



PĀRSKATS

PAR MEDĪBU SAIMNIECĪBAS ATTĪSTĪBAS FONDA FINANSĒTO PĒTĪJUMU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Jaunaudžu retināšanas un struktūras ietekmes novērtējums uz koku bojājumiem briežu dzimtas dzīvnieku populāciju efektīvākam menedžmentam saimnieciskajos mežos

LĒMUMA NR.: 24-00-S0MSF02-000003

IZPILDES LAIKS: 01.01.2024. – 31.10.2024.

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

PROJEKTA VADĪTĀJS: _____

ĀRIS JANSONS

Salaspils, 2024

Saturs

Attēlu saraksts.....	3
Tabulu saraksts	4
IEVADS.....	5
1. METODIKA.....	6
1.1. Jaunaudžu struktūras ietekme uz valdošās sugas bojājumu intensitāti	6
Izmantotie dati	6
Datu analīze	6
1.2. Pamežā augošo kokaugu ziemas un vasaras bojājumu vērtēšana	6
2. REZULTĀTI	9
2.1. Jaunaudžu struktūras un briežu dzimtas pārnadžu ietekme uz valdošās sugas bojājumu intensitāti	9
Piemistrojums	10
Pameža sugu sastāvs un biežums	10
Pameža augstums	13
Briežu dzimtas pārnadžu ietekme uz valdošās sugas bojājumu īpatsvaru	13
Jaunaudžu kopšanas ietekme uz bojājumu īpatsvaru.....	14
2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvars atkarībā no pamežā esošo kokaugu apkodumu īpatsvara ziemas un vasaras periodā	16
3. REZULTĀTU INTERPRETĀCIJA.....	18
3.1. Priežu jaunaudzes	18
3.2. Egļu jaunaudzes	19
3.3. Apšu jaunaudzes	19
4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS	20
LITERATŪRAS SARAKSTS	21

Attēlu saraksts

Attēls 1.1. Jaunaudžu izvietojums, kurās novērtēts ziemas un vasaras apkodumu īpatsvars.....	7
Attēls 1.2. Pārnodžu apkosti kārkli ziemas periodā (attēlā pa kreisi) un apkosts krūklis veģetācijas perioda beigās (pa labi)	8
Attēls 2.1. Pameža sugu sastāvs un īpatsvars dažāda augstuma egļu un apšu jaunaudzēs (H – augstums).....	11
Attēls 2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvars atkarībā no audzes pameža biezuma.....	11
Attēls 2.3. Biežāk sastopamo pameža sugu īpatsvars priežu jaunaudžu parauglaukumos dalījumā pēc jaunaudžu augstuma un meža tipa	12
Attēls 2.4. Pameža biezuma un meža tipa grupas ietekme uz priežu bojājumu īpatsvaru jaunaudzēs ar atšķirīgu valdošās sugas augstumu	12
Attēls 2.5. Pameža augstuma ietekme uz valdošās sugas bojājumu īpatsvaru	13
Attēls 2.6. Briežu dzimtas pārnodžu blīvuma indeksu vērtības priežu, egļu un apšu jaunaudzēs	14
Attēls 2.7. Bojāto valdošās sugas koku īpatsvars priežu, egļu un apšu jaunaudzēs ar un bez jaunaudžu kopšanas	14
Attēls 2.8. Briežu dzimtas pārnodžu blīvuma indeksu vērtības koptās un nekoptās priežu, egļu un apšu jaunaudzēs	15
Attēls 2.9. Audzes valdošās sugas ziemas bojājumu īpatsvara saistība ar pameža apkodumu īpatsvaru iepriekšējā vasarā (Vasara_23) un sekojošajā ziemā (Ziema_24)	17
Attēls 2.10. DCA analīze pameža apkodumiem vasaras un ziemas periodā. Vektori norāda ietekmējošos faktorus	18

Tabulu saraksts

Tabula 2.1. Vidējais pētījumā iekļauto priežu, egļu un apšu jaunaudzju valdošās sugas bojāto koku īpatsvars, aļņu, staltbriežu un stirnu blīvuma indekss (izteikts kā uzskaitītais ekskrementu kaudziņu skaits 100m ²) parauglaukumā, kā arī piemistrojuma, pameža un visa parauglaukuma vidējais biežums, norādītas vidējās vērtības un standartklūda $\pm$ SE	9
Tabula 2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvaru ietekmējošie faktori (binārā loģistiskā vispārinātā lineārā jaukta efekta modeļa GLMM rezultāti).....	10
Tabula 2.3. Priežu, egļu un apšu jaunaudzēs novērtētais pameža apkodumu īpatsvars 2023. Un 2024.gada veģetācijas period beigās, kā arī 2024.gadā novērtētais audzes valdošās sugas vidējais bojājumu īpatsvars	16

IEVADS

Kaut arī briežu dzimtas pārnadžu populācijas pēdējos gados nedaudz samazinās, tās joprojām ir augstas un rada nozīmīgu postījumu risku priežu un arī citu saimnieciski nozīmīgu koku sugu jaunaudzēs. Viens no faktoriem, kas ir veicinājis briežu dzimtas pārnadžu populāciju pieaugumu ir meža apsaimniekošanas pieeja, kā rezultātā ainavā ir dažāda vecuma mežaudze (arī salīdzinoši liels jaunaudžu īpatsvars), kas ir būtiskas barošanās vietas briežu dzimtas dzīvniekiem (Roberge et al. 2016; Felton et al. 2020; Landry et al. 2024). Daudzveidīgs piemistrojums, pamežs un sīkkrūmu klātbūtne audzē spēj nodrošināt barību visām pārnadžu sugām, jo to barības bāze lielā mērā pārklājas, tomēr to pieejamība un dzīvnieku blīvums ir faktori, kas būtiski nosaka mērķa suga bojājumu risku jaunaudzēs (Felton et al. 2020; Linell et al. 2024; Ratkiewicz et al. 2024). Tomēr, zinātniskajā literatūrā atrodamas pretrunas, norādot, ka, teritorijās ar augstu pārnadžu blīvumu, priežu audzēs esošās apses, pīlādži, ozoli un citas pārnadžiem tīkamās sugas var radīt lielākus riskus mērķsugai (Huuskonen et al. 2021). Tāpat iepriekšējos pētījumos konstatēts, ka arī piemistrojums un pameža augstums ir nozīmīgs – ja tas pārsniedz priežu augstumu – tas var palielināt pārnadžu bojājumu risku (Härkönen et al. 2008, Bergqvist et al. 2014). Papildus tam, arī lielo plēsēju klātbūtne mežaudzēs, kā arī cilvēku radītie traucējumi var nozīmīgi ietekmēt pārnadžu barošanās vietu izvēli (Kuijper et al. 2011; Gicquel et al. 2020). Arī jaunaudžu kopšana ir viens no ietekmējošajiem faktoriem, kas ne tikai uzlabo koku augšanu, bet var mainīt pārnadžu barošanās paradumus un paaugstināt jaunaudzēs paliekošu koku bojājumu risku, īpaši ziemā (Saksa & Miina 2007; Moreau et al. 2022; Ratkiewicz et al. 2024).

Jaunaudzes ir bagātīgs barības avots briežu dzimtas pārnadžiem, un tās nodrošina barības bāzi gan vasaras, gan ziemas sezonās. Veģetācijas periodā, piemēram, aļņi, kas ir tipiski barojas ar laupu koku un krūmu jaunajām atvasēm, lapām un tā veido līdz pat 90% no visa barības apjoma, bet ziemas sezonā barībā iekļauj arī skuju kokus (Spitzer et al. 2020; Spitzer et al. 2021). Staltbriežu barības racionā vasarā līdz pat 60% ir dažādu kokaugu daļas, pārējo veido graudzāles un augu ģeneratīvās daļas (augļi un sēklas). Stirnām kokaugu īpatsvars vasaras barības bāzē ir krietni mazāks – tikai ap 20%, pārējo sastāda dažādi lakstaugi. Ziemā un pavasarī būtiski samazinās briežu dzimtas pārnadžu ganību platības. Aļņi ziemā uzturas 5-20 gadīgās jaunaudzēs, kas bagātas ar lapu un skuju kokiem. Īpaši iecienītas ir priežu jaunaudzes ar apšu, kārklu, pīlādžu un krūkļu mistrojumu (Jactel et al. 2011; Felton et al. 2016). Staltbriežiem ziemas periodā pamatbarību veido dažādi sīkkrūmi, lauksaimniecības kultūraugi, graudzāles, arī mīksto lapukoku atvases (Gaross 1982; 2003b). Stirnām ziemas periodā barībā dominē dažādi sīkkrūmi, ķērpji, kokaugu pumpuri, priežu un egļu skuju (Gaross 2003a).

