea novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums, turklāt savairošanās platību pieaugumu būtiski ($p < 0,05$) negatīvi ietekmēja dienu skaits bez nokrišņiem savairošanās sezonas aprīlī un maijā, būtiski ($p = 0,105$) negatīvi – iepriekšējās sezonas nokrišņu daudzums maijā-jūnijā, kā arī būtiski pozitīvi ($p < 0,1$) iepriekšējās sezonas sniega sega (2.5. att.).



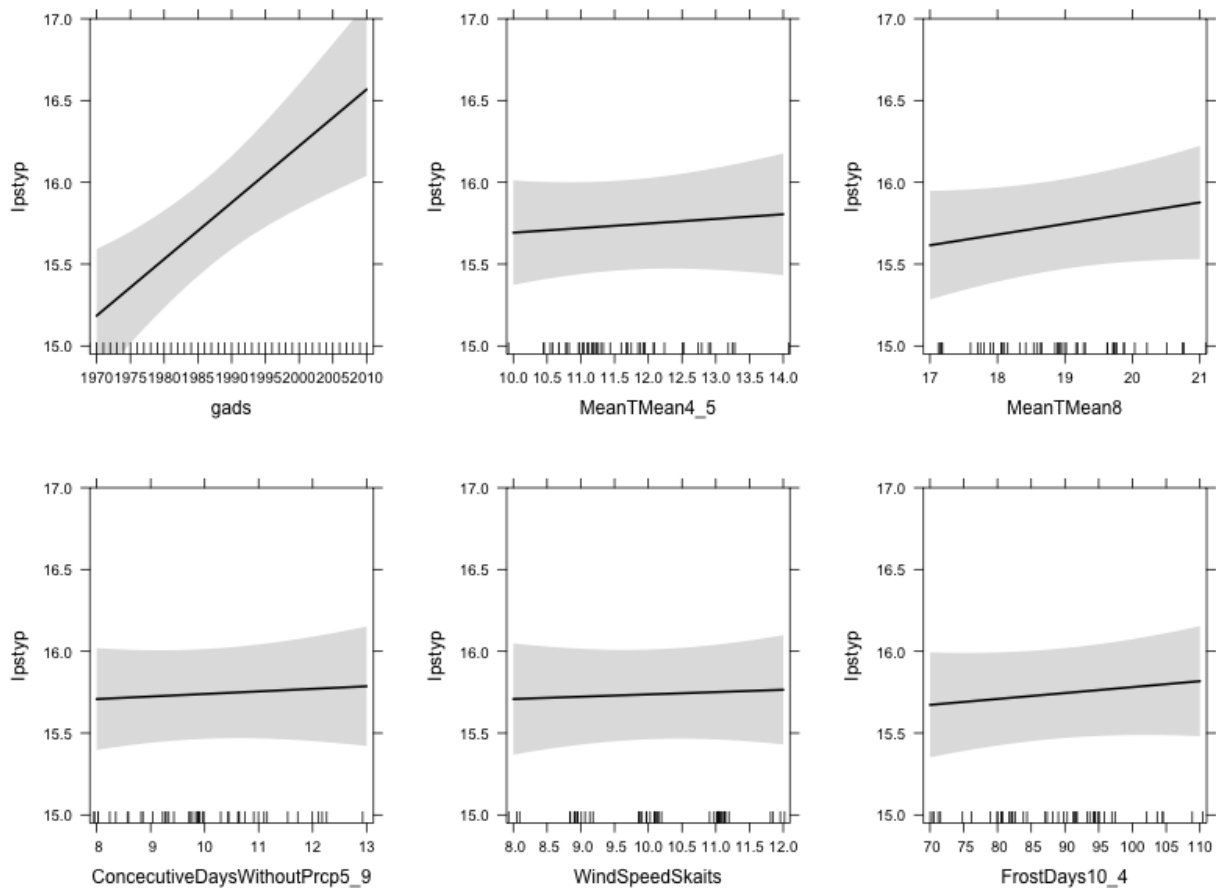
2.5. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *P. flammea* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

D. pini novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.6. att.).



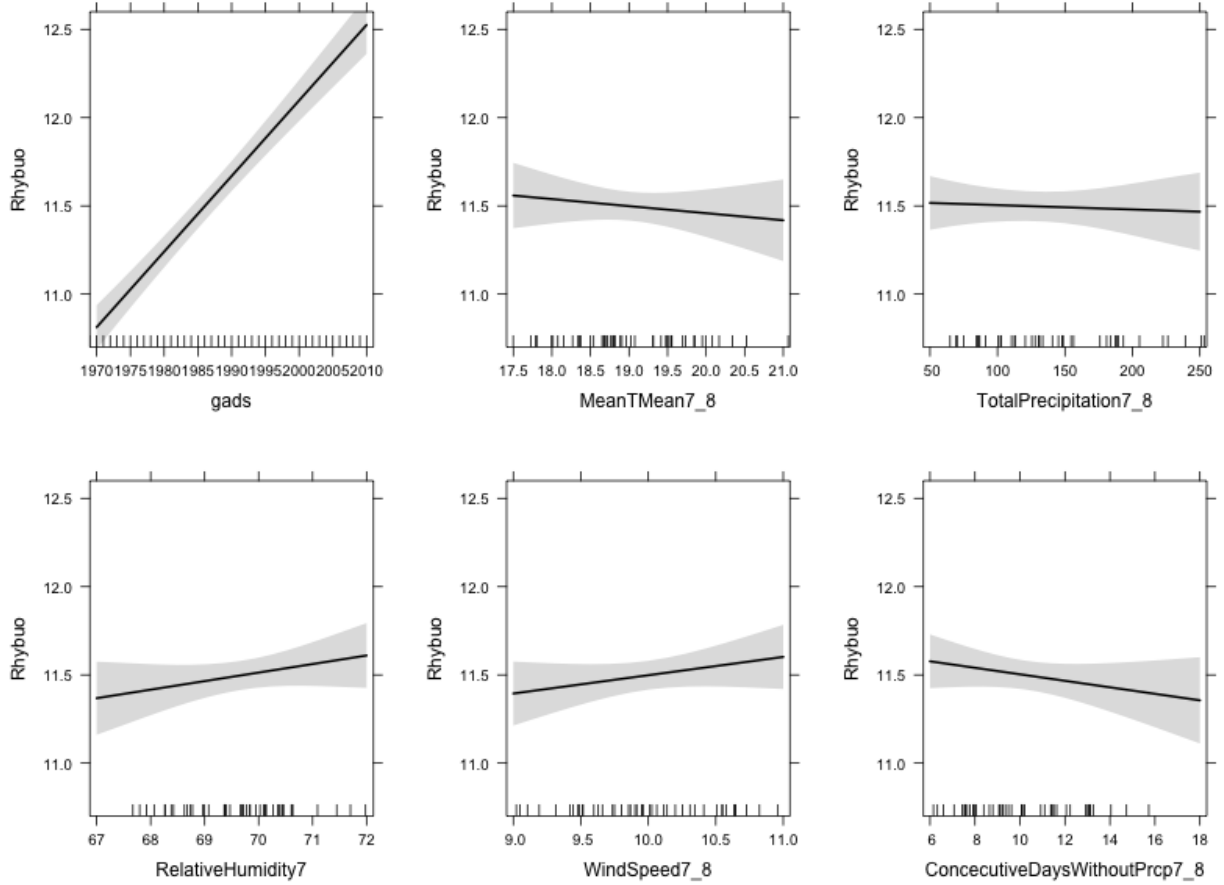
2.6. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *D. pini* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

I. typographus novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.7. att.).



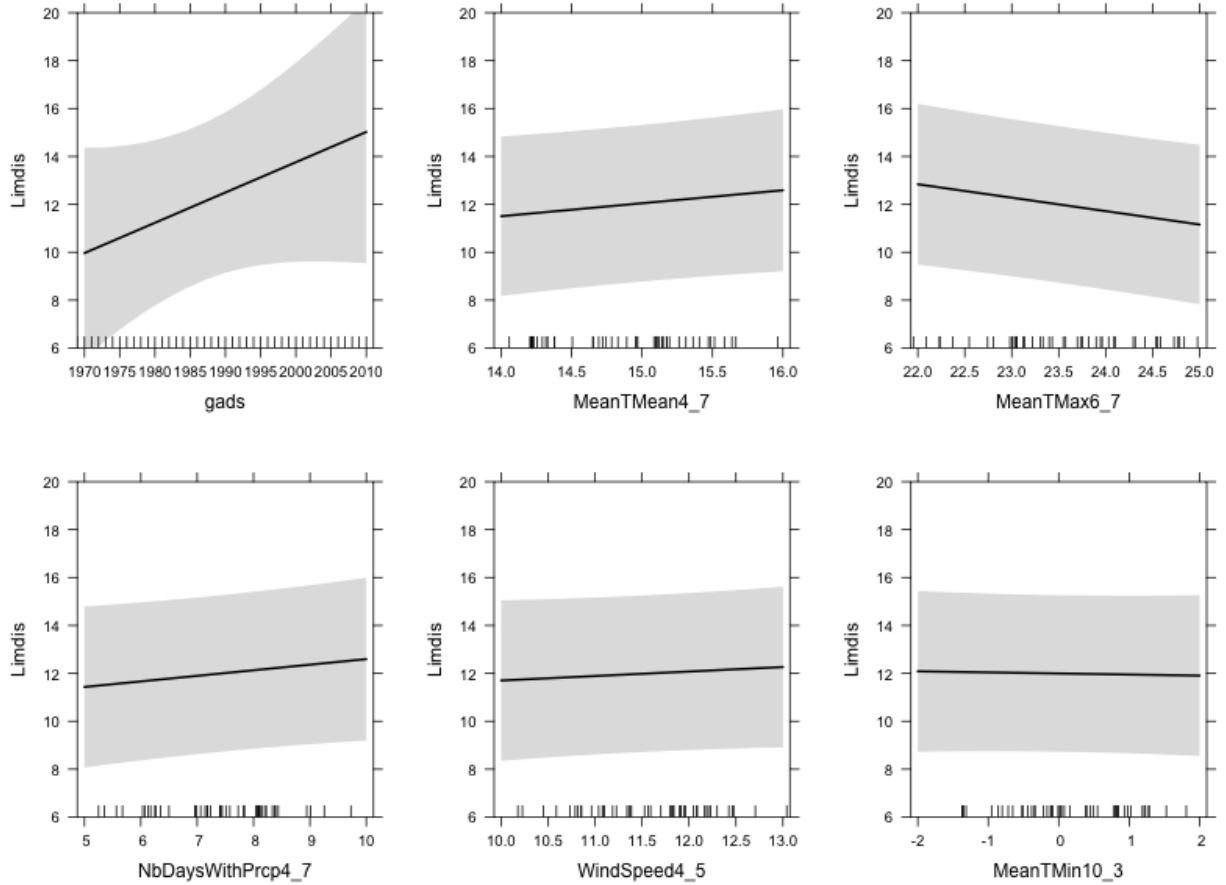
2.7. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *I. typographus* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

R. buoliana novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.8. att.).



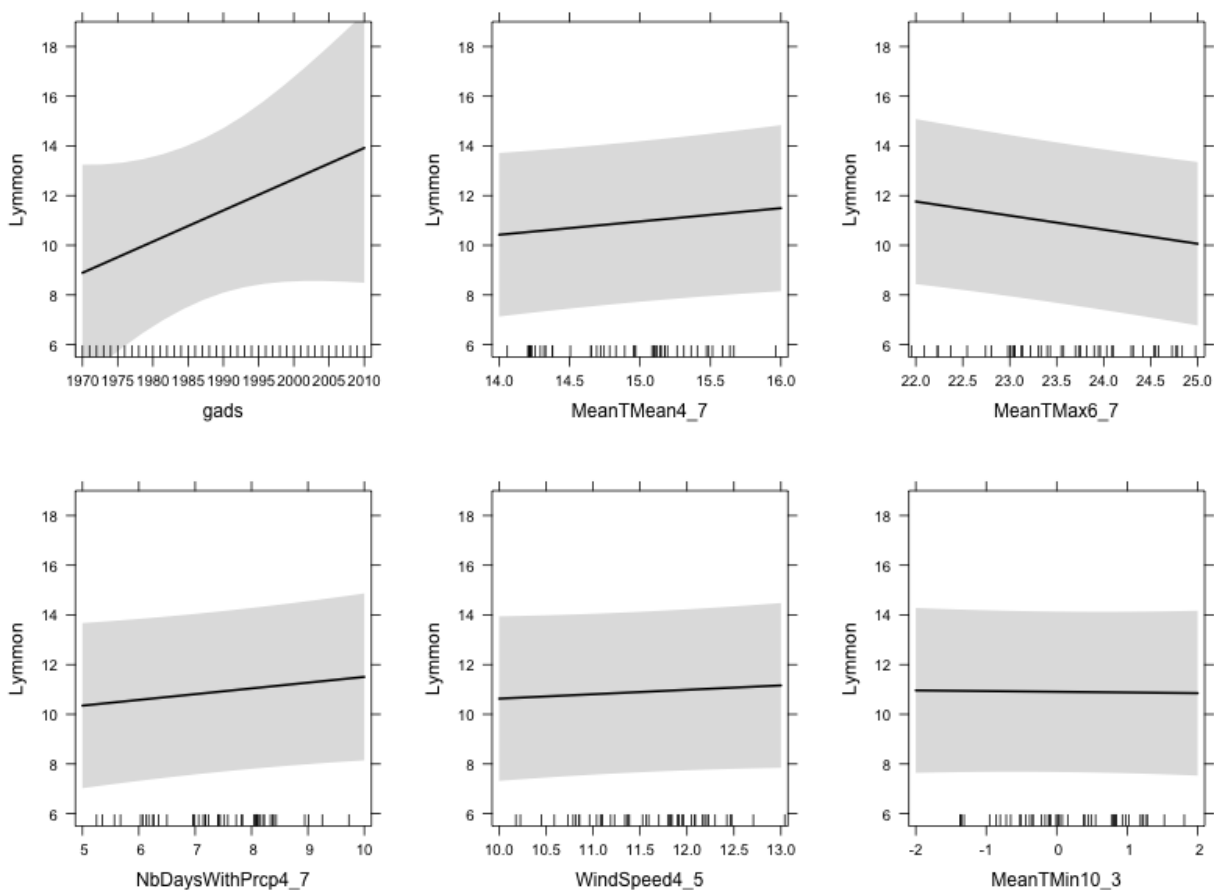
2.8. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *R. buoliana* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

L. dispar savairošanās platību pieaugumu būtiski negatīvi ietekmēja vidējās maksimālās temperatūras iepriekšējās sezonas jūnijā un jūlijā; pārējo analizēto faktoru ietekme nebija būtiska (2.9. att.).



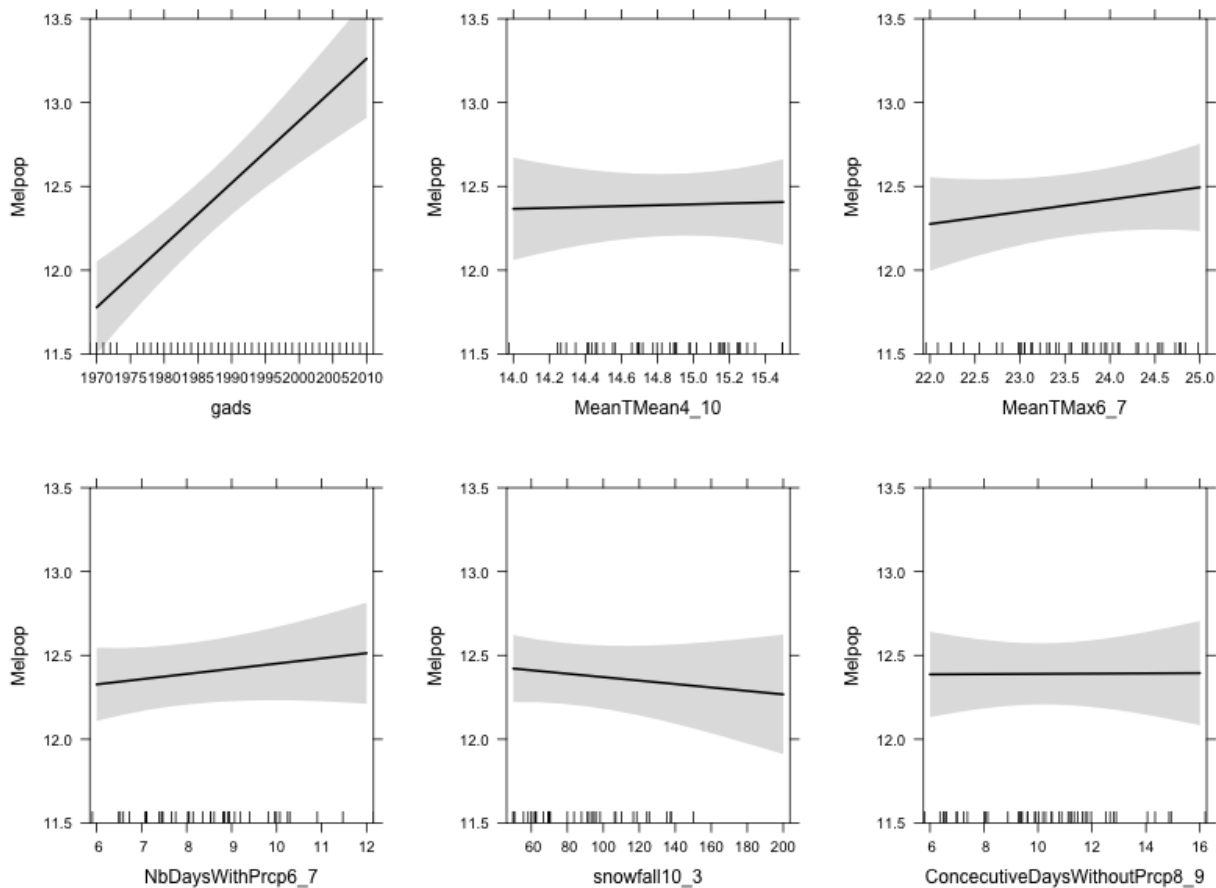
2.9. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *L. dispar* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

Līdzīgi kā *L. dispar*, *L. monacha* savairošanās platību pieaugumu arī būtiski negatīvi ietekmēja vidējās maksimālās temperatūras iepriekšējās sezonas jūnijā un jūlijā; pārējo analizēto faktoru ietekme nebija būtiska (2.10. att.).



