

# Prilagodba razvojnoga ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucijesmrekovih potkornjaka(*Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L.)u odnosu na temeljne stanišne čimbenike

---

Kasumović, Luka

Doctoral thesis / Disertacija

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:507105>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)





ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Luka Kasumović

**PRILAGODBA RAZVOJNOGA CIKLUSA,  
PREZIMLJAVANJA I PROSTORNE  
DISTRIBUCIJE SMREKOVIH  
POTKORNJAKA (*IPS TYPOGRAPHUS* L.  
I *PITYOGENES CHALCOGRAPHUS* L.) U  
ODNOSU NA TEMELJNE STANIŠNE  
ČIMBENIKE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2016.



FACULTY OF FORESTRY UNIVERSITY OF ZAGREB

Luka Kasumović

**ADAPTIVE CHANGES OF LIFE CYCLE,  
OVERWINTERING AND SPATIAL  
DISTRIBUTION OF SPRUCE BARK  
BEETLES (*IPS TYPOGRAPHUS* L. AND  
*PITYOGENES CHALCOGRAPHUS* L.) IN  
RELATION WITH THE DOMINANT  
HABITAT CONDITIONS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2016.



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Luka Kasumović

**PRILAGODBA RAZVOJNOGA CIKLUSA,  
PREZIMLJAVANJA I PROSTORNE  
DISTRIBUCIJE SMREKOVIH  
POTKORNJAKA (*IPS TYPOGRAPHUS* L.  
I *PITYOGENES CHALCOGRAPHUS* L.) U  
ODNOSU NA TEMELJNE STANIŠNE  
ČIMBENIKE**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Boris Hrašovec

Zagreb, 2016.



FACULTY OF FORESTRY UNIVERSITY OF ZAGREB

Luka Kasumović

**ADAPTIVE CHANGES OF LIFE CYCLE,  
OVERWINTERING AND SPATIAL  
DISTRIBUTION OF SPRUCE BARK  
BEETLES (*IPS TYPOGRAPHUS* L. AND  
*PITYOGENES CHALCOGRAPHUS* L.) IN  
RELATION WITH THE DOMINANT  
HABITAT CONDITIONS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: prof.dr.sc. Boris Hrašovec

Zagreb, 2016.

## INFORMACIJA O MENTORU

Prof. dr. sc. Boris Hrašovec (1960) zaposlen je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu gdje drži nastavu na preddiplomskim i diplomskim studijskim programima i poslijediplomskom doktorskom studiju Šumarstva i drvne tehnologije. Nositelj je nastavnih predmeta koji spadaju u znanstvenu granu zaštite šuma. Svoju formalnu znanstveno nastavnu karijeru profesor Hrašovec započinje 1986. godine zaposlivši se kao asistent na predmetu „Zaštita šuma“ na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. Magistarski rad pod naslovom „Prilog poznavanju bioekologije insekata iz roda *Balaninus* Germ., štetnika žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)“ brani u siječnju 1992. godine, a disertaciju pod naslovom „Entomofauna češera obične jele (*Abies alba* Mill.), obične smreke (*Picea abies* Karst.) i crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) na području Hrvatske“ u svibnju 1997. godine. U znanstvenom i stručnom smislu prof. Hrašovec bavi se primjenjenom entomologijom u zaštiti šuma i upravljanjem šumskim ekosustavima u ozračju zaštite njihove prirodnosti i strukture, napose u parkovima prirode i u nacionalnim parkovima. Publicistički opus prof. Hrašovca obuhvaća danas preko stotinu radova među kojima je preko polovice izvornih znanstvenih, većinom u koautorstvu s domaćim i inozemnim kolegama srodnog znanstvenog interesa. Koautor je jednog sveučilišnog priručnika, a već dugi niz godina na zadnjim koricama „Šumarskog lista“ predstavlja slikom i tekstem najznačajniju štetnu, rijetku i korisnu šumsku entomofaunu, uključujući i karantenske i invazivne vrste koje sve češće ugrožavaju i hrvatske šume. S inozemnim znanstvenicima i stručnjacima ima brojne kontakte i dugogodišnju plodnu suradnju, poput kolega znanstvenika i profesora s Biotehničke univerze u Ljubljani, Šumarskog fakulteta u Sarajevu, Sveučilišta BOKU u Beču, kolega sa Gozdarskog instituta Slovenije, Mađarskog šumarskog instituta u Matrafuredu i Austrijskog šumarskog instituta u Beču. U svom djelokrugu rada surađuje s hrvatskim šumarskim stručnjacima zalažući se za racionalnu, uravnoteženu i tek nužnu primjenu pesticida u zaštiti šuma. Posljednjih 10-ak godina istraživački interes usmjerio je na primjenu komunikacijskih kemikalija (feromona) u monitoringu, kontroli i suzbijanju štetnih kukaca u šumarstvu, od kojih posebice potkornjaka koraša i drvaša.

Član je brojnih i raznovrsnih stručnih povjerenstava, komisija i radnih tijela koja se bave zaštitom šumskog drveća od štetnih kukaca, a osobito karantenskih. Bio je mentor na 5 obranjenih znanstvenih magistarska radova i 6 doktorskih radova te preko 60-ak diplomskih radova studenata Šumarskog fakulteta. Član je također brojnih povjerenstava za

ocjenu i obranu magistarskih i doktorskih disertacija na matičnom fakultetu i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Član je Hrvatskog šumarskog društva, Hrvatskog društva biljne zaštite, Hrvatskog entomološkog društva i Akademije šumarskih znanosti. Predstavnik je Republike Hrvatske u stručnom panelu za šume pri EPPO – međunarodnoj organizaciji zaštite bilja.

## PREGOVOR

*Kineski filozof iz 6. stoljeća Lao Tse jednom je rekao: "Putovanje od tisuću milja započinje jednim korakom". Ova mudrost doslovno vrijedi za izradu mog doktorskog rada. Put do ovog trenutka kada pišem predgovor da se zahvalim svim onima koji su u mene vjerovali, svim onima koji su sa mnom radili i svim onima koji su mi bili bezuvjetna potpora i kamen oslonac u teškim trenucima bio je težak i mukotrpan. Bez obzira na težinu i zahtjevnost puta u svakom trenutku bio sam sretan i ispunjen. Mnogi nisu vjerovali u mene, ali ovaj rad najbolji je dokaz da nisu imali pravo. Ovo putovanje, rad ili dostignuće nije moguće napraviti bez potpore obitelji. Troje anđela čuvara – otac, majka i posebice brat od mojih su osnovnoškolskih dana uz mene, oni su moja potpora i snaga, sa mnom se raduju i tuguju. Neizmjerljivo sam zahvalan jer su mi bila potpora i podrška u najtežim trenucima. Svog četvrtog anđela čuvara upoznao sam još prije 11 godina. Moja zaručnica Tajana uz mene je od prvih dana fakulteta pa sve do zadnjih dana doktorskog studija. U trenutku kada sam pri kraju doktorskog studija nezaposlen sam, ali raduje me to kad pogledam kakvu obitelj i zaručnicu imam, kako su poštovni i ponizni, koliko su vjerovali i ni trenutka nisu sumnjali u mene. Tajana dolazi iz jedne krasne obitelji koja mi je bila potpora i pomoć u svim trenucima. Zahvaljujem se obitelji Akmačić- Milanu, Štefaniji, Sari i Kristijanu, obitelji koja ne zna reći ne, obitelji koja je puna razumijevanja i zdravog duha, duha koji mi je pomogao da uspijem u svom naumu. Izuzev moje obitelji, izuzev moje zaručnice dvije osobe ostavile su dubok trag u mom životu. Prva moj mentor Boris, jednostavna osoba puna razumijevanja i znanja, osoba koja je u svakom trenutku spremna pomoći, osoba koja nije zavidna i koja se veseli mom uspjehu ponekad više i od mene samoga. Druga dr. Åke Lindelöw, švedski entomolog cijenjen i priznat u cijeloj Europi, jednostavna i smirena osoba, osoba koja mi je bila potpora od trenutka kada smo se upoznali, osoba koja se sreće jednom u životu, pogotovo u svijetu znanosti. Do kontakta i prijateljstva s Åkeom došlo je posredovanjem mog mentora Borisa. Obojica su jednostavni i nemam dovoljno papira da im se zahvalim za sve što su učinili za mene. Gotovo šest godina radio sam u jednom državnom poduzeću i imao sam prilike upoznati zaista posebne ljude. Takav je moj bivši šef Ivica, osoba puna razumijevanja i dobrote, odgovorna osoba predana radu, osoba koja je jednostavno nešto posebno. Ovaj predgovor ne bih pisao da nije bilo njega, Ivica koji je u svakom trenutku bio uz mene, kao šef i prijatelj. Od srca mu se zahvaljujem jer danas je zaista teško naći nešto takvo u poslovnom okruženju gdje kapitalizam nezaustavljivo narušava međuljudske odnose. Zahvaljujem se svom prijatelju Josipu Tićcu, osobi koja mi je bila financijska pomoć u svakom trenutku,*



*osoba na koju sam mogao računati i osoba koja je jedinstvena svojim karakterom. Pere Kulaš i Joso Milković dvojica su prijatelja koji se u mnogočemu razlikuju od drugih. Zahvaljujem im se za sve dane, sate i trenutke koje su proveli na mojim pokusnim plohama. Mile Kasumović u mnogočemu bio mi je potpora i podrška i za to mu velika hvala. Zahvaljujem se vijećnicima i načelniku općine Perušić što su prepoznali moj trud i financijski podržali moja istraživanja.*

*Na kraju za sve Vas, studente koji ćete jednom uzeti ovaj rad s prašnjavih polica knjižnice fakulteta, ništa nije nemoguće, ništa nije nedohvatljivo, ništa nije predaleko ako to zaista želiš. Budite svoji, jednostavni, nemojte kopirati druge, budite uporni i predani i kad tad će sunce izaći ispred vaših vrata.*

*Success is a very, very lonely road. Very few people are willing to endure the pain, to be successful. It's uphill battle....and along that road, You're not going to see too many friends. You're going to see Your shadow most often.*

*Posvećeno mojoj obitelji i zaručnici Tajani*

*LK*

*P.S.*

*„Nikada nisam želio biti poput većine, a ni većina nije uspjela biti kao ja.“*

*Charles Bukowski*

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

<b>TI</b> (naslov)	Prilagodba razvojnoga ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucije smrekovih potkornjaka ( <i>Ips typographus</i> L. i <i>Pityogenes chalcographus</i> L.) u odnosu na temeljne stanišne čimbenike
<b>AU</b> (autor)	Luka Kasumović
<b>AD</b> (adresa)	Kvarte 106, 53202 Perušić e-mail: kasum5@net.hr
<b>AA</b> (mentor)	prof. dr. sc. Boris Hrašovec
<b>SO</b> (izvor)	Knjižnica Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
<b>PY</b> (godina objave)	2016.
<b>LA</b> (izvorni jezik)	hrvatski
<b>LS</b> (jezik sažetka)	engleski
<b>DE</b> (ključne riječi)	smrekovi potkornjaci, biologija, fenologija, Phenips, prezimljavanje, markiranje, naletno barijerne feromonske klopke, mokro, suho., selektivnost, panjevi, hrpe grana
<b>GE</b> (zemlja objave)	Hrvatska
<b>PT</b> (vrsta objave)	Doktorski rad
<b>VO</b> (obujam)	I-LI + 324 stranice + 83 tablice + 238 slika + 322 navoda citirane literature

## SAŽETAK

Kada se govori o potkornjacima razlikujemo dva različita pristupa. Prvi uključuje potkornjake u kategoriji štetnika, a drugi uključuje potkornjake u kategoriji insekata s veoma važnom ekološkom ulogom u šumskim ekosustavima. Smrekov pisar (*Ips typographus* L.) i šesterozubi smrekov potkornjak (*Pityogenes chalcographus* L.) najvažniji su štetnici smreke u Europi. Oluje, snjegolomi, šumski požari i dugoročna razdoblja suše najvažniji su okidači epidemija smrekovih potkornjaka. Fiziološki oslabljena stabla s narušenim sustavom obrane bivaju prva kolonizirana. Ako su dostupne dovoljne količine materijala populacija potkornjaka raste iznad praga epidemije i zdrava dubeća stabala mogu biti uspješno napadnuta i kolonizirana. Iz tog razloga pogodan materijal treba ukloniti iz sastojina ili uhrpati odmah nakon sječe ili prorjede. To uvijek nije moguće dijelom zbog ljudskih resursa ili nepovoljnih terenskih uvjeta.

Cilj istraživanja obuhvaćenih ovim radom bio je problematici zaštite smrekovih šuma od nepovoljnog utjecaja potkornjaka pristupiti prema načelima integriranog pristupa. U tu svrhu istraživanje je provedeno u smrekovim šumama Like u gorskoj Hrvatskoj na području šumarije Perušić u periodu od 2013. do 2015. godine. Postavljene su dvije pokusne plohe na različitim nadmorskim visinama, jedna u smrekovoj kulturi na nadmorskoj visini od 500 metara, a druga u prebornoj prirodnoj sastojini smreke na nadmorskoj visini od 1100 metara.

Istraživanje je obuhvatilo više različitih aspekata biologije i etologije dvije najvažnije vrste smrekovih potkornjaka. Istraživana je fenologija smrekovih potkornjaka pomoću lovnih stabala u smrekovim šumama na različitim nadmorskim visinama; prostorna distribucija vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala; mogućnost primjene Phenips modela za predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara; povezanost gustoće napada s uspjehom reprodukcije; utjecaj brojnosti predatora na mortalitetom populacije; niše zimovanja; markiranje jedinki i prostorna distribucija označenih jedinki na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit i okolnih gospodarskih šuma; mogućnost monitoringa populacija smrekovih potkornjaka mokrim i suhim tipom najraširenije naletno barijerne crne Theysohn® feromonske klopke te mogućnost monitoringa s različitim tipovima naletno barijernih feromonskih klopki; mogućnost uspostave higijene sastojine nakon sječe ili prorjede pomoću dvije metode slaganja grana te potreba i opravdanost otkoravanja panjeva kao mjere integrirane zaštite šuma od napada potkornjaka.

U razvoju moguće je razlikovati razvojni stadij jaja, ličinke, kukuljice i odraslog imaga. Tri larvalna stadija uočena su kod obje vrste potkornjaka.

Smrekov pisar je bivoltna ili polivoltna vrsta u smrekovim šumama na nižim nadmorskim visinama, a na višim nadmorskim visinama univoltna ili bivoltna vrsta, ovisno o vremenskim prilikama. Kod osnivanja glavnih generacija razvija barem jednu sestrinsku generaciju. Hodnici sestrinskih generacija su jednokraki, vertikalni bez bračne komorice.

Početak proljetnog rojenja zabilježen je od sredine svibnja do sredine lipnja. Sredinom srpnja ili početkom kolovoza zabilježeno je ljetno rojenje ove vrste.

Stadij jaja traje relativno kratko, uglavnom oko tjedan dana. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 30 dana, najčešće između 21 i 25 dana. Na višoj nadmorskoj visini stadij ličinke traje nešto duže od 22 do 36 dana. Stadij kukuljice bez obzira na nadmorsku visinu u pravilu traje jedan do dva tjedna.

Razvoj od jaja pa sve do izlaska novih kornjaša trajao je između 42 i 68 dana na nižoj nadmorskoj visini, a na višoj nadmorskoj visini između 50 i 72 dana.

Šesterozubi smrekov potkornjak je univoltna ili bivoltna vrsta u smrekovim šumama i na nižoj i na višoj nadmorskoj visini. Broj uspješno razvijenih generacija u jednoj godini uglavnom ovisni o vremenskim prilikama.

Proljetno rojenje šesterozubog smrekovog potkornjaka na nižoj nadmorskoj visini odvija se uglavnom od sredine svibnja do sredine lipnja, a na višim od kraja svibnja do sredine lipnja. Proljetno rojenje u pojedinim godinama evidentirano je dva tjedna ranije na nižoj nadmorskoj visini. Od sredine srpnja do sredine kolovoza zamijećeno je ljetno rojenje šesterozubog smrekovog potkornjaka na nižoj nadmorskoj visini, dok na višoj nadmorskoj visini nije zabilježen razvoj ljetne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka na lovnim stablima. Kod osnivanja proljetnih generacija šesterozubi smrekov potkornjak osniva barem jednu sestrinsku generaciju. Hodnici sestrinskih generacija su jednokraki bez bračnih komorica.

Ukoliko su tijekom prvog pregleda lovnih stabala zamijećena jaja kod sljedećeg pregleda za tjedan dana već su uočene prve ličinke. Može se zaključiti da je razvojni stadij jaja jako kratak. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 49 dana, dok na višoj između 20 i 48 dana. Stadij kukuljice traje između jedan i dva tjedna na obje nadmorske visine.

Potpuni razvoj šesterozubog smrekovog potkornjaka od jaja do izlaska novih kornjaša traje između 35 i 70 dana na nižoj nadmorskoj visini, a na višoj nadmorskoj visini od 50 do 84 dana.

Smrekov pisar uglavnom kolonizira dijelove debla s debljom korom, dok šesterozubi smrekov potkornjak kolonizira gornje dijelove debla s tanjom korom. Između debljine kore i broja ulaznih rupa smrekovog pisara uočena je statistički signifikantna pozitivna korelacija, dok je između debljine kore i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog pisara uočena statistički signifikantna negativna korelacija.