Zināšanas par jaunaudžu struktūru - koku augstums, audzes biezums, piemistrojums pameža un sīkkrūmu klātbūtne radītu priekšnosacījumus rekomendācijām par sekmīgāku jaunaudžu un arī pārnadžu populāciju apsaimniekošanu, ņemot vērā pārnadžu populāciju blīvumu un reģionālos aspektus Latvijā, lai mazinātu koku bojājumus un nodrošinātu efektīvāku jaunaudžu apsaimniekošanu saimnieciskajos mežos.

Pētījumā sagatavoti rezultāti atbilstoši darba uzdevumiem:

1. novērtēts valdošās sugas un pameža ziemas bojājumu īpatsvars atkarībā no iepriekšējās sezonas vasaras apkodumu īpatsvara šajās audzēs;
2. novērtēta jaunaudžu retināšanas ietekme uz audzes mērķsugas bojājumu īpatsvaru;
3. sagatavotas un zinātniskā rakstā aprobētas rekomendācijas jaunaudžu apsaimniekošanai, lai mazinātu potenciālos bojājumu risku;
4. nodrošināta plānotā sabiedrības informēšana par pētījuma rezultātiem.

1. METODIKA

1.1. Jaunaudžu struktūras ietekme uz valdošās sugas bojājumu intensitāti

Izmantotie dati

Jaunaudžu struktūras ietekme uz briežu dzimtas pārnadžu radīto bojājumu īpatsvaru priežu, egļu un apšu jaunaudzēs novērtēta, izmantojot Jaunaudžu bojājumu monitoringa objektu apakškopu, kas uzmērīta šī pētījuma iepriekšējā gadā un papildināta šajā gadā, kā arī dažām analīzēm plašāku datu kopu. Visas apsektās jaunaudzes dalītas divās augstuma grupās – 1) valdošās sugas vidējais augstums apsektajos jaunaudžu parauglaukumos līdz 3m augstumam un 2) valdošās sugas vidējais augstums virs 3 m.

Šādā dalījumā, ņemot vērā arī valdošās sugas augstumu, izvērtēts piemistrojuma (bērzi, melnalkšņi, ozoli un citas sugas) biežums, pameža biežums (bērzi, kārkli, krūkļi, pīlādži, lazdas, ievas), pameža vidējais augstums, visu audzē uzskaitīto kokaugu biežums (audzes biežums), uzskaitītais pārnadžu ekskrementu kaudzīšu sk.100m².

Novērtēta arī jaunaudžu kopšanas ietekme uz audzes valdošās sugas svaigo bojājumu īpatsvaru.

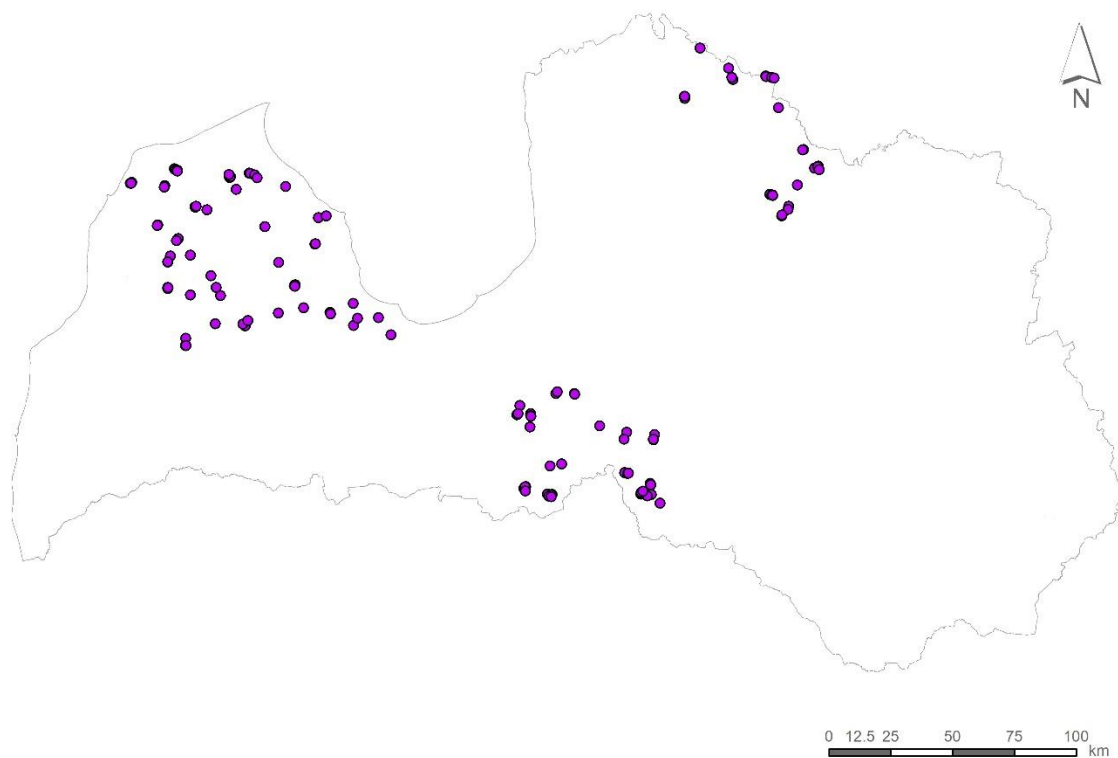
Padziļināta datu analīze veikta priežu jaunaudzēm, kur izvērtēta arī meža tipu un reģiona ietekme uz bojājumu īpatsvaru audzē. Izdalīti trīs mežu tipi: 1) sausieņi (sils, mētrājs, lāns, damaksnis, vēris, gārša); 2) slapjaini (grīnis, slapjais mētrājs, slāpjais damaksnis, slapjais vēris, slapjā gārša); 3) visi pārējie meža tipi – purvaini, āreņi un kūdreņi.

Datu analīze

Lai noskaidrotu kā dažādi faktori ietekmē iespējamību, ka mērksugas koki tiks bojāti, izmantots binārais loģistiskais vispārinātais lineārais jaukta efekta modelis (binary logistic GLMM), analīzi veicot ar R paketēm lme4 (Bates et al. 2015) un lmerTest (Kuznetsova et al. 2017). Modelī kā atbildes mainīgais likta attiecība starp bojāto valdošās sugas koku skaitu pret veselo un nokaltušo valdošās sugas koku skaitu parauglaukumā. Kā ietekmējošie mainīgie modelī iekļauti valdošā suga (faktors ar trīs klasēm –priede, egle, apse), valdošo augstuma klasi (faktors ar divām klasēm – valdošās sugas augstums zem 3 m un valdošās sugas augstums virs 3 m), jaunaudžu kopšana (faktors ar divām klasēm – kopta vai nekopta), aļņu blīvumu, briežu blīvumu, stirnu blīvumu, kopējo pameža apjomu, vidējo pameža augstumu, kopējo piemistrojama apjomu. Modelī iekļāva divu un trīs mainīgo mijiedarbības starp valdošo sugu, valdošo augstuma klasi un visiem pārējiem mainīgajiem. Visi skaitliskie mainīgie tikai normalizēti (scaled). Audzes atslēgu jeb kodu, kas raksturo katra konkrētā parauglaukuma piederību konkrētam nogabalam, modelī iekļāva kā nejaušo faktoru, lai ņemtu vērā, ka katrā audzē ir vairāki parauglaukumi. Pēc modeļa izveidošanas veica tā vienkāršošanu, atmetos nebūtiskos mainīgos un to mijiedarbības, salīdzinot modeļus pēc AIC vērtības. Visas analīzes veiktas programmā R 4.4.1. (R Core Team).

1.2. Pamežā augošo kokaugu ziemas un vasaras bojājumu vērtēšana

Pētījuma jaunaudzes, kurās 2023.gada septembrī tika ievākti dati par vasaras bojājumu intensitāti (1.1. att.), 2024.gada pavasarī apsektas un veikta arī ziemas apkodumu novērtēšana ne tikai audzes valdošajai sugai, bet pamežā esošajiem kokaugiem un krūmiem.



Attēls 1.1. Jaunaudžu izvietojums, kurās novērtēts ziemas un vasaras apkodumu īpatsvars

Audzes akārtoti apsekotas arī 2024.gada vasarā, novērtējot vasaras apkodumu līmeni.