2.10. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *L. monacha* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

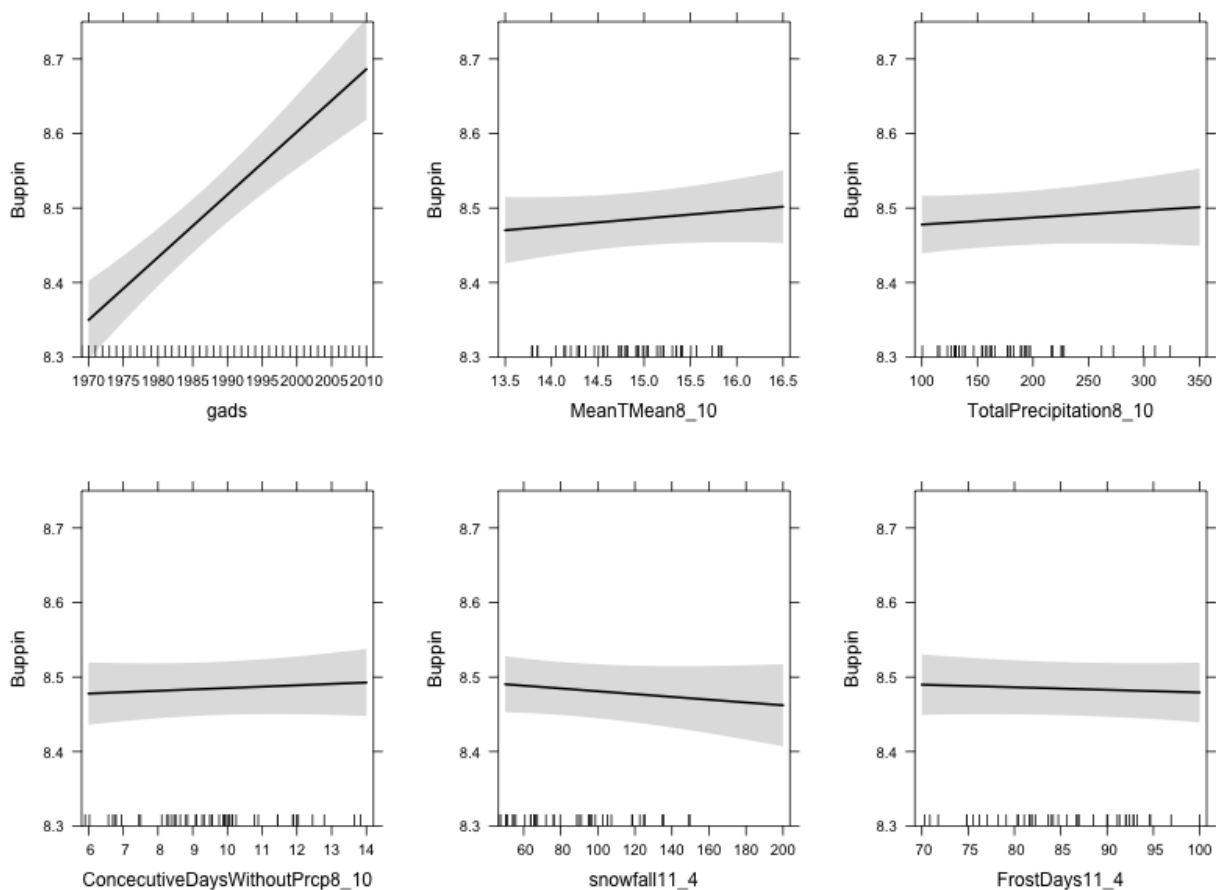
M. populi novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.11. att.)



2.11. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *M. populi* savairošanās platību pieaugumu 1962. – 2011. gados.

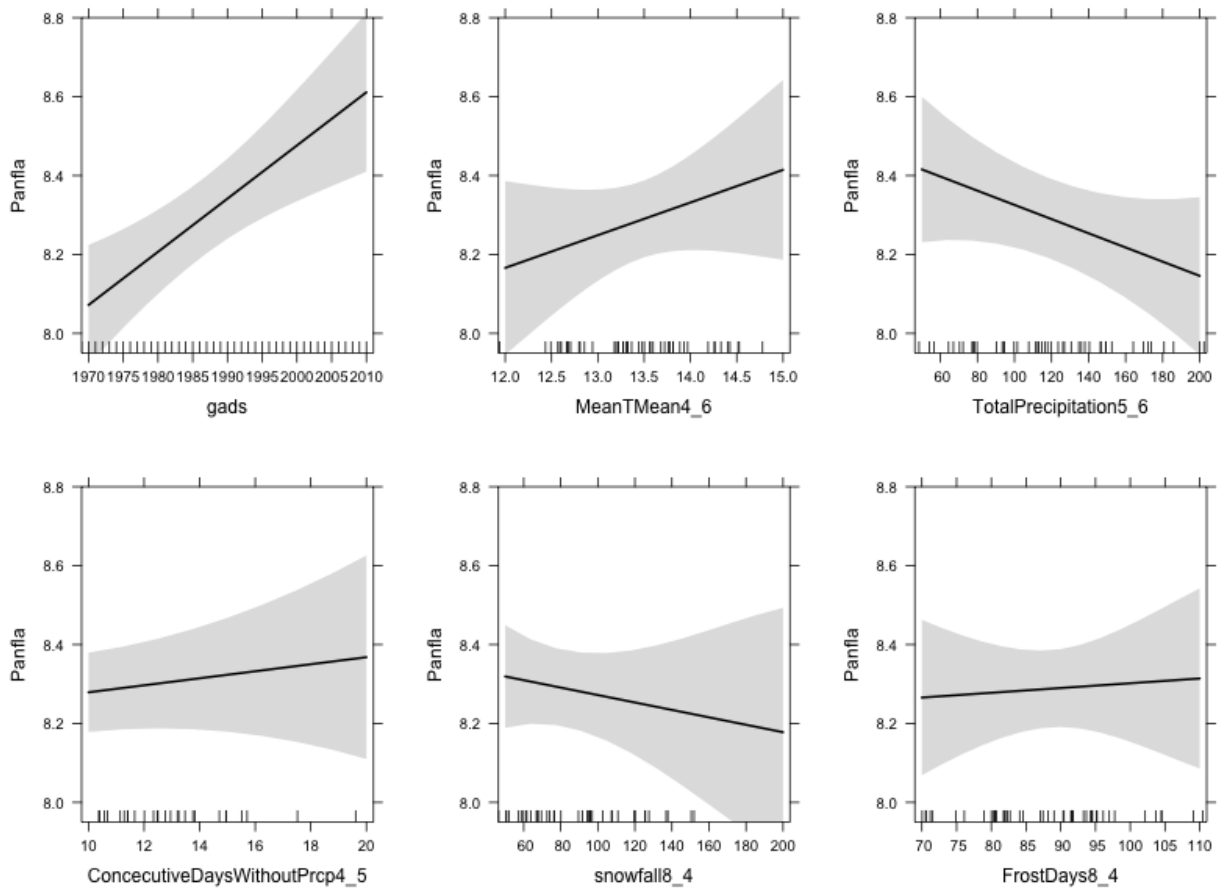
Novērtēta arī klimata faktoru ietekme uz savairošanās platību attiecību pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu (2.12.-2.19. att.), uz x ass norādītas attiecīgā faktora vērtības, bet uz y ass – savairošanās platību attiecības pret reģistrēto savairošanās gadījumu skaitu logaritmiski transformētās vērtības.

Līdzīgi kā iepriekšējā analīzē, *B. piniarius* novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.12. att.).



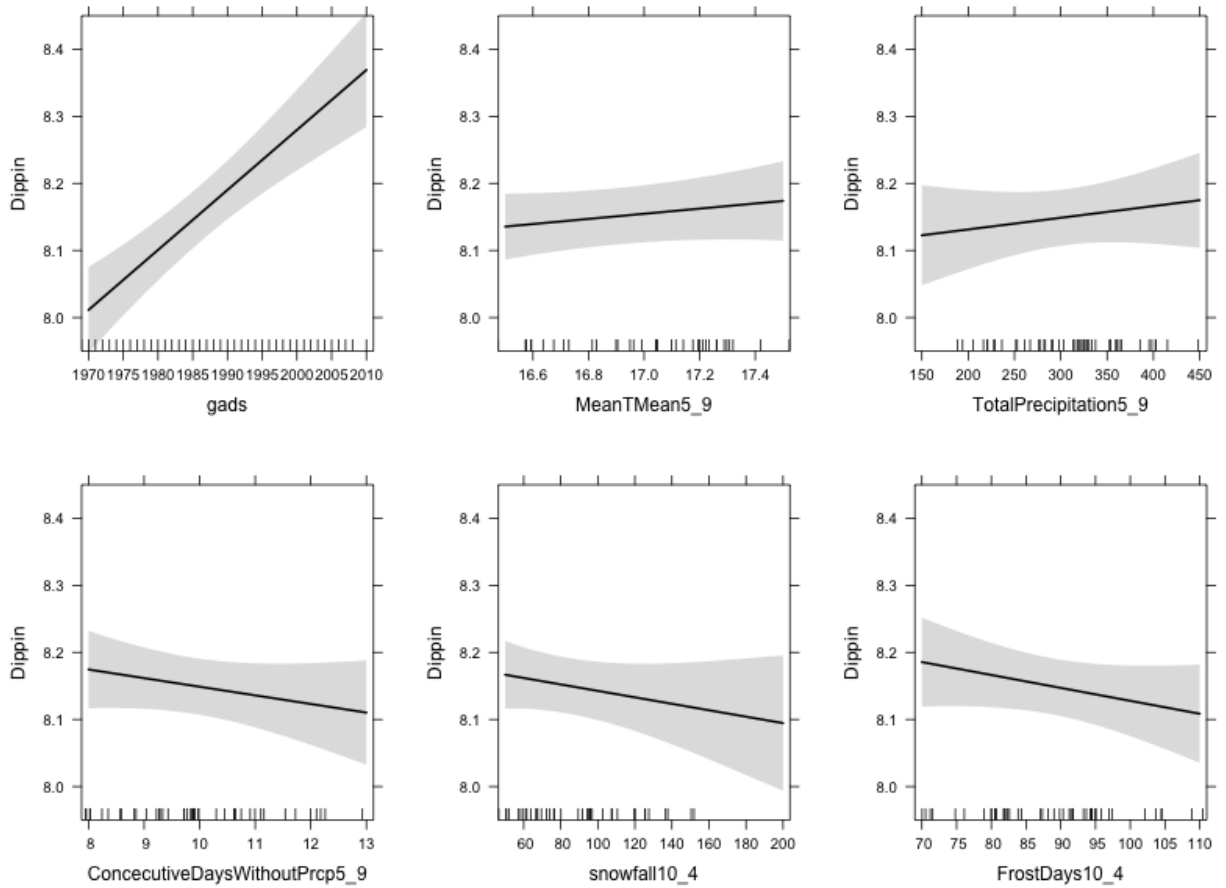
2.12. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *B. piniarius* savairošanās platību attiecībā pret gadījumu skaitu pieaugumu 1962. – 2011. gados.

P. flammea novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; būtiska ($p=0,108$) negatīva ietekme konstatēta iepriekšējās sezonas nokrišņu daudzumam maijā-jūnijā (2.13. att.).



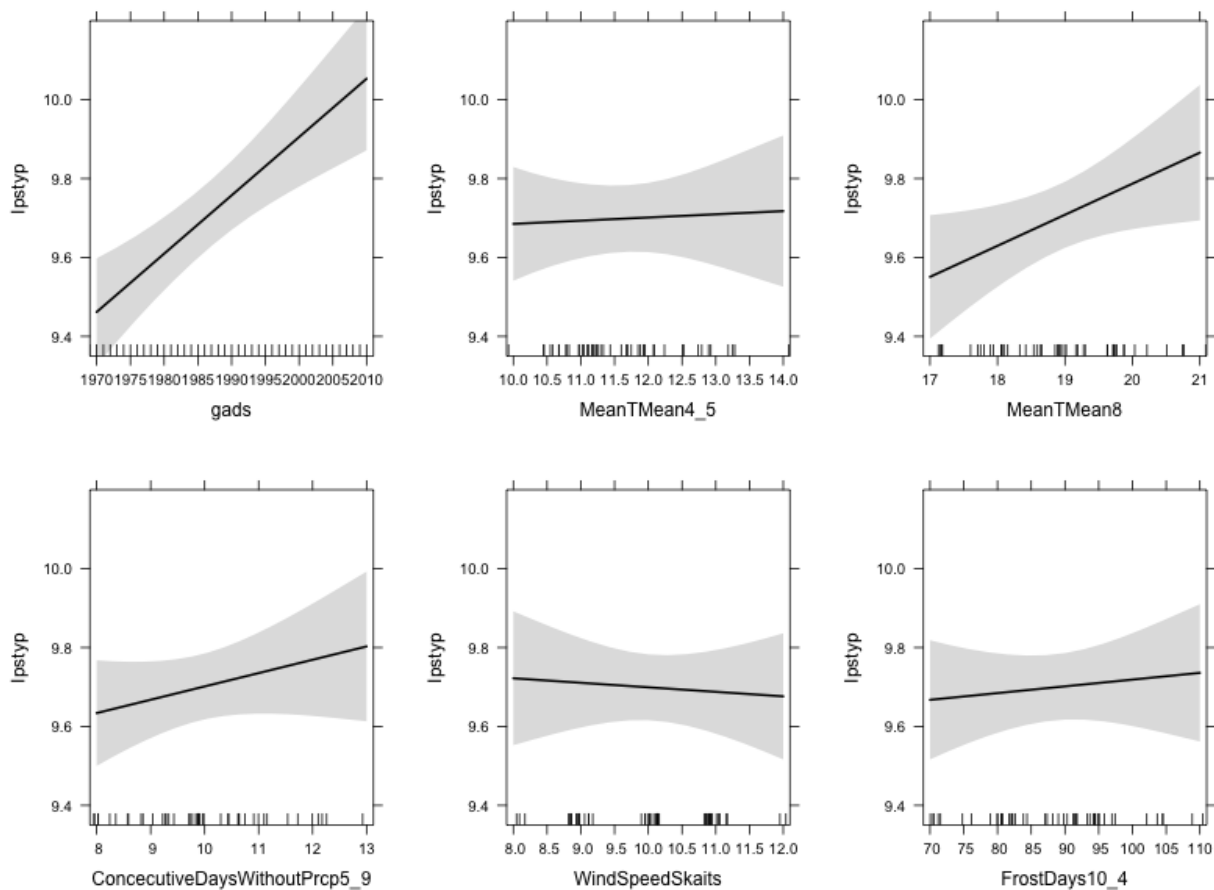
2.13. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *P.flammea* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

D. pini novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.14. att.).



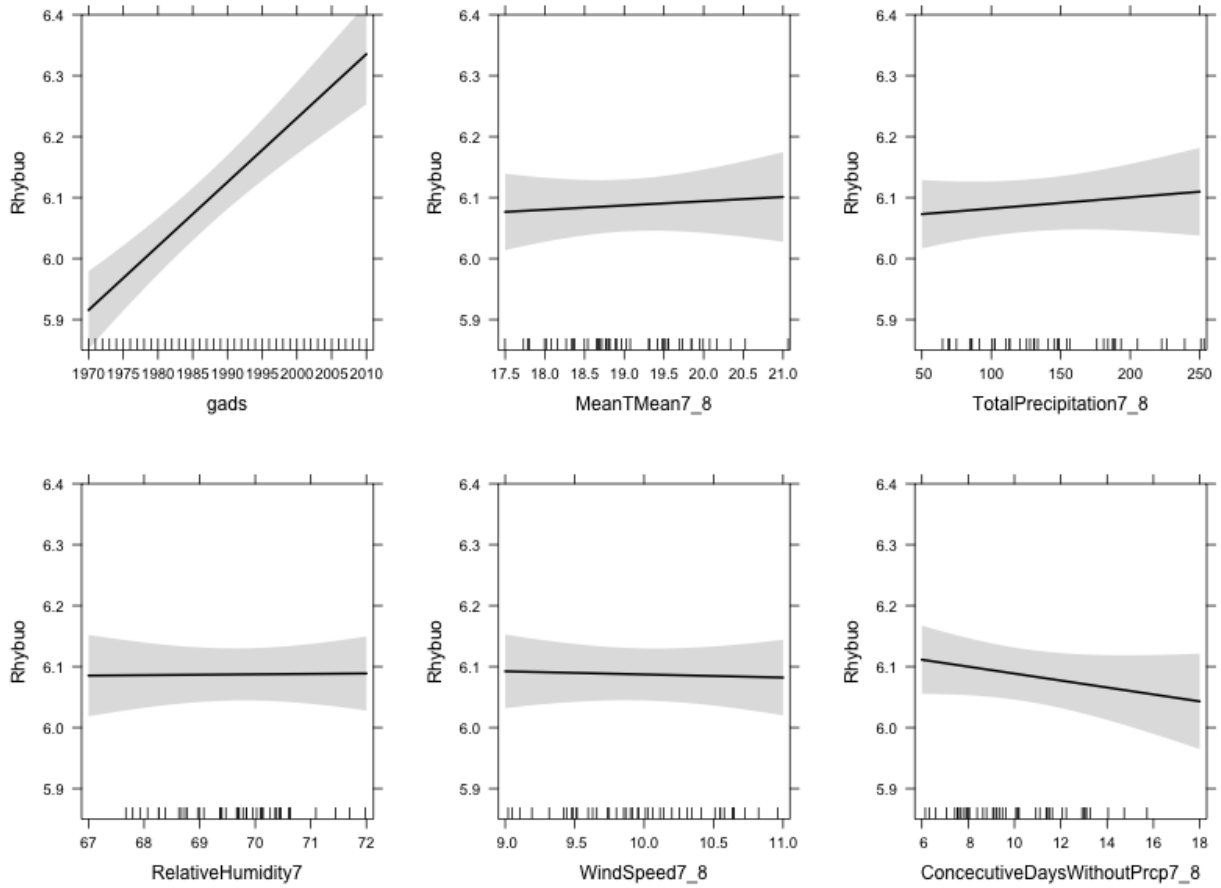
2.14. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *D. pini* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

I. typographus novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; savairošanās platību pieaugumu būtiski ($p < 0,05$) pozitīvi ietekmēja arī vidējās temperatūras iepriekšējās sezonas augustā (2.15. att.).



