

Ugotavljanje učinkovitosti različnih pristopov pri izvajanju gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov z uporabo najbolj učinkovitega feromonskega pripravka in pasti - zaključno poročilo

Maarten de Groot, Tine Hauptman, Luka Capuder, Martin Križaj, Marija Kolšek, Simon Zidar

Ljubljana, oktober 2025

Gozdarski inštitut Slovenije

Biotehniška fakulteta

Zavod za gozdove Slovenije

Financerji:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano,

Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

Povzetek

Namnožitve podlubnikov, ki so večinoma sledile veliko površinskim motnjam, ki so posledica podnebnih sprememb, so v zadnjih desetletjih povzročile veliko smrtnost dreves in škodo v gozdnih ekosistemih. Po sečnji dreves se tradicionalno ostanki vej zlagajo v kupe, da se zmanjša možnost razmnoževanja podlubnikov in s tem tveganje za nadaljnje napade v okoliških sestojih. Po drugi strani pa so sečni ostanki lahko pomembni za biotsko raznovrstnost. Ob očitnem zmanjšanju količine mrtvega lesa v evropskih gozdovih, sečni ostanki namreč pomenijo pomemben habitat saproksilne favne. Zato smo začeli s projektom (V4-2218 „Ugotavljanje učinkovitosti različnih pristopov pri izvajanju gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov z uporabo najbolj učinkovitega feromonskega pripravka in pasti“ 1.10. 2022–30.9.2025), s katerim smo raziskovali vpliv sečnih ostankov na podlubnike in kakšne so možnosti za implementacijo ugotovitev v praksi. Cilji projekta so bili:

1. ugotoviti pomen sečnih ostankov po sečnji za nadaljnje izbruhe smrekovih podlubnikov;
2. ugotoviti vpliv geografskih in podnebnih dejavnikov ter različnih pristopov gozdnega reda za zmanjševanje tveganj za nadaljnje izbruhe podlubnikov;
3. ugotoviti pomen odpadle skorje napadenih dreves kot vira smrekovih podlubnikov za naslednjo sezono s pomočjo ugotavljanja pravočasne izdelave lubadark poletnega napada smrekovih podlubnikov na pojav žarišč smrekovih podlubnikov v naslednji sezoni;
4. spremljanje učinkovitosti gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov z uporabo pasti in feromonov, ki so se izkazali kot najbolj učinkoviti za spremljanje smrekovih podlubnikov za potrebe napovedovanja prenamnožitev;
5. usposobljenost izvajalcev gozdnih del za izvajanje primerne gozdnega reda po sanitarnih sečnjah zaradi smrekovih podlubnikov;
6. pripraviti predlog sprememb pravne ureditve za področje gozdnega reda.

Poglavje 3, rezultati DS1, dejavnost 1, prikazuje rezultate raziskave o vplivu različnih načinov ravnanja s sečnimi ostanki na podlubnike in biodiverziteti žuželk na različnih nadmorskih višinah in različnih območjih, ki je bila opravljena leta 2023. Osredotočili smo se na sečne ostanki smreke in na ta material vezane podlubnike (Scolytinae), saproksilne redove žuželk, družine hroščev in vrste iz družine kozličkov (Cerambycidae). Pripravili smo štiri različne obravnave: 1) sečni ostanki zloženi v kupe, 2) sečni ostanki razporejeni po gozdnih tleh, 3) sečni ostanki odstranjeni iz gozda, 4) kontrolne ploskve brez sečnje. Na vsaki lokaciji je bilo za vsako obravnavo pripravljenih pet ploskev. V različnih delih Slovenije smo izbrali tri lokacije: eno na višji nadmorski višini in dve na nižjih nadmorskih višinah. Ves ulov smo določili do nivoja redu, hrošče smo identificirali do nivoja družine, kozličke (Cerambycidae) in podlubnike (Curculionidae: Scolytinae) pa do nivoja vrste. Ugotovili smo, da so obravnave s sečnimi ostanki na raziskovalnih ploskvah privabila največ redov žuželk in največje število hroščev iz različnih družin, vključno z kozlički. Poleg tega smo ugotovili, da se je sestava vrst razlikovala med kontrolnimi ploskvami in ploskvami z različnimi načini ravnanja s sečnimi ostanki, čeprav ni bilo opaziti razlike v bogastvu vrst. Ploskve z sečnimi ostanki v kupih in ploskve z razporejenimi sečnimi ostanki so privabile več podlubnikov in večje število vrst podlubnikov. Debele veje so bile pogostejše napadene na ploskvah, kjer so bili sečni ostanki razporejeni po tleh. En mesec po obravnavi razlik v številu sveže napadenih dreves med ploskvami z različnimi obravnavami ni bilo.

V poglavju 4, rezultati DS1, aktivnost 2, smo proučevali vpliv mikroklimе na ravnanje s sečnimi ostanki. Cilj te študije je bil razumeti vpliv presvetljenosti sečnih ostankov na stopnjo napada podlubnikov pri različnih načinih ravnanja s sečnimi ostanki smreke. Študija je potekala leta 2024 v Kočevju, na jugu Slovenije. Ponovno smo pripravili štiri različne obravnave: 1) sečni ostanki zloženi v kupe, 2) sečni ostanki razporejeni po gozdnih tleh, 3) sečni ostanki odstranjeni iz gozda, 4) kontrolne

ploskve brez sečnje. Vsaka obravnava je bila izvedena na petih ploskvah. Polovica raziskovalnih ploskev je bila v sestojih, kjer je bila presvetljenost sečnih ostankov > 50 %, polovica pa v sestojih, kjer je bila presvetljenost < 40%. Vlago in temperaturo smo merili dva meseca, in sicer na eni ploskvi vsake obravnave in različne mikroklimatske razmere. Poleg tega smo za obdobje dveh mesecev postavili past brez vabe, da bi ujeli vrste, ki tam letajo, s posebnim poudarkom na podlubnikih. Po dveh mesecih smo na ploskvah s sečnimi ostanki v kupih vzorčili po dve tanki veji z vrha kupa in dve debeli veji iz notranjosti kupa oziroma naključno na ploskvah, kjer so bili sečni ostanki razporejeni po tleh. Poleg tega smo opravili tudi pregled desetih odraslih in deset mladih dreves na ploskev, in s tem preverjali morebitno napadenost s podlubniki. Ploskve s sečnimi ostanki so privabile večje število hroščev, medtem ko so bili dvokrilci (Diptera) bolj številčni na ploskvah z večjo presvetljenostjo. Pri kožekrilcih (Hymenoptera) je prišlo do interakcije med različnimi obravnavami in presvetljenostjo. Ugotovili smo, da je bilo na ploskvah s sečnimi ostanki več podlubnikov, prav tako je bilo v splošnem na ploskvah z večjo presvetljenostjo številčnost podlubnikov večja. Slednje je veljalo tudi za *I. typographus* in *P. chalcographus*. Plenilec *Thanasimus formicarius* je bil številčnejši na ploskvah s sečnimi ostanki. Debele veje so imele več rovnih sistemov podlubnikov, ko so bile razporejene po tleh, vendar so imele več izhodnih odprtih manjših podlubnikov na ploskvah z manjšo presvetljenostjo, medtem ko je bilo več izhodnih odprtih večjih podlubnikov na ploskvah z večjo presvetljenostjo. Pri tankih vejah ni bilo razlik v številu izhodnih odprtih med različnimi obravnavami sečnih ostankov in presvetljenostjo. Pri pregledu rogov vrste *Pityogenes chalcographus* smo ugotovili značilen vpliv obravnave ter pomembno interakcijo med presvetljenostjo in obravnavo sečnih ostankov. To pomeni, da je bilo več rogov, kadar so bili sečni ostanki razporejeni po gozdnih tleh. Interakcija je pokazala, da je bilo število rogov še večje, kadar so bili ostanki razporejeni po gozdnih tleh in manj presvetljeni. Odrasla drevesa so bila bolj napadena na presvetljenih ploskvah in s sečnimi ostanki zloženimi v kupe. Rezultati kažejo, da je učinek ravnanja s sečnimi ostanki odvisen od presvetljenosti lokacije. Zato predlagamo, da se v sestojih z zaprtim sklepom krošenj in manjšo presvetljenostjo sečne ostanke zлага v kupe, v sestojih z odprtim sklepom krošenj in večjo presvetljenostjo pa se sečne ostanke razporedi po gozdnih tleh.

V poglavju 5, smo ugotavljali vpliv repelenta na prisotnost podlubnikov v sečnih ostankih. Podlubniki, zlasti veliki smrekov lubadar (*Ips typographus*), predstavljajo enega najresnejših škodljivcev smrekovih gozdov v Sloveniji in Evropi. Namen raziskave je bil oceniti vpliv uporabe repelenta na napadenost sečnih ostankov in sestavo podlubnikovih združb. S tem namenom smo preverili prisotnost in napadenost vej s podlubniki s pomočjo vzorčenja veja iz kupov sečnih ostankov. Poleg tega smo izvedli tudi analizo ulova iz pasti. Vzorčenje vej iz smrekovih ostankov je pokazalo visoko skupno prisotnost podlubnikov, pri čemer je bilo zabeleženih 7262 lukenj. Debelejše veje so bile izraziteje napadene in so gostile več vrst ter več rovnih sistemov kot tanjše, kar potrjuje, da debelina lesa pomembno vpliva na intenzivnost kolonizacije. Uporaba repelenta ni bistveno zmanjšala števila lukenj ali rogov, čeprav se je pri *I. typographus* pokazal možen delni odvrtilni učinek. Skupno je bilo določenih devet vrst podlubnikov, med katerimi so prevladovali *Pityogenes chalcographus*, *I. typographus* in *Dryocoetes autographus*. Ulov s pastmi je potrdil podobne trende, saj so bile razlike med obravnavanji z in brez repelenta majhne. Rezultati kažejo, da repelent v danih pogojih ni imel doslednega zaščitnega učinka, vendar nakazujejo potrebo po nadaljnjih raziskavah z večjim številom vzorcev in daljšim časom opazovanja za natančnejšo oceno njegove učinkovitosti pri omejevanju napadov podlubnikov na sečne ostanke.

V poglavju 6, DS 2, smo ugotavljali, ali kasnejša izvedba sanacije žarišč pozno poletnega napada podlubnikov v zimskem času poveča tveganje za pojav žarišč smrekovih podlubnikov v naslednjem letu. V primeru pozno poletnega oziroma jesenskega napada osmerozobega smrekovega lubadarja (*Ips typographus*) relativno velik delež populacije nekega območja prezimuje v napadenih drevesih. Ker v zimskem času podlubniki niso aktivni in ne letajo, hitra izdelava lubadark ni tako nujna kot v poletnem

času, rok izdelave lubadark je večinoma v marcu. V tem času lahko z napadenih smrek odpade velk del skorje, z njo pa na gozna tla odpadejo tudi osebki podlubnikov, ki se lahko na ta način izognejo zatiralnim ukrepom in ostanejo v gozdu tudi po izvedbi sanitarne sečnje. Raziskava je potekala v dveh ponovitvah. V prvem letu smo na območju GGO Novo mesto izbrali 20 žarišč, in sicer 10 žarišč na nižjih legah (pod 500 m n.v.) in 10 na višjih legah (nad 500 m n.v.). Polovica žarišč na višjih in nižjih legah je bila posekana v jeseni 2023 (november), na polovici žarišč pa je bila sečnja izvedena spomladi 2024 (marec). V drugem letu smo višjeležeča žarišča izbrali na območju Pokljuke, žarišča na nižjih nadmorskih višinah pa v bližini Kočevja. Tudi v tem primeru smo izbrali 20 žarišč poznega napada osmerozobega smrekovega lubadarja, in sicer na vsakem območju 5 takih, ki so bila sanirana jeseni 2024, in 5 takih, ki so bila sanirana v marcu 2025. Pri obeh ponovitvah smo približno dva meseca po izvedbi spomladanske sanitarne sečnje izvedli popis vseh izbranih saniranih žarišč. Pri popisu smo se osredotočili na dve stvari: 1) količina odpadle skorje in 2) znaki napada podlubnikov na okoliških smrekah. Pri prvi ponovitvi smo kasneje preverili tudi količino sanitarne sečnje, ki je bila zaradi podlubnikov v letu 2024 izvedena v širši okolici naših raziskovalnih ploskev. Naša raziskava je pokazala, da je količina odpadle skorje iz napadenih dreves na lokacijah, kjer se je sečnja izvajala pozno (konec zime oz. zgodaj spomladi) značilno večja kot na lokacijah, kjer se je sanitarna sečnja izvedla zgodaj (jeseni). V obeh ponovitvah je bilo na višje ležečih lokacijah na tleh v povprečju prisotne več odpadle skorje kot na nižje ležečih lokacijah. Kljub vsemu pa večja količina odpadle skorje ni vplivala na število napadenih dreves oziroma količino sanitarne sečnje v naslednji vegetacijski sezoni, saj razlike med ploskvami z različnim časom sanitarne sečnje niso bile statistično značilne. Količina sanitarne sečnje v letu 2024 je bila v okolici naši raziskovalnih ploskev v GGO Novo mesto večja na višjih nadmorskih višinah, ob drugi ponovitvi pa je bilo število sveže napadenih dreves v okolici raziskovalnih ploskev na Kočevskem (nižje lokacije) značilno večje kot v okolici raziskovalnih ploskev na Pokljuki (višje lokacije).

V poglavju 7 (DS3), smo na podlagi rezultatov projekta pripravili strokovna navodila za ravnanje s sečnimi ostanki. Predlagamo tri različne načine, in sicer 1) zlaganje sečnih ostankov v kupe, 2) razporejanje sečnih ostankov po gozdnih tleh in 3) odstranitev sečnih ostankov iz gozda. V navodilih so predstavljene prednosti in slabosti posameznega načina ter v katerih razmerah je posamezen način ravnanja primeren.

V poglavju 8 (DS3) opisujemo dejavnosti, ki so bile izvedene za promocijo in ozaveščanje ljudi o rezultatih projekta. Pripravili smo tri delavnice, in sicer za Zavod za gozdove Slovenije, SiDG in druge izvajalce. Da bi rezultati naše raziskave dosegli strokovno in širšo javnost smo pripravili kratek film, strokovni članek in številne objave na Facebooku.

V poglavju 9 prikazujemo rezultate DS4, v katerem smo opravili pregled prakse in zakonodaje v zvezi z ravnanjem s sečnimi ostanki v Evropi. Zbrali smo strokovnjake za zdravje gozdov iz 20 evropskih držav, da so na podlagi vprašalnika posredovali informacije o ravnanju s sečnimi ostanki v posameznih evropskih državah. Ugotovili smo, da ima večina držav ravnanje s sečnimi ostanki bodisi urejeno z zakonodajo ali pa da se izvaja v praksi. Skoraj 60 % držav izvaja različne načine ravnanja s sečnimi ostanki v okviru aktivnosti za obvladovanje podlubnikov. Večina teh držav je iz območjih, kjer je v zadnjih desetletjih prišlo do obsežnih izbruhov podlubnikov, v največ primerih pa gre za ravnanje s sečnimi ostanki sečnje smreke in različnih vrst borov. Glavna načina, ki se uporabljata sta zlaganje sečnih ostankov v kupe in mulčenje sečnih ostankov. V Evropi pa ravnanje s sečnimi ostanki ni usmerjeno le v obvladovanje podlubnikov, ampak se pogosto omenja tudi uporaba za bioenergijo, manj pogosto pa je razlog ohranjanje biotske raznovrstnosti. Raznolikost praks v Evropi odraža politične sisteme in klimatske razlike med območji. Ta pregled prikazuje razlike med različnimi praksami ravnanja s sečnimi ostanki, ki se uporabljajo v Evropi, in razloge za uporabo teh praks. Zbrali smo tudi vse izvlečke zakonodajnih besedil iz različnih držav, ki se nanašajo na ravnanje s sečnimi

ostanki. Poleg tega predstavljamo predlagane spremembe 10. člena Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov.

Poglavje 10 prikazuje zaključke projekta. Zaključek projekta je, da lahko v različnih okoljskih razmerah uporabimo različne načine ravnanja s sečnimi ostanki. Pripravili smo navodila o tem kako v prihodnje ravnati s sečnimi ostanki, usposobili gozdarje in predlagali ustrezne spremembe zakonodaje. S tem projektom smo pripomogli k izboljšanju prihodnjega sodelovanja na področju obvladovanja podlubnikov. Priporočila projekta so predstavljena v navodilih v poglavju 7.

Summary

Bark beetle outbreaks have caused large-scale tree mortality and damage in recent decades, primarily following an increase in large-scale forest disturbances induced by climate change. After tree logging operations, left over branches are traditionally piled to make the potential brood material less suitable for bark beetles, thereby lowering the risk of subsequent attacks on surrounding trees. On the other hand, the residues could prove valuable to biodiversity by supplementing important habitat, given the apparent decline in deadwood in European forests and its associated saproxylic fauna. Therefore we started the project (V4-2218 "Ugotavljanje učinkovitosti različnih pristopov pri izvajanju gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov z uporabo najbolj učinkovitega feromonskega pripravka in pasti" 1.10.2022-30.9.2025) to investigate the influence of forest residues in bark beetles and how we can implement this in practice. The aims of the project are:

1. Determine the significance of logging residues after felling for further outbreaks of spruce bark beetles.
2. Determine the impact of geographical and climatic factors and different forest management approaches on reducing the risk of further bark beetle outbreaks.
3. to determine the importance of fallen bark from infested trees as a source of spruce bark beetles for the following season by determining the timely production of summer spruce bark beetle pupae on the occurrence of spruce bark beetle outbreaks in the following season;
4. monitor the effectiveness of forest management practices for preventing bark beetle infestations using traps and pheromones, which have proven to be the most effective for monitoring spruce bark beetles for the purpose of predicting infestations;
5. training forestry workers to implement appropriate forest management after sanitary felling due to spruce bark beetles;
6. preparing a proposal for amendments to the legal framework for forest management.

Chapter 3, results of DS1, activity 1, shows the results of the study on the effect of the residue management on bark beetles and other biodiversity in different altitudes and different areas which was done in 2023. We focused on Norway spruce felling residues, their associated bark beetle pests and saproxylic insect orders, beetle families, and Cerambycidae species. We prepared four treatments: (i) logging residues in piles, (ii) scattered logging residues, (iii) logging residues removed, and (iv) a control plot with no felling activity. Five plots per treatment were established at each site. In total, three sites were selected: one at a high elevation and two at lower elevations in different parts of Slovenia. The catch was counted to the order level, the attracted beetles were identified to the family level, and Cerambycidae and Scolytinae to the species level. We found that the treatments with residues attracted the highest diversity of insect orders and the most beetles across different families, including Cerambycidae. Furthermore, we found that the species composition differed between control and residue treatments, although no difference was observed in species richness. More bark beetles and a higher number of bark beetle species were attracted to both piled and scattered residues. Thick branches were more frequently attacked in scattered residues. There was no difference in the number of attacked trees (within a plot) one month after treatment.

In chapter 4, results of DS1, activity 2, we investigated the influence of microclimate on felling residue management. The aim of this study was to understand the influence of canopy openness on the attack rate by bark beetles for different measures of felling residue management of Norway spruce. This study took place in 2024 in Kočevje in the south of Slovenia. We used four different residue treatments: felling residue removed, felling residues in piles and scattered felling residues

and a control where no management took place. For every treatment, it had five replicates in 1) 100 to 50% crown cover and 2) 0% crown cover. The humidity and the temperature were measured for two months in one plot per treatment per microclimate. Furthermore, we set a trap without attraction for two months, to catch species which are flying around there, with special regard to bark beetles. Additionally, after two months we took in the treatments with residuals, per plot two thin branches from the top of the pile and thick branches from inside the pile or randomly from the plots with scattered residues. After the measurements, we also checked ten mature trees and 10 saplings per plot, to see whether they were attacked by bark beetles. Beetles were more affected by more residues in the plots, while flies had were more abundant in plots with open canopy. Hymenoptera had an interaction between residue treatment and openness of canopy. We found that the plots with residues had more bark beetles, while in general open canopy plots had higher abundance than closed canopy plots. While *I. typographus* and *P. chalcographus* had higher abundance in plots with open canopy. The predator *Thanasimus formicarius* was more abundant in residue treatments. The thick branches had more bark beetle galleries when the residues was scattered, but had more exit holes of smaller bark beetles in closed canopy plots, while more exit holes of larger bark beetles in open canopy plots. For thin branches there were no differences in exit holes between residues and openness of canopy, but there were more galleries when the residues were scattered and even more when the residues were the canopy was closed. The mature trees were more attacked in plots with open canopy and with residues in piles. The results show that the effect of residue management is affected by the canopy openness. We therefore suggest that the residue management with closed canopy is done in piles, while with open canopy, the residue management is with scattered residues.

In Chapter 5, we examined the effect of a repellent on the presence of bark beetles in felling residues. Bark beetles, particularly the spruce bark beetle (*Ips typographus*), represent one of the most serious pests of Norway spruce forests in Slovenia and across Europe. The aim of the study was to assess the impact of repellent use on the infestation of felling residues and on the composition of bark beetle communities. For this purpose, we examined the presence and infestation of branches by bark beetles through sampling branches from piles of felling residues. In addition, we analyzed trap catches. Branch sampling from spruce residues showed a high overall presence of bark beetles, with a total of 7262 entry holes recorded. Thicker branches were more heavily infested and hosted a greater number of species and gallery systems than thinner ones, confirming that wood thickness significantly influences the intensity of colonization. The use of the repellent did not significantly reduce the number of holes or galleries, although a possible partial deterrent effect was observed for *I. typographus*. In total, nine bark beetle species were identified, with *Pityogenes chalcographus*, *I. typographus*, and *Dryocoetes autographus* being dominant. Trap catches confirmed similar trends, as the differences between treatments with and without the repellent were minor. The results indicate that the repellent, under the given conditions, did not have a consistent protective effect, but for further research with a larger sample size and a longer observation period is needed to more accurately assess its effectiveness in limiting bark beetle attacks on felling residues.

In Chapter 6, WP 2, we tested whether the later implementation of sanitary felling of late summer bark beetle infestation sites in winter increases the risk of spruce bark beetle infestations in the following year. In the event of a late summer or autumn attack by the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus*), a relatively large proportion of the bark beetle population overwinters in infested trees. Since bark beetles are not active and do not fly during the winter, the rapid felling of attacked trees is not as urgent as in the summer, and the deadline for sanitary felling is usually in March. During this time, a large part of the bark can fall off the infested spruce trees, and with it, the bark beetles also fall to the forest floor, where they can avoid control measures and remain in the

forest even after sanitary felling. The study was conducted in two repetitions. In the first year, we selected 20 outbreak locations in the Novo mesto GGO area, 10 outbreaks at lower altitudes (below 500 m above sea level) and 10 at higher altitudes (above 500 m above sea level). Half of the outbreaks at higher and lower altitudes were cut down in autumn 2023 (November), while the other half were cut down in spring 2024 (March). In the second year, we selected higher-altitude outbreaks in the Pokljuka area and lower-altitude outbreaks near Kočevje. In this case, we also selected 20 stands, infested by the eight-toothed spruce bark beetle, namely 5 in each area, where sanitary felling took place in autumn 2024 and 5, where infested trees were cut in March 2025. In both repetitions, approximately two months after the spring sanitary felling, we conducted an inventory of all selected research plots. During the inventory, we focused on two things: 1) the amount of fallen bark and 2) signs of bark beetle infestation on surrounding spruce trees. During the first repeat survey, we also checked the amount of sanitary felling that had been carried out in the wider area around our research plots in 2024 due to bark beetles. Our research showed that the amount of fallen bark from infested trees in locations where logging was carried out late (late winter or early spring) was significantly higher than in locations where sanitary logging was carried out early (in autumn). In both repetitions, there was on average more fallen bark on the ground at higher locations than at lower locations. However, the greater amount of fallen bark did not affect the number of infested trees or the amount of sanitary felling in the following growing season, as the differences between areas with different sanitary felling times were not statistically significant. The amount of sanitary felling in 2024 was greater at higher altitudes in GGO Novo mesto, while in the second repetition, the number of freshly attacked trees in the vicinity of the research plots in Kočevsko (lower locations) was significantly larger than in the vicinity of the research plots in Pokljuka (higher locations).

In chapter 7 (WP3), we presented the instructions, where also the results are implemented. We propose that three approaches can be used for felling residue management: remove residues, residues in piles and residues scattered. We also add in which context the residues management approaches can be used.

In chapter 8 (WP3) we describe the activities which were done to promote and educate people about the results of the project. We prepared 3 workshops for Slovenia Forest Service, SiDG and other forest workers. Furthermore, we prepared a short film, professional article and many facebook posts to inform professionals and general public about the results.

In chapter 9, we show the results of DS4, an overview of practice and legislation regarding felling residue management in Europe. We gathered forest health experts from 20 European countries to provide information on residue management based on a questionnaire. We found that most of the countries had either felling residue management in their legislation or in practice. Almost 60% of the countries applied the felling residue management in the context of bark beetle management. These countries were mainly in the areas where large scale outbreaks occurred in the last decades. The felling management was mainly used for *Picea alba* and *Pinus* spp. The main methods were putting the residues in piles and mulching the residues. Besides bark beetle management, usage for bioenergy was a frequently mentioned rationale for residue management - more often than biodiversity conservation. The diversity of the practices in Europe reflects political systems and climatic gradients. This overview shows the variation of different practices of felling residue management used in Europe and the reason why these practices are used. We also gathered all the excerpts of the legislation texts from the different countries. Furthermore, we show the suggested

changes for article 10 for the Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov.

Chapter 10 shows the conclusions of the project. The conclusion of the project is that the different management approaches can be used under different environmental conditions. We prepared a navodilo, trained foresters and proposed changes in legislation to how to use felling residue management in the future. With this project we also improved the collaboration on this topic for the future. The recommendations of the project are presented in instructions provided in Chapter 7.

Kazalo

POVZETEK.....	1
SUMMARY.....	6
1. UVOD	13
2. PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	15
3. RAVNANJE Z SEČNJIMI OSTANKIMI: VPLIV OD NADMORSKA VIŠINA IN GEOGRAFSKO OBMOČJE	18
3.1 Uvod	18
3.2 Materiali in metode.....	19
3.2.1 Opis območja	19
3.2.2 Eksperimentalna zasnova raziskave	21
3.2.3 Protokol vzorčenja	22
3.2.4 Analiza.....	24
3.3 Rezultati	25
3.3.1 Terenske razmere.....	25
3.3.2 Biotska raznovrstnost in upravljanje s sečnimi ostanki	26
3.3.3 Podlubniki in ravnanje s sečnimi ostanki	31
3.4 Razprava.....	34
3.4.1 Implikacije za gospodarjenje z gozdovi	36
4. RAVNANJE S SECNIMI OSTANKI: PRESVETLJENOST SECNIH OSTANKOV.....	38
4.1 Uvod	38
4.2 Materiali in metode.....	39
4.2.1 Opis območja	39
4.2.2 Zasnova poskusa raziskave.....	40
4.2.3 Protokol popisovanja	41
4.2.4 Statistična analiza.....	42
4.3 Rezultati	43
4.3.1 Opis ploskev	43
4.3.2 Ulov v pasti.....	47
4.3.3 Napadenost vej	54
4.3.4 Napadenost drevesa	57

4.4	Razprava.....	58
5.	RAVNANJE S SEČNIMI OSTANKI: UPORABA REPELENTA ZA ZMANJŠANJE NAPADOV NA SEČNE OSTANKE V KUPIH.....	62
5.1	Uvod	62
5.2	Metode	62
5.2.1	Terenski poskus	63
5.3	Rezultati	65
5.3.1	Vzorčenje vej iz sečnih ostankov v kupih.....	65
5.3.2	Ulov podlubnikov v pasteh	68
5.4	Razprava.....	71
6.	POMEN ODPADLE SKORJE S PODLUBNIKI NAPADENIH SMREK KOT VIRA SMREKOVIH PODLUBNIKOV V NASLEDNJI SEZONI	73
6.1.	Uvod	73
6.2.	Materiali in metode	74
6.3.	Rezultati	77
	Popis raziskovalnih ploskev v GGO Novo mesto v letu 2024	77
	Analiza sanitarne sečnje v okolici raziskovalnih ploskev v letu 2024	78
	Popis raziskovalnih ploskev v okolici Kočevja in na Pokljuki v letu 2025	78
6.4.	Razprava.....	80
7.	NAVODILA	83
	Kupi	83
	Razporejeno.....	83
	Odstranjeno iz sestoja.....	84
	Pravila ravnanja s sečnimi ostanki.....	84
8.	RAZŠIRJANJE REZULTATOV PROJEKTA.....	86
8.1	Seminarji in navodilo.....	86
8.2	Osveščanje splošne javnosti	86
9.	ZAKONODAJA IN RAVNANJE S SEČNIMI OSTANKI V SLOVENIJI IN DRUGIH EVROPSKIH DRŽAVAH.....	88

9.1	Zakonodaja in ravnanje s sečnimi ostanki v Evropi	88
9.1.1	Uvod.....	88
9.1.2	Materiali in metode	89
	Opis območja.....	89
	Protokol raziskave.....	90
	Statistična analiza	91
9.1.3	Rezultati	91
9.1.4	Razprava.....	95
9.2	Predlog spremembe 10. člena Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, pravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov	97
10.	ZAKLJUČKI.....	100
11.	ZAHVALA.....	101
12.	LITERATURA	102
13.	PRILOGE.....	114

1. Uvod

V zadnjih desetletjih so evropski gozdovi pod številnimi pritiski zaradi globalizacije in klimatskih sprememb. Negativni dejavniki vplivajo na vse funkcije gozdov, kot so proizvodne, ekološke in socialne. Poleg velikih izgub lesa se negativen vpliv kaže tudi v slabši stabilnosti in zmanjšani odpornosti gozdov. V zadnjih dveh desetletjih imajo na gozdove pri nas velik negativen vpliv predvsem suše, žledolomi in vetrolomi, ki so praviloma vzročno-posledično povezani s prenamnožitvijo smrekovih podlubnikov. Od podlubnikov škodo v gozdovih povzroča v glavnem osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus*). Omeniti pa velja tudi šesterozobega smrekovega lubadarja (*Pityogenes chalcographus*), ki je pomemben predvsem s tega vidika, da oslabi drevesa, ki nato običajno postanejo dovzetna za napad osmerozobega smrekovega lubadarja. Proti podlubnikom pri nas uporabljamo integralno metodo varstva gozdov pred podlubniki, ki združuje več različnih ukrepov, ki delujejo preprečevalno, preprečevalno-zatiralno in zatiralno.

Kako izvajanje gozdnega reda vpliva na razvoj in številčnost populacije podlubnikov, je še zelo neraziskano področje. V predlaganem projektu se bomo osredotočili na to, kako z ravnanjem s sečnimi ostanki na določen način lahko preprečimo pojav oz. širjenje prenamnožitev podlubnikov. V izogib velikopovršinskim izbruhom podlubnikov po večjih naravnih ujmah, je treba poškodovana drevesa v najkrajšem možnem času posekati in odstraniti iz gozda. Izkazalo se je, da je to ključno za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov. Prav tako je pomembno čim zgodnejše odkrivanje s podlubniki napadenih dreves, njihov pravočasen posek in odstranitev vsega napadenega materiala iz gozda, preden podlubniki izletijo iz skorje. V primeru obsežnih naravnih ujm je spravilo poškodovanega drevja močno upočasnjeno zaradi velikih količin lesa, omejitev delovne sile in zasičenosti trga z lesom. V takih razmerah se pogosto zgodi, da sečnim ostankom izvajalci ne namenijo veliko pozornosti in jih pustijo v gozdu neurejene. Vendar pa velike količine sečnih ostankov, ki ostanejo v gozdu, lahko predstavljajo znaten vir podlubnikov in tveganje za pojav oz. širjenje prenamnožitev. Zato je pomembno vedeti, kakšen vpliv imajo sečni ostanki oz. različni načini ravnanja z njimi na pojav prenamnožitev podlubnikov.

Ravnanje s sečnimi ostanki oziroma izvajanje gozdnega reda med drugim pomeni, da s sečnimi ostanki ravnamo na način, da onemogočimo oz. preprečimo razvoj škodljivih organizmov, zlasti podlubnikov. V evropskem prostoru se s sečnimi ostanki ravna v glavnem na dva načina. V enem primeru se veje in vrhači zlagajo v kupe z debelejšimi konci obrnjenimi navznoter – tako zlaganje naj bi onemogočalo naselitev osmerozobega smrekovega lubadarja v veje in vrhače, ki ostanejo v gozdu. V drugem primeru pa se veje in vrhači razprostrejo po tleh – tako razporejene veje in vrhači naj bi se hitro izsušili in zaradi tega postali neprimerni za naselitev podlubnikov. Vendar pa ni znano, kako okoljske razmere na različnih mikrolokacijah vplivajo na učinkovitost teh dveh načinov za preprečevanje napadov in prenamnožitev smrekovih podlubnikov.

V predlaganem projektu bo naš glavni cilj ugotoviti učinkovitost različnih pristopov pri izvajanju gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov. Učinkovitost različnih načinov izvajanja gozdnega reda bomo spremljali z uporabo najbolj učinkovitega feromonskega pripravka in pasti. Izdelali bomo navodila za učinkovito izvajanje gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov v različnih klimatskih in geografskih pogojih. Eden od izzivov, ki nas čaka, je sodelovanje z izvajalci in lastniki gozdov, zato bomo temu segmentu v projektu posvetili posebno pozornost. Podrobnejši cilji, ki jih bomo zasledovali tekom projekta, so zapisani spodaj.

Cilji projekta:

1. ugotoviti pomen sečnih ostankov po sečnji za nadaljnje izbruhe smrekovih podlubnikov;

2. ugotoviti vpliv geografskih in podnebnih dejavnikov ter različnih pristopov gozdnega reda za zmanjševanje tveganj za nadaljnje izbruhe podlubnikov;
3. ugotoviti pomen odpadle skorje napadenih dreves kot vira smrekovih podlubnikov za naslednjo sezono s pomočjo ugotavljanja pravočasne izdelave lubadark poletnega napada smrekovih podlubnikov na pojav žarišč smrekovih podlubnikov v naslednji sezoni;
4. spremljanje učinkovitosti gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov z uporabo pasti in feromonov, ki so se izkazali kot najbolj učinkoviti za spremljanje smrekovih podlubnikov za potrebe napovedovanja prenamnožitev;
5. usposobljenost izvajalcev gozdnih del za izvajanje primerne gozdnega reda po sanitarnih sečnjah zaradi smrekovih podlubnikov;
6. pripraviti predlog sprememb pravne ureditve za področje gozdnega reda.

S predlaganim projektom želimo razjasniti pomen izvajanja gozdnega reda za varstvo gozdov v Sloveniji. V projektu bomo preučili uporabo različnih načinov izvajanja gozdnega reda v različnih podnebnih in geografskih razmerah ter v pogojih različne izpostavljenosti sečnih ostankov sončni pripeki (pri redčenju sestojev, na огоlelih površinah po sanacijskih sečnjah). Razjasnili bomo pomen sečnih ostankov za pojav prenamnožitev podlubnikov ter rezultate uporabili za optimizacijo izvajanja gozdnega reda. Preučili bomo tudi, ali skorja, ki z lubadark iz poletnega napada odpade čez zimo, predstavlja vir podlubnikov za naslednjo sezono in jo je zato treba zbirati in uničiti.

V sklopu projekta bomo pripravili navodila za izvajanje gozdnega reda, ki bo najbolj ustrezen glede na geografske in ekološke razmere na izbrani lokaciji. Navodila bodo temeljila na rezultatih predlagane raziskave. Namenjena bodo delavcem ZGS in izvajalcem gozdnih del, predstavljena jim bodo na izobraževalnih dogodkih - delavnicah. Poleg tega se bomo zavzemali, da bo ta tematika v bližnji prihodnosti zajeta v predmetnik študijskega programa gozdarstva.

Predlagani projekt je nadaljevanje projekta "Izboljšanje sistema spremljanja ulova smrekovih podlubnikov v kontrolne feromonske pasti in sistema polaganja kontrolnih nastav ter izdelava aplikacije za načrtovanje lokacij in števila kontrolnih pasti ter kontrolnih nastav po ureditvenih enotah Zavoda" (V4-1822). V predlaganem projektu bomo uporabili tip pasti in feromonskega pripravka, ki smo ju na podlagi projekta V4-1822 izbrali kot najboljše za spremljanje številčnosti podlubnikov *Ips typographus*. Pasti z vabo bomo uporabili za ugotavljanje, kako posamezni način izvajanja gozdnega reda vpliva na prenamnožitev podlubnikov oz. kako lahko z izvajanjem gozdnega reda na določen način preprečimo pojav in širjenje žarišč smrekovih podlubnikov.

2. Predstavitev problema

V času globalizacije in podnebnih sprememb so podlubniki ena glavnih groženj za gozdove pri nas in širše v svetu. V zadnjih desetletjih je bilo v Severni Ameriki in Evropi že več obsežnih kalamitet oz. prenamnožitev podlubnikov (Vega in Hofstetter, 2015) s katastrofičnimi posledicami za ekonomijo in skladiščenje ogljika v luči podnebnih sprememb (Seidl in sod., 2014).

V zadnjih 20 letih sta bili v Sloveniji dve veliki prenamnožitvi podlubnikov *Ips typographus*. Prva, v obdobju med 2003 in 2007, je bila posledica suše in visokih temperatur v letu 2003 (ZGS, 2021). Druga, ki se je začela leta 2015, pa je bila posledica žledoloma februarja 2014 (Nagel in sod., 2016). V obeh primerih je zaradi prenamnožitve prišlo do izrazitega povečanja sanitarne sečnje zaradi žuželk oz. podlubnikov (de de Groot in sod., 2018). Vetrolom pozimi v letu 2017 je v le nekaj dneh zagotovil za več kot 2 milijona m³ podrtih dreves iglavcev oz. materiala za zaleganje podlubnikov. Kljub pričakovanjem, da bo na prizadetih območjih prišlo do prenamnožitev podlubnikov že v letu 2018, je bila po prvem rojenju leta 2018 številčnost *I. typographus* v večjem delu Slovenije pod pragom prenamnožitve (Ogris in Grece, 2018). Vendar se je tako kot v primeru žledoloma leta 2014, prenamnožitev pojavila v letu 2019 (ZGS, 2021).

V Sloveniji je pojem integralnega varstva gozdov uveljavljen že kar nekaj časa (Titovšek, 1988). Integralno varstvo gozdov med drugim vključuje sistem za zgodnje obveščanje z modeli za napovedovanje prenamnožitev podlubnikov, sistem spremljanja številčnosti populacije skozi sezono, ki omogoča zaznavanje prenamnožitev, ter uporabo različnih metod za preprečevanje prenamnožitev (npr.: sonaravno in trajnostno gospodarjenje z gozdovi, sanitarni posek).

V zadnjih letih so v Sloveniji raziskave na področju integralnega varstva gozdov pred podlubniki usmerjene v izboljšanje sistema zgodnjega obveščanja o pojavu prenamnožitev podlubnikov (Ogris in sod., 2019; Ogris in sod., 2020), optimizacijo sistema spremljanja populacijske dinamike podlubnikov na ozemlju Slovenije (Šramel in sod., 2021), napovedovanje količine sanitarne sečnje (de Groot in Ogris, 2022) in razumevanje pomena gospodarjenja z gozdom (de Groot in sod., 2019) ter lastništva na pojav prenamnožitev podlubnikov (de Groot in sod., 2021).

V splošnem velja, da sanitarni posek v ujmah poškodovanih dreves in s podlubniki napadenih dreves preprečuje oz. zmanjša verjetnost za prenamnožitev podlubnikov (Stadelmann in sod., 2014). Vendar pa v primeru žledoloma leta 2014 v Sloveniji (de Groot in sod., 2018) kljub sanitarni sečnji prenamnožitve podlubnikov marsikje ni bilo mogoče preprečiti niti omejiti. Vzrok za to je bil med drugim v tem, da zaradi izjemno velikih količin lesa, ki jih je bilo treba odstraniti iz prizadetih gozdov, pravočasna odstranitev marsikje ni bila mogoča. Po drugi strani je lahko razmere poslabšalo tudi neustrezno ravnanje s sečnimi ostanki oz. neustrezno izvajanje gozdnega reda, tudi zaradi žledoloma polomljeni vrhači smrek, ki so ostali v sestojih neizdelani.

V slovenski zakonodaji je ravnanje s sečnimi ostanki opredeljeno v Pravilniku o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov (UL RS 2013). Ta pravilnik opredeljuje in natančno določa postopek označevanja drevja za možni posek, izvedbo sečnje drevja, izdelave in spravi gozdnih lesnih sortimentov ter ureditev sečišča po poseku in spravi gozdnih

lesnih sortimentov. V svojem 10. členu določa kriterije, kdaj je sečišče urejeno, in sicer je to takrat, ko so:

- posekana vsa drevesa, ki so bila pri sečnji ali spravi močnejše poškodovana;
- iz gozda spravljene vsi gozdni lesni sortimenti;
- veje in vrhači iglavcev razžagani in zloženi na kupe oziroma v primeru strojne sečnje založeni tudi v sečne poti ali v primeru uporabe procesorske glave na dvigalu žičnice zloženi na kupe tudi ob kamionski cesti;
- pri redčenju ali panjevski sečnji debelejšje veje listavcev razžagane in razprostrte po gozdnih tleh;
- pri pomladitvenih sečnjah sečni ostanki zloženi tako, da ne ovirajo razvoja mladja;
- pri končnem poseku za umetno obnovo sečni ostanki primerno razžagani in zloženi v redi ali kupe tako, da je površina pripravljena za sajenje;
- odpravljene poškodbe na gozdnih tleh in gozdnih vlakih, ki predstavljajo nevarnost za pričetek erozije, in če so odstranjeni vsi sečni ostanki iz strug potokov in hudournikov;
- sečni ostanki odstranjeni z gozdnih poti in prometnic, z mejnikov, iz kaluž in vodnih izvirov ter s kmetijskih zemljišč in z zunanjih gozdnih robov;
- odstranjeni vsi nelesni odpadki, ki so nastali pri opravljanju del.

Tretja točka tega člena, t.j. zahteva po zlaganju razžaganih vej in vrhačev iglavcev v kupe, tako da prekrivajo svoje debelejšje konce, je bila leta 2004 s spremembo Pravilnika spremenjena tako, da način zlaganja ni bil več specificiran, je pa bila dodana zahteva po zlaganju razžaganih vej in vrhačev iglavcev v primeru strojne sečnje v sečne poti in v primeru uporabe procesorske glave na dvigalu žičnice na kupe tudi ob kamionski cesti. Danes se tako zahteva v 10. členu Pravilnika o izvajanju sečnje glasi: »veje in vrhači iglavcev razžagani in zloženi na kupe oziroma v primeru strojne sečnje založeni tudi v sečne poti ali v primeru uporabe procesorske glave na dvigalu žičnice zloženi na kupe tudi ob kamionski cesti.« V odločbi Zavoda, ki dovoljuje oz. predpisuje posek odkazanih dreves, pa je lahko v nekaterih primerih dodatno opredeljen način zlaganja, in sicer tako, da prekrivajo svoje debelejšje konce. Izvajanje gozdnega reda na ta način pa ni vedno mogoče. Gre namreč za fizično zahtevno delo in v primeru velikopovršinskih ujem gozdnega reda na ta način ni mogoče v celoti izvesti. Za take primere je zato primerno najti bolj ustrezen način odstranjevanja sečnih ostankov, napadenih s podlubniki.

V praksi se zlaganje vej izvaja v glavnem na dva načina – prvi način je ta, da se veje po sečnji zlagajo v kupe, drugi način pa je, da ostanejo razprostrte po tleh. Namen zlaganja je med drugim tudi preprečevanje namnožitve škodljivih vrst žuželk (npr. podlubnikov). Veje, ki ostanejo po sečnji, naselijo različne vrste škodljivih žuželk, kot so *Pityogenes chalcographus*, *Ips typographus*, in *Hylobius abietis* (Foit, 2015; Kacprzyk in Bednarz, 2015; Hanssen in sod., 2018). Za osmerozobega smrekovega lubadarja so ugotovili, da izsušenost rastlinskega materiala negativno vpliva na naselitev hroščev, pri zlaganju vej in vrhačev v kupe pa se hrošči zavrtajo samo v zunanje dele kupa (Šmits in sod., 2006). Na naselitev v veliki meri ugodno vpliva olistanost vej oz. prisotnost iglic, površina skorje pa negativno vpliva na gostoto naselitve (Foit, 2015; Kacprzyk in Bednarz, 2015) – večja površina skorje, ki jo imajo hrošči na voljo za naselitev, ima za posledico večjo reproduktivno uspešnost hroščev (Kacprzyk in Bednarz, 2015). Ugotovili so, da je reprodukcijski uspeh osmerozobega smrekovega lubadarja večji na zunanjih plasteh kupov kot na vejah, razprostrtih po tleh (Kacprzyk in Bednarz, 2015). Po drugi strani pa naj bi veje, razporejene po tleh, rajši naselil šestrozobi smrekov lubadar

(Foit, 2015). V kupih so bili najbolj ugodni pogoji za razvoj v sredini kupa. Ne glede na usmerjenost vej pri zlaganju na kup je bilo število izletelih hroščev enako. Pri zlaganju sečnih ostankov je zelo pomembno obdobje izvajanja tega ukrepa. V primeru rdečega bora (*Pinus sylvestris*) so namreč pokazali, da je bil razvoj najpočasnejši avgusta (Foit, 2015).

Malo je raziskav, ki bi pokazale, kakšen je vpliv zlaganja vej v kupe na okoliško drevje. Šmits in sod. (2006), so pokazali, da je napadenost okoliških dreves s podlubniki večja v primeru po tleh razprostrtih sečnih ostankov. Kupi so povečali napad šesterozobega smrekovega lubadarja, vendar pa do sušenja napadenih dreves ni prišlo. Jakost napada je bila povezana z gostoto naselitve kupov, vendar izletanje hroščev ni povečalo tveganja za napad okoliških dreves (Hedgren, 2002).

Ni še razjasnjeno, kako bi lahko ravnanje s sečnimi ostanki bolj učinkovito vključili v integralno varstvo gozdov pred podlubniki. Odprta vprašanja ostajajo med drugim glede vpliva mikroklimatskih pogojev na razvoj podlubnikov pri obeh načinih izvajanja gozdnega reda.

To tematiko bomo obravnavali v tem projektu in poiskali odgovore na zastavljena vprašanja. Na podlagi rezultatov projekta želimo pripraviti navodila oz. priporočila za optimizacijo izvajanja gozdnega reda, prilagojeno glede na različne ekološke pogoje in s tem povečati njegovo učinkovitost.

3. Ravnanje z sečnjimi ostankimi: vpliv od nadmorska višina in geografsko območje

3.1 Uvod

Gozdovi imajo večnamensko vlogo (FAO 2020), kot je proizvodnja lesa, hkrati pa nudijo družbene in ekološke koristi, kot je ohranjanje biotske raznovrstnosti (Jenkins in Schaap 2018). Ta triada funkcij se pogosto prekriva, kar povzroča napetosti pri določanju prednostnih nalog in ukrepov upravljanja (Maes in Trombetti 2021). V zadnjem desetletju so učinki podnebnih sprememb na gozdove postali izrazitejši, kar je povzročilo obsežne motnje in izbruhe škodljivcev ter bolezni (Seidl et al. 2017). Posledično so ukrepi za zatiranje škodljivcev, kot je sanitarna sečnja, pogosto nujni za zmanjšanje populacije podlubnikov, čeprav lahko negativno vplivajo na biotsko raznovrstnost (Hlásny et al. 2019, Hlásny et al. 2021). Medtem pa biotska raznovrstnost vztrajno upada, tudi v gozdovih (Seibold et al. 2019). Zato je ključnega pomena najti rešitve, ki koristijo vsem namenom gozda (npr. Gazzea et al. 2024).

Upravljanje gozdnih škodljivcev in naravovarstveno upravljanje sta bistvena za gozdni funkciji proizvodnje lesa in ohranjanja biotske raznovrstnosti. Vendar pa ta dva načina upravljanja pogosto zahtevata nasprotni ukrepe (Blicharska et al. 2020, Mikusiński et al. 2018, Niemelä et al. 2005). Zaradi naraščajočega števila izbruhov, ki jih povzročajo novi in invazivni škodljivci, je ukrepanje med izbruhi običajno reaktivno. To vključuje uničevalne ukrepe, kot so uporaba pesticidov ali obsežna sanitarna sečnja in spravilo poškodovanega lesa (Boukouvala et al. 2022, Fettig et al. 2021, Hlásny et al. 2021, Sweeney et al. 2023, Thorn et al. 2018). Slednji lahko pomembno vplivajo na gozdno biotsko raznovrstnost (Hlásny et al. 2019, Thorn et al. 2018). Po drugi strani pa različni proaktivni gojitveni ukrepi povečujejo odpornost gozdov proti namnožitvam škodljivcev (Waring in Bucholz 2023). Na primer, visoka vrstna raznolikost dreves zmanjšuje verjetnost škode, ki jo povzročajo podlubniki in defoliatorji, zaradi manjše številčnosti gostiteljskih rastlin (de Groot et al. 2023, Jactel et al. 2017, Gazzea et al. 2024), hkrati pa povečuje biotsko raznovrstnost. Trenutno se glavni učinki gospodarjenja z gozdom preučujejo na veliki prostorski skali, čeprav ima gospodarjenje na lokalni ravni prav tako pomembno vlogo pri ohranjanju narave in zatiranju škodljivcev (Hagge et al. 2019, Thorn et al. 2016). Glede upadanja biotske raznovrstnosti je pomembno in izvedljivo, da različni ukrepi ustvarjajo situacije, ki so koristne za vse strani (Gazzea et al. 2024, Hagge et al. 2019).

Eden izmed proaktivnih ukrepov, ki lahko vpliva tako na upravljanje gozdnih škodljivcev kot na ohranjanje narave, je ravnanje s sečnimi ostanki. V kontekstu obvladovanja škodljivcev, sečni ostanki predstavljajo razmnoževalni material za podlubnike in druge gozdne škodljivce, ki predstavljajo tveganje za nadaljnje izbruhe na okoliških drevesih (Bouget in Duelli 2004, Kacprzyk 2012). Hkrati pa ti ostanki predstavljajo dragocen habitat odmrlega lesa, ki ga lahko uporabljajo saproksilne vrste, pomembne za ohranjanje narave (Johansson et al. 2007, Nittérus et al. 2004, Ranius et al. 2018). Trenutno je na voljo več načinov ravnanja s sečnimi ostanki: veje se zložijo v kupe, pri čemer so debelejšje veje prekrite s tanjšimi, veje se pustijo razporejene po gozdnih tleh, ali pa se vse veje odstranijo iz sestoja (Foit 2015). Prva dva načina ohranjata mrtev les v gozdu, medtem ko tretji ne. Čeprav je bilo opravljenih več raziskav o vplivu sečnih ostankov na obvladovanje škodljivcev ali

ohranjanje narave (Kacprzyk 2012, Lassauce et al. 2012, Thorn et al. 2014), skupni učinki obeh vidikov še niso bili raziskani.