Gan ziemas, gan vasaras apkodumu audzes pamežā augošajiem kokaugiem un krūmiem novērtē pēc vienādas metodikas. Apkodumu īpatsvaru novērtēua lapukokiem un krūmiem (kārkliem, pīlādžiem, krūkļiem, bērziem, avenājiem, arī ievām), kuru lapotne ir zemāka par 2,5 m. Pie apkostiem uzskaita tādus kokus un krūmus, kuriem ir svaigi nokosti zari un dzinumi, kā arī svaigi nobraucītas lapas(1.2. att.).



Attēls 1.2. Pārnadžu apkosti kārkli ziemas periodā (attēlā pa kreisi) un apkosts krūklis veģetācijas perioda beigās (pa labi)

Uzskaitē veikta pa diagonāli šķērsojot jaunaudzi un ik pēc viena metra uz abām pusēm no maršruta uzskaitīti visi koki un krūmi, dalot veselajos un apkostajos.

Lai skatītu pameža bojājumu apjomu kopā, veikta ordinācija, izmantojot DCA analīzi ar R paketi ‘vegan’ (Oksanen et al. [4]). Vides faktori pievienoti ordinācijai izmantojot funkciju “envfit” no paketes ‘vegan’. Ordinācijā izmantoti dati par pamežu un tā bojājumu apjomu. Analīze veikta atsevišķi bojājumiem vasarā un bojājumiem ziemā (izmantoti bojāto īpatņu skaitu).

2. REZULTĀTI

2.1. Jaunaudzū struktūras un briežu dzimtas pārnadžu ietekme uz valdošās sugas bojājumu intensitāti

Vidējais valdošās sugas bojāto koku īpatsvars priežu jaunaudzū parauglaukumos bija $5,2 \pm 0,4$ %; egļu jaunaudzēs – $1,2 \pm 0,2$ % un apšu jaunaudzēs $7,8 \pm 0,7$ %. Novērtētais ekskrementu kaudzīšu skaits uz 100m^2 (turpmāk tekstā blīvuma indekss) visaugstākais bija priežu jaunaudzēs (Tabula 2.1).

Tabula 2.1. Vidējais pētījumā iekļauto priežu, egļu un apšu jaunaudzū valdošās sugas bojāto koku īpatsvars, aļņu, staltbriežu un stirnu populāciju blīvuma indekss (izteikts kā uzskaitītais ekskrementu kaudzīšu skaits 100m^2) parauglaukumā, kā arī piemistrojuma, pameža un visa parauglaukuma vidējais biezums, norādītas vidējās vērtības un standartklūda $\pm$ SE

Parametrs	Augstuma grupa	P jaunaudzes		E jaunaudzes		A jaunaudzes	
		Vidējā vērtība	$\pm$ SE	Vidējā vērtība	$\pm$ SE	Vidējā vērtība	$\pm$ SE
Valdošās sugas bojāto koku īpatsvars, %	<3m	7.7	0.8	6.6	1.9	27.0	7.0
	>3m	4.1	0.4	0.5	0.1	6.9	0.7
	Kopā	5.2	0.4	1.2	0.2	7.8	0.7
Aļņu populācijas blīvuma indekss	<3m	0.5	0.0	0.2	0.0	0.6	0.1
	>3m	0.9	0.1	0.2	0.0	0.3	0.0
	Kopā	0.8	0.1	0.2	0.0	0.3	0.0
Staltbriežu populācijas blīvuma indekss	<3m	0.5	0.1	0.2	0.0	0.3	0.1
	>3m	0.7	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0
	Kopā	0.6	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0
Stirnu populācijas blīvuma indekss	<3m	1.0	0.1	0.4	0.0	0.3	0.1
	>3m	1.4	0.1	0.4	0.0	0.3	0.0
	Kopā	1.3	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0
Piemistrojuma biezums	<3m	3.8	0.4	5.2	0.8	4.6	1.1
	>3m	3.3	0.2	2.5	0.1	4.2	0.2
	Kopā	3.5	0.2	2.8	0.1	4.3	0.2
Pameža biezums	<3m	34.1	2.5	30.5	4.2	24.9	10.2
	>3m	42.5	1.8	32.6	1.6	63.8	2.4
	Kopā	39.9	1.5	32.4	1.5	62.1	2.4
Valdošās sugas biezums	<3m	59.0	2.4	46.0	4.2	99.3	21.4
	>3m	61.4	1.9	46.1	1.7	87.8	2.6
	Kopā	60.7	1.5	46.1	1.5	88.3	2.6

GLMM modeļa rezultāti (Tabula 2.2) parāda, ka bojājumu iespējamību ietekmē valdošās sugas un valdošās augstuma klases triju mainīgo mijiedarbība ar aļņu un stirnu populāciju blīvumu un kopējo piemistrojuma biezumu. No divu mainīgo mijiedarbības jāskatās valdošās augstuma klases un pameža vidējā augstuma ietekme, valdošās sugas un pameža vidējā augstuma ietekme, valdošās sugas un kopējā pameža apjoma ietekme. Kā viena mainīgā ietekme ir jāskatās kopšana. No modeļa

pilnībā ir izslēgts mainīgais briežu populācijas blīvums, jo šim mainīgajam ne pašam, ne arī mijiedarbībā ar citiem mainīgajiem nebija būtiska ietekme. Vēl ir izslēgta mijiedarbība starp kopšanu un valdošo augstuma klasi, jo bija augsta kolinearitāte.

Tabula 2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvaru ietekmējošie faktori (binārā loģistiskā vispārinātā lineārā jaukta efekta modeļa GLMM rezultāti)

Mainīgais	Testa vērtība	df	P vērtība
Kopšana	3.766	1	0.0052
Valdošās sugas augstuma grupa	16.088	1	<0.001
scale(Aļņu populācijas blīvuma indekss)	6.350	1	0.012
scale(Stirnu populācijas blīvuma indekss)	1.876	1	0.171
scale(Pameža biezums)	5.672.	1	0.017
scale(Pameža vidējais augstums)	0.135	1	0.713
scale(Piemistrojuma biezums)	0.059	1	0.808
SUGA: scale(Pameža biezums)	15.200	2	<0.001
SUGA: scale(Piemistrojuma biezums)	6.885	2	0.032
Valdošās sugas augstuma grupa: scale(Piemistrojuma biezums)	9.982	2	0.002
Valdošās sugas augstuma grupa: scale(Pameža vidējais augstums)	10.072	2	0.006

Piemistrojums

Visās trīs jaunaudzju grupās biežākā piemistrojuma suga bija bērzs, priežu jaunaudzēs arī egle. Kopējais piemistrojuma īpatsvars līdz 3m augstu P jaunaudzju parauglaukumos bija 8,1%, un 7,1% - augstākās audzēs; 17,6% egļu audzēs līdz 3maugstumam un 7,7% augstākās egļu audzēs, un apšu jaunaudzes ļoti līdzīgs kopējais piemistrojuma īpatsvars – attiecīgi 7,6% un 7,3%.

Egļu un apšu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam palielinoties piemistrojuma biezumam, palielinās arī audzes valdošās sugas bojājumu iespējamība, savukārt priežu jaunaudzēs, palielinoties piemistrojuma apjomam, bojājumu iespējamība samazinās (**Error! Reference source not found.**).

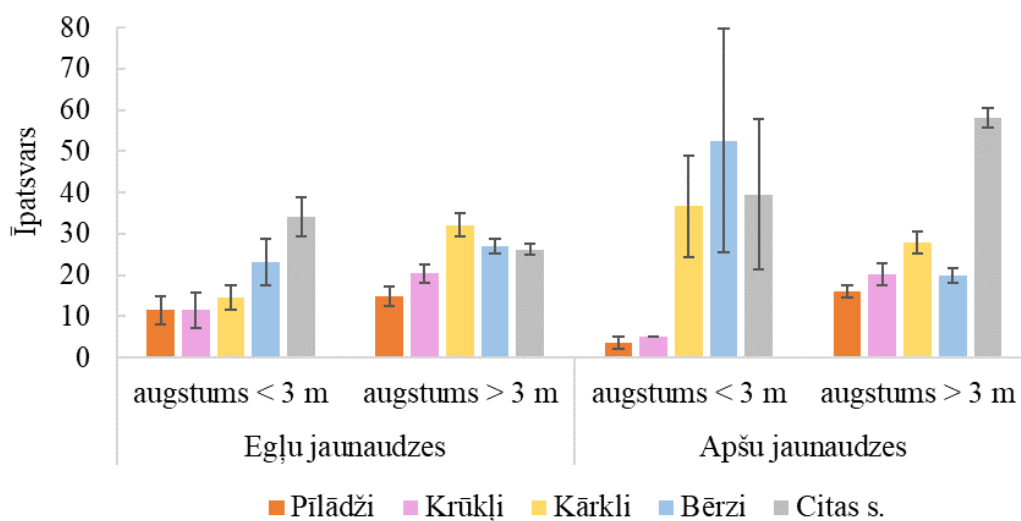
Egļu un apšu jaunaudzēs ar valdošās sugas vidējo augstumu virs 3 m, palielinoties piemistrojuma biezumam, valdošās sugas bojājumu īpatsvars samazinās, savukārt priežu jaunaudzēs tas palielinās.