Šesterozubi smrekov potkornjak je „satelit“ vrsta smrekovog pisara koja se prilagodila na različite načine: vjerovatno detektira feromone agregacije smrekovog pisara ili pojedinu komponentu kao kairomon; feromonima agregacije djeluje repelentno na smrekovog pisara; zbog male veličine tijela iskorištava dostupan materijal koji zbog tanke kore i floema siromašnog šećerima ne može iskoristiti smrekov pisar te koristi lenticle kao otvorene ulaze kroz deblju koru stabala.

Na temelju podataka temperature kore promatrana fenologija smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologija dobivena Phenips modelom uvelike se poklapaju. Razlike su vidljive u očekivanom vremenu početka infestacije gdje model predviđa početak razvoja 4 do 5 dana ranije ukoliko se koristi temperatura kore ili 16 do 18 dana ranije ukoliko se koristi temperatura zraka. Do ubrzavanja ili usporenog razvoja potkornjaka može doći zbog efekta zasjenjivanja ili izloženosti pojedinog dijela lovnog stabla direktnom utjecaju sunčeve radijacije.

Model predviđa početak razvoja sestrinske generacije od 5 do 12 dana ranije ili 4 do 17 dana kasnije. Nedostatak modela je što ne može predvidjeti gustoću napada o kojoj uvelike ovisi početak osnivanja sestrinske generacije.

Reprodukcija smrekovog pisara prema modelu prestaje kada dužina fotoperioda padne ispod 14,5 sati. Dok je temperatura zraka visoka, a u vezi s time i temperatura floema ženke smrekovog pisara odlažu jaja u galerijama. Moguće je da se dijapauza nakon skraćivanja fotoperioda očituje u smanjenju broja odloženih jaja jer je na lovnim stablima uočeno odlaganje jaja i nakon skraćivanja fotoperioda.

Unatoč odstupanjima koje Phenips model ne može predvidjeti (efekt zasjenjivanja, izloženost kore sunčevoj radijaciji, početak razvoja sestrinskih generacija koji je uvjetovan gustoćom napada i temperaturom floema te temperatura floema i temperatura zraka u vrijeme skraćivanja fotoperioda) model se može primjeniti za predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara, pogotovo u sastojinama u kojima se može očekivati povećanje voltinizma i povećani rizik od epidemija smrekovog pisara jer su podignute izvan optimalnog područja rasprostranjenosti smreke.

Većina markiranih jedinki smrekovog pisara leti na male udaljenosti (do 200 m), a tek manji dio (manje od 5 %) je sposoban za let na udaljenosti veće od 1 km, vjerovatno uz pomoć vjetra.

Povećani opseg ljudskih aktivnosti u gospodarskim šumama (uklanjanje vjetroizvala, snjegoloma, stabala stradalih od gljiva uzročnika truleži korijena te stabala oštećenih djelovanjem ostalih biotskih i abiotskih čimbenika) te smanjenje ljudske aktivnosti (u vidu uklanjanja stabala pogodnih za razvoj) unutar nacionalnog parka vjerovatno utječu na migracije i prostornu disperziju jedinki smrekovog pisara između gospodarskih šuma i šuma posebne namjene, a samim time i na dužinu leta.

Uočene su dvije niše zimovanja smrekovog pisara - pod korom napadnutih stabla i u šumskoj stelji. Snižanjem nadmorske visine povećava se udio zimujućih imaga pod korom napadnutih stabla - od vršne zone Zavižana (50 %), preko Štirovača (60 %) do najniže nadmorske visine sa smrekovim sastojinama u g.j. Žitnik (76-94 %).

Niska gustoća napada smrekovog pisara odnosno mali broj galerija po m<sup>2</sup> kore nužno ne znači veliki uspjeh reprodukcije izražen brojem kćeri u odnosu na majku (♀/♀). Uspjeh reprodukcije kretao se od 0,51 do 4,17 ♀/♀, dok se gustoća galerija kretala od 27 do 117 galerija po m<sup>2</sup> kore.

Visoki mortalitet populacije smrekovog pisara (imaga do 42 %, ličinki i kukuljica između 70 i 100 %) kod niske gustoće napada posljedica je nemogućnosti prezimljavanje predadultnih stadija (L<sub>3</sub> ličinka, kukuljica), ali i velike brojnosti ličinki predatora. Većina mužjaka smrekovog pisara (74 %) kopulira s dvije ženke što je svojevrsna prilagodba izbjegavanju unutarvršne kompeticije između ličinki.

Sanitarnu sječu kao mjeru sanacije žarišta napada smrekovog pisara potrebno je provoditi u ranu jesen na višim nadmorskim visinama, odnosno tijekom zime ili rano u proljeće na nižim nadmorskim visinama. U pravilu osnova zaštite šuma od potkornjaka je dobro poznavanje biologije. Lovna stabla koriste se u zaštiti šuma od potkornjaka veći duži niz godina. Zrela stabla smreke posjeku se u proljeće i ostave u sastojini dok traje rojenje potkornjaka. Kada su debla kolonizirana uklanjaju se iz sastojine prije razvoja mladih kornjaša. Nakon razvoja sintetičkog feromona lovna stabla su u većini slučajeva zamijenjena feromonskim klopama. Feromonske klopkе opremljene s feromonom koriste se u sustavu integrirane zaštite šuma za monitoring populacije potkornjaka, ali i za masovni izlov i prekid infestacije. U posljednja dva desetljeća šumarska operativa u Hrvatskoj uglavnom koristiti crnu naletno barijernu Theysohn<sup>®</sup> feromonsku klopku za monitoring populacija smrekovih potkornjaka u smrekovim šumama.

Mokre i suhe naletno barijerne crne Theysohn® feromonske klopke mogu se s gotovo jednakom učinkovitošću (broj ulovljenih jedinki potkornjaka) i selektivnošću koristiti u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka. Potvrđeno je da niti smrekov pisar niti šesterozubi smrekov potkornjak ne mogu pobjeći iz suhих feromonskih klopki nakon što upadnu u lovnu posudu na dnu klopke.

Predatorska vrsta *Thanasimus formicarius* L. može pobjeći iz lovnih posuda suhих feromonskih klopki, dok mogućnost bijega nije uočena kod predatorske vrste *Nemozoma elongatum* L. Mokre i suhe naletno barijerne crne Theysohn® feromonske klopke na sve tri testirane pozicije (sastojina, rub sastojine, čistina) pokazale su jednaku učinkovitost lovljenja jedinki obje vrste potkornjaka.

Monitoring populacija smrekovih potkornjaka (smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka) moguće je provoditi s testiranim naletno barijernim feromonskim klopkama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap®), dok bijelu WitaTrap® i cross Witapral® „Ecco“ feromonsku klopku treba izbjegavati zbog signifikantno smanjene učinkovitosti. Najselektivnija feromonska klopka u ovom istraživanju bila je cross Witapral® „Ecco“, vjerovatno zbog mreže koja ima ključan utjecaj na selektivnost klopke. Signifikantno najnižu selektivnost za predatorsku vrstu *T. formicarius* pokazala je multi funnel WitaTrap® feromonska klopka, dok je istodobno isti tip klopke bio najviše selektivan prema predatorskoj vrsti *N. elongatum* što je posljedica reducirane učinkovitosti klopke jer su predatori u klopku privučeni količinom svoga plijena.

Uvid o razini gustoće populacije je od velike važnosti, posebice kada vremenski uvjeti kao dugogodišnje suše i oluje mogu biti uzrok porasta populacije. Feromonske klopke opremljene s feromonima ključan su faktor u monitoringu populacija i procjeni rizika nastajanja šteta uzrokovanih potkornjacima. Stoga je mnogo važnije osim efikasnosti feromonske klopke utvrditi prag epidemije za svaku agresivnu vrstu potkornjaka na temelju broja ulovljenih jedinki u feromonskoj klopki.

Cilj uspješne kontrole potkornjaka je suzbijanje potkornjaka u svim stadijima razvoja. U pravilu sve metode bi se trebale primjenjivati zajedno kao jedan integrirani sustav. Sječu i proredu sastojina najbolje je provoditi u mjesecima rujna i listopada jer će se ostatci sječe (grane, ovšci stabala i drugi ostatci) isušiti do proljeća i potkornjaci se neće moći razmnožavati u takvom materijalu, pogotovo u prirodnim prebornim smrekovim sastojinama gdje se ostatci sječe ne koriste za biomasu zbog nepovoljnog terena.

Prilikom proreda ili dovršene sječe u kulturama, odnosno preborne sječe u prirodnim sastojinama smreke potrebno je uspostaviti šumski red slaganjem grana u hrpe s debljim

dijelom grane prema centru hrpe. Najčešća vrsta potkornjaka u hrpama granama bio je šesterozubi smrekov potkornjak. Metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema centru hrpe imala je signifikantno manji broj bračnih komorica od suprotne metode slaganja grana. Atraktivni materijal postat će neprikladan za napad potkornjaka zbog visoke vlažnosti u sredini hrpa grana. Uhrpavanjem grana reducira se broj ubušenih potkornjaka, grane i ovršci posječenih stabla ne ometaju razvoj mladog naraštaja, stvara se povoljno stanište za sapsksilicne kukce i povećava se bioraznolikost. Mnogo veće hrpe pogodnog materijala koje se u Švedskoj koriste kao izvor energije i ostavljaju da se isuše tijekom ljeta nisu uzrokovale značajni mortalitet stabla, posebice mladih stabla uzrokovanih napadom šesterozubog smrekovog potkornjaka.

Otkoravanje panjeva kao mehanička mjera suzbijanja napada potkornjaka unutar sustava integrirane zaštite šuma provodi se u hrvatskome šumarstvu duži niz godina.

Nije ju potrebno provoditi jer mali broj potkornjaka kolonizira panjeve i uspijeva dovršiti svoj razvoj. S druge strane ovom mehaničkom mjerom direktno se povećava opasnost od truleži korijena ostalih neposječenih dubećih stabala u sastojini te se nepovoljno utječe na stanište sapsksilicnih kukaca.

U smrekovim sastojinama gdje uvjeti terena ne ograničavaju kretanje strojeva sav dostupni drvni materijal kao što su nedavno vjetrom izvaljena stabla na rubovima sastojina, veliki prelomljeni ovršci stabala i ostali pogodni dijelovi drveta trebaju biti uklonjeni iz sastojina jer predstavljaju pogodan materijal za razmnožavanje. Smrekovi trupci trebaju se čim prije ukloniti iz sastojina ili ukoliko je potrebno duže skladištenje preporučeno je otkoravanje trupaca ili navodnavanje i održavanje trupaca vlažnima.

Šumska higijena nakon redovne sječe ili prorjede i uklanjanje stabala oštećenih vjetrom, snijegom, udarom groma i nekim drugim biotskim i abiotskim čimbenicima najvažniji je dio integrirane zaštite šuma od napada potkornjaka.



## BASIC DOCUMENTATION CARD

<b>TI</b> (title)	Adaptive changes of life cycle, overwintering and spatial distribution of spruce bark beetles ( <i>Ips typographus</i> L. and <i>Pityogenes chalcographus</i> L.) in relation with dominant habitat conditions
<b>AU</b> (author)	Luka Kasumović
<b>AD</b> (address)	Kvarte 106, 53202 Perušić e-mail: kasum5@net.hr
<b>AA</b> (supervisor)	prof. dr. sc. Boris Hrašovec
<b>SO</b> (source)	Library of Forest Faculty of Zageb University, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
<b>PY</b> (publication year)	2016.
<b>LA</b> (language of text)	Croatian
<b>LS</b> (language of summary)	English
<b>DE</b> (key words)	spruce bark beetles, biology, phenology, Phenips, overwintering, marking, flight barrier pheromone traps, dry, wet, selectivity, stumps, pilling branches
<b>GE</b> (geo. headings)	Republic of Croatia
<b>PT</b> (publication type)	Doctoral thesis
<b>VO</b> (volume)	I-LI + 324 pages + 83 tables + 238 pictures + 322 references

---

## ABSTRACT

When somebody speaking about bark beetles it is necessary to distinguish two different approaches. First one include bark beetles in category of a pests, and second one include bark beetles in category of insects with important ecologic role in forests ecosystems. Eight toothed spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) and six toothed spruce bark beetle (*Pityogenes chalcographus* L.) are the most important pests of spruce in whole Europe. Storms, snow breaks, forests fires and long term drought periods are most important outbreak triggers of spruce bark beetles. Weakened trees with poor defense system are colonized first. If this kind of breeding material becomes abundant bark beetles populations may increase beyond epidemic threshold and healthy standing trees can be successfully attacked and colonized. Because of this reason all suitable material need to be removed or piled just after the felling or thinning. It is not always implemented, due to either shortage in manpower or limited site accessibility.

The aim of research encompassed in this work was to approach the issue of protection spruce forests from the adverse impact of bark beetles in accordance with the principles of an integrated pest management. For this purpose research was conducted in spruce forests of Lika in Croatian mountain region inside the territory of Perušić forestry office in period from 2013. to 2015. Two experimental plots were set up on different elevations, first one in spruce culture at the elevation of 500 meters, and second one in natural uneven aged spruce stand at the elevation of 1100 meters.

The research included different biology and ethology aspects of two most important spruce bark beetle species. This study includes the bark beetle phenology using trap trees in spruce forests on different elevations; spatial distribution of bark beetle species on trap trees sections; using possibility of Phenips model for attack prediction and development of eight toothed spruce bark beetle; interconnection of eight toothed spruce bark beetle attack density with breeding success; impact of natural enemies abundance on populations mortality; overwintering niches; spatial distribution using marked beetles in mark/recapture experiments on the border between the national park North Velebit and surrounding management forests; comparing wet and dry type of widely used flight barrier black Theysohn® pheromone trap and monitoring possibility with different types of flight barrier pheromone traps; possibility of setting up a forests hygiene strategy after thinning or felling using two different methods of branches piling; validation of stump debarking as an integrated forests protection measure against bark beetles attack.

The development stage of egg, larvae, pupae and adult beetle can be easily separated in both bark beetle species. Three larvae instar by both bark beetle species was confirmed.

Eight toothed spruce bark beetle is bivoltine or polyvoltine species in spruce forests on lower elevation, and univoltine or bivoltine species on higher elevation with cooler climate. In each season both species develop at least one sister brood generation. Sister brood galleries are longitudinal uniramous without mating chamber.

Start of spring swarming was observed in mid May to mid June, while in the period of mid July to the beginning of August summer swarming was observed.

The egg instar is very short, less than one week. The larval development lasted between 14 and 30 days, mostly between 21 and 25 days on lower elevation, and lasted longer, between 22 and 36 days in higher elevation. Pupal stage lasted between one and two week on both elevation.

Full development period, egg to emerged adult beetle lasted between 42 and 68 days on lower elevation or between 50 and 72 days on higher elevation.

Six toothed spruce bark beetle is univoltine or bivoltine species in spruce forests on both elevations. The number of fully developed generations in one year mostly depend on weather conditions.

Spring swarming of six toothed spruce bark beetle was observed in the period of mid May to the middle of June on lower elevation, and between end of May and middle of June on higher elevation. In some years spring swarming on lower elevations was observed two weeks earlier. In the period of mid July to the beginning of August summer swarming was observed on lower elevation, while summer generation development of this species was not observed on trap trees on higher elevation. During the spring swarming period this species developing at least one sister brood generation. Sister brood galleries are uniramous without mating chamber.

While the eggs were observed during the first trap trees check at the following trap trees check for one week first larvae were hatched. It was concluded that the egg development period is very short, mostly 7 days. The larval development lasted between 14 and 49 days on lower elevation or between 20 and 48 days on higher elevation. Pupae development lasted between one and two week on both elevations.

Full development period egg to emerged adult in six toothed spruce bark beetle lasted between 35 and 70 days at lower elevation or between 50 and 84 days at higher elevation. Trunk segments with thick bark were mainly colonized by eight toothed spruce bark beetle, while six toothed spruce bark beetle colonized mostly upper trunk parts with thinner bark.

There was a statistical significant positive correlation between bark thickness and the number/density of entrance holes in eight toothed spruce bark beetle, while for six toothed spruce bark beetle statistical significant negative correlation was observed.

Six toothed spruce bark beetle is “satellite” species of eight toothed spruce bark beetle which had been adapted with different tools: probably detecting eight toothed spruce bark beetle aggregation pheromones or some component as kairomon; effective aggregation pheromones acts as repellent on eight toothed spruce bark beetle; because of small body size this species is capable to colonize very thin material which is not suitable for eight toothed spruce bark beetle because of bark thickness and phloem pour with sugars; this species using lenticels as a open entrance hole through thicker bark.

According to bark temperature observed phenology of eight toothed spruce bark beetle on trap logs and phenology obtained with Phenips model are overlapping very good. There is differences in onset of infestation, where model predict onset 4 or 5 days earlier if the bark temperature were used, or 16 to 18 days earlier if air temperature were used. Exposure of bark surface to direct sun light or shading effect can result with acceleration or development retardation.

Model predict start of sister brood development 5 to 12 days earlier, or 4 to 17 days later. Model imperfection is impossibility to predict attack density which is main trigger of sister brood onset.

According to model reproduction of eight toothed spruce bark beetle is aborted when photoperiod decreased below the threshold of 14,5 hours. While the air and phloem temperature are high enough the females hatching the eggs in galleries. It is possible that diapause is reflected in decreasing number of hatched eggs after shortage of photoperiod.