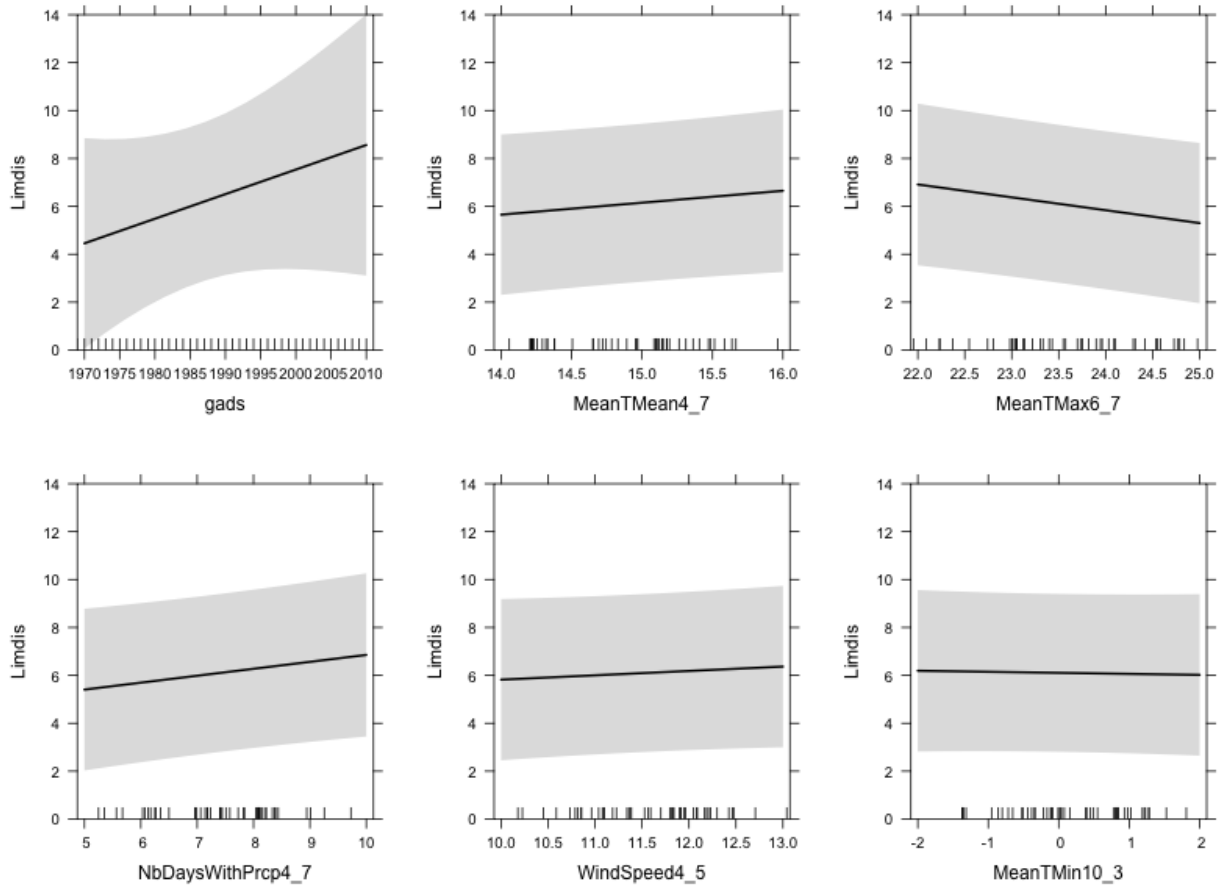
2.15. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *I. typographus* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

R. buoliana novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; analizēto klimata faktoru ietekme nebija būtiska (2.16. att.).



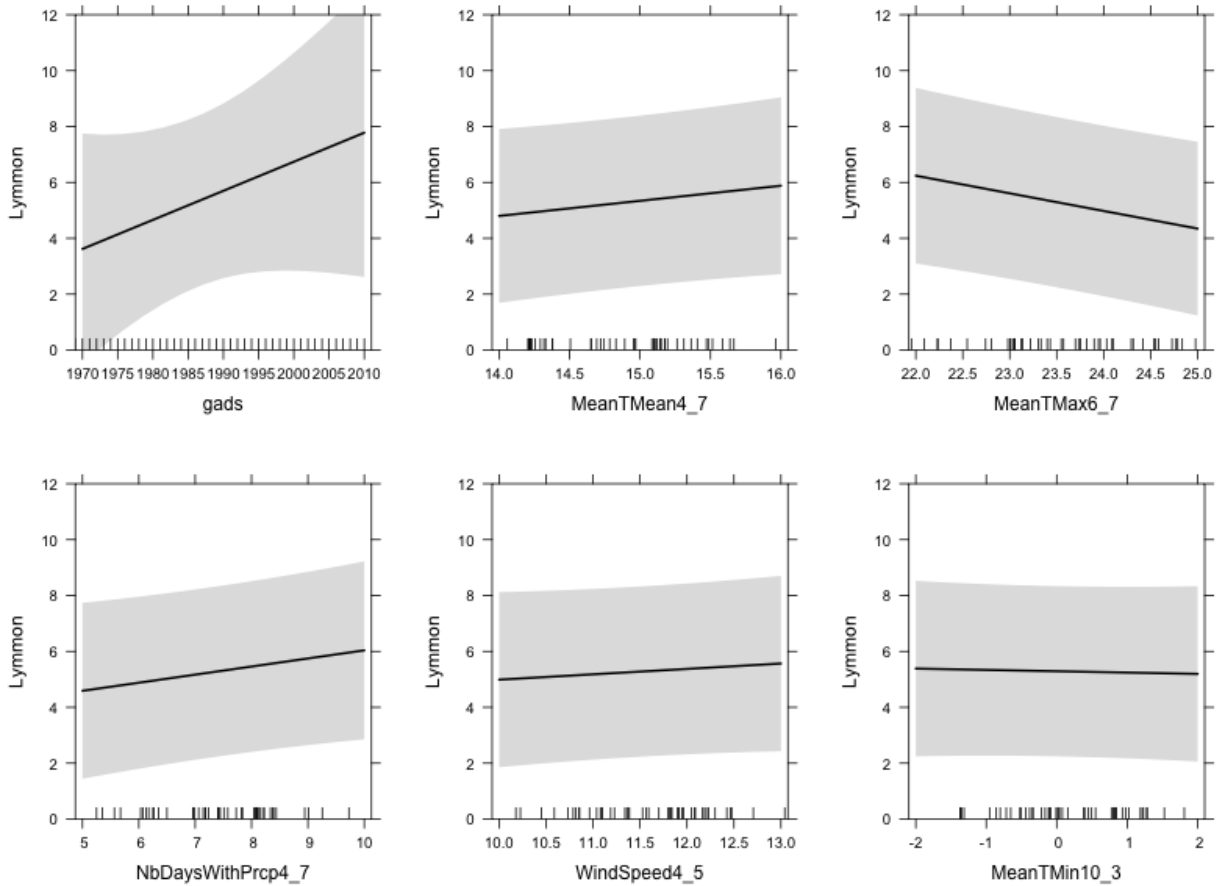
2.16. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *R. buoliana* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

L. dispar savairošanās platību pieaugumu būtiski negatīvi ($p < 0,05$) ietekmēja vidējās maksimālās temperatūras iepriekšējā gada jūnijā un jūlijā, būtiski ($p = 0,073$) pozitīvi – dienu skaits ar nokrišņiem iepriekšējās sezonas aprīlī-jūlijā (2.17. att.).



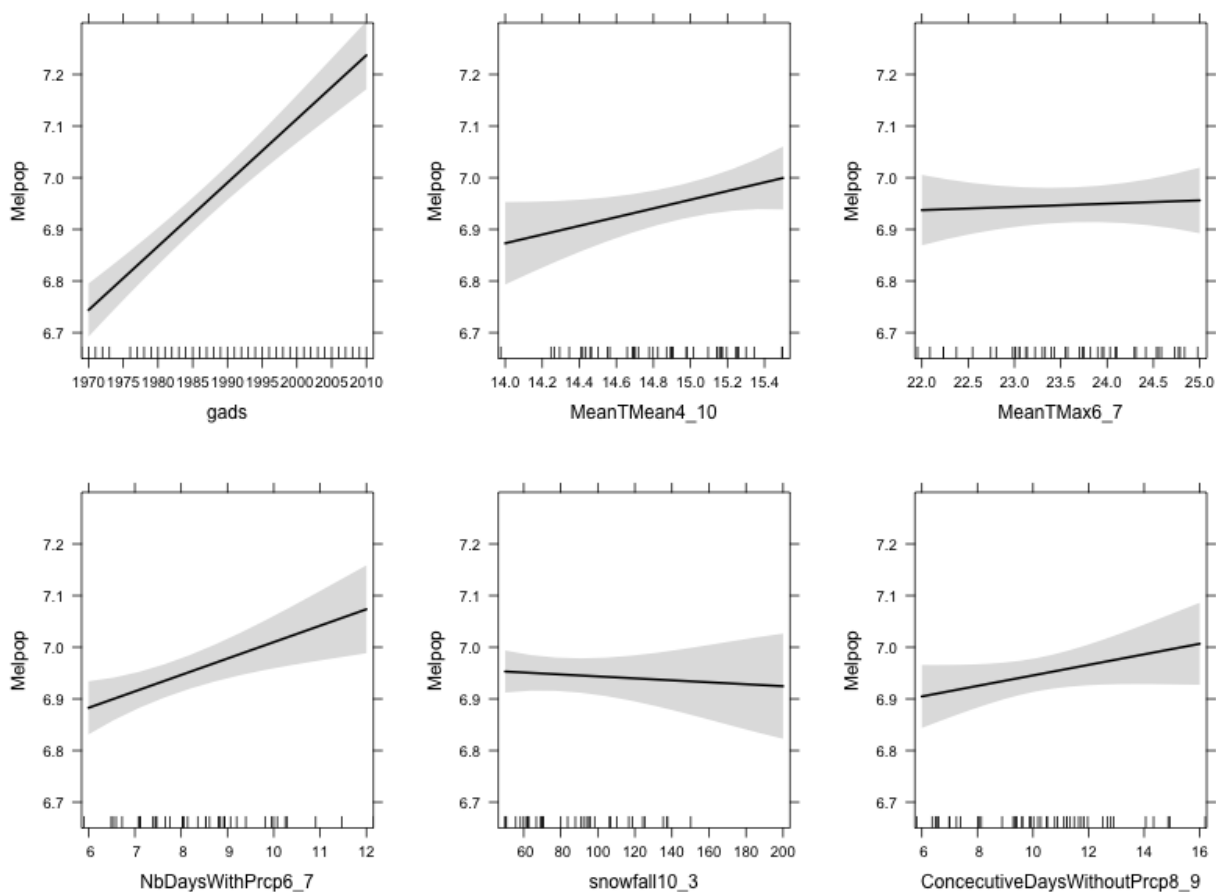
2.17. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *L. dispar* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

L. monacha savairošanās platību pieaugumu būtiski ($p < 0,05$) negatīvi ietekmēja vidējās maksimālās temperatūras iepriekšējās sezonas jūnijā un jūlijā, būtiski pozitīvi ($p = 0,095$) dienu skaits ar nokrišņiem iepriekšējās sezonas aprīlī–jūlijā (2.18. att.).



2.18. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *L. monacha* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

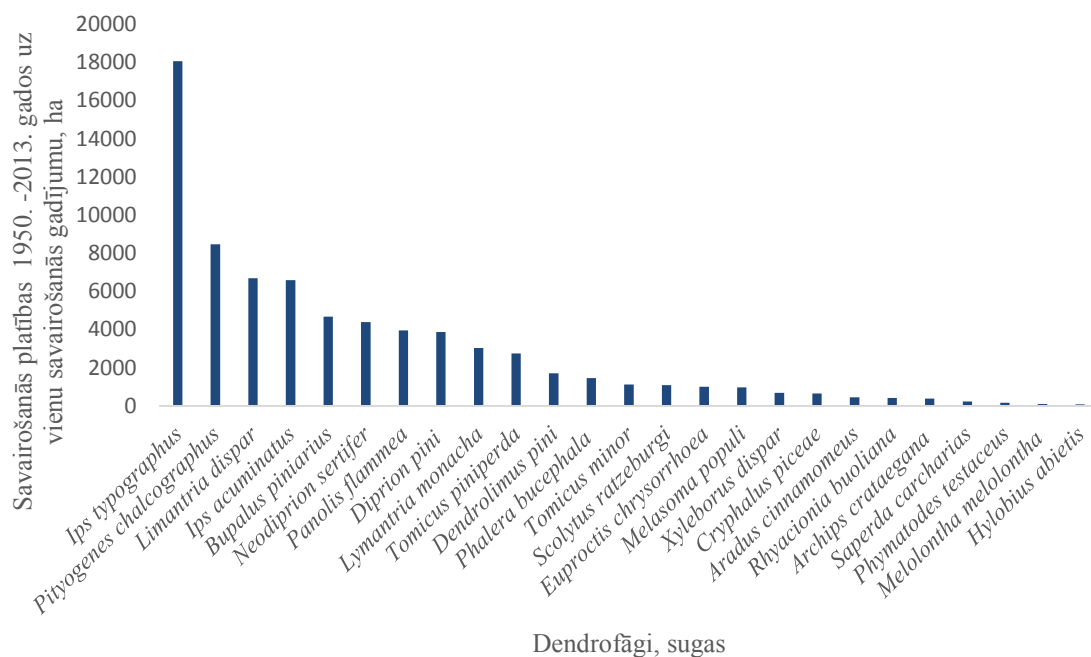
M. populi novērojumu periodā konstatēts būtisks savairošanās platību pieaugums; savairošanās platību pieaugumu būtiski ($p < 0,05$) pozitīvi ietekmēja vidējās temperatūras iepriekšējā veģetācijas periodā (aprīlis-oktobris), kā arī būtiski pozitīvi ($p < 0,05$) dienu skaits ar nokrišņiem iepriekšējās sezonas jūnijā un jūlijā (2.19. att.).



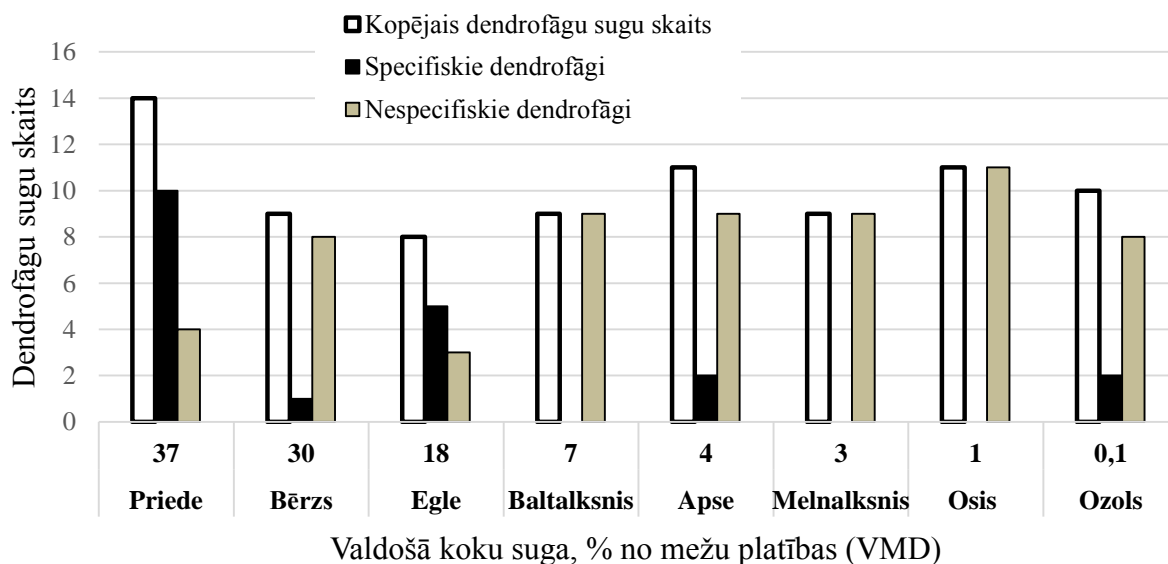
2.19. attēls. Dažādu faktoru ietekme uz *M. populi* savairošanās platību (attiecībā pret gadījumu skaitu) pieaugumu 1962. – 2011. gados.

Salīdzinot dendrofāgus pēc to vidējā savairošanās platību kopējā apjoma uz vienu savairošanās gadījumu laika periodā no 1950. – 2013. gadam visā apskatā ietvertajā teritorijā, visnozīmīgākā ietekme mežsaimniecībā konstatēta egļu astoņzobu mizgrauzim *I. typographus* (vidējā vienas savairošanās skartā platība 18070 ha); nozīmīga savairošanās konstatēta arī

tādām sugām kā egļu sešzobu mizgrauzis *P. chalcographus* (vidēji 8474 ha), ozolu mūķene *L. dispar* (vidēji 6698 ha), galotņu sešzobu mizgrauzis *I. acuminatus* (vidēji 6598 ha) (2.20. att.).



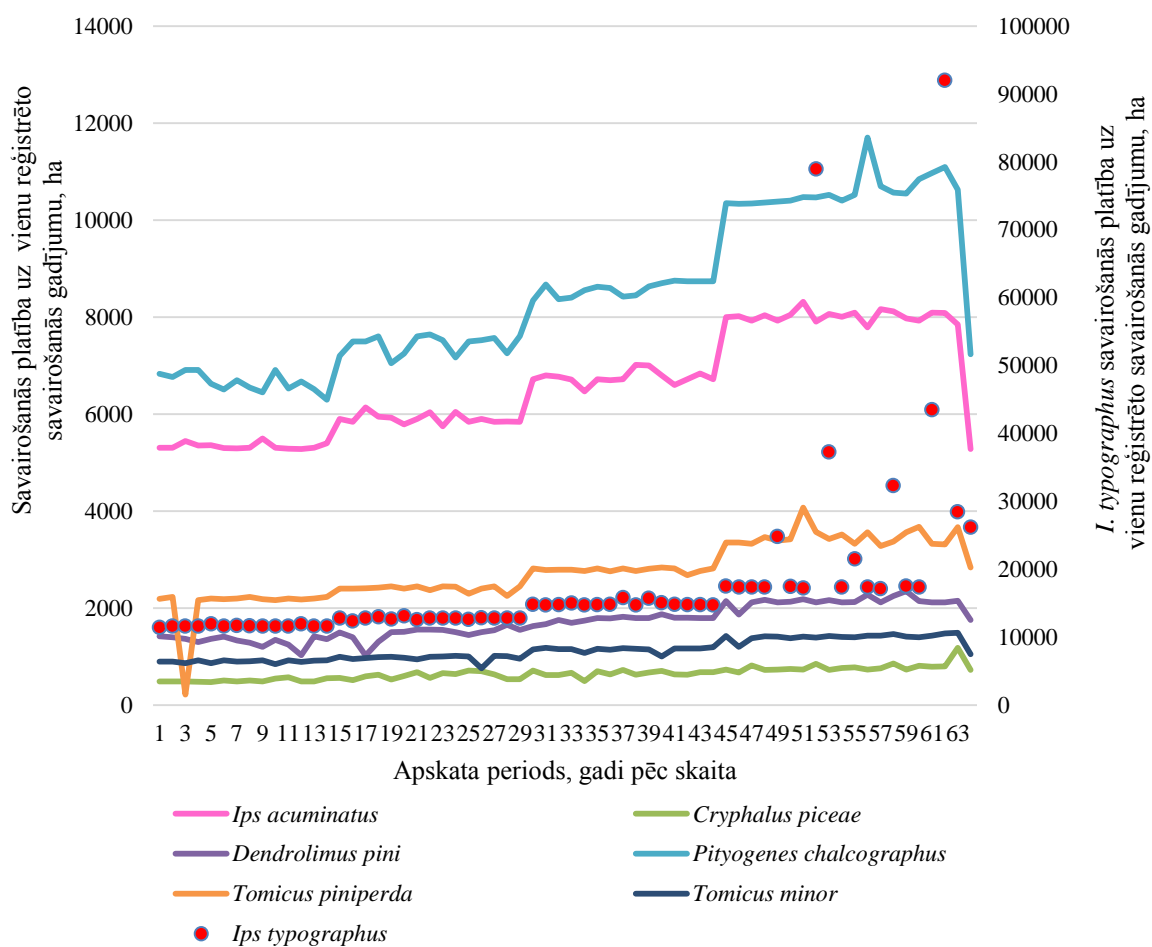
2.20. attēls. Dendrofāģu savairošanās platības 1950. – 2013. gados uz vienu savairošanās gadījumu.