V tej študiji smo uporabili hrošče (Insecta: Coleoptera) kot indikatorsko skupino vrst, pomembno tako iz vidika obvladovanja škodljivcev kot iz vidika ohranjanja biotske raznovrstnosti, da bi preizkusili razlike med različnimi načini ravnanja s sečnimi ostanki. Hrošči so pomembna indikatorska skupina za ocenjevanje okoljskih sprememb zaradi naravnih ali antropogenih motenj oziroma vpliva gospodarjenja z gozdovi (Ghannem et al. 2018). Poleg tega ta red vključuje družine z različnimi ekološkimi značilnostmi (Fountain-Jones et al. 2015, Gossner et al. 2015). Zanimajo nas vplivi različnih načinov ravnanja s sečnimi ostanki tako na ohranjanje biotske raznovrstnosti kot na obvladovanje škodljivcev, pri čemer hrošči iz družine kozličkov (Cerambycidae) pokrivajo vidike obeh področij. Vidik ohranjanja biotske raznovrstnosti je zajet z veliko raznolikostjo družin z različnimi značilnostmi. Obstajajo družine, ki vključujejo plenilske, rastlinojede in razkrojevalske vrste ter vrste, ki zasedajo bolj specifične saproksilne niše (Fountain-Jones et al. 2015, Gossner et al. 2015). Kozličke se uporablja kot indikatorje, ker so saproksilni in imajo razvojni cikel dolg eno leto ali več, kar jih naredi ranljive za ukrepe gospodarjenja z gozdom, kot je zmanjšanje količine mrtvega lesa (Gibb et al. 2006, Lachat et al. 2012, Parisi et al. 2018). Mnoge izmed teh vrst so bile uvrščene med ogrožene zaradi njihovega upada v zadnjem stoletju (Cálix et al. 2018).

Po drugi strani pa lahko več vrst povzroči gospodarsko škodo v gozdarstvu. Med njimi so podlubniki (Curculionidae: Scolytinae), kot je osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus* L.), ki so znani po obsežnih izbruhih (Hlásny et al. 2021, Vega in Hofstetter 2015, Wermelinger 2004), skupaj z drugimi, kot je *Pityogenes chalcographus* (Kacprzyk 2012). Zaradi svojih lastnosti kot indikatorji in škodljivci bodo Cerambycidae in Scolytinae uporabljeni za oceno vpliva različnih načinov ravnanja s sečnimi ostanki na ohranjanje biotske raznovrstnosti in obvladovanje škodljivcev.

Za DS1, aktivnost 1, je bil cilj določiti vpliv različnih načinov ravnanja s sečnimi ostanki na populacije škodljivcev in biotsko raznovrstnost na različnih nadmorskih višinah in lokacijah. Pri populacijah škodljivcev smo se osredotočili na gostoto podlubnikov, medtem ko smo pri biotski raznovrstnosti preučili vse ulovljene osebe, število po družinah hroščev in še posebej preučili osebe iz indikatorske skupine Cerambycidae. Za oceno vpliva na obvladovanje škodljivcev smo spremljali tudi število napadov na sečne ostanke in napade podlubnikov v okolici raziskovalnih ploskev. Preučevali smo, ali je biotska raznovrstnost, zaradi večje prisotnosti mrtvega lesa, večja na ploskvah z več sečnimi ostanki. Poleg tega nas je zanimalo, ali so učinki ravnanja s sečnimi ostanki med lokacijami in območji z različnimi nadmorskimi višinami podobni. Prav tako smo raziskali, ali način ravnanja s sečnimi ostanki vpliva na stopnjo napadenosti debelih in tankih vej.

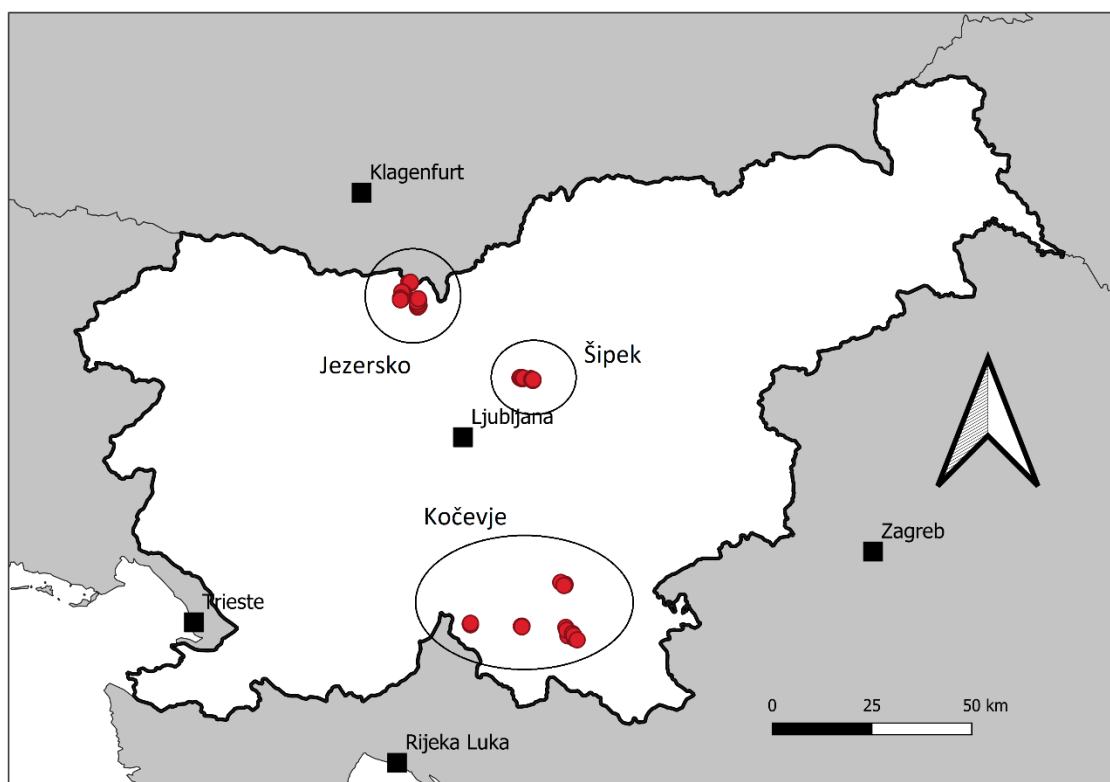
3.2 Materiali in metode

3.2.1 Opis območja

Slovenija je razmeroma majhna geografsko raznolika srednjeevropska država. Obsega alpsko, predalpsko, dinarsko, pred-dinarsko, subpanonsko in submediteransko biogeografsko območje, vsako s svojimi podnebnimi razmerami in tipi gozdnih habitatov (Zupančič et al. 1987). Z 58-odstotno gozdnatostjo je Slovenija ena najbolj gozdnatih držav v Evropi. Najpogostejši drevesni vrsti sta bukev

(*Fagus sylvatica* L.) in navadna smreka (*Picea abies* (L.) H.Karst.), ki predstavljata 33 % oziroma 30 % celotne lesne zaloge (ZGS 2023). Navadna smreka naravno uspeva le na višjih nadmorskih višinah, vendar je bila v preteklosti pogosto sajena zunaj svojega naravnega območja, pogosto v obliki monokultur (Bončina et al. 2017). To je povzročilo povečanje izbruhov podlubnikov (de Groot et al. 2019). Poleg tega se je škoda v slovenskih gozdovih, ki jo povzročajo podlubniki, v zadnjem času povečala zaradi vpliva podnebnih sprememb in z njimi povezanih naravnih ujm.

Raziskava je bila izvedena na treh različnih območjih v Sloveniji: Jezersko, Šipek in Kočevje (Slika 1). Jezersko se nahaja v alpskem biogeografskem območju, raziskovalne ploskve pa so bile umeščene na nadmorski višini med 1100 in 1290 m. Glavne gozdne združbe na teh ploskvah so bile *Homogyno sylvestris-Fagetum*, *Ranunculo platanifolii-Fagetum* in *Luzulo-Fagetum sylvaticae* (Bončina et al. 2021). Območje Šipek se nahaja v predalpskem biogeografskem območju, kjer na raziskovalnih ploskvah prevladujejo gozdne združbe *Blechno-Fagetum* in *Galio rotundifolii-Abietetum*. Nadmorska višina izbranih ploskev je variirala med 740 in 900 m. Raziskovalne ploskve na območju Kočevja so bile umeščene v dinarsko in pred-dinarsko biogeografsko območje z gozdnimi združbami *Omphalodo-Fagetum* in *Hacquetio-Fagetum*. Nadmorska višina ploskev na tem območju je bila med 650 in 980 m. Raziskovalne ploskve v vseh treh regijah so bile umeščene v odrasle gozdne sestoje, kjer je prevladovala navadna smreka (vsaj 70 % celotne lesne zaloge). Na območju Šipka in Kočevja sta poleg navadne smreke najpogostejši vrsti evropska bukev in jelka (*Abies alba* Mill.), medtem ko sta na območju Jezerskega najpogostejši evropska bukev in macesen (*Larix decidua* Mill.) (ZGS 2024).

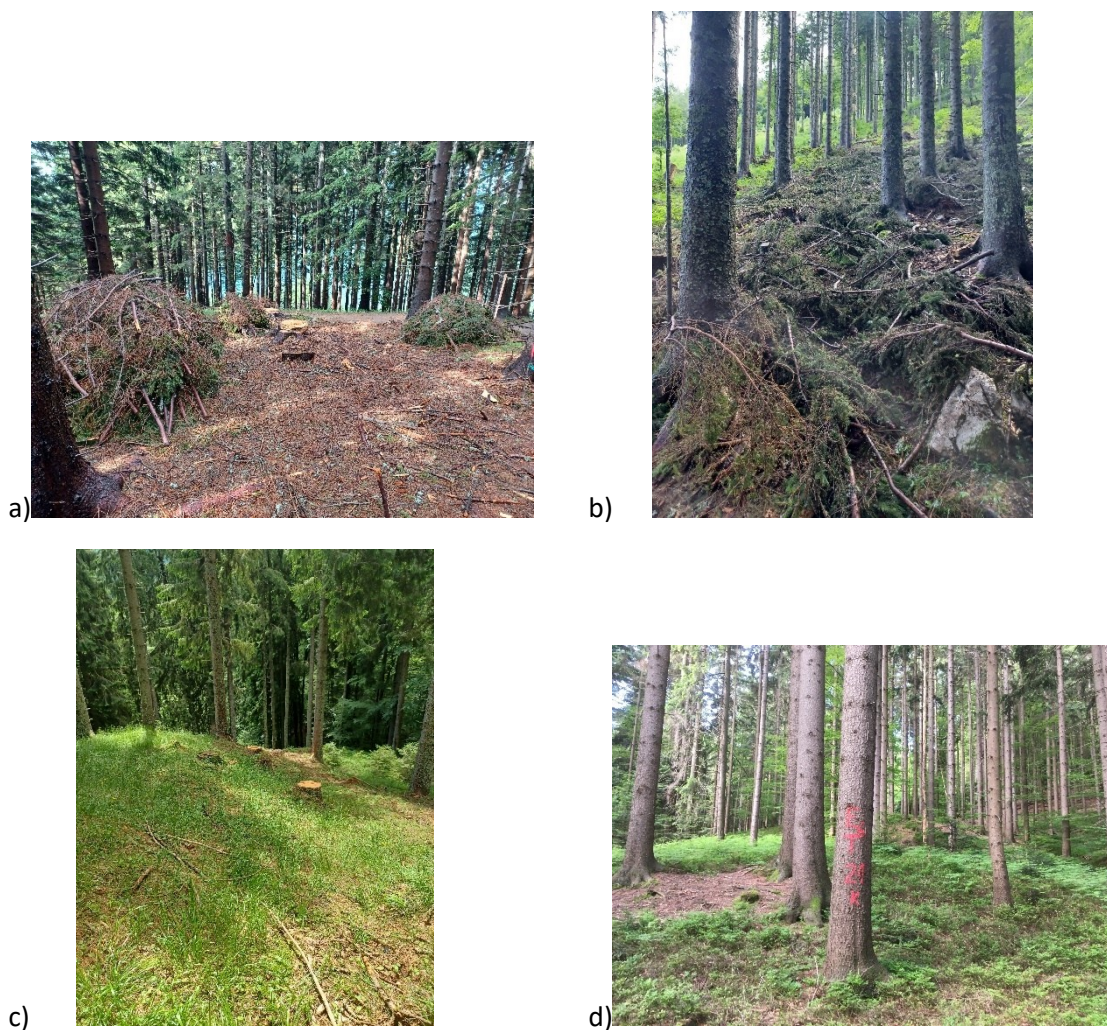


Slika 1: Lokacije, kjer so bile postavljene raziskovalne ploskve na Jezerskem, Šipku in Kočevju.

3.2.2 Eksperimentalna zasnova raziskave

Za namene raziskave smo vzpostavili štiri različna obravnavanja: 1) vsi ostanki po sečnji odstranjeni, 2) sečni ostanki zloženi v kupe, 3) sečni ostanki razporejeni po gozdnih tleh, 4) kontrolne ploskve brez sečnje (Slika 2). Vsa območja so imela podobno strukturo sestoja in sestavo drevesnih vrst, z vsaj 70 % deležem navadne smreke, populacije vrst *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus* pa so bile v endemični fazi (Ogris 2022, ZGS 2024). Pri prvih treh obravnavah je bilo na ploskvah posekanih od 20 do 30 m³ navadne smreke, sečni ostanki pa so bili puščeni v senci krošenj dreves. Za vsako ploskev je bila količina mrtvega lesa izmerjena v treh podploskvah velikosti 1 × 1 m, znotraj radija petih metrov okoli središča ploskve in nato ekstrapolirana na celotno ploskev z radijem 5 m. Poleg tega smo na višini 20 cm in 2 m nad tlemi z avtomatskim zapisovalnikom GM1365 (data logger), proizvedenim pri BENETECH, merili zračno temperaturo in relativno zračno vlago. Naprava vključuje senzor za zračno vlago z natančnostjo ±2 % v območju med 20 % in 80 % relativne zračne vlage ter povprečno natančnostjo ±4 % v območju med 80 % in 100 %. Vključuje tudi senzor za zračno temperaturo z natančnostjo ±0,3 °C v območju med 10 °C in 60 °C. Zaščitna ohišja pred sončnim sevanjem z nosilci za zapisovalnike podatkov so bila izdelana na Gozdarskem inštitutu Slovenije in nameščena na vsaki ploskvi. Pri obravnavah, kjer so bili sečni ostanki zloženi v kupe ali razporejeni po tleh je bil spodnji zapisovalnik nameščen znotraj ostankov na višini 20 cm nad tlemi, medtem ko je bil drugi zapisovalnik nameščen na višini 2 m na vseh ploskvah. Zapisovalniki so beležili temperaturo in vlago vsakih 10 minut od namestitve na terenu do pobiranja pasti. Vsaka obravnava na posameznem območju je imela eno ponovitev, skupaj pa je bilo med eksperimentom nameščenih 12 parov zapisovalnikov.

Pri obravnavi, kjer so bili vsi sečni ostanki odstranjeni, so na ploskvi ostali le panji navadne smreke. Pri obravnavi s razporejenimi sečnimi ostanki so bili le ti po sečnji puščeni brez posebne razporeditve. Pri obravnavi s sečnimi ostanki v kupih so bili ostanki zloženi v manjše kupe (povprečna višina = 1 m, povprečni premer = 2,02 m) v skladu s smernicami Zavoda za gozdove Slovenije. Zunanjo plast kupov so sestavljale tanke veje, ki so prekrivale debelejšje veje v notranjosti. Kontrolne ploskve, brez sečnih ostankov, so bile umeščene v sestoji v bližini drugih obravnavanih ploskev. Topografija in struktura sestoja sta bili podobni kot pri drugih obravnavah. V času trajanja eksperimenta in tudi v prejšnjem letu na teh ploskvah ni bilo izvedene sečnje. Vsaka obravnava je imela pet ponovitev na treh različnih lokacijah, kar skupaj pomeni 15 ploskev na obravnavo in 60 ploskev za vse obravnave skupaj. Velikost posamezne ploskve je bila 0,5 ha. Ploskve so bile med seboj oddaljene vsaj 200 m (povprečna razdalja na lokacijo = 317 m) (Jactel et al. 2019).



Slika 2: Primeri vseh obravnavanj, uporabljenih med poskusom: A) sečni ostanki zloženi v kup, B) sečni ostanki razporejeni po tleh, C) sečni ostanki odstranjeni iz gozda in D) kontrola

3.2.3 Protokol vzorčenja

Učinkovitost posameznega načina ravnanja s sečnimi ostanki smo ocenili s tremi različnimi pristopi (Slika 3). Prvič, prisotnost in številčnost žuželk v posamezni obravnavi smo preverjali s pasivnimi pastmi. Drugič, vzorčili smo veje sečnih ostankov na ploskvah, kjer so bili sečni ostanki zloženi v kupe ali razporejeni po tleh. Tretjič, s pregledom na terenu smo ugotavljali prisotnost sveže napadenih dreves.



Slika 3: Različne meritve na ploskvah, ki so bile uporabljene med poskusi a) postavitve vremenske postaje, križnih prestreznih pasti in b) merjenje okoljskih spremenljivk.

Ko je bila sečnja zaključena in so bili sečni ostanki razporejeni glede na obravnave, smo prisotnost in številčnost podlubnikov preverjali z namestitvijo ene križne pasti (dimenzije usmerjevalnih plošč: 80 × 40 cm, barva: črna; distributer: Witasek). Pasti so bile brez privabila in so bile nameščene v gozdnem sestoju v bližini izvedenih obravnav. Na vsaki od treh lokacij je bilo nameščenih 20 pasti (pet ponovitev štirih obravnav, razmaknjenih vsaj 200 metrov; skupaj 60 pasti) za obdobje enega meseca. Na lokacijah Kočevje in Šipek so bile pasti nameščene od sredine julija do avgusta 2023, medtem ko je bilo vzorčenje na Jezerskem izvedeno en mesec prej, od konca junija do konca julija. Kjer so bili sečni ostanki zloženi v kupe, je bila past nameščena na južni strani, največ 2 metra od obravnave. Pri obravnavi z razporejenimi ostanki je bila past nameščena na sredino razporejenih vej. Pri obravnavi, kjer so bili ostanki odstranjeni, je bila past postavljena na sredino posekane površine, pri kontrolni obravnavi pa v sredino gozdnega sestoja.

Past je bila pritrjena čim bližje tlem in nameščena na odprtem prostoru, brez prisotnosti goste vegetacije ali večjega podrastja, ki bi lahko oviralo delovanje pasti. Križna past je bila sestavljena na terenu, pri čemer sta bila v tla zabita dva količka, na katera je bila past pritrjena s povezovalnim trakom. Po namestitvi pasti je bilo dodanih 300 ml 60 % propilenglikola kot konzervans, razredčenega z 150 ml vode v razmerju 2:1. Vzorčenje je trajalo en mesec, kar je običajno dovolj za zajem ustreznega vzorca hroščev brez uporabe privabil. Ker smo vzorčili na dveh različnih nadmorskih višinah, smo vzorčili v dveh različnih fenoloških obdobjih. Na ta način smo zajeli tako zgodnje kot pozneje pojavljajoče se vrste, kljub samo enomesečnemu vzorčenju. Vzorčeni hrošči so bile vrste, ki jih je obravnava privabila, vendar niso nujno prehranjevalno vezane nanjo. Po enem mesecu je bil ulov zbran in odnesen v Laboratorij za varstvo gozdov, kjer je bila opravljena identifikacija s pomočjo stereo mikroskopa Olympus SZX12 in določevalnih ključev (Grüne 1979, Pfeffer 1995).

Na ploskvah, kjer so bili sečni ostanki zloženi v kupe ali razprostrti po tleh, smo naključno vzorčili dve debelejši veji (premer > 10 cm) in dve tanjši veji (premer < 2 cm) dolžine približno 50 cm, da bi

preučili napade podlubnikov. Debele in tanke veje so bile zbrane en mesec po začetku obravnave, vendar so bile tanke veje zaradi neustreznosti za analizo ponovno zbrane konec oktobra 2023 (18. 10. 2023, 24. 10. 2023, 26. 10. 2023). Debelejše veje so bile vzete iz notranjosti kupov, tanjše pa z vrha kupov. Na ploskvah z razprostrtimi sečnimi ostanki so bile vse veje naključno zbrane znotraj obravnave. Skupno so bili zbrani štiri vzorci na posamezno ploskev. Vzorci so bili shranjeni v plastične vreče in še isti dan odneseni v Laboratorij za varstvo gozdov, kjer so bili pregledani, analizirano pa je bilo število manjših (1–2 mm) in večjih vhodnih odprtin (3–4 mm) na posamezni veji. Nato je bila izračunana gostota odprtin na cm². Kadar je bilo mogoče, so bili hrošči v vejah določeni do vrste.

Po enomesečnem obdobju, ko so bile križne pasti odstranjene, je bila izvedena tudi raziskava, s katero smo ugotavljali prisotnost sveže napadenih dreves s strani *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus*. Napadenost drevesa smo ocenjevali v radiju dveh povprečnih višin dreves (približno 40 m). Vzorec je zajemal do deset odraslih dreves (višjih od 20 m) in deset ali manj mladih dreves (nižjih od 1 m), ki so bila najbližje pasti. Pri vsakem drevesu je bil določen status (živo ali mrtvo), zabeleženi so bili tudi vsi znaki napada podlubnikov na debla dreves, kot so luknje, žagovina ali smola, ki izhaja iz lukenj. Poleg tega so bile pregledane tudi krošnje (rumenenje krošnje) ter dnišča dreves, kje bi se lahko nahajale odpadle iglice. Vsa drevesa so bila pregledana tudi za morebitne znake mehanskih poškodb zaradi sečnje.

3.2.4 Analiza

Izvedeni sta bili dve vrsti analiz: enostavna (univariatna) in večdimenzionalna (multivariatna). Enostavna analiza je ocenjevala razlike med obravnavami, lokacijami ali njihovimi interakcijami pri različnih redovih, družinah ali vrstah. Najprej so bili podatki preverjeni glede prisotnosti odstopajočih vrednosti in asimetričnosti (Zuur et al. 2010). Uporabljen je bil splošni linearni model (GLM) z Poissonovo porazdelitvijo napak. Pri podatkih z izrazito asimetrijjo je bil uporabljen splošni linearni model (GLM) z negativno binomsko porazdelitvijo napak. Podatki o vrstah so vsebovali veliko ničelnih vrednosti, zato je bil uporabljen Poissonov model z ničelno inflacijo iz paketa "pscl" (Zeileis et al. 2008).

Sestavo vrst iz družin Cerambycidae in Scolytinae, prisotnost in odsotnost ulovljenih vrst v pasteh, smo analizirali glede na obravnavo in lokacijo ter njune interakcije z metodo PERMANOVA s funkcijo *adonis* iz paketa "vegan" (Oksanen et al. 2013). Za analizo je bilo uporabljenih 999 permutacij. Kadar je bila ena od neodvisnih spremenljivk statistično značilna, je bila izvedena parna PERMANOVA z uporabo paketa "pairwiseAdonis" (Martinez Arbizu 2017). Za vizualizacijo podatkov je bila uporabljena ne-metrična večdimenzionalna lestvica (NMDS), tehnika ordinacije na osnovi razdalje, izvedena z Bray-Curtisovim indeksom in 999 permutacijami. Ta metoda prikazuje relativne razdalje med pastmi na podlagi razlik v vrstni sestavi. Preverjeno je bilo, ali obstajajo statistično značilne razlike med ploskvami v različnih obravnavah ali lokacijah. Poleg tega so bile za obravnave določene indikatorske vrste iz družin Cerambycidae in Scolytinae z uporabo paketa "indicspecies" (De Caceres in Legendre 2009). Na podlagi teh podatkov so bile za te vrste izvedene ločene enostavne analize.

Pri podatkih iz vzorčenih vej je bilo število odprtin normalizirano glede na površino skorje na vejah. Za prikaz razlik med obravnavami, lokacijami in njihovimi interakcijami je bil uporabljen splošni linearni model (GLM) z Gaussovo porazdelitvijo.

Poškodbe dreves zaradi podlubnikov so bile ocenjene s testiranjem deleža napadenih odraslih in mladih dreves med različnimi obravnavami in lokacijami. Uporabljen je bil splošni linearni model (GLM) z binomsko porazdelitvijo napak. Odvisna spremenljivka je bil delež napadenih dreves, utež pa je predstavljalo skupno število ocenjenih dreves.

Vse analize so bile izvedene z uporabo statističnega programa R (R Core Team 2022).

3.3 Rezultati

3.3.1 Terenske razmere

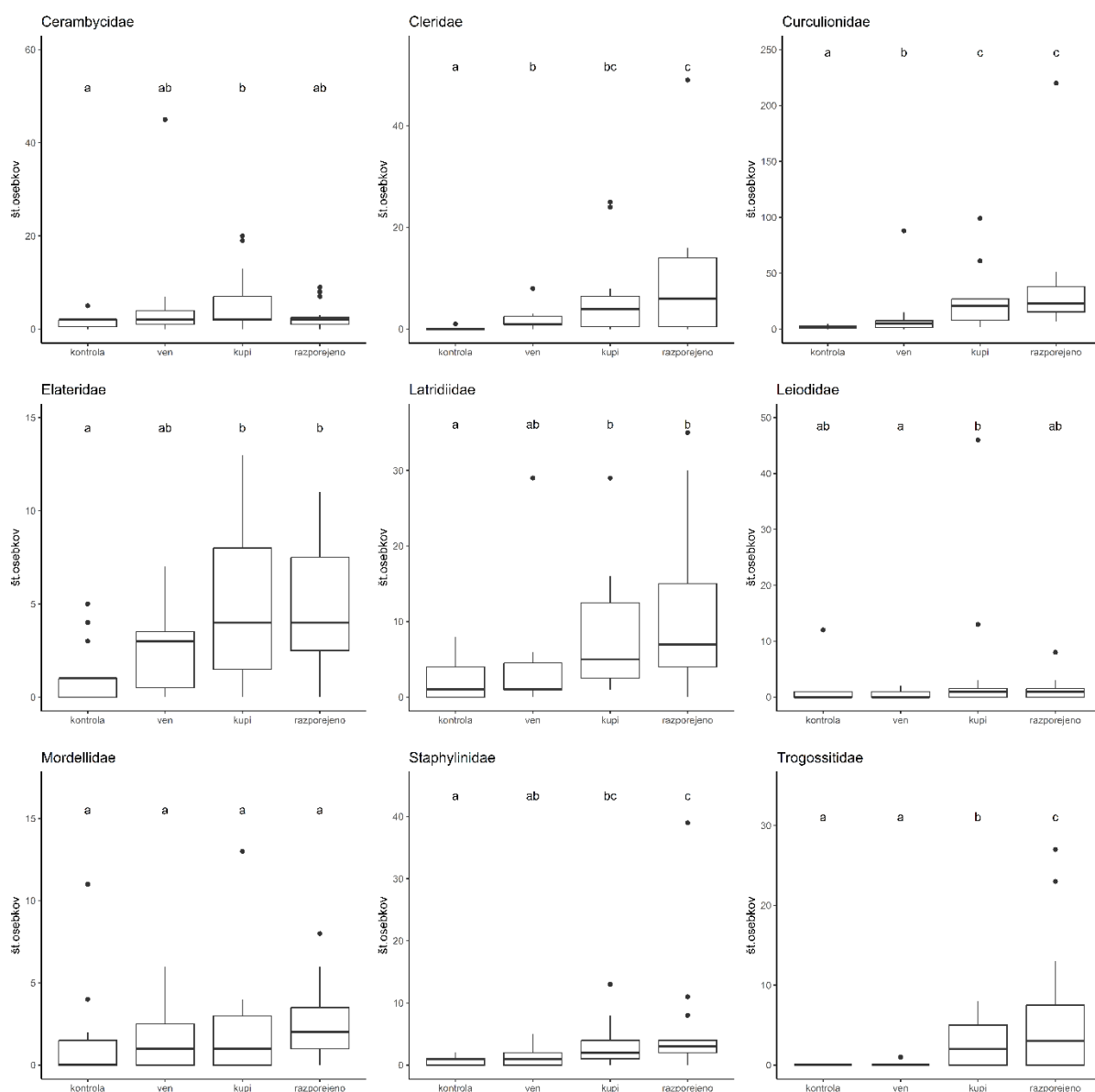
Na ploskvi, kjer so bili sečni ostanki odstranjeni, je bila povprečna količina mrtvega lesa $0,12 \text{ m}^3$ (min = 0,02, maks = 0,23) znotraj radija 5 m od središča ploskve (Tabela 1). Med obdobjem vzorčenja s pastmi sta bili izmerjeni vlaga in temperatura; povprečno je bila temperatura pri tleh nižja kot temperatura zraka, medtem ko je bila vlaga pri tleh višja kot v zraku (Tabela 1). Na ploskvi z razprostrtimi sečnimi ostanki smo izmerili povprečno $0,4 \text{ m}^3$ mrtvega lesa (min = 0,15, maks = 1,14) znotraj radija 5 m okoli središča ploskve (Tabela 1). Temperatura znotraj ostankov je bila nižja in z manjšimi ekstremi v primerjavi s temperaturo zraka. Vlaga je bila v ostankih 95,3 %, torej višja kot v zraku (87,6 %) in z manj nihanji. Ploskve s sečnimi ostanki v kupih so imele povprečno količino mrtvega lesa $1,05 \text{ m}^3$ (min = 0,12, maks = 3,92) znotraj radija 5 m od središča ploskve (Tabela 1). Temperatura v kupih je bila nižja od temperature zraka in celo nižja kot temperatura v razprostrtih ostankih (Tabela 1). Vlaga je bila prav tako višja v kupih v primerjavi z zrakom (Tabela 1). Na kontrolni ploskvi je bila povprečna količina mrtvega lesa $0,09 \text{ m}^3$ (min = 0,02, maks = 0,23), meritve temperature in vlage pri tleh pa so bile podobne tistim v zraku (Tabela 1). Ploskev je imela radij 5 m, kar ni zajelo celotne količine ostankov, saj so bili razporejeni na večjem območju, zato je bila v analizo vključena le delna količina mrtvega lesa. Pri obravnavi s kupi je bil kup znotraj ploskve, zato je bila količina sečnih ostankov v tej obravnavi večja.

Tabela 1: Razlike v količini mrtvega lesa, temperaturi in vlagi med različnimi obravnavami.

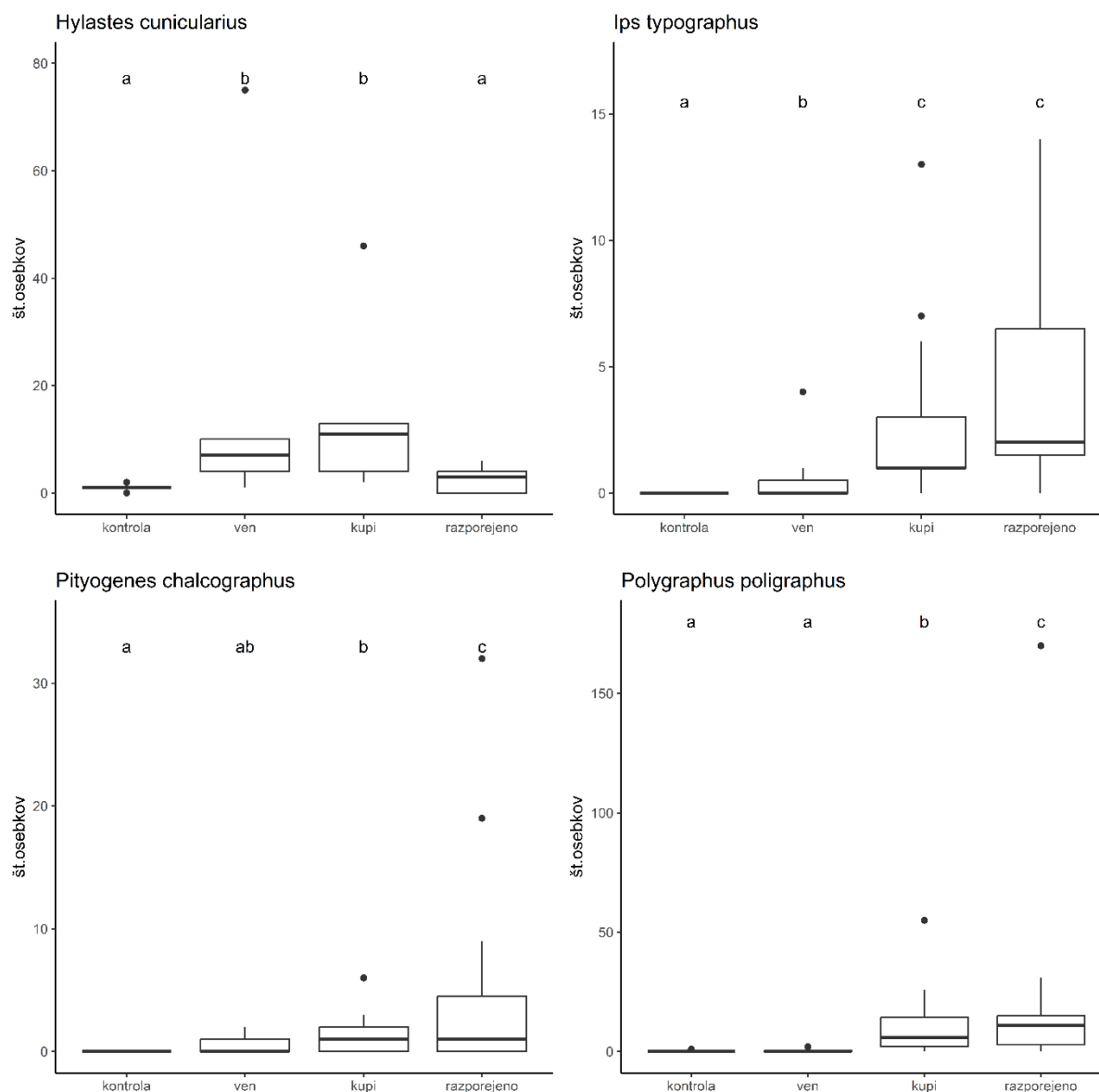
	Kontrola			Sečni ostanki odstranjeni			Sečni ostanki v kupih			Sečni ostanki razprostrti		
	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
mrtev les (m ²)	0,0850	0,0194	0,2263	0,1150	0,0195	0,2334	10,482	0,1316	39,152	0,4026	0,1545	11,357
temperatura (°C) tla	16,8	7,7	31,7	16,7	8	34	15,5	6,8	24,3	16,1	7,6	34,6
temperatura (°C) zrak	17,0	7,5	30,3	17,0	8,4	30,7	17,0	7,6	30,1	16,6	7,6	29,4
vlažnost (%) tla	90,3	49,8	100	90,1	41,1	100	99,1	72,6	100	95,3	45,3	100
vlažnost (%) zrak	86,1	46	100	85,9	42,2	100	85,1	44	100	87,6	46,7	100

3.3.2 Biotska raznovrstnost in upravljanje s sečnimi ostanki

Med raziskavo je bilo v pasteh ulovljenih skupno 4989 osebkov iz 18 redov. Najbolj zastopan red so bili hrošči (Coleoptera) s 3159 osebki, sledili so dvokrilci (Diptera, $n = 923$), kožekrilci (Hymenoptera, $n = 235$) in polkrlci (Hemiptera, $n = 204$). Hrošči so bili najštevilčnejši v obravnavah s sečnimi ostanki v kupih in razprostrtimi sečnimi ostanki, sledili sta kontrolna obravnava brez sečnje in obravnava z odstranjenimi sečnimi ostanki (Deviance Resid. = 67,83, $df = 3$, $P < 0,001$). Opazili smo, da je več družin z največjo številčnostjo ($n > 100$ osebkov) pokazalo podobne odzive na obravnave: Cleridae, Curculionidae, Elateridae, Leiodidae, Staphylinidae in Trogossitidae so pokazale statistično značilne razlike med skupinami, pri čemer je bila največja številčnost v obravnavah, kjer so sečni ostanki ostali na ploskvah – bodisi v kupih ali razprostrti po tleh – in najmanjša v kontrolni obravnavi brez sečnje ali pri odstranitvi sečnih ostankov (Slika 4). Zanimivo je, da so ploskve z odstranjenimi sečnimi ostanki in ostanki v kupih imele statistično značilno večje število kozličkov (Cerambycidae) v primerjavi s kontrolnimi ploskvami brez sečnje, medtem ko število osebkov v obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki ni bilo statistično značilno različno od obeh prejšnjih skupin (Slika 4). Le pri družini Mordellidae med skupinami ni bilo statistično značilnih razlik (Slika 4). Slika 4 prikazuje podrobnejše statistične značilnosti med posameznimi skupinami.

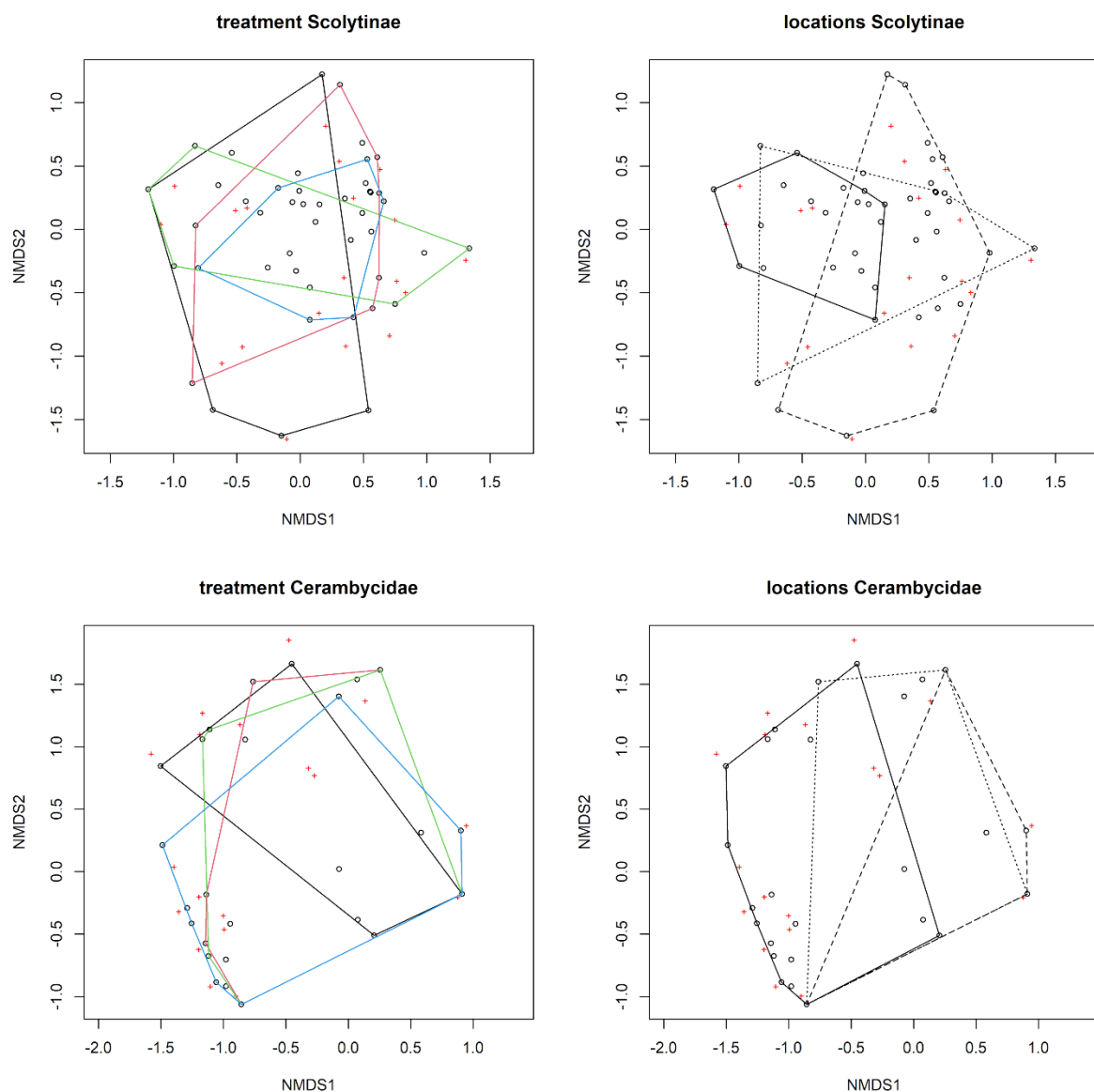


Slika 4: Vpliv obravnave na skupno število osebkov na past za posamezne družine hroščev (Coleoptera): Cerambycidae (N = 226), Cleridae (N = 258), Curculionidae (N = 1140), Elateridae (N = 202), Latridiidae (N = 376), Leiodidae (N = 113), Mordellidae (N = 121), Staphylinidae (N = 168) in Trogossitidae (N = 138). Črke označujejo statistično značilne skupine (P < 0,05). Merilo na osi y se med posameznimi prikazi razlikuje.



Slika 51: Razlika v skupnem številu osebkov na past za vrste *Hylastes cunicularius* ($N = 204$), *Ips typographus* ($N = 216$), *Pityogenes chalcographus* ($N = 99$) in *Polygraphus poligraphus* ($N = 483$). Črke označujejo statistično značilne skupine ($P < 0,05$).

Sestava vrst iz družine kozličkov (Cerambycidae) je bila statistično značilno odvisna od obravnave ($df = 3$, $R^2 = 0,097$, $F = 2,106$, $P = 0,018$) in lokacije ($df = 2$, $R^2 = 0,227$, $F = 7,403$, $P = 0,001$) (Slika 6, Tabela 2). Ploskve z obravnavami brez sečnje ter z odstranjenimi sečnimi ostanki ali ostanki v kupih so imele statistično značilno različno vrstno sestavo (Tabela 2). Ploskve z drugimi kombinacijami obravnav niso pokazale statistično značilnih razlik, zato so imele lokacije s temi obravnavami podobno vrstno sestavo (Tabela 2). Glede lokacij so imele ploskve na Šipku in v Kočevju podobno vrstno sestavo, medtem ko se je vrstna sestava na teh lokacijah statistično značilno razlikovala od ploskev na Jezerskem (Tabela 2). Med lokacijo in obravnavo ni bilo zaznanih interakcij glede vrstne sestave kozličkov.



Slika 6: NMDS prikazi vrstne sestave Scolytinae in Cerambycidae, ki prikazujejo razlike med lokacijami in obravnavami ravnanja s sečnimi ostanki. Obravnave so označene kot sledi: črna črta za obravnavo brez sečnje, zelena črta za odstranjene ostanke, rdeča črta za razprostrte ostanke, modra črta za ostanke v kupih. Lokacije: neprekinjena črta za Ježersko, črtkana črta za Kočevje, pikčasta črta za Šipek.

Tabela 2: Statistični podatki, ki prikazujejo razlike v vrstni sestavi Scolytinae in Cerambycidae med obravnavami in lokacijami ter njihovimi interakcijami z uporabo metode PerMANOVA.

Taxa		kombinacije	df	R ²	F	P
Scolytinae	tretma	ostanki v kupih proti razprostrti ostanke	1	0.022	0.630	0.778
		ostanki v kupih proti ostanke odstranjeni	1	0.128	3.379	0.001

		ostanki v kupih proti brez sečnje	1	0.177	4.534	0.001
		razprostrti ostanki proti ostanki odstranjeni	1	0.176	4.911	0.001
		razprostrti ostanki proti brez sečnje	1	0.217	5.848	0.001
		ostanki odstranjeni proti brez sečnje	1	0.101	1.8011	0.049
	lokacija	Šipek proti Kočevje	1	0.045	1.285	0.179
		Jezersko proti Kočevje	1	0.14	5.32	0.001
		Jezersko proti Šipek	1	0.067	2.15	0.05
Cerambycidae	tretma	ostanki v kupih proti brez sečnje	1	0.122	3.055	0.019
		ostanki odstranjeni proti brez sečnje	1	0.115	2.727	0.023
		ostanki v kupih proti razprostrti ostanki	1	0.015	0.369	0.916
		ostanki v kupih proti ostanki odstranjeni	1	0.042	1.008	0.428
		razprostrti ostanki proti ostanki odstranjeni	1	0.046	1.154	0.293
		razprostrti ostanki proti brez sečnje	1	0.095	2.427	0.06
	lokacija	Kočevje proti Šipek	1	0.034	1.046	0.364
		Jezersko proti Kočevje	1	0.284	12.673	0.001
		Jezersko proti Šipek	1	0.194	7.681	0.001

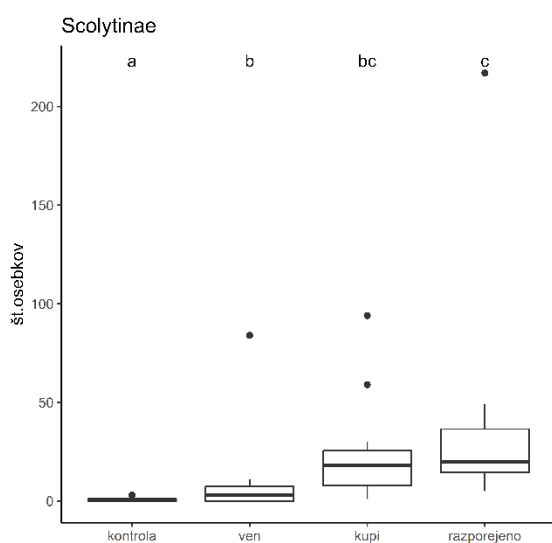
Nobena vrsta iz družine Cerambycidae ni bila indikatorska za katero koli obravnavo. Vendar pa so bile vrste *Tetropium castaneum*, *T. fuscum*, *T. gabrieli* in *Monochamus sartor* večinoma prisotne na Jezerskem, medtem ko je bila *Corymbia rubra* večinoma prisotna v Kočevju in na Šipku (Tabela 3).

Tabela 3: Analiza indikatorskih vrst za taksonomski skupini Cerambycidae in Scolytinae med različnimi lokacijami in obravnavami z ocenjevanjem moči in statistične značilnosti povezave med številčnostjo vrst in skupinami ploskev z uporabo paketa "indicspecies" ter permutacijskega testa.

Skupina	Družina	Tretma/lokacija	Vrsta	stat	p vrednost
Lokacija	Cerambycidae	Jezersko	<i>Tetropium castaneum</i>	0.789	0.001
			<i>Tetropium fuscum</i>	0.527	0.009
			<i>Monochamus sartor</i>	0.489	0.032
			<i>Tetropium gabrieli</i>	0.471	0.029
	Scolytinae	Kočevje+Šipek	<i>Corymbia rubra</i>	0.876	0.001
Tretma	Scolytinae	Jezersko	<i>Hylastes cunicularius</i>	0.903	0.001
		Jezersko+Šipek	<i>Dryocoetes autographus</i>	0.661	0.009
		Razprostrti sečni ostanki	<i>Pityophthorus pityographus</i>	0.532	0.043
		Sečni ostanki v kupih + Razprostrti sečni ostanki	<i>Polygraphus poligraphus</i>	0.938	0.001
	Scolytinae	Sečni ostanki v kupih + Sečni ostanki odstranjeni + Razprostrti sečni ostanki	<i>Ips typographus</i>	0.871	0.001
			<i>Pityogenes chalcographus</i>	0.742	0.028

3.3.3 Podlubniki in ravnanje s sečnimi ostanki

Številčnost podlubnikov (*Scolytinae*) v pasteh je bila najvišja v obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki in se je statistično značilno razlikovala od obravnave z odstranjenimi sečnimi ostanki, medtem ko se razprostrti ostanki niso statistično značilno razlikovali od ostankov v kupih ali od kontrolne obravnave brez sečnje. Najmanjša številčnost je bila v obravnavi brez sečnje (Slika 7).

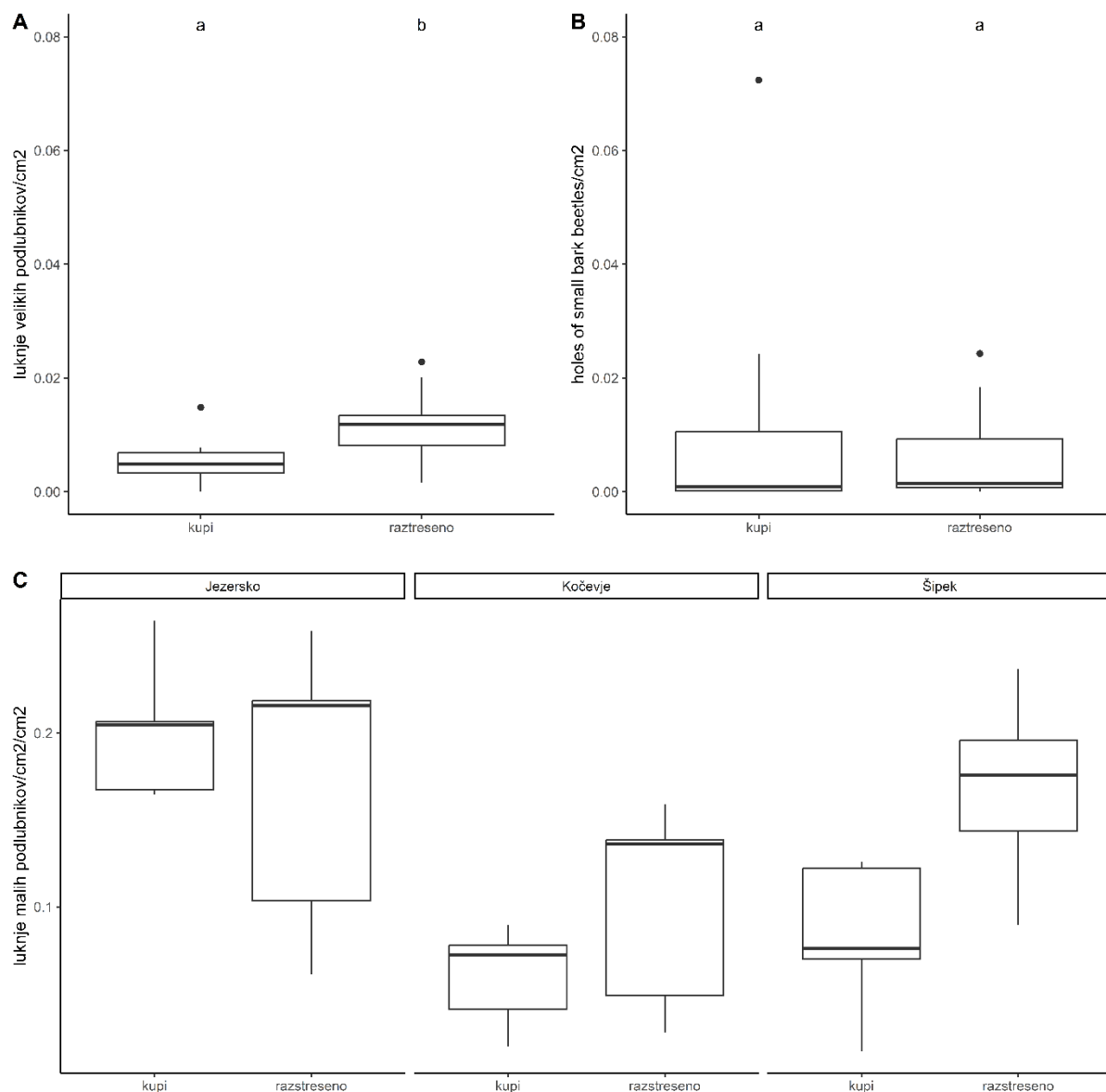


Slika 72: Vpliv obravnave na skupno število osebkov na past za poddružino Scolytinae (N=1038). Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($P < 0,05$).