Despite deviations which could not be predicted by the model (shadowing effect, exposure of bark surface to direct sun light, onset of sister brood conditioned with attack density and phloem temperature, temperature of air and phloem in time of photoperiod shortage) can be used for prediction of attack and development of eight toothed spruce bark beetle, specially in stands raised outside optimal distribution areal of spruce where increasing number of successfully developed generations and enlarged epidemic risk can be expected.

Most of the eight toothed spruce bark beetle marked individuals were caught within less 200 meters, and only five percentage were caught more then one kilometer away. Beetles dispersed in all directions. The dispersal of longflying beetles was probably aided by wind.

Increase range of human activities in intensive management forests (removing wind felled, snow breaks, root rot damage trees or trees damaged with some other biotic and abiotic

factor) and decreased human activities inside the national park probably influence the migration, spatial distribution and flight duration of eight toothed spruce bark beetles between these two kind of forests.

Two overwintering niches of eight toothed spruce bark beetle were observed - under the bark of attacked trees and in the litter. With decreasing of elevation percentage of overwintering adults under the bark of attacked trees increasing – from peak mountain zone on Zavižan (50 %), across Štirovača (60 %) to the lowest elevation with spruce stands in Žitnik management unit (76-95 %). Sanitation felling as a hot spot recovery measure is necessary to implement in early autumn on higher elevations or during the winter and early spring on lower elevations.

Low attack density of eight toothed spruce bark beetle expressed as a number of galleries per square meter of bark does not mean always a high breeding success expressed as a number of daughters per mother ( $\text{♀}/\text{♀}$ ). While the gallery density was between 27 and 117 per square meter of bark reproduction success was 0,51 to 4,17  $\text{♀}/\text{♀}$ .

High mortality rate (up to 42 % of callow adults and in pupae and larvae between 70 to 100 %) which had been observed at low attack density is a consequence of preadult instars overwintering inability and high abundance of predator larvae. Majority of eight toothed spruce bark beetle males (74 %) copulating with two females as a adaption to avoid intraspecific competition between larvae.

The basic of forest protection against bark beetles is knowledge of bark beetle biology. Trap trees as a part of forest protection had been used for long period of time. Mature spruce trees felled in spring and left in the stands until the swarming period ends. When the trunks have been colonized they were removed from the stands before the young beetles complete the development. After development of the synthetic pheromone in most cases trap trees had been replaced with pheromone baited traps. Pheromone traps equipped with pheromone lure may be used in integrated forests protection for monitoring bark beetle populations or mass trapping and possible disruption of beetle infestation. In Croatia, as a part of integrated forest protection strategy classical black Theysohn® flight barrier pheromone traps are used for monitoring *I. typographus* populations in spruce forests.

Wet and dry flight barrier black Theysohn® pheromone traps can be applied in spruce bark beetle monitoring with approximately equal efficiency (expressed as a number of caught bark beetles individuals) and selectivity to two main predator species – ant beetle (*Thanasimus formicarius* L.) and *Nemozoma elongatum* L.

It had been confirmed that neither eight toothed spruce bark beetle or six toothed spruce bark beetle can escape from dry pheromone traps after they fall down in collecting box at the trap bottom.

Ant beetle can easily escape from collecting box of dry pheromone traps, while the escape abilities for *N. elongatum* was not observed. In all three positions which had been tested (stand, stand edge, clear area without forest tree inside a forest complex) wet and dry Theysohn<sup>®</sup> pheromone traps had shown the same trapping efficacy for both bark beetle species.

Monitoring of spruce bark beetle populations can be implemented with different type of tested flight barrier pheromone traps (black Theysohn<sup>®</sup>, brown WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>) with approximately the same efficiency (expressed as a number of caught bark beetles individuals), while the white WitaTrap<sup>®</sup> and cross Witaprall<sup>®</sup> „Ecco“ pheromone traps should be avoid because of significant reduced efficiency. The most selective pheromone trap in this research was cross Witaprall<sup>®</sup> „Ecco“ probably because of net which had a crucial influence on selectivity. Significant lowest selectivity to ant beetle had shown the multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> pheromone trap probably because bottle shape of hunting container. For predator species *N. elongatum* the most selective traps in reserach were multi funnel traps, but that was probably consequence of reduced efficiency because predators are attracted in pheromone traps with the quantity of prey.

Knowledge about population abundance level is therefore of great importance, specially when the weather conditions like long-lasting drought and storm felling can trigger population increase.

Traps baited with pheromone can be used for monitoring and assessing the risk of damage caused by bark beetles. Because of that it is important to define epidemic threshold for each aggressive bark beetle species based on the number of specimens caught in pheromone traps.

The aim of successful bark beetle control is to reach the beetle in all stages of its development. In principle all methods should be used together as a integrated system. The months September and October are the best time for harvesting and thinning because logging residues (branches, tops, and other waste) will dry and will be unattractive to the beetles until following spring, especially in nature uneven aged spruce forests stands where the using logging residues as a energy source is limited with terrain conditions.

If felling or thinning in spruce culture or natural uneven aged spruce stands need to be conducted in warmer part of year, it is recommended to set up a forest hygiene with pilling of suitable material, mostly branches with thicker branches part oriented to center of pile. The

most abundant species in piles was six toothed spruce bark beetle. Branches piling with thicker part oriented to pile center had shown a significant lower number of mating chambers compared to opposite branches piling method with thicker branches part oriented to pile edge. On this way attractive material will become unsuitable for bark beetle attack because of high moisture in center of piles. With branches piling number of entrance holes will be reduced, branches and tops don't disturbed the development of new spruce saplings generations, creating suitable habitat for saproxylic beetle and increasing the biodiversity of forests ecosystems. The much bigger piles of suitable material in Sweden which are mostly used as a fuel and had left during the summer to dry out did not influence the significant tree mortality, specially of younger trees caused by six toothed spruce bark beetle.

Stump debarking as a mechanical measure against bark beetle attack in integrated forest protection management had been applied in Croatian forestry for long period of years.

It is not necessary to conduct because of low bark beetle attack density and very few of them are successful. This method possibly increase the risk infection of root rot which can occur on left standing trees in stands and make a negative impact on saproxylic beetles which need a bark layer for egg hatching.

In spruce stands where terrain conditions doesn't influence machines moving all available wooden material as recent edge blowdowns, large broken tops and other suitable piece of wood should be removed out of stands because it's suitable breeding material. Spruce logs have to be removed out of stands as soon as possible or if logs storage should to be long, debarking the logs is recommended or keeping the logs wet with irrigation.

Forest hygiene establishment just after regular felling or thinning and removing of tress damaged by wind, snow, highlight or some others biotic and abiotic factors are most important part of integrated forest protection against bark beetle attack.

**SADRŽAJ:**

<b>INFORMACIJA O MENTORU .....</b>	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR.....</b>	<b>III</b>
<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....</b>	<b>V</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>VI</b>
<b>BASIC DOCUMENTATION CARD .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>XLIII</b>
<b>POPIS KRATICA .....</b>	<b>L</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Uvod u problematiku istraživanja .....	1
1.2. Areal glavne biljke hraniteljice - smreke ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.) u Europi i Hrvatskoj .....	3
1.3. Pronalazak stabala pogodnih za razvoj .....	4
1.4. Simptomi napada potkornjaka.....	6
1.5. Sustav obrane stabla domaćina .....	8
1.6. Životni ciklus potkornjaka – općenito.....	12
1.7. Metode integrirane zaštite šuma od potkornjaka s posebnim osvrtom na upotrebu feromonskih klopki .....	14
<b>2. PREDMET ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>16</b>
2.1. Biologija ciljanih vrsta potkornjaka kao predmet istraživanja.....	16
2.1.1. <i>Ips typographus</i> (Linné, 1758; Reitter, 1894) – smrekov pisar ili osmerozubi smrekov potkornjak.....	16
2.1.2. <i>Pityogenes chalcographus</i> (Linné, 1761; Bedel, 1888) – šesterozubi smrekov potkornjak.....	22
<b>3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>27</b>
<b>4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>28</b>



4.1. UŠP Gospić šumarija Perušić.....	28
4.1.1. G.j. Štirovača.....	30
4.1.1.1. Odsjek 6a.....	33
4.1.2. G.j. Žitnik.....	34
4.1.2.1. Odsjek 22a.....	37
<b>5. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>38</b>
5.1. Fenološka motrenja razvoja smrekovih potkornjaka na lovnim stablima.....	38
5.2. Usporedba fenologije smrekovog pisara s PHENIPS modelom.....	45
5.3. Prezimljavanja smrekovog pisara u lovnim stablima.....	47
5.4. Markiranje jedinki smrekovog pisara.....	50
5.5. Monitoring populacija smrekovih potkornjaka klasičnim suhim i modificiranim mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka.....	54
5.6. Monitoring populacija smrekovih potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopka.....	56
5.7. Metode uspostave šumskog reda i problematika otkoravanja panjeva.....	61
<b>6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>67</b>
6.1. Fenološka motrenja razvoja smrekovih potkornjaka u lovnim stablima.....	68
6.1.1. Fenološki prikaz razvoja smrekovog pisara u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.....	68
6.1.1.1. Usporedni prikaz fenologije smrekovog pisara i ulova feromonskih klopki u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.....	74
6.1.2. Fenološki prikaz razvoja šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.....	86
6.1.2.1. Usporedni prikaz fenologije šesterozubog smrekovog potkornjak i ulova feromonskih klopki u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.....	92
6.1.3. Distribucija promatranih vrsta smrekovih potkornjaka prema broju ulaznih rupa po sekcijama lovnih stabala u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.....	103
6.1.4. Korelacija debljine kore lovnih stabala i broja ulaznih rupa promatranih vrsta potkornjaka za razdoblje 2013. – 2015.....	118

6.1.4.1. Korelacija debljine kore lovnih stabala i broja ulaznih rupa smrekovog pisara .....	118
6.1.4.2. Korelacija debljine kore lovnih stabala i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka .....	119
6.2. Rezultati usporedbe fenologije smrekovog pisara s PHENIPS modelom.....	120
6.3. Više različitih aspekata prezimljavanja smrekovog pisara u lovnim stablima.....	126
6.4. Rezultati markiranja jedinki smrekovog pisara u gospodarskim šumama na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit .....	136
6.5. Rezultati monitoringa populacija smrekovih potkornjaka klasičnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka .....	147
6.5.1. Rezultati monitoringa populacija smrekovog pisara klasičnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka .....	150
6.5.2. Rezultati monitoringa populacija šesterozubog smrekovog potkornjaka klasičnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka.....	171
6.5.3. Selektivnost suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki prema predatorskoj entomofauni .....	191
6.6. Rezultati monitoringa populacija smrekovih potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopka.....	193
6.6.1. Rezultati monitoringa populacija smrekovog pisara različitim naletno barijernim feromonskim klopka.....	193
6.6.2. Rezultati monitoringa populacija šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopka .....	204
6.6.3. Selektivnost različitih naletno barijernih feromonskih klopki prema predatorskoj entomofauni.....	211
6.7. Metode uspostave šumskog reda.....	214
6.7.1. Usporedba rezultata po godinama istraživanja.....	216
6.7.2. Cjelokupni rezultati istraživanja po lokacijama pokusa.....	220
6.7.3. Temperatura i vlažnost u hrpama grana – analiza podataka datalogera.....	238
6.7.4. Otkoravanje i pregled panjeva.....	242
<b>7. RASPRAVA.....</b>	<b>245</b>
7.1. Fenološki ciklus istraživanih vrsta smrekovih potkornjaka u šumama Like .....	245

---

7.1.1. Fenološki ciklus smrekovog pisara .....	245
7.1.2. Fenološki ciklus šesterozubog smrekovog potkornjaka.....	249
7.2. Prostorna distribucija jedinki smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka po sekcijama lovnih stabala.....	251
7.3. Predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara pomoću PHENIPS modela .....	254
7.3.1. Vremenski pomak početka razvoja sestrinske generacije .....	256
7.3.2. Utjecaj temperature i dužine fotoperioda na reprodukciju smrekovog pisara .....	257
7.4. Prezimljavanje smrekovog pisara.....	259
7.4.1. Niše prezimljavanja smrekovog pisara .....	259
7.4.2. Uspjeh reprodukcije smrekovog pisara .....	260
7.4.3. Mortalitet populacije smrekovog pisara tijekom prezimljavanja.....	263
7.4.4. Galerijski sustavi smrekovog pisara.....	265
7.5. Prostorna disperzija jedinki smrekovog pisara na granici gospodarskih šuma i šuma posebne namjene unutar nacionalnog parka Sjeverni Velebit.....	265
7.6. Upotreba suhih i mokrih Theysohn® feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka .....	268
7.7. Mogućnost primjene različitih naletno barijernih feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka – smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka.....	270
7.8. Uspostava šumskog reda testiranim metodama nakon redovne sječe u smrekovim sastojinama .....	276
7.9. Atraktivnost panjeva potkornjacima i saproksiličnim kukcima, otkoravanje panjeva i opasnost od gljiva uzročnika truleži korijena.....	279
7.10. Uzgojno-biološke, mehaničko-tehničke i biotehničke mjere borbe protiv potkornjaka s posebnim osvrtom na mass trapping i upotrebu feromonskih klopki.....	284
7.11. Sanacija žarišta napada smrekovih potkornjaka.....	286
<b>8. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>288</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>293</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>322</b>

## POPIS SLIKA

Napomena: sve slike kod kojih nije naveden izvor autorsko su djelo.

Slika 1.	Areal obične smreke ( <i>Picea abies</i> ) u Europi ( <a href="http://www.euforgen.org">http://www.euforgen.org</a> ) ..... 3
Slika 2.	Djelovanje feromona u prirodi: a) primarni atraktanti ili kairomoni; b) populacijski feromoni ili feromoni agregacije; c) repelentni feromoni (prema Pernek 2000) (♂ - mužjak; ♀ - ženka)..... 5
Slika 3.	Žarišta napada smrekovih potkornjaka (krugovi koji se šire) kao posljedica ledoloma na području šumarije Tršće UŠP Delnice..... 6
Slika 4.	Simptomi napada potkornjaka: a) obilno lučenje smole oko ulaznih otvora vrste <i>Dendroctonus micans</i> (Kugelann, 1794); b) pilovina smeđe boje oko ulaznih otvora vrste <i>Ips typographus</i> ; c) ventilacijski otvori uzduž jednokrakog vertikalnog hodnika vrste <i>Scolytus ratzeburgi</i> (Janson, 1856); d) crvenilo krošnja dubčića stabala smreke; e) izletni otvori vrste <i>Ips typographus</i> ; f) dubčić stablo smreke s kojeg otpadaju veliki komadi kore, a krošnja je djelomično zelena ..... 7
Slika 5.	Anatomska bazirana obrana četinjača uzduž prostornog (od površine kore do bjelike) i vremenskog gradijenta (od pasivne do inducirane). Mali crno-bijeli kvadrati pokazuju u kojoj mjeri pojedina struktura obrane djeluje mehanički (bijeli) ili kemijski (crni). (izvor: prema Krokene, P. 2015: Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles, p.181. In: Bark beetles – biology and ecology of native and invasive species. Edited by: Vega, F. E. & Hofstetter, R. W., United Kingdom, Elsevier, p. 613) ..... 9
Slika 6.	Prikaz izbjegavanja vertikalnih smolnih kanala prilikom izrade vertikalnih galerija kod vrste <i>Dendroctonus ponderosae</i> (Hopkins, 1902): rg-galerija ispunjena smolom; rf-galerija bez smole; drd-isušeni smolni kanali; rd-smolni kanali (prema Berymann, 1972)..... 10
Slika 7.	Temeljni životni ciklus potkornjaka - udio svake pojedine faze u životnom ciklusu (prema Sauvard, D. 2004: General biology of bark beetles. p. 64. In: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire, J. C. & Evans, H. F. London, United Kingdom, Kluwer Academic Publisher, p. 569..... 12
Slika 8.	Princip rada: a) doletne i b) naletno barijerne feromonske klopke (prema Pernek, 2000)..... 15