Pameža sugu sastāvs un biezums

Egļu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam biežākā pameža suga bija lazdas un ievas, arī liepas (Attēls 2. 'Citas s.'), tad sekoja bērzi (visbiežāk atjaunojušies ar atvasēm) un kārkli, attiecīgi 34,2±4,8%, 23,1±5,7% un 14,5±2,9%. Savukārt egļu audzēs ar valdošās sugas augstumu virs 3 m, pamežā dominē kārkli 32,2±2,7%apmērā no visām pameža sugām.

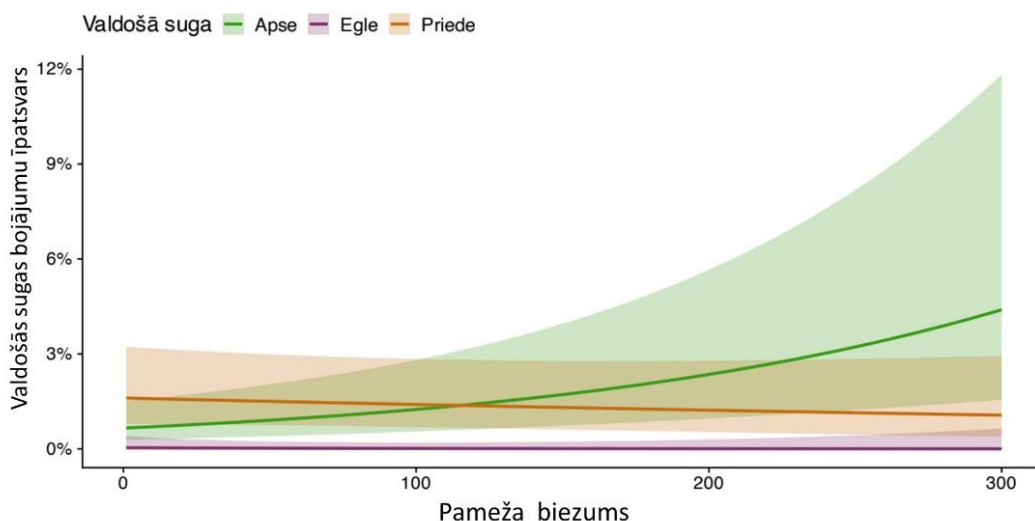
Apšu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam, biežākā suga bija bērzi, kārkli, kā arī melnalkšņi un baltalkšņi. Savukārt audzēs virs 3 m augstumam biežākās sugas bija melnalkšņi.

Netika novērota valdošās sugas bojājumu saistība ar kādu konkrētu pamežā esošās sugas īpatsvaru.



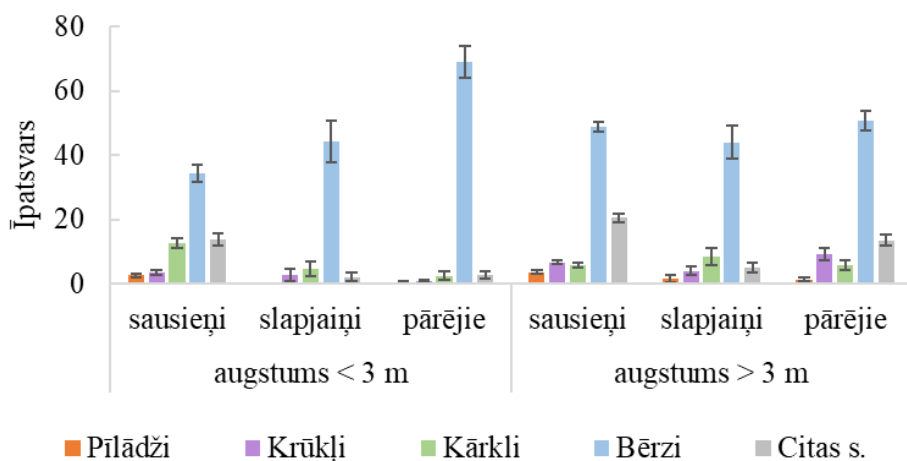
Attēls 2.1. Pameža sugu sastāvs un īpatsvars dažāda augstuma egļu un apšu jaunaudzēs (H – augstums)

Apšu audzēs palielinoties pameža biezumam, pieaug valdošās sugas bojājumu īpatsvars, savukārt egļu un priežu audzēs bojājumu īpatsvars samazinās (Attēls 2.).



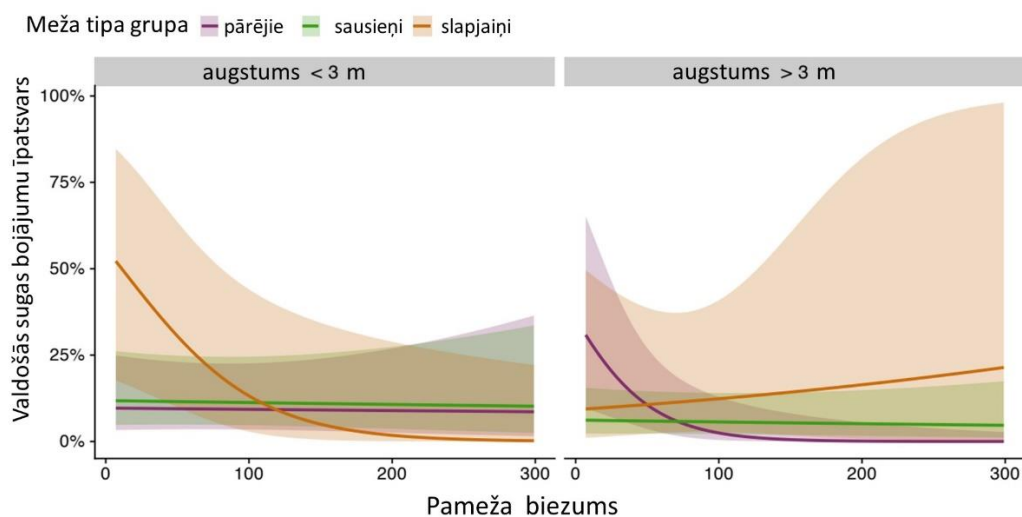
Attēls 2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvars atkarībā no audzes pameža biezuma

Priežu jaunaudzēs pameža sastāvs aplūkots ne tikai dalījumā pa augstuma grupām, bet arī pa mežu tipiem (Attēls 2.). Visās grupās dominēja bērzi. Priežu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam, sausieņu tipa audzēs pameža sastāvs bija daudzveidīgāks, salīdzinot ar pārējiem tipiem. Visas priežu jaunaudzes augstumā virs 3 m bija ar daudzveidīgāku pamežu salīdzinot ar iepriekšējās augstuma grupas audzēm.