Razlike v vrstni sestavi poddružine Scolytinae so bile statistično značilno odvisne od obravnave ($df = 3$, $R^2 = 0,191$, $F = 3,841$, $P = 0,001$) in lokacije ($df = 2$, $R^2 = 0,111$, $F = 3,322$, $P = 0,001$) (slika 6). Vrstna sestava je bila podobna med ploskvami s sečnimi ostanki v kupih in razprostrtimi sečnimi ostanki (tabela 2). Pri drugih parih obravnav so bile ugotovljene značilne razlike v vrstni sestavi. Glede lokacij sta imela Šipek in Kočevje podobno vrstno sestavo poddružine Scolytinae, medtem ko je bila sestava na Jezerskem značilno drugačna v primerjavi z omenjenima lokacijama (tabela 2).

Pityophthorus pityographus je bil najbolj značilen za obravnavo s sečnimi ostanki razprostrtimi po tleh (tabela 3). *Polygraphus poligraphus* in *Ips typographus* sta bila značilna tako za obravnavo s sečnimi ostanki v kupih kot za razsprostrte sečne ostanke. *Pityogenes chalcographus* je bil značilen za obravnave s sečnimi ostanki v kupih, razprostrtimi sečnimi ostanki in odstranjenimi sečnimi ostanki. *Hylastes cunicularius* je bil najpogostejše najden na Jezerskem, medtem ko je bil *Dryocoetes autographus* najbolj značilen za lokaciji Jezersko in Šipek. *H. cunicularius* je imel statistično višje številčnosti pri obravnavah z odstranitvijo sečnih ostankov in s sečnimi ostanki v kupih v primerjavi z razprostrtimi ostanki in obravnavo brez sečnje (slika 5). Številčnost *I. typographus* se je značilno razlikovala med ploskvami z razprostrtimi sečnimi ostanki in ostanki v kupih v primerjavi s ploskvami, kjer so bili sečni ostanki odstranjeni in obravnavo brez sečnje (slika 5). Številčnost *P. chalcographus* je bila prav tako razdeljena v tri značilno različne skupine: najvišja številčnost je bila pri obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki, srednje visoka pri sečnih ostankih v kupih in odstranitvi sečnih ostankov, ter najnižja pri odstranitvi ostankov in obravnavi brez sečnje (slika 5). Obravnava z odstranitvijo ostankov se ni značilno razlikovala od obravnave brez sečnje in obravnave s sečnimi ostanki v kupih. Podobno je tudi številčnost *P. poligraphus* pokazala tri skupine: najvišja številnost je bila pri obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki, srednja pri ostankih v kupih, ter najnižja pri obravnavi brez sečnje in odstranitvi ostankov. Za *D. autographus* in *P. pityographus* ni bilo značilnih razlik v številčnosti med obravnavami.

Analiza vej je pokazala, da je bilo na ploskvah z razprostrtimi ostanki v debelih vejah več velikih lukenj kot na ploskvah s sečnimi ostanki v kupih (slika 8a). V številu manjših lukenj v debelejših vejah med ploskvami z sečnimi ostanki v kupih in ploskvami z razprostrtimi ostanki ni bilo razlik (slika 8b). Številčnost manjših lukenj na tankih vejah je bila odvisna od lokacije: na Jezerskem ni bilo razlik, medtem ko je bila v Kočevju in na Šipku številčnosti lukenj pri razporejenih sečnih ostankih večja kot pri sečnih ostankih v kupih (slika 8c). Ugotovljene so bile naslednje vrste: *Ips typographus* in *Dryocoetes autographus*, ki sta bili povezani z velikimi luknjami, ter *Pityogenes chalcographus*, *Pityophthorus pityographus* in *Polygraphus poligraphus*, ki so bili povezane z manjšimi luknjami.



Slika 83: število majhnih in velikih lukenj v debelih (A, B) in tankih vejah (C). Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($P < 0,05$). Vrste *Ips typographus* in *D. autographus* sta povezani z velikim luknjami, vrste *P. chalcographus*, *P. pityographus* in *P. poligraphus* pa z majhnimi luknjami.

Od skupno 10 opazovanih dreves na raziskovalno ploskev, je v povprečju 5,38 odraslih in 1,42 mladih dreves kazalo znake napada podlubnikov. Mesec dni po začetku obravnav med različnimi obravnavami ni bilo razlik v napadenosti tako pri mladih kot pri odraslih drevesih (napadena mlada drevesa: LR $\chi^2 = 3,09$, df = 3, $P = 0,377$; napadena odrasla drevesa: LR $\chi^2 = 2,38$, df = 3, $P = 0,50$). So pa bile razlike v napadenosti ugotovljene med lokacijami, in sicer za odrasla drevesa (napadena odrasla drevesa: LR $\chi^2 = 6,024$, df = 2, $P = 0,049$), medtem ko pri mladih drevesih teh razlik ni bilo (napadene mladike: LR $\chi^2 = 1,002$, df = 2, $P = 0,605$).

3.4 Razprava

Ugotovili smo, da ploskve z večjo količino odmrlega lesa v obliki sečnih ostankov privabljajo več hroščev. Sečni ostanki niso privabljali le predstavnikov poddružine Scolytinae in družine Cerambycidae, temveč tudi druge skupine, vključno s plenilskimi hrošči iz družin Cleridae in Staphylinidae. Čeprav se Cerambycidae pogosto uporabljajo kot indikatorska skupina in je bila njihova številčnost večja na ploskvah s sečnimi ostanki, ni bilo ugotovljenih indikatorskih vrst. Ugotovili smo, da so bili podlubniki na splošno bolj številčni na ploskvah s sečnimi ostanki, tako pri obravnavah, kjer so bili sečni ostanki zloženi v kupe, kot pri razprostrtih sečnih ostankih. Opazno je, da so bili gospodarsko pomembnejši podlubniki bolj številčni na ploskvah, kjer so ostanki sečnje ostali v gozdu. Napadov manjših podlubnikov je bil odvisen od lokacije: na Jezerskem je bilo število lukenj pri razporejenih sečnih ostankih in pri ostankih v kupih enako, medtem ko je bilo v Kočevju in na Šipku več lukenj pri obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki. Večji podlubniki so debele veje v kupih napadli v manjšem številu kot debelejšje razprostrte veje. Poleg tega mesec dni po obravnavah razlik v napadenosti mladih in odraslih dreves med različnimi obravnavami ni bilo.

Interpretacijo rezultatov eksperimenta je treba umestiti v specifičen časovni okvir, v katerem je bil izveden. Eksperiment je potekal od konca junija do sredine avgusta. Več študij je pokazalo, da je vpliv obravnave sečnih ostankov na podlubnike odvisen od letnega časa (Foit 2015). Naša raziskava je sovpadala z glavnim obdobjem letenja vrst, kot sta *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus*. Vendar pa nismo beležili spomladanskega leta, ki sproži razvoj prve generacije. Pomembno je tudi poudariti, da imajo druge vrste lahko glavno obdobje letenja v drugem delu leta. Eksperiment je bil izveden na različnih nadmorskih višinah, kar pomeni, da so bile kljub poznejšim datumom ploskve na višjih nadmorskih višinah še vedno v zgodnejšem delu letalne sezone glavnih podlubnikov zaradi vpliva nižjih temperatur na fenologijo teh vrst (Hodkinson 2005). Ta časovna in temperaturna variabilnost lahko povzroči prisotnost različnih vrst podlubnikov ali kozličkov, oziroma večjo številčnost, kar je razvidno iz naših rezultatov. Trajanje eksperimenta, ki je obsegalo enomesečno vzorčenje sredi poletja, predstavlja koristen začetni vpogled v možen širši vzorec, vendar bi daljše vzorčenje, tako znotraj ene sezone kot morda med sezonami, omogočilo boljše razumevanje. Rezultati bi se lahko skozi čas spreminjali zaradi različnih obdobji letenja posameznih vrst in staranja ter morebitnega izsuševanja vej (Jonsell et al. 2019). Sprva veje lahko nudijo ugodne pogoje za razvoj hroščev, vendar se to lahko kasneje v sezoni spremeni in ustvari t. i. ekološko past, kar pomeni, da izsuševanje vej povzroči odmrtnost ličink hroščev, ki so napadli veje (Ranius et al. 2018). Dolgotrajni vpliv obravnave sečnih ostankov na združbo hroščev zahteva nadaljnje raziskave.

Druga omejitev te študije je, da so bili hrošči, razen Scolytinae, večinoma le ujeti in ne neposredno vzorčeni v vejah. Posledično ne moremo dokončno sklepati, ali so naši rezultati posledica zgolj privlačnosti obravnave zaradi hlapnih snovi, ki jih oddajajo ostanki, ali pa se vrste dejansko tudi prehranjujejo in se razmnožujejo v njih. Vendar pa so tako naši rezultati kot tudi ugotovitve drugih študij pokazali, da se številne vrste podlubnikov dejansko prehranjujejo in odlagajo jajčeca v veje (Gibb et al. 2006, Kacprzyk 2012, naša študija). Tudi kozlički so bili v nekaterih drugih raziskavah najdeni v sečnih ostankih (Foit 2015, Sandström et al. 2019), zato je smiselno sklepati, da sečni ostanki v naši študiji kozličkov niso samo privabljali ampak so jim tudi predstavljali substrat za prehranjevanje in razmnoževanje.

Obravnave s sečnimi ostanki so privabljale široko paleto prehranjevalnih skupin. Kot je bilo pričakovano, so bili privabljeni predvsem podlubniki in ksilofagni hrošči. V relativno velikem številu so

sečni ostanki privlačili tudi hrošče iz družin Cleridae in Staphylinidae, ki sodijo v druge prehranjevalne skupine. V tej študiji je bila družina Cleridae večinoma zastopana z vrsto *Thanasimus formicarius*, družina Trogossitidae pa z vrsto *Nemosoma elongatum*, ki sta znana po tem, da za iskanje plena uporabljata hlapne snovi poškodovanih dreves in vej ter feromone svojega plena (Hulcr et al. 2006, Wegensteiner et al. 2015). Plen vrste *T. formicarius* večinoma predstavljajo ličinke podlubnikov, medtem ko se *N. elongatum* prehranjuje z ličinkami in odraslimi osebkami, ki so bili v večjem številu prisotni na ploskvah s sečnimi ostanki. Družina Staphylinidae pa po drugi strani kaže veliko raznolikost v načinu prehranjevanja, od plenilstva in mikofagije do saprofagije (Thayer 2005). Čeprav vrst nismo določili in zato nismo mogli opredeliti prehranjevalne skupine, ta razmeroma slabo poznana družina zahteva nadaljnje raziskave, da bi ugotovili, ali ostanki predstavljajo vir ali plen za vse prehranjevalne skupine (Johansson et al. 2007). Družini Latridiidae in Leiodidae sta prav tako pokazali večjo številčnost pri obravnavah s sečnimi ostanki, čeprav je veliko vrst v teh skupinah mikofagnih (Bangay et al. 2022). Ta privlačnost bi lahko bila posledica razvoja gliv po poseku vej ali vnosa glivnih združb s strani ambrozijskih hroščev. Družina Elateridae, pri katerih so odrasli osebkami fitofagni (Costa et al. 2010), so bili morda privabljeni s sveže posekanim lesom ali vejami s svežimi iglicami. Ti rezultati kažejo, da so sečni ostanki pomembni za različne vrste iz različnih prehranjevalnih skupin.

Družina Cerambycidae je znana kot indikator prisotnosti mrtvega lesa, kar pomeni, da lahko prisotnost vrst znotraj te družine ponudi vpogled v lastnosti in stanje mrtvega lesa (Lachat et al. 2012). Vendar pa v naši študiji ni bila nobena vrsta prepoznana kot indikatorska za katero koli obravnavo s sečnimi ostanki. Namesto tega so bile nekatere vrste prepoznane kot indikatorske za posamezne lokacije raziskave. To je verjetno povezano z dejstvom, da so hrošči iz družine Cerambycidae razmeroma redki, pogosto so bili ujeti le posamezni osebkami. Višinska razlika med lokacijo Jezersko in območjema Kočevje ter Šipek kaže na vpliv fenologije na zgodnje- in pozno-sezonske vrste (Hodkinson 2005). Poleg tega je bilo zanimivo opaziti, da se je združba vrst razlikovala le med kontrolno obravnavo in ostalimi obravnavami, tudi v primeru, ko so bili sečni ostanki odstranjeni. To bi lahko bila posledica dejstva, da se ličinke številnih vrst razvijajo v štorih, ki so bili prisotni tudi pri obravnavi z odstranjenimi sečnimi ostanki.

Podlubniki (Scolytinae) so ena najbolj raznolikih skupin hroščev v gozdovih in vključujejo številne vrste, ki veljajo za škodljivce (Vega and Hofstetter 2015). Naši rezultati so pokazali, da so bili podlubniki pretežno privabljeni na ploskve s sečnimi ostanki. Zanimivo je, da bi se razlike med združbami lahko pripisale razpoložljivosti različnih materialov za razvoj zaroda; medtem ko so bili pri obravnavi z odstranjenimi sečnimi ostanki na voljo le štori, so bile pri drugih obravnavah prisotne tudi veje, ki so privabile druge vrste (npr. Kacprzyk 2012, Schroeder et al. 1999). *Hylastes cunicularius* je zgodnje-sezonska vrsta, ki napada mlada drevesa (Lindelöw 1992) in ima izrazito preferenco do štorov (Rahman et al. 2018). Ta preferenca bi lahko pojasnila, zakaj je bila najpogosteje najdena pri obravnavah z odstranjenimi ostanki in pri obravnavah z ostanki v kupih, saj so štori tam najbolj dostopni, medtem ko so bili pri obravnavah z razprostrtimi ostanki štori pogosto prekriti z ostanki. *H. cunicularius* velja za škodljivca, saj škodo večinoma povzroča med zrelostnim hranjenjem hroščev na skorji mladih iglavcev. *Ips typographus*, *Polygraphus poligraphus* in *Pityogenes chalcographus* so vrste, ki jih privabljajo veje (Kacprzyk and Bednarsz 2015), pri čemer gre za debelejšje veje v primeru *I. typographus* in tanjše v primeru preostalih dveh vrst. Zato ni presenetljivo, da so bile privabljene le k obravnavam s sečnimi ostanki, kot je to pri *I. typographus* ali *P. poligraphus*, oziroma v gradientu od ploskev z razprostrtimi sečnimi ostanki do kontrolne obravnave, kot se je pokazalo pri *P. chalcographus*. Vse te vrste so znani škodljivci, ki prizadenejo bodisi mlada drevesa in dele odraslih

dreves s tanjšo skorjo (*P. poligraphus* in *P. chalcographus*) bodisi odrasla drevesa (*Ips typographus*). Rezultati naše raziskave kažejo, da puščanje ostankov v gozdu v večji meri privablja podlubnike, zlasti vrste, ki bi lahko potencialno napadle gostiteljske drevesne vrste v okolici.

Čeprav sta obe obravnavi, s sečnimi ostanki v kupih in z razprostrtimi sečnimi ostanki, v pasti privabili razmeroma podobno število podlubnikov, so bile opažene razlike v napadenosti sečnih ostankov. Debelejše veje v kupih so bile napadene redkeje kot tiste pri obravnavi z razprostrtimi ostanki. To je morda zato, ker so veje v kupih bolj zakrite in zato težje dostopne za hrošče. Poleg tega so veje v kupih tudi bolj vlažne, medtem ko *Ips typographus* daje prednost bolj suhemu lesu. Kljub temu smo v ostankih v kupih zaznali gostoto napada 0,005 lukenj/cm², kar kaže na znatno kolonizacijo razmnoževalnega materiala, ki bi lahko povzročila večje število potomcev in večjo vitalnost v primerjavi z višjimi gostotami napada, kot so bile opažene pri razprostrtih sečnih ostankih (npr. Anderbrant et al. 1985, Botterweg 1983). Po drugi strani pa so bile tanjše veje pogostejše napadene s strani *Pityogenes chalcographus* (Kacprzyk and Bednarz 2015) in *Polygraphus poligraphus*. Zanimivo je, da smo opazili interakcijo med obravnavo in lokacijo, saj so bile na nižje ležečih lokacijah veje pri razprostrtih ostankih bolj napadene kot veje v kupih. Tega nismo pričakovali, saj so bile veje vzete z zgornje strani kupov in so torej imele enako izpostavljenost podlubnikom kot pri obravnavi z raztresenimi ostanki. Drugi rezultati sicer ne kažejo razlik med tema dvema načinoma ravnanja s sečnimi odpadki, torej razlik v številu majhnih vhodnih lukenj/cm² (verjetno *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus poligraphus*; slika 5b), kot tudi razlik v številčnosti *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus* in *Polygraphus poligraphus* (vse vrste veljajo za škodljivce) v paste ni bilo (sliki 3 in 4).

Večje število podlubnikov pri obravnavah s sečnimi ostanki, bi lahko nakazovalo na večje tveganje za napad okoliških dreves. Kljub temu niti odrasla niti mlada drevesa pri obravnavah s sečnimi ostanki niso kazala povečane napadenosti s strani podlubnikov. To bi lahko bilo posledica dejstva, da smo drevesa pregledovali prezgodaj in da morebitne poškodbe še niso bile dovolj izražene. Kakorkoli, pri pregledu smo bili pozorni na znake zgodnjega zaznavanja (Kautz et al. 2023), kot sta prisotnost lukenj in smole na drevesih, kar zmanjšuje verjetnost, da bi napadi na okoliška drevesa ostali neopaženi. Mnogi osebki, najdeni v vejah, so bili odrasli ali blizu zrelosti, kar kaže, da razvoj podlubnikov po enem mesecu morda še ni bil popolnoma zaključen, zato napadi, ki smo jih zaznali, verjetno niso bili posledica generacije, ki se je razvijala v kupih. Vrste, kot je *Ips typographus*, so znane po tem, da se razvijajo v tem časovnem okviru, vendar potrebujejo dodatno obdobje zrelostnega prehranjevanja, tako da v času trajanja eksperimenta najverjetneje še ne bodo izletele (Wermelinger 2004). Napade na odrasla in mlada drevesa v okolici bi lahko izvedli hrošči, ki so bili privabljeni s strani sečnih ostankov, in sicer med oblikovanjem sestrške generacije (Wermelinger 2004). Analiza sanitarne sečnje v okolici raziskovalnih ploskev v tistem letu prav tako ni pokazala razlik v številu napadenih dreves med obravnavami, kar nakazuje, da v okviru našega eksperimenta sečni ostanki niso predstavljali tveganja za okoliška drevesa. Po koncu eksperimenta so bili sečni ostanki ponovno zloženi v kupe, da bi se izognili morebitnim tveganjem za okoliška drevesa.

3.4.1 Implikacije za gospodarjenje z gozdovi

Trajnostno gospodarjenje z gozdovi mora upoštevati več funkcij gozdov, saj le tako lahko zagotovimo razvoj odpornega gozdnega sistema. Naša študija je združevala ukrepe varstva narave in obvladovanja škodljivcev ter preverjala, ali obstajajo obravnave sečnih ostankov, ki koristijo obema

ciljnima področjema. Ugotovili smo, da obravnave, pri katerih se ostanki pustijo v gozdu, na splošno privabljajo raznoliko paleto saproksilnih vrst hroščev in družin. Čeprav med obravnavami ni bilo razlik v stopnji privabljanja, so bile debele veje v kupih s strani gospodarsko problematičnih vrst podlubnikov značilno manj napadene. Rezultati naših preliminarnih raziskav torej nakazujejo, da lahko zbiranje sečnih ostankov v kupe koristi tako varstvu narave kot obvladovanju škodljivcev.

V zadnjih desetletjih se je količina mrtvega lesa v gozdovih močno zmanjšala zaradi intenzivnega gospodarjenja z gozdovi (Fridman and Walheim 2000). Ta upad je povzročil tudi zmanjšanje števila vrst, vezanih na mrtvi les, pri čemer je veliko teh vrst pristalo na rdečem seznamu (Cálix et al. 2018). Za ohranjanje trajnostnih populacij žuželk, vezanih na mrtvi les, bi morale v gozdovih ostati povprečno 30–40 m³ mrtvega lesa na hektar (Müller and Bütler 2010). Nedavne študije so pokazale, da lahko z upravljanjem mrtvega lesa povečamo število saproksilnih vrst v gozdovih (Sandström et al. 2019). Tudi naši rezultati nakazujejo, da bi lahko ohranjanje sečnih ostankov v gozdu prispevalo k povečanju količine mrtvega lesa in posledično k večjemu številu saproksilnih hroščev ter drugih taksonov. Vendar je treba opozoriti, da zaradi majhnega premera sečnih ostankov ti predstavljajo le eno vrsto mrtvega lesa, medtem ko številne saproksilne vrste potrebujejo mrtev les večjih dimenzij ali stoječa odmrla drevesa. Tako razprostrti sečni ostanki kot ostanki v kupih nastanejo na mestu sečnje, kar pomeni, da se mrtvi les v gozdu razporedi v manjših količinah. Gozdarske prakse pa se med državami razlikujejo (npr. posamična izbira dreves proti goloseku), kar vpliva na razporeditev mrtvega lesa v gozdu. Haeler et al. (2024) poudarjajo pomen heterogenosti mrtvega lesa tako v količini kot prostorski razporeditvi, in tako predlagajo, da lahko raznoliki načini upravljanja in časovni razpored spodbudijo bolj robustno saproksilno združbo.

Pri integriranem gospodarjenju z gozdovi pospeševanje ene funkcije ne sme negativno vplivati na drugo. Čeprav je naša študija pokazala, da bi lahko razpoložljivost svežega mrtvega lesa potencialno povečala tveganje za izbruhe podlubnikov, smo prav tako pokazali, da je bila stopnja napada debelejših vej v kupih nižja kot pri razprostrtih vejah. Čeprav to v tej študiji ni bilo obravnavano, je smiselno sklepati, da bi to lahko zmanjšalo tudi tveganje za napade v okolici sečnih ostankov. Ta študija nakazuje, da bi lahko sečni ostanki zloženi v kupe predstavljali način ravnanja s sečnimi ostanki z najmanjmanjšim tveganjem za napade podlubnikov in največjo privlačnostjo za druge vrste. Poudariti je potrebno, da je bila ta raziskava izvedena le v kontekstu redčitvene sečnje. Rezultati se lahko razlikujejo pri obsežnejših posegih, kot je golosek, kjer povečana izpostavljenost soncu lahko povzroči drugačne (mikroklimatske) razmere znotraj sečnih ostankov. Potrebne so nadaljnje raziskave.

Preizkusili smo tri metode upravljanja s sečnimi ostanki v kontekstu obvladovanja škodljivcev in varstva narave. Ugotovili smo, da puščanje ostankov v gozdu povečuje vrstno pestrost hroščev, zlasti saproksilnih vrst. Po drugi strani pa to vodi do povečane številčnosti škodljivih vrst tako pri obravnavah s sečnimi ostanki v kupih kot pri obravnavah z razprostrtimi sečnimi ostanki. Upravljallec mora skrbno upoštevati nasprotujoče si cilje pri sprejemanju odločitev. Ker podnebne spremembe in drugi pritiski še naprej vplivajo na odpornost gozdov in njihovo biotsko raznovrstnost, je ključno, da se uporabljajo in nadalje razvijajo trajnostni ukrepi upravljanja, ki podpirajo več funkcij gozdov.

4. Ravnanje s sečnimi ostanki: Presvetljenost sečnih ostankov

4.1 Uvod

Gozdovi po svetu so pod pritiskom zaradi vse pogostejših obsežnih motenj, npr. veter, suša in drugi abiotске dejavniki, ki lahko oslabijo drevesa (FAO 2020; Seidl et al. 2022). Posledično drevesa napadajo tudi različni škodljivi organizmi (Hlásny et al. 2021; Ramsfield et al. 2016; Seidl et al. 2017). Povečujejo se tudi stroški ukrepov, ki so potrebni za ohranjanje zdravja gozdov, kar v nekaterih regijah pomeni, da vrednost gozda ne zadošča za pokritje stroškov izvedenih ukrepov (Mohr et al. 2025). Ukrepi proti škodljivcem in boleznim morajo učinkovito zmanjšati populacije ŠO, ne glede na to, ali se izvajajo samostojno ali v kombinaciji (Fettig and Hilszczański 2015; Trumbore et al. 2015). Poleg tega je FAO predlagala sistemski pristop, po katerem naj bi se ukrepi vedno izvajali hkrati, vendar neodvisno, tako da imajo skupen krepitevni učinek, pri čemer v primeru odpovedi enega ukrepa drugi še vedno negativno vpliva na populacijo škodljivcev (FAO 2017). Zato je pomembno preizkušati ukrepe, ki se uporabljajo vzporedno.

Podlubniki so znani kot uničujoči škodljivci in se pojavljajo po vsem svetu (Vega and Hofstetter 2015). Skoraj vsaka celina ima svojo vrsto podlubnika, ki povzroča težave v gozdovih (Vega and Hofstetter 2015). V Evropi je osmerozobi smrekov lubadar tisti, ki je v zadnjih desetletjih povzročil obsežne poškodbe na navadni smreki (Hlásny et al. 2021; Kausrud et al. 2012; Wermelinger 2004), kar je posledica kombinacije podnebnih sprememb in preteklega gospodarjenja z gozdovi (de Groot et al. 2019). Sanitarna sečnja je ukrep, ki se najpogosteje uporablja za zaježitev izbruhov (Fettig and Hilszczański 2015), vendar bi bilo za preprečevanje poškodovanosti gozdov v prihodnje treba uporabiti tudi druge metode in pristope (Singh et al. 2024). Eden od izzivov pri sanitarni sečnji in sečnji dreves nasploh je, da se okrogli les večinoma odstrani iz gozda, sečni ostanki pa ostanejo v gozdu. Ti sečni ostanki predstavljajo potencialni razmnoževalni material za nadaljnji razvoj podlubnikov (de Groot et al. 2025; Kacprzyk and Bednarz 2015) in posledično nevarnost za morebitne napade na okoliška drevesa. Večina evropskih držav navaja podlubnike kot glavni razlog za izvajanje ravnanje s sečnimi ostanki (de Groot et al., v pripravi, poglavje 4). Obstaja več načinov, pri čemer sta najpogostejša zlaganje sečnih ostankov v kupe ali mulčenje, ponekod pa veje preprosto pustijo razprostrte po gozdnih tleh (Udali et al. 2024). Čeprav države uporabljajo širok nabor ukrepov, je le malo študij preizkusilo njihovo učinkovitost v smislu obvladovanja podlubnikov (de Groot et al. 2025; Kacprzyk 2012), pri tem pa je potrebno poudariti, da so gozdovi pogosto zelo heterogeni, kar lahko vpliva na ravnanje s sečnimi ostanki.

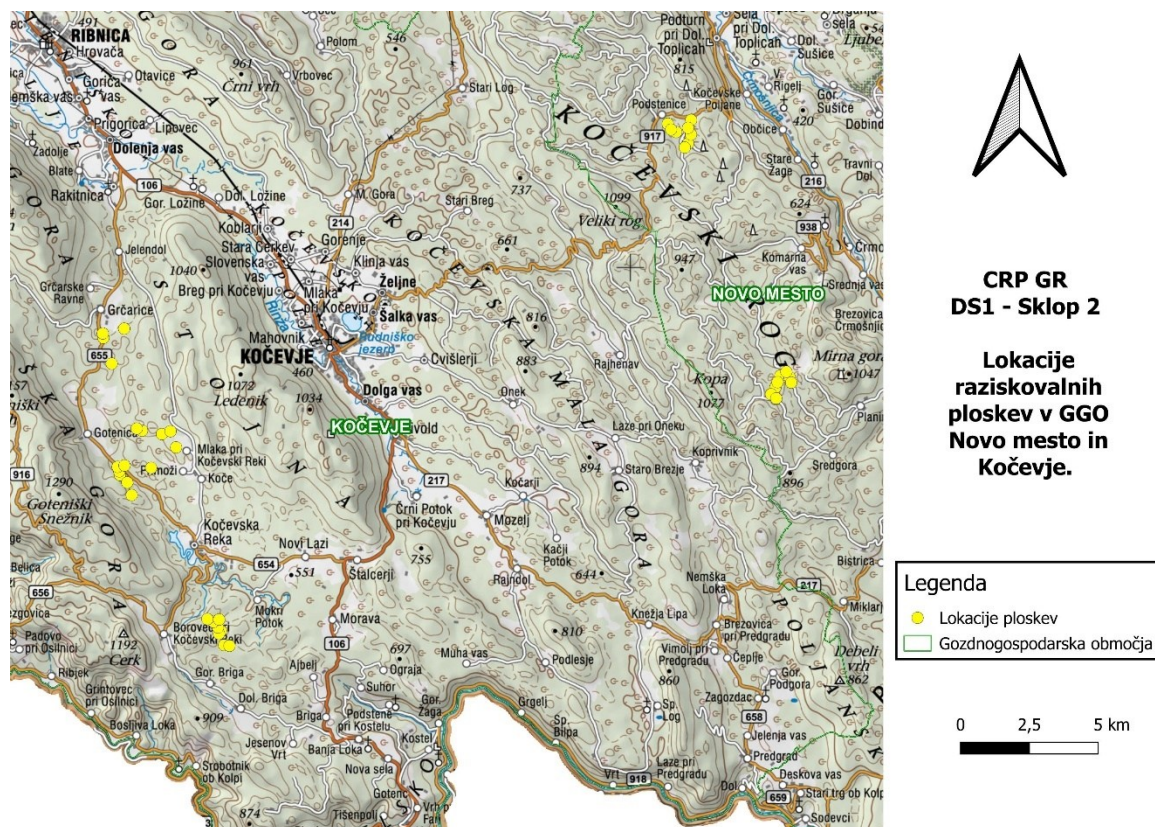
Mikroklima v gozdu predstavlja nabor podnebnih razmer, ki se pojavijo na določenem lokalnem območju (Geiger 1965) in so posledica kombinacije okoljskih spremenljivk, kot so temperatura, svetloba in vlaga. Številni biološki procesi v gozdovih so zelo kompleksni in pogosto nelinearni (Chen et al. 1999; De Frenne et al. 2021). Različni taksoni se na spremembe mikroklimne različno odzivajo (De Frenne et al. 2021). Ukrepi gospodarjenja z gozdom lahko zato pod različnimi mikroklimatskimi pogoji privedejo do različnih rezultatov (Chen et al. 1999). Lindman in sodelavci (2023) so ugotovili, da mikroklima, ki vpliva na hlode v senci ali na odprtem, spreminja gostoto podlubnikov in število razvitih generacij vzdolž podnebnega gradienta. V primeru ravnanja s sečnimi ostanki lahko odprtost krošnje pospeši sušenje ostankov in s tem zmanjša število podlubnikov, ki preživijo v ostankih, medtem ko lahko ostanki v bližini vodotokov zaradi večje vlažnosti ostanejo bolj privlačni kot razmnoževalni material. Vlažnost v kupih sečnih ostankov je bistveno višja kot na prostem, kar kaže,

da mikroklima deluje tudi na manjšem prostorskem merilu. Izziv je razumeti, kateri ukrep je najprimernejši za določen tip mikroklima.

Ta študija je bila izvedena kot del DS1, dejavnost 2. Namen študije je bil raziskati vpliv presvetljenosti sečnih ostankov na stopnjo napada podlubnikov pri različnih načinih ravnanja. Zato smo preizkušali, ali imajo sečni ostanki zloženi v kupe, razprostrti sečni ostanki in odstranjeni sečni ostanki različen vpliv na številčnost in napade podlubnikov ter njihove plenilce. Polovica raziskovalnih ploskev je bila v sestojih, kjer je bila presvetljenost sečnih ostankov < 40 %, polovica pa v sestojih, kjer je bila presvetljenost sečnih ostankov > 50 %. Postavili smo naslednje hipoteze: 1) sečni ostanki, ki bodo bolj izpostavljeni soncu bodo privabili več podlubnikov, ker se hlapne snovi lažje in dlje širijo, (2) razprostrti sečni ostanki se hitreje sušijo, kar otežuje razvoj podlubnikov, in (3) na ploskvah z večjo presevljenostjo bomo odkrili več napadenih dreves, predvsem zaradi povečevanja populacije podlubnikov, ki jih privablja sveže posekan les, ne glede na vrsto ravnanja s sečnimi ostanki.

4.2 Materiali in metode

4.2.1 Opis območja



Slika 9: Lokacije, kjer so bile postavljene raziskovalne ploskve

Raziskava je potekala v gozdnogospodarskih območjih (GGO) Kočevje in Novo mesto, natančneje na Kočevskem rogu ter v okolici Gotenice in Kočevske Reke (slika 9). Ploskve ležijo v dinarski in pred-dinarski biogeografski regiji, ki je značilna po kraških pojavih in posledično manjši količini površinskih

vod. Gozdne združbe na teh območjih so pretežno *Omphalodo-Fagetum* in *Hacquetio-Fagetum*. Vse ploskve so ležale na nadmorskih višinah med 530 in 850 m. Ploskve smo postavili v sestoje, kjer je delež smreke presegal 60 %. Najpogostejše drevesne vrste na teh območjih so navadna smreka, navadna bukev in jelka. V tem obdobju na območjih ni bilo večjih žarišč podlubnikov, z izjemo nekaj posameznih napadenih dreves v obdobju pred začetkom eksperimenta v letu 2024 (Ogris, ZGS).

4.2.2 Zasnova poskusa raziskave

Eksperiment je bil zasnovan bločno, s štirimi različnimi obravnavami sečnih ostankov in dvema različnima stopnjama presvetljenosti. Vsaka kombinacija obravnave in presvetljenosti je imela pet ponovitev (slika 10), kar skupaj predstavlja 40 raziskovalnih ploskev. Bolj presvetljeni sestoji so bili tisti, kjer je bilo več kot 50 % površine izpostavljene direktni sončni svetlobi, manj presvetljeni pa so bili tisti sestoji, kjer je bilo manj kot 40 % površine izpostavljene soncu.

	<u>kontrola</u>	<u>vse ven</u>	<u>raztreseno</u>	<u>kup</u>
<u>Presvetljeno</u>	5x	5x	5x	5x
<u>Zastrto</u>	5x	5x	5x	5x

Slika 10: shema zasnove poskusa z različnimi obravnavami in presvetljenostjo sestoj

Priprava obravnav je bila podobna kot je opisano v poglavju 3. Skupno je bilo na vsaki raziskovalni ploskvi posekanih med 20 in 30 m³ navadne smreke. Pri posekanem drevesu so bile veje odžagane, hlod pa je bil odpeljan s ploskve, medtem ko sta vrh drevesa in veje ostala na ploskvi. Pripravili smo tri obravnave in kontrolo: 1) pri obravnavi »kupi« so bili sečni ostanki zloženi v razmeroma majhne kupe (povprečna višina = 1 m, povprečni premer = 2,02 m) v skladu s smernicami Zavoda za gozdove Slovenije. Pri tem so bile debelejšje veje in vrhač nameščeni v sredino kupa in prekriti s tanjšimi vejami, ki so pogosto še vsebovale iglice. 2) Pri obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki so bile veje in vrhač po potrebi razžagani in enakomerno razporejeni po ploskvi. 3) Pri obravnavi »vse ven« so bili vsi sečni ostanki odstranjeni s ploskve. Ploskve, ki so služile kot kontrola, so bile umeščene v isto območje, s podobnimi razmerami kot na obravnavanih ploskvah.

Zaradi logističnih težav pri pripravi ploskev so bile kombinacije obravnav pripravljene v različnih časovnih obdobjih, in sicer so bila začetna stanja vzpostavljena od konca maja do sredine julija.

4.2.3 Protokol popisovanja

Na ploskvah smo merili vlažnost, temperaturo, količino mrtvega lesa in poškodovanost dreves, poleg tega pa smo lovili žuželke, spremljali napadenost sečnih ostankov in okoliških dreves s podlubniki.

Vlažnost in temperatura sta bili merjeni z vremensko postajo, ki je podatke beležila vsakih 10 minut. Vremenske postaje so bile pripravljene na Gozdarskem inštitutu Slovenije. Vremenska postaja je vsebovala dva avtomatska zapisovalnika GM1365, proizvajalca BENETECH, z zaščito pred sončnim sevanjem. Zapisovalnika sta bila pritrjena na drog, eden na višini 20 cm, drug pa na višini 2 m. Zapisovalnik meri vlažnost z zračno vlažnostno sondo (natančnost $\pm 2\%$ v območju med 20 % in 80 %) ter relativno zračno vlažnost (povprečna natančnost $\pm 4\%$ v območju med 80 % in 100 % relativne zračne vlažnosti) in temperaturo z zračno temperaturno sondo (natančnost $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ v območju med 10 $^{\circ}\text{C}$ in 60 $^{\circ}\text{C}$). V tej študiji je bilo uporabljenih osem vremenskih postaj, po ena ponovitev na kombinacijo obravnave in presvetljenosti. Spodnji zapisovalnik je bil nameščen v ostanke v kupih ali raztresene ostanke. V primeru obravnave »vse ven« in kontrolne obravnave je bil nameščen na sredino eksperimentalne ploskve.

Presvetljenost sestojev je bila ocenjena kot delež površine, ki je bila izpostavljena direktni sočni svetlobi. Stopnja presvetljenosti se je ocenjevala iz središča raziskovalnih ploskev.

Količina odmrlega lesa je bila izmerjena z namestitvijo treh podploskev velikosti 1 x 1 meter okoli središča ploskve. Fotografija podploskve je bila posneta od zgoraj. Vse slike so bile najprej obdelane v računalniškem programu GIMP (različica 2.10.38), tako da so robovi podploskev dobili obliko kvadrata. Nato so bile obdelane slike analizirane v programu ImageJ (različica 1.54g), kjer sta bila izmerjena premer in dolžina vsake veje, širše od enega centimetra. Na podlagi teh meritev je bil izračunan volumen vej. Poleg tega je bil izmerjen kup z ostanki znotraj 5-metrskega radija (višina in premer). Volumen je bil izračunan kot parabola $((\text{višina} \times \text{širina}^2 \times \pi) / 8 \times \text{koeficient zlaganja})$, pri čemer je bil koeficient zlaganja 0,2. Na vseh ploskvah je bil volumen mrtvega lesa iz podploskev povprečen in interpoliran na površino ploskve z radijem 5 m po formuli (povprečen volumen mrtvega lesa podploskev $\times$ površina določenega območja ($r^2 \times \pi$)). Pri ploskvah z ostanki v kupih je bil k interpoliranemu volumnu dodatno prištet še volumen kupa.

Z uporabo pasti smo želeli pasivno ujeti žuželke, ki jih privabljajo sečni ostanki ali se pojavljajo na ploskvah. Uporabljena je bila križna past (dimenzije usmerjevalnih plošč: 80 x 40 cm, barva: črna; distributer: Witasek) brez privabila, zbirna posoda za ulov pa je vsebovala konzervirno tekočino, mešanico propilen glikola in vode (razmerje: 2:1). Past je bila nameščena na sredino posamezne raziskovalne ploskve med dvema lesenima drogovoma blizu tal (poglavje 3). Vzorci so bili odvzeti mesečno, dva meseca zapored (Tabela 4).

Tabela 4: Lokacije poskusa in datumi postavitvev in pobiranje pasti.

Lokacija	Postavitev pasti	Prvo pobiranje	Drugo pobiranje
A1 in A2	13.6.	15.7.	23.8.
B3 in B4	3.7.	1.8.	3.9.
D7 in C6	4.7.	1.8.	4.9. in 5.9.
D8 in C5	9.7.	8.8.	11.9. in 17.9.
E9 in E10	17.7.	20.8.	17.9. in 19.9.

Ob koncu obdobja vzorčenja sta bili z vsake ploskve naključno vzeti dve debeli (premer > 10 cm) in dve tanki veji (premer < 2 cm), dolžine 50 cm. Vzorce smo odpeljali na Gozdarski inštitut Slovenije, kjer smo prešteli število velikih (3–4 mm) in majhnih lukenj (1–2 mm) ter rovin sistemov. Površino skorje smo izračunali na podlagi premera in dolžine vej. Vrste, ki so naredile rovne sisteme, so bile identificirane na podlagi determinacijskega ključa (Faccoli 2015). Iz napadenih vej smo vzorčili hrošče in jih shranili v etanol. Žuželke iz pasti in vej so bile določene v Laboratoriju za varstvo gozdov s pomočjo stereo mikroskopa Olympus SZK12 in določevalnih ključev (npr. Grüne 1979, Pfeffer 1995).

Ob koncu raziskave je bila izveden tudi pregled ploskev, s katerim smo ugotavljali prisotnost sveže napadenih dreves s strani *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus*. Vzorec je zajemal do deset odraslih dreves (višjih od 20 m) in deset ali manj mladih dreves (nižjih od 1 m), ki so bila najbližje pasti. Pri vsakem drevesu je bil določen status (živo ali mrtvo), zabeleženi so bili tudi vsi znaki napada podlubnikov na debla dreves, kot so luknje, žagovina ali smola, ki izhaja iz lukenj. Poleg tega so bile pregledane tudi krošnje (rumenenje krošnje) ter dnišča dreves, kje bi se lahko nahajale odpadle iglice. Vsa drevesa so bila pregledana tudi za morebitne znake mehanskih poškodb zaradi sečnje.

4.2.4 Statistična analiza

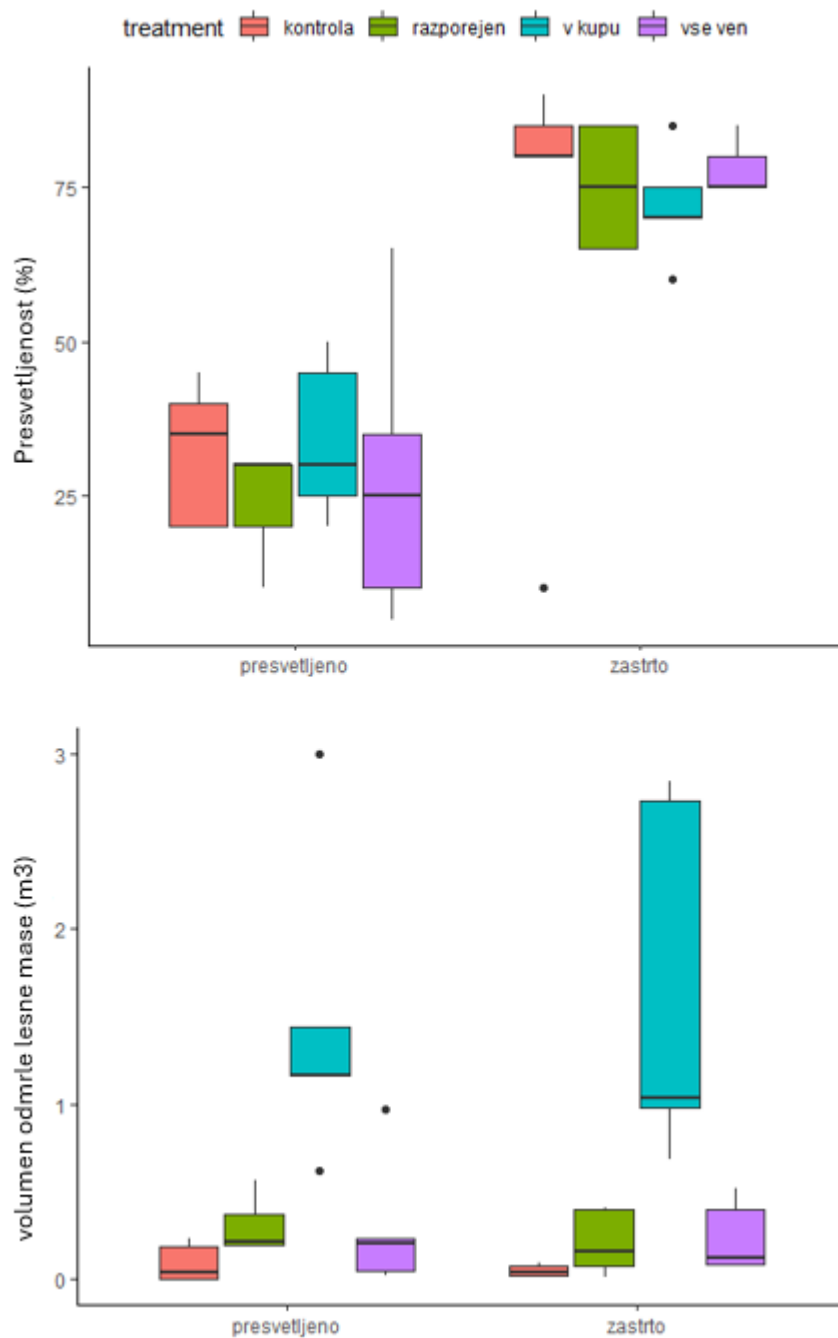
Značilnosti ploskev, kot so vlažnost, temperatura, količina mrtvega lesa in presvetljenost, so bile prikazane zgolj vizualno in opisane z deskriptivno statistiko. Za vlažnost in temperaturo je bilo to storjeno zaradi pomanjkanja ponovitev. Vlažnost in temperatura sta prikazani kot linijski graf z 10-minutnim intervalom za posamezne obravnave in stopnje presvetljenosti. Pri tem je bil uporabljen LOESS za poudarjanje razlik v vzorcih med merilniki, ki so bili nameščeni 20 cm in 2 m nad tlemi za različne obravnave.

Za ulov v pasti, podatke o vejah in poškodbe dreves je bila izvedena enostavna analiza. Najprej so bili podatki raziskani, kot to pojasnjujejo Zuur et al (2010). Posebej so bili preverjeni odstopajoči podatki, heteroskedastičnost, normalnost odvisne spremenljivke. Uporabljena je bila ustrezna porazdelitev napak. Ulovi v pasti predstavljajo številske podatke, zato je bil uporabljen splošni linearni mešani model s Poissonovo porazdelitvijo napak ali negativno binomsko porazdelitvijo. Na ravni vrst je bil uporabljen splošni linearni mešani model z ničelno inflacijo, saj je na številnih ploskvah prišlo do odsotnosti posameznih vrst. Za podatke o vejah je bil uporabljen GLMM z negativno binomsko porazdelitvijo napak. Površina skorje je bila vključena v model kot odmik. Stopnja napada je bila ocenjena z GLMM z binomsko porazdelitvijo napak, pri čemer je bil delež napadenih dreves odvisna spremenljivka, skupno število dreves pa utež. Neodvisne spremenljivke vseh modelov so bile obravnava in presvetljeost ter njuna interakcija. Naključni dejavnik je bila serija obravnav z različnimi časovnimi obdobji. Za izbiro modela je bil uporabljen Akaikejev informacijski kriterij (Burnham in Anderson 2002). Tukeyjev post hoc test je bil izveden z uporabo paketa "emmeans" (Lenth 2024) za spremenljivko "obrnava", če je bilo to potrebno. GLMM modeli so bili izvedeni s paketom "lme4" (Bates et al. 2014), modeli z ničelno inflacijo pa s paketom "glmmTMB" (Brooks et al. 2017). Za analizo je bil uporabljen statistični program R (R Core Team 2024).

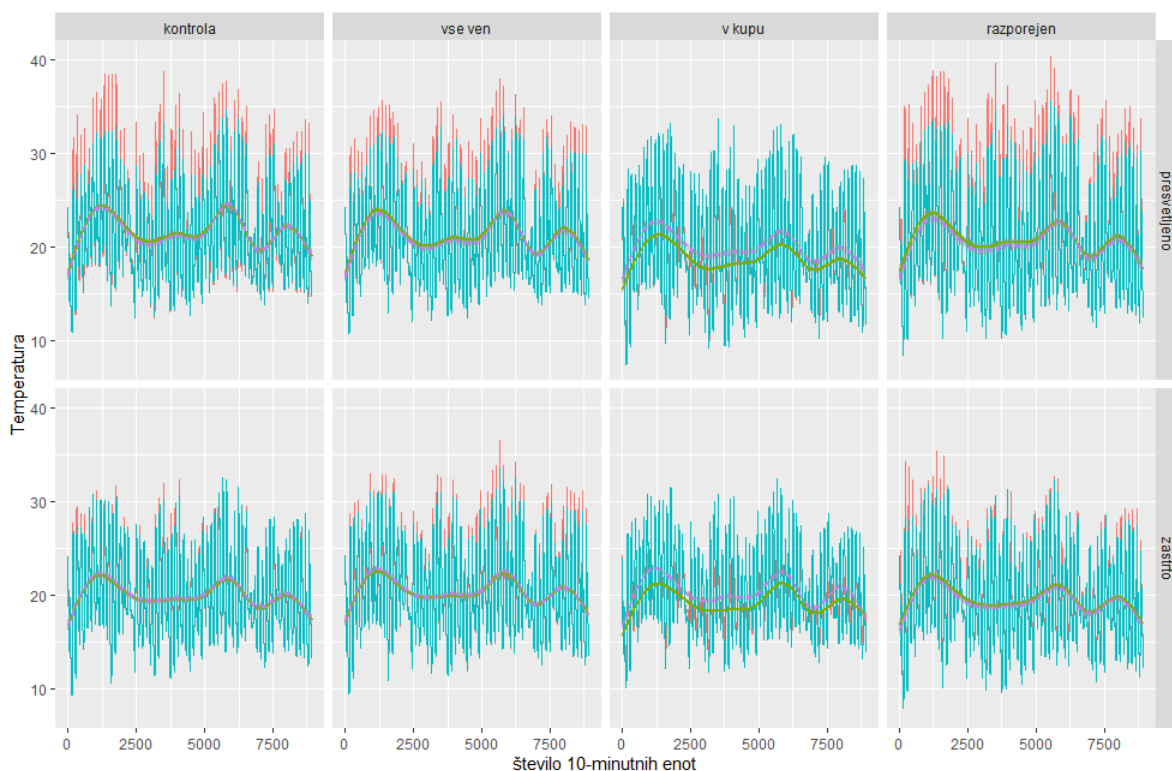
4.3 Rezultati

4.3.1 Opis ploskev

Na ploskvah, ki so bile v kategoriji "presvetljeno", je bilo več kot 50 % površine izpostavljene direktni sončni svetlobi, medtem ko so bile ploskve v kategoriji "zastrto" bolj zakrite s krošnjami dreves in je bila površina, ki je bila izpostavljena direktnemu soncu manjša od 40 % (slika a). Znotraj obeh kategorij imajo obravnave podobno pokritost s krošnjami (slika 11). Količina mrtvega lesa se med kategorijama presvetljeno in zastrto ne razlikuje (slika b), se pa razlikuje med obravnavami. Kontrolna ploskev ima najmanj mrtvega lesa, sledi ji obravnava "vse odstranjeno", nato "ostanki raztreseni", medtem ko ima ploskev z ostanki v kupih največjo količino mrtvega lesa v bližini pasti.