Slika 9.	Imago osmerozubog smrekovog potkornjaka (slika a.); uvećani prikaz zubića na obroncima pokrivanja - po četiri zubića sa svake strane (slika b.) ..... 17
Slika 10.	Obronci pokrivanja s 8 zubića tri vrste roda <i>Ips</i> : a) <i>I. typographus</i> ; b) <i>I. amitinus</i> ; c) <i>I. cembrae</i> (Foto: B. Hrašovec)..... 18
Slika 11.	Kijačice tri vrste roda <i>Ips</i> : a) <i>I. typographus</i> ; b) <i>I. amitinus</i> ; c) <i>I. cembrae</i> (Foto: B. Hrašovec)..... 18
Slika 12.	Detalj striae i interstriae na pokrivanju potkornjaka: a) punktura striae; b) punktura interstriae; c) sredina pokrivanja; d) prva interstria; e) prva stria; f) druga interstria; g) druga stria (prema Pernek i dr. 2008) ..... 18
Slika 13.	Striae i interstriae tri vrste roda <i>Ips</i> : a) <i>I. typographus</i> ; b) <i>I. amitinus</i> ; c) <i>I. cembrae</i> (Foto: B. Hrašovec) ..... 19
Slika 14.	Bivoltni životni ciklus smrekovog pisara: a) imago prezimljava u šumskoj stelji ili pod korom napadnutih stabala; b) u proljeće mužjaci se ubušuju u trupce, vjetrom izvaljena stabla ili živa dubeća stabla i produciraju agregacijske feromone; c) novoformirana imaga potomaka napadaju stabla ili trupce i osnivaju drugu generaciju tijekom ljeta; d) nakon dovršetka razvoja imaga prezimljuju pod korom napadnutih stabala ili silaze u šumsku stelju (prema Christiansen i Bakke, 1988)..22
Slika 15.	Šesterozubi smrekov potkornjak: a) mužjak s izraženim zubićima na pokrivanju; b) ženka sa slabo izraženim zubićima na pokrivanju; c) pokrivanje mužjaka (odozgo) s tri izražena zubića na svakoj strani pokrivanja ( <a href="http://www.forestryimages.org">http://www.forestryimages.org</a> ; a) i c) Pest and Diseases Image Library ~ Bugwood.org; b) Maja Jurc ~ University of Ljubljana ~ Bugwood.org) ..... 26
Slika 16.	Područje UŠP Gospić (slika a.) i uvećani prikaz područja (slika b.) – područje UŠP prikazuje zeleni poligon ( <a href="http://javni-podaci-karta.hrsume.hr">http://javni-podaci-karta.hrsume.hr</a> )..... 29
Slika 17.	Područje šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleni poligon) i nacionalnog parka Sjeverni Velebit (nebojeni poligon) ( <a href="http://javni-podaci-karta.hrsume.hr">http://javni-podaci-karta.hrsume.hr</a> )..... 30
Slika 18.	Položaj g.j. Štirovača na području šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleno obojeni poligon) ( <a href="http://javni-podaci-karta.hrsume.hr">http://javni-podaci-karta.hrsume.hr</a> )..... 31
Slika 19.	Gorska smrekova šuma s pavlovcem u g.j. Štirovača (smrekova fitocenoza karakteristična za mrazišta) ..... 32
Slika 20.	Dimenzije stabala obične smreke u odsjeku 6a g.j. Štirovača (dominacija zrelih smrekovih stabala – promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 34,5 cm)..... 34

Slika 21.	Položaj g.j. Žitnik na području šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleno obojeni poligon) ( <a href="http://javni-podaci-karta.hrsume.hr">http://javni-podaci-karta.hrsume.hr</a> ).....	35
Slika 22.	Dimenzije stabala obične smreke u odsjeku 22a g.j. Žitnik (dominacija smrekovih stabala manjih prsnih promjera – promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 19,5 cm).....	37
Slika 23.	Debljina kore (mm) mjerena digitalnim pomičnim mjerilom.....	38
Slika 24.	Ulazne rupe potkornjaka na lovnom stablu obilježene sprejem različite boje prema datumima ubušivanja.....	39
Slika 25.	Razvojni stadiji smrekovog pisara: a) jaje; b) L <sub>1</sub> ličinka; c) L <sub>2</sub> ličinka; d) L <sub>3</sub> ličinka; e) kukuljica i f) mladi imago. (usporedba s entomološkom iglom za prepariranje kukaca broj 3 ukupne dužine 3,90 cm) .....	40
Slika 26.	Razvojni stadiji šesterozubog smrekovog potkornjaka: a) jaje; b) L <sub>2</sub> (mrtva) i L <sub>3</sub> (živa) ličinka; c) kukuljica; d) mladi imago (usporedba s entomološkom iglom za prepariranje kukaca broj 3 ukupne dužine 3,90 cm; e) višekraki zvjezdasti hodnik glavne generacije: bk – bračna komorica; m – majčinske galerije; l – larvalne galerije .....	41
Slika 27.	Majčinske galerije (m) sestrinskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka (slika a., b. i c.) – entomološke igle pod kutem označavaju ulaznu rupu (izostanak bračne komorice), a uspravne igle kraj jednokrakog hodnika sestrinske generacije.....	42
Slika 28.	Višekraki vertikalni hodnici smrekovog pisara: m – majčinske galerije; l – larvalne galerije; bk - bračna komorica (bijeli krugovi) karakteristična za glavne generacije .....	43
Slika 29.	Jednokraki hodnici (slika a. i b.) sestrinskih generacija smrekovog pisara – karakteristična odsutnost bračne komorice: m – majčinska galerija; l – larvalne galerije .....	44
Slika 30.	a) Dataloger KeyTag® KTL–108; b) i c) dataloger utisnut u ležište napravljeno ubodnim rezom motorne pile u dubećem stablu (bijele strelice označavaju toplinski senzor datalogera u zoni floema; d) dataloger prekriven otkoranim i učvršćenim kvadratom kore (bijeli kvadrat označava otkorani i ponovno učvršćeni kvadrat kore).....	45
Slika 31.	Duljina fotoperioda za grad Zagreb (koordinate 45° 48' N, 015° 58' E) – dan kraći od 14,5 sati 08.-og kolovoza ( <a href="http://www.fv01.dial.pipex.com/suntimes.htm">http://www.fv01.dial.pipex.com/suntimes.htm</a> ) .....	46

Slika 32. Otkorana sekcija duljine 1 m na 4 m dugačkom trupcu.....	47
Slika 33. Metoda označavanja dijelova galerijskog sustava smrekovog pisara pribadačama raznih boja: crvena – bračna komorica; plava – cjelovita galerija; zelena – polovična galerija; žuta – izlazne rupe.....	48
Slika 34. Ličinke roda <i>Medetera</i> (prepoznatljive po znaku u obliku slova V–bijela strelica).....	49
Slika 35. Ličinka mravastog kornjaša ( <i>Thanasimus formicarius</i> ) i slobodna kukuljica (pupa libera) smrekovog pisara .....	49
Slika 36. Uni paint® markeri korišteni za markiranje jedinki smrekovog pisara.....	50
Slika 37. Fotoeklektor s lovnom posudom na vrhu. Detalj prikazuje jedinke smrekovog pisara u lovnoj boci nakon izlaska iz fotoeklektora .....	51
Slika 38. Markirana jedinka smrekovog pisara Uni Paint® markerom – obojan pronotum (slika a.); jedinka smrekovog pisara obojena florescentinim prahom zelene boje pri ispuštanju (slika b.).....	52
Slika 39. Anemometar Kestrel® 4300B proizvođača Nielsen–Kellerman® s vjetruljom na stativu.....	52
Slika 40. Modificirana mokra naletno barijerna crna Theysohn® feromonska klopka s mrežicom na lovnoj posudi. Detalj prikazuje dno lovne posude koje je začepljeno silikonom .....	55
Slika 41. Shematski prikaz pokusa monitoringa populacija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopama postavljenim u linijskim transektima u g.j. Štirovača .....	58
Slika 42. Shematski prikaz pokusa monitoringa populacija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopama postavljenim u linijskim transektima u g.j. Žitnik.....	59
Slika 43. Vrste naletno barijernih feromonskih klopki korištenih u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka: a) crna Theysohn®; b) smeđa WitaTrap®; c) crna multi funnel WitaTrap® – 12 lijevaka; d) crna multi funnel WitaTrap® – 6 lijevaka; e) bijela WitaTrap®; f) cross Witapral® „Ecco“ .....	60
Slika 44. Sastojina smreke nakon redovne sječe u g.j. Štirovača odsjek 6a – neuspostavljanje šumskog reda nakon redovne sječe jedan je od glavnih uzroka „eksplozije“ gustoće populacije smrekovih potkornjaka .....	61
Slika 45. Gospodarenje ostacima sječe u Švedskoj (biomasa kao važan izvor energije) ....	62
Slika 46. Dataloger Log 20 Dostmann® electronic GmbH .....	62

Slika 47.	Primjenjene metode uspostave šumskog reda nakon sječe u sastojini smreke: a) metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema rubu hrpe; b) metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema sredini hrpe .....	63
Slika 48.	Potpuno otkorana pregledana grana s markiranim bračnim komoricama i galerijama potkornjaka .....	64
Slika 49.	Detalj otkorane uzorkovane grane s bračnom komoricom i 4 majčinske galerije s kukuljicama šesterozubog smrekovog potkornjaka .....	65
Slika 50.	Panj nakon sječe u sastojini smreke .....	65
Slika 51.	Otkorani panj: a) bez razvijenih galerija potkornjaka; b) otkorani panj s razvijenim višekrakim vertikalnim hodnikom smrekovog pisara (razvijene dvije majčinske galerije) - smola zaustavila razvoj ličinki.....	66
Slika 52.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2013. godinu .....	68
Slika 53.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2014. godinu.....	69
Slika 54.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2015. godinu.....	70
Slika 55.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2013. godinu.....	71
Slika 56.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2014. godinu.....	72
Slika 57.	Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2015. godinu.....	73
Slika 58.	Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu .....	74
Slika 59.	Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu .....	75
Slika 60.	Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu .....	76
Slika 61.	Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu .....	77



Slika 62. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova 13 feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu.....	78
Slika 63. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova 13 feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu.....	79
Slika 64. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu.....	80
Slika 65. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu.....	81
Slika 66. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu.....	82
Slika 67. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu.....	83
Slika 68. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu.....	84
Slika 69. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu.....	85
Slika 70. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2013. godinu .....	86
Slika 71. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2014. godinu .....	87
Slika 72. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2015. godinu .....	88
Slika 73. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2013. godinu .....	89
Slika 74. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2014. godinu .....	90
Slika 75. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2015. godinu .....	91
Slika 76. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu.....	92
Slika 77. Usporedni prikaz fenologije sestrinke generacije šestorozubog smrekovog potkornjaka i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu.....	93

Slika 78. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu.....	94
Slika 79. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu.....	95
Slika 80. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu .....	96
Slika 81. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu .....	97
Slika 82. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu.....	98
Slika 83. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu.....	99
Slika 84. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu...	100
Slika 85. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu	101
Slika 86. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu	102
Slika 87. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. , b. i c.) u g.j. Žitnik – proljetna generacija 2013. godina.....	103
Slika 88. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2013. godina.....	104
Slika 89. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – proljetna generacija 2014. godina .....	105
Slika 90. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2014. godina.....	106
Slika 91. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Žitnik – proljetna generacija 2015. godina.....	107
Slika 92. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2015. godina .....	108
Slika 93. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – III. generacija 2015. godina.....	109

Slika 94.	Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2013. godina .....	110
Slika 95.	Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – ljetna generacija 2013. godina .....	111
Slika 96.	Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2014. godina .....	112
Slika 97.	Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2015. godina .....	113
Slika 98.	Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnog stabla u g.j. Štirovača – ljetna generacija 2015. godina.....	114
Slika 99.	Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2013. godini: a) g.j. Žitnik, b) g.j. Štirovača.....	115
Slika 100.	Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2014. godini: a) u g.j. Žitnik, b) g.j. Štirovača.....	116
Slika 101.	Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2015. godini: a) g.j. Žitnik b) g.j. Štirovača.....	117
Slika 102.	Prikaz korelacije debljine kore lovnih stabla (mm) i broja ulaznih rupa smrekovog pisara .....	118
Slika 103.	Prikaz korelacije debljine kore lovnih stabla (mm) i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka .....	119
Slika 104.	Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2014. godina.....	121
Slika 105.	Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik – 2014. godina .....	122
Slika 106.	Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2015. godina.....	124
Slika 107.	Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2015. godina .....	125

Slika 108. Postotni prikaz galerijskih sustava s dvije, tri i četiri galerije .....	128
Slika 109. Utjecaj unutarvrstne kompeticije na uspjeh reprodukcije vrste <i>Tomicus piniperda</i> (prema Sauvard, D. 2004: General biology of bark beetles, p.77. In: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire J. C. & Evans, H. F. London, UK, Kluwer Academic Publisher, p. 569.....)	129
Slika 110. Usporedba uspjeha reprodukcije (♀/♀) smrekovog pisara po m <sup>2</sup> kore na pregledanim stablima. ....	130
Slika 111. Usporedba ukupne produkcije smrekovog pisara po m <sup>2</sup> kore na pregledanim stablima .....	131
Slika 112. Usporedba ukupnog broja galerija smrekovog pisara po m <sup>2</sup> kore na pregledanim stablima .....	131
Slika 113. Usporedba ukupnog broja ličinki predatora po m <sup>2</sup> kore na pregledanim stablima.....	132
Slika 114. Usporedba postotaka zimujućih imaga smrekovog pisara po m <sup>2</sup> kore pregledanih stabala.....	133
Slika 115. Usporedba postotaka zimujućih imaga smrekovog pisara u tlu na temelju broja izlaznih rupa po m <sup>2</sup> kore pregledanih stabala.....	133
Slika 116. Prikaz korelacije gustoće napada smrekovog pisara na lovnim stablima i broja zimujućih imaga u šumskoj stelji .....	134
Slika 117. Prikaz korelacije gustoće napada smrekovog pisara i broja ličinki predatora.....	135
Slika 118. Kartografski prikaz lokaliteta ispuštanja jedinki smrekovog pisara i položaja feromonskih klopki korištenih u pokusu markiranja na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit i g.j. Štirovača.....	138
Slika 119. Kartografski prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara u pojedinoj feromonskoj klopi s obzirom na lokalitet ispuštanja (plavo-crveni tortni grafikon za lokalitet ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit; žuto-plavi tortni grafikon za lokalitet ispuštanja - Petrašica) na dan 14. srpanj 2015. Plavi dio grafikona označava broj ponovno ulovljenih jedinki u pojedinoj feromonskoj klopi. Crvena strelica označava dominantne vjetrove iz smjera jugoistoka i sjeveroistoka tijekom ispuštanja markiranih jedinki smrekovog pisara. ....	139

Slika 120. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - Petrašica na dan 14. srpnja 2015. ....	140
Slika 121. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan 14. srpnja 2015.....	141
Slika 122. Prikaz kretanja temperature zraka i brzine vjetra na lokalitetu - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan markiranja 14. srpnja 2015. ....	142
Slika 123. Prikaz kretanja temperature zraka i brzine vjetra na lokalitetu - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan markiranja 15. kolovoza 2015....	143
Slika 124. Kartografski prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara u pojedinoj feromonskoj klopki s obzirom na lokalitet ispuštanja (plavo-crveni tortni grafikoni za lokalitet ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit, žuto-plavi tortni grafikoni za lokalitet ispuštanja - Petrašica) na dan 15. kolovoza 2015. Plavi dio grafikona označava broj ponovno ulovljenih jedinki u pojedinoj feromonskoj klopki. Crvena strelica označava dominantni vjetar iz smjera sjeverozapada tijekom ispuštanja markiranih jedinki smrekovog pisara. ....	144
Slika 125. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan 15. kolovoza 2015.....	145
Slika 126. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - Petrašica na dan 15. kolovoza 2015. ....	146
Slika 127. Usporedba ukupno ulovljenog broja jedinki smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama po poziciji feromonskih klopki u obje g.j.....	148
Slika 128. Usporedba ukupno ulovljenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama po poziciji feromonskih klopki u obje g.j.....	149
Slika 129. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Žitnik .....	150

Slika 130. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Žitnik ..... 151
Slika 131. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik ..... 151
Slika 132. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik ..... 152
Slika 133. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik ..... 153
Slika 134. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik ..... 154
Slika 135. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistini u g.j. Žitnik ..... 155
Slika 136. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Žitnik ..... 156
Slika 137. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Štirovača ..... 157
Slika 138. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Štirovača ..... 158
Slika 139. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača. 158
Slika 140. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača ..... 160
Slika 141. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača ..... 161

Slika 142. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača .....	162
Slika 143. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača .....	163
Slika 144. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Štirovača .....	164
Slika 145. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u obje g.j.....	165
Slika 146. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u obje g.j. ....	165
Slika 147. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.....	166
Slika 148. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j. ....	167
Slika 149. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskim sastojinama u obje g.j.....	168
Slika 150. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumskih sastojina u obje g.j. ....	169
Slika 151. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistinama u obje g.j.....	170
Slika 152. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016) .....	170

Slika 153. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Žitnik.....	171
Slika 154. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Žitnik .....	172
Slika 155. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik .....	172
Slika 156. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik.....	173
Slika 157. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik .....	174
Slika 158. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik .....	175
Slika 159. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistini u g.j. Žitnik .....	175
Slika 160. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Žitnik .....	176
Slika 161. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Štirovača.....	177
Slika 162. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Štirovača.....	178
Slika 163. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača.....	178



Slika 164. Uprosječeni ukupni ulovi šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača .....	180
Slika 165. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača .....	181
Slika 166. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača.....	181
Slika 167. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača .....	182
Slika 168. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Štirovača.....	183
Slika 169. Uprosječeni ukupni ulovi šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u obje g.j.....	184
Slika 170. Uprosječeni ukupni ulovi šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u obje g.j.....	184
Slika 171. Uprosječeni ukupni ulovi šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.....	185
Slika 172. Uprosječeni ukupni ulovi šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.....	186
Slika 173. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskim sastojinama u obje g.j.....	187
Slika 174. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumskih sastojina u obje g.j. ....	188

Slika 175. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na čistinama u obje g.j. ....	189
Slika 176. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016) .	190
Slika 177. Usporedni prikaz ukupnih ulova mravastog kornjaša ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016) .....	191
Slika 178. Usporedni prikaz ukupnih ulova vrste <i>Nemozoma elongatum</i> ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016).....	192
Slika 179. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki smrekovog pisara po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Žitnik .....	194
Slika 180. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki smrekovog pisara po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Štirovača.....	194
Slika 181. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Žitnik .....	195
Slika 182. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Štirovača.....	195
Slika 183. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u g.j. Žitnik .....	196
Slika 184. Uprosječene vrijednosti ukupnih ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik .....	197
Slika 185. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Žitnik .....	197
Slika 186. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn <sup>®</sup> , smeđa WitaTrap <sup>®</sup> , bijela WitaTrap <sup>®</sup> i cross Witapral <sup>®</sup> „Ecco“) u g.j. Žitnik .....	198