Attēls 2.3. Biežāk sastopamo pameža sugu ģipatsvars priežu jaunaudzū parauglaukumos dalījumā pēc jaunaudzū augstuma un meža tipa

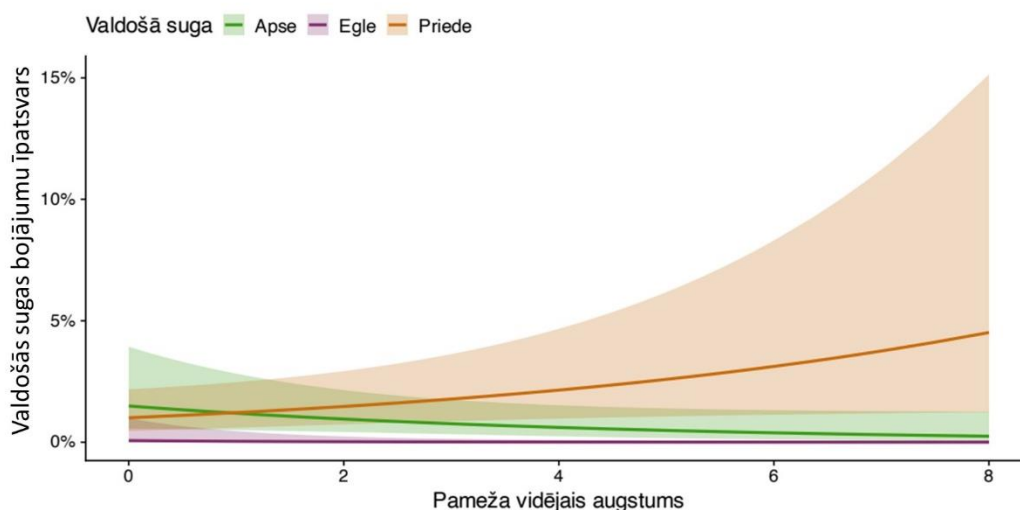
Priežu jaunaudzēs ar valdošo augstumu zem 3 m, visās meža tipu grupās bojājumu iespējamība samazinās, pieaugot pameža biezumam. Sausieņu un ‘pārējo’ meža tipu priežu jaunaudzēs ar valdošo augstumu virs 3 m, pieaugot pameža apjomam priežu bojājumu iespējamība samazinās, bet slapjajos palielinās (Attēls 2.).



Attēls 2.4. Pameža biezuma un meža tipa grupas ietekme uz priežu bojājumu ģipatsvaru jaunaudzēs ar atšķirīgu valdošās sugas augstumu

Pameža augstums

Apšu un egļu jaunaudzēs pieaugot pameža vidējam augstumam, valdošās sugas bojājumu iespējamība samazinās (apšu audzēs šī sakarība statistiski nebūtiska, savukārt egļu audzēs – būtiska, $p < 0,05$) (Attēls 2.).



Attēls 2.5. Pameža augstuma ietekme uz valdošās sugas bojājumu īpatsvaru

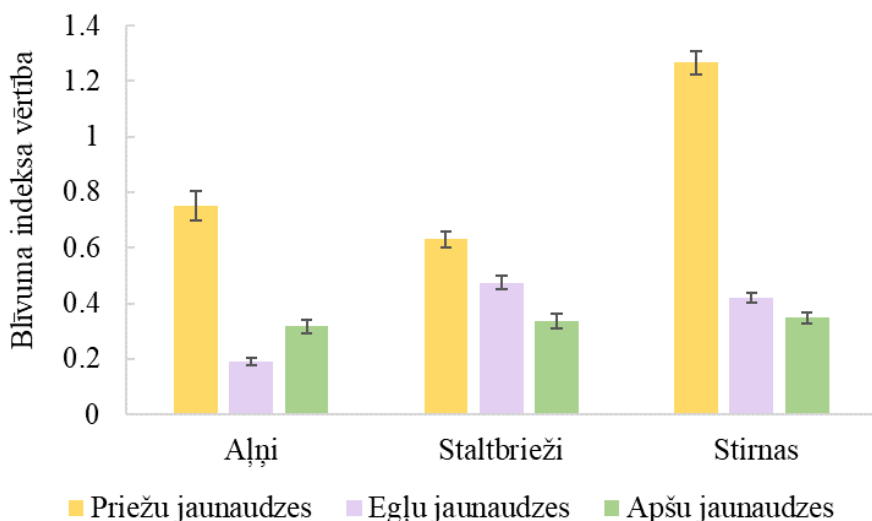
Detalizētāk analizējot pameža augstuma ietekmi priežu jaunaudzēs atkarībā no audzes augstuma un meža tipu grupas, redzams, ka audzēs ar sausieņiem raksturīgiem augšanas apstākļiem un valdošo augstumu zem 3 m, pieaugot pameža vidējam augstumam, priežu bojājumu iespējamība samazinās, bet pārējās divās meža tipu grupās – palielinās.

Slapjainos esošajās priežu jaunaudzēs ar valdošo augstumu virs 3 m priežu bojājumu iespējamība samazinās pieaugot pameža vidējam augstumam, bet palielinās - sausieņos un pārējos meža tipos.

Briežu dzimtas pārnadžu ietekme uz valdošās sugas bojājumu īpatsvaru

Visu trīs pārnadžu sugu blīvuma indeksu vērtības augstākās ir priežu jaunaudzēs. Aļņiem tad seko apšu jaunaudzes un vismazākā indeksa vērtība ir egļu jaunaudzēs. Staltbriežiem un stirnām līdzīga tendence – pēc priežu audzēm nākamais augstākais blīvuma indeksu rādītājs ir egļu audzēs, tad seko apšu jaunaudzes (Attēls 2.).

Priežu jaunaudzēs, kur augstāka aļņu blīvuma indekss, lielāks ir arī bojāto priežu īpatsvars ($p < 0,05$).

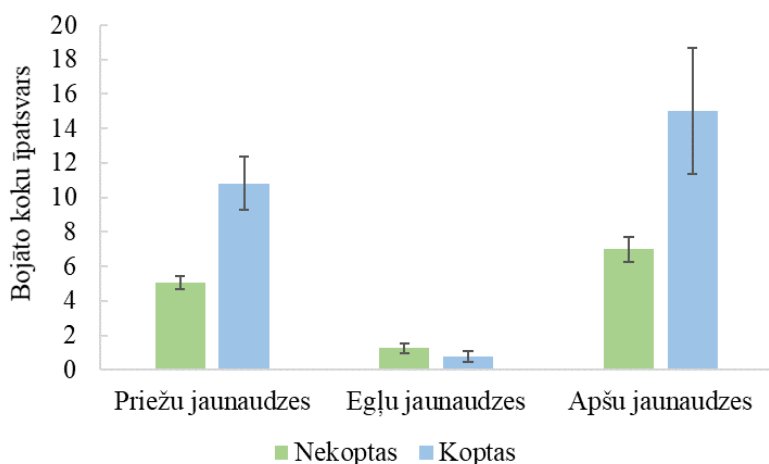


Attēls 2.6. Briežu dzimtas pārnadžu populācijas blīvuma indeksu vērtības priežu, egļu un apšu jaunaudzēs

Jaunaudzēju kopšanas ietekme uz bojājumu īpatsvaru

Priežu un apšu jaunaudzēs, kur ir bijusi svaiga kopšana, bojāto priežu īpatsvars ir lielāks nekā tas ir nekopstās audzēs, attiecīgi $5,1 \pm 0,4\%$ un $10,8 \pm 1,5\%$ nekopstās un koptās priežu jaunaudzēs, un $6,9 \pm 0,7\%$ un $15,0 \pm 3,6\%$ nekopstās un koptās apšu jaunaudzēs (Attēls 2.). Izkoptās priežu un apšu jaunaudzēs ir lielāka iespējamība, ka valdošās sugas koki būs bojāti ($p < 0,05$), nekā tas ir nekopstās audzēs.

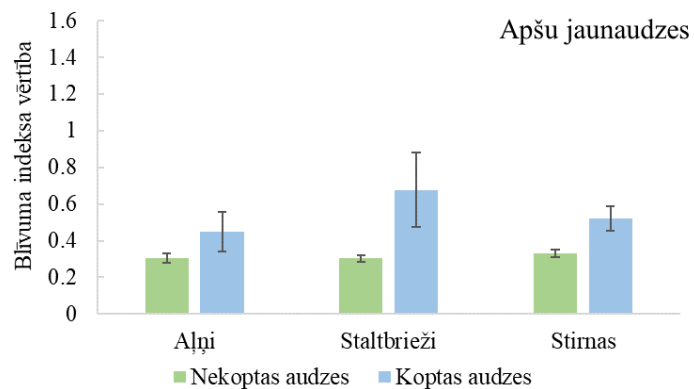
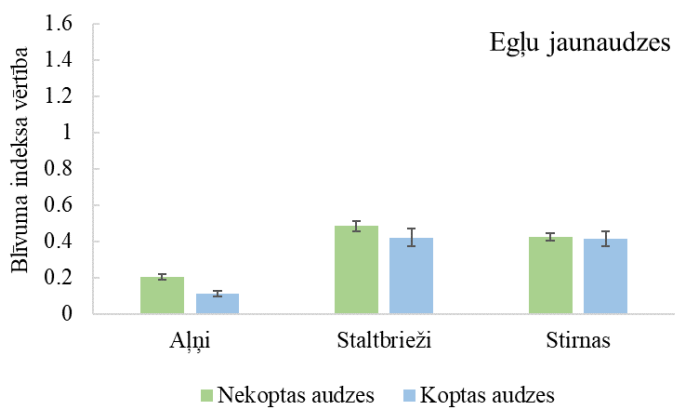
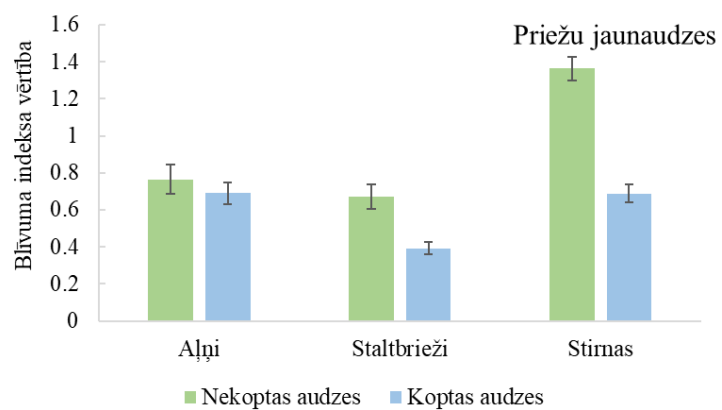
Egļu jaunaudzēs šī sakarība ir pretēja, attiecīgi $1,2 \pm 0,3\%$ nekopstās jaunaudzēs un $0,7 \pm 0,3\%$ koptās.