2.21. attēls. Dendrofāģu sadalījums pēc to saimniekaugiem.

Salīdzinoši augstāks specializēto – monofāgo, t.i., vienam saimniekaugam raksturīgo kaitēkļu, skaits konstatēts priedei (10) un eglei (5); (2.21. att.). Savukārt, lielākais kopējais atlasīto dendrofāgu skaits konstatēts apsei (11) un ozolam (10).

Novērtējot skujkoku mizgraužu un lūksngraužu savairošanās dinamiku konstatēts, ka izvēlētajām sugām tā ir līdzīga (2.22. att.), korelācijas koeficienti starp atsevišķu sugu savairošanās platībām (uz vienu savairošanās gadījumu) ir statistiski būtiski ($p < 0,01$), un vairumā gadījumu pārsniedz 0,7; nedaudz mazākas korelācijas koeficientu vērtības konstatētas *I. typographus* (0,44-0,50) (2.2. tab.).



2.22. attēls. Skujkokiem raksturīgo mizgraužu, lūksngraužu (Scolitidae) savairošanās platību dinamika uz vienu savairošanās gadījumu 1950. – 2013. gados.

Skujkoku mizgraužu, lūksngraužu (*Scolitidae*) sugu skarto platību uz vienu savairošanās gadījumu dinamikas līdzība laika periodā 1950. – 2013. gads (Pīrsona korelācijas koeficienti)

<i>Dendrofāgo kukaiņu suga</i>	<i>Ips typographus</i>	<i>Ips acuminatus</i>	<i>Cryphalus piceae</i>	<i>Dendrolimus pini</i>	<i>Pityogenes chalcographus</i>	<i>Tomicus piniperda</i>
<i>Ips acuminatus</i>	0,49					
<i>Cryphalus piceae</i>	0,50	0,78				
<i>Dendrolimus pini</i>	0,47	0,93	0,78			
<i>Pityogenes chalcographus</i>	0,52	0,98	0,80	0,94		
<i>Tomicus piniperda</i>	0,44	0,88	0,76	0,86	0,87	
<i>Tomicus minor</i>	0,53	0,96	0,80	0,94	0,96	0,88

Apskatīto kukaiņu sugu savairošanās prognozes Centrāleiropā un Latvijā tuvā nākotnē

Viens no pamatkritērijiem dažādu prognožu izveidē ekoloģijā ir laiks (Steyerberg et al., 2010). Ilgākais laika periods prognožu veikšanai nav konkrēti definēts – tas atkarīgs no problēmas un faktoriem, kas to ietekmē, tomēr šis periods nedrīkstētu pārsniegt 1/3 no pagātnē aptvertā. Jo lielāks ir pieejamo datu apjoms un garāks analizētais vēsturiskais periods, jo precīzākas prognozes iespējams izstrādāt (Box et al., 2013; Neigh et al., 2014; Steyerberg et al., 2010). Šajā gadījumā, 63 gadi ir laiks, kurā vairākums no apskatā izvēlētajām sugām radījušas jau vidēji 63- 126 paaudzes.

Ņemot vērā, ka atlasītajām kukaiņu sugām raksturīgas stabilas augšupejošas savairošanās tendences visā apskata periodā bez izteiktām cikliskuma iezīmēm, GLS analīzes pielietojums ir visloģiskākais. GLS modelis nerada atsevišķas, papildus ekstrēmas vērtības – tādējādi neizkropļo tendenču projekcijas (Zuur et al., 2009). Kopējā savairošanās platību pieauguma tendence visiem dendrofāgiem, iespējams, norāda uz meža kaitēkļu populāciju pieaugumu saistībā ar klimata izmaiņām – vidējiem temperatūras pieaugumiem (IPPC, 2007). Turklāt interesanti, ka, novērtējot savairošanās projekciju virziena koeficientus (2.1. tab.), straujākais savairošanās pieaugums raksturīgs tieši sugām ar zemākajiem mežu bojājumu apjomiem 1950. – 2013. gadu laika periodā (2.20. att.). Tātad sugām, kurām raksturīga salīdzinoši augsta sastopamība (par ko liecina savairošanās platības attiecībā uz vienu savairošanās gadījumu) ir iespējama populāciju lejupslīde un savairošanās riska

samazināšanās, kamēr citām sugām ar salīdzinoši zemu populācijas līmeni un nelielām savairošanās platībām ir iespējams lokāls straujš savairošanās platību un riska pieaugums (piemēram, *R. buoliana*, *X. dispar*, *A. crataegana*, *S. carcharias*, *P. buchepala*). Ņemot vērā, ka *A. crataegana* (agresīvs ozolu kaitēklis), *S. carcharias* (agresīvs apšu kaitēklis) un *P. buchepala* savairošanās gadījumi lielākoties ir lokāli un ar augstu defoliācijas pakāpi (Barbosa et al., 2012), domājams, Centrāleiropā un Latvijā tuvāko 6 gadu laikā visapdraudētākās ir tieši nelielas lapkoku mežu platības (galvenokārt apses un ozoli), kā arī stādītās plantācijas (piemēram, bērzu plantācijas). Taču tas nenozīmē, ka tādu kaitēkļu sugu kā *I. typographus*, *I. acuminatus*, *L. dispar*, *L. monacha*, *P. chalcographus* un *N. sertifer* savairošanās risks ir samazinājies, jo to kopējie skarto platību apjomi ir krietni augstāki, turklāt, nozīmīgi pieaug ar katru nākamo gadu dekādi.

Viszemākie savairošanās rādītāji konstatēti lauka maijvabolei *M. melolontha*, taču jāņem vērā, ka to populāciju ietekmē salīdzinoši garais preimago attīstības cikls (4 gadi, atsevišķos gadījumos arī garāks), kā arī specifisks augsnes mikroklimats un temperatūras – lokāli faktori, kas raksturīgi konkrētai maijvaboles dzīvotnei (Imrei, Tóth, 2002; Luisa, Mauro, 1996). Turklāt, maijvaboles savairošanās cieši saistīta ar lauksaimniecības intensitāti. Pamestas auglīgās lauksaimniecības zemes bieži kalpo par savairošanās vietu. Ja augsne tiek apstrādāta katru gadu, tas vairākkārtīgi samazina maijvaboļu daudzumu, jo kāpuri tiek izcelti virspusē, kur tos apēd putni. Šī iemesla dēļ *M. melolontha* savairošanos ir grūti paredzēt. *M. melolontha* savairošanās netālu no meža platībām ir sevišķi bīstamas. *M. melolontha* imago nereti pāriet baroties uz mežā sastopamajiem lapkokiem (primāri – ozoliem), parasti pilnībā apgraužot to lapotnes. Šādā veidā maijvaboles, savairojoties meža platībās, spēj nodarīt ievērojamus zaudējumus (Imrei, Tóth, 2002; Kolář et al., 2012). Paradoksāli, tomēr arī *I. typographus* savairošanās tendences nav viegli prognozējamas, ņemot vērā, ka šī mizgrauža savairošanos ietekmē novājinātu egļu īpatsvars. Spēcīgu vētru rezultātā tiek izgāztas egles, un tas nodrošina labvēlīgus apstākļus, lai savairotos egļu astoņzobu mizgrauzis. Tāpat daļai koku tiek “izšūpota” sakņu sistēma, koki tiek novājināti un vairāk pakļauti vaboļu uzbrukumam (Borkowski, Podlaski, 2011; Öhr, 2012). Pārsniedzot ekoloģisko kapacitāti, masveida savairošanās vietās *I. typographus* iznīcina arī dzīvas, pilnīgi veselas egles, retāk priedes (Wermelinger, 2004).

Apskatā ietvertajām skujkoku mizgraužu, lūksngraužu sugām ir izteikti līdzīga savairošanās dinamika 1950. – 2013. gados – sakarības starp sugām (izņemot *I. typographus*)

ir ciešas (Pīrsona korelācijas koeficienti pārsniedz 0,7; $p < 0,01$) (2.2. tab.). Līdz 1997. gadam *I. typographus* savairošanās dinamikai ir augsta saistība ar pārējām, līdzīgām sugām (Pīrsona korelācijas koeficienta vērtības pārsniedz 0,7; $p < 0,01$). Tas, visticamāk, skaidrojams ar šo sugu barības un dzīvesvietas nišu līdzību – skujkoku mežiem (pamatā – priedi un egli). Tomēr daudzi pētījumi liecina, ka vairākums šo sugu ir sekundāri “piesaistītas” *I. typographus* un *I. acuminatus*, kas darbojas kā primārie kaitēkļi – uzsāk barošanos pirmie, un vēlāk to skartajās audzēs savairojas sekundārie kaitēkļi (Cheraghian, 2013; Zúbrik et al., 2008). Pastāv uzskats, ka tieši sekundārie koksnes kaitēkļi ir tie, kas izraisa koku bojāeju (Barbosa et al., 2012). *I. typographus* populāciju straujo pieaugumu pamatā 1997. – 2013. gados, iespējams, ir šādi iemesli: specifisko dabisko ienaidnieku trūkums, sugai specifisku mikroklimatisko apstākļu uzlabošanās, koksnes parazītisko sēņu un citu kokus novājinošo organismu savairošanās atsevišķos reģionos, mežsaimnieciskās darbības kļūdas; tomēr par galveno cēloni uzskatāmas biežās un spēcīgās vētras. Tas varētu būt nozīmīgākais iemesls, kādēļ saikne starp *I. typographus* un citām mizgraužu, lūksngraužu sugām 1997. – 2013. gados (vērtējot vienā savairošanās gadījumā ietekmēto platību) ir salīdzinoši vāja.

Salīdzinot Latvijas mežsaimniecībā nozīmīgās koku sugas pēc tās apdraudošo dendrofāgo kukaiņu sugu skaita, konstatēts, ka Latvijā tuvāko 6 gadu laikā apdraudētāki ir tieši skujkoku meži: priedei raksturīgo specifisko dendrofāgu skaits no apskatītajiem ir vidēji par 8 kaitēkļu sugām, bet eglei – par 4 lielāks nekā pārējām koku sugām. Egļu astoņzobu mizgrauzis *I. typographus* ir specifisks tieši eglei, un tā nodarītais kaitējums ekonomikai, salīdzinot ar citiem meža kaitēkļiem, ierindojas pirmajā vietā – ne tikai Eiropā, bet visā pasaulē (Barbosa et al., 2012). Egļu mūķene *L. monacha* ir otrs agresīvākais egļu kaitēklis Eiropā un ASV (Barbosa et al., 2012), kas ietekmē arī plašas priežu audžu platības. No lapkokiem apdraudētas ir apses un ozoli, kuriem specifiskas ir divas kaitēkļu sugas, bet kopējais kaitēkļu sugu skaits pārsniedz sešas. Bērziem ir zems specifisko kaitēkļu skaits – tikai 1 suga. Šādas kaitēkļu sadalījuma tendences atkarībā no to saimniekaugiem, iespējams, izskaidrojamas ar salīdzinoši “vēsāku”, lapkoku kaitēkļu sugām mazāk piemērotu klimatu Centrāleiropā (Lust et al., 2001).

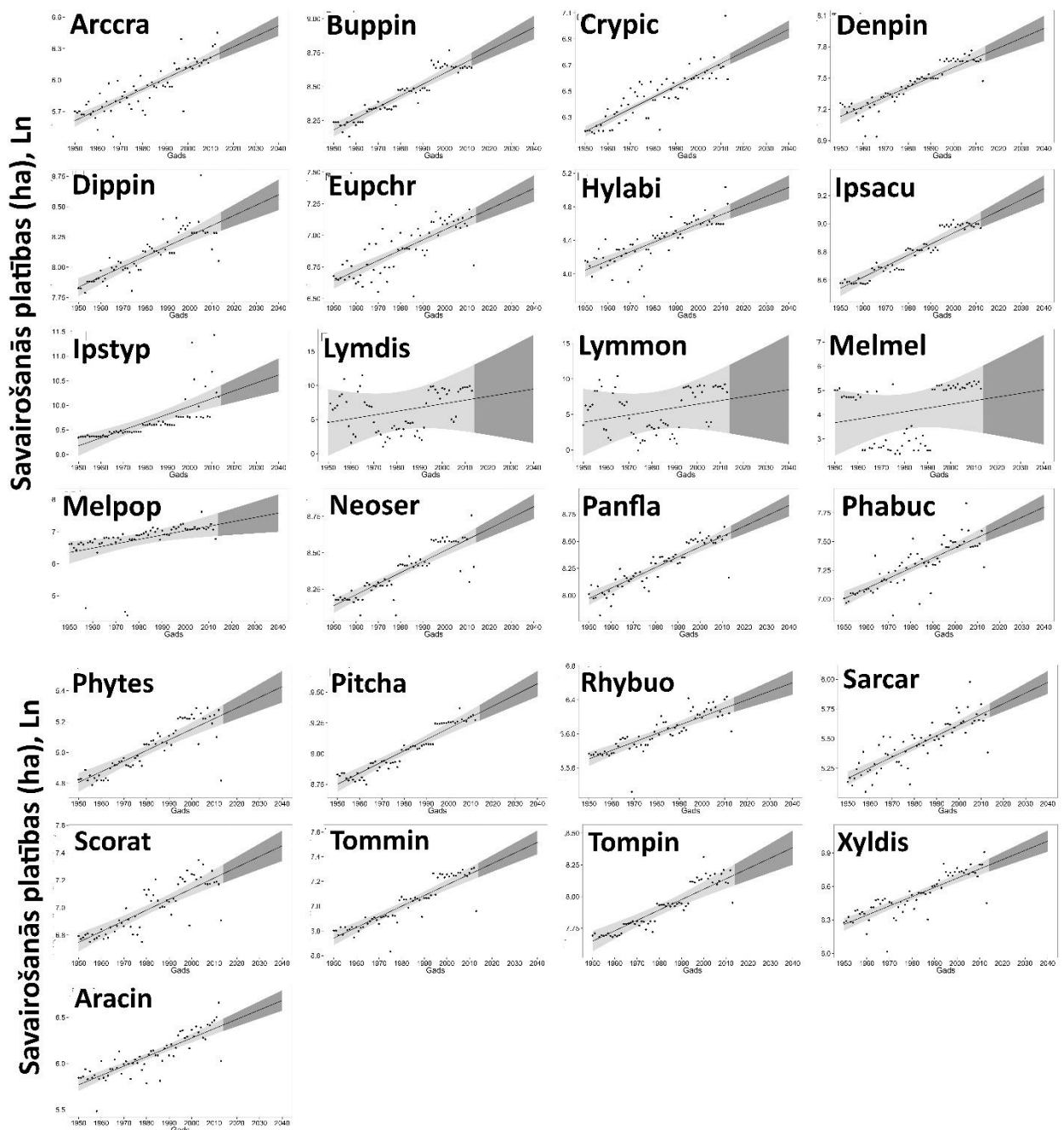
Noskaidrots, ka valstīs ar lielāku kopējo platību ir raksturīgs proporcionāli augstāks dendrofāgo kaitēkļu savairošanās gadījumu skaits neatkarīgi no to saimniekaugu izplatības. To, iespējams, nosaka kukaiņu augšanai un attīstībai piemērotu apstākļu augstāka sastopamība lielākā teritorijā. Tomēr šī sakarība nenorāda uz zemāku dendrofāgo kaitēkļu

savairošanās iespējamību Latvijā salīdzinoši nelielās valsts teritorijas dēļ. Mūsu valstī ir augsts mežainums un neseno iecelojušām kaitēkļu sugām labvēlīgi apstākļi, piemēram, pamatareāliem raksturīgu, specifisku parazītu trūkums, tāpēc Latvijā nākotnē ir iespējamās plašas savairošanās. To pierāda neseno reģistrētās ozolu mūķenes *L. dispar* masveida savairošanās Latvijā 2008. un 2011. gados.

Novērtējot apskatīto defoliatoru sugu savairošanās dinamiku Centrāleiropā (2.3. att.), redzams, ka to skarto platību apjoms uz vienu savairošanās gadījumu kopš 1950. gada palielinājies gandrīz 2 reizes. Iespējams, šādas defoliatoru savairošanās izmaiņas ir ietekmējusi nemorālo (mēreno lapkoku) mežu zonas pakāpeniska “ienākšana” Centrāleiropā un tās ziemeļu daļā. Lapkoku izplatību ziemeļu virzienā veicina globālu klimata izmaiņu ierosināts vidējās ikgadējās temperatūras pakāpenisks pieaugums (Allard et al., 2003; Bottero et al., 2013; Haynes et al., 2014). Defoliatoru sugu savairošanos mežos pasaulē iespējams noteikt arī ar satelīta palīdzību, reģistrējot koku vainagu seguma izmaiņas, tādējādi nosakot savairošanās reģionu platības un defoliācijas pakāpi, kā arī prognozējot kaitēkļu tālākās izplatības virzienus (Meshkova, 2006).

Apskatīto kukaiņu sugu savairošanās ilgtermiņa prognozes

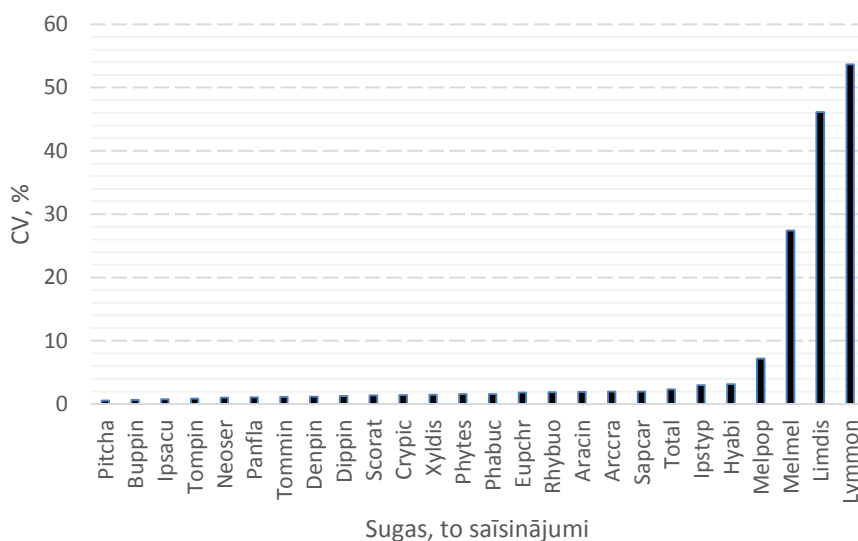
Apskatā ietvertajām 25 mežam nozīmīgajām dendrofāgu sugām veikta ne vien savairošanās datu analīze laika periodam no 1950. gada līdz mūsdienām un prognoze tuvākajiem 6 gadiem, bet arī šo kaitēkļu savairošanās iespēju novērtējums (ar GLS modeli) ilgākā laika periodā – līdz 2040. gadam (2.23. att.).