Slika 187. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopki i po mjesecima u g.j. Žitnik .....	199
Slika 188. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopama (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> s 12 lijevaka, crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u g.j. Štirovača.	200
Slika 189. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača.....	201
Slika 190. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Štirovača.....	201
Slika 191. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopama (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> , crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j. ....	202
Slika 192. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.....	203
Slika 193. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u obje g.j.....	203
Slika 194. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopama (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> s 12 lijevaka, crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u g.j. Žitnik .....	205
Slika 195. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik.....	205
Slika 196. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Žitnik .....	206

Slika 197. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u g.j. Štirovača ..... 207
Slika 198. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača ..... 208
Slika 199. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Štirovača..... 208
Slika 200. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> , crna Theysohn <sup>®</sup> i smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j..... 209
Slika 201. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j. .... 210
Slika 202. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u obje g.j..... 210
Slika 203. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova mravastog kornjaša ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> , crna Theysohn <sup>®</sup> , smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j..... 212
Slika 204. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova predatora <i>Nemozoma elongatum</i> ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> , crna Theysohn <sup>®</sup> , smeđa WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j..... 213
Slika 205. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama korištenih metoda slaganja po godinama istraživanja u obje g.j..... 216
Slika 206. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po godinama istraživanja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j. .... 217

Slika 207. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodi slaganja i godini istraživanja u obje g.j.....	218
Slika 208. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po godini istraživanja, vremenu pregleda uzorkovanih grana i korištenoj metodi slaganja u obje g.j. ....	219
Slika 209. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodi slaganja, vremenu pregleda uzorkovanih grana i godini istraživanja u obje g.j.....	219
Slika 210. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama za obje metode slaganja prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača .....	220
Slika 211. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u g.j. Štirovača....	221
Slika 212. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača.....	221
Slika 213. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača.....	222
Slika 214. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača .....	223
Slika 215. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjenoj metodi slaganja i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača.....	223
Slika 216. Uprosječene vrijednosti broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjenoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača .....	224
Slika 217. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjenoj metodi slaganja, vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u g.j. Štirovača.....	225

Slika 218. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik .....	226
Slika 219. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u g.j. Žitnik.....	227
Slika 220. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik .....	227
Slika 221. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovane grane u hrpi u g.j. Žitnik .....	228
Slika 222. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u g.j. Žitnik....	229
Slika 223. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjoj metodi slaganja i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Žitnik .....	230
Slika 224. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik .....	231
Slika 225. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjoj metodi slaganja, vremenu pregleda i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Žitnik.....	231
Slika 226. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j. ..	233
Slika 227. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u obje g.j.....	233
Slika 228. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j. ....	234
Slika 229. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.....	235

Slika 230. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.....	235
Slika 231. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j. ....	236
Slika 232. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjnoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j. ....	237
Slika 233. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja, vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.....	237
Slika 234. Usporedni prikaz temperature zraka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u sredini i na rubu hrpe grana.....	238
Slika 235. Usporedni prikaz relativne vlažnosti zraka ( $\pm 0,95$ interval pouzdanosti) u sredini i na rubu hrpe grana.....	239
Slika 236. Prikaz korelacije temperature zaka i relativne zračne vlage u centru hrpe grana .....	240
Slika 237. Prikaz korelacije temperature zraka i relativne zračne vlage na rubu hrpe grana .....	241
Slika 238. Širenje vrste <i>Heterobasidion annosum</i> putem korijenovih veza (prema Thor, 2005).....	280

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) meterološke postaje Zavižan za razdoblje od 1981. – 2005. godine .....	31
Tablica 2. Srednje temperature zraka (°C) po godišnjim dobima za meterološku postaju Zavižan u razdoblje od 1981. – 2005. godine .....	31
Tablica 3. Srednje mjesečne količine oborina u mm za meterološku postaju Zavižan u razdoblje od 1981. – 2005. godine .....	32
Tablica 4. Površine šumskih zajednica u g.j. Štirovača .....	32
Tablica 5. Prikaz zastupljenosti vrsta drveća prema drvnoj zalihi i prirastu u g.j. Štirovača.	33
Tablica 6. Prirast i drvena zaliha po vrstama drveća u odsjeku 6a .....	33
Tablica 7. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) meterološke postaje Gospić za razdoblje od 1961. – 1990. godine .....	35
Tablica 8. Srednje temperature zraka (°C) po godišnjim dobima za meterološku postaju Gospić u razdoblje od 1961. – 1990. godine .....	35
Tablica 9. Srednje mjesečne količine oborina u mm za meterološku postaju Gospić u razdoblje od 1961. – 1990. godine .....	36
Tablica 10. Prikaz zastupljenosti uređajnih razreda po drvnoj zalihi i prirastu u g.j. Žitnik .....	36
Tablica 11. Prirast i drvena zaliha po vrstama drveća u odsjeku 22a .....	37
Tablica 12. Sperman Rank korelacija debljine kore lovnih stabala (mm) i broja ulaznih rupa smrekovog pisara tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j. ....	118
Tablica 13. Sperman Rank korelacija debljine kore lovnih stabala (mm) i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j. ....	119
Tablica 14. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2014. godina .....	121
Tablica 15. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2014. godina .....	122



Tablica 16. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2015. godina .....	124
Tablica 17. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2015. godina .....	125
Tablica 18. Postotak prezimljavanja smrekovog pisara po uočenim razvojnim stadijima ....	126
Tablica 19. Postotak prezimljavanja smrekovog pisara po uočenim nišama prezimljavanja	126
Tablica 20. Mortalitet i vitalitet zimujućih stadija smrekovog pisara .....	127
Tablica 21. Odnos uspjeha reprodukcije smrekovog pisara ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ), broja predatora, galerija i ukupne produkcije po $\text{m}^2$ kore .....	129
Tablica 22. Sperman Rank korelacija gustoće napada smrekovog pisara i broja zimujućih imaga u šumskoj stelji .....	134
Tablica 23. Sperman Rank korelacija gustoće napada smrekovog pisara i broja predatora ..	135
Tablica 24. Broj markiranih i ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara po tehnikama sakupljanja (eklektor/hladnjak) za obje lokacije na dan 14. srpanj 2015.....	136
Tablica 25. Broj markiranih i ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara za obje lokacije na dan 15. kolovoza 2015.....	142
Tablica 26. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn <sup>®</sup> feromonskih klopki u g.j. Žitnik .....	150
Tablica 27. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka (mokre i suhe) u g.j. Žitnik .....	152
Tablica 28. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka.....	153
Tablica 29. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn <sup>®</sup> feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka .....	154
Tablica 30. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim feromonskim Theysohn <sup>®</sup> klopka na čistini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka .....	155

Tablica 31. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka.....	156
Tablica 32. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Štirovača.....	157
Tablica 33. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka (mokre i suhe) u g.j. Štirovača .....	159
Tablica 34. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka .....	160
Tablica 35. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka.....	161
Tablica 36. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka.....	162
Tablica 37. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka.....	163
Tablica 38. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u obje g.j.....	164
Tablica 39. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka (mokre i suhe) u obje g.j. ....	167
Tablica 40. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskim sastojinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka .....	168
Tablica 41. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumskih sastojina u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka.....	168

Tablica 42. Usporedba ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na čistinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka.....	169
Tablica 43. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016) .....	170
Tablica 44. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Žitnik.....	171
Tablica 45. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama (moke i suhe) u g.j. Žitnik .....	173
Tablica 46. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka.....	174
Tablica 47. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka.....	174
Tablica 48. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na čistini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka.....	175
Tablica 49. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka .....	176
Tablica 50. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Štirovača .....	177
Tablica 51. Rezultati ANOVA analize uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama (moke i suhe) u g.j. Štirovača.....	179

Tablica 52. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka .....	180
Tablica 53. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka.....	181
Tablica 54. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka.....	182
Tablica 55. Usporedba ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka .....	182
Tablica 56. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u obje g.j.....	183
Tablica 57. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka (moke i suhe) u obje g.j.....	186
Tablica 58. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka .....	187
Tablica 59. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumskih sastojina u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka .....	187
Tablica 60. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka .....	188
Tablica 61. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016).....	189

Tablica 62. Usporedba ukupnih ulova mravastog kornjaša ( <i>Thanasimus formicarius</i> ) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016).....	191
Tablica 63. Usporedba ukupnih ulova vrste <i>Nemozoma elongatum</i> u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016).....	192
Tablica 64. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim vrstama naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® sa 6 lijevaka) u g.j. Žitnik .....	196
Tablica 65. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim naletno barijernim feromonskim klopama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® sa 6 lijevaka, bijela WitaTrap®, cross Witapral® „Ecco“) u g.j. Žitnik .....	198
Tablica 66. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim naletno barijernim feromonskim klopama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® s 12 lijevaka) u g.j. Štirovača .....	200
Tablica 67. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara različitih naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap®) u obje g.j. ....	202
Tablica 68. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® s 12 lijevaka) u g.j. Žitnik .....	204
Tablica 69. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® sa 6 lijevaka) u g.j. Štirovača .....	207
Tablica 70. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopama (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap®) u obje g.j. ....	209

Tablica 71. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova mravastog kornjaša ( <i>Thanasimus formicarius</i> ) u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn <sup>®</sup> , smeđa WitaTrap <sup>®</sup> , multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j. ....	211
Tablica 72. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova predatora <i>Nemozoma elongatum</i> u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn <sup>®</sup> , smeđa WitaTrap <sup>®</sup> , multi funnel WitaTrap <sup>®</sup> ) u obje g.j. ....	213
Tablica 73. Podaci pregledanih grana po metodama i po godinama u obje g.j. ....	215
Tablica 74. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama korištenih metoda po godinama istraživanja u obje g.j. ....	216
Tablica 75. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u g.j. Štirovača ....	220
Tablica 76. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u g.j. Žitnik ....	226
Tablica 77. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j. ....	232
Tablica 78. Usporedba temperature zraka (svi sakupljeni podaci) u sredini i na rubu hrpe grana - t test neovisnih uzoraka ....	238
Tablica 79. Usporedba relativne vlažnosti zraka (svi sakupljeni podaci) u sredini i na rubu hrpe grana Mann-Whitney U testom ....	239
Tablica 80. Sperman Rank korelacija temperature zraka i relativne zračne vlage u centru hrpe grana ....	240
Tablica 81. Sperman Rank korelacija temperature zraka i relativne zračne vlage na rubu hrpe grana. ....	241
Tablica 82. Evidentirane vrste potkornjaka, broj ulaznih rupa, broj razvijenih galerija te fenološka opažanja na pregledanim panjevima u g.j. Štirovača tijekom trogodišnjeg istraživanja. ....	242
Tablica 83. Evidentirane vrste potkornjaka, broj ulaznih rupa, broj razvijenih galerija te fenološka opažanja na pregledanim panjevima u g.j. Žitnik tijekom trogodišnjeg istraživanja. ....	243

---

**POPIS KRATICA**

**ANOVA (analysis of variance)** – statistička metoda analize varijance

**BASF® The Chemical Company (Badische Anilin und Soda Fabrik)** - trenutno najveća svjetska kemijska kompanija sa sjedištem u Ludwigshafenu na Rajni.

**cm** – centimetar (izvedena jedinica za duljinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**cm<sup>2</sup>** – centimetar kvadratni ili četvorni centimetar (izvedena jedinica za površinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**d** – prsni promjer stabla mjeren na visini 130 centimetara od tla

**dd** – degree day (temperaturna suma stupanj dana potrebnih za potpuni razvoj potkornjaka)

**DHMZ** – Državni hidrometeorološki zavod (tijelo državne uprave, nacionalna meteorološka i hidrološka služba)

**G.J.** – gospodarska jedinica

**GPS (Global Positioning System)** – globali pozicijski sustav

**ha** – hektar (mjerna jedinica za površinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**km** – kilometar (izvedena jedinica za duljinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**K–W** – Kruskal–Wallis H neparametarski test

**m** – metar (osnovna jedinica za duljinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**m/s** – metara u sekundi (osnovna jedinica za brzinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**m<sup>2</sup>** – metar kvadratni ili četvorni metar (mjerna jedinica za površinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**m<sup>3</sup>** – metar kubični ili kubni metar (mjerna jedinica za volumen u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**m<sup>3</sup>/ha** – drvena zaliha u kubičnim metrima na 1 hektar površine

**ml** – mililitar (izvedena jedinica za volumen u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**mm** – milimetar (izvedena jedinica za duljinu u Međunarodnom sustavu mjernih jedinica)

**m.n.v.** – nadmorska visina (okomita udaljenost neke točke na Zemlji od srednje razine mora izražena u metrima)

**USB (Universal Serial Bus)** – univerzalna serijska sabirnica kao tehnološko rješenje komunikacije računala s vanjskim uređajima

**UŠP** – Uprava šuma podružnica



## 1. UVOD

### 1.1 Uvod u problematiku istraživanja

Šume su prirodni ekosustav unutar kojega su sva živa bića tijesno povezana i ovise jedni o drugima. Najrasprostranjeniji su kopneni ekosustav na Zemlji, sadržavaju 80 % biljne biomase Zemlje te su neprocjenjiv obnovljiv prirodni resurs koji udovoljuje oko 80 % ukupne kopnene bioraznolikosti našeg planeta (FAO, 2010; Pan i dr., 2013). Europa je kontinent s pošumljenošću od 35 % ukupne površine. Prema podacima prve nacionalne inventure šuma Republike Hrvatske šumovitost Hrvatske iznosi 45,6 % (2,58 milijuna ha) pri čemu na površinu šuma tj. obraslog šumskog zemljišta otpada 42,01 % (2,38 milijuna ha), dok neobraslo šumsko zemljište čini 3,59 % (203 141 ha) kopnenog dijela Hrvatske (Čavlović, 2010). Dominantan potkornjak toga prostranoga područja, podjednako važan s ekonomskog i ekološkog stajališta, nedvojbeno je smrekov pisar (*Ips typographus*) (Linné, 1758) (Christiansen & Bakke 1988). Republika Hrvatska može se podijeliti u tri zemljopisne regije, a samim time i njezine šume: nizinska, brdsko – planinska i mediteranska. U brdsko – planinskoj regiji Republike Hrvatske uglavnom nalazimo preborne sastojine obične jele i bukve te obične smreke kao prateće vrste. Smreka osim mješovitih sastojina s bukvom i jelom zbog svojih ekoloških zahtjeva tvori čiste sastojine na mrazištima. Uslijed utjecaja niza faktora u lancu propadanja ne samo smreke, već i obične jele, zdravstveno stanje ovih šuma ima trend stalnog pogoršavanja. Biotski (imela, kukci, gljive i dr.) i abiotski (zagađenje, dugotrajna sušna razdoblja, tla siromašna hranjivima, šumski požari i dr.) čimbenici u lancu šteta često se isprepleću i zavisno od slučaja do slučaja dovode do propadanja čitavih sastojina. U prebornim sastojinama u kojima dominira smreka važnu ulogu zauzimaju smrekovi potkornjaci – smrekov pisar (*I. typographus*) i šesterozubi smrekov potkornjak (*Pityogenes chalcographus*) (Linné, 1761). Potkornjaci (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) pripadaju grupi kukaca tipičnih za šumske ekosustave koja obuhvaća oko 6 000 vrsta i gotovo 250 rodova (Faccoli, 2015). Tijesna povezanost šuma četinjača sjeverne hemisfere i posebne skupine ksilofaga – potkornjaka uvelike je poznata i dokumentirana u stručnoj i znanstvenoj literaturi (Raffa i dr. 2008). Mala veličina tijela, veliki biološki potencijal, fleksibilnost biološkog ritma, simbioza s gljivama, prisutnost snažnih mandibula i zvačnog želudca samo su neke od evolucijskih prilagodba potkornjaka za ishranu drvnim tkivom (Faccoli, 2015). A. Schopf na entomološkom savjetovanju u Düsseldorfu 2001. prikazuje jedan od modela biološkog potencijala smrekovog pisara. Pernek (2002) u svom