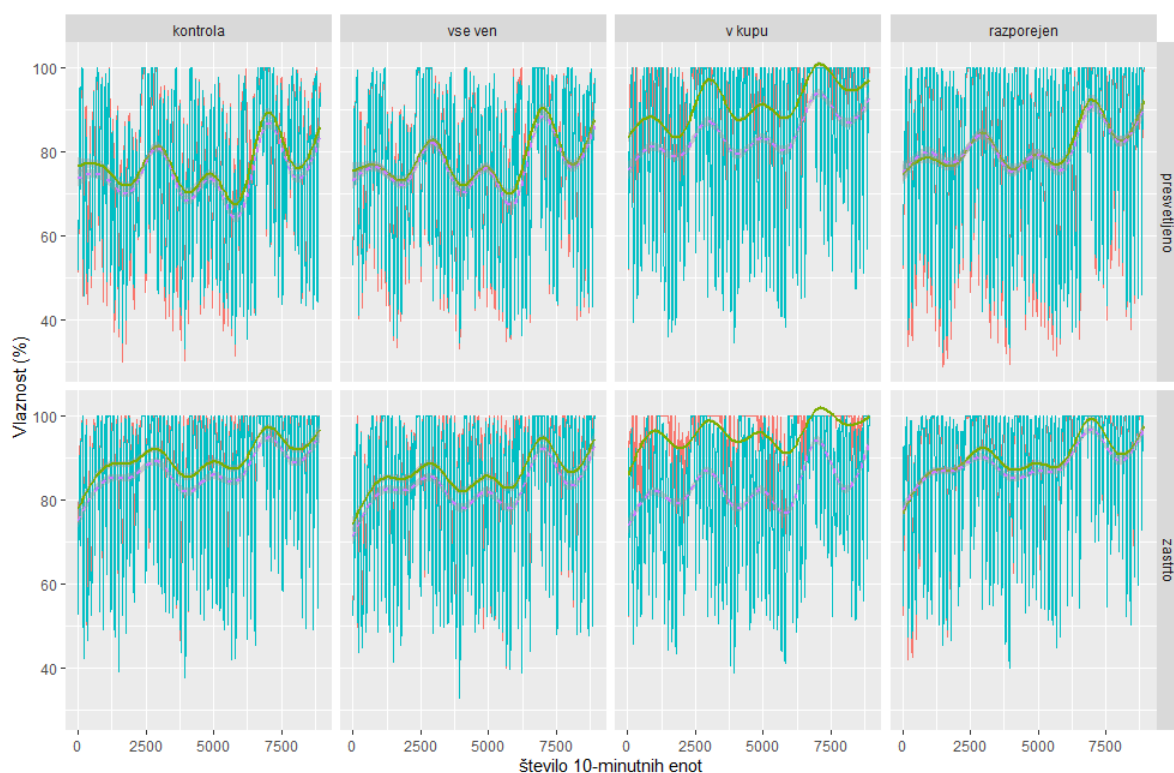
Slika 114: Pokrovnost krošenj (%) in volumen odmrlega lesa za vsak tretma in presvetljenost sečnih ostankov.



Slika 125: Dinamika temperature med vzorčnim obdobjem v 10-minutnih intervalih za vse tretmaje in razrede odprtosti krošenj. Modre črte predstavljajo izmerjene vrednosti, vijolične črte pa napovedane vrednosti merilnika na 2 m višine. Rdeče črte so izmerjene vrednosti, zelene črte pa napovedane vrednosti merilnika, ki je bil 20 cm nad tlemi.

Povprečni temperaturni vzorci so med obravnavami podobni (slika 12). Skrajne vrednosti na presvetljenih ploskvah so višje kot na zastrtih ploskvah. Pri obravnavi z ostanki v kupih je temperatura v kupih na 20 cm nad tlemi nižja v primerjavi s temperaturo okoliškega zraka.

Pri relativni zračni vlagi so vzorci med obravnavami podobni, čeprav je bila relativna vlaga najvišja na ploskvah z ostanki v kupih (slika 13). Relativna vlaga je višja na zastrtih ploskvah v primerjavi s presvetljenimi, pri čemer pogosto dosega 100 %. Relativna vlaga je bila višja pri tleh kot v zraku, kadar je bila ploskev v senci. Razlika je manj izrazita na presvetljenih ploskvah. Pri obravnavi z ostanki v kupih je razlika med relativno vlago v kupih in v zraku večja na zastrtih ploskvah v primerjavi s presvetljenimi.

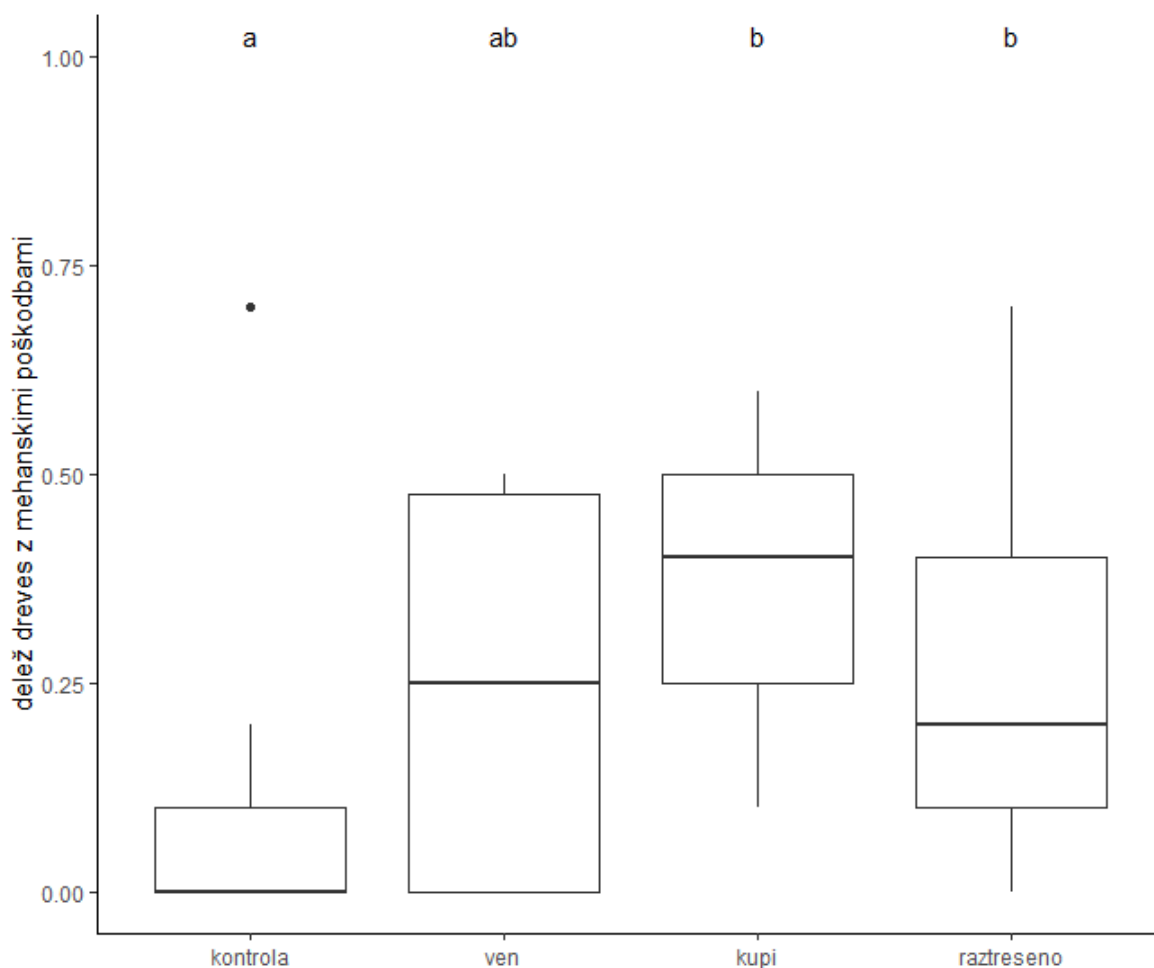


Slika 136: Dinamika vlažnosti med vzorčnim obdobjem v 10-minutnih intervalih za vse tretmaje in razrede odprtosti krošenj. Modre črte predstavljajo izmerjene vrednosti, vijolične črte pa napovedane vrednosti merilnika na 2 m višine. Rdeče črte so izmerjene vrednosti, zelene črte pa napovedane vrednosti merilnika, ki je bil 20 cm nad tlemi.

Mehanske poškodbe so se med obravnavami statistično značilno razlikovale (Wald $\chi^2 = 20,06$, $df = 3$, $P < 0,001$) (tabela 5, slika 14). Največ poškodb je bilo ugotovljenih na ploskvah z obravnavami (ostanki v kupih, ostanki razprostrti in ostanki odstranjeni). Najmanjši delež mehanskih poškodb je bil ugotovljen na kontrolnih ploskvah in ploskvah z odstranjenimi ostanki. Ploskve z odstranjenimi ostanki so bile podobne tako kontrolnim ploskvam kot tudi obravnavam, jer so sečni ostanki ostali na raziskovalnih ploskvah.

Tabela 5: Parametri najboljših modelov za razliko v mehanskih poškodbah med tretmaji. Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

Parametri modela	Wald Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Konstanta)	23,53	1	1,23E-06
Tretma	20,06	3	0,0002



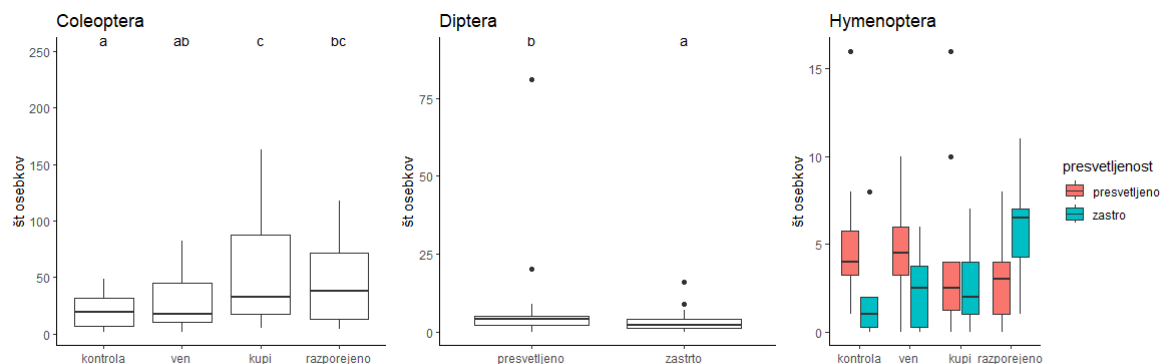
Slika 147: Delež napadenih dreves po tretmajih. Črke označujejo statistično značilno različne skupine.

4.3.2 Ulov v pasti

Skupno smo ujeli 4750 osebkov različnih redov žuželk (tabela 6). Najštevilčnejši so bili hrošči (Coleoptera), dvokrilci (Diptera) in kožekrilci (Hymenoptera). Številčnost hroščev je najbolj odvisna od obravnave (Wald $\chi^2 = 36,06$, $df = 3$, $P < 0,001$, slika 15a), pri čemer je bila najnižja številčnost v obravnavah brez sečnje in z odstranjenimi sečnimi ostanki. Obravnave s sečnimi ostanki v kupih in razprostrtimi ostanki imata najvišjo številčnost hroščev, vendar se obravnave z raztresenimi ostanki in odstranjenimi ostanki med po številu ujetih hroščev ne razlikujeta. Dvokrilci so bili na presvetljenih ploskvah bolj številčni kot na zastrtih ploskvah (Wald $\chi^2 = 3,93$, $df = 3$, $P < 0,05$, slika 15b), ne glede na obravnavo. Kožekrilci so imeli na presvetljenih ploskvah večjo številčnost kot na zastrtih ploskvah (Wald $\chi^2 = 8,1$, $df = 3$, $P < 0,01$, slika 15c), vendar pa je bilo ugotovljeno, da je bila na ploskvah z razprostrtimi sečnimi ostanki številčnost večja na zastrtih ploskvah. Pri redu Hemiptera ni bilo razlik med obravnavami ali glede na osončenost ploskev.

Tabela 6: Skupno število osebkov vseh redov po tretmajih in odprtosti krošenj.

Red	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
Acarina	1	4	5	1	5	6	2		2	4	10	14	27
Aranea	1	2	3	3	3	6	3	3	6	2		2	17
Araneae	5	11	16	5	12	17	4	10	14	12	4	16	63
Blattaria							1	1	2	2	2	4	6
Blattodea		2	2	1	6	7	2	1	3	3		3	15
Coleoptera	228	167	395	572	405	977	430	426	856	326	258	584	2812
Collembola	4	24	28	8	3	11	12	9	21	7	7	14	74
Dermaptera	3	6	9		4	4	1	8	9	2	10	12	34
Diptera	107	21	128	59	28	87	22	25	47	42	39	81	343
Diptera					4	4							4
Ephemeroptera					2	2							2
Hemiptera	77	76	153	75	57	132	82	101	183	144	236	380	848
Hymenoptera	53	17	70	42	26	68	31	62	93	47	24	71	302
Isopoda	2		2				1	4	5		3	3	10
Isoptera		2	2					1	1		12	12	15
Lepidoptera	1	1	2	6		6	4	1	5		4	4	17
Mecoptera	1		1				2		2				3
Odonata	1		1										1
Opiliones	19	10	29	6	9	15	4	5	9	11	5	16	69
Orthoptera	4		4	8	2	10	1	1	2	3	3	6	22
Psocoptera	2		2		1	1	2		2	3		3	8
Raphidoptera		2	2										2
Saltatoria		1	1										1
Thysanura		4	4		2	2		6	6				12
Thysanura	4	7	11	21		21	3		3	2	6	8	43
Grand Total	513	357	870	807	569	1376	607	664	1271	610	623	1233	4750



Slika 158: Primerjava števila osebkov po redovih z več kot 100 osebkami med različnimi tretmaji in odprtostjo krošenj. Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($p < 0,05$).

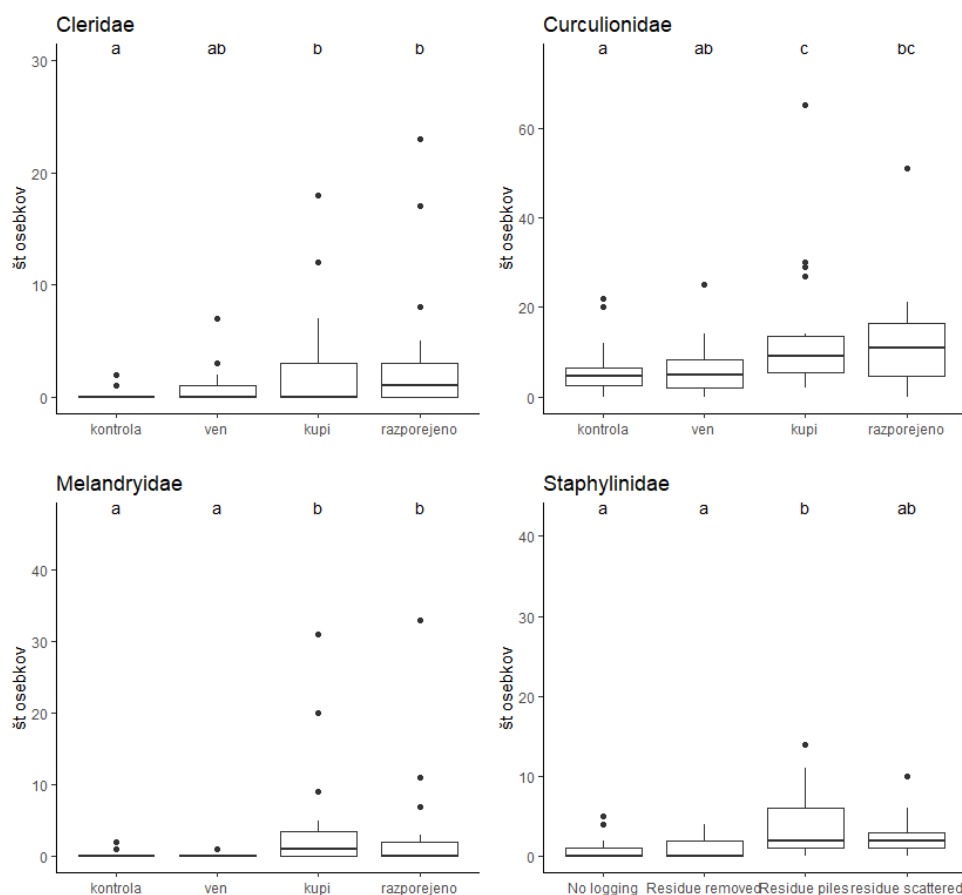
Skupno so bili med raziskavo ujeti osebkami iz 46 družin reda Coleoptera (tabela 7). Družine Cleridae, Curculionidae, Melandryidae in Staphylinidae so bile bolj številčne na ploskvah s prisotnimi sečnimi ostanki (tabela 8, slika 16). Družine Cerambycidae, Elateridae, Latridiidae in Mordellidae niso pokazale nobene preference glede obravnave ali presvetljenosti ploskev (tabela 8). Tudi podlubniki (Scolytinae) so bili v večjem številu zastopani na ploskvah s prisotnimi sečnimi ostanki (tabela 9, slika 17).

Tabela 7: Skupno število osebkov družin Coleoptera po tretmajih in odprtosti krošenj.

Družina	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
Anthribidae	3		3				2	1	3				6
Bostrichidae				2		2	2		2	2		2	6
Buprestidae				3		3	5	1	6	8	2	10	19
Cantharidae	1	1	2	1	1	2				1		1	5
Carabidae	1	1	2	2		2				1	2	3	7
Cerambycidae	17	9	26	28	13	41	32	7	39	22	23	45	151
Cerylonidae				4	5	9	1	2	3	2	2	4	16
Chrysomelidae	1		1	1	1	2	3	1	4				7
Cidae				3	3	6	3	4	7		7	7	20
Cleridae	2	2	4	33	21	54	35	16	51	23	9	32	141
Coccinellidae								1	1		1	1	2
Colydiidae		2	2	7		7	4	1	5		3	3	17
Cryptophagidae	1	2	3	11	2	13	7	3	10	2	2	4	30
Curculionidae	35	83	118	152	109	261	73	160	233	73	70	143	755
Dermestidae					1	1							1
Elateridae	18	13	31	30	12	42	23	14	37	13	17	30	140
Endomychidae	1		1							1		1	2
Erotylidae				1		1	1	1	2	3	3	6	9
Eucnemidae	1		1		1	1	1	1	2	3	1	4	8
Geotrupidae				2		2							2
Histeridae	1	1	2	13	13	26	5	9	14	8	6	14	56
Hydrophilidae										1		1	1
Laemophloeidae	1		1	10	15	25	13	13	26	3	4	7	59
Lampyridae	1		1							1		1	2
Latridiidae	86	32	118	86	45	131	107	91	198	105	38	143	590
Leiodidae	4	2	6	13	15	28	9	6	15	5	9	14	63
Melandryidae	1	3	4	40	38	78	8	48	56	6	2	8	146
Melyridae	1		1	2		2	2		2	3		3	8
Monotomidae	4		4	1	5	6	3	2	5		1	1	16
Mordellidae	18	4	22	26	17	43	39	12	51	23	23	46	162
Mycetophagidae		1	1	1		1					1	1	3
Nitidulidae		2	2		5	5	2	2	4	3	4	7	18
Oedemeridae	1		1				1		1	1	6	7	9
Ptiliidae				3	3	6	4	1	5				11
Ptinidae	2		2	4		4					1	1	7
Salpingidae					2	2	2		2	1	1	2	6
Scarabaeidae	3	1	4	2		2	1		1		1	1	8
Scirtidae							1		1				1
Scaptidae	1		1				1		1				2
Silphidae	5		5	23	47	70	2		2		2	2	79
Silvanidae	1		1	14		14	7	1	8	2	1	3	26
Staphylinidae	11	7	18	39	29	68	23	19	42	7	12	19	147
Tenebrionidae	6		6	4	1	5	1	1	2	1		1	14
Throscidae		1	1	3		3	1		1	1	4	5	10
Trogossitidae				6	1	7	5	6	11	1		1	19
Zopheridae				1		1	1	2	3				4
Grand Total	228	167	395	571	405	976	430	426	856	326	258	584	2811

Tabela 8: Modelni parametri najboljših modelov za najštevilčnejše družine Coleoptera (<100 osebkov).
Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

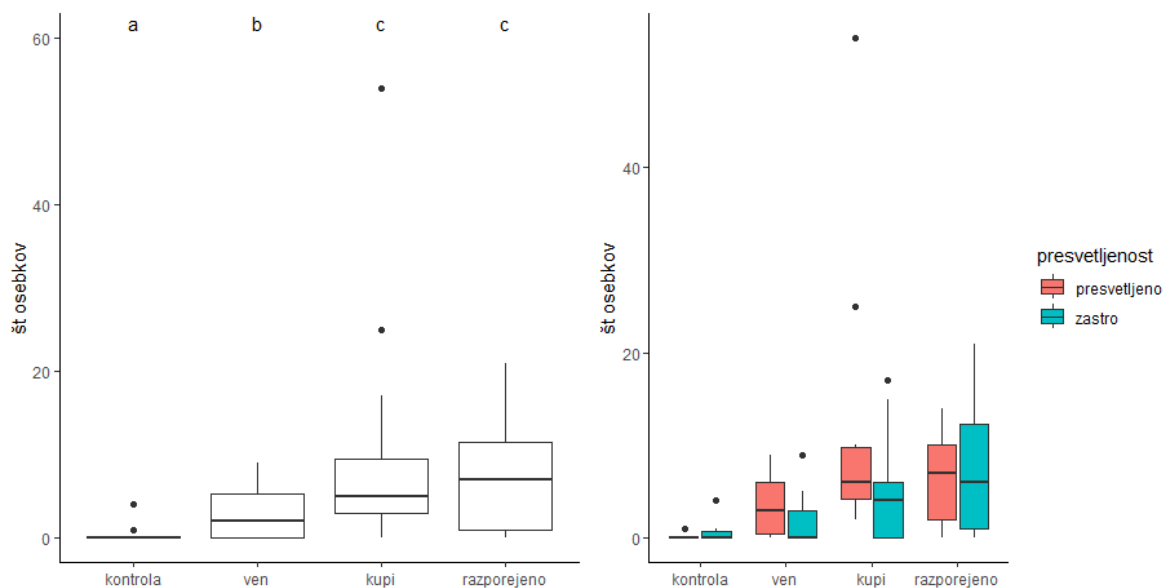
Družina	parametri modela	Wald Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Cerambycidae	(Konstanta)	8,4554	1	0,004
Cleridae	(Konstanta)	6,2415	1	0,012
	Tretma	16,9477	3	0,001
Curculionidae	(Konstanta)	63,802	1	1,38E-15
	Tretma	13,881	3	0,003
Elateridae	(Konstanta)	7,5187	1	0,006
Latriididae	(Konstanta)	79,958	1	<2,2E-16
Melandryidae	(Konstanta)	5,8124	1	0,016
	Tretma	24,1314	3	2,35E-05
Mordellidae	(Konstanta)	4,713	1	0,030
Staphylinidae	(Konstanta)	0,3248	1	0,569
	Tretma	18,7279	3	0,000



Slika 169: Primerjava števila osebkov po družinah Coleoptera z več kot 100 osebki med različnimi tretmaji in odprtostjo krošenj. Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($p < 0,05$).

Tabela 9: Modelni parametri najboljšega modela za Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae). Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

Modelni parameter	Wald Chisq	Df	Pr (>Chisq)
Konstanta	4,1387	1	0,042
Tretma	31,9893	3	$5,26 \times 10^{-7}$
Svetlobni status	1,3256	1	0,25
Tretma × Svetlobni status	7,6429	3	0,054



Slika 1710: Primerjava števila osebkov poddružine Scolytinae med različnimi tretmaji in odprtostjo krošenj. Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($p < 0,05$).

Skupno je bilo zabeleženih 10 vrst iz družine Cerambycidae, 18 vrst iz poddružine Scolytinae, 2 vrsti iz družine Cleridae in 4 vrste iz družine Siricidae (tabela 10). Najpogostejše vrste so bile iz poddružine Scolytinae (*Ips typographus*, *Polygraphus poligraphus*, *Pityogenes chalcographus*) in iz družine Cleridae (*Thanasimus formicarius*). Vrsti *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus* sta bili pogostejše ujete na presvetljenih ploskvah, ne glede na obravnavo (tabela 11, slika 18). Vrsta *P. poligraphus* je bila pogostejše prisotna v obravnavah s sečnimi ostanki (tabela 11, slika 18). *Thanasimus formicarius*, antagonist podlubnikov, je bil pogostejše prisoten na ploskvah, kjer je bila izvedena sečnja (vključno z obravnavo "vse odstranjeno") (tabela 11, slika 19).

Tabela 10: Vrste iz skupin Cerambycidae, Scolytinae, Cleridae (Coleoptera) in Siricidae (Hymenoptera) po tretmajih in odprtosti krošenj.

Cerambycidae													
Vrsta	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
<i>Aegomorphus clavipes</i>										1		1	1
<i>Arhopalus rusticus</i>	1		1	9	2	11	12	1	13	2	2	4	29
<i>Leptura aurulenta</i>				1		1							1
<i>Leptura quadrifasciata</i>											1	1	1
<i>Monochamus saltuarius</i>											1	1	1
<i>Pogonocherus ovatus</i>							1		1				1
<i>Prionus coriarius</i>	5	3	8	8	1	9	9	2	11	12	11	23	51
<i>Stictoleptura rubra</i>	10	6	16	9	7	16	8	2	10	6	8	14	56
<i>Tetropium castaneum</i>	1		1		3	3	2	2	4	1		1	9
<i>Tetropium fuscum</i>				1		1							1
Grand Total	17	9	26	28	13	41	32	7	39	22	23	45	151

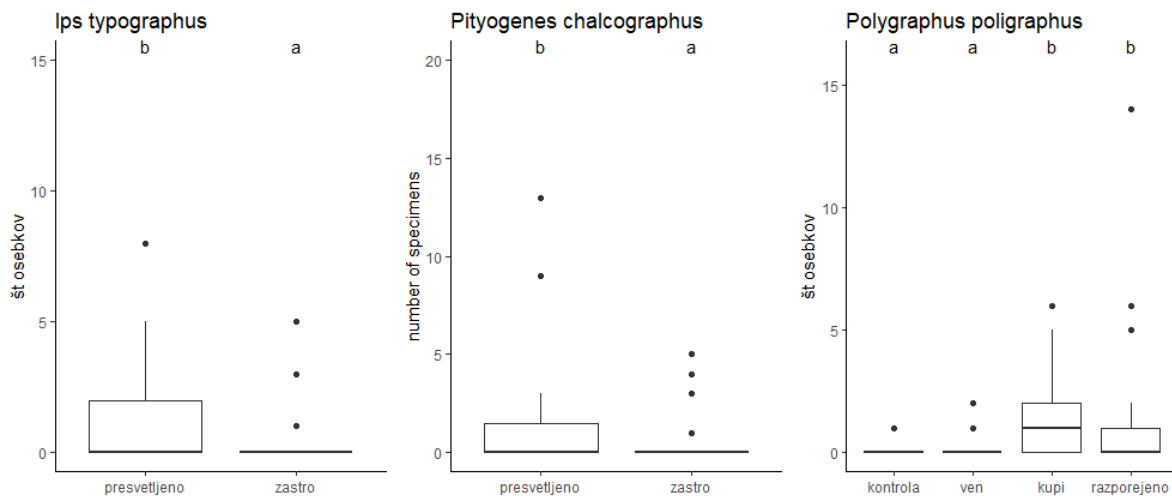
Scolytinae													
Vrsta	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
<i>Carphoborus perrisi</i>		1	1										1
<i>Cryphalus picea</i>				27		27	1	11	12				39
<i>Crypturgus cinereus</i>				5	7	12	2		2	1	1	2	16
<i>Crypturgus pusillus</i>										1	1	2	2
<i>Dryocoetes autographus</i>				11	5	16	5	9	14	1	3	4	27
<i>Gnathotrichus materiarius</i>				3		3							3
<i>Hylastes cunicularius</i>	1	1	2	5	8	13	3	7	10	1	2	3	28
<i>Ips typographus</i>				11	6	17	22	10	32	11		11	60
<i>Pityogenes chalcographus</i>				30	6	36	8	8	16	6	1	7	59
<i>Pityophthorus lichtensteini</i>					1	1							1
<i>Pityophthorus pityographus</i>					1	1	1		1				2
<i>Polygraphus poligraphus</i>		1	1	20	9	29	10	22	32	1	2	3	65
<i>Scolytus intricatus</i>				1		1					1	1	2
<i>Taphrorychus bicolor</i>										2		2	2
<i>Trypodendron lineatum</i>							1		1		2	2	3
<i>Xyleborinus saxesenii</i>	1		1	4		4	3	1	4	7	7	14	23
<i>Xyleborus dryographus</i>				3		3		1	1	1		1	5
<i>Xylosandrus germanus</i>		3	3	5	4	9	3	5	8	4		4	24
Grand Total	2	6	8	125	47	172	59	74	133	36	20	56	369

Cleridae													
Vrsta	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
<i>Thanasimus formicarius</i>	2	2	4	33	17	50	34	16	50	23	9	32	136
<i>Trichodes aparius</i>							1		1				1
Grand Total	2	2	4	33	17	50	35	16	51	23	9	32	137

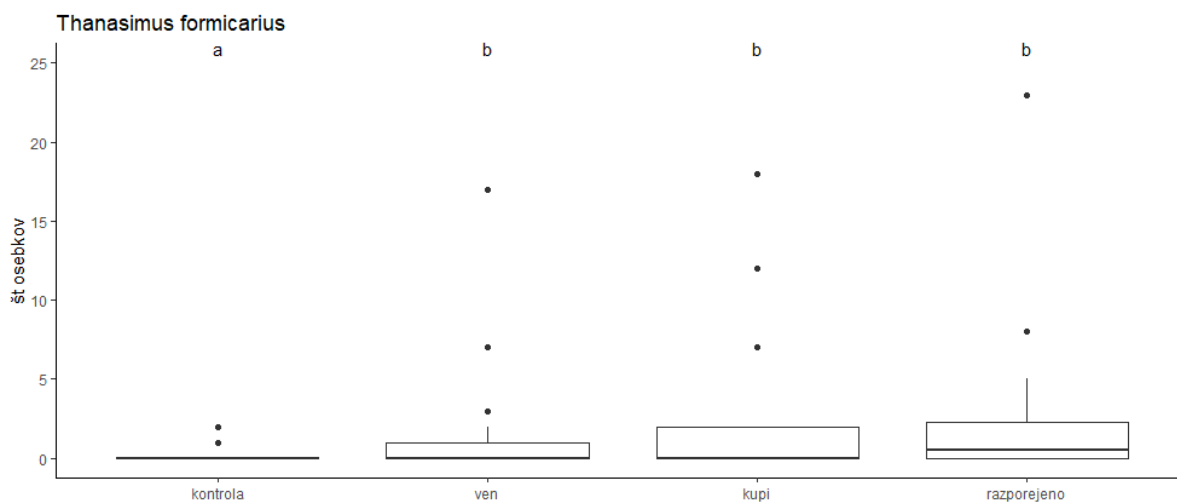
Siricidae													
Vrsta	kontrola		kontrola Total	kupi		kupi Total	razporejeno		razporejeno Total	ven		ven Total	Grand Total
	Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		Presvetljeno	Zastrto		
<i>Sirex juvencus</i>					1	1							1
<i>Urocerus augur</i>				1		1	1	1	2				3
<i>Urocerus gigas</i>	9	7	16	4	8	12	4	10	14	8	2	10	52
<i>Xeris spectrum</i>		1	1					2	2		1	1	4
Grand Total	9	8	17	5	9	14	5	13	18	8	3	11	60

Tabela 11: Modelni parametri najboljših modelov za izbrane vrste Scolytinae in Cleridae. Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

Družina	Vrsta	Modelni parameter	Chisq	Df	Pr (>Chisq)
Curculionidae	<i>Ips typographus</i>	Konstanta	0	1	$9,99 \times 10^{-1}$
		Tretma	1,34	3	$7,20 \times 10^{-1}$
		Svetlobni status	4,05	1	$4,42 \times 10^{-2}$
	<i>Pityogenes chalcographus</i>	Konstanta	0	1	$9,99 \times 10^{-1}$
		Tretma	5,87	3	$1,18 \times 10^{-1}$
		Svetlobni status	4,05	1	$4,42 \times 10^{-2}$
Cleridae	<i>Polygraphus poligraphus</i>	Konstanta	7,04	1	$7,98 \times 10^{-3}$
		Tretma	21,71	3	$7,51 \times 10^{-5}$
	<i>Thanasimus formicarius</i>	Konstanta	5,85	1	$1,56 \times 10^{-2}$
		Tretma	25,44	3	$1,25 \times 10^{-5}$



Slika 1811: Primerjava števila osebkov *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus* in *Polygraphus poligraphus* (Curculionidae: Scolytinae) med različnimi tretmaji in odprtostjo krošenj. Črke označujejo statistično značilno različne skupine ($p < 0,05$).

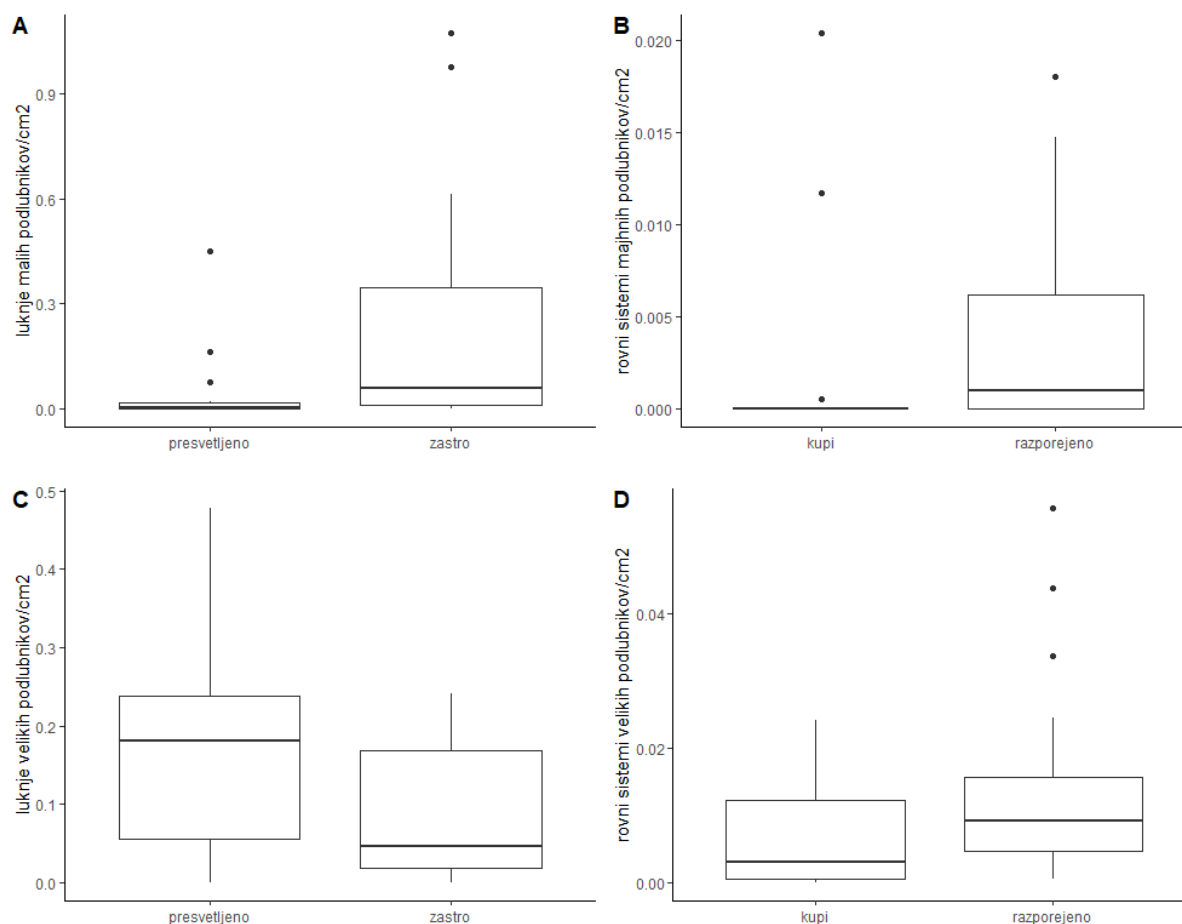


Slika 1912: Primerjava števila osebkov *Thanasisimus formicarius* (Cleridae) med različnimi tretmaji. Črke označujejo statistično značilno različne skupine.

4.3.3 Napadenost vej

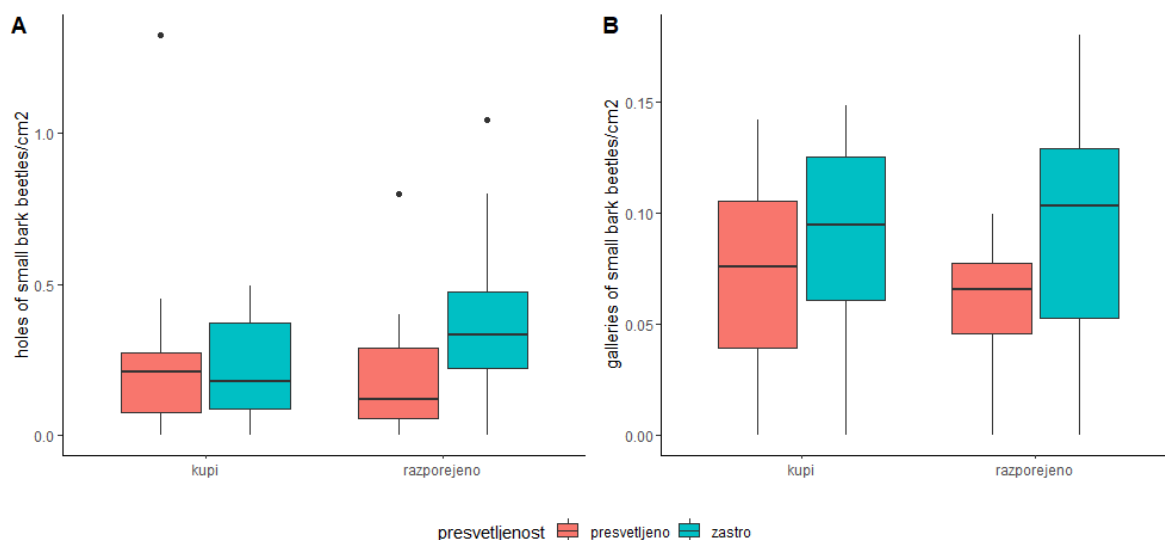
Na splošno so bile veje močno napadene tako s strani majhnih kot velikih podlubnikov. Napadenost vej smo ugotavljali s štetjem števila rovnih sistemov, medtem ko se je uspešnost razvoja podlubnikov kazala s številom izhodnih lukenj. V debelih vejah je bilo več rovnih sistemov vrste *Pityogenes chalcographus* v obravnavi z razprostrtimi sečnimi ostanki (slika 20b, tabela 12). V debelih vejah je bilo več izhodnih lukenj majhnih podlubnikov na zastrti ploskvah (slika 20a, tabela 12). Pri velikih podlubnikih je imel *Ips typographus* več rovnih sistemov na ploskvah z razprostrtimi sečnimi ostanki

(slika 20d, tabela 12), medtem ko je bilo število izhodnih lukenj bolj odvisno od presvetljenosti kot od posamezne obravnave (slika 20c, tabela 12).



Slika 2013: Število lukenj in rogov v debelih vejah iz kupov in raztresenih sečnih ostankov.

V tankih vejah je bila številčnost *P. chalcographus* odvisna od obravnave, saj je bilo v razprostrtih ostankih manj rogov kot v sečnih ostanki v kupih (slika 21b), vendar pa je interakcija pokazala, da je bila razlika v številčnosti glede na odprtost krošenj pri raztresenih ostankih večja kot pri ostankih v kupih (slika 21b, tabela 12). To pomeni, da večja presvetljenost zmanjša napad na tanke veje, kadar te ležijo razprostrte po tleh. Pri izhodnih luknjah majhnih podlubnikov v tankih vejah nismo zaznali statistično značilnih razlik (tabela 12).



Slika 2114: Število lukenj in rogov v tankih vejah iz kupov in razprostrtih sečnih ostankov.

Tabela 12: Modelni parametri najboljših modelov za število lukenj in rogov v debelih in v tankih vejah iz kupov in razprostrtih sečnih ostankov. Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

veje	podlubniki	Luknje/rovni sistemi	Modelni parametri	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
debele	mali podlubniki	izhodne luknje	(Konstanta)	22,78	1	1,82E-06
			Tretma	2,63	1	0,105
			pokrovnost krošenj	4,00	1	0,045
	<i>Pityogenes chalcographus</i>	rovni sistemi	(Konstanta)	60,26	1	8,31E-15
			Tretma	11,64	1	0,001
	Veliki podlubniki	izhodne luknje	(Konstanta)	24,48	1	7,50E-07
			pokrovnost krošenj	3,93	1	0,047
	<i>Ips typographus</i>	rovni sistemi	(Konstanta)	172,71	1	< 2e-16
			tretma	6,26	1	0,012
tanke	mali podlubniki	izhodne luknje	(Konstanta)	36,27	1	1,72E-09
	<i>Pityogenes chalcographus</i>	rovni sistemi	(Konstanta)	358,91	1	< 2e-16
			tretma	5,97	1	0,015
			tretma	0,12	1	0,733
			tretma * pokrovnost krošenj	5,04	1	0,025

Vrstna sestava podlubnikov v vejah se je razlikovala glede na debelino vej. V vejah smo našli le manjši del vrst podlubnikov (tabela 13), ki so bile sicer prisotne na naših raziskovalnih ploskvah (tabela 10). Najpogostejši vrsti, najdeni v vejah, sta bili *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus*, pri čemer je prva napadala le debelejšje veje. Zanimivo je, da v debelih vejah na presvetljenih ploskvah ni bilo najdenih osebkov vrste *Pityogenes chalcographus*.

Tabela 13: Število osebkov vrst podlubnikov, najdenih v vejah pri različnih tretmajih in odprtosti krošenj.

Vrste	svetlobni status	kupi				razporejeno				seštevek
		m1	m2	v1	v2	m1	m2	v1	v2	
<i>Cryphalus piceae</i>	zastrto						4			4
<i>Dryocoetes autographus</i>	presvetljeno			4	7			1		12
	zastrto			8	11			5		24
<i>Hylurgops palliatus</i>	presvetljeno			1	7			2	1	11
	zastrto			8	1			3		12
<i>Ips sp.</i>	Presvetljeno			1				1	1	3
	zastrto							1	3	4
<i>Ips typographus</i>	presvetljeno			29	16			22	10	77
	zastrto	1		30	22			37	12	102
<i>Pityogenes chalcographus</i>	presvetljeno	33	21			25	21	5		105
	zastrto	18	16	33	13	26	16	29	16	167
<i>Pityophthorus pityographus</i>	presvetljeno						2			2
	zastrto	2								2
<i>Polygraphus poligraphus</i>	zastrto			6				3	6	15
<i>Xylosandrus germanus</i>	presvetljeno								13	13
	zastrto			8	7			11		26
seštevek		54	37	128	84	51	43	120	62	579

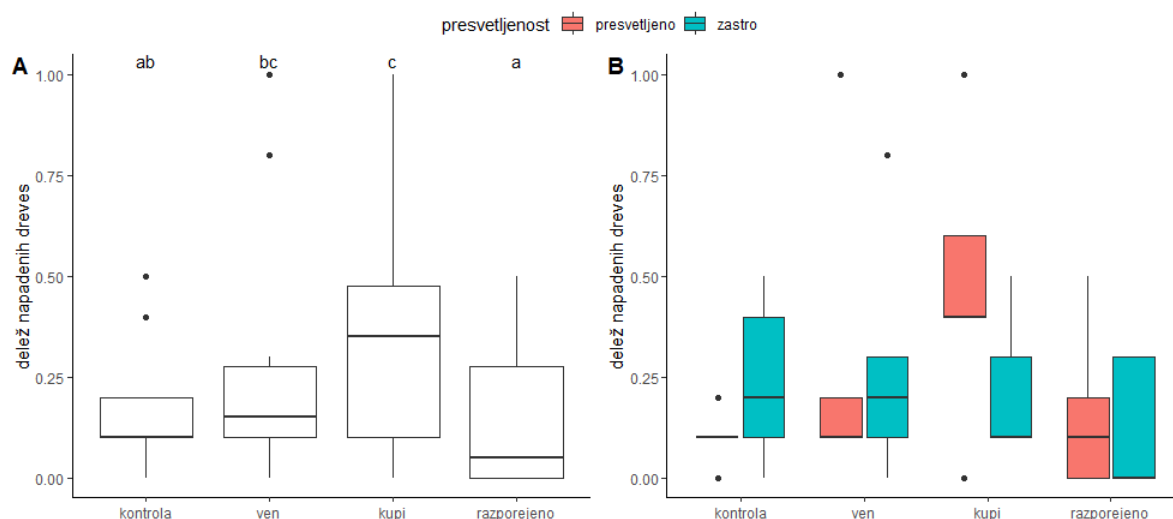
4.3.4 Napadenost drevesa

Stopnja napadenosti odraslih in mladih dreves se je razlikovala. Odrasla drevesa so bila najbolj napadena na ploskvah z ostanki v kupih, sledile so ploskve z odstranjenimi ostanki, medtem ko sta imeli kontrolna ploskev in ploskev z razprostrtimi ostanki najmanj napadenih dreves (tabela 14, slika 22a). Zabeležena je bila tudi interakcija med obravnavo in presvetljenostjo ploskev (tabela 14, slika 22b). Pri obravnavi s sečnimi ostanki v kupih je bilo na presvetljsnih ploskvah napadenih dreves več kot na zastrtih ploskvah. Zanimivo je, da ni bilo korelacije med mehanskimi poškodbami in napadom podlubnikov ($\rho = -0,024$, $S = 10912$, $P = 0,88$).

Tabela 14: Modelni parametri najboljših modelov za delež odraslih in mladih dreves, napadenih s podlubniki. Parametri v krepkem tisku so statistično značilni.

Starost drevesa	Modelni parametri	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
odrasla	(Konstanta)	19,11	1	1,23E-05
	Tretma	20,66	3	0,000
	Pokrovnost krošenj	3,42	1	0,065

	Tretma * pokrovnost krošenj	10,10	3	0,018
mladike	(Konstanta)	6,28	1	0,012
	Tretma	7,31	3	0,063



Slika 2215: Delež napadenih dreves po tretmajih (A) in kombinacija tretmaja z odprtostjo krošenj. Črke označujejo statistično značilno različne skupine.

4.4 Razprava

Med obravnavami in presvetljenostjo so bile ugotovljene številne razlike na različnih ravneh. Na red hroščev (Coleoptera) je imela vpliv le obravnava, na red dvokrilec (Diptera) pa je vplivala odprtost krošnje. Kožekrilce (Hymenoptera) so bile privabljene s kombinacijo obravnave in krošnje. Podlubniki (Scolytinae) so bili številčnejši na presvetljenih ploskvah, hkrati pa tudi pri obravnavah, kjer so bili sečni ostanki pušeni na ploskvi. *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus* sta bila pogostejše prisotna na presvetljenih ploskvah, medtem ko je bila vrsta *P. poligraphus* privabljena predvsem z obravnavami s sečnimi ostanki. Hipotezo 1 smo tako vsaj za nekatere vrste potrdili. Plenilec *Thanasimus formicarius* je bil privabljen le s sečnimi ostanki. Rovi vrst *I. typographus* in *P. chalcographus* v debelejših vejah so bili najštevilčnejši pri razprostrti sečnih ostankih, medtem ko je bilo izhodnih lukenj majhnih podlubnikov več na zastrti ploskvah, izhodnih lukenj velikih podlubnikov pa več na presvetljenih ploskvah. Tudi hipotezo 2 lahko delno potrdimo, saj so majhni podlubniki kljub številnim rovnim sistemom na presvetljenih lokacijah v relativno majhnem številu zapustili napadene veje. Pri večjih podlubnikih pa je bil opažen nasproten vzorec. Zanimivo je, da je bila napadenost dreves največja na ploskvah s sečnimi ostanki v kupih, vendar le v presvetljenih sestojih. Tudi hipoteza 3 je bila delno potrjena, saj je bila napadenost dreves večja na ploskvah s sečnimi ostanki, vendar predvsem na presvetljenih ploskvah s sečnimi ostanki v kupih.

Omejitve te raziskave so predvsem v časovnem obdobju, lokaciji in metodi lovljenja žuželk. Časovno obdobje je zajemalo le eno leto, in sicer od sredine junija do sredine septembra. S tem nismo zajeli glavnega obdobja letenja vrste *I. typographus* oziroma le delno. Čeprav raziskava ni zajemala več let,

je bil vseeno zajet celoten življenjski cikel ene generacije (Ogris et al. 2019; Ogris et al. 2020; Wermelinger 2004), vendar le za poletno sezono. Raziskava se je osredotočila le na nižinske predele. V tej regiji so temperature višje, zato se veje verjetno hitreje sušijo, kar lahko močneje vpliva na življenjski cikel podlubnikov, medtem ko je ta vpliv na višjih nadmorskih višinah, kjer so temperature nižje, lahko manjši. Uporabili smo križne pasti, ki večinoma lovijo hrošče, zato je ulov osredotočen na to skupino. Kožekrilce (Hymenoptera) in dvokrilce (Diptera) se učinkoviteje lovi z drugimi tipi pasti, zato lahko pride do pristranskosti. Kakorkoli, na vseh ploskvah so bile uporabljene enake pasti, kar omogoča primerjavo med njimi. Kontekst raziskave je znotraj časovnega obdobja in nadmorske višine, v katerih je bila izvedena. Mikroklima eksperimentalnih ploskev je odvisna od nadmorske višine in letnega časa (Chen et al. 1999). Izvesti bi bilo potrebno dodatne raziskave za boljše razumevanje vpliva mikroklima na podlubnike, in sicer na različnih nadmorskih višinah in v različnih časovnih obdobjih, saj je znano, da se vrste, kot je *I. typographus*, lahko prilagajajo temperaturi (npr. Lindman et al. 2023).

V tej raziskavi je bilo ugotovljeno, da sta bila ulova vrst *I. typographus* in *P. chalcographus* odvisna od svetlobnih razmer (presvetljenost), medtem ko je bil ulov vrste *P. poligraphus* bolj odvisen od količine sečnih ostankov na samih ploskvah. *Ips typographus* daje prednost toplejši mikroklimi v primerjavi z zastrtimi ploskvami (Lindman et al. 2023), vendar ob upoštevanju zgolj razlik v ravnanju s sečnimi ostanki sta bila tako *Ips typographus* kot *P. chalcographus* bolj privabljena s svežimi ostanki (de Groot et al. 2025). Za *Polygraphus poligraphus* je znano, da daje prednost ploskvam z več ostanki (de Groot et al. 2025), ta raziskava pa je pokazala, da se to ne spremeni, tudi če se spremeni presvetljenost ploskev. Za slednjo vrsto temperaturne zahteve za razvoj še niso dobro opisane. Potrebne so nadaljnje raziskave, ki bodo razjasnile, zakaj je ta vrsta v nekaterih državah obravnavana kot sekundarni škodljivec, v drugih pa kot primarni škodljivec mladih dreves (Jakuš 1998; Kraemer 1953; Spessivtzev 1930).

Thanasimus formicarius je pomemben plenilec podlubnikov (Dippel et al. 1997) in je znan po tem, da zmanjšuje produktivnost vrste *Ips typographus* (Weslien in Regnander 1992). *Thanasimus formicarius* najde drevesa, napadena s podlubniki, preko feromonskih komponent, kot je bilo ugotovljeno za *Ips typographus* (Bakke in Kvamme 1981). Na Švedskem je bilo ugotovljeno, da območja s sečnimi ostanki rdečega bora (*Pinus sylvestris*) ne povečajo nujno števila osebkov vrste *T. formicarius*, kljub povečanju njegovega plena, vrste *Tomicus piniperda* (Schroeder 1999). Naši rezultati kažejo, da *T. formicarius* privablja predvsem ploskve s sečnimi ostanki, ne glede na mikroklimatske razmere. V tem primeru bi ta vrsta lahko pripomogla k zmanjšanju števila podlubnikov v sečnih ostankih. Čeprav je bila na ploskvah s sečnimi ostanki številčnost predatorjev večja in je plenilska učinkovitost te vrste znana, bi bilo treba izvesti dodatne raziskave za boljše razumevanje vpliva povečanja števila plenilcev na populacijo podlubnikov v sečnih ostankih, še posebej ker rezultati kažejo, da se populacija podlubnikov s povečevanjem količine sečnih ostankov prav tako povečuje.