2.23. attēls. Dendrofāgo kukaiņu savairošanās platību dinamika un tās prognozes līdz 2040. gadam.

Lai gan visu apskatīto sugu savairošanās platībām nākotnē ir tendence pieaugt, tomēr atšķiras to projekcijas vidējās izkliedes. Jo tālākai nākotnei tiek veiktas prognozes, jo projekcijas nenoteiktība ir lielāka, tomēr savairošanās riska pieauguma tendence saglabājas nemainīgi visām sugām. Starpsugu atšķirības (projekciju nenoteiktību) raksturo variācijas koeficients (2.24. att.). *M. populi*, *M. melolontha*, *L. dispar* un *L. monacha* projekcijas ir ar

viszemāko paredzēto savairošanās platības pieaugumu un augstākajām variācijas koeficienta vērtībām. GLS modeļa prognožu zemākās vērtības 2030.-2040. gadā līdzīgas tām, kas konstatētas 1950. – 1960. gadā.



2.24. attēls. Variācijas koeficientu atšķirības starp apskatītajām sugām.

Šāda prognožu nenoteiktība var būt skaidrojama ar sugu bioloģijas īpatnībām: *L. dispar* un *L. monacha* ir kaitēkļi, kuriem ir raksturīga strauja savairošanās, kas atkarīga no vidējām maksimālajām mēneša temperatūrām. Šo sugu populācijas spēj strauji pārsniegt ekoloģisko kapacitāti „uzliesmojuma” ekscēsa fāzē, un strauji samazināties recesijas fāzē (biežāk parazitā un plēsēju iedarbības rezultātā, bet netieši – vidējo gaisa temperatūru samazināšanās ietekmē) (Tan et al., 2010). *M. populi* arī raksturīgas straujas, lokālas savairošanās, ko ietekmē saimniekaugu kvalitāte un sekmē temperatūras paaugstināšanās veģetācijas periodā tā dzīvotnēs. Savukārt, *M. melonantha* savairošanos vismazāk ietekmē tiešas klimata izmaiņas, bet gan auglīgu, pamestu lauksaimniecības zemju īpatsvars (Battisti, 2006; Schroeder, 2008). Visas apskatā ietvertās dendrofāgo kukaiņu sugas līdz 2040. gadam var nozīmīgi savairoties, jo ir salīdzinoši izplatītas Latvijā un vēsturē reģistrētas to masveida savairošanās.

Lai saprastu, kā šo dendrofāgo kukaiņu sugu savairošanās varētu skart Latvijas mežus, projekta ietvaros izstrādātās prognozes vērtētas pasaulē un Eiropā pieejamās zinātniskās literatūras kontekstā. *I. typographus*, *I. acuminatus*, *T. piniperda* un *T. minor* savairošanās pieaugumu, visticamāk, veicinās arī mērenas klimatiskas izmaiņas, jo šīs ir palearktiskas, holarktiskas karstumtolerantas, siltummīlošas (tādējādi saistītas ar meža „izrobojumu”,

izcirtumu mikroklimatu – saules pastiprinātu radiāciju) taigas entomofaunai raksturīgas sugas, kurām raksturīgs plašs izplatības areāls Ziemeļu puslodē (Battisti, 2006; Ozols, 1985; Schroeder, 2008). Var prognozēt, ka no šo sugu ietekmes cietīs ievērojamas skujkoku platības, jo sugas ir saimniekaugam specifiskas (Augustaitis, 2007; Moretti et al., 2010; Schroeder, 2002). Vidējais veģetācijas perioda pieaugums šīm sugām var veicināt paaudžu skaita palielināšanos vienas sezonas laikā (*I. typographus* – pat līdz 4 paaudzēm), līdz ar to izraisot plašākus un postošākus mežaudžu bojājumus (Kulhanek, 2009).

Mizgraužiem un koksngraužiem raksturīgs plašs temperatūru panesamības diapazons, kas liecina, ka to ietekme nesamazinātos pat ļoti krasu klimata izmaiņu gadījumā (vidējai temperatūrai paaugstinoties par 5 – 10°C). Saimnieciski nozīmīgu potenciālo ieeļotāju sugu ir maz, tomēr to aklimatizācija mūsu apstākļos nozīmētu nekontrolētu šo sugu masveida savairošanos, kas skaidrojams ar dabisko ienaidnieku trūkumu mūsu reģionā (Battisti, 2006; Schroeder, 2002). Kā piemērs kalpo *L. dispar* salīdzinoši nesenās masveida savairošanās 2008. gadā un 2011. gadā lapkoku mežos pie Liepājas un Engures. Invāziju risku paaugstina veģetācijas perioda garuma palielināšanās, kas paaugstina iespējas atsevišķām tauriņu sugām ieeļot, „balonējot” kāpuru agrīnās attīstības laikā un izdzīvot (Ozols, 1985).

Nozīmīgāka lapgraužu ietekme varētu būt sagaidāma gados ar ekstrēmi augstām temperatūrām un galvenokārt tālākā nākotnē nekā mūsu prognožu periods, jo daudzām lapgraužu kukaiņu sugām ir subtropu izcelsme un tiem optimālās temperatūras nereti pārsniedz 25°C (piemēram, *M. populi*).

Ieteikumi kaitēkļu uzraudzības uzlabošanā, balstoties uz klimatisko rādītāju ietekmes uz kaitējuma apjomu (platībām) analīzi

Latvijas mežsaimniecībai nozīmīgās izvēlētās dendrofāgo kukaiņu sugas ietekmējošo faktoru analīzes rezultātā iegūti sekojoši secinājumi un ieteikumi:

Bupalus piniarius –priežu sprīžotājs (Buppin)

Nevienam no analīzē iekļautajiem klimatiskajiem rādītājiem netika konstatētas būtiskas sakarības ar kaitējuma apjomu. Tas skaidrojams ar šī kaitēkļa bioloģiju. Tauriņi lido vasaras vidū, tikai lidošanai piemērotos laikapstākļos. Kāpuru attīstība ilgst līdz vēlam rudenim, kas ir jutīgākais periods sprīžotāja attīstībā. Tā kā savairošanās platībām raksturīga tendence palielināties ilgstošā laika periodā, šī suga jāiekļauj meža kaitēkļu monitoringa

pamatprogrammā. Kaitēkļa savairošanās blīvuma izmaiņas viegli konstatēt, pavasarī uzskaitot zemsedzē ziemojošās kūniņas. Šī kaitēkļa savairošanās rezultātā vērojama atsevišķu koku kalšana, īpaši 20-40 gadus vecās audzēs. Šajos kokos, vairojoties sekundārajiem kaitēkļiem (sveķotājsmecerniekiem, lūksngraužiem, galotņu sešzobu mizgraužim), būtiski palielinās koku mirstība un ekonomiskie zaudējumi (Šmits, Vilka, 1993), tāpēc savairošanās laikā svarīgs pasākums ir sekundāro kaitēkļu invadēto koku izciršana. Meža kaitēkļu monitoringā novērojot strauju skaita pieaugumu, riska audzēs jāizvieto putnu būri. Dobumperētāju putnu piesaistīšana mežaudzēm visefektīvākā ir tieši *B. piniarius* savairošanās laikā (Vilka, 1999). Intensīva putnu barošana ar pieaugušiem kāpuriem notiek rudenī pirms putnu migrācijas.

Panolis flammea – priežu pūcīte (Panfla)

Analizējot klimatisko faktoru ietekmi uz priežu pūcītes savairošanos, konstatēts, ka nokrišņu daudzums maijā- jūnijā būtiski samazina *P. flammea* kaitējuma apjomu nākamajā gadā. Šajā laikā pūcītes kāpuri ir 1-3 augumā un strauji barojas. Šim kaitēklim raksturīgas lokālas savairošanās, kā arī savairošanās platību palielināšanās ilgstošā laika periodā. Veicot kaitēkļa uzraudzību, jāapseko riska audzes (Ozols, 1985) nākamajā sezonā pēc gadiem ar izteikti sausu maiju un jūniju. *P. flammea* uzraudzība pavasara zemsedzes kontrolē ir apgrūtināta, jo tauriņi lido vēl pirms pilnīgas sniega nokušanas. Lietderīgi izlikt planšetes nobiru savākšanai. Intensīva ekskrementu krāšanās planšetēs norāda uz kaitēkļa savairošanos. Putnu būru izvietošana mežaudzēs ir īpaši efektīva, jo kāpuri attīstās putnu mazuļu barošanās laikā. Divas pēdējās šī kaitēkļa savairošanās novērotas Garkalnes apkārtnē.

Diprion pini – priežu parastā zāglapsene (Dippin)

Neviens no analizē iekļautajiem klimatiskajiem rādītājiem neuzrādīja būtisku sakarību ar kaitēkļa savairošanās apjomu. Kaitēklim, atšķirībā no abiem iepriekš minētajiem, raksturīgas divas paaudzes gadā un nav iespējams izdalīt kādu īpaši jutīgu periodu sugas attīstībā. Arī šim kaitēklim raksturīgs būtisks savairošanās platību pieaugums ilgstošā laika periodā. Kaitēkļa savairošanās raksturīgas ar augstu koku mirstību (Langström et al., 2001). Par priežu parastās zāglapsenes kaitējumu liecina ekskrementi, kāpuru kolonija uz paaugas priedēm, kokoni zemsegā pirms otrās paaugas izlidošanas. Līdz ar to ir iespējams laicīgi konstatēt skuju-lapu graužēju savairošanos, pirms mežaudzes ir pilnībā atlapotas. Šīs sugas savairošanās

profilaksei liela nozīme ir savlaicīgai svaigi invadēto koku izciršanai un putnu būru izvietojšanai.

Ips typographus – egļu astoņzobu mizgrauzis (Ipstyp)

Egļu astoņzobu mizgrauzis ir bīstamākais kaitēklis Latvijas mežos. Savairojoties tas iznīcina pat veselīgas egļu audzes, kuras vecākas par 50 gadiem. Šis kaitēklis primāri savairojas pēc plašām vējgāzēm, bet lokāli arī appludinātās teritorijās vai sakņu trupes stipri invadētās egļu audzēs. Egļu astoņzobu mizgrauža vaboļu lidošana parasti sākas aprīļa beigās, bet maijā - jūnijā sasniedz maksimumu; savairošanās sekmes lielā mērā nosaka nokrišņi šajā laika periodā. Aalizējot klimatisko faktoru ietekmi uz šī kaitēkļa savairošanos, tomēr netika konstatēta būtiska ietekme. Klimatiskie apstākļi vien reti izraisa masveida savairošanos. Masveida savairošanās parasti aizsākas pēc vētrām, kad vaboles savairojas svaigi gāztās eglēs, bet sauss un saulains laiks maijā-jūnijā sekmē šī kaitēkļa invāziju augošās eglēs. Šim kaitēklim jābūt meža kaitēkļu monitoringa pamatprogrammā. Uzraudzību var veikt ar feromonu slazdiem svaigās skuju koku cirstmās (cirstmās, kuras cirstas pēc 1.novembra) vaboļu lidošanas laikā un svaigi invadēto koku uzskaitēm egļu mežaudzēs.

Rhyacionia buoliana – priežu galotnes dzinumu tinējs (Rhybuo)

Šim kaitēklim vērojams būtisks savairošanās platību palielinājums ilgstošā laika periodā, bet būtiska konkrētu klimatisko rādītāju ietekme analizē netika konstatēta. Iepriekšējie pētījumi liecina, ka šī kaitēkļa attīstībai kritiskas ir ziemas temperatūras. Pie -30°C daudzi ziemojošie kāpuri iet bojā (Ozols, 1985). Visvairāk no šis kaitēklis bojā 5-15 gadus vecas priežu jaunaudzes. Uzraudzību var veikt, izlases veidā apsekojot priežu jaunaudzes.

Lymantria monacha – egļu mūķene (Lymmon)

Egļu mūķenes savairošanās platību apjomam arī ir tendence pieaugt laikā, tomēr šī tendence ir mazāk izteikta nekā pārējiem analizē iekļautajiem kaitēkļiem, un nav statistiski būtiska. Konstatēta statistiski būtiska negatīva iepriekšējās sezonas vidējās maksimālās gaisa temperatūras jūnijā un jūlijā ietekme uz savairošanās platību un tās attiecību pret savairošanās gadījumu skaitu. Jūlija sākumā novērojama tauriņu masveida lidošana. Iespējams, ka karsts un sauss laiks šajā laika periodā veicina dabisko ienaidnieku, pārsvarā putnu, sekmes, iznīcinot mazkustīgās uz koku stumbriem „sēdošās” egļu mūķenes mātītes. Ņemot vērā, ka šis

kaitēklis var būtiski bojāt gan egļu, gan priežu audzes, egļu mūķene jāiekļauj meža kaitēkļu monitoringa pamatprogrammā. Efektīvs egļu mūķenes populācijas monitorings iespējams, izmantojot feromonu slazdus.

Lymantria dispar – ozolu mūķene (Lymdis)

Arī ozolu mūķenes savairošanās apjomam ir tendence pieaugt laikā, tomēr šī tendence nav statistiski būtiska. No klimatiskiem faktoriem būtiska negatīva ietekme ir iepriekšējā gada maksimālajai temperatūrai jūnijā-jūlijā, kas sakrīt ar kāpuru iekūņošanos un tauriņu lidošanu. Līdzīgi kā egļu mūķenes gadījumā, svarīga var būt putnu barošanās ar tauriņiem. Atšķirībā no egļu mūķenes, ozolu mūķenes mātītes nav spējīgas lidot, bet pārvietojas tikai rāpojot. Ņemot vērā, ka šīs sugas pirmā savairošanās Latvijā konstatēta tikai 2008. gadā, tās uzraudzībai nepieciešams piešķirt īpašu vērību. Šī suga jāiekļauj meža kaitēkļu monitoringa pamatprogrammā. Ozolu mūķenes populācijas monitorings iespējams, izmantojot feromonu slazdus. Ir pieejami universāli feromonu dispenseru egļu mūķenes un ozolu mūķenes vienlaicīgai uzraudzībai. Papildus slazdi ozolu mūķenes kontrolei izliekami lapu koku audzēs riska reģionos. Līdzīgi kā daudzām citām meža kaitēkļu tauriņu sugām, ozolu mūķenes savairošanās riskus un to radītās sekas var būtiski samazināt, attiecīgajās mežaudzēs uzstādot putnu būrīšus, bet ārkārtas stāvoklī, kad ozolu mūķenes kāpuru barošanās rezultātā pilnīga (100%) vainagu defoliācijas platība pārsniedz vairākus simtus hektāru, ieteicams pielietot *Bacillus thuringiensis kurstaki* (tauriņiem specifiski toksiska baktērija) un *Entomophaga maimaiga* (entomofāgā sēne) šķīduma izsmidzināšanu defoliācijas zonā (Davidson et al., 2001; Lipa, Kolk, 2008).

Melasoma populi- Lielais apšu lapgrauzis (Melpop)

Šī kaitēkļa savairošanās apjomam ir tendence būtiski pieaugt ilgstošā laika periodā. Analizējot klimatisko faktoru ietekmi uz lielā apšu lapgrauža savairošanos, konstatēta būtiska gaisa temperatūras (aprīlis-oktobris) ietekme. Šim kaitēklim raksturīgas divas paaudzes gadā. Masveida savairošanās var notikt viena gada laikā. Konstatēta arī pozitīva būtiska nokrišņu ietekme jūnijā-jūlijā. Iespējams, ka nokrišņi veicina saimniekaugu lapotnes atjaunošanos, kas nodrošina lapgraužu otrās paaudzes sekmīgu attīstību. Parasti savairošanās ir lokālas un ilgst tikai vienu gadu, līdz ar to ir grūti prognozējamas. Uzraudzība veicama jaunaudzēs.

Izmantotā literatūra

- Allard G.B., Fortuna S., See L.S., Novotny J., Baldini A., Courtinho T. (2003). Global information on outbreaks and impact of major forest insect pests and diseases. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams:
<http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/1019-B3.HTM>
- Annala E. (1977). Seasonal flight patterns of spruce bark beetles. *Annales Entomologica Fennica*, 43: 31–35.
- Arthofer W. (2005). Mitochondrial and nuclear markers for analyzing the phylogeography of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera, Scolytidae): development, applications and pitfalls. Dissertation. Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Department für Wald- und Bodenwissenschaften. 133 p.
- Augustaitis A. (2007). Pine sawfly (*Diprion pini* L.) – related changes in Scots pine crown defoliation and possibilities of recovery. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16: 363–369.
- Barbosa P., Letourneau D.K., Agrawal A.A. (2012). Insect outbreaks revisited. Blackwell Publishing Ltd. 459 p.
- Barbour D.A. (1988). The pine looper in Britain and Europe. – Berryman A.A. (ed.). *Dynamics of Forest Insect Populations*. Plenum Press, New York, 291–308.
- Battisti A. (2006). Insect populations in relation to environmental change in forests of temperate Europe. – Paine T. (ed.). *Invasive forest insects, introduced forest trees, and altered ecosystems*. Springer, 127–140.
- Bjorkman C., Bylund H., Klapwijk M.J., Kollberg I., Schroeder M. (2011). Insect pests in future forests: more severe problems? *Forests*, 2: 474–485.
- Borkowski A. (2006). Spatial distribution of losses in growth of trees caused by the feeding of pine shoot beetles *Tomicus piniperda* and *T. minor* (Col., Scolytidae) in Scots pine stands growing within range of the influence of a timber yard in southern Poland. *Journal of Forest Science*, 52: 130–135.
- Borkowski A., Podlaski R. (2011). Statistical evaluation of *Ips typographus* population density: a useful tool in protected areas and conservation-oriented forestry. *Biodiversity and Conservation*, 20: 2933–2951.