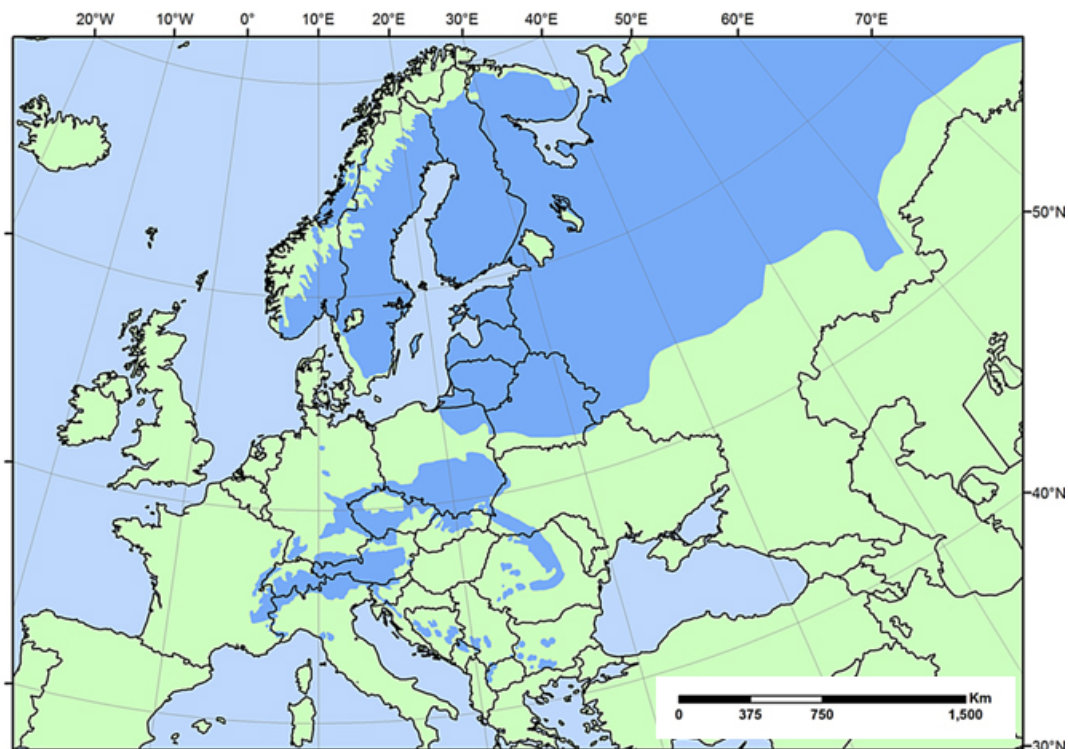
radu opisuje Schopfov model biološkog potencijala smrekovog pisara. U 1m<sup>2</sup> kore smreke ima mjesta za 200 materinskih hodnika smrekovog pisara. U F1 generaciji nastaje 8 000 novih jedinki, uz omjer spolova 1:1 nastaje 4 000 ženki (koje trebaju za izgradnju hodnika oko 50 m<sup>2</sup>) koje će razviti generaciju od 160 000 jedinki. Dakle od 200 ženki u početku u trećoj generaciji stradat će oko 50-tak stabala. U trećoj generaciji nastat će oko 3,2 milijuna jedinki koje trebaju 1 000 stabala za daljnji razvoj. Ovaj teoretski model ne uzima u obzir redukciju broja jedinki bilo prirodnim neprijateljima, bilo otpornošću samog stabla, ali pokazuje veliki biotički potencijal samog štetnika. Grégoire & Evans (2004) navode da je od smrekovog pisara u Europi između 1990. i 2001. godine stradalo 31 643 000 m<sup>3</sup> smreke, dok je od napada šesterozubog smrekovog potkornjaka stradalo 7 828 000 m<sup>3</sup> smreke u razdoblju od 1990. do 2000. Wood (1982) smatra kako potkornjaci posredno ili neposredno prouzrokuju 54 % odumiranja sastojina četinjača. Gledajući ekonomski utjecaj potkornjaci su predmet brojnih istraživanja još od početaka šumarske entomologije, a veliki dio upravo je bio usmjeren na njihovu biologiju. Uglavnom su sekundarni štetnici koji napadaju fiziološki oslabljena stabla ili stabla oštećena od snijega, ledoloma ili vjetroizvala. Međutim, kad poraste gustoća populacije prelaze iz sekundarnih u primarne štetnike i mogu napasti i usmrtili potpuno zdrava stabla (Schroeder & Lindelöw, 2002; Hedgren & Schroeder, 2004; Faccoli & Bernadinelli, 2011; Wermelinger, 2004; Eriksson i dr., 2008; i brojni drugi) . Često kod jakih napada nalazimo smrekova stabla s kojih je otpala kora, a krošnja je još uvijek zelena. Ova činjenica najbolje govori i potvrđuje brzinu njihova razvoja. Takav primjer ekstremnog napada potkornjaka nalazimo u starijim smrekovim sastojinama (50 ili 60 godina starosti), ali u zadnje vrijeme mlade smrekove sastojine sve češće su podložne ovom tipu napada. Kako se radi prvenstveno o sekundarnim štetnicima koji u određenim uvjetima postaju primarni, potkornjaci za svoj razvoj često biraju oborena stabla tj. oblovinu. Oblovina ili izrađeni tehnički sortimenti koji su pripremljeni za izvoz iz odjela ili transport s pomoćnih stovarišta idealan su drveni materijal za njihov razvoj. Nekad su se sortimenti otkoravali i na taj način kvalitetna smrekova oblovina bila je zaštićena od napada potkornjaka. Međutim, danas se od otkoravanja odustalo zbog sve veće produkcije drvnih sortimenata. Kemijske metode zaštite oblovine koje su korištene u prošlosti nisu prihvatljive u današnjoj praksi ekološki certificiranih i potrajno gospodarenih šuma. Kako su zabranjene kemijske metode postoje druge metode integrirane zaštite šuma od potkornjaka. Integrirana je zaštita sustav koji kombinira sve raspoložive metode zaštite bilja u cilju sprečavanja ekonomskih šteta, uz što manje poremećaje aktivnosti prirodnih neprijatelja, što manje onečišćenje okoliša te što manji

utrošak energije (Maceljčki i dr., 1983). Osim kemijskih mjera koje podrazumjevaju upotrebu insekticida postoje uzgojno-biološke, biotehničke i mehaničke mjere suzbijanja potkornjaka.

S ekološke točke gledišta potkornjaci su ključna točka funkcioniranja šumskih ekosustava: započinju i ubrzavaju proces raspadanje drva, tkiva koje se inače dosta teško razgrađuje; čine povoljne mikrouvjete za sapsoksilicne kukce; napadaju i usmrćuju oslabljena stabla te na taj način vrše selekciju genotipova stabala koja su primjerena staništu; utječu na kruženje dušika; signifikantno utječu na porast bioraznolikosti i na posljetku stabilnosti šumskih ekosustava. S druge strane, s ekonomske točke gledišta potkornjaci pripadaju najvažnijim šumskim štetnicima jer uzrokuju značajno propadanje šuma i gubitak drvne tvari. Sve ove okolnosti nameću potrebu istraživanja biologije odnosno razvojnoga ciklusa potkornjaka i razvoj novih metoda integrirane zaštite šuma od napada potkornjaka.

## 1.2. Areal glavne biljke hraniteljice - smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) u Europi i Hrvatskoj

Areal obične smreke u svijetu rasprostire se na više od 200 000 000 ha pa je ujedno i najzastupljenija vrsta drveća na Zemlji (Drvodelić i dr. 2014 prema Oršanić 2001). Areal smreke u Europi prema Rubneru (1932) može se podijeliti u tri područja: alpsko – jugoistočno europsko, herzynsko – karpatsko i nordijsko – baltičko (slika 1.).



Slika 1. Areal obične smreke (*Picea abies*) u Europi (<http://www.euforgen.org>)

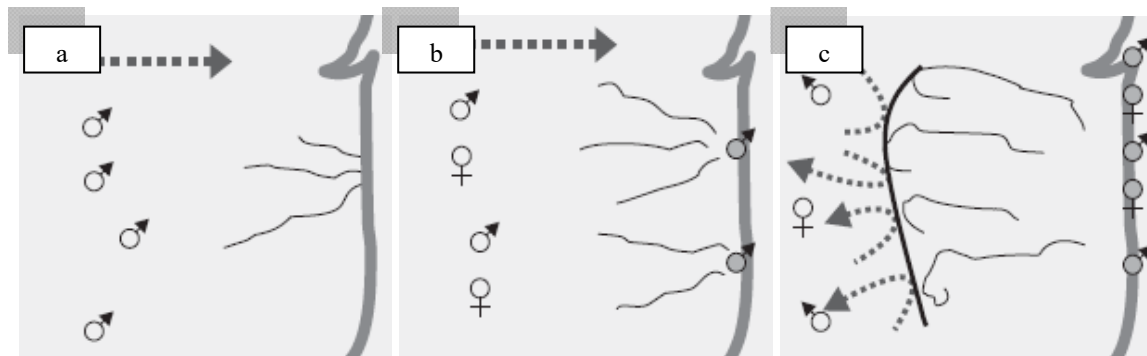
Obična smreka (*Picea abies* (L.) Karst) autohtona je četinjača koja u Hrvatskoj raste u gorskom i pretplaninskom vegetacijskom pojasu, uglavnom u mješovitim šumama s jelom i bukvom ili u manjoj mjeri tvori monodominantne smrekove šume (Vukelić & Rauš, 1998). Prema Čavloviću i dr. (2010) ukupna drvena zaliha smreke u Republici Hrvatskoj iznosi 13 200 000 m<sup>3</sup> što čini 2,4 % ukupnog drvnog volumena. Smrekova šuma s pavlovcem (*Aremonio – Picetum* Horvat 1938) jedna je od prvih opisanih fitocenoza u nas. To je fitocenoza širokih udolina u kojima je veća koncentracija hladnoga zraka, takozvanih mrazišta. Upravo je mikroklima temeljni razlog rasprostranjenosti tih šuma (Vukelić & Rauš, 1998). Jedne od prvih istraženih fitocenoza bile su sastojine u Štirovači na srednjem Velebitu. Osim u prirodnim šumama smreka u Hrvatskoj raste u šumskim kulturama četinjača na približno 750 000 ha (Matić & Skenderović, 1992). U Lici, Banovini, Gorskom kotaru i ostatku hrvatskog kontinentalnog područja približno 55 % kultura tvori obična smreka, najčešće u kombinaciji s drugim vrstama četinjača.

### 1.3. Pronalazak stabala pogodnih za razvoj

Kada je gustoća populacije niska, potkornjaci za svoj razvoj traže stabla koja su fiziološki oslabljena, bilo djelovanjem biotskih ili abiotskih čimbenika. Stabla stradala od snjegoloma, vjetroloma, vjetroizvala ili posječena oblovina koja ostaje u sastojinama duži vremenski period nakon sječe primarno su napadnuta u uvjetima niske gustoće populacije. Ukoliko su dostupne velike količine vjetrom izvaljenih ili na bilo koji drugi način oštećenih stabala gustoća populacije brzo raste i ubrzo potkornjaci napadaju potpuno zdrava stabla. Schroeder & Lindelöw (2002) navode da postoji linarna povezanost broja vjetroizvala koje je kolonizirao smrekov pisar i broja dubećih stabala koja su napadnuta i usmrćena kao posljedica ostavljanja vjetroizvala u sastojinama, u odnosu na sastojine u kojima su vjetrom izvaljena stabla bila uklonjena. U periodu od 4 godine dvostruko više dubećih stabala stradalo je od napada smrekovog pisara u sastojinama u kojima se nisu uklanjala vjetrom izvaljena stabla.

Važna činjenica biologije potkornjaka je poznavanje feromonske komunikacije između jedinki i načina na koji jedinke pronalaze oslabljena stabla koja su „razasuta“ po sastojini. Fiziološki oslabljeno stablo smreke luči specifične mirise–terpene (alfa i beta–pinen, limonen, mirken, delta–karen, felandren i dr.). Molekule terpena potkornjaci detektiraju uz pomoć osjetnih dlačica na ticalima i dijelovima usnog ustroja. „Sensile“ na ticalima i dijelovima usnog ustroja omogućuju potkornjacima odabir potencijalnog domaćina (npr. prije smreku nego bor; prije fiziološki oslabljeno nego odumrlo stablo). Sposobnost razlikovanja

kairomona koje luče različite vrste drveća čini potkornjake usko specijaliziranim štetnicima jedne ili više vrsta drveća koje često pripadaju istom rodu. Terpeni koje luči smreka još se nazivaju primarni atraktanti ili kairomoni i na njih reagiraju samo mužjaci (slika 2-a.) (Schlyter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000; Lukášová & Holuša, 2015; Paynter i dr., 1990). Mužjaci nakon što svladaju obranu stabla domaćina izgrizaju bračnu komoricu. Obje vrste, smrekov pisar i šesterozubi smrekov potkornjak poligamne su vrste što znači da jedan mužjak u bračnoj komorici kopulira s više ženki (Pfeffer, 1995). Prolaskom pilovine kroz probavni trak potkornjaka dolazi do sinteze populacijskih feromona (sekundarni atraktanti) ili feromona agregacije koji privlače i mužjake i ženke (slika 2-b.) (Schlyter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000). Kod većine vrsta potkornjaka samo jedinke jednog spola započinju napad i luče mješavinu kemijskih spojeva koja sadrži feromone agregacije (Byers i dr., 1989a).



Slika 2. Djelovanje feromona u prirodi: a) primarni atraktanti ili kairomoni; b) populacijski feromoni ili feromoni agregacije; c) repelentni feromoni (prema Pernek 2000) (♂ - mužjak; ♀ - ženka)

Nakon kopulacije ženke izgrizaju galerije i odlože jaja. Kako bi se izbjegla unutarvrsta kompeticija kada broj ubušenih potkornjaka naglo poraste potkornjaci počinju lučiti drugu vrstu feromona—antiagregacijske ili repelentne feromone (slika 2-c.) (Schlyter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000; Bakke, 1981). Na taj način preusmjeravaju napad nadolazećih potkornjaka i mužjaka i ženki na stabla u neposrednoj blizini. Formira se tzv. „žarište“ i to je upravo razlog zašto se kod masovnog razmnožavanja sušenje kreće u krugovima koji se brzo šire (Klimetzek & Vite 1989. prema Pernek 2000; Schlyter & Andebrandt, 1989). Međutim ovaj oblik feromonske komunikacije nije karakterističan za sve vrste potkornjaka. Za razliku od smekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka gdje mužjaci najprije izgrizu bračnu komoricu i luče feromone agregacije postoje vrste potkornjaka gdje ženke luče specifične feromonske komponente i uzrokuju atrakciju mužjaka. Kod vrsta *Dendroctonus brevicomis* (LeConte, 1876) i *Dendroctonus frontalis* (Zimmerman, 1868) ženke prve naseljavaju stabla i luče seksualne feromone koji privlače mužjake (Silverstein i dr. 1968;

Kinzer i dr. 1969). Kod vrste veliki borov srčikar (*Tomicus piniperda*) (Linné, 1758) ne postoje feromoni agregacije, već terpeni koje luči stablo domaćin uzrokuju atrakciju (Byers i dr. 1985; Löyttyniemi i dr. 1988).



Slika 3. Žarišta napada smrekovih potkornjaka (krugovi koji se šire) kao posljedica ledoloma na području šumarije Tršće UŠP Delnice

#### 1.4. Simptomi napada potkornjaka

Potkornjaci svladavaju obranu stabla domaćina iznenadnim i masovnim napadom. Napadnuta stabla ne moraju odmah pokazati specifične simptome napada, ali unutar nekoliko tjedana krošnja stabala koja su napadnuta u proljeće ili rano ljeto poprima žutu boju, zatim crvenu i na posljetku se u potpunosti osuši (slika 4-d.). Kod četinjača siguran simptom napada je osip zelenih iglica. Ukoliko se поблиže promatra deblo moguće je vidjeti ulazne rupe potkornjaka iz kojih ispada pilovina smeđe boje (slika 4-b.). Ukoliko je riječ o potkornjacima drvašima iz ulaznih otvora ispada pilovina bijele boje jer ovi potkornjaci razvijaju svoje hodnike u drvu i tipični su tehnički štetnici drva. Vrlo često oko ulaznih rupa potkornjaka kod četinjača moguće je vidjeti iscjedak smole (slika 4-a.) U slučaju napada druge ili treće generacije potkornjaka tijekom kasnog ljeta napadnuta stabla će zadržati zelenu boju krošnje tijekom jeseni i zime, odnosno neće pokazivati tipičnu promjenu boje krošnje. Krošnja će svoju boju promijeniti u proljeće, ali u međuvremenu će potkornjaci završiti svoj razvoj i napustiti stablo. Na takvim stablima istovremeno vidimo zelenu boju krošnje i velike komade kore koji otpadaju s debla kao posljedica brzog razvoja potkornjaka (slika 4-f.).



Slika 4. Simptomi napada potkornjaka: a) obilno lučenje smole oko ulaznih otvora vrste *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794); b) pilovina smeđe boje oko ulaznih otvora vrste *Ips typographus*; c) ventilacijski otvori uzduž jednokrakog vertikalnog hodnika vrste *Scolytus ratzeburgi* (Janson, 1856); d) crvenilo krošanja dubećih stabala smreke; e) izletni otvori vrste *Ips typographus*; f) dubeće stablo smreke s kojeg otpadaju veliki komadi kore, a krošnja je djelomično zelena

Osim karakterističnih simptoma na stablima u kojima se razvijaju potkornjaci kod nekih vrsta moguće je vidjeti ventilacijske otvore koji služe za prozračivanje hodnika (slika 4-c.). Na stablima u kojima su potkornjaci završili svoj razvoj i napustili stabla u potrazi za drugim stablom domaćinom vidljivi su izletni otvori (slika 4-e.)