V tej raziskavi smo razlikovali med številom rogov in številom izhodnih lukenj v debelejših vejah. Rogi prikazujejo stopnjo napadenosti sečnih ostankov, medtem ko izhodne luknje prikazujejo uspešnost razvoja v napadenih vejah. Med raziskavo smo v vejah še vedno našli nekaj odraslih osebkov, vendar ne več ličink ali bub, zato lahko domnevamo, da je večina podlubnikov že zapustila sečne ostanke. Rezultati kažejo, da je bilo v razprostrtih sečnih ostankih največ rogov sistemov vrst *Ips typographus* in *P. chalcographus*, ne glede na mikroklimo. V pasteh je bilo več podlubnikov na presvetljenih ploskvah, kar je logično, saj višja temperatura pozitivno vpliva na vedenje med letom podlubnikov (Jones et al. 2019; Lobinger 1994). Pomanjkanje odziva v napadenosti na višjih temperaturah kaže na to, da večje število podlubnikov na ploskvah ne pomeni nujno tudi večje napadenosti. Znano je, da podlubnike privablja hlapne snovi gostiteljskih rastlin (Wood 1982), kar bi lahko pojasnilo privlačnost obravnave in ne presvetljenosti sestoja. Zanimivo je, da je bilo več izhodnih lukenj podlubnikov v zastrtih sečnih ostankih, ne glede na način ravnanja z ostanki, kar je mogoče pojasniti s

temperaturo lokacije. Višja temperatura na ploskvah lahko dvigne temperaturo floema nad 47 °C, kar je za podlubnike smrtonosno (Annala 1969; Wild 1953), poleg tega pa povzroči izsuševanje vej, kar bi lahko pojasnilo manjše število izhodnih lukenj na presvetljenih ploskvah. Naša raziskava je pokazala, da so interakcije med mikroklimo, razpoložljivostjo ostankov in podlubniki zelo kompleksne in niso enoznačne.

Opazili smo razliko v vrstni sestavi in napadenosti med debelimi in tankimi vejami ter med odraslimi in mladimi drevesi glede na različne mikroklimatske razmere. V debelih vejah so se pojavljale tako manjše kot večje vrste podlubnikov (tj. *P. chalcographus* kot predstavnik manjših podlubnikov in *I. typographus* kot predstavnik večjih), medtem ko so se v tankih vejah pojavljale le manjše vrste podlubnikov. To je logično, saj tanke veje niso ustrezen razmnoževalni material za večje podlubnike (Göthlin et al. 2000; Holuša in Fiala 2025; Vega in Hofstetter 2015). Manjša številčnost izhodnih lukenj v tankih vejah je lahko posledica dejstva, da so bile veje vzete z vrha kupov ali naključno izbrane iz raztresenih ostankov. Te veje so bile bolj izpostavljene višjim temperaturam in nižji vlagi, zato so se hitreje izsušile, kar je vplivalo na kakovost razmnoževalnega materiala. Zanimivo je, da v debelih vejah v kupih na presvetljenih ploskvah ni bilo opaziti osebkov, čeprav so bili prisotni rovi. To je lahko posledica višjih temperatur in nižje vlage, kar je pospešilo razvoj vrste *P. chalcographus* (Harding et al. 1986; Holuša in Fiala 2025; Ogris et al. 2020), zato osebkovi ob času vzorčenja vej niso bili več prisotni. Več ravnih sistemov je bilo prisotnih, kadar so bili ostanki razprostrti po gozdnih tleh, še več pa, kadar je bil sestoj presvetljen. To kaže, da podlubniki dajejo prednost razprostrtim sečnim ostankom na presvetljenih območjih, vendar to ne pomeni nujno večjega števila potomcev.

Napadenost dreves je bila največja na presvetljenih ploskvah s sečnimi ostanki v kupih. Zanimivo je, ker stopnja napada na debelejšje veje ni bila odvisna od mikroklimе, temveč od obravnave sečnih ostankov. Ena od možnih razlag za večje število napadenih dreves na presvetljenih ploskvah je, da sta bila tako število osebkov vrste *I. typographus* kot število izhodnih lukenj v debelih vejah po naših rezultatih najvišja prav na teh ploskvah. Poleg tega so drevesa na robu pogosto bolj napadena, saj so bolj izpostavljena vremenskim ekstremom (Mezei et al. 2014). Vendar pa to ne pojasni, zakaj je bila napadenost okoliških dreves najvišja prav na ploskvah s sečnimi ostanki v kupih, saj so de Groot et al. (2025) ugotovili, da je bila številčnost vrste *Ips typographus* v razprostrtih ostankih in ostankih v kupih pod zaprto krošnjo enaka. Ena od možnih razlag je, da skorja vej v kupih dlje časa ostane v ugodnem stanju za sproščanje hlapnih snovi gostiteljskih rastlin, kar lahko dolgoročno (v mesecih) privabi več podlubnikov, ki morda niso bili zajeti s pastmi v tej raziskavi. Potrebne so dodatne raziskave za boljše razumevanje mehanizmov, ki stojijo za tem pojavom.

Pomen mikroklimе in možnosti implementacije v praksi

Gozdovi so heterogen ekosistem z mnogimi vrzelmi, ki ustvarjajo različne mikroklimatske razmere (Chen et al. 1999). Naši rezultati kažejo, da lahko ravnanje s sečnimi ostanki in mikroklima vplivata na obvladovanje podlubnikov. V tej raziskavi so bili preizkušali tri različne metode ravnanja: 1) sečni ostanki zloženi v kupe, 2) ostanki razprostrti po gozdnih tleh in 3) ostanki odstranjeni iz gozda. Zlasti ostanki v kupih so metoda, ki se uporablja tudi v drugih delih Evrope (poglavje 4). Naši rezultati kažejo, da bi moral gozdar pri ravnanju s sečnimi ostanki na ploskvah z zaprtim sklepom krošenj ostanke zložiti v kupe (glej tudi rezultate poglavja 3; de Groot et al. 2025). Na območjih z odprto krošnjo oziroma večjo presvetlenostjo sestojev je bil odziv podlubnikov na ravnanje z ostanki drugačen. Temperature so v gozdnih vrzelih bistveno višje, vlaga pa nižja, kar ima posledice za populacijo podlubnikov in potencialno škodo na okoliških drevesih. Zato predlagamo, da se na odprtih območjih z visokimi temperaturami ostanki razprostrejo po gozdnih tleh. Seveda je treba pri

upoštevati, da mladje ne sme biti prekrito in da se ne ovira njegova rast, čeprav po drugi strani razprostrti sečni ostanki lahko preprečijo objedanje mladja s strani parkljarjev (Szwagrzyk et al. 2020). Poleg tega lahko raztreseni ostanki predstavljajo težave za zdravje delavcev zaradi bolj zahtevnega terena. Pri tretji metodi, odstranitev sečnih ostankov iz sestoja, je na splošno številčnost podlubnikov manjša, prav tako tudi poškodovanost okoliških drevesih. Sečne ostanke je mogoče uporabiti za pridobivanje bioenergije (Kölling et al. 2007; Udali et al. 2024), vendar je njihovo odstranjevanje iz gozda relativno drago. Poleg tega odstranitev sečnih ostankov negativno vpliva na gozdna tla (npr. Picchio et al. 2020), ker pa ostanki privabljajo tudi številne druge organizme (de Groot et al. 2025; Jonsell et al. 2007; Ranius et al. 2018), vključno s plenilci podlubnikov, kot je *Thanasimus formicarius* (Weslien in Regnander 1992), njihova odstranitev pomeni tudi negativen vpliv na biodiverzitetu gozdnih sestojev.

Za zaključek: iz vidika obvladovanja podlubnikov, mikroklima sestoja vpliva na učinkovitost ravnanja s sečnimi ostanki. Ostanki v kupih so bili učinkovitejši na ploskvah z manjšo presvetljenostjo, medtem ko so bili razprostrti ostanki učinkovitejši na ploskvah z večjo presvetljenostjo. Slednje velja predvsem za vrsto *Ips typographus*. Čeprav so tanjše veje razmnoževalni material za manjše podlubnike, ni bilo zaznati razlik glede mikroklima ali metode ravnanja z ostanki. Iz te raziskave izhaja, da je mikroklima pomemben dejavnik, ki ga je v praksi treba upoštevati. Čeprav gozd blaži podnebne spremembe, lahko prihodnje spremembe podnebja vplivajo tudi na mikroklimo in s tem potencialno na pristop k ravnanju s sečnimi ostanki.

5. Ravnanje s sečnimi ostanki: Uporaba repelenta za zmanjšanje napadov na sečne ostanke v kupih

5.1 Uvod

Podlubniki predstavljajo enega glavnih vzrokov za sanitarno sečnjo v Sloveniji, pri čemer največjo škodo povzroča veliki smrekov lubadar (*Ips typographus*). Ta vrsta velja za enega najpomembnejših škodljivcev navadne smreke (*Picea abies*) tako v Sloveniji kot tudi v številnih drugih evropskih državah (Hlásny in sod., 2021, Vega in Hofstetter, 2015). Množične naselitve podlubnikov oslavljenih ali poškodovanih dreves lahko povzročijo veliko gospodarsko škodo, zato so ti organizmi med ključnimi cilji integriranega varstva gozdov.

Za zmanjševanje izbruhov podlubnikov se uporabljajo različni ukrepi, kot so zniževanje gostote gostiteljskih dreves, redno spremljanje stanja v smrekovih sestojih, ustrezno ravnanje s sečnimi ostanki, uporaba lovnih nastav in feromonskih pasti ter hitro izvajanje sanitarne sečnje. Kljub temu ti ukrepi pogosto ne zadostujejo za preprečevanje novih izbruhov, kar zahteva iskanje dopolnilnih strategij za varstvo smrekovih gozdov.

V zadnjih letih se vse pogosteje uporabljajo repelenti, ki s sproščanjem hlapnih snovi odvrčajo podlubnike od napada na gostiteljski material (Jakuš in sod., 2024). Njihova učinkovitost je odvisna od vrste podlubnika, koncentracije, vremenskih razmer in trajanja izpostavljenosti, zato je smiselno preučevati delovanje teh snovi tudi v kontekstu sečnih ostankov, ki predstavljajo pomemben vir razmnoževalnega materiala za podlubnike. V okviru te raziskave smo zato preverjali učinkovitost uporabe repelenta pri zmanjševanju napadov podlubnikov na sečne ostanke.

5.2 Metode

Uporabljeni repelent je bil posebej pripravljen pripravek podjetja Synergy Semiochemical Corporation (slika 23). Temelji na spojinih, ki se naravno pojavljajo v tkivih listavcev (1,8-cineol, n-hexanol, 1-octen-3-ol, 3-octanol, trans-conophthorin). Formulacija je zasnovana tako, da deluje v kombinaciji s privabili, ki jih oddajajo sečni ostanke, ter s tem odvrča podlubnike. Repelent se je sproščal iz modre polietilenske vrečke (10 cm × 15 cm) s hitrostjo približno 80 mg na dan. V pogojih s konstantno temperaturo 25 °C učinkuje do 60 dni.

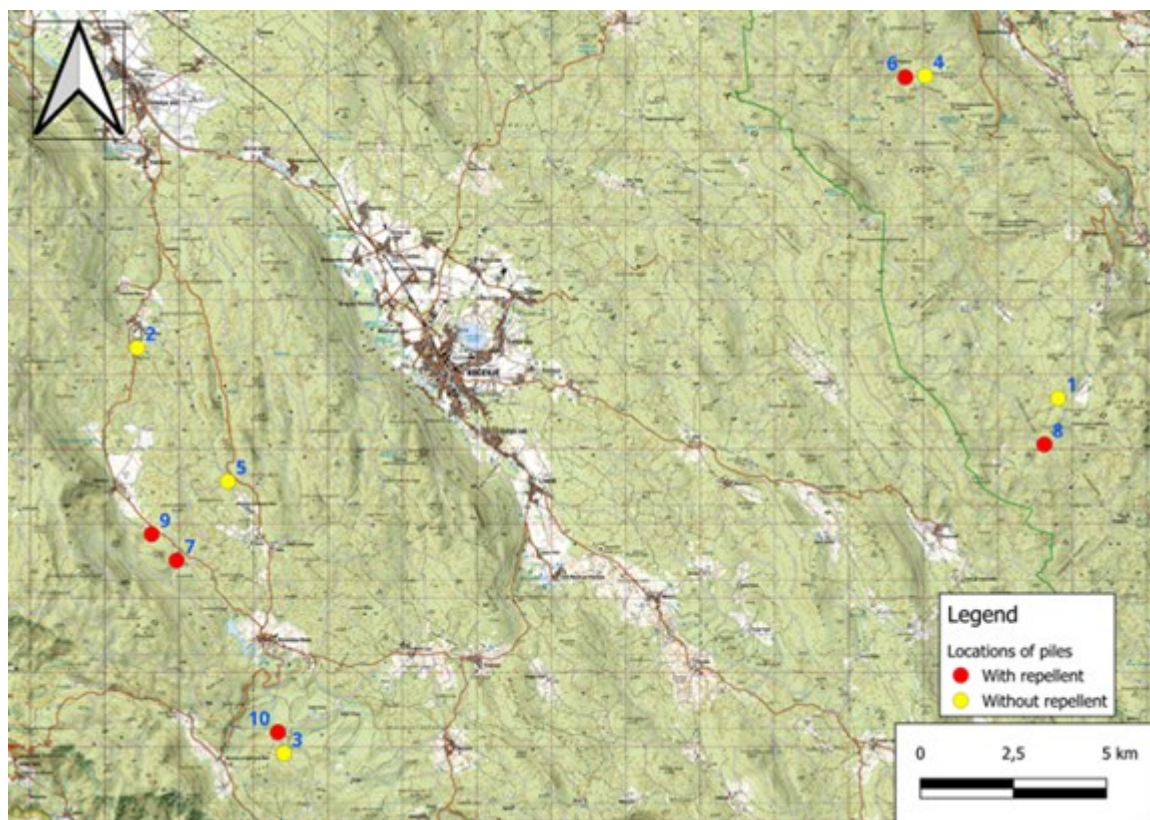


Slika 23 : kup sečnih ostankov z modro polietilensko vrečko na vrhu in križno pastjo postavljeno ob njem in repelenta.

5.2.1 Terenski poskus

Poskus je bil izveden v obdobju od julija do septembra 2024 v mešanih smrekovih sestojih na območju gozdnogospodarskih enot Kočevje (okolica Gotenice in Kočevske reke) in Novo mesto (okolica Podstenic in Mirne gore) (slika 24, tabela 15). Na območju prevladujeta gozdna rastiščna tipa podgorska bukovja na karbonatnih in mešanih kamninah z združbo *Hacquetio- Fagetum* ter jelova bukovja z združbo *Omphalodo-Fagetum*, kjer so poleg smreke lahko v večjih deležih prisotni tudi bukev, jelka in javor.

Raziskovalne ploskve so bile postavljene na območjih, kjer je bil delež smreke večji od 60%. V vsakem preučevanem sestoju je bila izvedena sečnja (izbiralno redčenje) v obsegu približno 25 m³. Sečni ostanki so bili zloženi v enega ali dva večja kupa, z debelejšimi konci (premer nad 5 cm in dolžina do 1m) zloženimi v notranjosti kupa, ki so bili prekriti s tanjšimi vejami. Na vrh enega izmed kupov na posamezni ploskvi pa je bil nameščen repelent. Skupno je bilo v raziskavo vključenih deset lokacij kupov sečnih ostankov, in sicer jih je bilo pet z nameščenimi repelenti in pet brez namestitve.



Slika 24: Karta lokacij kupov sečnih ostankov, ki prikazuje rdeče označene točke z repelentom in z rumeno označene točke brez repelentov.

Številčnost, vrstno sestavo in vpliv podlubnikov smo ocenili s pomočjo dveh metod:

- a) s pastmi nameščenimi v neposredni bližini kupov sečnih ostankov,
- b) z analizo napadenosti vej sečnih ostankov.

Za past a) smo uporabili črno križno past (WitaPrall) proizvajalca Witasek. Namestili smo jo na južno

stran kupa v neposredno bližino enega izmed kupov na posamezni raziskovalni ploskvi, in sicer tako, da je bila sredina naletne površine pasti na prsni višini (1,3 m). Past je bila pritrjena med dve leseni palici, ki sta bili predhodno zabiti v tla. Privabila nismo uporabljali, saj so sečni ostanki predstavljali material, ki je privabljal podlubnike. V zbirni posodi smo kot konzervans uporabili Propilen glikol (60%), ki je bil predhodno razredčen z vodo v razmerju 2:1 (voda: Propilen glikol). Pasti smo vzorčili mesečno in sicer v obdobju dveh mesecev v letu 2024. Na dan ko smo namestili repelent smo hkrati namestili tudi past (tabela 15). Čas namestitve je bil odvisen tudi od logističnih zmogljivosti in časa izvedbe sečnje, vendar so bile namestitve vseeno izvedene v podobnem časovnem obdobju, in sicer v mesecu juliju. Poskus pa je nato potekal do sredine septembra.

Tabela 15: Lokacije kupov in čas postavitve pasti.

Lokacija	Repelent	X (EPSG: 3912)	Y (EPSG: 3912)	Postavitev pasti	Prvo Vzorčenje pasti	Drugo Vzorčenje pasti in vzorčenje vej
1	Ne	505993	54383	3.7.	1.8.	3.9.
2	Ne	481243	55738	4.7.	1.8.	3.9.
3	Ne	485186	44858	17.7.	19.8.	19.9
4	Ne	502421	63034	3.7.	1.8.	4.9.
5	Ne	483680	52154	4.7.	1.8.	4.9.
6	Da	501887	62999	3.7.	1.8.	4.9.
7	Da	482302	50033	9.7.	8.8.	11.9.
8	Da	505623	53147	3.7.	1.8.	4.9.
9	Da	481633	50736	9.7.	8.8.	11.9.
10	Da	485025	45427	17.7.	19.8.	19.9.

Za analizo napadenosti vej sečnih ostankov b), smo iz enega kupa na posamezni raziskovalni ploskvi odvzeli dve tanki (<2 cm premera) in dve debeli (>10 cm premera) veji, ki smo jih prežagali na dolžino 0,5 m. Skupno smo torej vzorčili 40 vej (20 tankih in 20 debelih), in sicer po štiri iz kupov kjer je bil prisoten repelent in po štiri iz kupov kjer ni bil prisoten repelent. Premer in dolžino vzorčenih vej smo določili na podlagi predvidene minimalne površine, ki je potrebna za razvoj podlubnikov.

Veje smo vzorčili po dveh mesecih oziroma hkrati ob drugem pobiranju ulova iz pasti. V laboratoriju so bile nato pregledane za prisotnost velikih (3-4 mm) in malih lukenj (1-2 mm), ter prešteti so bili rovni sistemi in določeni kateri vrsti podlubnika pripadajo. Poleg tega so bili podlubniki najdeni v vejah in pasteh določeni do vrste, in sicer s pomočjo stereo mikroskopa Olympus SZK12 in določevalnih ključev (Grüne 1979, Pfeffer 1995).

5.3 Rezultati

5.3.1 Vzorčenje vej iz sečnih ostankov v kupih

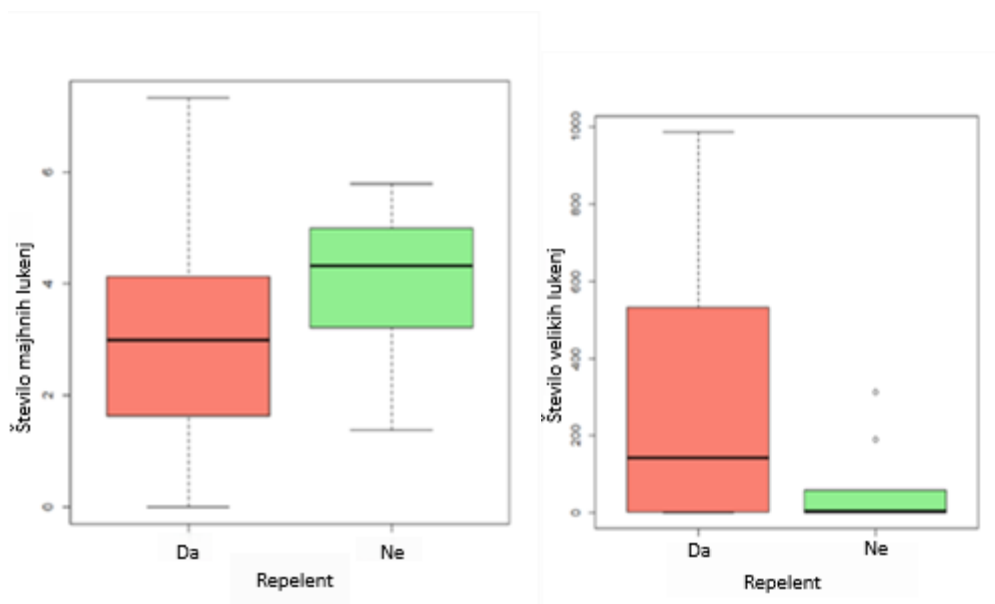
Prisotnost podlubnikov smo ugotavljali na podlagi števila lukenj v vejah (tabela 16). Skupno smo jih našli 7262, in sicer 3641 majhnih lukenj in 3621 velikih lukenj. Precej proporcionalno, vendar večina jih je bila prisotna v debelih vejah. Vzorčili smo majhne in velike veje, kjer smo v skupno 20-ih manjših vejah zabeležili 531 majhnih lukenj. Od tega jih je bilo 294 dokumentiranih v vejah iz kupov kjer je bil prisoten repelent in 237 iz kupov, kjer ni bil prisoten repelent (Slika 23). Zabeležili smo zgolj dve veliki luknji in sicer v eni izmed vej na kupu brez repelenta.

Tabela 16: Število lukenj po velikosti vej

	Tanka veja (< 2 cm ø)		Debela veja (> 10 cm ø)		Skupaj
	Z repelentom	Brez repelenta	Z repelentom	Brez repelenta	
Majhne luknje (1-2 mm ø)	294	237	2008	1102	3641
Velike luknje (3-4 mm ø)	0	2	3010	609	3621
Skupaj	294	239	5018	1711	7262

V 20-ih debelejših vejah smo skupno zabeležili več lukenj kot v tanjših vejah. Večina (69 %) jih je bila najdenih v debelih vejah, in sicer na vejah iz kupov kjer je bil prisoten repelent. Našteli smo 3110 malih lukenj (2008 – kupi z repelentom, 1102 – kupi brez repelenta) in 3619 velikih lukenj (3010 kupi z repelentom, 609 – kupi brez repelenta) (tabela 16).

Število lukenj pri tankih vejah je bilo pri uporabi repelenta (294) podobno obravnavanju brez uporabe repelenta (239) (tabela 16). Pri debelih vejah pa se pojavljajo večje razlike v številu lukenj, in sicer pri uporabi repelenta govorimo o 5018 luknjah in pri obravnavanju brez repelenta govorimo o prisotnosti 1711 lukenj. Opazili smo večje število večjih lukenj v debelejših vejah (Slika 25).



Slika 25: Število majhnih lukenj (levo) in število velikih lukenj (desno) na debelih vejah

Napadenost vej smo ugotavljali na podlagi števila rovnih sistemov in vrst podlubnikov v njih. Ob pregledu ulova v tankih in debelih vejah smo skupno našli in določili vrsto 69 podlubnikov (tabela 17). Dokumentirali smo 9 različnih vrst, in sicer 8 floemofagnih podlubnikov (*Pityophthorus pityographus*, *Hylurgops palliatus*, *Dryocoetes autographus*, *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, *Polygraphus grandiclava*, *Polygraphus poligraphus*, *Taphrorychus villifrons*) in enega ksilomicetofagnega podlubnika (*Xylosandrus germanus*).

V tankih vejah smo zabeležili prisotnost 4 vrst, in sicer *P. pityographus*, *P. poligraphus*, *X. germanus* in *P. chalcographus*, ki je bil tudi precej številčnejši kot druge vrste, ter se je pri tankih vejah pojavljal kot edina dokumentirana vrsta pri obravnavanju brez repelenta (tabela 17). V tankih vejah pri obravnavanju z repelentom zabeležili 4 vrste, medtem ko smo pri obravnavanju brez repelenta zabeležili le eno vrsto. Skupno smo v tankih vejah zabeležili 23 podlubnikov. Od tega 10 pri obravnavanju brez repelenta in 13 pri obravnavanju z repelentom.

V debelih vejah smo zabeležili prisotnost vseh 9-ih dokumentiranih vrst (tabela 17). Najštevilčnejša vrsta je bila *D. autographus*, in sicer z 14 osebkami, ki je bil tudi prisoten v večjem številu pri obravnavanju brez repelenta. Takoj za njim pa smo zabeležili vrsto *I. typographus* z 13 osebkami, ki pa je bil bolj številčno prisotna pri obravnavanju z repelentom. Skupno sta bili najmanj številčno zastopani vrsti *T. villifrons* in *P. grandiclava* in smo ju našli samo v vejah, medtem ko vse druge vrste smo zabeležili v vejah in v ulovu v pasteh.

Skupno najbolj pogoste vrste podlubnikov, ki smo jih zabeležili v vejah, so bili *P. chalcographus* (24 osebkov), *D. autographus* (14 osebkov) in *I. typographus* (13 osebkov).

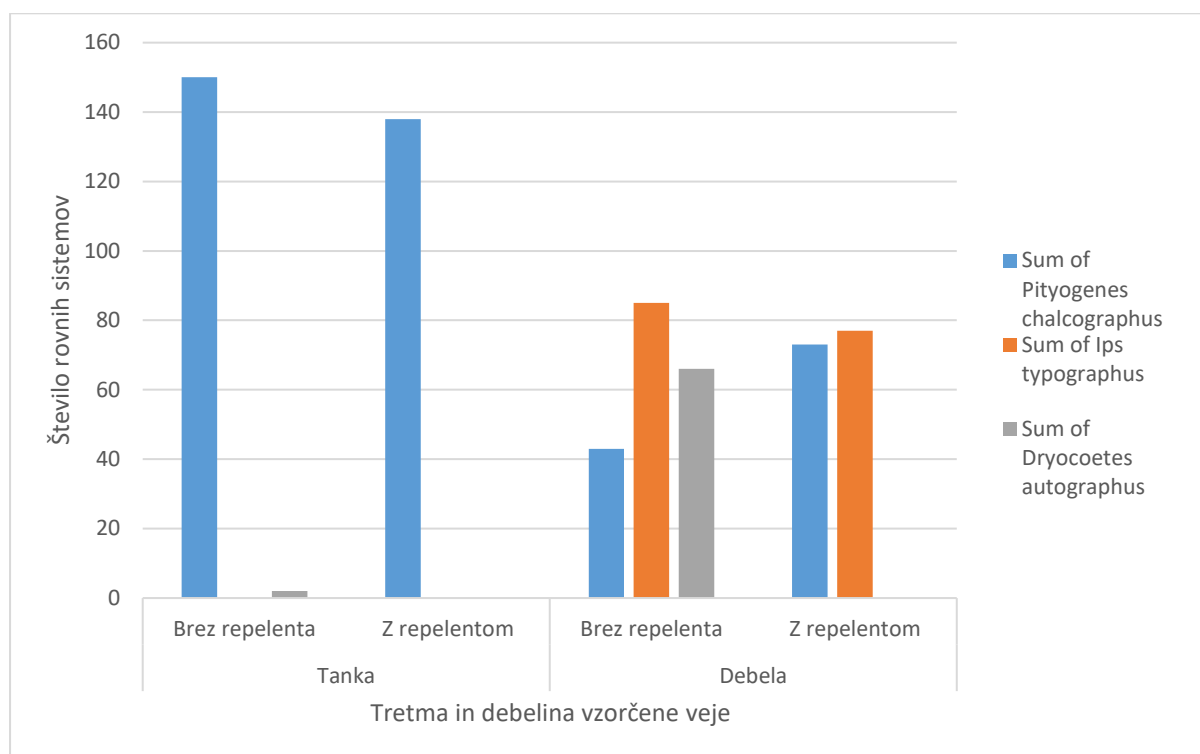
Tabela 17: Skupno število osebkov po vrstah zabeleženih v vejah

Vrste	Tanka veja (< 2 cm ø)		Debela veja (> 10 cm ø)		Skupaj
	Brez repelenta	Z repelentom	Brez repelenta	Z repelentom	
<i>Dryocoetes autographus</i>			10	4	14
<i>Hylurgops palliatus</i>			3	3	6
<i>Ips typographus</i>			5	8	13
<i>Pityogenes chalcographus</i>	10	9	2	3	24
<i>Pityophthorus pityographus</i>		2			2
<i>Polygraphus grandiclava</i>				1	1
<i>Polygraphus poligraphus</i>		1		2	3
<i>Taphrorychus villifrons</i>			1		1
<i>Xylosandrus germanus</i>		1	4		5
Skupaj	10	13	25	21	69

V vejah smo skupno zabeležili 634 rovnih sistemov (Slika 26). Od tega jih je bilo 404 pripisanih vrsti *P. chalcographus*, 162 vrsti *I. typographus* in 68 vrsti *D. autographus*. V tankih vejah (290 sistemov) smo zabeležili predvsem vrsto *P. chalcographus*, in sicer 150 rovnih sistemov pri obravnavanju brez repelenta in 138 pri obravnavanju z repelentom. Samo dva rovna sistema smo zabeležili za vrsto *D. autographus*.

Pri debelih vejah smo zabeležili skupno 344 rovnih sistemov, od tega so bili najštevilčnejši sistemi, ki so pripadali vrsti *I. typographus* (162), sledila je vrsta *P. chalcographus* (116) in nazadnje vrsta *D. autographus* (66). Zabeležili smo rove sisteme vseh treh vrst v debelih vejah, medtem ko smo pri tankih vejah zabeležili večinoma le *I. typographus*. Pri debelih vejah pri obravnavanju brez repelenta smo zabeležili rove sisteme vseh treh vrst, medtem ko pri obravnavanju z repelentom nismo zabeležili rovnih sistemov vrste *D. autographus*. Pri obeh obravnavanjih so bili rovni sistemi *I. typographus* najštevilčnejši.

Pri obravnavanju z repelentom smo zabeležili več rovnih sistemov vrste *P. chalcographus* in *D. autographus*, kot pri obravnavanju brez repelenta. Obratno pa smo opazili pri rovnih sistemih vrste *I. typographus*.



Slika 26: Število rovnih sistemov po najpogostejših vrstah podlubnikov.

5.3.2 Ulov podlubnikov v pasteh

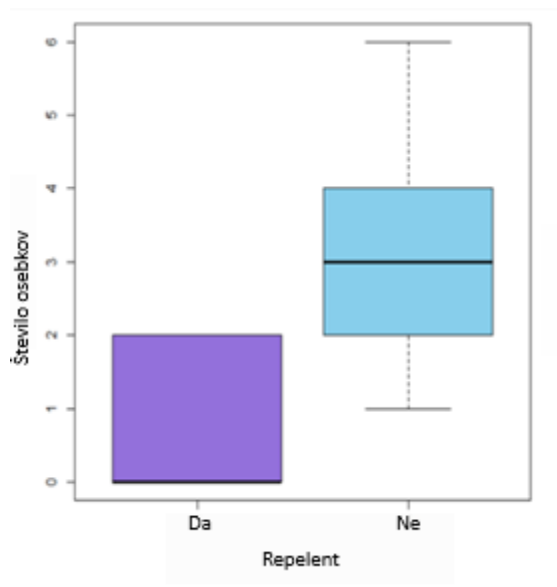
Skupno je bilo ujetih 15 vrst na lokacijah z repelentom in 11 vrst na kontrolnih lokacijah brez repelenta. Na lokacijah z nameščenim repelentom je bilo ujetih več vrst in posameznih osebkov podlubnikov kot na kontrolnih ploskvah (tabela 18). Skupno število ulova je znašalo 170 osebkov, od tega 68 (40% ulova) pri obravnavi brez repelenta in 102 (60% ulova) pri obravnavi z repelentom. Vrsti z največjim številom ulovljenih osebkov brez repelenta sta *Pityogenes chalcographus* in *Ips typographus*, z repelentom pa *Polygraphus poligraphus*, *P. chalcographus* in *Dryocoetes autographus*. V vseh pasteh skupaj je bila najštevilčnejše ulovljena vrsta *P. chalcographus* s 40 osebkami, sledi *P. poligraphus* s 35 osebki, *D. autographus* s 25 in *I. typographus* z 20 osebki. Naštete 4 vrste skupaj štejejo 120 osebkov oziroma 70,6% vsega ulova. Ulov vrst *P. chalcographus* in *I. typographus* je bil številčnejši v pasteh brez repelenta, medtem ko je bil ulov vrst *P. poligraphus* in *D. autographus* številčnejši v pasteh z repelentom.

Na lokacijah z nameščenim repelentom je bilo ujetih več vrst in posameznih osebkov podlubnikov kot na kontrolnih ploskvah. Skupno število ulova je znašalo 170 osebkov, od tega 68 (40% ulova) pri obravnavi brez repelenta in 102 (60% ulova) pri obravnavi z repelentom. Vrsti z največjim številom ulovljenih osebkov brez repelenta sta *Pityogenes chalcographus* in *Ips typographus*, z repelentom pa *Polygraphus poligraphus*, *P. chalcographus* in *Dryocoetes autographus*. V vseh pasteh skupaj je bila najštevilčnejše ulovljena vrsta *P. chalcographus* s 40 osebki, sledi *P. poligraphus* s 35 osebki, *D. autographus* s 25 in *I. typographus* z 20 osebki. Naštete 4 vrste skupaj štejejo 120 osebkov oziroma 70,6% vsega ulova. Ulov vrst *P. chalcographus* in *I. typographus* je bil številčnejši v pasteh brez repelenta, medtem ko je bil ulov vrst *P. poligraphus* in *D. autographus* številčnejši v pasteh z repelentom.

Tabela 18: Najštevilčnejše vrste so obarvane in označene v krepkem tisku

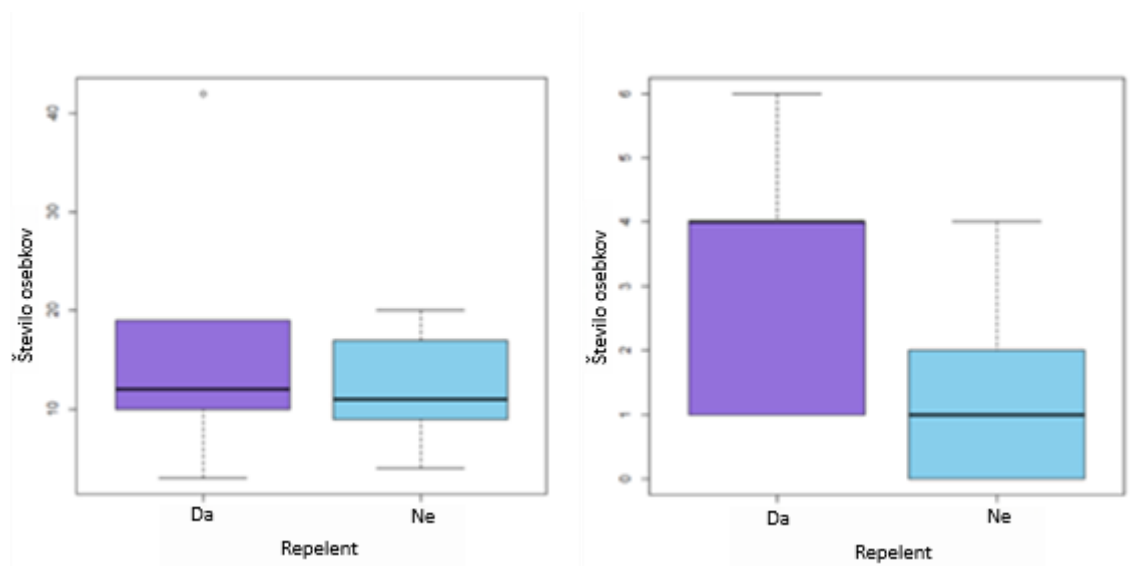
Vrste podlubnikov	Gostitelji	Repelent		Skupaj
		Ne	Da	
<i>Crypturgus cinereus</i>	Iglavci	4	5	9
<i>Dryocoetes autographus</i>	Iglavci	3	22	25
<i>Gnathotrichus materiarius</i>	Iglavci		1	1
<i>Hylastes cunicularius</i>	Iglavci	2	7	9
<i>Hylurgops palliatus</i>	Iglavci		1	1
<i>Ips typographus</i>	Iglavci	16	4	20
<i>Pityogenes chalcographus</i>	Iglavci	24	16	40
<i>Pityophthorus pityographus</i>	Iglavci	5	1	6
<i>Polygraphus poligraphus</i>	Iglavci	7	28	35
<i>Trypodendron lineatum</i>	Iglavci		1	1
<i>Scolytus intricatus</i>	Listavci	1	1	2
<i>Taphrorychus bicolor</i>	Listavci	1	1	2
<i>Xyleborinus saxesenii</i>	Listavci	1	6	7
<i>Xyleborus dryographus</i>	Listavci		1	1
<i>Xylosandrus germanus</i>	Listavci	4	7	11
Skupaj		68	102	170

Od 170 ujetih podlubnikov je bilo skupno ujetih 147 osebkov, ki imajo gostitelje iglavce. Od teh jih je 61 prisotnih na območjih brez repelenta in 86 na območjih z repelentom. Skupno je bilo ujetih 23 osebkov ki imajo gostitelje listavce. Od teh jih je bilo 7 prisotnih na območjih brez repelenta in 16 na območjih z repelentom. Najbolj številčne vrste podlubnika v ulovu in ki ima primarno za gostitelje iglavce, je bila *I. typographus*. Pri obravnavanjih brez repelenta je bila zabeležena v večji številčnosti kot pri obravnavanjih z repelentom (Slika 27).



Slika 27: število osebkov *Ips typographus*

Od 15 ulovljenih vrst je 5 vrst takih, katerih gostitelji so listavci (Slika 28). Osebkki vseh petih vrst z listavci kot gostitelji so se ulovili v past z repelentom, v pasti brez repelenta pa 4 vrste, izjema je *Xyleborus dryographus*. Prav tako so se osebkki vseh 10 vrst z iglavci kot gostitelji ulovili v pasti z repelentom, v pasti brez repelenta pa 7 vrst. V teh pasteh so bile odsotne vrste *Gnathotrichus materiarius*, *Hylurgops palliatus* in *Trypodendron lineatum*. Med vrstami z gostitelji listavci sta se najštevilčnejše lovili vrsti *Xylosandrus germanus* s skupno 11 osebkki in *Xyleborinus saxesenii* s skupno 7 osebkki. Od ostalih vrst z gostitelji listavci se je ujel le posamezen osebek, oziroma ulova te vrste ni bilo.



Slika 28: število osebkov ki primarno napadajo iglavce (levo) in število osebkov ki primarno napadajo listavce (desno) po različnih obdravnavanjih .

5.4 Razprava

Rezultati raziskave kažejo, da je bila skupna prisotnost podlubnikov v vzorčenih vejah visoka, saj smo zabeležili 7262 lukenj, od tega 3641 majhnih in 3621 velikih. Večina lukenj se je pojavila v debelejših vejah, kar kaže, da debelina vej pomembno vpliva na verjetnost kolonizacije. V tanjših vejah so bile razlike med obravnavanji z in brez repelenta manj izrazite, saj je bilo v obravnavanju z repelentom zabeleženih 294 majhnih lukenj, v kontrolni skupini pa 237. V tanjših vejah smo zaznali le dve veliki luknji, obe v vzorcih brez repelenta. Pri debelejših vejah pa je bilo skupno število lukenj precej večje, in sicer 5018 pri obravnavanju z repelentom in 1711 brez repelenta, kar kaže na večjo aktivnost podlubnikov v debelejših delih sečnih ostankov.

Debelina vej je torej pomemben dejavnik, ki vpliva na intenzivnost napada, saj debelejši les nudi več floema, hranil in stabilnejše mikroklimatske pogoje. Ta ugotovitev je skladna z drugimi raziskavami, ki kažejo, da so debelejši deli dreves pogostejše napadeni z vrstami, kot sta *Ips typographus* in *Dryocoetes autographus* (Vega in Hofstetter 2015).

Razlike med številom majhnih in velikih lukenj bi lahko kazale na razlike v vrstah podlubnikov. Manjše luknje so značilne za vrste, kot sta *Pityogenes chalcographus* in *Pityophthorus pityographus*, medtem ko večje luknje navadno pripadajo vrstam rodu *Ips*. Večje število velikih lukenj v debelejših vejah tako potrjuje prisotnost večjih vrst. Možno je, da repelent vpliva različno na posamezne vrste, kar se odraža v raznolikosti velikosti in številu lukenj med obravnavanji. Povzročitelj majhnih lukenj je glede na ugotovitve najverjetneje predvsem vrsta *P. chalcographus*, medtem ko sta najverjetneje povzročitelja večjih lukenj vrsti *I. typographus* in *D. autographus*. Posamezne vrste kot so *Crypturgus cinereus*, *Gnathotrichus materiarius*, *Hylastes cunicularius*, *Trypodendron lineatum*, *Scolytus intricatus*, *Taphrorychus bicolor*, *Xyleborinus saxesenii*, *Xyleborus dryographus*, pa niso bile najdene v vejah, vendar pa so bile prisotne v ulovu. Kar lahko nakazuje, da sečni ostanki oziroma veje morda niso primarni material kjer se razvijajo posamezne vrste podlubnikov.

Napadenost vej, izražena s številom ravnih sistemov in vrstno pestrostjo, potrjuje rezultate o prisotnosti podlubnikov. Skupno je bilo določenih 69 osebkov podlubnikov, ki pripadajo devetim vrstam, od tega osem floemofagnih in ena ksilomicetofagna (*Xylosandrus germanus*). V tanjših vejah so bile dokumentirane štiri vrste, medtem ko se je v obravnavanju brez repelenta pojavila le ena (*Pityogenes chalcographus*). V debelejših vejah smo zabeležili vseh devet vrst, med katerimi sta bili najštevilčnejši *Dryocoetes autographus* in *Ips typographus*. Ta rezultat potrjuje, da debelejši les omogoča večjo vrstno pestrost in razvoj večjih vrst podlubnikov.

Skupno smo zabeležili 634 ravnih sistemov, od tega največ pripisanih vrsti *Pityogenes chalcographus* (404), sledila sta *I. typographus* (162) in *D. autographus* (68). V tanjših vejah so prevladovali ravni sistemi vrste *P. chalcographus*, v debelejših pa vseh treh dominantnih vrst. Pri obravnavanju z repelentom je bilo nekoliko več ravnih sistemov vrst *P. chalcographus* in *D. autographus*, medtem ko je *I. typographus* pokazal več rogov v vzorcih brez repelenta, kar lahko kaže na delni odvratilni učinek repelenta pri tej vrsti.

Razlike med vrstami in obravnavanji nakazujejo določene trende, vendar repelent v tem poskusu ni imel doslednega zaščitnega učinka. Možno je, da je koncentracija repelenta ali razporeditev hlapov v okolju zmanjšala njegovo učinkovitost. Dodatne raziskave z večjim številom vzorcev in daljšim časom izpostavljenosti bi lahko omogočile natančnejšo oceno delovanja repelenta.

Rezultati ulova podlubnikov s pastmi so pokazali visoko variabilnost med posameznimi ploskvami. Skupno je bilo ujetih 15 vrst na lokacijah z repelentom in 11 vrst na kontrolnih lokacijah brez repelenta. Skupno število ujetih osebkov je znašalo 102 pri obravnavi z repelentom in 68 pri obravnavi brez repelenta.

Med ujetimi vrstami so bile najpogostejše štiri vrste, ki se prehranjujejo na iglavcih. Vrste *Dryocoetes autographus* in *Polygraphus poligraphus* sta kazali večjo pogostost na ploskvah z repelentom, medtem ko sta *Pityogenes chalcographus* in *Ips typographus* bili pogostejši na ploskvah brez repelenta. Poleg tega so bile štiri vrste (*Gnathotrichus materiarius*, *Hylurgops palliatus*, *Trypodendron lineatum*, in *Xyleborus dryographus*) zaznane izključno na ploskvah z repelentom, pri čemer je le ena izmed teh vrst specializirana na listavce. To nakazuje, da repelenti lahko vplivajo na vedenje posameznih vrst, vendar njihova splošna učinkovitost zahteva nadaljnje testiranje.

Pri obravnavah z repelentom je bilo ujetih nekoliko več osebkov podlubnikov, ki se prehranjujejo na iglavcih kot tistih, ki se prehranjujejo na listavcih. Najverjetneje je to posledica učinka repelenta. Rezultati kažejo, da repelent morda nekoliko spreminja vedenjske vzorce določenih vrst, vendar brez jasnega vpliva na skupno številčnost ali sestavo populacije podlubnikov.

Na lokacijah, kjer je bil uporabljen repelent, je bilo opaženih več vrst in večje število osebkov podlubnikov, povezanih z gostitelji (iglavci). Nasprotno pa sta imela *Pityogenes chalcographus* in *Ips typographus* manjšo pogostost v obravnavah z repelentom.

Raziskava je pokazala, da debelina vej pomembno vpliva na intenzivnost kolonizacije in vrstno pestrost podlubnikov v smrekovih sečnih ostankih, pri čemer so debelejšje veje gostile več vrst in več rovnih sistemov. Uporaba repelenta ni bistveno zmanjšala prisotnosti ali napadenosti podlubnikov, čeprav se je pri nekaterih vrstah, predvsem *Ips typographus*, pokazal delni učinek. Rezultati tako potrjujejo, da repelenti ostajajo pomembno orodje v integriranem varstvu gozdov, vendar njihova učinkovitost ni vedno zanesljiva in zahteva prilagoditev glede na ciljno vrsto in lokalne okoljske razmere. Potrebne so nadaljnje raziskave z večjim obsegom vzorčenja in daljšim trajanjem poskusov, potencialno z različnimi razmerji količine izhlapevanja repelenta in izhlapevanja snovi iz sečnih ostankov (količina sečnih ostankov), da bi lahko natančneje ocenili vlogo repelentov pri omejevanju napadov podlubnikov na sečne ostanke.

6. Pomen odpadle skorje s podlubniki napadenih smrek kot vira smrekovih podlubnikov v naslednji sezoni

6.1. Uvod

Smrekovi podlubniki, npr. osmerozovi smrekov lubadar (*Ips typographus*) in šesterezobi smrekov lubadar (*Pityogenes chalcographus*), v naših klimatskih razmerah oblikujejo več generacij na leto. Razvoj zadnje generacije v letu, v primeru pozno poletnega oziroma jesenskega napada, je pogosto upočasnen in prekinjen zaradi nizkih zimskih temperatur (Štefkova in sod., 2017). V takih primerih lahko relativno velik delež populacije nekega območja prezimuje v napadenih drevesih. Ker v zimskem času podlubniki niso aktivni in ne letajo, hitra izdelava lubadark ni tako nujna kot v poletnem času. V praksi tako velja t.i. podaljšan rok izdelave lubadark, kar pomeni, da je potrebno žarišča, ki jih odkrijemo po 1. oktobra do 27. februarja, sanirati do 18. marca. Izjemoma lahko Zavod za gozdove Slovenije določi tudi poznejši rok (Jurc in Kolšek, 2012).

V zimskem času z napadenih smrek začne odpadati skorja, v kateri prezimujejo osebki podlubnikov. Intenziteta odpadanja skorje je odvisna od jakosti napada podlubnikov, vremenskih in okoljskih razmer, ter aktivnosti žoln, ki se prehranjujejo s podlubniki (Dworschak in sod., 2014; Schroeder in sod., 2025). Nekatere raziskave so pokazale, da hrošči iz odpadle skorje pasivno preidejo v tla, kjer ostanejo nedosegljivi za zatiralne ukrepe. Domneva se, da prezimovanje v tleh vsaj v južnejših predelih Evrope ni aktivna strategija prezimovanja podlubnikov, ampak posledica pasivnega prehoda hroščev iz odpadle skorje v opad. S podaljševanjem časa od odkritja žarišča do izdelave lubadark z napadenega drevesa odpade vse več skorje, v kateri prezimujejo podlubniki. Na ta način kljub izdelavi lubadark veliko hroščev ostane v gozdu in tako predstavljajo vir napadov podlubnikov v naslednji vegetacijski sezoni.

V delovnem sklopu 2 smo ugotavljali, ali kasnejša izvedba sanacije žarišč pozno poletnega napada podlubnikov v zimskem času poveča tveganje za pojav žarišč smrekovih podlubnikov v naslednjem letu. Hipoteza, ki smo jo preverjali je bila, da takojšnja oziroma zgodnejša izdelava lubadark iz pozno poletnega napada lahko zmanjša tveganje za nastanek žarišč v naslednjem letu.

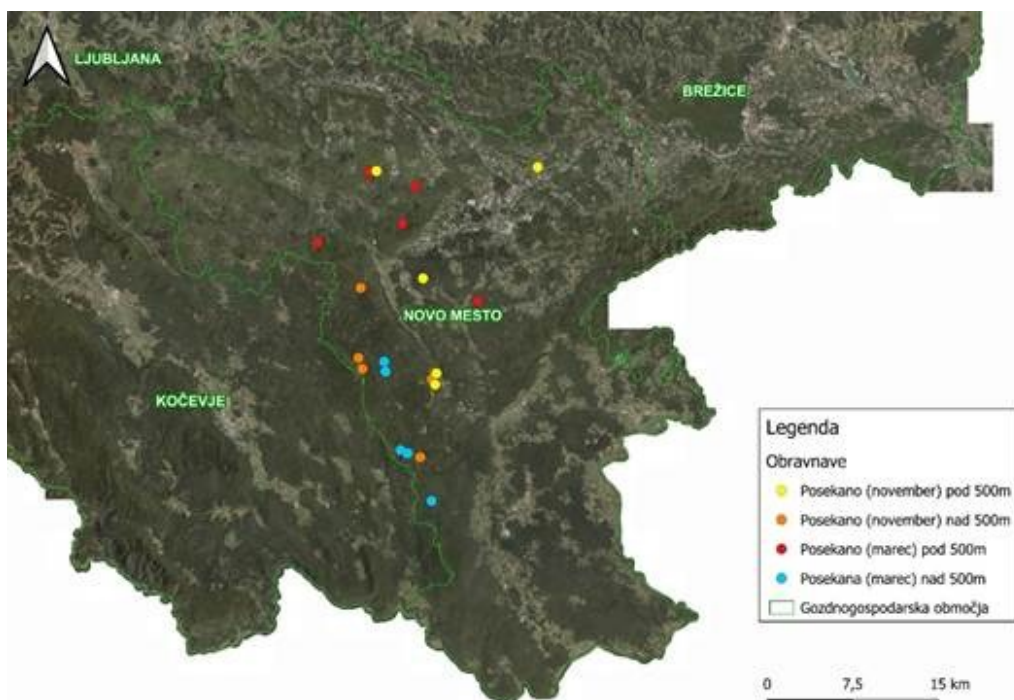
6.2. Materiali in metode

Jeseni 2023 smo skupaj s sodelavci iz Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) določili žarišča osmerozobega smrekovega lubadarja, kjer je potekala raziskava tega delovnega sklopa. Žarišča, ki so prišla v poštev so morala biti enako stara, nastati so morala v pozno poletnem času, tako da so bili podlubniki tudi v zimskem času še vedno prisotni v napadenih drevesih. Zasedenost lubadark izbranih žarišč in velikost populacije podlubnikov v okolici je morala biti primerljiva. Ustreznost posameznih žarišč smo preverjali na terenu (slika 29). Na podlagi izvedenih terenskih pregledov smo izbrali 20 žarišč, in sicer 10 žarišč na nižjih legah (pod 500 m n.v.) in 10 na višjih legah (nad 500 m n.v.). Polovica žarišč na višjih in nižjih legah je bila posekana v jeseni 2023 (november), na polovici žarišč pa je bila sečnja izvedena spomladi 2024 (marec). Vsa izbrana žarišča so se nahajala v GGO Novo mesto (slika 30).