- Bottero A., Garbarino M., Long J.N., Motta R. (2013). The interacting ecological effects of large-scale disturbances and salvage logging on Montane spruce forest regeneration in the western European Alps. *Forest Ecology and Management*, 292: 19–28.
- Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C. (2013). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. John Wiley & Sons. 746 p.
- Brookes M.H., Stark R.W., Campbell R.W. (1978). *The Douglas-fir tussock moth: a synthesis*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington. 321 p.
- Carter D.J. (1984). *Pest Lepidoptera of Europe: with special reference to the British Isles*. Dr. W. Junk Publishers. 437 p.
- Cedervind J., Pettersson M., Långström B. (2003). Attack dynamics of the pine shoot beetle, *Tomicus piniperda* (Col.; Scolytinae) in Scots pine stands defoliated by *Bupalus piniaria* (Lep.; Geometridae). *Agricultural and Forest Entomology*, 5: 253–261.
- Cheraghian A. (2013). A guide for diagnosis & detection of quarantine pests. Eight-toothed spruce bark beetle *Ips typographus* (Linnaeus, 1758), Coleoptera: Scolytidae. Plant Protection Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Islamic Republic of Iran. 11 p.
- Colombari F., Battisti A., Schroeder L.M., Faccoli M. (2012). Life-history traits promoting outbreaks of the pine bark beetle *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the south-eastern Alps. *European Journal of Forest Research*, 131: 553–561.
- Colombari F., Schroeder M.L., Battisti A., Faccoli M. (2013). Spatio-temporal dynamics of an *Ips acuminatus* outbreak and implications for management. *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 34–42.
- Davidson C.B., Gottschalk K.W., Johnson J.E. (2001). European gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) outbreaks: a review of the literature. USDA, Forest Service, General Technical Report NE-278. 19 p.
- De Somviele B., Lyytikäinen-Saarenmaa P., Niemelä P. (2004). Sawfly (Hym., Diprionidae) outbreaks on Scots pine: effect of stand structure, site quality and relative tree position on defoliation intensity. *Forest Ecology and Management*, 194: 305–317.
- Dzuteski B. (1960). Occurrence of, and control measures against, *Euproctis chrysorrhoea* in Macedonia in the post-war period. *Zastita Bilja*, 57/58: 239–244.

- EFI – European Forest Institute databases. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: <http://dataservices.efi.int/dfde/>
- EFIATLANTIC database Forest pests and diseases. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams:http://www.efiatlantic.efi.int/portal/databases/pests_and_diseases/.
- EPPO – European and Mediterranean Plant Protection Organization databases. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: <https://www.eppo.int/DATABASES/databases.htm>
- FED – Fauna Europaea Database. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: <http://www.faunaeur.org/index.php>
- Foit J. (2012). Felling date affects the occurrence of *Pityogenes chalcographus* on Scots pine logging residues. *Agricultural and Forest Entomology*, 14: 383–388.
- Frago E., Guara M., Pujade-Villar J., Selfa J. (2010). Winter feeding leads to a shifted phenology in the browntail moth *Euproctis chrysorrhoea* on the evergreen strawberry tree *Arbutus unedo*. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 381–388.
- Gavrilović Bo., Gavrilović Br., Čurčić S., Stojanović D., Savić D. (2014). Leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of Mt. Fruška Gora (Vojvodina province, Northern Serbia), with an overview of host plants. *Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers; Šumarski list*, 1-2: 29–41.
- Gedminas A. (2003). Outbreaks of pine defoliating insects and radial growth. – Kamata N., Liebhold A.M., Quiring D.T., Clancy K.M. (eds.). *Proceedings: International Symposium of IUFRO „Forest Insect Population Dynamics and Host Influences”*, September 14-19, Kanazawa, Japan, 100–102.
- GISD – Global Invasive Species Database. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: <http://www.issg.org/database/welcome/>
- Hansen L.W., Ravn H.P., Geldmann J. (2005). Within- and between-stand distribution of attacks by pine weevil [*Hylobius abietis* (L.)]. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 122–129.
- Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34: 623–642.
- Haynes K.J., Allstadt A.J., Klimetzek D. (2014). Forest defoliator outbreaks under climate change: effects on the frequency and severity of outbreaks of five pine insect pests. *Global Change Biology*, 20: 2004–2018.

- Heeley T., Alfaro R.I., Humble L., Strong W. (2003). Distribution and life cycle of *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera: Tortricidae) in the interior of British Columbia. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 100: 19–25.
- Herard F., Mercadier G. (1996). Natural enemies of *Tomicus piniperda* and *Ips acuminatus* (Col., Scolytidae) on *Pinus sylvestris* near Orléans, France: Temporal occurrence and relative abundance, and notes on eight predatory species. *Entomophaga*, 41: 183–210.
- Hicks B.J., Leather S.R., Watt A.D. (2008). Changing dynamics of the pine beauty moth (*Panolis flammea*) in Britain: the loss of enemy free space? *Agricultural and Forest Entomology*, 10: 263–271.
- Hrašovec B., Pernek M., Matošević D. (2008). Spruce, fir and pine bark beetle outbreak development and gypsy moth situation in Croatia in 2007. *Forstschutz Aktuell*, 44: 12–13.
- Humble L.M., Allen E.A. (2006). Forest biosecurity: alien invasive species and vectored organisms. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 28: 256–269.
- Ikonen A. (2001). Leaf beetle feeding patterns on and variable plant quality in Betulaceous and Salicaceous hosts. Doctoral dissertation. University of Joensuu. 154 p.
- Ilyinykh A.V., Kurenschikov D.K., Baburin A.A., Imranova E.L. (2011). Factors influencing the duration of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) population outbreaks. *Russian Journal of Ecology*, 42: 236–240.
- Imrei Z., Tóth M. (2002). European common cockchafer (*Melolontha melolontha* L.): preliminary results of attraction to green leaf odours. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 48: 151–155.
- 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 supervised by Pachauri R.K. and Reisinger A.). IPCC, Geneva, Switzerland. 103 p.
- Jatcel H., Kleinhentz M. (1997). Intensive silvicultural practices increase the risk of infestation by *Dioryctria sylvestrella* Ratz (Lepidoptera: Pyralidae), the Maritime pine stem borer. – Grégoire J.C., Liebhold A.M., Stephen F.M., Day K.R., Salom S.M. (eds.). *Proceedings: Integrating cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pests*. USDA Forest Service General Technical Report NE-236, 177–190.

- Johnson D.M., Liebhold A.M., Bjørnstad O.N., Mcmanus M.L. (2005). Circumpolar variation in periodicity and synchrony among gypsy moth populations. *Journal of Animal Ecology*, 74: 882–892.
- Jurc M., Bojović S. (2004). Bark beetle outbreaks during the last decade with special regard to the eight-toothed bark beetle (*Ips amitinus* Eichh.) outbreak in the Alpine region of Slovenia. – Csóka G., Hirka A., Koltay A. (eds.). *Biotic damage in forests: Proceedings of the IUFRO Symposium (WP 7. 03. 10 “Methodology of forest pest and disease survey in Central Europe”)*, September 12-16, Mátrafüred, Hungary, 85–95.
- Kolář T., Rybníček M., Tegel W. (2012). Dendrochronological evidence of cockchafer (*Melolontha sp.*) outbreaks in subfossil tree-trunks from Tovačov (CZ Moravia). *Dendrochronologia*, 31: 29-33.
- Kolk A. (2006). Insect outbreaks in managed and unmanaged forests. Forest Research Institute, Warsaw. 113 p.
- Kolk A., Burzynski J., Rodziewicz A. (1981). Rearing the European pine shoot *Rhyacionia buoliana* on synthetic substrates. *Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa, Poland*, 584/589: 87–98.
- Kolomiets N.G., Stadnitskii G.V., Vorontsov A.I. (1972). The European pine sawfly. Distribution, biology, economic importance, natural enemies and control. Nauka Publishers, Siberian Branch, Novosibirsk. 138 p.
- Kulhanek A. (2009). User-friendly methods for timing integrated pest management strategies: An analysis of degree-day models and biological calendars. Master Thesis. The Ohio State University. 109 p.
- Kunca A., Dubec M., Findo S., Galko J., Gubka A., Kaštier P., Konôpka B., Leontovych R., Longauerová V., Malová M., Nikolov C., Rell S., Vakula J., Zúbrik M. (2014a). Problémy ochrany lesa v roku 2013 a prognóza na rok 2014. – Kunca A. (ed.). *Aktuálne problémy v ochrane lesa, Zborník referátov z 23. ročníka medzinárodnej konferencie, ktorá sa konala 23. a 24. apríla 2014 v Novom Smokovci*, 8–15.
- Kunca A., Galko J., Zúbrik M. (2014b). Významné kalamity v lesoch Slovenska za posledných 50 rokov. – Kunca A. (ed.). *Aktuálne problémy v ochrane lesa, Zborník referátov z 23. ročníka medzinárodnej konferencie, ktorá sa konala 23. a 24. apríla 2014 v Novom Smokovci*, 25–31.

- Kunca A., Zúbrik M., Leontovy R., Vakula J., Konôpka B., Gubka A., Galko J., Longauerová V., Nikolov, C., Findo S., Varinsky J., Kaštier P. (2012). Major forest damaging agents in Slovakia. *Forstschutz Aktuell*, 56: 7–9.
- Lakatos F. (2006). Xylophagous and phloeophagous insects in the Hungarian coniferous forest – conflicts of forest protection and conservation. – Csóka Gy., Hirka A., Koltay A. (eds.). *Biotic damage in forests, Proceedings of the IUFRO (WP 7.03.10) Symposium, September 12-16, 2004, Mátrafüred, Hungary*, 114–123.
- Langström B., Annala E., Hellqvist C., Varama M., Niemelä P. (2001). Tree mortality, needle biomass recovery and growth losses in Scots pine following defoliation by *Diprion pini* (L.) and subsequent attack by *Tomicus piniperda* (L.). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16: 342–353.
- Lazdāns D. (2009). Distribution of *Scolytus ratzeburgi* Janson, 1856 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the nature park „Daugavas loki”. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 9: 221–224.
- Leather S.R., Day K.R., Salisbury A.N. (1999). The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal? *Bulletin of Entomological Research*, 89: 3–16.
- Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., Evans H.F. (2004). *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a Synthesis*. Springer Publishers. 569 p.
- Lipa J.J., Kolk A. (2008). The recent situation of the gypsy moth (*Lymantria dispar*) and other Lymantriids in Poland. *EPPPO Bulletin*, 25: 623–629.
- Liska J., Srutka P. (1998). Recent outbreak of the Nun moth (*Lymantria monacha* L.) in the Czech Republic. – McManus M.L., Liebhold A.M. (eds.). *Proceedings: Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects*. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, 351–352.
- Lugowoj J. (1993). New data on the biology of *Saperda carcharias* Linnaeus, 1758. *Coleoptera, Cerambycidae. Wiadomosci Entomologiczne*, 12: 306.
- Luisa M., Mauro V. (1996). Presence and diffusion of the common cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) in the areas of Mezzocorona and San Michele a/A in Trento province. *Bulletin OILB/SROP*, 19: 15–20.
- Lust N., Geudens G., Nachtergale L. (2001). Aspects of biodiversity of Scots pine forests in Europe. *Silva Gandavensis*, 66: 16–39.

- Meshkova V. (2006). Foliage browsing insects risk assessment using forest inventory information. IUFRO Working Party 7.03.10 Proceedings of the Workshop on „Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe”, September 11-14, Gmunden, Austria: 100–108.
- Milanović S., Marković N. (2013). Gypsy moth in Serbia – status and prospects. Conference paper. [skatīts 2014.gada 29.novembrī] Pieejams: http://bfw.ac.at/cms_stamm/400/PDF/expertmeeting2013/Milanovic_Gypsy_moth_Serbia.pdf
- Möller K. (2014). Forest protection changes – Current forest protection problems in Brandenburg. Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde. [skatīts 2014.gada 20.novembrī] Pieejams: - <http://www.conference-eberswalde.eu/program-konferencji/10-moellerk.pdf>
- Moore R. (2009). Pine-tree lappet moth & *Hylobius* MSS. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FHD2009_NorthScotland_Moore_LappetMoth.pdf/\\$FILE/FHD2009_NorthScotland_Moore_LappetMoth.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FHD2009_NorthScotland_Moore_LappetMoth.pdf/$FILE/FHD2009_NorthScotland_Moore_LappetMoth.pdf)
- Moore R. (2011). Insect pests of trees in Scotland the auld, the new and potential pests. [skatīts 2014.gada 1.decembrī] Pieejams: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/fhd_scotland2011_insect_pests_\(Moore\).pdf/\\$FILE/fhd_scotland2011_insect_pests_\(Moore\).pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/fhd_scotland2011_insect_pests_(Moore).pdf/$FILE/fhd_scotland2011_insect_pests_(Moore).pdf)
- Moretti M., De Cáceres 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.
- Müller J., Bußler H., Goßner M., Rettelbach T., Duelli P. (2008). The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species. *Biodiversity and Conservation*, 17: 2979–3001.
- Myers J.H. (1998). Synchrony in outbreaks of forest Lepidoptera: a possible example of the Moran effect. *Ecology*, 79: 1111-1117.
- Natali V., Paparatti B., Canganella F. (1994). Microorganisms carried by *Xyleborus dispar* (F.) (Coleoptera, Scolytidae) females, collected on European hazel trees in the area surrounding the lake of Vico (Viterbo, central Italy). *Redia* 77: 285–295.

- Neigh C.S.R., Bolton, D.K., Diabate M., Williams J.J., Carvalhais N. (2014). An automated approach to map the history of forest disturbance from insect mortality and harvest with landsat time-series data. *Remote Sensing*, 6: 2782–2808.
- Nieukerken van E.J., Doorenweerd C., Ellis W.N., Huisman K.J., Koster J.C., Mey W., Muus T.S.T., Schreurs A. (2012). *Bucculatrix ainsliella* Murtfeldt, a new North American invader already widespread on northern red oaks (*Quercus rubra*) in Western Europe (Bucculatricidae). *Nota lepidopterologica*, 35: 135–159.
- Novak V., Temmlova B. (1964). Outbreak of *Hylobius abietis* in Czechoslovakia, and analysis of current measures of control and protection. *Lesn. Cas Praha*, 10: 659–780.
- Öhr P. (2012). The spruce bark beetle *Ips typographus* in a changing climate – effects of weather conditions on the biology of *Ips typographus*. Introductory Research Essay No.18, Department of Ecology, SLU, Uppsala. 27 p.
- Oltean I., Varga M., Gliga S., Florian T., Bunescu H., Bodis I., Covaci A. (2010). Monitoring *Melolontha melolontha* L. species in 2007, in the Nursery from U.P. IV Bătrâna O.S. Toplița, Harghita Forest District. *Bulletin UASVM Horticulture*, 67: 525–527.
- Ozols G. (1968). Egles stumbra kaitēkļi un to ekoloģiskās grupas Latvijas PSR. *Latvijas Entomologs*, 21: 19–34.
- Ozols G. (1985). Priedes un egles dendrofāģie kukaiņi Latvijas mežos. *Zinātne*, Rīga. 207 lpp.
- Patek K. (1998). A description of the occurrence of pine moth *Dendrolimus pini* L. larvae in the between-outbreak period in pine stands in the Tuczno Forest District. *Sylwan* 142: 55–65.
- Port G.R., Thompson J.R. (1980). Outbreaks of insect herbivores on plants along motorways in the United Kingdom. *Journal of Applied Ecology*, 17: 649–656.
- Pronin D., Vaughan C.L. (1968). A literature survey of *Populus* species with emphasis on *P. tremuloides*. USDA Forest Service Research note. 68 p.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Reiner P. (1998). *Phymatodes testaceus* Der Veranderliche Scheibenbock. *Praktische Schaedlingsbekaempfer*, 504: 15–16.
- Roga A. (1979). Meža ugunsgrēku veidi, to dzēšanas paņēmieni un taktika. Apskats. *LatZTIZPI*, Rīga. 58 lpp.

- Roques A., Auger-Rozenberg M.A., Boivin S. (2006). A lack of native congeners may limit colonization of introduced conifers by indigenous insects in Europe. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 299–313.
- Schiegg K. (2001). Saproxylic insect diversity of beech: limbs are richer than trunks. *Forest Ecology and Management*, 149: 295–304.
- Schindler U. (1970). Large-scale operations against insect pests of forests in N.W. Germany, 1947-69. *Forstarchiv*, 41: 69–76.
- Schnaiderowa J. (1968). Reasons for the outbreak of *Saperda carcharias* and *S. populnea* in Poland. *Prace Instytutu, Badawezego Lesnictwa*, 35: 3-90.
- Schroeder L.M. (2002). Tree mortality by the bark beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. *Integrated Pest Management Reviews*, 6, 169–175.
- Schroeder L.M. (2008). Insect pests and forest biomass for energy. – Röser D., Asikainen A., Raulund-Rasmussen K., Stupak I. (eds.). *Sustainable use of forest biomass for energy – a synthesis with focus on the Nordic and Baltic countries*, 109–128.
- Seidl R., Schelhaas M.J., Lexer M.J. (2011). Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17: 2842–2852.
- Sierpińska A. (1998). Towards an integrated management of *Dendrolimus pini* L. – McManus M.L., Liebhold A.M. (eds.). *Proceedings: Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects*. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, 129–142.
- Šmits A., Striķe Z., Liepa I. (2008). Priežu rūsganās zāglapsenes (*Neodiprion sertifer* Geoffr.) izraisītās defoliācijas ietekme uz priežu (*Pinus sylvestris* L.) pieaugumu. *Mežzinātne*, 18: 53–73.
- Šmits A., Vilka M. (1993). Priežu sprīžotāja (*Bupalus piniarius* L.) savairošanās Kurzemē. *Mežzinātne*, 1, 2: 73–78.
- Steyerberg E.W., Vickers A.J., Cook N.R., Gerds T., Gonen M., Obuchowski N., Pencina M.J., Kattan M.W. (2010). Assessing the performance of prediction models: a framework for some traditional and novel measures. *Epidemiology*, 21: 128–138.
- Supatashvili A.S. (1990). Biological agents controlling *Diprion pini*. *Zashchita Rastenii* (Moscow), 6: 23–24.

- Tan J.Y., Wainhouse D., Day K.R., Morgan 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.
- Thom D., Seidl R., Steyrer G., Krehan H., Formayer H. (2013). Slow and fast drivers of the natural disturbance regime in Central European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 307: 293–302.
- Turcek F.J. (1964). On the ecology of the flat-bug *Aradus cinnamomeus*. *Panz. Biologia*, 19: 762–777.
- Van Wagner C.E., Pickett T.L. (1985). Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forestry Service, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario. Forestry Technical Report, 33. 18 p.
- Vilka I. (1999). Population dynamics of small cavity-nesting birds in Latvia (1984-1997). *Vogelwelt*, 120: 223–227.
- Virtanen T., Neuvonen S., Nikula A., Varama M., Niemelä P. (1996). Climate change and the risks of *Neodiprion sertifer* outbreaks on Scots pine. *Silva Fennica*, 30: 169–177.
- Voolma K., Luik A. (2001). Outbreaks of *Bupalus piniaria* (L.) (Lepidoptera, Geometridae) and *Pissodes piniphilus* (Herbst) (Coleoptera, Curculionidae) in Estonia. *Journal of Forest Science*, 47: 171–173.
- Watt A.D., Stork N.E., Hunter M.D. (1997). *Forests and insects*. Chapman & Hall. 406 p.
- Wermelinger B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202: 67–82.
- Woodboring beetles: mountain pine beetle, emerald ash borer, coffee borer beetle, Buprestidae, ambrosia beetle, bark beetle. (2010). Books LLC. 106 p.
- Zariņš I. (2001). Possibilities of the use of entomopathogenous viruses to control the multiplying of the nun moth (*Lymantria monacha* L.) and the pine looper (*Bupalus piniarius* L.) in the coniferous forests of Latvia. *Latvijas Entomologs*, 38: 64–72.
- Zethner O., Bejer-Petersen B. (1972). Outbreak years of the pine-shoot moth (*Rhyacionia buoliana* Schiff.) known from Denmark. *Forstlige Forsogsvaesen i Danmark*, 33: 31–38.
- Zimmermann G. (2010). Maikäfer in Deutschland: Geliebt und gehasst. Ein Beitrag zur Kulturgeschichte und Geschichte der Bekämpfung. *Journal für Kulturpflanzen*, 62: 157–172.