### 1.5. Sustav obrane stabla domaćina

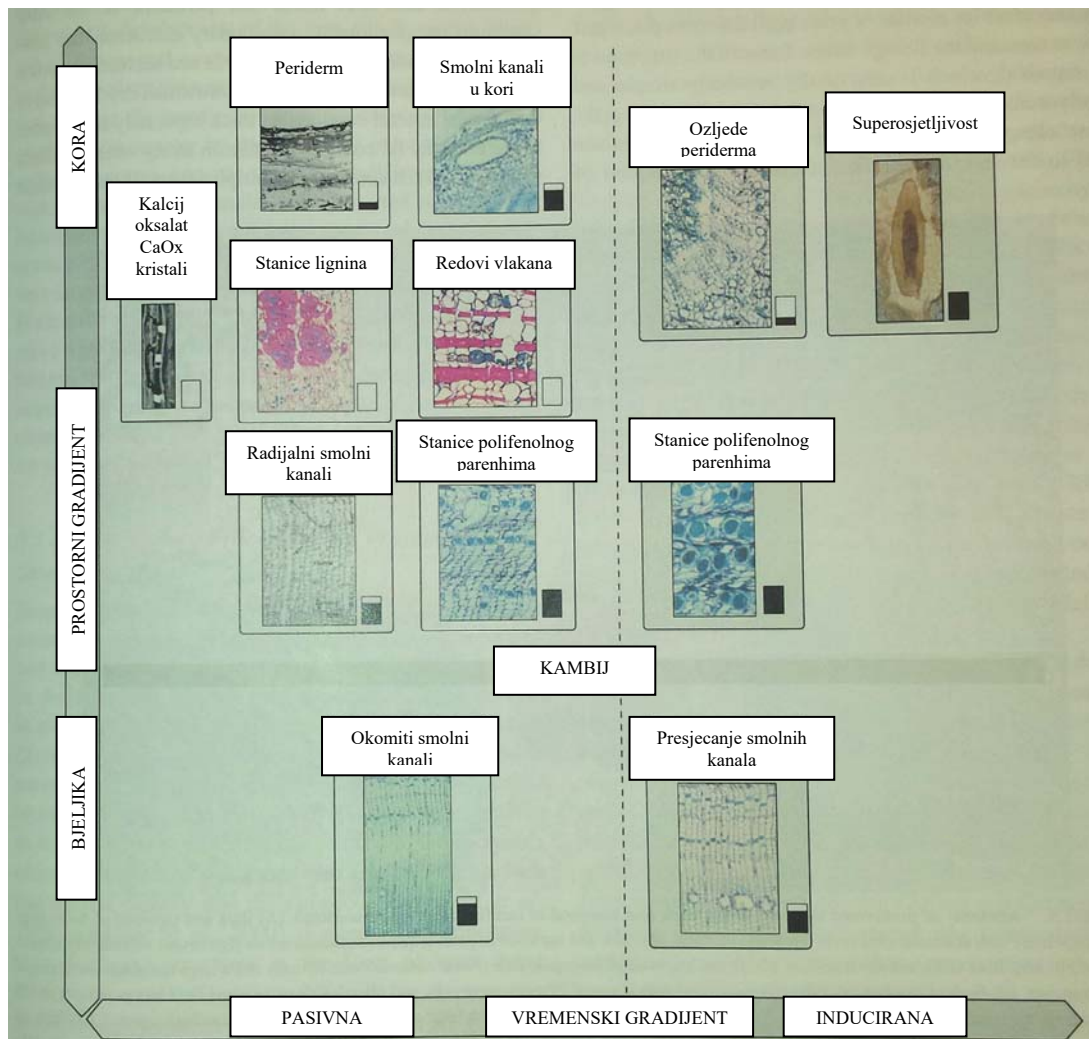
Kao i svi ostali živi organizmi, stabla su sposobna braniti sama sebe tijekom napada, odnosno tijekom procesa kolonizacije. Potkornjaci moraju nadvladati različite obrambene mehanizme stabala. Sustav obrane moguće je podijeliti u dvije skupine: sustav pasivne i sustav inducirane ili potaknute obrane (slika 5.).

Sustav pasivne obrane predstavlja prvu liniju obrane od potkornjaka. Npr. debljina kore često može biti odgovorna za neuspješne napade onih vrsta potkornjaka koji inače preferiraju gornje dijelove debla s tanjom korom. U sustavu pasivne obrane nezamjenjivu ulogu ima periderm, odnosno vanjski sloj kore. Periderm se sastoji od nekoliko slojeva stanica koje pružaju stablu otpornost na prodore kukaca i gljiva. U unutrašnjosti periderma je plutasti kambij (felogen), sekundarni meristem koji producira stanice kore (felem) prema van i drva prema unutra. Pluto je smeđi suhi sloj kore koji može biti debel i nekoliko centimetara posebice kod starih borovih stabala. Pluto sadrži višestruke slojeve mrtvih stanica čije su stijenke pojačane ligninom, suberinom i kalcijevim oksalatom te često sadrže velike količine fenola (Franceschi i dr., 2005). Kalcijev oksalat u kombinaciji s redovima vlakana u floemu vrsta iz porodice Pinaceae predstavlja svojevrsnu barijeru na napad potkornjaka (Hudgins i dr., 2003b). Periderm nije kontinuirani "štit" koji prekriva cijelu vanjsku površinu kore, već postoje otvori u peridermu koji služe za izmjenu plinova kroz površinu kore i zovu se lenticеле. Lenticеле nisu širom otvorene, ali predstavljaju slabu točku vanjske obrane. Rosner & Führer (2002) navode da šesterozubi smrekov potkornjak koristi lenticеле prilikom kolonizacije obične smreke, odnosno 93,2 % uspješnih napada bili su napadi kroz lenticеле. Ispod lenticela svi smolni kanali i primarni i sekundarni bili su reducirani. Niska vlažnost floema obične smreke može neutralizirati odlaganje jaja i razvoj vrste potkornjaka *D. micans* (Storer & Speight, 1996).

Sustav inducirane obrane zasniva se na dva anatomski sustava: sustav smolnih vrećica i smolnih kanala s terpenima (Johnson & Croteau, 1987) te sustav floemskog parenhima s komponentama fenola (Franceschi i dr., 1998). Sistem smolnih kanala je mreža međusobno



povezanih vertikalnih (u bjelici) i radijalnih (u bjelici i floemu) kanala oko kojih se nalaze stanice koje sintetiziraju smolu. U slučaju ožljeđivanja stabla ili napada potkornjaka smola se automatski oslobađa iz stanica. Vrste iz rodova *Abies*, *Tsuga*, *Cedrus* i *Pseudolarix* nemaju smolne kanale već imaju smolne žljezde u kori, dok vrste iz rodova *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea* i *Pinus* imaju dobro razvijene smolne kanale. Neke vrste potkornjaka, njihova jaja i ličinke su tolerantne na smolu (npr. *Dendroctonus valens* (LeConte, 1860)).



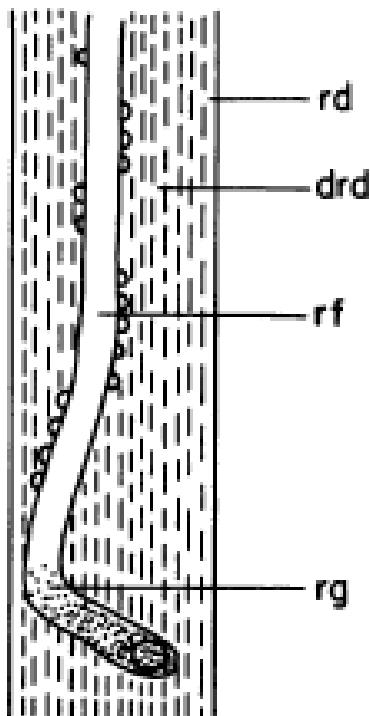
Slika 5. Anatomski bazirana obrana četinjača uzduž prostornog (od površine kore do bjelike) i vremenskog gradijenta (od pasivne do inducirane). Mali crno-bijeli kvadrati pokazuju u kojoj mjeri pojedina struktura obrane djeluje mehanički (bijeli) ili kemijski (crni). (izvor: prema Krokene, P. 2015: Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles, p.181. In: Bark beetles – biology and ecology of native and invasive species. Edited by: Vega, F. E. & Hofstetter, R. W., United Kingdom, Elsevier, p. 613)

Vertikalni kanali su brojniji što znači da luče i veće količine smole pa ovaj sustav obrane četinjača ovisi o tome kakav oblik hodnika izgrađuje vrsta potkornjaka koja napada stablo. Berrymann (1972) i Lieutier (1992) navode da smjer izrade galerija potkornjaka ima veoma važnu ulogu u funkcioniranju ovog sistema obrane. Npr. iscjedak smole obične smreke može zaustaviti napad velikog smrekovog potkornjaka (*D. micans*) zbog toga što ova vrsta izgrađuje familijarni oblik hodnika te presjeca radijalne smolne kanale i veliki broj vertikalnih smolnih kanala. Sustav je manje efikasan protiv vrsta koje izgrizaju vertikalne galerije iz razloga što su smolni kanali presječeni samo u početku napada. Npr. vrlo često se to može vidjeti kod napada smrekovog pisara na običnu smreku (Christiansen & Horntvedt, 1983).

Iscjedak smole može zaustaviti napad dvije vrste borovih potkornjaka *Ips sexdentatus*

(Börner, 1976) i *T. piniperda* samo u početku izgrizanja galerija (Schroeder, 1990; Lieutier i dr., 1995).

Parenhimske stanice floema luče različite fenole u trenutku kada potkornjaci ili gljive prodru u floem. Najjednostavniji mehanizam sustava inducirane obrane je lučenje smole. To je tipična reakcija stabla na stvaranje rane koja se pojavi nakon uzastopnog ozljeđivanja (npr. porast broja napada potkornjaka) i usljed koje se produciraju veće količine smole nego u slučaju pasivne obrane.



Slika 6. Prikaz izbjegavanja vertikalnih smolnih kanala prilikom izrade vertikalnih galerija kod vrste *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins, 1902): rg-galerija ispunjena smolom; rf-galerija bez smole; drd-isušeni smolni kanali; rd-smolni kanali (prema Berrymann, 1972)

“Superosjetljivost” četinjača na napad potkornjaka bila je predmet brojnih istraživanja. Reakcija četinjača je vidljiva kroz stvaranje zone impregnirane sa smolom uz istovremenu nekrozu stanica i u floemu i u bjelici ispred mjesta prodora potkornjaka i simbiotskih gljiva. Nastala zona je osiromašena sa šećerom i obogaćena s terpenima i fenolima koji uzrokuju sintezu i neosintezu spojeva koji ulaze u međustanične prostore stanica sitastih cijevi i

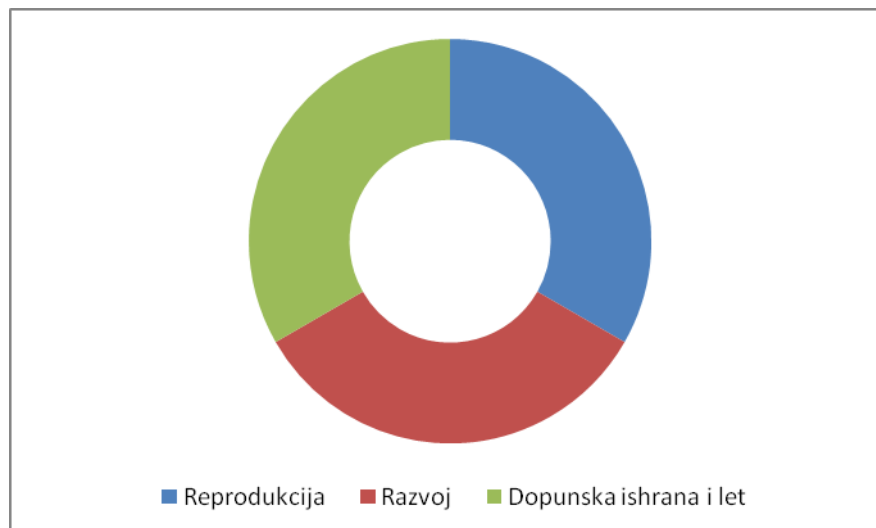
traheida i uzrokuju odumiranje stanica infektiranog tkiva. Reakcija završava s formiranjem periderma oko rane nakon što su potkornjaci zaustavljeni ili barem usporeni (Müllick, 1977; Lieutier 1993).

U Europi istraživanja "superosjetljivosti" četinjača provedena su na smreci i običnom boru. Superosjetljivost četinjača igra temeljnu ulogu otpornosti na napad potkornjaka (Christiansen & Hornvedt, 1983; Christiansen, 1985a; Christiansen i dr., 1987; Lieutier i dr., 1995; i brojni drugi). Parenhimske stanice floema imaju glavnu ulogu u sintezi, pohranjivanju i modifikaciji fenola kod ožljeđivanja stabala i kod pasivne i kod inducirane obrane (Franceschi i dr. 1998; 2000). Kako većina opisanih vrsta potkornjaka napada četinjače, o sustavu obrane listača na napad potkornjaka jako malo se zna. Između ostaloga stanje otpornosti stabla domaćina ovisi o nizu drugih čimbenika: starosti stabla, godišnjem dobu, gustoći sastojine u kojoj stablo raste, patogenima, kukcima koji uzrokuju defolijaciju, dostupnosti hranjiva i vode, vjetru, udarima groma, šumskim požarima, zagađenosti zraka i dr.

Za izbijanje epidemije smrekovog pisara lokalna populacija mora dosegnuti sigurnu gustoću kako bi „preskočila prag uspješnog napada“ na živim smrekovim stablima (Thalenhorst, 1958). Vrlo malo svjetskih vrsta potkornjaka su doista „agresivne“ i „primarne“ u smislu da mogu ubiti potpuno zdrava stabla. Potkornjaci imaju dva presudna oružja za napad u svom arsenalu: efektivne feromone agregacije i gljive koje im pomažu nadvladati obranu stabla domaćina (Berryman, 1972; Krokene, 1996). Vrijednosti praga uspješnog napada testirane su i na terenu za vrstu smrekov pisar na smreci te vrstu *T. piniperda* na običnom boru (Mulock & Christiansen, 1986; Långström i dr., 1992). Taj prag kod zdravih stabala iznosio od 300 do 850 napada po m<sup>2</sup> kore.

## 1.6. Životni ciklus potkornjaka – općenito

Životni ciklus potkornjaka svake generacije organiziran je oko temeljnog ciklusa s tri faze: reprodukcija, razvoj, dopunska ishrana i let. Temeljni životni ciklus (slika 7.) može biti jednom ili više puta godišnje ponovljen te biva prekinut prezimljavanjem.



Slika 7. Temeljni životni ciklus potkornjaka - udio svake pojedine faze u životnom ciklusu (prema Sauvard, D. 2004: General biology of bark beetles. p. 64. In: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire, J. C. & Evans, H. F. London, United Kingdom, Kluwer Academic Publisher, p. 569.

Faza reprodukcije započinje dolaskom odraslih potkornjaka na stablo domaćina. Općenito mjesto kopulacije potkornjaka ovisi o kojoj se vrsti potkornjaka radi. Kod poligamnih vrsta (*I. typographus*, *P. chalcographus*) mužjaci stižu prvi i izrađuju ulaznu rupu i bračnu komoricu u floemu u kojoj čekaju ženke. Omjer spolova tijekom reprodukcije varira od 1 do 4 ili više ženki po jednom mužjaku ovisno o vrsti i lokalnim uvjetima (Kirkendall, 1983). Nakon kopulacije kod ove dvije poligamne vrste potkornjaka svaka ženka izgriza svoju galeriju. Mužjaci kretanjem unatrag pomoću zubaca na pokriltju pomažu u čišćenju pilovine koja je nastala izgrizanjem (Wichmann, 1967). Iz toga razloga kod galerija ove dvije vrste potkornjaka moguće je vidjeti male jajne komorice u koje su položena jaja na obje strane galerije. Jajne komorice onemogućuju izbacivanje jaja prilikom čišćenja galerija. Mužjaci ne sudjeluju u izgrizanju galerija, već samo u njihovom čišćenju od pilovine.

Faza razvoja u potpunosti se odvija pod korom. Ličinke i kukuljice su nesposobne preživjeti izvan stabla domaćina. Postembrionalni razvoj je sličan kod svih vrsta potkornjaka, s 3 do 5 larvalnih stadija, ovisno o vrsti. Ličinke onih vrsta potkornjaka koje se hrane tankim slojem floema izgrizaju pojedinačne galerije koje su više ili manje okomite na majčinsku galeriju te zajedno čine specifični oblik galerijskog sustava. Ličinke se kukulje u unaprijed napravljenim komoricama za kukuljenje. Nakon kukuljice kroz kratko vrijeme javljaju se mladi kornjaši koji vrše dopunsku ishranu uglavnom na mjestu gdje su se razvili. npr. *I. typographus* i *P. chalcographus* vrše dopunsku ishranu pod korom napadnutih stabla hraneći se preostalim slojem floema kojeg nisu izgrizle majke prilikom izrade majčinskih galerija ili ličinke prilikom izrade svojih galerija i komorica za kukuljenje.

Period dopunske ishrane važan je zbog potpunog razvoja letnih mišića, reproduktivnih organa, stvaranja zaliha energije potrebnih za let i hitinizaciju. Druge vrste potkornjaka npr. vrste roda *Tomicus* dopunsku ishranu vrše izgrizajući srž jednogodišnjih borovih izbojaka (Långström, 1983a). Za razliku od spomenutih vrsta, vrste roda *Scolytus* dopunsku ishranu vrše u krošnjama brijestovih stabala nagrizajući koru na grančicama i rijetko pupoljcima. Vrste potkornjaka *Scolytus multistriatus* (Marshall, 1802) i *Scolytus scolytus* (Fabricius, 1775) prilikom dopunske ishrane u krošnje brijestovih stabala prenose spore gljive *Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf. i *Ophiostoma novo ulmi* (Brasier) koje uzrokuju traheomikozu i odumiranje brijestovih stabala (Solla & Gil., 2003; Moser i dr. 2010; i brojni drugi). Nakon završetka dopunske ishrane potkornjaci izgrizaju izletne hodnike i izletne otvore te započinju let do drugog stabla u kojem će osnovati drugu generaciju potkornjaka.