Attēls 2.7. Bojāto valdošās sugas koku īpatsvars priežu, egļu un apšu jaunaudzēs ar un bez jaunaudzēju kopšanas

Visu trīs briežu dzimtas pārnadžu blīvuma indeksu vērtības visaugstākās ir nekopstās priežu un egļu jaunaudzēs salīdzinot ar koptām šīs pašas sugas audzēm (Attēls 2.). Savukārt apšu jaunaudzēs ir

pretēja tendence – izkoptās audzēs visu trīs pārnadžu blīvuma indeksu vērtības ir augstākas par nekoptajās audzēs novērtēto.



Attēls 2.8. Briežu dzimtas pārnadžu blīvuma indeksu vērtības koptās un nekoptās priežu, egļu un apšu jaunaudzēs

2.2. Audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvars atkarībā no pamežā esošo kokaugu apkodumu īpatsvara ziemas un vasaras periodā

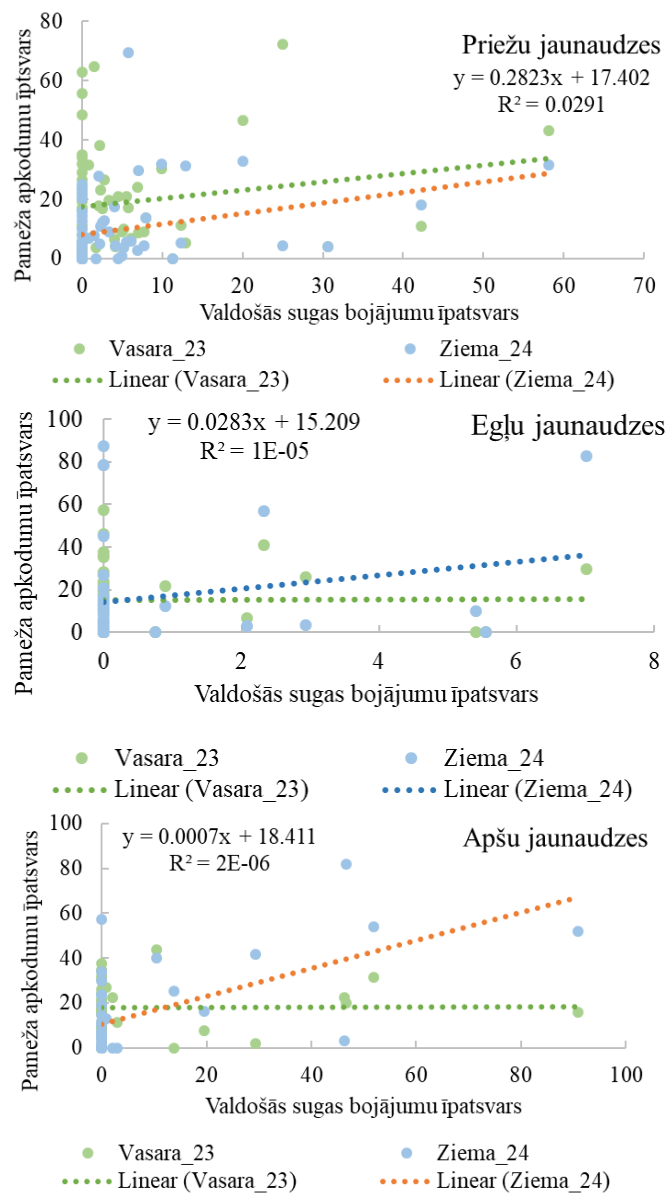
Pameža apkodumu un valdošās sugas bojājumu īpatsvars dalījumā pēc audzes valdošās sugas redzams Tabula 2.3.

Priežu jaunaudzēs, kur iepriekšējā veģetācijas perioda beigās pameža bojājumu īpatsvars bija lielāks, pēc sekojošās ziemas novērtētais briežu dzimtas pārnadžu bojājumu apjoms audzes valdošajai sugai arī bija lielāks (pozitīva, būtiska saistība, $p < 0,05$) (Attēls 2.).

Tabula 2.3. Priežu, egļu un apšu jaunaudzēs novērtētais pameža apkodumu īpatsvars 2023. Un 2024.gada veģetācijas period beigās, kā arī 2024.gadā novērtētais audzes valdošās sugas vidējais bojājumu īpatsvars

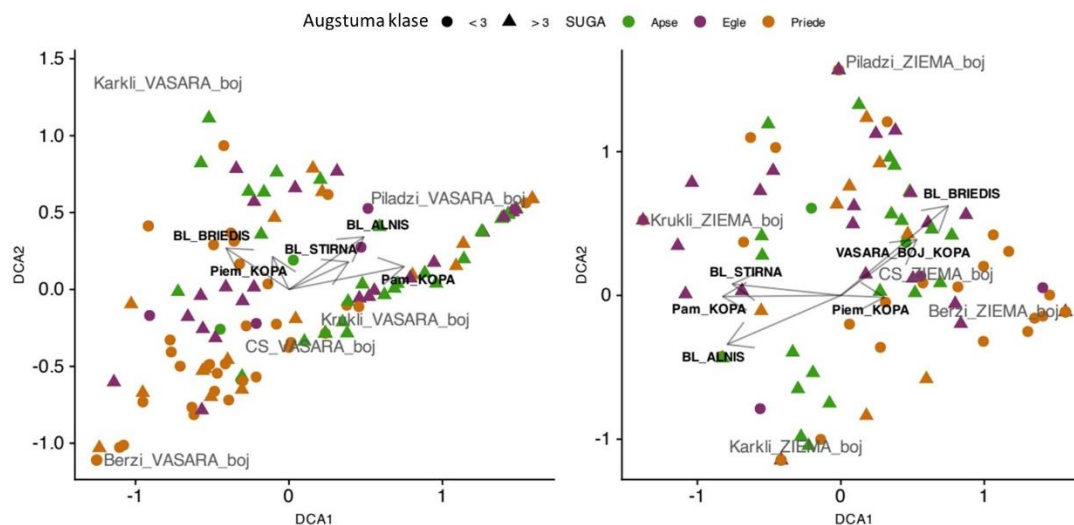
Mainīgais	Priežu jaunaudzes		Egļu jaunaudzes		Apšu jaunaudzes	
	Vidējā vērtība	±SE	Vidējā vērtība	±SE	Vidējā vērtība	±SE
<i>Valdošās sugas bojājumu īpatsvars 2024.gada pavasarī</i>	5.37	1.40	0.66	0.26	8.28	3.18
<i>Pameža bojājumu īpatsvars 2023.gada vasarā</i>	18.92	2.32	15.23	2.36	18.42	1.77
<i>Pameža bojājumu īpatsvars 2024.gada pavasarī</i>	10.12	1.67	16.21	3.85	15.77	3.24
<i>Pameža bojājumu īpatsvars 2024.gada vasarā</i>	4.01	0.67	6.59	1.18	4.86	0.94

Egļu un apšu jaunaudzēs būtiska sakarība bija starp tekošās ziemas pameža apkodumu īpatsvaru un valdošās sugas bojājumu īpatsvaru ($p < 0,05$) (Attēls 2.).