- Zúbrik M., Raši R., Vakula J., Varínski J., Nikolov C., Novotný J. (2008). Bark beetle (*Ips typographus* L., *Pityogenes chalcographus* L., Col.: Scolytidae) pheromone traps spatial distribution optimisation in central Slovakian mountains. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 54: 235–248.
- Zuur A., Ieno E.N., Walker N., Saveliev A.A., Smith G.M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York. 574 p.
- Макарова Т.А. (2004). Биоэкологические особенности и причины вспышек массового размножения обыкновенного соснового пилильщика (*Diprion pini* L.) в условиях Севера Западной Сибири. Диссертация. 131 с.
- Мамаев Б.М. (1977). Биология насекомых – разрушителей древесины. Всесоюзный институт научной и технической информации, Москва. 213 с.

2.1.pielikums. Atlasīto sugu reģistrētās savairošas platības (ha) 1950. – 2013. gados

No.	Dendroflāji, sugas/ gadi	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
1	<i>Limantria dispar</i>	10050	155750	251000	400550	700200	3650325	2450232	5671325	200000	5600	500	1700	1200	870520	2038020	9790445.5	748605	979583	997550	781572	199132	13530	5500	3300	550	1100	2310	1837	16500	29095	35231	23403	11891	
2	<i>Lymantria monacha</i>	3350	51916	83666	133516	233400	1216775	816774	1890442	746660	1866	1670	567	400	290173	676940	3263481	249535	326528	319183	260524	33044	4510	1832	1100	184	540	770	712	5000	9698	11744	7801	3965	
3	<i>Ips typographus</i>	571650	6981270	8156470	8826050	5992640	3497620	2350410	3056670	3495630	6991260	6991260	3591160	2330420	1162510	1281371	2483465	2563462	2600062	3805183	3942193	5026805	3845193	7700350	5126924	6309765	7720280	5126924	8972117	14099041	8913945	10317934.6	5915865	4511872	
4	<i>Ips acuminatus</i>	2124160	1593120	2180068	1071190	1072901	529990	1058975	531040	1100076	1593120	1058112	527930	1062080	540011	590144	584133	1228579	595120	593147	1157875	590121	1812234	2299575	1813532	2336576	1179890	1752432	1170293	1166288	1343531	1360002	1354423	1450426	
5	<i>Hylobius abietis</i>	12760	6308	5995	5286	6636	6552	7368	5880	13270	6057	12820	570	19036	29515	14565	6759	14753	6981	4961	5901	15481	21428	32976	11481	11981	8371	14597	21887	13968	17234	16750	17300		
6	<i>Bupalus piniarius</i>	1513000	1134750	756500	369453	350960	370340	378250	340098	398570	377683	369845	378250	756500	378250	429375	409856	832150	1248225	417983	840856	439475	1248225	859040	840950	831131	416918	803384	849273	850430	999045	958080	1450234	1454558	
7	<i>Neodiprion sertifer</i>	1470253	1371550	2493610	1448826	2137380	1079384	1424920	1068990	379254	700980	360008	356230	320120	712460	1175559	400010	90570	384420	319585	781010	1240450	1175559	820110	785503	810320	790586	710940	640450	1551974	980213	1360657	1351898		
8	<i>Phymatodes testaceus</i>	24882	25001	126411	39757	24740	12782	12008	12578	12363	12783	12783	24740	12363	12552	12370	13377	13849	13668	13602	13975	14013	14315	27334	40821	27016	27330	28642	29047	14026	27214	31275	31308	31251	43970
9	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	178354	87197	264810	180011	90812	170945	180275	87120	87982	89278	93674	87331	180669	176134	94906	9583	92094	96018	100025	98076	95832	218391	200940	190817	180285	308994	180032	190005	170895	249823	240913	250189	230485	
10	<i>Euproctis chryssorrhoea</i>	158989	77823	231306	390600	260989	154263	179203	79023	85962	78001	74902	75908	80036	73014	98390	87099	204961	151427	250371	409892	210355	81293	230910	170368	151864	170020	209534	171322	278923	391231	559087	396470	591820	
11	<i>Aradus cinnamomeus</i>	69016	103530	70013	37899	68010	37019	34510	71029	24017	34035	41431	34510	67001	35330	37976	37961	42108	45900	36090	39994	82557	34080	80672	120396	34080	80672	126078	81027	86789	75142	40011	65080	88734	92306
12	<i>Xyleborus dispar</i>	100097	53918	55883	107074	53078	59511	119006	57481	116928	57531	47919	54320	60918	61004	64990	130948	62922	65028	65936	41027	63905	126899	110475	108425	122040	128110	117031	187033	129012	140941	136524	120227	130180	
13	<i>Cryphalus piceae</i>	146928	147390	196520	97021	46130	101327	98113	51296	49004	54902	115909	98260	49330	55798	56711	52060	119027	63015	53184	60052	68036	169837	132006	128015	71450	140198	127901	162129	108086	142946	124109	62200	134204	
14	<i>Archips crataegana</i>	29524	59005	59880	29037	29004	31880	32809	29005	59880	28036	25047	35500	31287	29940	65647	39050	30042	23475	32934	40036	65162	69021	72078	68993	64056	61085	38026	73070	65868	84020	60327	57809	76704	
15	<i>Melissoma populii</i>	74094	75014	132799	62110	148290	78200	20170	30441	77550	161004	78264	87260	58823	74785	77000	90125	183079	89020	74008	91075	99660	270947	170140	203117	18010	16142	258225	172150	86075	159082	195018	301862	415025	
16	<i>Phalera bucephala</i>	110284	211920	215004	345690	231028	114071	230460	117539	24289	117005	117005	240090	117513	115799	319752	194497	128241	260167	129354	138276	254088	190267	252190	252536	301137	258724	430790	315902	155088	162007	370981	299803		
17	<i>Diprion pini</i>	50123	250178	40020	241190	1324600	1059680	529142	530120	270340	272102	289910	264920	542902	510030	321909	296733	584876	599248	312095	619199	291412	888146	590067	570978	490267	920458	1062910	874110	582841	680114	678920	1079178	100210	
18	<i>Rhyacionia buoliana</i>	31926	62910	63190	65141	31627	32005	62718	32883	31829	31210	32100	32100	64511	39009	34859	38230	38074	38990	38230	24003	35664	103681	7814	35049	65800	70818	106227	75402	76298	82798	89783	80005	149261	
19	<i>Saperda carcharias</i>	17015	35201	16482	35005	37800	19941	36030	21904	15627	18555	37643	16540	19795	36540	23200	19031	24879	43080	21364	24782	21047	44578	40194	60291	39003	23815	43890	38037	33285	50521	49052	46057	69991	
20	<i>Panolis flammea</i>	301756	328020	580271	875310	649060	248093	610267	300990	291161	310264	270048	301256	345992	649660	380950	324001	356983	700200	1020155	347410	356983	1099018	76903	740910	680167	640931	701342	620185	519935	850897	801134	708250	849155	
21	<i>Melolontha melolontha</i>	60120	45091	16204	22460	23440	44925	11230	44923	33690	10030	12430	11230	2514	1257	28022	1383	2698	4898	57040	2807	2809	2990	3780	2550	3707	38209	1078	2500	2156	3012	5006	6098	3688	
22	<i>Dendrolimus pini</i>	568512	421002	410985	260183	411435	141533	401676	257910	120353	107014	250395	310261	427190	409187	300157	140082	205817	131097	301026	454050	156341	312100	310204	258017	452019	310023	331798	310135	327196	310120	351495	340173		
23	<i>Pityogenes chalcographus</i>	2050153	2030168	3455685	2073411	1325108	1301426	670166	1310241	1290167	2764548	2610450	2001681	1302637	630142	720011	750120	1500241	760250.7	1410263	1450190	1520501	2293635	3010280	2150240	3000139	3010925	2271130	3629251	5327209	3338805	2601730	2510184	1680151	
24	<i>Tomiscus piniperda</i>	658200	892596	131457	651025	440125	438010	440371	223149	437811	650680	660162	801260	240362	740020	241036	485085	245463	480642	490927	475089	736391	979005	1150270	1203881	981856	902410	1227319	1693700.91	1114352	888263	559261			
25	<i>Tomiscus minor</i>	180031	270116	260210	184930	87016	184930	90262	91026	92465	170120	277395	179124	92000	184930	100253	190270	97010	99016	200125	98062	95012	200113	201550	305134.5	302016	152028	305134	203020	192351	230165	118254	231712	231250	

No.	Dendroflāji, sugas/ gadi	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	<i>Limantria dispar</i>	40480	79948	53636	34787	18975	2657	5693	6072	2151	36306	1949112	13464751	12844981	11837708	9702699	3747125	2567594	13614171	10613246	6194854	7466485	45527	31943	45527	4329277	7842947	6421595	6851493	5079658	6105143	3074962
2	<i>Lymantria monacha</i>	13494	26649	17880	11596	6325	887	1895	2024	717	12102	649704	4488250	4286160	3945903	3234233	1249041	855865	4538057	3537749	2064952	2488829	15176	10648	15175	1443093	2614314	2140532	2288381	1693219	2035048	1024987
3	<i>Ips typographus</i>	8843945	7409754	8912915	14267916	7379155	3146972	4521982	2967883	5921971	5911963	10317935	12286153	15653781	13914472	62089615	9942636	8746545	6897137	7893109	11188726.9	10435854	15909566	10435853.8	11994169	19392053.8						

2.2.pielikums. Atlasīto sugu reģistrēto savairošanās gadījumu skaits 1950. – 2013. gados

No.	Dendrofāgi, sugas/ gadi	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	
1	<i>Limantria dispar</i>	1	1	4	5	6	8	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	8	9	8	10	6	2	2	2	2	2	4	5	10	6	9		
2	<i>Lymantria monacha</i>	1	1	3	3	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5	6	3	4	4	2	2	2	2	2	2	3	5	4	5			
3	<i>Ips typographus</i>	5	6	7	5	5	3	2	3	3	6	6	3	2	1	1	2	2	3	3	4	3	6	4	5	6	4	7	11	6	7	4	3		
4	<i>Ips acuminatus</i>	4	3	4	2	2	1	2	1	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	3	4	3	4	2	3	2	2	2	3		
5	<i>Hyllobius abietis</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	3	4	2	1	2	1	1	1	2	3	4	2	2	2	2	3	2	2	2		
6	<i>Bupalus piniarius</i>	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	2	1	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3		
7	<i>Neodiprion sertifer</i>	4	5	7	4	6	3	4	3	1	2	1	1	1	2	3	1	2	1	2	3	4	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3		
8	<i>Phymatodes testaceus</i>	2	2	1	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	1	2	2	2	3		
9	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	2	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2		
10	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	2	1	3	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	3	1	2	2	2	2	2	2	4	5	4	6		
11	<i>Aradus cinnamomeus</i>	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2		
12	<i>Xyleborus dispar</i>	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2		
13	<i>Cryphalus piceae</i>	3	3	4	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	1	2	2	3	2	2	1	2	
14	<i>Archips crataegana</i>	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	
15	<i>Melasoma populii</i>	1	1	2	1	2	1	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	2	1	2	2	3	4
16	<i>Phalera bucephala</i>	1	2	2	3	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	
17	<i>Diprion pini</i>	2	1	2	1	5	4	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	
18	<i>Rhyacionia buollana</i>	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2	2	3	2	2	2	2	3	
19	<i>Saperda carcharias</i>	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	3	
20	<i>Panolis flammea</i>	1	1	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
21	<i>Melolontha melolontha</i>	4	3	1	2	2	4	1	4	3	1	1	1	2	1	2	1	2	3	4	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	
22	<i>Dendrolimus pini</i>	4	3	3	2	3	1	3	2	1	2	2	3	3	3	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	
23	<i>Pityogenes chalcographus</i>	3	3	5	3	2	2	1	2	2	4	4	3	2	1	1	1	2	1	2	2	2	3	4	3	4	4	3	5	7	4	3	3	2	
24	<i>Tomicus piniperda</i>	3	4	6	3	2	2	2	1	2	3	3	4	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	3	4	5	5	4	4	5	6	4	3	2	
25	<i>Tomicus minor</i>	2	3	3	2	1	2	1	1	1	2	3	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	3	3	2	3	2	2	2	1	2	2	

No.	Dendrofāgi, sugas/ gadi	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
1	<i>Limantria dispar</i>	11	7	6	4	2	2	2	6	3	8	12	12	7	6	8	5	8	9	8	10	7	3	3	2	5	6	4	4	3	3	3		
2	<i>Lymantria monacha</i>	6	4	4	3	2	2	2	4	3	5	6	7	6	5	5	4	5	6	4	6	3	3	4	3	2	3	3	3	2	3	3		
3	<i>Ips typographus</i>	6	5	6	9	5	2	3	2	4	4	7	9	8	15	4	5	4	1	3	6	7	6	7	6	7	4	4	1	4	4	4		
4	<i>Ips acuminatus</i>	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	7	3	5	4	3	5	5	5	4	3	6	5	4	3	3	4	4		
5	<i>Hyllobius abietis</i>	3	2	2	2	2	3	2	2	2	4	5	4	5	6	3	5	6	5	5	7	1	2	3	3	8	5	7	5	3	4	1		
6	<i>Bupalus piniarius</i>	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	5	3	4	6	1	5	3	2	3	2	3	3	3	4	3	4	3	7	8	5	3		
7	<i>Neodiprion sertifer</i>	2	2	2	3	3	2	2	2	3	4	3	3	5	4	3	4	5	6	7	5	6	7	5	8	5	4	3	2	3	4	3		
8	<i>Phymatodes testaceus</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	6	7	1	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	
9	<i>Scolytus ratzeburgi</i>	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	4	3	3	4	4	5	3	5	1	3	4	6	3	3	1	3	3	4	5	5	4	4	
10	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	4	3	3	2	2	2	2	3	2	3	4	3	5	6	4	4	5	4	3	4	3	2	3	4	3	3	5	4	5	4	3	3	
11	<i>Aradus cinnamomeus</i>	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	4	3	4	4	3	3	2	2	3	4	4	3	3	4	4	3	1	3	3	3	4	4	
12	<i>Xyleborus dispar</i>	2	3	2	2	2	2	2	3	4	2	3	4	5	3	3	5	3	4	3	5	3	4	3	2	3	3	4	3	5	3	4	4	
13	<i>Cryphalus piceae</i>	2	2	2	2	3	2	2	3	3	4	5	4	5	4	3	4	5	4	3	4	5	3	4	5	3	4	4	3	2	1	2	3	
14	<i>Archips crataegana</i>	2	2	3	2	2	2	3	2	3	4	3	3	2	4	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	4	4	3	2	4	3	3	1
15	<i>Melasoma populii</i>	3	4	2	2	3	2	2	2	3	4	3	3	2	3	3	4	4	5	6	5	6	5	3	4	4	1	3	3	4	3	2	3	
16	<i>Phalera bucephala</i>	2	2	2	2	3	2	2	2	4	3	5	3	3	5	6	5	4	5	4	4	4	3	4	3	4	3	5	5	4	4	3	3	
17	<i>Diprion pini</i>	1	3	2	2	2	2	3	4	3	5	4	6	6	6	3	5	6	7	5	8	3	6	3	6	3	5	5	1	6	7	3	4	
18	<i>Rhyacionia buollana</i>	1	3	2	2	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3	5	4	3	4	3	4	3	5	4	4	3	5	3	
19	<i>Saperda carcharias</i>	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	4	5	7	7	4	2	4	3	3	3	3	4	3	3	2	3	4	4	3	3	
20	<i>Panolis flammea</i>	3	3	1	2	2	2	2	3	3	2	3	4	5	6	5	5	3	4	3	2	3	3	4	3	2	3	3	5	4	6	4	4	
21	<i>Melolontha melolontha</i>	2	3	2	2	2	2	2	2	4	3	4	3	3	2	3	4	5	4	3	3	2	2	3	3	3	3	4	3	3	2	1	1	
22	<i>Dendrolimus pini</i>	2	2	2	4	1	3	2	2	5	7	5	8	4	4	3	4	3	4	3	6	5	6	7	3	5	8	6	3	3	5	6	3	3
23	<i>Pityogenes chalcographus</i>	4	4	5	5	4	3	1	2	3	4	5	4	6	5	8	3	4	4	3	4	3	3	2	4	3	2	2	3	3	4	4	4	4
24	<i>Tomicus piniperda</i>	3	2	4	4	3	3	1	3	3	4	5	8	6	9	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3	2
25	<i>Tomicus minor</i>	2	3	2	2	3	2	2	2	4	3	4	3	5	5	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	2	3	4	3	3	2	3

Atsauces uz avotiēm pēc kārtas numura:

1. – Ilyinykh et al., 2011; Johnson et al., 2005; Lipa, Kolk, 2008. 2. – Barbosa et al., 2012; Liska, Srutka, 1998. 3. – Cheraghian, 2013; Öhr, 2012; Wermelinger, 2004. 4. – Colombari et al., 2013; Colombari et al., 2012. 5. – Barbosa et al., 2012; Leather et al., 1999; Novak, Temmlova, 1964. 6. – Barbosa et al., 2012; Barbour, 1988; Roques et al., 2006; Voolma, Luik, 2001. 7. – Kolomiets et al., 1972; Šmits et al., 2008; Virtanen et al., 1996. 8. – Humble, Allen, 2006; Reiner, 1998. 9. – Barbosa et al., 2012; Lieutier et al., 2004. 10. – Barbosa et al., 2012; Frago et al., 2010; Мамаев, 1977. 11. – Barbosa et al., 2012; Jatcel, Kleinhentz, 1997; Turcek, 1964. 12. – Lieutier et al., 2004; Schiegg, 2001; Natali et al., 1994. 13. – Hrašovec et al., 2008; Jurc, Bojović, 2004. 14. – Barbosa et al., 2012; Carter, 1984. 15. – Barbosa et al., 2012; Ikonen, 2

2.3.pielikums. Atlasīto sugu savairošanās platība (ha) uz vienu reģistrēto savairošanās gadījumu 1950. – 2013. gados