Slika 29: Pregled ustreznosti žarišč osmerozobega smrekovega lubadarja. Preverjanje prisotnosti podlubnikov v odkazanih drevesih.

Konec maja in v začetku junija 2024, natančneje 24.5., 30.5. in 5.6.2024, smo izvedli popis raziskovalnih ploskev oziroma saniranih žarišč. Pri popisu smo se osredotočili na dve stvari: 1) količina odpadle skorje in 2) znaki napada podlubnikov na okoliških smrekah. Količino odpadle skorje smo določili na način, da smo na vsaki lokaciji zakoličili tri ploskve velikosti 1 m² (slika 31) in na teh ploskvah ocenili delež površine (na 5 % natančno), ki je bila pokrita z odpadlo skorjo. Morebitna novo napadena drevesa smo iskali (slika 31) v radiju dveh drevesnih višin od sredine žarišča. Natančneje smo popisali 10 najbližjih smrekovih dreves, pri čemer smo bili pozorni na sušenje in odpadanje iglic, smolenje, prisotnost vhodnih/izhodnih odprtín v skorji ter prisotnost črvine ob dnu dreves.



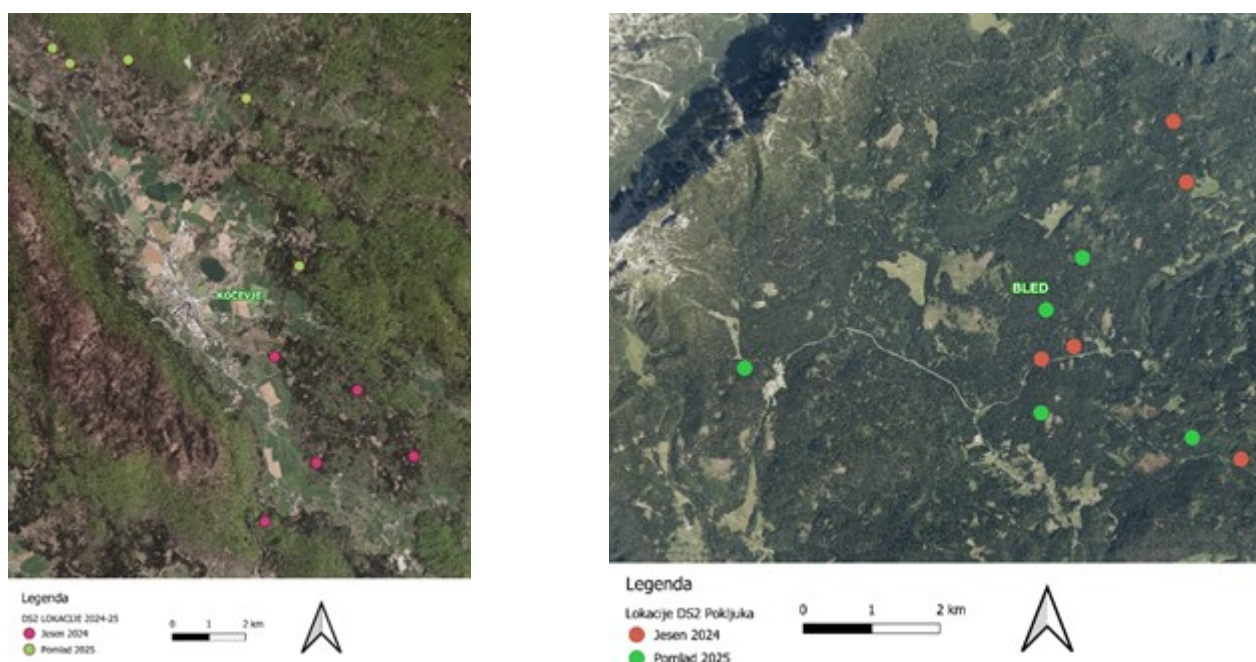
Slika 30: Izbranih 20 žarišč osmerozobega smrekovega lubadarja v GGO Novo mesto.



Slika 31: Ocenjevanje količine odpadle skorje na ploskvi, velikosti 1 m² (levo) in pregledovanje smrek v okolici saniranega žarišča podlubnikov (desno).

Da bi raziskali širši vpliv časovno različnih izvedb sanitarne sečnje, smo kasneje preverili količino sanitarne sečnje, ki je bila zaradi podlubnikov v letu 2024 izvedena v širši okolici naših raziskovalnih ploskev. Analizo smo izvedli s pomočjo orodij RStudio in QGIS. Za vsako izbrano lokacijo smo definirali vplivno območje s polmerom 100, 200 oziroma 500 metrov, znotraj katerega nas je zanimala količina sanitarnega poseka. Podatke o poseku smo pridobili od Zavoda za gozdove Slovenije (Timber, 2024), pri čemer so podatki izraženi v kubičnih metrih na ravni gozdnogospodarskih odsekov. Ker posamezna analizirana območja pogosto prekrivajo več različnih gozdnogospodarskih odsekov, smo količino poseka preračunali sorazmerno glede na delež površine posameznega odseka, ki ga pokriva analizirano območje.

Naslednje leto smo se odločili, da raziskavo, ki smo jo izvedli konec leta 2023 in v začetku leta 2024, ponovimo. Tokrat smo se odločili, da višjeležeča žarišča izberemo na območju Pokljuke, žarišča na nižjih nadmorskih višinah pa v bližini Kočevja (slika 32). Tudi v tem primeru smo izbrali 20 žarišč poznega napada osmerozobega smrekovega lubadarja, in sicer na vsakem območju 5 takih, ki so bila sanirana jeseni 2024, in 5 takih, ki so bila sanirana v marcu 2025. Pogoji za izbor žarišč so bili enaki kot v prejšnjem letu in tudi tokrat smo dokončni izbor žarišč naredili po izvedenih terenskih ogledih. Popis raziskovalnih ploskev, kjer smo preverjali količino odpadle skorje in morebitne napade podlubnikov na okoliških smrekah, smo izvedli 6.6.2025 na območju Kočevja in 11.7.2025 na Pokljuki. Metodologija popisa je bila enaka kot v prejšnjem letu.



Slika 32: Izbrana žarišča osmerozobega smrekovega lubadarja v okolici Kočevja (levo) in na Pokljuki (desno).

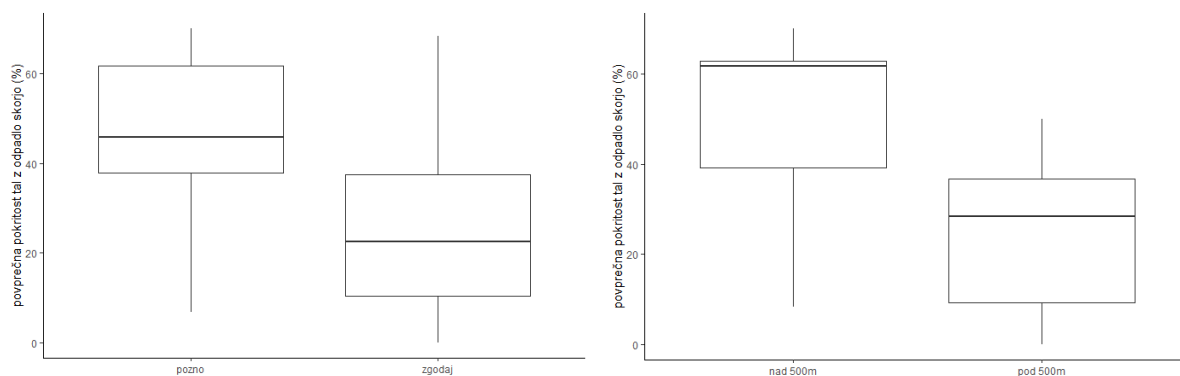
Analiza podatkov je bila opravljena za naslednje odvisne spremenljivke: povprečno pokritost tal z odpadlo skorjo, število sveže napadenih dreves in količina sanitarne sečnje v naslednji vegetacijski sezoni. Neodvisni spremenljivki sta bili nadmorska višina in čas sečnje. Ponovitve v letih 2024 in 2025

so bile analizirane ločeno. Pripravljen je bil splošni linearni model z Gaussovo porazdelitvijo napak. Izbor modela je bil izveden z metodo postopnega izločanja (stepwise backwards selection) (Burnham in Anderson, 2002). Analiza je bila opravljena v statističnem programu R (R Core Team 2024).

6.3. Rezultati

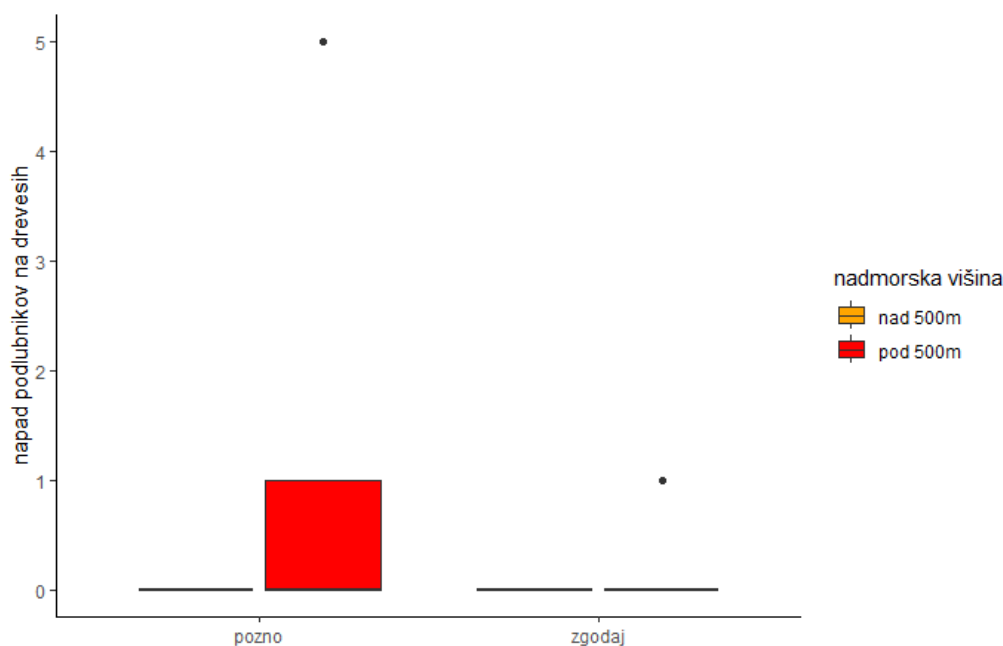
Popis raziskovalnih ploskev v GGO Novo mesto v letu 2024

Rezultati popisa odpadle skorje so pokazali, da je bilo v povprečju na lokacijah, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena pozno (marec 2024), več prisotne odpadle skorje kot na lokacijah, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena že v jeseni 2023 (slika 33). Pravtako je bilo na višje ležečih lokacijah (nad 500 m n.v.) na tleh v povprečju prisotne več odpadle skorje kot na nižje ležečih lokacijah (pod 500 m n.v.).



Slika 33: Povprečna pokritost tal z odpadlo smrekovo skorjo na raziskovalnih ploskvah v odvisnosti od časa izvedbe sanitarne sečnje (levo) in nadmorske višine (desno).

Sveže napadena drevesa smo odkrili na treh raziskovalnih ploskvah, in sicer na eni, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena zgodaj (eno napadeno drevo) in na dveh, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena pozno (na eni lokaciji eno, na drugi pa pet napadenih dreves) (slika 34). Statističnih razlik med ploskvami z različnim časom sanitarne sečnje nismo odkrili.



Slika 34: Število napadenih dreves v okolici saniranih žarišč glede na nadmorsko višino in čas sanitarne sečnje

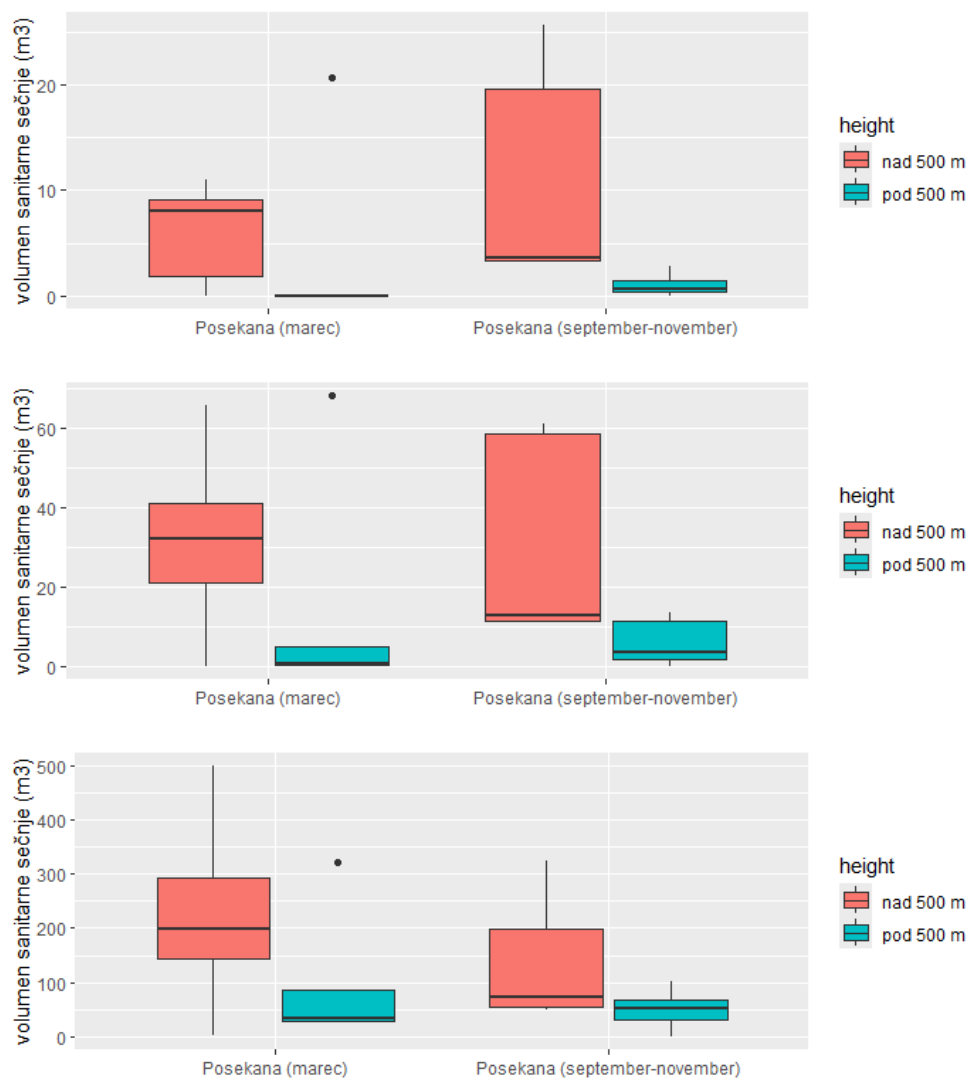
Analiza sanitarne sečnje v okolici raziskovalnih ploskev v letu 2024

Količina sanitarne sečnje v okolici raziskovalnih ploskev, kjer je bila sečnja izvedena zgodaj (november 2023), se ni statistično razlikovala od količine sanitarne sečnje v okolici žarišč, ki so bila sanirana spomladi 2024. Omenjene razlike so bile neznatne, neglede na izbiro radija (100/200/500 m od naših raziskovalnih ploskev). Je pa analiza sanitarne sečnje pokazala na razlike med višje in nižjeležečimi žarišči, in sicer je bila količina sanitarne sečnje v letu 2024 večja na višjih nadmorskih višinah (slika 35).

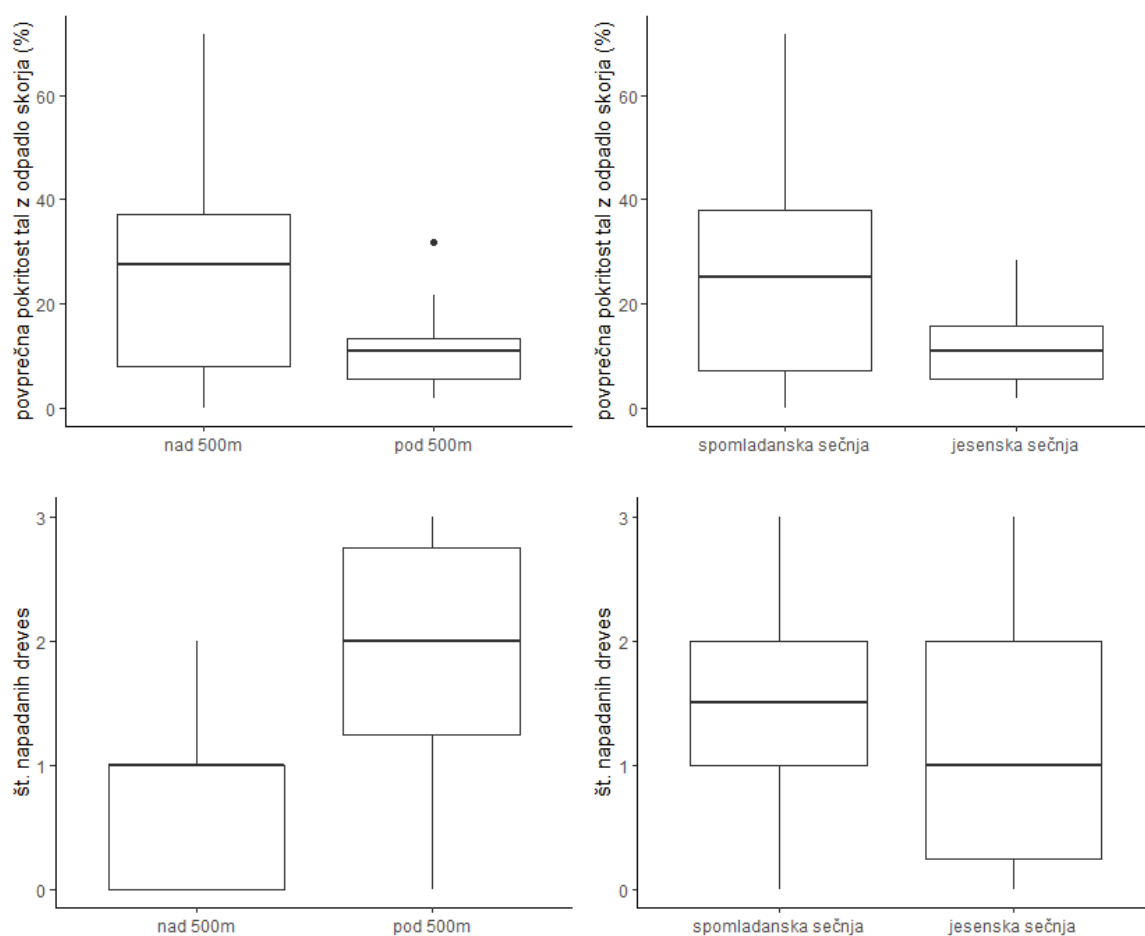
Popis raziskovalnih ploskev v okolici Kočevja in na Pokljuki v letu 2025

Tudi s popisom v letu 2025 je bilo ugotovljeno, da je v povprečju na ploskvah, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena pozno (marec 2025), več prisotne odpadle skorje kot na ploskvah, kjer je bila sanitarna sečnja izvedena že v jeseni 2024 (slika 36). Pravtako je bilo na višje ležečih lokacijah (na Pokljuki) na tleh v povprečju prisotne več odpadle skorje kot na nižje ležečih lokacijah (v okolici Kočevja).

V letu 2025 smo ob popisu ploskev odkrili več dreves, ki so kazali znake napada podlubnikov. Vseh sveže napadenih dreves skupaj je bilo 27, od tega jih je bilo 19 odkritih v okolici Kočevja, 8 pa na Pokljuki. Primerjava raziskovalnih ploskev z različnim časom sanitarne sečnje značilnih razlik ni pokazala (slika 8), saj je bilo v okolici ploskev, kjer je bila sečnja izvedena jeseni, odkritih 13 napadenih dreves, v okolici ploskev, kjer je sanitarna sečnja potekala spomladi, pa 14 napadenih dreves.



Slika 35: Količina sanitarne sečnje v okolici raziskovalnih ploskev glede na čas izvedbe sanitarne sečnje in nadmorsko višino, upoštevajoč radij 100 m (zgoraj), 200 m (v sredini) in 500 m (spodaj).



Slika 36: Popis raziskovalnih ploskev v okolici Kočevja in na Pokljuki v letu 2025: povprečna pokritost tal z odpadlo smrekovo skorjo v odvisnosti od lokacije (zgoraj, levo) in časa izvedbe sanitarne sečnje (zgoraj, desno). Število napadenih dreves v okolic saniranih žarišč glede na lokacijo (spodaj, levo) in čas sanitarne sečnje (spodaj, desno).

6.4. Razprava

Naša raziskava je pokazala, da je količina odpadle skorje iz napadenih dreves na lokacijah, kjer se je sečnja izvajala pozno (konec zime oz. zgodaj spomladi) značilno večja kot na lokacijah, kjer se je sanitarna sečnja izvedla zgodaj (jeseni), kar je skladno z našimi pričakovanji in tudi s podatki iz literature (Dworschak in sod., 2014; Schroeder in sod., 2025). Kljub vsemu pa večja količina odpadle skorje ni vplivala na število napadenih dreves oziroma količino sanitarne sečnje v naslednji vegetacijski sezoni, saj razlike med ploskvami z različnim časom sanitarne sečnje niso bile statistično značilne. Hipoteze, da takojšnja oziroma zgodnejša izdelava lubadark iz pozno poletnega napada lahko zmanjša tveganje za nastanek žarišč v naslednjem letu, tako na podlagi naših rezultatov ne moremo potrditi.

Intenziteta odpadanja skorje je odvisna od jakosti napada podlubnikov, vremenskih in okoljskih razmer, ter aktivnosti žoln, ki se prehranjujejo s podlubniki (Dworschak in sod., 2014; Schroeder in sod., 2025). V obeh letih naše raziskave je bilo na višje ležečih lokacijah na tleh v povprečju prisotne več odpadle skorje kot na nižje ležečih lokacijah. Predvidevamo, da so glavni razlog za to večja temperaturna nihanja na višjih predelih.

V prvem letu smo celotno raziskavo izvedli na območju GGO Novo mesto. Analiza sanitarne sečnje v okolici naših raziskovalnih ploskev v naslednjem letu je pokazala na razlike med višje (nad 500 m n.v.) in nižje ležečimi (pod 500 m n.v.) žarišči, in sicer je bila količina sanitarne sečnje v letu 2024 večja na višjih nadmorskih višinah. Razloga za to sta najverjetneje dva, in sicer prvi je ta, da je zaradi številnih namnožitev podlubnikov v zadnjem desetletju lesna zaloga smreke v nižinah že precej zmanjšana, drugi pa temperaturna inverzija v zimskem času, zaradi katere so v zadnjem obdobju zime v nekoliko višjih predelih pogosto manj neprimerne za razvoj oz. preživetje podlubnikov, kot zime v nižinah.

V drugem letu smo raziskavo izvedli na dveh ločenih območjih, in sicer v nižini na Kočevskem in na višjih nadmorskih višinah na Pokljuki. V tem primeru so bile višinske razlike med nižje in višje ležečimi raziskovalnimi ploskvami precej večje. Razmere na Pokljuki, kjer pred desetletji problemov s podlubniki še niso imeli, v zadnjem obdobju pa se zaradi podnebnih sprememb žarišča podlubnikov vse bolj pojavljajo tudi tam, so še vedno z vidika razvoja podlubnikov precej bolj ekstremne kot na Kočevskem, zato smo pričakovano v okolici naših ploskev na Kočevskem odkrili več sveže napadenih dreves kot v okolici ploskev na Pokljuki.

Osmerozobi smrekov lubadar lahko prezimuje v napadenih drevesih ali pa v tleh. Podatki iz različnih delov Evrope so različni (Dworschak in sod., 2009; Štefkova in sod., 2017; Schroeder in sod., 2025), v splošnem pa velja, da v Srednji Evropi večji del populacije prezimuje v napadenih drevesih, v Severni Evropi in na višjih nadmorskih višinah Srednje Evrope pa večji del populacije prezimuje v tleh. Hrošči, ki prezimujejo v napadenih drevesih so izpostavljeni bolj ekstremnim temperaturam, medtem ko so hrošči v tleh, sploh če so tla prekrita s snežno odejo, proti nizkim zimskim temperaturam bolj zaščiteni. Kakorkoli, v nižinah Srednje Evrope zimske temperature niso tako ekstremne, da bi pomembno vplivale na preživetje hroščev, sploh če so ti že opravili z zrelostnim hranjenjem. Bolj občutljive na nizke temperature so ličinke in bube.

Na mortaliteto pa ne vpliva samo temperatura in stopnja razvoja lubadarjev ampak tudi njihovi naravni sovražniki, kot so žolne, parazitske ose, razne predatorske vrste žuželk, glive,... Raziskava na Švedskem (Schroeder in sod., 2025) je pokazala, da je stopnja umrljivosti pri hroščih, ki prezimujejo v tleh precej večja (> 50 %) kot pri hroščih, ki prezimujejo v napadenem drevesu (< 10 %). Hrošči, ki skupaj z odpadlo skorjo padejo na tla, večinoma ostanejo v skorji in ne prezimujejo globlje v tleh (Dworschak in sod., 2014), tako da je tudi stopnja preživetja višja.

Hrošči, ki z odpadlo skorjo padejo na tla, se izognejo zatiralnim ukrepom in ostanejo v gozdu tudi po izvedbi sanitarne sečnje (Dworschak in sod., 2014). Ali ima odpadla skoraj vpliv na namnožitve podlubnikov v naslednjem letu je po našem mnenju odvisno od količine odpadle skorje, gostote

naseljenosti te skorje, razvojne stopnje lubadarja, temperaturnih razmer, ki so jim podlubniki izpostavljeni, aktivnosti naravnih sovražnikov,... V naši raziskavi smo ocenjevali samo količino odpadle skorje, drugih dejavnikov pa nismo raziskovali. Kakorkoli, z izvedeno raziskavo vpliva, ki bi ga odpadla skorja imela na poškodovanost okoliških sestojev v naslednjem letu, nismo zaznali, prav tako pa jasnih dokazov za to nismo odkrili niti v pregledani literaturi.

7. Navodila

V okviru DS 3 smo pripravili navodila za ravnanje s smrekovimi sečnimi ostanki za preprečevanje namnožitev podlubnikov. Navodila smo izdali v obliki elektronske publikacije (Priloga 1). Spodaj podajamo besedilo z navodil.

Sečni ostanki so ostanki delov dreves, kar vključuje veje, vrhače in različna kratko odrezana debla v dolžini do enega metra, posekana drevesa s prsnim premerom do deset centimetrov in posekane dele grmov. Sečni ostanki v gozdu lahko predstavljajo pomemben material za napad podlubnikov in tveganje za pojav oz. širjenje prenamnožitev na nova območja. Ravnanje s sečnimi ostanki med drugim pomeni, da s sečnimi ostanki ravnamo na način, da onemogočimo oz. preprečimo razvoj škodljivih organizmov, zlasti podlubnikov. V evropskem prostoru se za namen varstva pred podlubniki najbolj pogosto s sečnimi ostanki ravna na dva načina: 1. veje in vrhači se zlagajo v kupe, 2. veje in vrhače se razprostre po tleh. Pogost način ravnanja je tudi odstranitev sečnih ostankov s sečišča in iz gozda, ki se v evropskem prostoru bolj kot za namen varstva pred podlubniki izvaja za energetske namene.

Kupi

Veje in vrhače takoj po sečnji zložimo v kupe z razžaganimi (do 1 m) debelejšimi konci (premer nad 5 cm) zloženimi v notranjosti kupa, ki so prekriti s tanjšimi vejami. Tako zlaganje omogoči povečano vlažnost znotraj kupa in zmanjša primernost sečnih ostankov za naselitev osmerozobega smrekovega lubadarja.

Kdaj je metoda ustrezna?

- V primeru redne in sanitarne sečnje, če sečni ostanki po sečnji ostanejo zastrti oz. če moramo pripraviti prostor za umetno obnovo.

Zakaj je metoda ustrezna?

- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov. Večje kose vej in debel (>10 cm) manj številčno napadejo veliki podlubniki, kot je osmerozobi smrekov lubadar.
- Vzpostavljen je prostor za obnovo gozda s sajenjem/ setvijo.
- Boljša prehodnost terena za izvajanje del v gozdu.
- Zagotavljanje estetske funkcije gozda v okolici objektov kulturne dediščine, ali na območju poučne, rekreativne ali turistične funkcije ipd.
- Kupi so mikrohabitat, ki povečuje biotsko pestrost, zlasti žuželk.

Pomanjkljivosti metode:

- Zahteva veliko ročnega dela in s tem podraži izvedbo sečnje.

Razporejeno

Veje in vrhače čim bolj enakomerno razprostremo po tleh. Debelejše veje in vrhače razžagamo. Tako razporejeni veje in vrhači se v primeru zadostne osončenosti hitro izsušijo in zaradi tega postanejo manj primerni za razvoj podlubnikov.

Kdaj je metoda ustrezna?

Če je po sečnji osončenost sečnih ostankov (izpostavljenost soncu) dovolj velika, da zagotavlja njihovo hitro izsušitev, zaradi česar postanejo manj primerni za razvoj podlubnikov.

Zakaj je metoda ustrezna?

- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov na osončenih prisojnih legah.
- Izvedbeno manj zahtevno, hitrejše, varnejše in manj obremenjujoče za izvajalce gozdnih del ter bolj ekonomično.
- Manjše poškodbe tal zaradi površinske erozije.
- Več hranil za gozdna tla, večja površina sečnih ostankov je izpostavljena padavinam in mikrobom, kar spodbuja počasno ter enakomerno razkrajanje.

Pomanjkljivosti metode:

- Ustrezno le za sečišča, na katerih je po sečnji izpostavljenost sečnih ostankov soncu dovolj velika, da se hitro izsušijo.
- Metoda ni ustrezna v okolici objektov kulturne dediščine ali na območju poučne, rekreativne in turistične funkcije.

Odstranjeno iz sestoja

V primeru redne in sanitarne sečnje, predvsem pri uporabi drevesne metode spravila, kot je pogosto pri spravilu s pomočjo žičnega žerjava.

Kdaj je metoda ustrezna?

V primeru redne in sanitarne sečnje, predvsem pri uporabi drevesne metode spravila, kot je pogosto pri spravilu s pomočjo žičnega žerjava.

Zakaj je metoda ustrezna?

- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov.
- Vzpostavljen je prostor za obnovo gozda s sajenjem/setvijo.
- Boljša prehodnost terena za izvajanje del v gozdu.
- Zagotavljanje estetske funkcije gozda v okolici objektov kulturne dediščine, ali na območju poučne, rekreativne ali turistične funkcije ipd.
- Razbremenitev sekačev, saj se manipulacija s sečnimi ostanki izvaja na kamionski cesti in z uporabo strojev.
- Metoda se kombinira z izrabo sečnih ostankov za energetske namene (npr. izdelava sekancev).

Pomanjkljivosti metode:

- Neustrezna za rastišča, revna s hranili, in rastišča, izpostavljena površinski eroziji.
- Zmanjša biotsko raznovrstnost žuželk znotraj sestoja.
- Iz sestoja odstranimo vir hranil, ki bi drugače ostala v gozdu.

Pravila ravnanja s sečnimi ostanki

Kaj so sečni ostanki in način ravnanja s sečnimi ostanki določajo *Zakon o gozdovih* (Uradni list RS, št. 30/1993 in nasl.), *Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov* (Uradni list RS, št. 55/1994 in nasl.) in *Pravilnik o varstvu gozdov* (Uradni list RS, št. 114/2009 in nasl.).

Pri ravnanju s sečnimi ostanki smo v splošnem pozorni, da jih odstranimo z gozdnih poti, prometnic, s skladišč, z mejnikov, iz kalov, kaluž in vodnih virov, iz strug potokov in hudournikov ter jarkov, s kmetijskih zemljišč in zunanjih gozdnih robov, s pasišč prostoživečih živali, z mladja, da ne ovirajo obnove gozda.

S skrbnim ravnanjem s sečnimi ostanki pripomoremo k zdravju gozdov, saj zmanjšamo možnost prenamnožitve podlubnikov, ne oviramo obnove gozda ter vzdržujemo in krepimo različne funkcije gozda. Ohranjanje sečnih ostankov v gozdnem prostoru prispeva k zmanjševanju erozijskih procesov, hkrati pa ustvarja dodatne mikrohabitate, ki povečujejo biotsko pestrost, zlasti v združbah saproksilnih žuželk. Prisotnost teh ostankov omogoča tudi kroženje in zadrževanje ključnih hranil v gozdnem ekosistemu ter s tem krepí njegovo stabilnost in odpornost.

Če so sečni ostanki napadeni s podlubniki, se podlubnike uniči na način, določen z odločbo Zavoda za gozdove Slovenije.

Pri odločanju o primernem načinu ravnanja s sečnimi ostanki se upoštevajo določila iz Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, pravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov, pri čemer lahko dodatne ukrepe ureditve sečišča določi Zavod za gozdove Slovenije z odločbo, upoštevajoč specifične dejavnike gozda in okolja.

8. Razširjanje rezultatov projekta

8.1 Seminarji in navodilo

O rezultatih in ugotovitvah projekta smo informirali izvajalce gozdarskih del oz. njihove naročnike z namenom zagotovitve ustreznega ravnanja s sečnimi ostanki za preprečevanje širjenja prenamnožitev podlubnikov. V sklopu DS 3 smo organizirali tri seminarje, ki se jih je skupno udeležilo 226 oseb (slika 37). Prvega seminarja na Zaplani (17. 6. 2025) so se udeležili vodje odsekov za ukrepe v gozdovih Zavoda za gozdove Slovenije (26 oseb), drugega spletnega seminarja (9. 9. 2025) so se udeležili zaposleni na Zavodu za gozdove Slovenije (155 oseb), tretjega na Brdu pri Lukovici (23.9.2025) pa predstavniki podjetja Slovenski državni gozdovi, d.o.o. (45 oseb).

Na osnovi rezultatov in ugotovitev projekta smo pripravili navodila za ravnanje s sečnimi ostanki, ki smo jih izdali v elektronski publikaciji:

- DE GROOT, Maarten, HAUPTMAN, Tine, CAPUDER, Luka (avtor, fotograf), ZIDAR, Simon (avtor, fotograf), KOLŠEK, Marija. *Navodila za ravnanje s smrekovimi sečnimi ostanki za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov*. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 2025. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (3 str.)). DOI: [10.20315/gis014](https://doi.org/10.20315/gis014).



Slika 37: Prvi seminar s predstavitvijo rezultatov projekta na Zaplani (levo), tretji seminar na Brdu pri Lukovici (desno).

8.2 Osveščanje splošne javnosti

O projektu smo osveščali splošno javnost preko objav na družbenih omrežjih Oddelka za varstvo gozdov (GIS) in spletni strani projekta: <https://gozdnired.splet.arnes.si/>. Projektne aktivnosti so bile predstavljene tudi v videu *PODLUBNIKI - nevarni škodljivci* (<https://youtu.be/SBrqJOv9TZ0?si=uuwsHEzNrcN49zM7>). Delne rezultate projekta smo predstavili na strokovnih srečanjih v Sloveniji in tujini:

- 15. seminar in delavnica iz varstva gozdov, 7.5.2025, Črna na Koroškem, Slovenija, predstavitev
- Forest protection and today's challenges - Switzerland, Slovenia, Bosnia and Herzegovina, Croatia, 5.3.2025, Zagreb, Hrvaška, predstavitev
- 7. slovenski entomološki simpozij z mednarodno udeležbo, 31.1.-1.2.2025, Izola, Slovenija, predstavitev in poster

- 6. slovenski entomološki simpozij z mednarodno udeležbo, 15.-16.9.2024, Izola, Slovenija, poster
- 14. seminar in delavnica iz varstva gozdov, 9.5.2024, Dolenjske Toplice, Slovenija, predstavitev
- 16. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, 5.-6.3.2024, Bohinjska Bistrica, Slovenija, predstavitev

Projekt in rezultati projekta so bili objavljeni v strokovni in znanstveni literaturi:

- ZIDAR, Simon, HAUPTMAN, Tine, CAPUDER, Luka, DE GROOT, Maarten. Kaj naredimo s sečnimi ostanki?. *Korenina : [interno glasilo družbe Slovenski državni gozdovi, d. o. o.]*. [Tiskana izd.]. september 2025, št. 31, str. 17-18. ISSN 2670-4234. <https://www.sidg.si/media/yx0joflt/korenina-september-2025-web.pdf>. [COBISS.SI-ID 250315523],
- DE GROOT, Maarten, CAPUDER, Luka, KOOTSTRA, I. G. Farah, KRIŽAJ, Martin, KOLŠEK, Marija, FERLAN, Mitja, HAUPTMAN, Tine. Influence of felling residue management on bark beetles and other insect diversity. *Forestry*. 2025, vol. <v tisku>, iss. <v tisku> [article no. <v tisku>], str. <v tisku>. ISSN 1464-3626. DOI: [10.1093/forestry/cpaf042](https://doi.org/10.1093/forestry/cpaf042). [COBISS.SI-ID 243237635],
- 1 znanstven članek v sodelovanju z evropskimi raziskovalci (v pripravi).

Za vprašalnik o načinih ravnanja s sečnimi ostanki v Evropi smo stopili v stik s tujimi strokovnjaki iz več evropskih držav. Strokovnjaki so nam v vprašalniku predstavili informacije o svoji državi, izvedeli pa so tudi, kakšno je stanje v drugih državah. Na tak način smo hkrati spodbudili mednarodno sodelovanje med strokovnjaki za zdravje gozdov v Evropi.

V projekt smo vključili študente, ki so v okviru projekta izdelovali dve magistrski nalogi:

- Farah I. G. KOOTSTRA. *The effect of logging residue disposal methods on saproxylic beetle community and trait compositions: MSc Ecology & Evolution; Ecology & Conservation track*. Groningen: University of Groningen, 2023. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (41 str.)). <https://fse.studenttheses.ub.rug.nl/31666/>. [COBISS.SI-ID 220254211]
- Martin KRIŽAJ. *Ugotavljanje vpliva načinov ravnanja s sečnimi ostanki, nadmorske višine in sklepa sestoja na napadenost sečnih ostankov smreke s podlubniki*: MSC: Gozdarstvo in upravljanje gozdnih ekosistemov, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire - v pripravi.

Projekt je gostil študijske obiske tujih strokovnjakov za varstvo gozdov, in sicer:

- Dr. Sigrid Netherer in Till Hallas z BOKU, Dunaj (terenski ogled, oktober 2023)
- Dr. Gernot Hoch (tuji strokovni svetovalec projekta: obisk za razpravo, predstavitev delnih rezultatov, terenske ogled, predstavitev stanja glede ravnanja s sečnimi ostanki v Avstriji, november 2022 in maj 2025)

Pri zasnovi in izvedbi projekta ter pripravi navodil smo tesno sodelovali z ZGS, kar je krepilo sodelovanje in pripravljenost ZGS pri implementaciji ugotovitev in spoznanj projekta v prakso.

9. Zakonodaja in ravnanje s sečnimi ostanki v Sloveniji in drugih evropskih državah.

V okviru delovnega sklopa smo pregledali veljavno nacionalno zakonodajo in podrejene dokumente, ki obravnavajo gozdni red oziroma izvajanje sečnje in ravnanje s sečnimi ostanki. Pridobili smo podatke o izvajanju gozdnega reda v tujini, tako da se povezali s strokovnjaki iz sosednjih držav. V skladu z rezultati raziskave in na podlagi pridobljenih podatkov iz tujine smo pretehtali možnosti za spremembe pravne ureditve na področju gozdnega reda v Sloveniji.

9.1 Zakonodaja in ravnanje s sečnimi ostanki v Evropi

9.1.1 Uvod

Gozdovi so pomembni ekosistemi z mnogimi funkcijami, ki zagotavljajo številne ekosistemske storitve (FAO 2020). V Evropi so mnoge države razvile različne načine gospodarjenja z gozdovi, ki so povezani z njihovimi družbeno-ekonomskimi, političnimi in ekološkimi sistemi (Elands in Wiersum 2001; Maracchi et al. 2005). V zadnjih desetletjih so podnebne spremembe povzročile številne obsežne motnje v gozdovih, kot so vetrolomi in suše (Patacca et al. 2023). Posledično so bili opaženi tudi večji izbruhi podlubnikov (Seidl et al. 2017). Zaradi geografskega položaja evropskih držav je vpliv podlubnikov različen (Patacca et al. 2023). Medtem ko je veliki smrekov lubadar (*Ips typographus*) že več desetletij problematičen škodljivec v Srednji Evropi, je v zadnjem desetletju postal vse pomembnejši škodljivec tudi v Skandinaviji (Patacca et al. 2023; Senf in Seidl 2021). Za izboljšanje upravljanja s populacijami podlubnikov je zato zaželeno boljše razumevanje regionalnih razlik v uporabi ukrepov proti njim ter razlogov za te razlike.

Več vrst podlubnikov napada navadno smreko (*Picea abies* (L.) H. Karst.), med njimi pa so najpomembnejše vrste *Ips typographus*, *Ips duplicatus* in *Pityogenes chalcographus* (Vega in Hofstetter 2015). Prvi dve vrsti napadata floem v deblu in debelejših vejah. Zlasti *I. typographus* je imel v zadnjih desetletjih obsežne izbruhe (Senf in Seidl 2021), medtem ko se je *I. duplicatus* začel širiti v devetdesetih letih in je zdaj prisoten po vsej srednji in severni Evropi, kjer povzroča veliko škodo, vendar še vedno manjšo kot njegov sorodnik *I. typographus* (Wermelinger et al. 2020). *I. typographus* in *I. duplicatus* večinoma napadata oslabljen drevesa, npr. po vetrolomih ali drugih abiotskih poškodbah, vendar lahko ob visokem številu osebkov napadeta tudi zdrava drevesa (Holusa et al. 2010; Wermelinger 2004). Podnebne spremembe so povečale število generacij, ki se razvijejo v enem letu, in so tako pospešile rast populacij, ki se giblje od ene generacije v višjih legah do treh generacij na jugu in v nižinah Srednje Evrope (Hallas et al. 2024; Jakoby et al. 2019; Jönsson et al. 2009). Poleg tega so drevesa zaradi podnebnih sprememb bolj oslabljen in zato bolj dovzetna za napade. *P. chalcographus* po drugi strani napada veje, vrhove dreves in mlada drevesa (Vega in Hofstetter 2015). Pri odraslih drevesih so napadi običajno v vrhovih, kar drevesa oslabi in lahko poveča verjetnost napada vrste *I. typographus*. Obe vrsti napadata tudi sveže odžagane veje, ki ostanejo v gozdu po sečnji (Kacprzyk in Bednarsz 2015).

Proti izbruhom podlubnikov se uporablja več različnih ukrepov, večina pa jih je namenjena zmanjševanju količine razmnoževalnega materiala (Hlásny et al. 2021). Reaktivno gospodarjenje, ki se izvaja kot odziv na začetne izbruhe, temelji predvsem na sanitarni sečnji in pravočasni odstranitvi ali obdelavi z lubadarjem napadenih dreves ter na spravilu hlodovine po vetrolomih, ki je lahko potencialni vir razmnoževanja (Fettig in Hilszczański 2015). Dodatne metode vključujejo množično lovljenje z vabami ali uporabo pristopa "push and pull" (Singh et al. 2024). Proaktivno gospodarjenje, kot je povečanje drevesne vrstne pestrosti, pa skuša populacijo podlubnikov ohranjati pod pragom izbruha z zmanjševanjem števila razpoložljivih gostiteljev (de Groot et al. 2023). Poleg celih dreves lahko vir razmnoževalnega materiala predstavljajo tudi sečni ostanki, kot so veje (Kacprzyk 2012), ki nastanejo pri sanitarni ali redni sečnji, pa tudi pri gozdnogojitvenih delih. Ravnanje s sečnimi ostanki je v evropskih gozdovih dolgo uveljavljena praksa gozdne higiene, namenjena zmanjšanju potencialnih virov širjenja škodljivcev, predvsem podlubnikov. Ta praksa se izvaja tudi iz drugih razlogov, kot so preprečevanje erozije tal, zagotavljanje prostora za sajenje, izboljšanje dostopnosti za rekreacijo ali spodbujanje biotske raznovrstnosti. Obstajajo različni načini ravnanja s sečnimi ostanki. Eden od njih je zlaganje vej v kupe, pri čemer se debelejšje veje zložijo v sredino, tanjše pa na vrh. Pokazalo se je, da so bile takšne veje manj napadene s strani vrst *P. chalcographus* (Kacprzyk in Bednarz 2015) in *I. typographus* (de Groot et al. 2025). Po drugi strani pa sečni ostanki privabljajo tudi druge žuželke, predvsem saproksilne vrste in plenilce podlubnikov (de Groot et al. 2025; Ranius et al. 2018), zato so sečni ostanki zanimiv objekt tudi z vidika varstva narave. Drugi načini vključujejo drobljenje vej, razporejanje vej po sestoji ali njihov odvoz iz gozda.

Ker je ravnanje s sečnimi ostanki del evropske gozdarske prakse, se zastavlja vprašanje, ali se pristopi med državami razlikujejo. Po našem vedenju takšne primerjalne študije še ni bilo, zato bi bilo koristno razumeti razloge za morebitne razlike. Zlasti v luči podnebnih sprememb so izkušnje Srednje Evrope, kjer so izbruhi vrste *I. typographus* pogosti že več desetletij, lahko dragocena učna podlaga za severnoevropske države, kjer se ta vrsta v velikem obsegu pojavlja šele v zadnjem desetletju. Poleg tega bi bilo koristno vedeti, ali se ti ukrepi uporabljajo za vse drevesne vrste ali le za tiste, ki so dovzetne za napade podlubnikov.

Cilj te študije je bil pridobiti pregled nad uporabo ukrepov ravnanja s sečnimi ostanki v Evropi. Raziskovalna vprašanja so bila: (1) ali se pristopi med državami razlikujejo, (2) ali je glavni namen teh ukrepov zatiranje podlubnikov, (3) za katere drevesne vrste in podlubnike, se ti ukrepi najpogosteje uporabljajo ter (4) katere metode se najpogosteje uporabljajo pri ravnanju s sečnimi ostanki. Na podlagi odgovorov na ta vprašanja obravnavamo ravnanje s sečnimi ostanki v kontekstu geografskega položaja držav in intenzivnosti izvajanja ukrepov.

9.1.2 Materiali in metode

Opis območja

V raziskavi smo skušali zajeti večino gozdnih območij Evrope, razen sredozemskega in južnega dela celine. Vprašalnike so izpolnili strokovnjaki za zdravje gozdov iz 20 različnih držav ali regij, in sicer iz Avstrije, Belgije (Valonija), Bosne in Hercegovine, Hrvaške, Češke, Anglije, Estonije, Francije, Finske, Nemčije, Madžarske, severovzhodnega dela Italije, Litve, Norveške, Poljske, Romunije, Slovaške, Slovenije, Švedske in Švice. Zbrali smo torej podatke iz držav z različnimi pristopi k gospodarjenju z gozdovi – od plantaž do gospodarjenja po načelu sonaravnosti, ter z različnimi tipi gozdov in drevesnimi vrstami, pomembnimi za gozdno gospodarstvo.

Protokol raziskave

V vprašalniku je bilo skupno devet vprašanj, povezanih z ravnanjem s sečnimi ostanki v posameznih državah. Namen vprašanj je bil razumeti razlike v razlogih za uporabo ukrepov pri ravnanju s sečnimi ostanki, njihovo izvajanje v gozdarski praksi ter usmerjenost na posamezne drevesne vrste. Vprašanja so prikazana v Tabeli 1. Zadnje vprašanje se je glasilo: „Drugi komentarji v zvezi z ravnanjem s sečnimi ostanki v vaši državi“, kjer so lahko strokovnjaki dodali dodatna pojasnila k svojim odgovorom. Večina vprašanj je omogočala več odgovorov, razen prvega in drugega. Udeležence smo tudi prosili, da priložijo izseke iz zakonodaje ali pravilnikov, v katerih je omenjeno ravnanje s sečnimi ostanki.