Attēls 2.9. Audzes valdošās sugas ziemas bojājumu īpatsvara saistība ar pameža apkodumu īpatsvaru iepriekšējā vasarā (Vasara_23) un sekojošajā ziemā (Ziema_24)

Veicot DCA analīzi, redzams, ka pameža apkodumu īpatsvaru gan veģetācijas, gan ziemas periodā būtiski ietekmē visu trīs pārnadžu sugu klātbūtne audzē, gan arī kopējais pameža blīvums ($p < 0,05$).



Attēls 2.1. DCA analīze pamežu apkodumiem vasaras un ziemas periodā. Vektori norāda ietekmējošos faktorus

3. REZULTĀTU INTERPRETĀCIJA

3.1. Priežu jaunaudzēs

Priežu jaunaudzēs bojāto koku īpatsvars ir atkarīgs gan no pašas audzes struktūras, gan arī pārnadžu klātbūtnes. Iegūtie rezultāti saskan arī ar citu valstu pētījumos gūtajām atziņām: bojāto priežu īpatsvars audzē pozitīvi korelē ar novērtēto aļņu populācijas blīvuma indeksu (Bergstrom, Hjeljord 1987). Priežu jaunaudzēs ar valdošās sugas augstumu līdz 3 m ir lielāks bojāto koku īpatsvars, nekā tas ir audzēs ar augstākiem valdošās sugas kokiem.

Saskan mūsu un pētījumos citās valstīs konstatētais, ka teritorijās ar augstu pārnadžu populāciju blīvumu, pat ja ir pietiekošs barības bāzes nodrošinājums audzē, tiks bojātas arī priedes (Huuskonen et al. 2021). Mūsu pētījumā iekļautajās priežu audzēs pamežā biežāk sastopamās sugas pēc bērzu atvasēm bija kārkli un krūkļi, kas veido būtisku pārnadžu ziemas barības bāzes daļu. Lielāks barības bāzes nodrošinājums ir tieši priežu audzēs virs 3 m augstuma un šajā jaunaudžu grupā ir arī visvairāk uzskaitītās ekskrementu kaudzītes visām trīs pārnadžu sugām (Tabula 2.1). Ekskrementu kaudzīšu skaits uz laukuma vienību var tikt izmantots ne tikai sugas klātbūtnes fakta apstiprināšanai, bet arī kā populācijas blīvuma indekss (Alves et al. 2013), kas raksturo konkrētās dzīvotnes izmantojumu. Ar pamežu bagātas audzes var nodrošināt ne tikai pietiekamu barības bāzi ziemas periodā (Sabalinkiene et al. 2016; Felton et al., 2020; Landry et al., 2024), bet arī funkcionēt kā slēptuve gan no nelabvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem (Roberge et al. 2016, Brault et al. 2023), gan arī kā aizsegs plēsēju blīvi apdzīvotās teritorijās (Gircquel et al., 2020; Churski et al., 2021). Mūsu pētījums apstiprina ar pamežu bagātu priežu jaunaudžu nozīmi sekmīgas pārziemošanas kontekstā.

Zemāks bojājumu īpatsvars priežu jaunaudzēs ar lielāku augstumu norāda, ka šīs audzes ir izaugušas no pārnadžu bojājumu riska zonas un kalpo kā šo dzīvnieku atpūtas un patvēruma vietas. Tāpat šāds zemāks bojājumu apjoms var būt saistīts ar pārnadžu starpsugu konkurenci. Visas trīs briežu dzimtas pārnadžu sugas ir ar atšķirīgiem ķermeņa parametriem, kas nosaka, ka ir atšķirīgi barošanās

augstumi, bet tie tomēr pārklājas zonā tuvāk zemsedzei. Kā uzsver vairāki skandināvu autori, piemēram Spitzer R. et al (2021) un Pfeffer S.E. et al. (2021), palielinoties augumā mazākās sugas populāciju blīvumam, piemēram, stirnu populācijai, augumā lielākie dzīvnieki – aļņi, tiek izspiesti uz citām barošanās vietām.

Vasaras barības noslodze rāda potenciālo bojājumu risku valdošajai sugai nākamajā ziemā (Prieditis et al., 2017), jo intensīvāk ir noganītas šīs barošanās vietas veģetācijas periodā, jo augstāks bojājumu risks nākamajā ziemā. Šo apgalvojumu gan var ietekmēt, piemēram, pārnadžu sezonālā migrācija, kad atšķiras ziemas un vasaras periodā apdzīvotās platības (Essen & Peterson 2024). Analizējot pētījuma ietvaros apsekotajās jaunaudzēs iepriekšējā (2023.gada) veģetācijas perioda pameža apkodumu īpatsvara saistību ar priežu bojājumu īpatsvaru 2024.gada ziemā, novērojama būtiska pozitīva saistība – priežu jaunaudzēs ar augstāku iepriekšējās vasaras pameža apkodumu īpatsvaru, ziemā bojāto priežu īpatsvars arī ir lielāks. Šis, kā arī ar bināro loģistisko vispārināto lineāro jaukta efekta modeli iegūtie rezultāti norāda uz pameža nozīmi priežu jaunaudžu bojājumu mazināšanā.

Pameža nozīmi bojājumu mazināšanā priežu jaunaudzēs apliecina arī tas, ka svaigi izkoptās jaunaudzēs bojājumu īpatsvars ir lielāks nekā tas ir nekaitētās jaunaudzēs, lai arī pārnadžu blīvuma ideksu vērtības nekaitētās audzēs ir augstāks par izkoptajām audzēm.

3.2. Egļu jaunaudzes

Egļu jaunaudzēs biežākā piemistrojuma suga bija bērzs. Konstatēts, ka audzēs līdz 3 m augstumam ar lielāku piemistrojuma biezumu, ir lielāks arī audzes valdošās sugas bojājumu īpatsvars. Savukārt, augstākās egļu audzēs ar lielāku piemistrojuma biezumu, valdošās sugas bojājumu īpatsvaram ir tendence būt mazākam.

Egļu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam un arī augstākās audzēs pamežā sastopamas tādas sugas, kā bērzi, kārklī, arī lazdas un ievas. Līdzīgi kā priežu audzēs, arī egļu audzēs biežāks pamežs var radīt mazāku bojājumu risku audzes valdošajai sugai, lai gan sakarība nav tik izteikta, par ko liecina arī fakts, ka nekaitētās egļu jaunaudzēs svaigo bojājumu īpatsvars ir nedaudz lielāks nekā bojāto koku īpatsvaru koptajās jaunaudzēs. Līdzīgi kā priežu jaunaudzēs, arī nekaitētās egļu jaunaudzēs visu trīs pārnadžu blīvuma ideksu vērtības ir nedaudz augstākas nekā tas ir koptās jaunaudzēs.

Izvērtējot vasaras un ziemas pameža apkodumu stāvokli egļu audzēs, nav redzama sakarība ar iepriekšējās vasaras apkodumu īpatsvaru un sekojošās ziemas bojājumu īpatsvaru audzes valdošajai sugai, savukārt ir saistība ar tekošās ziemas pameža bojājumiem.

3.3. Apšu jaunaudzes

Apšu jaunaudzēs bojāto koku īpatsvaru būtiski ietekmē audzes valdošās sugas augstuma grupa, piemistrojuma biezums, kā arī pamežs un briežu dzimtas pārnadžu klātbūtne audzē.

Pretēji kā tas ir priežu un egļu jaunaudzēs, apšu jaunaudzēs ar lielāku pameža biezumu, ir arī lielāks bojāto valdošās sugas koku īpatsvars. Izkoptās apšu jaunaudzēs bojāto apšu īpatsvars ir būtiski lielāks nekā nekaitētās jaunaudzēs un šī atšķirība starp koptām un nekaitētām audzēm ir daudz izteiktāka nekā tas ir priežu jaunaudzēs.

Koptās apšu jaunaudzēs ir arī lielāki visu trīs pārnadžu populāciju blīvuma indeksi. Kopšanā nozāgētie koki paliek jaunaudzēs un darbojas gan kā pārvietošanos traucējošs faktors (Bergqvist et al. 2018), gan arī kā papildus barības bāze (Loosen et al., 2020).

Līdzīgi kā egļu jaunaudzēs, arī apšu jaunaudzēs nav konstatēta būtiska saistība starp iepriekšējās vasaras pameža apkodumu īpatsvaru un sekojošās ziemas valdošās sugas bojājumu īpatsvaru, bet ir pozitīva saistība ar pameža ziemas apkodumu īpatsvaru – jaunaudzē, kur bojāta valdošā suga, arī pamežā esošās kokaugu un krūmu sugas ir vairāk bojātas.

4. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

1. Visu trīs vērtēto koku sugu jaunaudzēs būtisks mērķa sugas koku bojājumu varbūtību kāpinošs faktors ir pārnadžu klātbūtne audzē (lokālais populācijas blīvums), īpaši aļņu klātbūtne.
2. Visu meža tipu priežu jaunaudzēs līdz 3 m augstumam pamežs nodrošina būtisku barības bāzes papildinājumu. Jaunaudžu kopšanu šajās audzēs būtu ieteicams veikt veģetācijas sezonas sākumā, lai līdz tās beigām (kad pārnadži pāriet uz ziemas perioda barības bāzi) nozāgētie koki un krūmi var izveidot pietiekami lielas atvases. Šāda pieeja potenciāli var mazināt mērķa sugas bojāto koku īpatsvaru. Priežu jaunaudzēs ar lielāku augstumu sausienos, rekomendējam kopšanas laikā pēc iespējas saglabāt pamežā esošos kārklus, krūklus, pīlādžus, kas netraucē priežu augšanu un vienlaikus ir pārnadžu pamata ziemas barības bāze, tādejādi mazinot bojājumus mērķa sugai.
3. Mistraudžu veidošana nesamazina bojāto mērķa sugas koku īpatsvaru. Tātad, bojājumu mazināšanai primāra ir pārnadžu populācijas apsaimniekošana, savukārt jaunaudžu ierīkošanā un apsaimniekošanā lietderīgi saglabāt klasisko Latvijas mežsaimniecības pieeju: tīraudzes mistrotā mežā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- Alves, J., Alves da Silva, A., Soares, A.M.V.M., Fonseca, C. Pellet group count methods to estimate red deer densities: precision, potential accuracy and efficiency. *Mamm Biol* **2013**, 78, 134–141; <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2012.08.003>
- Bates et al. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. In: Journal of Statistical Software 67.1, pp. 1–48. doi: 10.18637/jss.v067.i01
- Bergqvist G., Bergström R., Wallgren M. 2014. Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests – effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica*, 48(1), article id 1077. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1077>
- Bergqvist G., Wallgren M., Jernelid H., Bergström R. 2018. Forage availability and moose winter browsing in forest landscapes. *Forest Ecology and Management*, 419-420: 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.049>
- Brault, B., Tremblay, J.P., Thiffault, N., Royo, A.A., Côté, S.D. 2023. Successful forest restoration using plantation at high deer density: How neighboring vegetation drives browsing pressure and tree growth. *For Ecol Manag*, 549, 121458; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121458>.
- Brousseau M., Thiffault N., Beguine J., Roye V., Tremblay J-P. 2017. Deer browsing outweighs the effects of site preparation and mechanical release on balsam fir seedlings performance: Implications to forest management. *Forest Ecology and Management*, 405: 360-366. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.024>
- Christianson D., Creel S. 2008. Risk effects in elk (*Cervus elaphus*): sex-specific responses in grazing and browsing due to predation risk from wolves. *Behavioral Ecology*, 19:1258-1266. <https://doi.org/10.1093/beheco/arn079>
- Churski, M., Spitzer, R., Coissac, E., Taberlet, P., Lescinskaite, J., van Ginkel, H.A.L., Kuijper, D.P.J., Cromsigt, J.P.G.M. How do forest management and wolf space-use affect diet composition of the wolf's main prey, the red deer versus a non-prey species, the European bison? *For Ecol Manag* 2021, 479, 118620; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118620>
- Essen E., Peterson J. 2024. Digital wildlife expeditions and their impact on human-wildlife relations: Inside the phenomenon of livestreaming an annual moose migration. *Digital Geography*, 7: 100097. <https://doi.org/10.1016/j.diggeo.2024.100097>
- Felton, A., Felton, A., Cromsigt, J.P.G.M., Edenius, L., Malmsten, J & Wam, H.K. 2016. Interactions between ungulates, forests, and supplementary feeding: the role of nutritional balancing in determining outcomes. *Mammal Research*, <https://doi.org/10.1007/s13364-016-0301-1>
- Gaross V. 1982. Latvijas PSR aļņu populācija un tās racionāla izmantošana. Rīga: LatZTIZPI, 35 lpp.
- Gaross V. 2003a. Alnis. Grām.: Broks J. (red.) Meža enciklopēdija. 1. sējums. R: Apgāds "Zelta grauds".

- Gaross V. 2003b. Staltbriedis. Grām.: Broks J. (red.) Meža enciklopēdija. 1. sējums. R: Apgāds "Zelta grauds"
- Gicquel, M., Sand, H., Månsson, J., Wallgren, M., Wikenros, C. Does recolonization of wolves affect moose browsing damage on young Scots pine? *For Ecol Manag* **2020**, 473, 118298; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118298>
- Heinze E., Boch S., Fischer M., Hessenmoller D., Klenk B., Müller J., Prati D., Schulze E.D., Seele C., Socher S., Halle S. 2010. Habitat use of large ungulates in northeastern Germany in relation to forest management. *Forest Ecology and Management*, 261: 288-296. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.022>
- Huuskonen S., Domisch T., Finér L., Hantula J., Hynynen J., Matala J., Miina J., Neuvonen S., Nevalainen S., Niemistö P., Nikula A., Piri T, Siitonen J, Smolander A, Tonteri T, Uotila K., Viiri H. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management*, 479: 118558. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558>
- Härkönen S., Eerikäinen K., Lähtenmäki R., Heikkilä. 2008. Does moose browsing threaten European aspen regeneration in Koli national park, Finland? *Alces*, 44: 31-40.
- Jactel, H., Branco, M., Gonzalez-Olabarria, J.R., Grodzki, W., Långström, B., Moreira, F., Netherer, S., Nicoll, B., Orazio, C., Piou, D., Santos, H., Schelhaas, M.J., Tojic, K. & Vodde, F. 2011. Forest stands management and vulnerability to biotic and abiotic hazards. *European Forest Institute Technical Report* 64, pp.88.
- Kuznetsova A., Brockhoff P.B, Christensen R.H.B. 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software* 82(13): 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Landry, S., Villard, M.A., Pelletier, G., St-Laurent, M.H. Harvest block aggregation as a driver of intensive moose browsing pressure on hardwood regeneration in a temperate forest. *For Ecol Manag* **2024**, 552, 121562; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121562>
- Loosen A.E., Devineau O., Skarpe C., Zimmermann B., Croomsigt J., Mathisen K.M. 2021. Ungulate-adapted forestry shows promise for alleviating pine browsing damage. *Forest Ecology and Management*, 482: 118808. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118808>
- LVMi "Silava", 2022. Mežsaimniecības biotisko riska faktoru monitoringa metodika. <https://silava.lv/images/Petijumi/Nacionalais-meza-monitorings/2022-04-28-MRM-metodika.pdf>
- Pfeffer, S.E., Singh, N.J., Croomsigt, J.P.G.M., Kalén, C., Widemo, F. Predictors of browsing damage on commercial forests – A study linking nationwide management data. *For Ecol Manag* **2021**, 479, 118597; <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118597>.
- Prieditis A., Howlett S.J., Baumanis J., Bagrade G., Done G., Jansons Ā., Neimane U., Ornicāns A., Stepanova A., Šmits A., Žunna A., Ozoliņš J. 2017. Quantification of deer browsing in summer and its importance for deer management in Latvia. *Baltic Forestry*, 23(2)45.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistics Computing. Vienna, Austria. Available online: <https://www.R-project.org/> (accessed on 10 October 2024)

- Roberge, J.M., Laudon, H., Björkman, C., Ranius, T., Sandström, C., Felton, A., Stén, s A., Nordin, A., Granström, A., Widemo, F., Bergh, J., Sonesson, J., Stenlid, J., Lundmark, T. Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* **2016**, *45*, 109–123; <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0747-4>
- Spitzer R., Felton A., Landman M., Singh N.J., Widemo F. and Cromsigt J.P.G.M. 2020. Fifty years of European ungulate dietary studies: a synthesis. *Oikos*, 129: 1668-1680. <https://doi.org/10.1111/oik.07435>
- Spitzer R., Coissac E., Felton A., Fohringer C., Juvany L., Landman M., Singh N.J., Taberlet P., Widemo F., Cromsigt J.P.G.M. 2021. Small shrubs with large importance? Smaller deer may increase the moose-forestry conflict through feeding competition over *Vaccinium* shrubs in the field layer, *Forest ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118768>
- Vospersnik S. 2006. Probability of bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) in Austria. *Silva Fennica*, 40(4): 589-601