No.	Dendrofāgi, sugas/ gadi	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982		
1	Limantria dispar	100.5	1558	627.5	801.1	1167	4563	6126	56713	2000	56	5	17	12	8705	20308	97904	1872	1224	1064	977	99.13	22.55	27.5	16.5	2.75	5.5	11.55	9.185	41.25	58.19	35.23	39.01	13.21		
2	Lymantria monacha	33.5	519.2	278.9	445.1	583.5	4056	4084	18904	7647	18.66	16.7	5.67	4	2902	6769	32635	831.8	653.1	532	868.4	82.61	11.28	9.16	5.5	0.92	2.7	3.85	3.56	27.5	32.33	23.49	19.5	7.93		
3	Ips typographus	11432	11635	11652	11652	11985	11659	11752	11686	11652	11652	11652	11971	11652	11652	12817	12417	12817	13000	12684	13141	12567	12817	12834	12817	12620	12867	12817	12817	14857	14740	14790	15040			
4	Ips acuminatus	5310	5310	5450	5356	5365	5300	5295	5310	5500	5310	5291	5279	5310	5400	5901	5841	6143	5951	5931	5789	5901	6041	5749	6045	5841	5899	5841	5851	5841	6718	6800	6772	6714		
5	Hyllobius abietis	63.8	63.08	59.95	52.86	66.36	65.52	73.68	58.8	66.35	82.46	60.57	64.1	50.7	63.45	72.99	72.83	67.59	73.77	69.81	49.61	77.5	77.41	71.43	82.44	57.41	59.91	41.86	72.99	72.96	69.84	86.17	83.75	86.5		
6	Bupalus piniarius	3783	3783	3783	3695	3510	3703	3783	3401	3986	3777	3698	3783	3783	3783	4294	4099	4161	4161	4179	4204	4395	4161	4295	4205	4156	4169	4152	4246	4252	4795	4790	4834	4785		
7	Neodiprion sertifer	3676	3562	3562	3625	3562	3598	3562	3562	3793	3505	3609	3562	3201	3562	3919	4001	3953	3804	3919	3905	4014	3926	3919	4101	3928	4052	3953	3555	3202	4507	4541	4536	4506		
8	Phymatodes testaceus	124.4	125	1264	132.5	123.7	127.8	120.1	125.8	123.6	127.8	123.7	123.6	125.5	123.7	133.8	138.5	136.7	136.9	139.8	140.1	143.2	136.7	136.1	135.1	136.7	143.2	145.2	140.3	136.1	156.4	156.5	156.3	159.9		
9	Scolytus ratzeburgi	891.8	872	882.7	900.1	908.1	854.7	901.4	871.2	879.8	892.8	936.7	873.3	903.3	880.7	949.1	95.83	920.9	960.2	1000	980.8	958.3	1092	1005	954.1	901.4	1030	900.2	950	854.5	1249	1205	1251	1152		
10	Euproctis chrysorrhoea	794.9	778.2	771	781.2	870	771.3	896	790.2	859.6	780	749	759.1	800.4	730.1	980.9	871	1025	757.1	834.6	1025	701.2	812.9	1155	851.8	759.3	850.1	1048	856.6	1395	978.1	1118	991.2	986.4		
11	Aradus cinnamomeus	345.1	345.1	350.1	379	340.1	370.2	345.1	355.1	240.2	340.4	414.3	345.1	335	353.3	379.8	379.6	421.1	385.1	459	360.9	399.9	412.8	401.3	340.8	403.4	420.3	405.1	433.9	375.7	400.1	325.4	443.7	461.5		
12	Xyleborus dispar	530.5	539.2	558.8	535.4	530.8	590.5	595	574.8	584.6	575.3	479.2	543.2	609.2	610	649.9	654.7	629.2	650.3	659.4	410.3	639.1	634	552.4	642.1	610.2	640.6	585.2	623.4	645.1	704.7	681.6	601.1	650.9		
13	Cryphalus piceae	489.8	491.3	491.3	485.1	481.3	509.6	490.6	513	490	549	579.5	493.2	493.3	558	561.1	520.6	695.1	630.2	531.8	600.5	680.4	563.5	660	640.1	714.5	701	639.5	540.4	540.4	714.7	620.5	622	671		
14	Archips crataegana	299.2	295	299.4	290.4	290	318.9	328.1	290.1	299.4	280.4	250.5	355	312.9	299.4	328.2	390.5	300.4	234.8	329.3	400.4	325.8	345.1	360.4	340.5	320.3	305.4	380.3	365.4	329.3	420.1	301.2	289	383.5		
15	Melasoma populi	740.9	750.1	664	621.1	741.5	782	733.9	101.5	773.5	805	782.6	872.6	568.2	747.9	770.9	901.4	915.4	890.2	740.9	910.8	920.6	903.2	850.7	1016	90.05	80.71	860.8	860.8	860.8	979.5	975.1	1006	1038		
16	Phalera bucephala	1103	1060	1075	1152	1155	1141	1152	1175	121.4	1170	1191	1200	1175	1158	1599	1201	1365	1282	1301	1294	1383	1270	951.3	1402	1261	1463	1506	1294	1436	1575	1620	1855	1490		
17	Diprion pini	2507	2502	200.1	2412	2649	2649	2646	2651	2703	2721	2899	2649	2715	2550	3219	2967	2924	2996	3121	3095	2914	2960	2950	2855	2451	3068	3015	2914	2914	3401	3391	3597	3534		
18	Rhyacionia buoliana	319.3	314.6	316	325.7	316.3	320.1	313.6	328.8	318.3	312.7	321	322.6	359.1	348.6	378.3	385.3	380.7	389.9	339.2	204	356.6	345.6	390.7	354.1	329	354.1	377	381.5	414	448.9	400	497.5			
19	Saperda carcharias	170.2	176	164.8	175	189	199.4	180.2	219	156.3	185.6	188.2	165.4	198	182.7	232	190.3	248.8	215.4	213.6	247.8	210.5	222.9	201	201	195	238.2	219.5	190.2	166.4	252.6	245.3	230.3	233.3		
20	Panolis flammea	3018	3280	2901	2918	3245	2481	3051	3010	2912	3103	2700	3013	3460	3245	3810	3240	3570	3501	3401	3474	3570	3663	384.5	3705	3401	3205	3507	3101	4024	4254	4006	3541	4246		
21	Melolontha melolontha	150.3	150.3	162	112.3	117.2	112.3	112.3	112.3	112.3	100.3	124.3	112.3	12.57	12.57	140.1	13.83	13.49	16.33	142.6	14.04	14.05	14.95	18.9	12.75	12.36	191	10.78	12.5	10.78	12.5	10.78	15.06	25.03	30.49	18.44
22	Dendrolimus pini	1421	1403	1370	1301	1371	1415	1339	1290	1204	1351	1252	1034	1424	1364	1501	1401	1029	1311	1505	1514	1563	1561	1551	1510	1445	1507	1550	1659	1551	1636	1671	1757	1701		
23	Pityogenes chalcographus	6834	6767	6911	6911	6626	6507	6702	6551	6451	6911	6526	6672	6153	6301	7200	7501	7501	7603	7051	7251	7603	7645	7526	7167	7500	7527	7570	7259	7610	8347	8672	8367	8401		
24	Tomicus piniperda	2193	2231	219.1	2170	2201	2190	2202	2231	2189	2169	2201	2182	2200	2231	2404	2403	2410	2425	2455	2403	2455	2375	2455	2448	2301	2408	2455	2256	2455	2823	2786	2794	2796		
25	Tomicus minor	900.2	900.4	867.4	924.7	870.2	924.7	902.6	910.3	924.7	850.6	924.7	895.6	920	924.7	1003	951.4	970.1	990.2	1001	980.6	950.1	1001	1008	1017	1007	760.1	1017	1015	961.8	1151	1183	1159	1156		

No.	Dendrofāgi, sugas/ gadi	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
1	Limantria dispar	36.8	114.2	89.39	86.97	94.88	13.29	28.47	10.12	7.17	45.38	1624	11221	18350	19730	12128	7494	3209	15127	13267	6195	10666	151.8	106.5	227.6	8659	13072	16054	17129	16932	20350	10250	
2	Lymantria monacha	22.49	66.62	44.7	38.65	31.63	4.435	9.475	5.06	2.39	24.2	1083	6412	7136	7892	6468	3123	1712	7563	8296	50.59	26.62	50.58	7215	8714	7135	7613	5644	10175	3417			
3	Ips typographus	14740	14820	14855	15853	14758	15735	15073	14839	14805	14780	14740	17552	17393	17393	17393	24857	17493	17243	78931	37296	17393	21558	17393	17135	32320	17550	17393	43515	92028	28468	26201	
4	Ips acuminatus	6467	6718	6698	6718	7017	7003	6800	6605	6718	6840	6718	8001	8022	7927	8042	7927	8044	8317	7907	8064	8005	8092	7787	8166	8120	7973	7927	8094	8087	7849	5285	
5	Hyllobius abietis	83.23	88.79	85.49	89.05	72.42	107.8	88.17	91.27	83.94	87.73	84.04	100.5	99.01	99.57	101.2	109.4	103.8	105.2	98.62	100.5	117	97.85	101.9	99.04	109.3	99.04	99.26	98.95	99.04	153.6	126.1	
6	Bupalus piniarius	4852	4750	4752	4846	4700	4355	4785	4864	4867	4785	4785	5964	5774	5644	5902	5648	5699	5810	5747	6418	5701	5651	5694	5443	5634	5648	5707	5644	5699	5650	3764	
7	Neodiprion sertifer	4510	4801	4565	4464	4597	4506	4699	4503	4618	4503	4564	5374	5343	5382	5301	5309	5451	5312	5497	5329	5299	5317	5317	5302	4334	5453	5470	5398	4028	6355	4464	
8	Phymatodes testaceus	160.4	156.7	168.2	164.9	158.2	150.3	157.9	165.2	155.7	167.8	171.1	185	186.5	185.3	186.1	184.6	184.7	189.9	184.9	197.9	156.6	191.2	184.6	184.7	198.2	187.8	179.2	187.8	179.2	164.1	195.4	123.6
9	Scolytus ratzeburgi	1200	1345	1154	1095	1104	1102	1154	1145	1041	1169	1150	1300	1368	1351	1326	1438	963.4	1400	1393	1347	1550	1368	1503	1305	1300	1302	1434	1320	1323	1300	998.3	
10	Euproctis chrysorrhoea	988.5	984	1097	677.4	981.7	1155	1095	974.6	936.2	974.8	1118	1221	1218	1323	1097	1257	1196	1233	1201	1267	1291	1226	1172	1242	1164	1258	1202	1180	1347	1270	864.2	
11	Aradus cinnamomeus	464.7	440.2	440	334	415	475.1	490.3	440	496.4	436.6	477.3	547</																				

2.4.pielikums. Atlasīto sugu reģistrēto savairošanās gadījumu skaits apskatītajās valstīs 1950. – 2013. gados

Dendrofāgi, sugas/ valstu platība	Beļģija 30520	Nīderlande 41530	Slovākija 49035	Lietuva 65200	Čehija 78860	Austrija 83850	Serbija 87460	Ungrārija 93030	Baltkrievija 207600	Rumānija 238500	Ispānija 243610	Polija 312700	Vācija 357000	Francija 552000	Ukraina 603700
<i>Aradus cinnamomeus</i>	1	3	4	3	4	5	6	5	11	12	8	22	18	22	20
<i>Archips crataegana</i>	4	5	8	5	9	6	9	7	8	12	10	14	15	15	18
<i>Phymatodes testaceus</i>	3	5	11	7	6	6	7	12	8	11	10	13	15	17	16
<i>Xyleborus dispar</i>	2	4	7	2	5	5	6	6	10	12	11	17	18	21	22
<i>Saperda carcharias</i>	3	4	5	3	4	5	7	6	9	13	12	18	20	27	14
<i>Scolytus ratzeburgi</i>	2	3	4	2	5	6	4	3	10	11	12	20	19	25	27
<i>Melasma populi</i>	4	4	8	3	11	7	8	11	12	14	10	15	18	15	14
<i>Rhyacionia buoliana</i>	7	4	11	2	6	7	9	12	8	10	13	16	14	16	19
<i>Melolontha melolontha</i>	4	5	10	3	9	12	7	10	7	12	9	12	20	14	23
<i>Tomicus minor</i>	6	7	12	4	5	9	6	11	6	13	11	17	25	15	11
<i>Panolis flammea</i>	5	6	9	7	8	12	7	8	9	10	8	19	20	10	21
<i>Cryphalus piceae</i>	3	3	9	3	4	7	10	8	8	12	12	18	27	20	16
<i>Bupalus piniarius</i>	3	4	6	7	7	8	6	8	10	7	13	20	23	17	24
<i>Phalera bucephala</i>	4	5	11	2	9	11	11	12	7	14	10	15	19	16	18
<i>Hylobius abietis</i>	5	6	9	4	8	10	9	8	10	13	9	18	25	17	25
<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	3	4	6	0	7	9	7	11	5	16	14	19	22	32	27
<i>Ips acuminatus</i>	7	8	7	5	8	11	13	14	9	7	16	29	27	12	15
<i>Diprion pini</i>	7	13	4	9	6	15	7	4	19	11	12	43	22	10	11
<i>Neodiprion sertifer</i>	6	13	6	8	7	15	8	5	17	10	10	50	21	9	13
<i>Lymantria monacha</i>	7	6	7	7	16	17	9	7	22	8	10	34	26	13	14
<i>Dendrolimus pini</i>	4	12	4	9	15	9	7	4	24	5	11	50	12	9	29
<i>Pityogenes chalcographus</i>	2	7	7	0	14	18	8	9	13	14	15	30	33	12	25
<i>Tomicus piniperda</i>	3	5	9	8	13	17	5	7	16	17	16	26	24	11	32
<i>Ips typographus</i>	12	21	11	15	31	30	10	4	20	11	17	44	39	17	23
<i>Limantria dispar</i>	5	8	11	4	14	13	15	19	15	34	18	31	57	23	41

2.5.pielikums. Atlasītie klimata parametri dendrofāgu savairošanas ietekmējošo faktoru analīzei

Sugas/ Faktori, (mēneši)	Faktors 1	Faktors 2	Faktors 3	Faktors 4	Faktors 5
<i>Bupalus piniarius</i>	Mean TMean (°C), (8-10)	Total Precipitation (mm), (8-10)	Concecutive Days Without Prcp (days), (8-10)	Snowfall (mm of water), (11-4)	Frost Days (days), (11-4)
<i>Panolis flammea</i>	Mean TMean (°C), (4-6)	Total Precipitation (mm), (5-6)	Concecutive Days Without Prcp (days), (4-5)	Snowfall (mm of water), (8-4)	Frost Days (days), (8-4)
<i>Diprion pini</i>	Mean TMean (°C), (5-9)	Total Precipitation (mm), (5-9)	Concecutive Days Without Prcp (days), (5-9)	Snowfall (mm of water), (10-4)	Frost Days (days), (10-4)
<i>Ips typographus</i>	Mean TMean (°C), (4-5)	Mean TMean (°C), (8)	Concecutive Days Without Prcp (days), (5-9)	WindSpeed (km/h), (1-12)	Frost Days (days), (10-4)
<i>Rhyacionia buoliana</i>	Mean TMean (°C), (7-8)	Total Precipitation (mm), (7-8)	RelativeHumidity (%), (7)	WindSpeed (km/h), (7-8)	Concecutive Days Without Prcp (days), (7-8)
<i>Lymantria dispar</i>	Mean TMean (°C), (4-7)	Mean TMax (°C), (6-7)	Nb Days With Prcp(days), (4-7)	WindSpeed (km/h), (4-5)	Mean TMin (°C), (10-3)
<i>Lymantria monacha</i>	Mean TMean (°C), (4-7)	Mean TMax (°C), (6-7)	Nb Days With Prcp(days), (4-7)	WindSpeed (km/h), (4-5)	Mean TMin (°C), (10-3)
<i>Melasoma populi</i>	Mean TMean (°C), (4-10)	Mean TMax (°C), (6-7)	Nb Days With Prcp(days), (6-7)	Snowfall (mm of water), (10-3)	Concecutive Days Without Prcp (days), (8-9)

2.6.pielikums. Nozīmīgāko savairošanās reģionu epicentru ģeogrāfiskās koordinātas

Svairošanās vietas, Nr.	Koordinātas	
	platums	garums
1	48°39'14.49"N	23°55'43.83"E
2	47°16'12.32"N	25°29'16.83"E
3	46°21'29.29"N	22°58'0.61"E
4	50°38'18.38"N	27°14'9.93"E
5	49°33'9.93"N	32° 5'26.82"E
6	51°19'50.84"N	25°16'35.86"E
7	48°36'58.14"N	19°22'42.37"E
8	48°45'17.86"N	20°54'41.75"E
9	47°47'5.93"N	20°21'13.09"E
10	47° 3'2.78"N	17°41'16.39"E
11	45°21'4.87"N	22°53'15.10"E
12	44°41'29.06"N	19°47'50.19"E
13	52°26'34.48"N	29° 6'46.53"E
14	52°43'26.59"N	25°54'55.71"E
15	54°31'53.84"N	27°44'11.06"E
16	54°18'29.47"N	28°28'7.26"E
17	50°31'13.83"N	22° 8'5.21"E
18	50°48'22.14"N	19°16'47.93"E
19	52°30'45.99"N	15°44'3.29"E
20	51°56'32.04"N	15°21'8.50"E
21	52°15'3.92"N	19°33'18.83"E
22	53°22'39.90"N	21°48'15.97"E
23	55°17'25.29"N	25°25'19.73"E
24	54°18'49.75"N	24°18'57.76"E
25	54°54'11.26"N	23°35'28.43"E
26	56°43'40.75"N	25°35'2.53"E
27	56°14'22.49"N	26° 0'31.88"E
28	57°12'12.86"N	22° 2'10.02"E
29	56°23'11.84"N	21°16'0.07"E
30	47°39'23.13"N	15°39'32.61"E
31	47°35'39.52"N	14°26'35.82"E
32	49°48'2.43"N	17° 4'52.18"E
33	49°15'37.07"N	16°18'54.16"E
34	52° 5'0.20"N	13° 5'19.25"E
35	50°57'57.31"N	8°25'53.56"E
36	49°38'46.43"N	8°57'24.38"E
37	48°26'19.51"N	8°42'38.96"E
38	50°24'51.67"N	11° 4'42.04"E
39	49° 3'10.65"N	10°34'37.83"E
40	48°42'5.45"N	12°46'17.41"E
41	50°18'11.51"N	5°43'37.49"E
42	50° 1'53.44"N	5° 5'42.54"E
43	47°14'4.30"N	2°58'41.46"E
44	47°58'23.65"N	6°28'41.87"E
45	45°37'22.84"N	4° 7'53.45"E
46	47°14'24.24"N	1°16'17.63"E
47	51°19'5.30"N	5°37'30.40"E
48	51°53'15.49"N	1°32'55.91"W
49	52° 2'22.50"N	3°11'15.99"W
50	53°54'46.52"N	1°32'3.21"W
51	55°19'57.01"N	3°49'18.72"W
52	54°24'7.98"N	6°27'13.54"W
53	53°36'10.50"N	7° 2'35.85"W