Preglednica 16: Seznam vprašanj in možnih odgovor, ki so bila zastavljena na vprašalniku

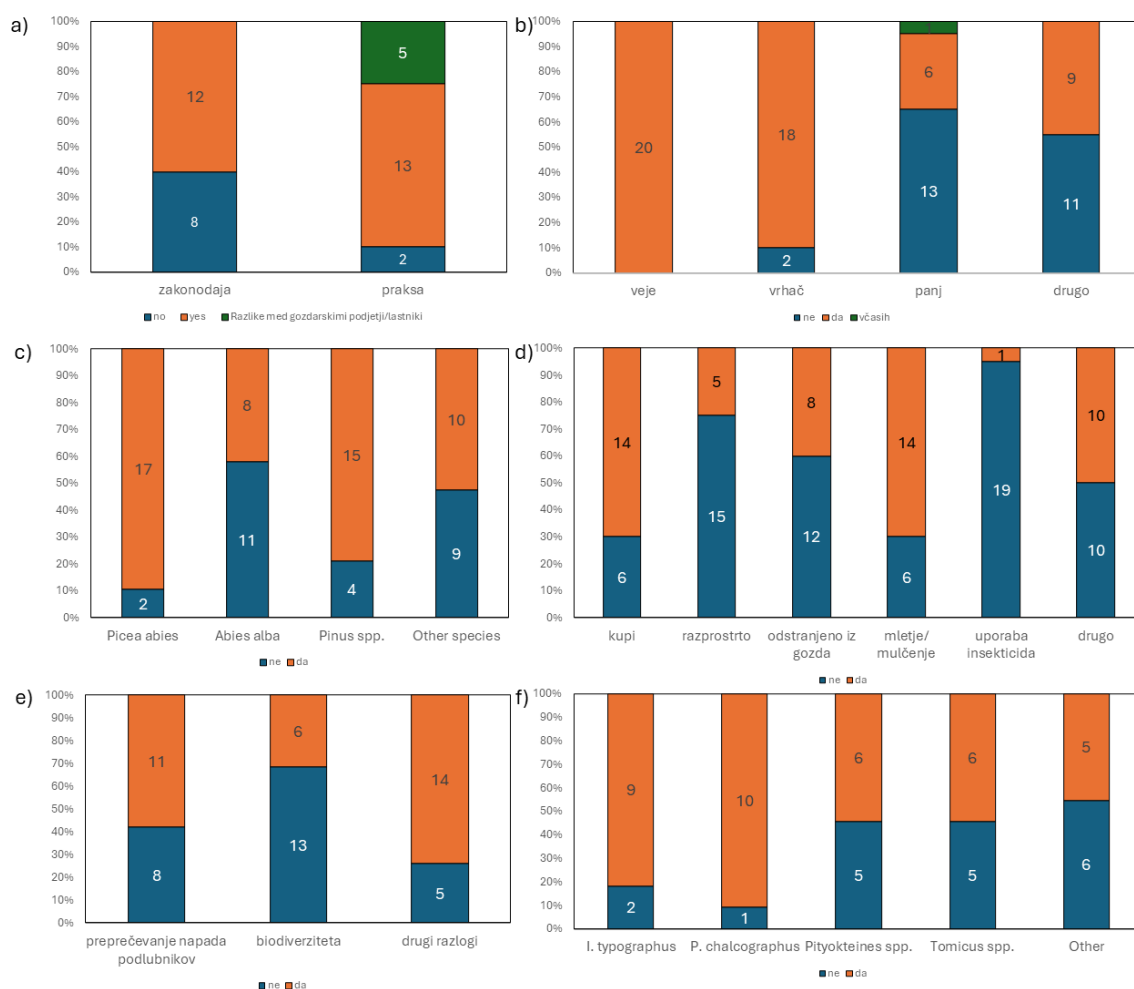
Vprašanje št.	Vprašanje	Možni odgovori
1	Ali je ravnanje s sečnimi ostanki opredeljeno v nacionalni zakonodaji?	da/ne Če da, prosimo, priložite ali navedite preveden izsek ustreznega člena zakonodaje
2	Ali v praksi skrbite za ravnanje s sečnimi ostanki, tudi če to ni zahtevano z zakonodajo?	da/ne
3	Če ne, zakaj ne?	Sečni ostanki ne predstavljajo težave pri izbruhih podlubnikov/ Drug razlog (prosim navedite):
4	Kaj se v vaši državi šteje med sečne ostanke?	Veje/Vrhač/Panj/(dodajte druge možne ostanke)
5	Če se izvaja ravnanje s sečnimi ostanki, za katere drevesne vrste se to izvaja?	<i>Picea abies</i> / <i>Abies alba</i> / <i>Pinus</i> spp./ Druge vrste (prosim navedite)
6	Kaj je glavni namen ravnanja s sečnimi ostanki?	preprečevanje izbruhov podlubnikov/ Ohranjanje biotske raznovrstnosti/ Drug razlog (prosim navedite)
7	Za katere vrste podlubnikov se to izvaja?	<i>Ips typographus</i> na smreki (<i>Picea abies</i>)/ <i>Pityogenes chalcographus</i> na smreki (<i>Picea abies</i>)/ <i>Pityokteines</i> spp. na jelki (<i>Abies alba</i>)/ <i>Tomicus</i> spp. na borih (<i>Pinus</i> spp.)/ Druge vrste (prosim navedite vrsto in gostiteljsko drevo)
8	Katere načine ravnanja s sečnimi ostanki vaša država uporablja?	Zlaganje v kupe/Pustitev ostankov na tleh/ Odstranjevanje ostankov iz gozda/ Druge metode (prosim navedite):
9	Drugi komentarji glede ravnanja s sečnimi ostanki v vaši državi	

Statistična analiza

Statistična analiza je bila izvedena opisno za vsako vprašanje posebej. Pri vprašanjih 5 in naprej smo upoštevali le odgovore, če je bilo ravnanje s sečnimi ostanki omenjeno v zakonodaji ali če se je izvajalo v praksi, četudi ni bilo zakonsko določeno. Pri vprašanju 7 smo analizirali samo odgovore, kjer je bil pri vprašanju 6 naveden razlog »preprečevanje izbruhov podlubnikov«.

Priložena besedila zakonodaje smo razvrstili glede na to, ali so vsebovala določila o varstvu pred škodljivci, ali so vključevala podrobne opise, definicije sečnih ostankov ali metode ravnanja z njimi, ter ali je bilo varstvo pred škodljivci neposredno povezano z ravnanjem s sečnimi ostanki.

9.1.3 Rezultati



Slika 38: Ravnanje s sečnimi ostanki v Evropi: a) ali je ravnanje z ostanki vključeno v zakonodajo ali se izvaja v praksi, b) kaj se šteje kot sečni ostanki, c) katere drevesne vrste so zajete, d) načini upravljanja, e) razlogi za ravnanje z ostanki, f) katere vrste podlubnikov so vključene. Slika a temelji na vseh državah, ki so odgovorile na vprašalnik (N = 20). Slike c, d in f temeljijo na državah, ki imajo ravnanje z ostanki vključeno bodisi v zakonodajo bodisi (delno) v praksi (N = 19). Slika f temelji na državah, ki imajo ravnanje s sečnimi ostanki kot del ukrepov za obvladovanje podlubnikov (N = 11).

Šestdeset odstotkov držav je imelo ravnanje s sečnimi ostanki vključeno v zakonodajo (Slika 38a, Slika 39a, priloga 2). Večina teh držav je imela razmeroma podrobne predpise, ki so navajali metode ravnanja, tipe ostankov ipd. Države, kot so Avstrija, Nemčija in Švica, ravnanja s sečnimi ostanki v zakonodaji niso izrecno omenile, vendar gozdarski zakoni lastnikom gozdov nalagajo izvajanje ukrepov varstva pred nevarnimi škodljivci, kar omogoča gozdarskim oblastem, da po potrebi predpišejo ustrezne ukrepe. Devetdeset odstotkov držav je poročalo, da se ravnanje s sečnimi ostanki izvaja na nacionalni, regionalni ali lokalni ravni (Slika 38a, Slika 39a). Pet držav je poročalo o razlikah med posameznimi gozdnimi podjetji ali lastniki gozdov. Le Francija in Norveška sta navedli, da se ravnanje s sečnimi ostanki pri njih ne izvaja (Slika 39a). Francija je kot razlog navedla, da trenutno nimajo težav s podlubniki. Zanimivo je, da so Avstrija, Belgija, Anglija, Poljska in Švedska navedle, da sicer izvajajo ravnanje s sečnimi ostanki, vendar se praksa razlikuje med regijami ali med lastniki gozdov (Slika 39a).

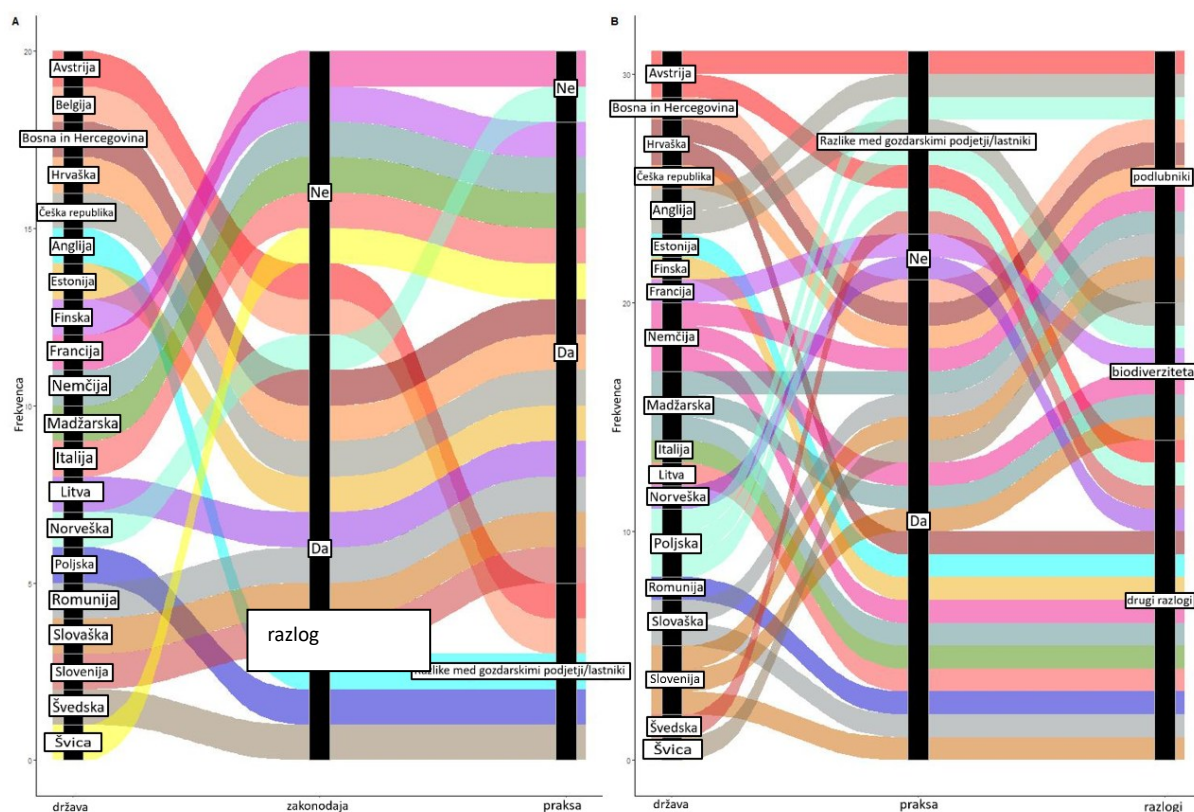
Definicija sečnih ostankov se je med državami razlikovala, vendar so vse navedle, da vključuje veje (Slika 38b). Vrbove dreves je kot sečne ostanke opredelilo 90 % držav. Šest od devetnajstih držav (Belgija, Francija, Litva, Romunija, Slovaška in Švedska) je kot sečne ostanke obravnavalo tudi panje. Osem držav je poleg tega med ostanke štelo še lubje, les debela, sesekljan les, debela manjših dreves (manj kot 6 cm na višini 1,3 m) ter podrast in grmovje.

Večina držav, ki so izvajale ravnanje s sečnimi ostanki ali so ga imele vključeno v zakonodajo, je svoje ukrepe usmerjala predvsem na navadno smreko (*Picea abies*), sledile pa so vrste bora (*Pinus* spp.) (17 oziroma 15 držav). Jelka (*Abies alba*) je imela manjši pomen (Slika 37c). To je delno posledica dejstva, da se severne države nahajajo zunaj območja razširjenosti te vrste, vendar tudi nekatere srednjeevropske države, kjer jelka raste, te vrste niso vključile v ukrepe ravnanja s sečnimi ostanki. Na Švedskem, v Estoniji in Litvi naj bi se ukrepi izvajali za vse drevesne vrste, vendar so na Švedskem večinoma osredotočeni na *Picea abies*, *Pinus* spp. in *Betula* spp. Ukrepe so poročali tudi za vrste *Quercus* spp. (Poljska, Slovaška, Nemčija), *Pseudotsuga menziesii* (Romunija), *Fraxinus* sp. (Slovaška, Nemčija), *Larix decidua* (Nemčija) in *Ulmus* spp. (Nemčija, Slovenija). Vrsta *Abies alba* pogosto ni bila vključena, ker v več državah ne raste.

Ravnanje s sečnimi ostanki se je izvajalo z različnimi metodami (Slika 36d). Najpogosteje uporabljeni metodi sta bili zlaganje vej v kupe (Avstrija, Bosna in Hercegovina, Hrvaška, Češka, Estonija, Finska, Madžarska, Italija, Litva, Romunija, Slovaška, Slovenija, Švedska, Švica) ter drobljenje ali mletje ostankov (Avstrija, Hrvaška, Češka, Anglija, Estonija, Finska, Nemčija, Madžarska, Italija, Litva, Poljska, Slovaška, Slovenija, Švedska, Švica). Sledili sta odstranjevanje ostankov iz gozda ali njihovo razprostiranje po gozdnih tleh. Le ena država (Slovaška) je poročala o uporabi insekticidne obdelave. Deset držav je poročalo tudi o drugih vrstah ravnanja, kot sta sežiganje (vendar le izven obdobja požarne ogroženosti) ali razrezovanje ostankov na manjše dele.

Razlogi za ravnanje s sečnimi ostanki so se med državami razlikovali. Enajst držav je takšne ukrepe izvajalo z namenom preprečevanja napadov podlubnikov (Avstrija, Bosna in Hercegovina, Hrvaška, Češka, Anglija, Nemčija, Madžarska, Poljska, Slovaška, Slovenija in Švica) (Slika 38e; Slika 39b). Le šest držav je ukrepe izvajalo zaradi ohranjanja biotske raznovrstnosti (Slika 2b). Drugi navedeni razlogi so bili: ohranjanje gozdnih tal prostih za naravno ali umetno pomlajevanje, uporaba ostankov za proizvodnjo bioenergije, omogočanje lažjega dostopa za rekreativne dejavnosti (pohodništvo, smučanje), zmanjšanje nevarnosti požarov, zmanjšanje tveganja napadov velikega smrekovega rilčkarja (*Hylobius abietis*), ekonomski razlogi, uporaba ostankov za utrjevanje vlečnih poti, izboljšanje hranil v tleh in povečanje debeline talne plasti, varnost pri delu ter boljša organizacija del. Nekatere države (Francija, Norveška in Belgija) so navedle, da sečni ostanki ne predstavljajo težave v povezavi z izbruhi podlubnikov. V Angliji se ravnanje s sečnimi ostanki izvaja le na območjih, kjer je bila nedavno odkrita vrsta *Ips typographus*, ki je v Združenem kraljestvu karantenska vrsta in predmet izkoreninjenja.

Ko je bil razlog za ravnanje s sečnimi ostanki preprečevanje izbruhov podlubnikov, so se ukrepi večinoma osredotočali na vrste *Pityogenes chalcographus* in *Ips typographus* (v desetih oziroma devetih državah), sledili pa sta rodu *Tomicus* in *Pityokteines* (v šestih državah) (Slika 38f). Predvsem države v jugovzhodni in srednji Evropi so se osredotočale na vrsto *I. typographus*. Med drugimi omenjenimi vrstami so bile še: *Scolytus intricatus* in *Agrilus* spp. na hrastu (*Quercus* spp.), *Hylobius abietis* in *Hylastes* spp. na iglavcih, *Hylesinus* spp. na jesenih (*Fraxinus* sp.), *Ips acuminatus*, *Ips sexdentatus* in *Pityogenes bidentatus* na borih (*Pinus* sp.), *Ips cembrae* na macesnu (*Larix decidua*), *Scolytus scolytus* in *S. multistriatus* na brestu (*Ulmus* spp.) ter *Ernoporus fagi* na bukvi (*Fagus sylvatica*).

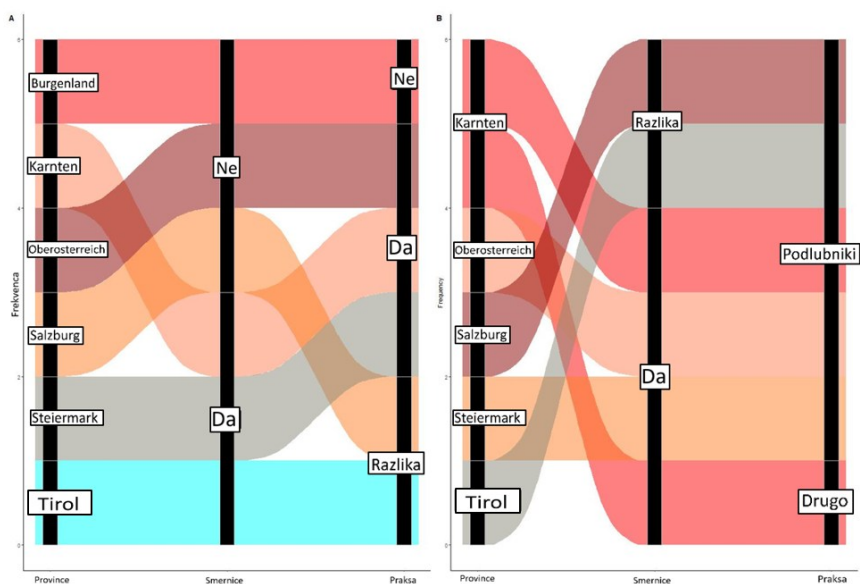


Slika 39: Aluvialni diagram, ki prikazuje za vsako državo povezavo med a) zakonodajo in prakso ter b) prakso in razlogom za ravnanje s sečnimi ostanki. Frekvenca predstavlja kombinacijo države in dveh drugih vprašanj na oseh.

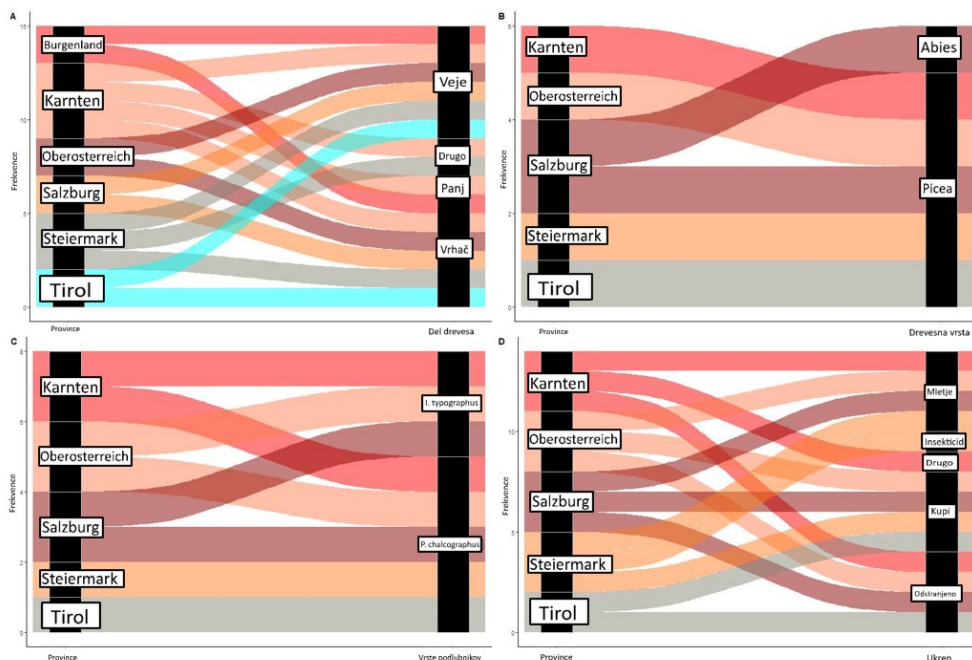
Ravnanje s sečnimi ostanki v avstrijskih zveznih deželah

Ravnanje s sečnimi ostanki se izvaja v petih avstrijskih zveznih deželah (Slika 40a). V eni deželi, Burgenlandu, se obdelava ostankov ne izvaja in ni predpisanih nobenih smernic (Slika 40a, b). Dve deželi sta poročali o razlikah v ravnanju s sečnimi ostanki med posameznimi lastniki gozdov (Slika 40b). Vse dežele se strinjajo, da so veje in vrhovi dreves obravnavani kot sečni ostanki, nekatere pa med ostanke vključujejo tudi druge dele dreves (Slika 41a). Kjer se izvajajo ukrepi, so ti večinoma usmerjeni na smreko, v enem primeru pa tudi na jelko (*Abies alba*) (Slika 41b). Edini uradno naveden namen obdelave ostankov je zatiranje podlubnikov, čeprav so nekateri v komentarjih dodali, da se material uporablja tudi kot vir energije (Slika 40b). Najpogostejše ciljana vrsta je *Pityogenes chalcographus* (Slika 41c), ponekod pa upoštevajo tudi *Ips typographus*. V Steiermarku so navedli, da *Ips typographus* le redko napada sečne ostanke zaradi tanke skorje. Najpogostejše uporabljene metode so zlaganje vej v kupe, odstranjevanje in drobljenje ostankov (v štirih deželah) (Slika 41d). V Steiermarku uporabljajo tudi insekticide za obdelavo površine kuponov.

Komentarji kažejo, da se zavedajo potencialnih težav s podlubniki, ki lahko izvirajo iz sečnih ostankov. Opažena je precejšnja raznolikost uporabljenih ukrepov. Izrecno zapisane, a kratke smernice obstajajo v treh deželah – v enem primeru kot notranji dokument za pristojne organe, v drugem primeru kot zapis v notranjih poročilih o podlubnikih, v tretjem primeru pa se smernice uporabljajo, kadar je za ukrepe ponovne pogozditve zagotovljeno financiranje.



Slika 4017: Aluvialni diagram, ki prikazuje za vsako zvezno deželo Avstrije njihov odgovor na smernice, praksa in razlogi.



Slika 4118: Aluvialni diagram, ki prikazuje za vsako zvezno deželo Avstrije njihov odgovor na: a) kaj se šteje kot sečni ostanki, b) za katere drevesne vrste se izvaja ravnanje s sečnimi ostanki, c) proti katerim vrstam se izvaja ravnanje s sečnimi ostanki in d) katere metode ravnanja s sečnimi ostanki se uporabljajo.

9.1.4 Razprava

Študija je pokazala, da je ravnanje s sečnimi ostanki ukrep, ki je v večini držav bodisi zakonsko predpisan bodisi se izvaja v praksi. Vendar pa razlogi za izvajanje ravnanja s sečnimi ostanki variirajo glede na državo. Najpogostejše omenjeni namen ravnanja s sečnimi ostanki je bil zatiranje škodljivcev (v 11 državah), pogosto pa so bili omenjeni tudi pridobivanje bioenergije, obnova gozdov ali ohranjanje biotske raznovrstnosti. Kadar je bilo zatiranje škodljivcev navedeno kot najpomembnejši namen, so bili glavni skrb vzbujajoči škodljivci podlubniki, ki napadajo smreko, predvsem vrste *Ips typographus* in *Pityogenes chalcographus*, vendar so bile omenjene tudi druge vrste podlubnikov, ki napadajo druge drevesne vrste. Najpogostejše uporabljeni metodi ravnanja s sečnimi ostanki sta bili zlaganje v kupe ter sekanje ali drobljenje.

Med državami obstajajo zanimive razlike v zakonodaji in praksi. Tudi v večini držav, kjer to ni neposredno urejeno z gozdarsko zakonodajo, se ravnanje z ostanki vseeno izvaja v praksi. Nekatere države imajo izrecno zakonodajo o ravnanju s sečnimi ostanki; nekatere med njimi, kot so Romunija, Slovenija ter Bosna in Hercegovina, imajo podrobna navodila za zlaganje ostankov. Zakonodaja v Litvi in Estoniji navaja različne možnosti. Norveška in slovaška zakonodaja predpisujeta obvezne ukrepe za preprečevanje širjenja škodljivih dejavnikov. Druge države imajo le splošne obveznosti lastnikov gozdov glede varstva gozdov, vendar se izrecno ne ukvarjajo s sečnimi ostanki. To je na primer situacija Češke, Švice ali Avstrije, kjer imajo gozdarske oblasti v nekaterih zveznih deželah smernice za izvajanje ravnanja z ostanki. Švedska zakonodaja ureja odstranjevanje ostankov v kontekstu uporabe za bioenergijo. V nekaterih državah podlubniki in ostanki niso prepoznani kot večji problem varstva gozdov, zato se upravljanje ne izvaja. To se odraža tudi v regionalnih razlikah znotraj držav in med lastniki gozdov. Dejanska strategija je očitno odvisna od trenutne situacije s podlubniki in temelji na izkušnjah.

Poseben primer je Anglija, kjer je *Ips typographus* karantenski škodljivec, ki ga poskušajo izkoreniniti (EPPO 2025). Tam »ni dovoljeno puščati sečnih ostankov smreke s premerom več kot 8 cm na razmejitvenem območju znotraj označenega območja po sečnji, razen če je bilo izdano dovoljenje za njihovo zlaganje« (Forestry Commission 2025). To ponazarja, da lahko ravnanje s sečnimi ostanki postane ključno pri prizadevanjih za izkoreninjenje invazivnih škodljivcev, kadar je treba odstraniti ves morebitni material, ki bi lahko omogočil njihovo razmnoževanje.

Čeprav se zdi, da je zatiranje podlubnikov v ospredju ravnanja s sečnimi ostanki v večini anketiranih držav, gozdarji običajno upoštevajo tudi druge funkcije ostankov. Zavedajo se pomena ostankov za hranila v gozdu, zlasti v severnih državah, kjer je to upoštevano tudi v zakonodaji, pa tudi v Srednji Evropi – saj je ta funkcija omenjena v številnih priporočilih za prakso (npr. Forster idr. 1998; Kölling idr. 2007; Zimmermann idr. 2022). O izgubi hranil se pogosto razpravlja v kontekstu uporabe sečnih ostankov za bioenergijo. V svojem pregledu znanstvene literature so Udali idr. (2024) ugotovili, da se večina študij o sečnih ostankih nanaša na fizikalne lastnosti tal in hranila. Poudarjajo tudi pomen ostankov za zaščito pred erozijo.

Zanimivo je, da je le šest držav navedlo, da se z ravnanjem s sečnimi ostanki spodbuja biotska raznovrstnost (Anglija, Poljska, Francija, Nemčija, Madžarska in Slovenija). Veliko raziskav je bilo že opravljenih o vplivu vej posekanih dreves, ki ležijo v gozdu, na biotsko raznovrstnost (Johansson idr. 2007; Lassauce idr. 2012; Nittérus idr. 2004; Ranius idr. 2018; Thorn idr. 2014). Sečni ostanki privabljajo še zlasti saproksilne vrste, pa tudi naravne sovražnike podlubnikov, kot so hrošči iz družine Cleridae (de Groot idr. 2025). Odstranjevanje sečnih ostankov bi privabilo manjšo biotsko raznovrstnost (de Groot idr. 2025). Sečni ostanki torej lahko povečajo biotsko raznovrstnost gozda z ukrepi, ki hkrati zmanjšujejo populacijo in razmnoževanje podlubnikov (de Groot idr. 2025; Kacprzyk 2012). Čeprav se zdi, da ima zlaganje vej v kupe v gozdnih sestoji potencial, so za boljše razumevanje

vplivov na razmnoževanje podlubnikov in mikroklimatske razmere potrebne dodatne raziskave (de Groot idr. 2025).

Zanimivo je, da se je izkazala razlika v definiciji sečnih ostankov po državah. Vendar pa so se sečni ostanki, ki so bili najpogostejše omenjeni, ujemali s tistimi, ki so najbolj dovzetni za napade podlubnikov. Večina držav je med sečne ostanke štela veje in vrhove dreves. Večina delov dreves je pomemben razmnoževalni material za podlubnike. Vrhovi dreves so na primer razmeroma veliki in lahko pomembni kot razmnoževalni material za *Ips typographus* ali *Pityogenes chalcographus*. Po drugi strani pa je panje kot sečne ostanke upoštevala le polovica držav. V mnogih primerih panji ostanejo v gozdu. Poleg tega panji niso obravnavani kot problem za podlubnike, čeprav del populacije uporablja tudi njih kot razmnoževalni material. Zelo nizko žaganje štorov (manj kot 50 cm) bi lahko zmanjšalo tveganje, povezano s tem razmnoževalnim habitatom. Vendar pa je v gorskih območjih na strmih pobočjih težko posekati drevesa tako nizko, da bi bil panj visok le 50 cm, saj bo ena stran vedno višja in zato pogosto bolj ranljiva za napade podlubnikov. Večina raziskav je bila sicer opravljena za druge vrste, kot je *Hylobius abietis* na rdečem boru (*Pinus sylvestris*). Ta vrsta povzroča težave po vsej Evropi na sadikah, panji pa lahko predstavljajo vir za ohranjanje populacije (Långström in Day 2004). Metode, ki povečujejo število panjev, lahko povečajo škodo na sadikah (Rahman idr. 2015). Številne države so kot ostanke omenile tudi odpadlo skorjo, ki lahko vpliva na populacije podlubnikov, zlasti na prezimujoče osebkke (Schroeder idr. 2025). Vendar pa je bil delež osebkov vrste *I. typographus*, ki prezimujejo v odpadli skorji, večji na nižjih nadmorskih višinah v primerjavi z višjimi, kar vpliva na upravljanje s to vrsto ostankov (Kasumović idr. 2019).

Ips typographus (in posledično njegov glavni gostitelj, navadna smreka) je bil v tej študiji očitno najbolj zaskrbljujoča vrsta škodljivca v kontekstu ravnanja s sečnimi ostanki. Ta vrsta je najpomembnejša povzročiteljica izbruhov v Evropi, je široko razširjena in je zato običajno v središču ukrepov za zatiranje podlubnikov (Hlásny idr. 2019). Druge vrste, kot je *Ips acuminatus*, ki napadajo bore, so za gozdarsko upravljanje očitno manj pomembne, čeprav se je njihov vpliv v zadnjih letih povečal (Papek idr. 2024). Zavedamo se, da je bil naš vprašalnik, ki je bil razposlan med strokovnjake za varstvo gozdov v kontekstu zatiranja škodljivcev, pristranski v korist podlubnikov, zlasti tistih vrst, ki povzročajo največ skrbi. Posledično sečni ostanki drevesnih vrst, ki niso glavni gostitelji najpomembnejših podlubnikov, niso bili upoštevani.

Iz anketiranih držav so poročali o različnih uporabljenih metodah ravnanja s sečnimi ostanki. Najpogostejše uporabljeni metodi sta bili zlaganje v kupe ter sekanje ali drobljenje, sledilo je odstranjevanje ostankov iz gozda. Uporabljena metoda sečnje prav tako določa način ravnanja z ostanki. Pri metodi sečnje na dolžino (cut-to-length) nastajajo ostanki na samem mestu sečnje. Posledično je najmanj naporno, če ostanejo raztreseni po gozdnih tleh. Pri metodi sečnje celih dreves (whole-tree harvesting) pa ostanki običajno nastajajo ob gozdni cesti (Ghaffariyan 2023). V gorskem terenu, kjer se uporablja žični transport (cable yarding), se običajno uporablja slednja metoda. Takšne metode sečnje torej zmanjšujejo napor za odstranjevanje ostankov iz gozda; vendar pa je ekološki pomen pogosto razlog, da se material pusti na mestu ali v njegovi bližini. Povpraševanje po gorivu za proizvodnjo bioenergije je lahko prav tako motiv za odstranjevanje ostankov.

Uporaba pesticidov se v večini držav ne obravnava kot možnost za ravnanje s sečnimi ostanki. V nekaterih državah ali gozdovih obstaja splošna prepoved uporabe insekticidov. Za ta namen je na voljo tudi zelo malo registriranih pripravkov. Le Slovaška je navedla, da se insekticidi uporabljajo pri obravnavanju sečnih ostankov. V Avstriji je uporaba insekticidov dovoljena, vendar zelo redka. Le ena zvezna dežela v Avstriji je v svojih smernicah priporočila tretiranje ostankov z insekticidi, in sicer v primerih zelo velike nevarnosti škode zaradi *P. chalcographus* in kadar drobljenje ni izvedljivo.

Sečne ostanke so v preteklosti v Evropi pogosto sežigali. Politike za čisti zrak pogosto omejujejo to prakso. V naši študiji je bilo sežiganje navedeno kot dodatna metoda na Poljskem, Češkem, Slovaškem in deloma v Švici. Pogosto obstajajo strogi predpisi za zmanjšanje tveganja gozdnih požarov.

V Evropi obstaja velika raznolikost ukrepov za integrirano upravljanje s podlubniki. Čeprav to ni bilo neposredno preizkušeno, se zdi, da so ti ukrepi posledica razlik v političnih in podnebnih razmerah v posameznih državah. Zlasti v državah Srednje Evrope, kjer so težave s podlubniki velike, se ravnanje s sečnimi ostanki izvaja ne glede na to, ali je zakonsko predpisano ali ne. V Fenoskandiji, kjer podnebje še ni optimalno za obsežne izbruhe, se ravnanje s sečnimi ostanki še ne obravnava kot ključno. Zanimivo je, da je v Avstriji, kjer se ravnanje s sečnimi ostanki izvaja le lokalno, to potekalo na območjih z največ težavami zaradi izbruhov podlubnikov. Z vidika prakse se ravnanje s sečnimi ostanki dojema kot ukrep, ki pomaga pri preprečevanju izbruhov podlubnikov, vendar je to odvisno od konteksta. Zaradi podnebnih sprememb pa bo ta ukrep pomemben tudi v prihodnosti, tudi tam, kjer izbruhi podlubnikov še niso tako intenzivni. Zato je pomembno, da zapolnimo vrzeli v znanju o učinkovitosti različnih metod in povečamo ozaveščenost o problemu izbruhov podlubnikov ter o možnih koristih ravnanja s sečnimi ostanki, tudi če to trenutno še ni povsem očitno.

9.2 Predlog spremembe 10. člena Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov

Na podlagi rezultatov projekta so bile predlagane naslednje spremembe 10. člena Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov. Izvirno besedilo 10. člena je:

10. člen

Sečišče se mora urediti takoj po poseku drevja in. spravilu gozdnih lesnih sortimentov, najpozneje pa v dveh mesecih po začetku sečnje, razen če z drugimi predpisi ali odločbo Zavoda za gozdove Slovenije ni določen krajši rok.

Sečišče je urejeno, če so:

- posekana vsa drevesa, ki so bila pri sečnji ali spravilu močneje poškodovana;
- iz gozda spravljene vsi gozdni lesni sortimenti;
- veje in vrhači iglavcev razžagani in zloženi na kupe oziroma v primeru strojne sečnje založeni tudi v sečne poti ali v primeru uporabe procesorske glave na dvigalu žičnice, zloženi na kupe tudi ob kamionski cesti;
- (črtana);
- pri redčenju ali panjevski sečnji debelejšje veje listavcev razžagane in razprostrte po gozdnih tleh;
- pri pomladitvenih sečnjah sečni ostanki zloženi tako, da ne ovirajo razvoja mladja;

- pri končnem poseku za umetno obnovo sečni ostanki primerno razžagani in zloženi v redi ali kupe tako, da je površina pripravljena za sajenje;
- odpravljene poškodbe na gozdnih tleh in gozdnih vlakah, ki predstavljajo nevarnost za pričetek erozije, in če so odstranjeni vsi sečni ostanki iz strug potokov in hudournikov;
- sečni ostanki odstranjeni z gozdnih poti in prometnic, z mejnikov, iz kaluž in vodnih izvirov ter s kmetijskih zemljišč in z zunanjih gozdnih robov;
- odstranjeni vsi nelesni odpadki, ki so nastali pri opravljanju del.

Predlagane spremembe so navedene spodaj:

10. člen

Sečišče se mora urediti takoj po poseku drevja in spravilu gozdnih lesnih sortimentov, najpozneje pa v dveh mesecih po začetku sečnje, razen če z drugimi predpisi ali odločbo Zavoda za gozdove Slovenije ni določen krajši rok.

Sečišče je urejeno, če so:

- posekana vsa drevesa, ki so bila pri sečnji ali spravilu močneje poškodovana;
- iz gozda spravljene vsi gozdni lesni sortimenti;
- veje in vrhači iglavcev razžagani in zloženi na kupe, tako da prekrivajo svoje debelejšje dele, ali v primeru zadostne izpostavljenosti soncu, ki zagotavlja njihovo hitro izsušitev, razžagani in razprostrti po tleh, ali v primeru strojne sečnje založeni tudi v sečne poti, ali odstranjeni s sečišča in odpeljani iz gozda;
- (črtana);
- pri redčenju ali panjevski sečnji debelejšje veje listavcev razžagane in razprostrte po gozdnih tleh;
- pri pomladitvenih sečnjah sečni ostanki zloženi tako, da ne ovirajo razvoja mladja;
- pri končnem poseku za umetno obnovo sečni ostanki primerno razžagani in zloženi v redi ali kupe tako, da je površina pripravljena za sajenje;
- odpravljene poškodbe na gozdnih tleh in gozdnih vlakah, ki predstavljajo nevarnost za pričetek erozije, in če so odstranjeni vsi sečni ostanki iz strug potokov in hudournikov;
- sečni ostanki odstranjeni z gozdnih poti in prometnic, z mejnikov, iz kaluž in vodnih izvirov ter s kmetijskih zemljišč in z zunanjih gozdnih robov;
- odstranjeni vsi nelesni odpadki, ki so nastali pri opravljanju del.

Zavod za gozdove Slovenije lahko z odločbo določi druge ukrepe upoštevajoč razmere na terenu in rabo gozdov.

Opomba:

ZGS je izrazil pomisleke, da bodo lastniki gozdov izkoriščali možnost puščati sečne ostanke razprostrte tudi v pogojih, ki ne zagotavljajo hitre izsušitve. Ker je težko natančno definirati vse različne situacije

na terenu, predlagamo, da ZGS v odločbi določi način ravnanja s sečnimi ostanki oziroma, kateri način ni sprejemljiv.

10. Zaključki

Osrednji poudarek tega projekta je bil na izvajanju ravnanja s sečnimi ostanki v slovenskih gozdovih. Iz projekta lahko izpeljemo naslednje zaključke:

- Sečni ostanki privabljajo tako podlubnike kot druge saproksilne vrste.
- V zastrti situaciji so obravnave z ostanki (razporejeni in v kupih) privabile največ podlubnikov.
- Debele veje v kupih so bile manj napadene s strani *Ips typographus* kot debele veje, ki so bile raztresene.
- Vpliv ravnanja s sečnimi ostanki na podlubnike je bil enak ne glede na nadmorsko višino in različna rastišča v zastrti situaciji.
- Ostanki v odprtem sestoju so privabili več podlubnikov v primerjavi z ostanki v senci.
- Debele veje so bile bolj napadene pri razporejenem načinu kot pri zlaganju v kupe.
- Razmnoževalni uspeh je bil pri manjših podlubnikih največji v senčnih obravnavah, pri večjih podlubnikih pa v sončnih.
- Obkrožajoča drevesa so bila najbolj napadena v obravnavah na sončnih legah in z lesom v kupih.
- Na lokacijah z uporabo repelenta je bila opažena večja vrstna pestrost in število osebkov podlubnikov, povezanih z iglavci.
- Debelina vej pomembno vpliva na kolonizacijo in vrstno pestrost podlubnikov; debelejšje veje so gostile več vrst in več rovin sistemov, medtem ko repelent ni bistveno zmanjšal napadenosti.
- Čas zimske sečnje ne vpliva na izbruh v naslednji sezoni, ne glede na nadmorsko višino.
- Praksa in zakonodaja glede ravnanja s sečnimi ostanki se med evropskimi državami razlikujeta.
- Obstaja razpon v praksi od območij z obsežnimi izbruhi do območij z manjšimi izbruhi, kar je odvisno tudi od političnega sistema.
- S soustvarjanjem in sodelovanjem v projektu z ZGS, diseminacijskimi aktivnostmi, vključevanjem študentskih projektov, delavnicami in predlogom spremembe člena zakonodaje se zagotavlja ozaveščenost in uresničevanje rezultatov projekta.
- Pripravljeno je bilo navodilo za delo s sečnimi ostanki v slovenskih gozdovih.
- Predlagane so bile spremembe 10. člena *Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov*.

11. Zahvala

Zahvala Zavodu za gozdove Slovenije in podjetju SiDG, d.o.o. za sodelovanje in pomoč pri izvedbi del na poskusnih ploskvah. Dr. Gernotu Hochu, ki je sodeloval kot tuji strokovnjak in spremljevalec projekta. Zahvala strokovnjakom z evropskih držav, ki so odgovorili na vprašalnik o ravnanju s sečnimi ostanki v njihovih državah: Kristjan Ait, Flavius Bălăcenoiu, Eckehard G. Brockerhoff, Gyorgi Csoka, Mirza Dautbasic, Massimo Faccoli, Juraj Galko, Jean Claude Gregoire, Jaroslav Holuša, Mats Jonsell, Boris Hrašovec, Hervé Jactel, Magdalena Kacprzyk, Urs Kamm, Markus Kautz, Maartje J. Klapwijk, Paal Krokene, Diana Marčiulyrienė, Markus Melin, Marton Paulin, Milan Pernek, Jason Sumner-Kalkun, Floor Vodde, Dave Williams in Tiina Yloja. Hvala dr. Nikici Ogrisu (Gozdarski inštitut Slovenije) za podane pripombe na predlog sprememb 10. člena Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov.

Ta projekt je financirala Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije ter Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

12. Literatura

- Anderbrant O., Schlyter F., Birgersson G. 1985. Intraspecific Competition Affecting Parents and Offspring in the Bark Beetle *Ips typographus*. *Oikos*, 45, 1: 89-98.
- Annala E. 1969. Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Annales Zoologici Fennici*, 6, 2: 161-208.
- Bakke A., Kvamme T. 1981. Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology*, 7, 2: 305-312.
- Bangay R., Gange A.C., Harvey D.J. 2022. Seasonal changes in mycophagous insect communities. *European Journal of Entomology*, 119: 260-271.
- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. 2014. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4.
- Bense U. 1995. Longhorn Beetles: Illustrated Key to the Cerambycidae and Vesperidae of Europe. Weikersheim, Margraf Publishers GmbH: 513 str.
- Blicharska M., Angelstam P., Giessen L., Hilszczański J., Hermanowicz E., Holeksa J., Jacobsen J.B., Jaroszewicz B., Konczal A., Konieczny A., Mikusiński G., Mirek Z., Mohren F., Muys B., Niedziałkowski K., Sotirov M., Stereńczak K., Szwagrzyk J., Winder G.M., Witkowski Z., Zapłata R., Winkel G. 2020. Between biodiversity conservation and sustainable forest management – A multidisciplinary assessment of the emblematic Białowieża Forest case. *Biological Conservation*, 248: 108614.
- Bončina A., Klopčič M., Simončič T., Dakskobler I., Ficko A., Rozman A. 2017. A general framework to describe the alteration of natural tree species composition as an indicator of forest naturalness. *Ecological Indicators* 77: 194-204.
- Bončina A., Rozman A., Dakskobler I., Klopčič M., Babij V., Poljanec A. 2021. Gozdni rastiščni tipi Slovenije: vegetacijske, sestojne in upravljaljske značilnosti. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Zavod za gozdove Slovenije str.
- Botterweg P. 1983. The effect of attack density on size, fat content and emergence of the spruce bark beetle *Ips typographus* L. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 96, 1-5: 47-55.
- Bouget C., Duelli P. 2004. The effects of windthrow on forest insect communities: a literature review. *Biological Conservation*, 118, 3: 281-299.
- Boukouvala M.C., Kavallieratos N.G., Skourti A., Pons X., Alonso C.L., Eizaguirre M., Fernandez E.B., Solera E.D., Fita S., Bohinc T., Trdan S., Agrafioti P., Athanassiou C.G. 2022. *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidæ): Current Status of Biology, Ecology, and Management in Europe with Notes from North America. *Insects*, 13, 9: 854.
- Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A., Skaug H.J., Maechler M., Bolker B.M. 2017. glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9, 2: 378-400.

Burnham K.P., Anderson D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. London, Springer-Verlag, 514 str.

Burnham K.P., Anderson D.R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. London, Springer-Verlag str.

Cálix M., Alexander K.N.A., Nieto A., Dodelin B., Soldati F., Telnov D., Vazquez-Albalade X., Aleksandrowicz O., Audisio P., Istrate P., Jansson N., Legakis A., Liberto A., Makris C., Merkl O., Mugerwa Pettersson R., Schlaghamersky J., Bologna M.A., Brustel H., Buse J., Novák V.a., Purchart L. 2018. European Red List of Saproxylous Beetles. Brussels, Belgium, IUCN str.

Chen J., Saunders S.C., Crow T.R., Naiman R.J., Brososke K.D., Mroz G.D., Brookshire B.L., Franklin J.F. 1999. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 49, 4: 288-297.

Costa C., Lawrence J.F., Rosa S.P. 2010. 4.7. Elateridae Leach, 1815. V: Volume 2 Morphology and Systematics (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim). Willy K., Richard A.B.L., Rolf G.B., John F.L. (ur.). Berlin, New York, De Gruyter: 75-103.

De Caceres M., Legendre P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, 90: 3566–3574.

De Frenne P., Lenoir J., Luoto M., Scheffers B.R., Zellweger F., Aalto J., Ashcroft M.B., Christiansen D.M., Decocq G., De Pauw K., Govaert S., Greiser C., Gril E., Hampe A., Jucker T., Klimes D.H., Koelemeijer I.A., Lembrechts J.J., Marrec R., Meeussen C., Ogée J., Tyystjärvi V., Vangansbeke P., Hylander K. 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*, 27, 11: 2279-2297.

de Groot M., Capuder L., Kootstra F., Križaj M., Kolšek M., Ferlan M., Hauptman T. 2025. Influence of felling residue management on bark beetles and other insect diversity. *Forestry: An International Journal of Forest Research*

de Groot M., Diaci J., Kandare K., Krajnc N., Pisek R., Ščap Š., Stare D., Ogris N. 2021. Private Forest Owner Characteristics Affect European Spruce Bark Beetle Management under an Extreme Weather Event and Host Tree Density. *Forests*, 12, 3: 346.

de Groot M., Diaci J., Ogris N. 2019. Forest management history is an important factor in bark beetle outbreaks: Lessons for the future. *Forest Ecology and Management*, 433: 467-474.

de Groot M., Ogris N., Diaci J., Castagneyrol B. 2023. When tree diversity does not work: The interacting effects of tree diversity, altitude and amount of spruce on European spruce bark beetle outbreaks. *Forest Ecology and Management*, 537: 120952.

de Groot M., Ogris N., Kobler A. 2018. The effects of a large-scale ice storm event on the drivers of bark beetle outbreaks and associated management practices. *Forest Ecology and Management*, 408: 195-201.

Dippel C., Heidger C., Nicolai V., Simon M. 1997. The influence of four different predators on bark beetles in European forest ecosystems (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologia Generalis*, 21, 3: 161–175.

Dworschak, K., Gruppe, A. and Schopf, R. .2009.. Mortality of the European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) after hibernation along an altitude gradient. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 17, 163-166.

Dworschak, K., Meyer, D., Gruppe, A. & Schopf, R. 2014. Choice or constraint: plasticity in overwintering sites of the European spruce bark beetle. Forest Ecology and Management, 328, 20–25.

Elands B.H.M., Wiersum K.F. 2001. Forestry and rural development in Europe: an exploration of socio-political discourses. Forest Policy and Economics, 3, 1: 5-16.

EPPO. 2025. EPPO Global Database: *Ips typographus* (IPSXTY). <https://gd.eppo.int/taxon/IPSXTY>

FAO. 2017. ISPM 14 – The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management. Rome, FAO str.

FAO. 2020 Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. FAO. Rome, p. 184.

Fettig C.J., Hilszczański J. 2015. Chapter 14 - Management Strategies for Bark Beetles in Conifer Forests. V: Bark Beetles. Vega F.E., Hofstetter R.W. (ur.). San Diego, Academic Press: 555-584.

Fettig, C.J., Progar, R.A., Pacschke, J. and Sapio, F.J. 2021 Forest insects. In Disturbance and sustainability in forests of the western United States. H.G. Robertson and T. Barrett (eds.), USDA Forest Service, Portland, OR, pp. 81-121.

Foit J. 2015. Bark- and wood-boring beetles on Scots pine logging residues from final felling: Effects of felling date, deposition location and diameter of logging residues. Annals of Forest Research, 58

Forestry Commission. 2025. Guidance - Eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus*). <https://www.gov.uk/guidance/eight-toothed-european-spruce-bark-beetle-ips-typographus> (23.7.2025)

Forster B., Buob S., Covi S., Oehry E., Urech H., Winkler M., Zahn C., Zuber R. 1998. Schlagräumung. Merkbl. Prax. , 30: 1-4.

Fountain-Jones N.M., Baker S.C., Jordan G.J. 2015. Moving beyond the guild concept: developing a practical functional trait framework for terrestrial beetles. Ecological Entomology, 40, 1: 1-13.

Freude H., Harde K.W., Lohse G.A. 1999. Die Käfer Mitteleuropas 10: Bruchidae, Anthribidae, Scolytidae, Platypodidae, Curculionidae I. Goecke & Evers Krefeld: 310 str.

Fridman J., Walheim M. 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. Forest Ecology and Management, 131, 1: 23-36.

Fridman, J. and Walheim, M. 2000 Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. Forest Ecology and Management, 131 (1), 23-36.

Gazzea E., Battisti A., Marini L. 2024. Strategies and Barriers to Reconcile Pest Management with Insect Conservation in Temperate and Boreal Forests. Current Forestry Reports, 10: 103–118.

Ghaffariyan M.R. 2023. Short review of collecting technologies and methods in forest harvesting residues recovery. Silva Balcanica, 24, 1

- Ghannem S., Touaylia S., Boumaiza M. 2018. Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24, 2: 456-464.
- Gibb H., Pettersson R.B., Hjältén J., Hilszczański J., Ball J.P., Johansson T., Atlegrim O., Danell K. 2006. Conservation-oriented forestry and early successional saproxylic beetles: Responses of functional groups to manipulated dead wood substrates. *Biological Conservation*, 129, 4: 437-450.
- Gossner M.M., Simons N.K., Achtziger R., Blick T., Dorow W.H.O., Dziöck F., Köhler F., Rabitsch W., Weisser W.W. 2015. A summary of eight traits of Coleoptera, Hemiptera, Orthoptera and Araneae, occurring in grasslands in Germany. *Scientific Data*, 2, 1: 150013.
- Göthlin E., Schroeder L.M., Lindelöw A. 2000. Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on Windthrown Spruces (*Picea abies*) During the Two Years Following a Storm Felling. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15, 5: 542-549.
- Grüne S. 1979. Handbuch zur Bestimmung der europäischen Borkenkäfer. Hannover, Germany, Verlag M. & H. Schaper str.
- Haeler E., Stillhard J., Hindenlang Clerc K., Pellissier L., Lachat T. 2024. Dead wood distributed in different-sized habitat patches enhances diversity of saproxylic beetles in a landscape experiment. *Journal of Applied Ecology*, 61, 2: 316-327.
- Hagge J., Leibl F., Müller J., Plechinger M., Soutinho J.G., Thorn S. 2019. Reconciling pest control, nature conservation, and recreation in coniferous forests. *Conservation Letters*, 12, 2: e12615.
- Hallas T., Steyrer G., Laaha G., Hoch G. 2024. Two unprecedented outbreaks of the European spruce bark beetle, *Ips typographus* L. (Col., Scolytinae) in Austria since 2015: Different causes and different impacts on forests. *Central European Forestry Journal*, 70, 4: 263-274.
- Hanssen K.H., Fløistad I.S., Granhus A., Sjøgaard G. 2018. Harvesting of logging residues affects diameter growth and pine weevil attacks on Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33, 1: 40-49.
- Harding S., Lapis E.B., Bejer B. 1986. Observations on the activity and development of *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae) in stands of Norway spruce in Denmark. *Journal of Applied Entomology*, 102, 1-5: 237-244.
- Hartmann H., Battisti A., Bockerhoff E., Bełka M., Hurling R., Jactel H., Oliva J., Rousselet J., Terhonen E., Ylioja T., Melin M., Olson A., Prins F., Zhang K., Stein Åslund M., Davydenko K., Menkis A., Elfstrand M., Zúbrik M., Fischer R. 2025. European forests are under increasing pressure from global change-driven invasions and accelerating epidemics by insects and diseases. 77: 6-24.
- Hedgren O. 2002. Dead wood retention and the risk of bark beetle attack. doctoral thesis. Uppsala, Swedish university of Agricultural sciences, Department of Entomology: 20 str.
- Hlásny T., König L., Krokene P., Lindner M., Montagné-Huck C., Müller J., Qin H., Raffa K.F., Schelhaas M.-J., Svoboda M., Viiri H., Seidl R. 2021. Bark Beetle Outbreaks in Europe: State of Knowledge and Ways Forward for Management. *Current Forestry Reports*, 7, 3: 138-165.

Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H. et al. 2019 Living with bark beetles: impacts, outlook and management options'. From Science to Policy 8. European Forest Institute.

Hodkinson I.D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80, 3: 489-513.

Holuša J., Fiala T. 2025. *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Curculionidae): biology, pest status, and current management options. *Journal of Integrated Pest Management*, 16, 1

Holusa J., Lubojacky J., Knizek M. 2010. Distribution of the double-spined spruce bark beetle *Ips duplicatus* in the Czech Republic: spreading in 1997–2009. *Phytoparasitica*, 38, 5: 435-443.

Hulcr J., Ubik K., Vrkoc J. 2006. The role of semiochemicals in tritrophic interactions between the spruce bark beetle *Ips typographus*, its predators and infested spruce. *Journal of Applied Entomology*, 130, 5: 275-283.

Hurka K. 2005. Beetles of the Czech and Slovak Republics. Czech republic, Kabourek str.

Jactel H., Bauhus J., Boberg J., Bonal D., Castagneyrol B., Gardiner B., Gonzalez-Olabarria J.R., Koricheva J., Meurisse N., Bockerhoff E.G. 2017. Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances. *Current Forestry Reports*, 3, 3: 223-243.

Jactel, H., Bonifacio, L., van Halder, I., Vétillard, F., Robinet, C. and David, G. 2019 A novel, easy method for estimating pheromone trap attraction range: application to the pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 21 (1), 8-14.

Jakoby O., Lischke H., Wermelinger B. 2019. Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Global Change Biology*, 25, 12: 4048-4063.

Jakuš R. 1998. Types of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 71, 3: 41-49.

Jakuš R., Trubin A., Singh V.V., Zabihi K., Jirošová A., Modlinger R., Majdák A., Korolyova N., Moliterno A.A.C., Kašpar J., et al. 2024. Spruce Protection against *Ips typographus* with Anti-Attractant Blend of Tree-Based Semiochemicals: From Small Experimental Plots to Stand Scales. *Forests*, 15, 356.

Jenkins M., Schaap B. 2018. Forest ecosystem services. United Nations Forum on Forests str.

Johansson T., Hjältén J., Gibb H., Hilszczanski J., Stenlid J., Ball J.P., Alinvi O., Danell K. 2007. Variable response of different functional groups of saproxylic beetles to substrate manipulation and forest management: Implications for conservation strategies. *Forest Ecology and Management*, 242, 2: 496-510.

Johansson, T., Hjältén, J., Gibb, H., Hilszczanski, J., Stenlid, J., Ball, J.P. et al. 2007. Variable response of different functional groups of saproxylic beetles to substrate manipulation and forest management: Implications for conservation strategies. *Forest Ecology and Management*, 242 (2), 496-510.

Jones K.L., Shegelski V.A., Marculis N.G., Wijerathna A.N., Evenden M.L. 2019. Factors influencing dispersal by flight in bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): from genes to landscapes. *Canadian Journal of Forest Research*, 49, 9: 1024-1041.

- Jonsell M., Abrahamsson M., Widenfalk L., Lindbladh M. 2019. Increasing influence of the surrounding landscape on saproxylic beetle communities over 10 years succession in dead wood. *Forest Ecology and Management*, 440: 267-284.
- Jonsell M., Hansson J., Wedmo L. 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden – Comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation*, 138, 1–2: 89-99.
- Jönsson A.M., Appelberg G., Harding S., Bärning L. 2009. Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, *Ips typographus*. *Global Change Biology*, 15, 2: 486-499.
- Jurc D., Kolšek M. 2012. Navodila za preprečevanje in zatiranje škodljivcev in bolezni gozdnega drevja v Sloveniji. Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 104 str.
- Kacprzyk M. 2012. Feeding habits of *Pityogenes chalcographus* (L.) (Coleoptera: Scolytinae) on Norway Spruce (*Picea abies*) L. (Karst.) logging residues in wind-damaged stands in southern Poland. *International Journal of Pest Management*, 58, 2: 121-130.
- Kacprzyk M., Bednarz B. 2015. The occurrence of bark beetles on cut Norway spruce branches left in managed stands relative to the foliage and bark area of the branch. *Journal of Forest Research*, 20, 1: 143-150.
- Kasumovic L., Lindelöw Å., Hrasovec B. 2019. Overwintering strategy of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) in Croatian spruce forests on lowest elevation. *Šumarski list*, 143: 19-24.
- Kausrud K., Økland B., Skarpaas O., Gregoire J.C., Erbilgin N., Stenseth N.C. 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews*, 87, 1: 34-51.
- Kautz M., Peter F.J., Harms L., Kammen S., Delb H. 2023. Patterns, drivers and detectability of infestation symptoms following attacks by the European spruce bark beetle. *Journal of Pest Science*, 96, 1: 403-414.
- Kölling C., Göttlein A., Rothe A. 2007. Energieholz nachhaltig nutzen. LWF aktuell 61: 32-36.
- Kraemer G.D. 1953. Die kritischen Grenzen der Brutbaumdisposition für Borkenkäferbefall an Fichte (*Picea excelsa* L.). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 34, 4: 463-512.
- Lachat T., Wermelinger B., Gossner M.M., Bussler H., Isacson G., Müller J. 2012. Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests. *Ecological Indicators*, 23: 323-331.
- Långström B., Day K.R. 2004. Damage, Control and Management of Weevil Pests, Especially *Hylobius Abietis*. V: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., Evans H.F. (ur.). Dordrecht, Springer Netherlands: 415-444.
- Lassauce A., Lieutier F., Bouget C. 2012. Woodfuel harvesting and biodiversity conservation in temperate forests: Effects of logging residue characteristics on saproxylic beetle assemblages. *Biological Conservation*, 147, 1: 204-212.

Lenth R. 2024. emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means.

Lindelöw Å. 1992. Seedling mortality caused by *Hylastes cunicularius* Er. (Coleoptera, scolytidae) in *Picea abies* plantations in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7, 1-4: 387-392.

Lindman L., Ranius T., Schroeder M. 2023. Regional climate affects habitat preferences and thermal sums required for development of the Eurasian spruce bark beetle, *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management*, 544: 121216.

Lobinger G. 1994. Air temperature as a limiting factor for flight activity of two species of pine bark beetles, *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 67, 1: 14–17.

Maes J., Teller, A., Erhard, M., Condé, S., Vallecillo, S., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Abdul Malak, D., Trombetti M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A.M., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Carré, A., Hauser, R. 2021. EU Ecosystem Assessment: Summary for policymakers. . Luxembourg, Publications Office of the European Union str.

Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M. 2005. Impacts of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe. *Climatic Change*, 70, 1: 117-135.

Martinez Arbizu P. 2017. pairwiseAdonis: Pairwise Multilevel Comparison using Adonis. R package version 0.4.1,

Mezei P., Grodzki W., Blazenec M., Jaroslav S., Brandýšová V., Jakuš R. 2014. Host and site factors affecting tree mortality caused by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) in mountainous conditions. 196–207 str.

Mikusiński G., Bubnicki J.W., Churski M., Czeszczewik D., Walankiewicz W., Kuijper D.P.J. 2018. Is the impact of loggings in the last primeval lowland forest in Europe underestimated? The conservation issues of Białowieża Forest. *Biological Conservation*, 227: 266-274.

Mohr J.S., Bastit F., Grünig M., Knoke T., Rammer W., Senf C., Thom D., Seidl R. 2025. Rising cost of disturbances for forestry in Europe under climate change. *Nature Climate Change*

Müller J., Bütler R. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129, 6: 981-992.

Nagel T.A., Firm D., Rozenbergar D., Kobal M. 2016. Patterns and drivers of ice storm damage in temperate forests of Central Europe. *European Journal of Forest Research*, 135, 3: 519-530.

Niemelä J., Young J., Alard D., Askasibar M., Henle K., Johnson R., Kurttila M., Larsson T.-B., Matouch S., Nowicki P., Paiva R., Portoghesi L., Smulders R., Stevenson A., Tartes U., Watt A. 2005. Identifying, managing and monitoring conflicts between forest biodiversity conservation and other human interests in Europe. *Forest Policy and Economics*, 7, 6: 877-890.

Nittérus K., Gunnarsson B., Axelsson E. 2004. Insects reared from logging residue on clear-cuts. *Entomologica Fennica*, 15: 53-61.

Ogris N. 2022. Spletna aplikacija za pregled aktualnega stanja in analizo ulova v stalnih kontrolnih pasteh ter samodejno ugotavljanje lokacij, kjer je prišlo do prenamnožitve osmerozobega smrekovega lubadarja (*Ips typographus*). Napovedi o zdravju gozdov

Ogris N., Ferlan M., Hauptman T., Pavlin R., Kavčič A., Jurc M., de Groot M. 2019. RITY – A phenology model of *Ips typographus* as a tool for optimization of its monitoring. *Ecological Modelling*, 410: 108775.

Ogris N., Ferlan M., Hauptman T., Pavlin R., Kavčič A., Jurc M., de Groot M. 2020. Sensitivity analysis, calibration and validation of a phenology model for *Pityogenes chalcographus* (CHAPY). *Ecological Modelling*, 430: 109137.

Ogris N., Grecs Z. 2018. Namnožitev osmerozobega in šestrozobega smrekovega lubadarja v Sloveniji v 2018. Napovedi o zdravju gozdov

Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P.R., O'Hara R.B., Simpson G.L., Solymos P., Stevens M.H.H., Wagner H. 2013. *vegan: Community Ecology Package*.

Papek E., Ritzer E., Biedermann P.H.W., Cognato A.I., Baier P., Hoch G., Kirisits T., Schebeck M. 2024. The pine bark beetle *Ips acuminatus*: an ecological perspective on life-history traits promoting outbreaks. *Journal of Pest Science*, 97, 3: 1093-1122.

Parisi F., Pioli S., Lombardi F., Fravolini G., Marchetti M., Tognetti R. 2018. Linking deadwood traits with saproxylic invertebrates and fungi in European forests - a review. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 11, 3: 423-436.

Parisi, F., Pioli, S., Lombardi, F., Fravolini, G., Marchetti, M. and Tognetti, R. 2018 Linking deadwood traits with saproxylic invertebrates and fungi in European forests - a review. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 11 (3), 423-436.

Patacca M., Lindner M., Lucas-Borja M.E., Cordonnier T., Fidej G., Gardiner B., Hauf Y., Jasinevičius G., Labonne S., Linkevičius E., Mahnken M., Milanovic S., Nabuurs G.-J., Nagel T.A., Nikinmaa L., Panyatov M., Bercak R., Seidl R., Ostrogović Sever M.Z., Socha J., Thom D., Vuletic D., Zudin S., Schelhaas M.-J. 2023. Significant increase in natural disturbance impacts on European forests since 1950. *Global Change Biology*, 29, 5: 1359-1376.

Pfeffer A. 1995. Zental- und westpalaarktische Borken- und Kernkafer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Basel, Pro Entomologia, Naturhistor. Museum: 5–310 str.

Picchio R., Mederski P.S., Tavankar F. 2020. How and How Much, Do Harvesting Activities Affect Forest Soil, Regeneration and Stands? *Current Forestry Reports*, 6, 2: 115-128.

R Core Team. 2022 R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing

Rahman A., Viiri H., Pelkonen P., Khanam T. 2015. Have stump piles any effect on the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) incidence and seedling damage? *Global Ecology and Conservation*, 3: 424-432.

Rahman A., Viiri H., Tikkanen O.-P. 2018. Is stump removal for bioenergy production effective in reducing pine weevil (*Hylobius abietis*) and *Hylastes* spp. breeding and feeding activities at regeneration sites? *Forest Ecology and Management*, 424: 184-190.

Ramsfield T.D., Bentz B.J., Faccoli M., Jactel H., Brockerhoff E.G. 2016. Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 89, 3: 245-252.

Ranius T., Hämäläinen A., Egnell G., Olsson B., Eklöf K., Stendahl J., Rudolphi J., Sténs A., Felton A. 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Environmental Management*, 209: 409-425.

Sandström J., Bernes C., Junninen K., Lohmus A., Macdonald E., Müller J., Jonsson B.G. 2019. Impacts of dead wood manipulation on the biodiversity of temperate and boreal forests. A systematic review. *Journal of Applied Ecology*, 56, 7: 1770-1781.

Schroeder L.M. 1999. Population levels and flight phenology of bark beetle predators in stands with and without previous infestations of the bark beetle *Tomicus piniperda*. *Forest Ecology and Management*, 123, 1: 31-40.

Schroeder L.M., Weslien J., Lindelöw Å., Lindhe A. 1999. Attacks by bark- and wood-boring Coleoptera on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. *Forest Ecology and Management*, 123, 1: 21-30.

Schroeder M., Kärvmö S., Cocos D., Öhrn P., Weslien J. 2025. Winter mortality of the bark beetle *Ips typographus* in standing trees and in the ground. *Agricultural and Forest Entomology*, 27, 2: 211-222.

Schroeder, M., Kärvmö, S., Cocos, D., Öhrn, P. & Weslien, J. 2025. Winter mortality of the bark beetle *Ips typographus* in standing trees and in the ground. *Agricultural and Forest Entomology*, 27(2), 211–222.

Seibold S., Gossner M.M., Simons N.K., Blüthgen N., Müller J., Ambarlı D., Ammer C., Bauhus J., Fischer M., Habel J.C., Linsenmair K.E., Nauss T., Penone C., Prati D., Schall P., Schulze E.-D., Vogt J., Wöllauer S., Weisser W.W. 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574, 7780: 671-674.

Seidl R., Netherer S., Thaler T. 2022. Managing Disturbance Risks. V: Disturbance Ecology. Wohlgemuth T., Jentsch A., Seidl R. (ur.). Springer: 393-412.

Seidl R., Schelhaas M.-J., Rammer W., Verkerk P.J. 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Clim. Change*, 4, 9: 806-810.

Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyer C.P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7: 395.

Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyer C.P.O. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7: 395.

Senf C., Seidl R. 2021. Mapping the forest disturbance regimes of Europe. *Nature Sustainability*, 4, 1: 63-70.

Singh V.V., Naseer A., Mogilicherla K., Trubin A., Zabihi K., Roy A., Jakuš R., Erbilgin N. 2024. Understanding bark beetle outbreaks: exploring the impact of changing temperature regimes, droughts, forest structure, and prospects for future forest pest management. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 23, 2: 257-290.

Šmits A., Bičevskis, LFRI "Silava". 2006. Development of coniferous pests in logging residues. *Forest Science*, 1649: 68-90.

Spessivtzev P.S., P. 1930. On the Duration of Generations and Importance of *P. micrographus*, *P. poligraphus* and *P. subopacus* distributed Swedish Forests. Stockholm.: 678–682 pp. str.

Šramel N., Kavčič A., Kolšek M., de Groot M. 2021. Estimating the most effective and economical pheromone for monitoring the European spruce bark beetle. *Journal of Applied Entomology*, 145, 4: 312-325.

Stadelmann G., Bugmann H., Wermelinger B., Bigler C. 2014. Spatial interactions between storm damage and subsequent infestations by the European spruce bark beetle. *Forest Ecology and Management*, 318: 167-174.

Štefkova, K., Okrouhlik, K., & Doležal, P. 2017. Development and survival of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) at low temperatures in the laboratory and the field. *EJE*, 114, 1–6.

Sweeney J., Dodds K.J., Fettig C.J., Carnegie A.J. 2023. IPM: the forest context. V: *Forest entomology and Pathology Volume1: Entomology*. Allison J.D., Paine T.D., Slippers B., Wingfield M.J. (ur.). Switzerland, Springer

Szwagrzyk J., Gazda A., Muter E., Pielech R., Szewczyk J., Zięba A., Zwijacz-Kozica T., Wiertelorz A., Pachowicz T., Bodziarczyk J. 2020. Effects of species and environmental factors on browsing frequency of young trees in mountain forests affected by natural disturbances. *Forest Ecology and Management*, 474: 118364.

Thayer M.K. 2005. Chapter 11.7. Staphylinidae Latreille, 1802. V: *A Natural History of the Phyla of the Animal Kingdom*. Kristensen N.P., Beutel R.G. (ur.). Chicago IL USA, Field Museum of Natural History: 296-344.

Thayer, M.K. 2005 Chapter 11.7. Staphylinidae Latreille, 1802. In *A Natural History of the Phyla of the Animal Kingdom*. N.P. Kristensen and R.G. Beutel (eds.), Field Museum of Natural History, Chicago IL USA, pp. 296-344.

Thorn S., Bässler C., Brandl R., Burton P.J., Cahall R., Campbell J.L., Castro J., Choi C.-Y., Cobb T., Donato D.C., Durska E., Fontaine J.B., Gauthier S., Hebert C., Hothorn T., Hutto R.L., Lee E.-J., Leverkus A.B., Lindenmayer D.B., Obrist M.K., Rost J., Seibold S., Seidl R., Thom D., Waldron K., Wermelinger B., Winter M.-B., Zmihorski M., Müller J. 2018. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55, 1: 279-289.

- Thorn S., Bässler C., Gottschalk T., Hothorn T., Bussler H., Raffa K., Müller J. 2014. New Insights into the Consequences of Post-Windthrow Salvage Logging Revealed by Functional Structure of Saproxylic Beetles Assemblages. *PLOS ONE*, 9, 7: e101757.
- Thorn, S., Bässler, C., Brandl, R., Burton, P.J., Cahall, R., Campbell, J.L. et al. 2018 Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55 (1), 279-289.
- Thorn, S., Bässler, C., Bußler, H., Lindenmayer, D.B., Schmidt, S., Seibold, S. et al. 2016 Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. *Forest Ecology and Management*, 364, 10-16.
- Timber - podatkovna zbirka o poseku gozdnega drevja. Zavod za gozdove Slovenije, 1995-2024.
- Titovšek J. 1988. Podlubniki Sloveniji, obvladovanje podlubnikov. Ljubljana, Gozdarska založba str.
- Trumbore S., Brando P., Hartmann H. 2015. Forest health and global change. *Science*, 349, 6250: 814-818.
- Udali A., Chung W., Talbot B., Grigolato S. 2024. Managing harvesting residues: a systematic review of management treatments around the world. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 98, 2: 117-135.
- Vega F., Hofstetter R. 2015. Bark beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species. New York, Academic Press: 640 str.
- Waring K.M., Bucholz E. 2023. Silviculture. V: Forest entomology and Pathology Volume1: Entomology. Allison J.D., Paine T.D., Slippers B., Wingfield M.J. (ur.). Switzerland, Springer: 707-744.
- Wegensteiner R., Wermelinger B., Herrmann M. 2015. Chapter 7 - Natural Enemies of Bark Beetles: Predators, Parasitoids, Pathogens, and Nematodes. V: Bark Beetles. Vega F.E., Hofstetter R.W. (ur.). San Diego, Academic Press: 247-304.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* - a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202, 1-3: 67-82.
- Wermelinger B., Schneider Mathis D., Knížek M., Forster B. 2020. Tracking the spread of the northern bark beetle (*Ips duplicatus* [Sahlb.]) in Europe and first records from Switzerland and Liechtenstein. *Alpine Entomology*, 4: 179-184.
- Weslien J., Regnander J. 1992. The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Col. scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (Col.: Cleridae). *Entomophaga*, 37, 2: 333-342.
- Wild M. 1953. Die Entwicklung des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. im Hochschwarzwald (1000–1200 m.ü.M.) und ihre Abhängigkeit vom Klima 1947–1950. *Berichte des Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.Br.* : 121–176.
- Wood D. 1982. The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annual Review of Entomology*, 27: 411–446.
- Zeileis A., Kleiber C., Jackman S. 2008. Regression Models for Count Data in R. 2008, 27, 8: 25.

ZGS. 2021. Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2020. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije str. 38-39.

ZGS. 2023 Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2022. Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana.

ZGS. 2024 Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2023. Zavod za gozdove Slovenije. Ljubljana.

ZGS. 2024 Pregledovalnik podatkov o gozdovih, gozdni odseki.
<https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/>. (28.2.2024).

ZGS. 2024a. Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2023. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije str.

ZGS. 2024b. Pregledovalnik podatkov o gozdovih, gozdni odseki.
<https://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (28.2.2024)

Zimmermann S., Stadelmann G., Kurz D., Thrippleton T., Schweier J. 2022. Nährstoffnachhaltigkeit bei Waldbewirtschaftung. WSL Berichte, 126: 57–64

Zupančič M., Marinček L., Seliškar A., Puncer I. 1987. Considerations on the phytogeographic division of Slovenia. Biogeographia 13: 89-98.

Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution, 1, 1: 3-14.

13. Priloge

Priloga 1: Navodila za ravnanje s smrekovimi sečnimi ostanki za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov

NAVODILA ZA RAVNANJE S SMREKOVIMI SEČNIMI OSTANKI za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov

SEČNI OSTANKI

Sečni ostanki so ostanki delov dreves, kar vključuje veje, vrhače in različna kratko odrezana debla v dolžini do enega metra, posekana drevesa s prsnim premerom do deset centimetrov in posekane dele grmov.

Sečni ostanki v gozdu lahko predstavljajo pomemben material za napad podlubnikov in tveganje za pojav oz. širjenje prenamnožitev na nova območja.

Z raziskavo smo želeli preveriti, kakšen vpliv imajo smrekovi sečni ostanki oz. različni načini ravnanja z njimi na prenamnožitve podlubnikov. Pri tem smo preverjali različne scenarije in iskali najustreznejše načine ravnanja s sečnimi ostanki glede na geografske in ekološke razmere na lokaciji.

Ravnanje s sečnimi ostanki med drugim pomeni, da s sečnimi ostanki ravnamo na način, da **onemogočimo oz. preprečimo razvoj škodljivih organizmov**, zlasti podlubnikov.

V evropskem prostoru se za namen varstva pred podlubniki najbolj pogosto s sečnimi ostanki ravna na **dva načina**:

- veje in vrhače se **zlagajo v kupe**,
- veje in vrhače se **razprostre po tleh**.

Pogost način ravnanja je tudi **odstranitev sečnih ostankov s sečišča in iz gozda**, ki se v evropskem prostoru bolj kot za namen varstva pred podlubniki izvaja za energetske namene.

KUPI



Veje in vrhače takoj po sečnji zložimo **v kupe z razžaganimi** (do 1 m) **debelejšimi konci** (premer nad 5 cm) **zloženimi v notranjosti kupa**, ki so prekriti s tanjšimi vejami. Tako zlaganje omogoči povečano vlažnost znotraj kupa in zmanjša primernost sečnih ostankov za naselitev osmerozobega smrekovega lubadarja.

RAZPOREJENO



Veje in vrhače čim bolj enakomerno **razprostremo po tleh**. Debelejše veje in vrhače razžagamo. Tako razporejeni veje in vrhače se v primeru zadostne osončenosti hitro izsušijo in zaradi tega postanejo manj primerni za razvoj podlubnikov.

ODSTRANJENO IZ SESTOJA



Sečne ostanke posekanih smrek **odstranimo iz sečišča**, tako da se tla čim manj poškodujejo. Sečne ostanke zložimo **v večje kupe na primernih prostorih ob kamionski cesti**, tako da ne ovirajo prometa in gospodarjenja z gozdom. **Mletje oziroma odvoz** tako zbranih sečnih ostankov iz gozda je treba opraviti v dveh mesecih po sečnji, v poletnih mesecih v enem mesecu po sečnji.

KUPI	RAZPOREJENO	ODSTRANJENO IZ SESTOJA
KDAJ JE METODA USTREZNA?		
V primeru redne in sanitarne sečnje, če sečni ostanki po sečnji ostanejo zastrti oz. če moramo pripraviti prostor za umetno obnovo.	Če je po sečnji osončenost sečnih ostankov (izpostavljenost soncu) dovolj velika, da zagotavlja njihovo hitro izsušitev, zaradi česar postanejo manj primerni za razvoj podlubnikov.	V primeru redne in sanitarne sečnje, predvsem pri uporabi drevesne metode spravila, kot je pogosto pri spravilu s pomočjo žičnega žerjawa.
ZAKAJ JE METODA USTREZNA?		
- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov. Večje kose vej in debel (>10 cm) manj številčno napadejo veliki podlubniki, kot je osmerozobi smrekov lubadar. - Vzpostavljen je prostor za obnovo gozda s sajenjem/ setvijo. - Boljša prehodnost terena za izvajanje del v gozdu. - Zagotavljanje estetske funkcije gozda v okolici objektov kulturne dediščine, ali na območju poučne, rekreativne ali turistične funkcije ipd. - Kupi so mikrohabitat, ki povečuje biotsko pestrost, zlasti žuželk.	- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov na osončenih prisojnih legah. - Izvedbeno manj zahtevno, hitrejše, varnejše in manj obremenjujoče za izvajalce gozdnih del ter bolj ekonomično. - Manjše poškodbe tal zaradi površinske erozije. - Več hranil za gozdna tla, večja površina sečnih ostankov je izpostavljena padavinam in mikrobom, kar spodbuja počasno ter enakomerno razkrajanje.	- Zmanjšanje možnosti prenamnožitve podlubnikov. - Vzpostavljen je prostor za obnovo gozda s sajenjem/ setvijo. - Boljša prehodnost terena za izvajanje del v gozdu. - Zagotavljanje estetske funkcije gozda v okolici objektov kulturne dediščine, ali na območju poučne, rekreativne ali turistične funkcije ipd. - Razbremenitev sekačev, saj se manipulacija s sečnimi ostanki izvaja na kamionski cesti in z uporabo strojev. - Metoda se kombinira z izrabo sečnih ostankov za energetske namene (npr. izdelava sekancev).
POMANJKLJIVOSTI METODE		
Zahteva veliko ročnega dela in s tem podraži izvedbo sečnje.	- Ustrezno le za sečišča, na katerih je po sečnji izpostavljenost sečnih ostankov soncu dovolj velika, da se hitro izsušijo. - Metoda ni ustrezna v okolici objektov kulturne dediščine ali na območju poučne, rekreativne in turistične funkcije.	- Neustrezna za rastišča, revna s hranili, in rastišča, izpostavljena površinski eroziji. - Zmanjša biotsko raznovrstnost žuželk znotraj sestoja. - Iz sestoja odstranimo vir hranil, ki bi drugače ostala v gozdu.
Če so sečni ostanki napadeni s podlubniki, se podlubnike uniči na način, določen z odločbo Zavoda za gozdove Slovenije.		

PRAVILA RAVNANJA S SEČNIMI OSTANKI

Pri ravnanju s sečnimi ostanki smo v splošnem pozorni, da jih odstranimo:

- z gozdnih poti, prometnic,
- s skladišč,
- z mejnikov,
- iz kalov, kaluž in vodnih virov,
- iz strug potokov in hudournikov ter jarkov,
- s kmetijskih zemljišč in zunanjih gozdnih robov,
- s pasišč prostoživečih živali,
- z mladja, da ne ovirajo obnove gozda.

S skrbnim ravnanjem s sečnimi ostanki pripomoremo k zdravju gozdov, saj zmanjšamo možnost prenamnožitve podlubnikov, ne oviramo obnove gozda ter vzdržujemo in krepimo različne funkcije gozda.

Ohranjanje sečnih ostankov v gozdnem prostoru prispeva k zmanjševanju erozijskih procesov, hkrati pa ustvarja dodatne mikrohabitate, ki povečujejo biotsko pestrost, zlasti v združbah saproksilnih žuželk. Prisotnost teh ostankov omogoča tudi kroženje in zadrževanje ključnih hranil v gozdnem ekosistemu ter s tem krepi njegovo stabilnost in odpornost.

Kaj so sečni ostanki in način ravnanja s sečnimi ostanki določajo:

- *Zakon o gozdovih* (Uradni list RS, št. 30/1993 in nasl.),
- *Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov* (Uradni list RS, št. 55/1994 in nasl.) in
- *Pravilnik o varstvu gozdov* (Uradni list RS, št. 114/2009 in nasl.).

Pri odločanju o primernem načinu ravnanja s sečnimi ostanki se upoštevajo določila iz Pravilnika o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov, pri čemer lahko dodatne ukrepe ureditve sečišča določi Zavod za gozdove Slovenije z odločbo, upoštevajoč specifične dejavnike gozda in okolja.

O PROJEKTU

V triletnem projektu CRP V4-2218 smo z raziskavami želeli preveriti, kakšen vpliv imajo sečni ostanki oz. različni načini ravnanja z njimi na pojav prenamnožitve podlubnikov. Pri tem smo preverjali različne scenarije in iskali najustreznejše načine ravnanja s sečnimi ostanki glede na geografske in ekološke razmere na lokaciji, predvsem z namenom preprečitve nadaljnjega razvoja podlubnikov.

Na osnovi rezultatov smo pripravili ta navodila.



Naslov projekta: Ugotavljanje učinkovitosti različnih pristopov pri izvajanju gozdnega reda za preprečevanje prenamnožitev smrekovih podlubnikov z uporabo najbolj učinkovitega feromonskega pripravka in pasti (V4-2218)

Javni razpis: CRP »Naša hrana, podeželje in naravni viri« v letu 2022

Vodja projekta: dr. Maarten de Groot, Gozdarski inštitut Slovenije

Trajanje projekta: od 1. 10. 2022 do 30. 9. 2025

Sofinancerji: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, in Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

KOLOFON

Naslov publikacije: Navodila za ravnanje s smrekovimi sečnimi ostanki za preprečevanje prenamnožitev podlubnikov

Avtorji: dr. Maarten de Groot, dr. Tine Hauptman, Luka Capuder, Simon Zidar, Marija Kolšek

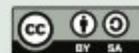
Postavitev in oblikovanje: Simon Zidar

Avtorji fotografij: Simon Zidar, Luka Capuder

Založil: Gozdarski inštitut Slovenije

Ljubljana, september 2025

DOI: DOI 10.20315/gis014



Priloga 2: Zakonodaja o ravnanju s sečnimi ostanki za različne Evropske države.

Država	Zakonodaja
France	The only regulation concerns the burning of forestry residues, which is prohibited in conditions of medium to high forest fire risk.
Norway	From https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593/KAPITTEL_4#KAPITTEL_4: • §9. The forest owner is responsible for ensuring that felling, progress, treatment of felling waste, young forest care and other measures are carried out in such a way that there is no risk of insect damage or other damage to the forest. • §5. After felling, twigs and felling waste must be cleared away from streams, rivers and water, and from commonly used ladders, tracks and other thoroughfares where they unnecessarily obstruct traffic. • §11. When a forest owner has been notified that there is a risk of insect swarming in an area, young forest care and thinning felling must be carried out after the swarming period has ended. In such a situation, fresh softwood such as stumps, trunks and rough tops must also be transported out of the forest or made unsuitable as breeding material for insects that can damage forests.
Romania	Instructions regarding the terms, methods, and periods of collection, removal, and transport of wood material approved by Order of the Minister of Environment and Forests No. 1.540 of June 3, 2011. https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/241354 Article 24 Upon completion of logging operations, the clearing of the forest from felling residues—branches, stumps, broken parts, bark, and rotten wood—is carried out by the holders of exploitation permits, in compliance with the following rules: a) In clear cutting/felling, as well as in all unrestricted cuts followed by artificial regeneration, residues left in the forest must be collected in rows (ridges) with a maximum width of 1.0–1.20 m, interrupted every 20 m, oriented along the steepest slope. The distance between the rows along the contour line should be 15–20 m. For clear cuts of poplar and willow, where full land preparation follows, residues are collected in ridges at the edge of the forest. b) In selective logging with restrictions or in accidental cuts with natural regeneration initiated, residues are collected in compact piles, preferably on large stumps or outside the areas of natural seeding. This should avoid occupying large areas—no more than 10% of the stand area. c) In stands located in forests in tourist and recreational areas, those with protective roles around cities and spa resorts, or those near national and county roads, residues are collected in piles away from tourist paths and trails, valleys, and watercourses within the stand.

Bosnia Herzegovina	OFFICIAL NEWSPAPER FBiH, number 62/02 Based on Article 35, paragraph 8 of the Law on Forests ("Official Gazette of the Federation of BiH", No. 20/02), the Federal Minister of Agriculture, Water Management and Forestry hereby issues RULES ON THE SCOPE OF MEASURES ON ESTABLISHING AND MAINTAINING FOREST ORDER AND THE MANNER OF IMPLEMENTING THEM IMPLEMENTATION Article 1. This rulebook regulates the implementation and permanent maintenance of forest order in all forests on the territory of the Federation of Bosnia and Herzegovina. Forest order means the implementation of measures aimed at preventing the occurrence of fires, harmful insects and plant diseases, preventing the harmful effects of wind, snow and other natural disasters, damaging trees during felling and export of forest wood assortments, as well as measures for the protection of young trees and soil. Article 2. In the forest, on forest land and in the immediate vicinity up to 100 m from the forest edge, it is prohibited to dispose of and burn garbage, sawdust and sawmill waste, as well as other waste or pollutants. Article 3. All living, infected and attacked by insects, severely damaged or fallen trees (sanitary delights) must be cut down and produced. of the specified period until the end of the current year. Article 4. When felling, trees must be felled in the direction where they will cause the least damage to the undergrowth, neighboring trees and the soil. On steep terrain, trees must be felled uphill unless this is not possible due to the position or arrangement of deeper trees. The direction of felling of such trees must be marked by an arrow. Before cutting trees that are in the saplings, it is mandatory to cut the branches from the lower parts of the crown. Article 5. The felling of roundwood and stumps of felled conifers and elms is mandatory from April 1 to November 1 of the current year. Branches and stumps (diameter of the thickest end under 7 cm) as well as bark of conifers must be stacked in piles/boulders, so that the thickest ends of the branches are turned inside the pile-boulder. The formation of piles-boulders is prohibited in places where there is saplings, next to living, drooping trees, in watercourses, above water sources and at a distance of less than 10 m from roads. Branches and stumps (diameter of the thickest end under 7 cm) of deciduous trees must be shortened to lengths of up to one meter and evenly scattered throughout the felling, taking into account saplings, watercourses and water sources. Article 6. It is prohibited to stack spatial timber next to living, drooping trees and in places where there are young trees, in watercourses and above water sources. Article 7. The height of the stump can be a maximum of one third of the diameter of the stump. Measurement of the height of the stump on steep terrain is done from the upper side of the stump-ground. Parts of individual trees that cannot be used to
-----------------------	--

	make forest wood assortments are cut into several parts and secured against movement, and in the case of conifers and elm, the bark must be removed. Article 8. When cutting and processing forest wood products with chainsaws, only environmentally friendly, biodegradable oils and lubricants are permitted. Article 9. The export of forest wood assortments from the stump to the forest storage must be carried out on previously marked and constructed export trains. It is prohibited to use vehicles for the export of forest wood assortments to get off marked export trains. Export trains must be designed and constructed in such a way that there is no or minimal damage to standing trees, young trees or the soil. On steep and difficult terrain, where there is no possibility of other movement of the tree except for tumbling and lifting, appropriate measures must be taken to protect standing trees and young trees. The storage of roundwood and split assortments is permitted only in places provided for in the projects for the execution of works in forest exploitation. After the completion of the works on the export of forest wood assortments from the department, the contractor is obliged to repair the export trains. Article 10. The acceptance of forest wood assortments in felling may only be carried out after the establishment of forest order in accordance with Articles 3, 4, 5, 6 and 7 of this Regulation. Any forest order disturbed by the export of forest wood assortments must be re-established and permanently maintained. Article 11. Upon entry into force of this Rulebook, the Rulebook on the Implementation of Forest Order in State-Owned Forests ("Official Gazette of the Republic of Bosnia and Herzegovina", No. 8/94) shall cease to be valid. Article 12. This rulebook shall enter into force on the following day from the date of its publication in the "Official Gazette of the Federation of Bosnia and Herzegovina".
Sweden	2.1 Forest Conservation Act Forest fuel should be understood as branches, tops and stumps⁵ that are removed for the purpose of use as fuel (general advice to Chapter 3, Section 13 of the regulations). Note that stump harvesting is not covered further here, but there are recommendations for this in the Swedish Forest Agency's announcement 4 2009. When tree parts other than the trunk are removed from the forest, measures must be taken, if necessary, to ensure that damage does not occur to the long-term nutrient balance and buffering capacity of the forest soil against acidification (Chapter 7, Section 27 of the regulations). Mineral nutrients, such as ash, should be added as compensation when removing tree parts other than trunk wood, corresponding to more than half a tonne of dry matter of pure unhardened ash, per hectare and rotation period. Exceptions can be made if the removal is carried out within a catchment area where removal of logging residues can only exceed half a tonne of ash on a small proportion of the area (general advice to Chapter 7, Section 27 of the regulations). Extraction should not take place on strongly acidified soils or on peatlands used for forest production without the addition of mineral nutrients. When using ash as a nutrient compensation measure, the amount, form and composition of the ash and the timing of the measure should be chosen so that nitrogen leaching and losses of

	added nutrients are limited (general advice to Chapter 7, Section 27 of the regulations). The landowner is obliged to notify the Swedish Forest Agency of the extraction of forest fuel that is to take place on his or her land (Section 14 of the Act, Section 15 of the Ordinance). Extraction of forest fuel may begin no earlier than six weeks after the measure has been notified to the Swedish Forest Agency (Section 15 b of the Ordinance). The obligation to report the extraction of forest fuel is limited to such extraction after regeneration felling that is intended for use or further processing in professional activities (Chapter 3, Section 13 of the regulations). Rules are found in the Forest Conservation Act (1979:429), the Forest Conservation Ordinance (1993:1096) and the Swedish Forest Agency's regulations and general advice (SKSFS 2011:7) to the Forest Conservation Act. This section presents the parts of the rules that are most important for the extraction of forest fuel and compensation measures. The ash should originate from forest fuel, be stabilized and slowly soluble. The content of nutrients, heavy metals and other harmful substances should 2. Requirements imposed by legislation in extraction of forest fuel and compensation measures REPORT 2019/14 5 message 4 2009. Stump harvesting is not covered further here. Recommendations for stump harvesting can be found in the Swedish Forest Agency's 7 2.1.2 Need for compensatory measures 2.1.1 Obligation to report the extraction of forest fuel 2.1.4 Breeding material for harmful insects 2.1.3 Serious driving injuries and other considerations 8 In all felling operations, out of consideration for species, the cultural environment and the landscape, shrubs and individual trees, tree groups and dead trees must be left behind (Chapter 7, Section 8 of the regulations). In all forest management, damage to and near sensitive biotopes, cultural environments and cultural remains in the forest must be prevented or limited (Chapter 7, Section 17 of the regulations). Protection zones with trees and shrubs must be left in place during forest management to the extent necessary to take into account species, water quality, cultural environment, cultural remains and landscape appearance (Chapter 7, Section 21 of the regulations). Overall, during the rotation period of a stand, no more than 6 tons of ash TS should be added per hectare (general advice to Chapter 7, Section 27 of the regulations). Nutrient compensation should not be carried out closer than 15 meters to lakes, watercourses, wetlands, sensitive biotopes and plots of land. Nutrient compensation should not be carried out closer than 10 meters to ditches. Nutrient compensation should also not be carried out on cultural remains as metal objects, organic material and the biological cultural heritage may be negatively affected (general advice to Chapter 7, Section 27 of the regulations). A maximum of 3 tons of ash TS (dry matter) should be spread per hectare and 10-year period. be documented
--	--

	through, for example, an analysis protocol (general advice to Chapter 7, Section 27 of the regulations). Serious driving injuries must be prevented (Chapter 7, Section 28 of the regulations). Accessibility on publicly used paths, paths of cultural and historical interest and permanent tracks must not be made more difficult by leaving clearing, clearing or logging residues or by causing damage to vehicles (Chapter 7, Section 25 of the regulations). When more than 5 m³ of so-called raw softwood has been intentionally or unintentionally damaged within one hectare through storms, snow drifts, felling, clearing or otherwise, the volume exceeding 5 m³ must be excavated or rendered unusable as breeding material for harmful insects before the dates specified (Chapter 6, Section 10 of the regulations).
England	
Estonia	ESTONIAN FOREST ACT https://www.riigiteataja.ee/en/eli/ee/Riigikogu/act/503012025001/consolide § 24. Reforestation ... (4) For the purposes of this Act, a forest is deemed to be regenerated if tree species suitable for the forest site type with the dimensions and in the quantity which guarantee the generation of a new forest generation grow on the whole area where the forest perished or was cut. The existence of trees is not required in natural kettle holes located on clear cut areas or in perished parts of forest, on branch piles and drag roads strengthened with slash. [RT I, 11.12.2013, 1 – entry into force 01.01.2014] ... § 28. Cuttings ... (2) The following is timber: 1) felled tree and stem; 2) the part of stem acquired by means of cross-cutting the stem; 3) slash. [RT I, 11.12.2013, 1 – entry into force 01.01.2014] ... § 40. Forest protection ... (4) Regeneration cutting areas must be cleaned of slash. [RT I, 11.12.2013, 1 – entry into force 01.01.2014] (41) The minister in charge of the policy sector will establish the manner of and procedure for cleaning cutting areas of slash by the rules of forest management. [RT I, 11.12.2013, 1 – entry into force 01.01.2014] ... § 42. Obligations of owner in forest management (1) 2) The forest owner must manage and permit their forest to be managed only in such a way which does not endanger the forest as an ecosystem or damage the gene pool, forest soil or water regime, and the conditions for forest regeneration and

	reforestation to an extent larger than permitted by legislation, which does not allow wind damages or the spread of fungus diseases or pests and which is in accordance with the principles of the sustainable use of forest, and protect the forest against the deterioration of site conditions; Chapter 5 – Compensation for damage (9) If the cutting areas or timber landings are left uncleared, damage will be calculated at the rate of 320 euros per hectare of the area that has been left uncleared of slash or timber residue or at the rate of 1.60 euros per each place of cutting a single tree or shrub, which has been left uncleared, but not more than 320 euros per hectare or 1.60 euros per solid square metre of undried and unbarked coniferous wood which has not been transported out of the cutting area or timber landing within the term specified in this Act. [RT I, 11.12.2013, 1 – entry into force 01.01.2014] FOREST MANAGEMENT RULES https://www.riigiteataja.ee/en/eli/521112017002/consolide § 81. Timber landing (1) The owner of a forest road is entitled to establish a timber landing with a width up to 10 m from the edge of the forest road based on a technological plan, in order to prevent damages to the forest road. (2) The technological plan shall include at least the following data: 1) location of the timber landing on a map; 2) the number of the registered immovable and the number of the cadastral unit; 3) the number of the quarter and the stand compartment; 4) area of the timber landing. (3) The following requirements apply to the storage of timber: 1) upon storage of timber, visibility shall be ensured on the forest road from the storage site at least 50 m in both directions; 2) the height of a stack, except slash stack, may not exceed double length of timber; 3) the stack or any part of the stack may not extend above the forest road; 4) the stack may not be inclined towards the forest road; 5) angle of inclination of the side of the stack may not exceed 35°; 6) in the event of storage of timber above a ditch, it shall not obstruct run-off of water. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] § 9. Methods of and procedure for cleaning cutting areas of slash [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (1) Regeneration cutting areas shall be cleaned of slash not later than in one year from the expiration of the forest notification, if it is necessary for ensuring forest regeneration. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (2) Slash includes branches, tree tops, stem wood remaining in the cutting area, cut undergrowth and cut underwood. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (3) The following cleaning methods of cutting areas are permitted, if these do not cause damage to growing trees (including undergrowth):
--	---

	1) rotting or burning of slash collected into piles or heaps; [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] 2) burning slash in the whole area; [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] 3) strengthening drag roads with slash; [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] 4) chopping and spreading of slash; [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] 5) removal of slash from the cutting area. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (4) Removal of slash from the cutting area is not permitted in alvar forests and boreal heath forests. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (5) Burning of slash is prohibited during a period of fire hazard. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (6) Burning slash in the whole area is permitted outside a period of fire hazard, provided that the alarm centre of the rescue service has been notified. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] (7) Slash left rotting in piles or heaps may not cover more than 20% of the cutting area. [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] § 21. Term of transportation of undried and unbarked coniferous wood out of the forest Undried and unbarked coniferous timber, except slash, shall be transported out of the forest as follows, if the volume of such timber exceeds ten solid cubic metres per hectare: [RT I, 26.02.2014, 13 - entry into force 01.03.2014] 1) the wood cut from 1 September to 30 April – by 1 June; 2) the wood cut from 1 May to 31 August – in one month from cutting.
Poland	The guidelines of felling residues management in State Forests (that are dominant in Poland, constituting 76.9% of forests) are included in the official document "Instruction of Forest Protection" (Instruction ... 2024). Every several years this document is updated. According to the document foresters are obligated to use techniques and methods of forest protection, relating to commercial forest. Although there are solutions adopted independently of the mentioned document, based on the decision of the head of a given Forest Division. Regarding the management of logging residues, the guidelines are included in the following paragraphs: § 122: „As part of reducing the threat to stands caused by cambio- and xylophagous insects, efforts should be made to minimise the breeding base of secondary pests, which is wood from infested trees, including tops and branches”. § 131: „The infested material should be removed from the forest outside the danger zone within 2-3 weeks after the first parent beetles have infested under the bark. In case of difficulties with timely removal, the infested material must be debarked no later than to the emerged larvae stage. If older stages (pupae, callow adults) are present, the bark should be disposed of (e.g., chipped, buried, burned)”. § 132: „The infested tops and thicker branches should be chipped or burnt. Leaving in the forest, including in clearcuts, the treated unbarked timber (logs, shafts, jigs, snags as well as any post-harvested residues) in the spring and summer should be avoided.

	§ 146: „1. Reduction of the number of secondary pests of fir trees shall be performed by: (b) removal or burning of post-harvested residues, bark and thicker branches. In the sections 7.2.4. Secondary pests of oaks and 7.2.5. Secondary pests of other deciduous species a note appears: § 149, 155: Infested logging residues (bark, branches) should be disposed of if possible.
Czech republic	Yes, but in Act No. 289/1995 Coll., on Forests (Forest Act), the term "felling residues" is not explicitly defined. However, the law obliges forest owners to take measures to protect forests from harmful agents, which includes handling materials generated during logging. Specifically, Section 32(1) states: "The forest owner is obliged to implement measures for forest protection against harmful agents." Česká republika. Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon) [Forest Act No. 289/1995 Coll.]. In: Sbírka zákonů České republiky. 1995, částka 76. Available from: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289 In Decree No. 101/1996 Coll., on Measures for Forest Protection, felling residues are not explicitly mentioned, but they are indirectly covered under: • Section 4(1): The occurrence of an increased level of insect pests is prevented by monitoring their presence and reducing their population density, primarily by removing material suitable for insect pest reproduction, treating forest stands, and continuously detecting and promptly processing all infested trees. • Section 4(2): If an increased or calamitous state occurs, the forest owner is obliged to immediately take measures to reduce the insect pest population below the calamitous level, eliminate damages, or prevent further spread of the pest. Česká republika. Vyhláška č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa, ve znění pozdějších předpisů [Decree No. 101/1996 Coll., establishing details on measures for forest protection, as amended]. In: Sbírka zákonů České republiky. 1996, částka 36. Available from: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-101.No.
Slovakia	Forest Act No. 326/2005 Coll., § 24 Obligations and Rights regarding the Concentration, Transportation, and Storage of Wood, paragraph 1, letter (b) The forest manager or wood buyer shall, after the completion of logging or upon the storage of wood on a forest plot or on a plot adjacent to a forest plot from which the spread of harmful agents to forest plots is threatened, prevent the spread of harmful agents to the surrounding forest plots by removing the logging residues and transporting such stored wood or by taking another appropriate measure to prevent the spread of the harmful agent, within ten days of the completion of logging or wood storage... https://www.zakonypreludi.sk/zz/2005-326#p28:~:text=po%20ukon%C4%8Den%C3%AD%20%C5%A5a%C5%BEby%20alebo,ich%20z%C3%A1klade%20nevyp%C3%BDva%20inak

	then another legislation: Decree No. 453/2006 Coll. https://www.zakonypreludi.sk/zz/2006-453 then the so-called 'Slovak Technical Standard', which describes detailed forest protection measures against forest pests
Slovenia	Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravilu in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov, Uradni list RS, št. 55/94, 95/04, 110/08 in 83/13
Lithuania	Order of the Minister of the Environment of the Republic of Lithuania ON THE APPROVAL OF THE FOREST FELLING RULES Chapter VI Requirements for the MAJOR FOREST FELLING EXECUTION and clearing of felling sites 49. Felling sites shall be arranged in order to create favorable conditions for forest restoration, rational use of forest felling residues, ensure fire safety and forest sanitary protection: 49.1. it is permitted to remove forest felling residues (in compliance with the requirements of paragraphs 50–52 of the Rules), load them into strip road network or piles, or, after crushing, spread them on the wood lot; 49.2. it is prohibited to burn forest felling residues in felling sites. Paragraph amendments: No. D1-86, 2024-03-18, published in the TAR on 2024-03-18, i. k. 2024-04846 50. Forest felling residues are removed from the felling site driving through the wood lot. In case of frozen ground or in N hydrotone vegetation areas, it is possible to drive not through a wood lot, but it is necessary to preserve the viable undergrowth. Paragraph amendments: No. D1-86, 2024-03-18, published in the TAR on 2024-03-18, i. k. 2024-04846 51. In open fellings, at least 5 m³/ha of forest felling residues or an additional number of trees important for biodiversity corresponding to this volume must be left. Paragraph amendments: No. D1-86, 2024-03-18, published in the TAR on 2024-03-18, i. k. 2024-04846 52. Forest felling residues intended for biofuel are stored in designated areas, near trails or roads, in compliance with fire safety and forest sanitary protection requirements. Paragraph amendments: No. D1-86, 2024-03-18, published in the TAR on 2024-03-18, i. k. 2024-04846 53. Stump removal is possible in forests of forest group IV not assigned to protected areas, located in clear-felling wood lots (except for fellings located in Na, Nae, Ša, Šae, U, and P habitats), while preserving promising undergrowth, habitats and sites of protected plants and animals, and ensuring conditions for soil preparation and forest restoration. Order of the Minister of the Environment of the Republic of Lithuania ON APPROVAL OF THE RULES FOR FOREST SANITARY PROTECTION VI. FOREST SANITARY PROTECTION REQUIREMENTS IN CLEAR-FELLINGS 44. In all felling areas from 1 April to 1 September, green coniferous logging residues with bark, the diameter of which at the thickest part exceeds 8 cm and the length exceeds 1 m, may not be left, except for wood intended for fuel or other purposes, if they are stacked in piles higher than 1.5 m, as well as individual branches (up to 0.1 m³/ha).

Croatia	Felling residues is regulated by Forest Act NN Forest Act NN 68/18 i 115/18; Article 44 and Regulation on Tree Designation, Forest Products, Transport Documentation and management of Felling residues 71/19: VI. Management of Felling residues Article 30 (1) Forest felling residues encompasses all procedures and actions carried out in a forest stand to ensure the regular management of the forest, particularly for its cultivation, protection against fires, plant diseases, and pests, as well as to fulfill all general beneficial functions of forests and to preserve biodiversity. (2) The procedures for establishing and maintaining forest order relate to the protection of soil, trees, and forest infrastructure during forest management operations, as well as to the remediation of any damage and restoration of conditions upon completion of such operations. (3) The obligation to establish and maintain forest order lies with legal entities that manage or administer forests owned by the Republic of Croatia, and with private forest owners in the case of privately owned forests. This is generally required during the implementation of forest management operations, and no later than three months after the completion of those operations. (4) As an exception to paragraph 3 of this Article, in the case of measures taken to prevent the spread and combat harmful organisms in accordance with a special regulation for the protection of public interest, the responsibility to establish forest order in privately owned forests lies with the legal entity that implemented the prescribed measures, unless otherwise specified by a special regulation.
---------	--