Razumijevanje temeljnog razvojnog ciklusa potkornjaka dodatno komplicira razvoj sestrinskih generacija. Ženke nakon izgrizanja galerija i polaganja jaja izlaze kroz ulazni otvor i na istom ili na drugom stablu izgrizaju jednu galeriju u kojoj odlože drugu seriju jaja. U pravilu su hodnici sestrinskih generacija kraći, bez bračne komorice (nije prisutan mužjak) i s manjim brojem odloženih jaja u odnosu na galerije glavne generacije. Prije polaganja sestrinskih generacija, ovisno o vrsti potkornjaka ženke vrše dopunsku ishranu ili pod korom izgrizajući floem ili u krošnjama stabala izgrizajući koru na tankim grančicama. Za neke vrste potkornjaka prezimljavanje kao dio biološkog ciklusa nije u potpunosti razjašnjeno. Smrekov pisar prezimljuje u stadiju odraslog imaga pod korom napadnutih stabala i u šumskoj stelji. Omjer zimujućih imaga pod korom napadnutih stabala i u šumskoj stelji varira s nadmorskom visinom (Hrašovec i dr., 2011).

## 1.7. Metode integrirane zaštite šuma od potkornjaka s posebnim osvrtom na upotrebu feromonskih klopki

Metode integrirane zaštite šuma od potkornjaka možemo podijeliti u 4 skupine mjera: uzgojno–biološke, kemijske, biotehničke i mehaničko–tehničke.

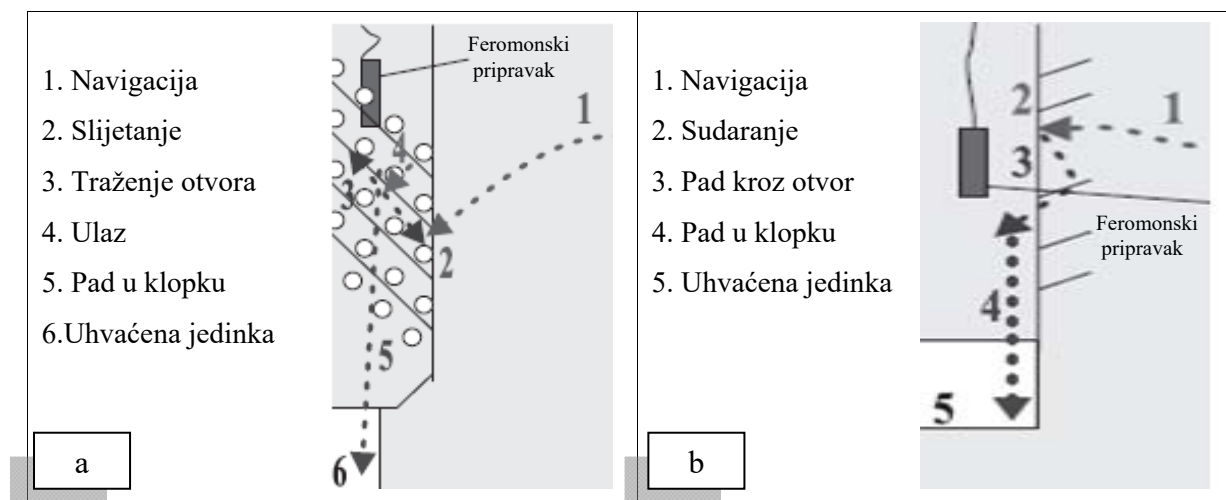
Uzgojno–biološke mjere obuhvaćaju sve uzgojne zahvate kojima se nastoji stvoriti sastojina stabilne strukture, odnosno sastojina u kojoj će stabla u starijoj dobi manje stradavati od ledoloma, vjetroloma i vjetroizvala te na taj način umanjiti količinu pogodnog materijala za razvoj potkornjaka. Kod osnivanja kultura crnogorice treba voditi računa o izboru vrste drveća, prvenstveno podizati mješovite sastojine te redovno provoditi zahvate njege u tek podignutim kulturama.

Kemijske mjere podrazumijevaju upotrebu insekticida koja je u današnje vrijeme potrajno gospodarenih i ekološko certificiranih šuma neprihvatljiva.

Mehaničko–tehničke mjere obuhvaćaju sve postupke kojima se pogodni materijal iz sastojina uklanja, otkorava ili spaljiva. Važna mehaničko–tehnička mjera je pravovremeno postavljanje lovnih stabala u kojima će se potkornjaci razviti, a koja će nakon toga biti otkorana, spaljena ili uklonjena iz sastojina. Ukupan broj lovnih stabala treba iznositi 1-10 % od ukupnog broja stabala koja su potkornjaci usmrtili u sastojini (Mihajlović, 2008).

Upotreba feromona i feromonskih klopki spada u biotehničke mjere zaštite šuma od potkornjaka. Početkom razvoja i upotrebe feromonskih klopki u zaštiti šuma od potkornjaka može se smatrati godina 1977. Bakke i dr. (1977) po prvi put navode kemijski sastav populacijskog feromona smrekovog pisara ((S)-cis-verbenol, ipsenol i 2-metil-3-buten-2-ol). Danas se na tržištu mogu naći različite izvedbe feromonskih klopki i feromonskih pripravaka. Feromonska klopka prvenstveno ima funkciju monitoringa populacije potkornjaka. Ona je svojevrsna zamjena za kemijske mjere jer prije svega većina dizajniranih feromonskih klopki su selektivne prema predatorima i parazitoidima. Prema Mihajloviću (2008) feromonske klopke služe za monitoring populacije, ali mogu imati istu funkciju kao i lovno stablo ovisno o broju postavljenih klopki po jedinici površine. Jedna klopka na površini od 15 ha ima funkciju monitoringa, dok jedna klopka na površini od 0,5 – 5 ha ima istu funkciju kao lovno stablo. Integrirana zaštita šuma od potkornjaka predstavlja kompleksan sustav gdje je upotreba feromonske klopke svojevrsna dopuna uzgojno-biološkim i mehaničko-tehničkim mjerama. Općenito feromonske klopke se po principu rada mogu podijeliti u dvije skupine-naletno barijerne i doletne. Naletno barijerne feromonske klopke predstavljaju barijeru u koju

potkornjak udara i kroz otvore na klopki pada u lovnu posudu na dnu klopke (slika 8-b.). Princip rada doletne klopke potpuno je drukčiji jer potkornjak na klopku sleti, zatim traži otvor na klopki kroz koji pada u lovnu posudu na dnu feromonske klopke (slika 8-a.). U praksi uglavnom se koriste naletno barijerne feromonske klopke za monitoring populacije potkornjaka. U hrvatskome šumarstvu za monitoring populacija smrekovih potkornjaka (*I. typographus*, *P. chalcographus*) uglavnom se koristi crna naletno barijerna Theysohn® feromonska klopka (THEYSOHN Kunststoff GmbH, J.F.Kennedy Straße 50, 38228 Salzgitter, Niedersachsen, Deutschland) s feromonskim pripravcima Pheroprax® i Chalcoprax® (BASF Aktiengesellschaft, Unternehmensbereich Pflanzenschutz, 67056 Ludwigshafen, Deutschland). Testiranje učinkovitosti i selektivnosti različitih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki jedan je od ciljeva ovog istraživanja.



Slika 8. Princip rada: a) doletne i b) naletno barijerne feromonske klopke (prema Pernek, 2000)

## 2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Biologija ciljanih vrsta potkornjaka kao predmet istraživanja

#### 2.1.1. *Ips typographus* (Linné, 1758; Reitter, 1894) – smrekov pisar ili osmerozubi smrekov potkornjak

Sinonimi: *Dermestes typographus* (Linné, 1758)

*Bostrichus octodentatus* (Paykull, 1800)

*Bostrichus typographus* (Ratzeburg, 1837)

*Cumatotomicus typographus* (Ferrari, 1867)

*Tomicus typographus* (Eichhoff, 1878)

Sistematska pripadnost obje vrste smrekovih potkornjaka prema suvremenoj entomološkoj sistematici (Fauna Europaea):

Carstvo: Animalia (životinje)

Koljeno: Arthropoda (člankonošci)

Razred: Hexapoda (kukci)

Podrazred: Pterygota (krilaši)

Red: Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci)

Podred: Polyphaga (polifagi)

Porodica: Curculionidae (pipe)

Podporodica: Scolytinae (potkornjaci)

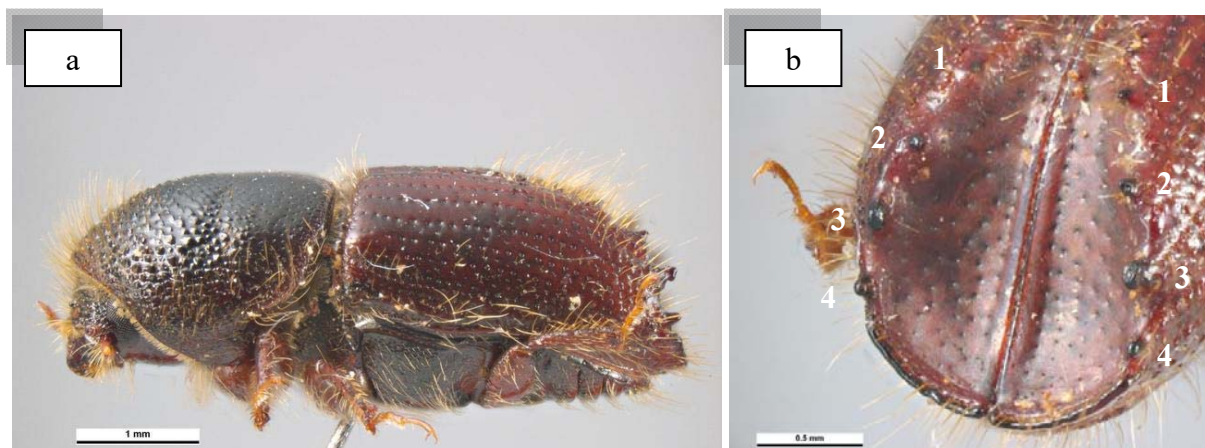
Pleme: Ipini

Rod: *Ips*

Rod: *Pityogenes*

Hrvatski naziv osmerozubi smrekov potkornjak proizlazi iz ukupnog broja zubića koje ova vrsta ima na obroncima pokrilja. Naime, sa svake strane na obroncima pokrilja vrsta ima po četiri zubića od kojih je treći na vrhu dugmetasto proširen. Radi se o srednje velikoj vrsti potkornjaka čija su imaga veličine 4,2-5,5 mm. Valjkastog je oblika i crnosmeđe do crne boje. Premda se uspješno može razvijati pod korom više vrsta iz rodova *Picea* i *Pinus* (Pfeffer 1995 prema Hrašovec i dr., 2011) smrekov pisar najčešće napada smreku. Raširen je diljem Europe i Azije (Weslien & Schroeder, 1999).





Slika 9. Imago osmerozubog smrekovog potkornjaka (slika a.); uvećani prikaz zubića na obroncima pokrivanja - po četiri zubića sa svake strane (slika b.)

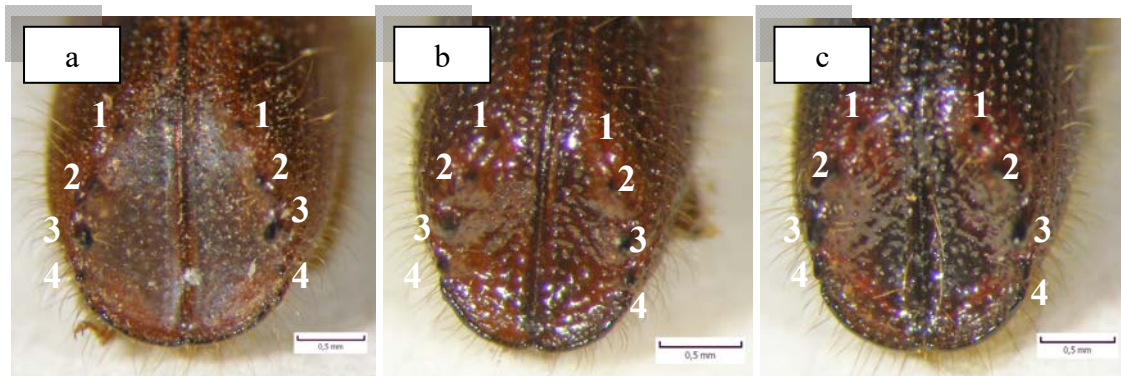
(a – <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5462972>)

(b – <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5462973>)

U Hrvatskoj iz roda *Ips* osim vrste smrekov pisar dolaze vrste: *Ips sexdentatus* (Börner 1976) – dvanesterozubi borov potkornjak (5,5-8 mm); *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) – trozubi borov potkornjak (2,2-3,9 mm); *Ips cembrae* (Heer, 1836) – osmerozubi arišev potkornjak (4,5-6,0 mm) i *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871) – mali osmerozubi smrekov potkornjak (3,5-4,8 mm).

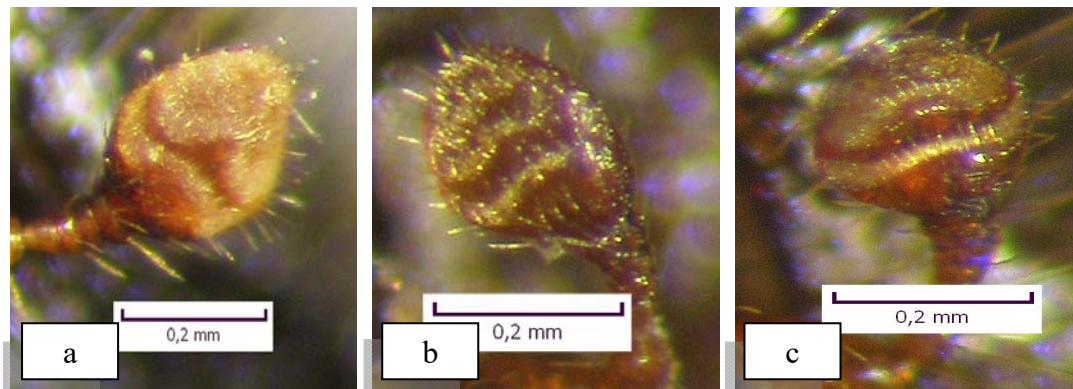
Prema Pfeferu (1995) u Hrvatskoj prisutna je još jedna vrsta ovog roda - *Ips mannsfeldi* (Wachtl, 1879) (3,0-3,4 mm). Navedeni izvor je jedini izvor koji navodi prisutnost ove vrste u Hrvatskoj. Ova vrsta također sa svake strane na obroncima pokrivanja ima četiri zubića. Radi se o nešto manjoj vrsti kod koje su drugi i treći zubić na obroncima pokrivanja spojeni u bazi (važna karakteristika za razlikovanje od ostalih vrsta s osam zubića). U Europi iz ovog roda pridolaze još dvije vrste s osam zubića na obroncima pokrivanja koje nisu trenutno prisutne u Hrvatskoj: *Ips hauseri* (Reitter, 1894) (4,0-4,7 mm) i *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) (3,2-4,00 mm).

Smrekovog pisara ili osmerozubog smrekovog potkornjaka vrlo je jednostavno razlikovati od dvanaesterozubog ili trozubog borovog potkornjaka po broju zubića na pokrivanju. Međutim, preostale dvije vrste (*I. cembrae* i *I. amitinus*) ne mogu se razlikovati po broju zubića na obroncima pokrivanja od smrekovog pisara jer sve tri vrste imaju ukupno osam zubića, odnosno četiri zubića na obroncima pokrivanja sa svake strane. Imaga ovih vrsta potkornjaka podjednake su veličine. Moguće ih je razlikovati po tri karakteristike: obronak pokrivanja (engl. declivity), linije na kijačici (engl. sutures on club) te striae i interstriae (Pfeffer, 1995).



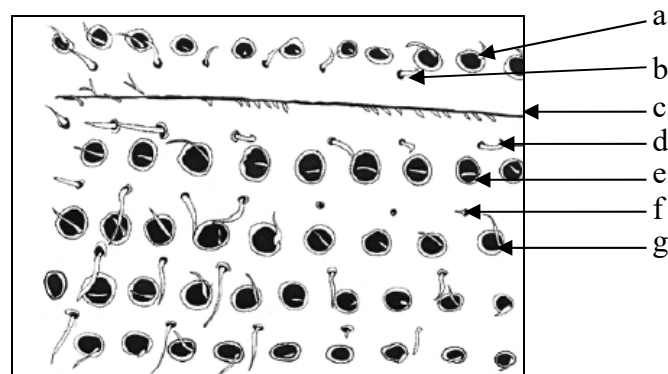
Slika 10. Obronci pokrilja s 8 zubića tri vrste roda *Ips*: a) *I. typographus*; b) *I. amitinus*; c) *I. cembrae* (Foto: B. Hrašovec)

Kod vrste *I. typographus* obronak pokrilja je mat boje (bez sjaja) (slika 10-a.); kod vrste *I. amitinus* obronak pokrilja je izrazito sjajan (slika 10-b.), a kod vrste *I. cembrae* obronak pokrilja je sjajan s dugačkim dlakama na sredini obronka (slika 10-c).

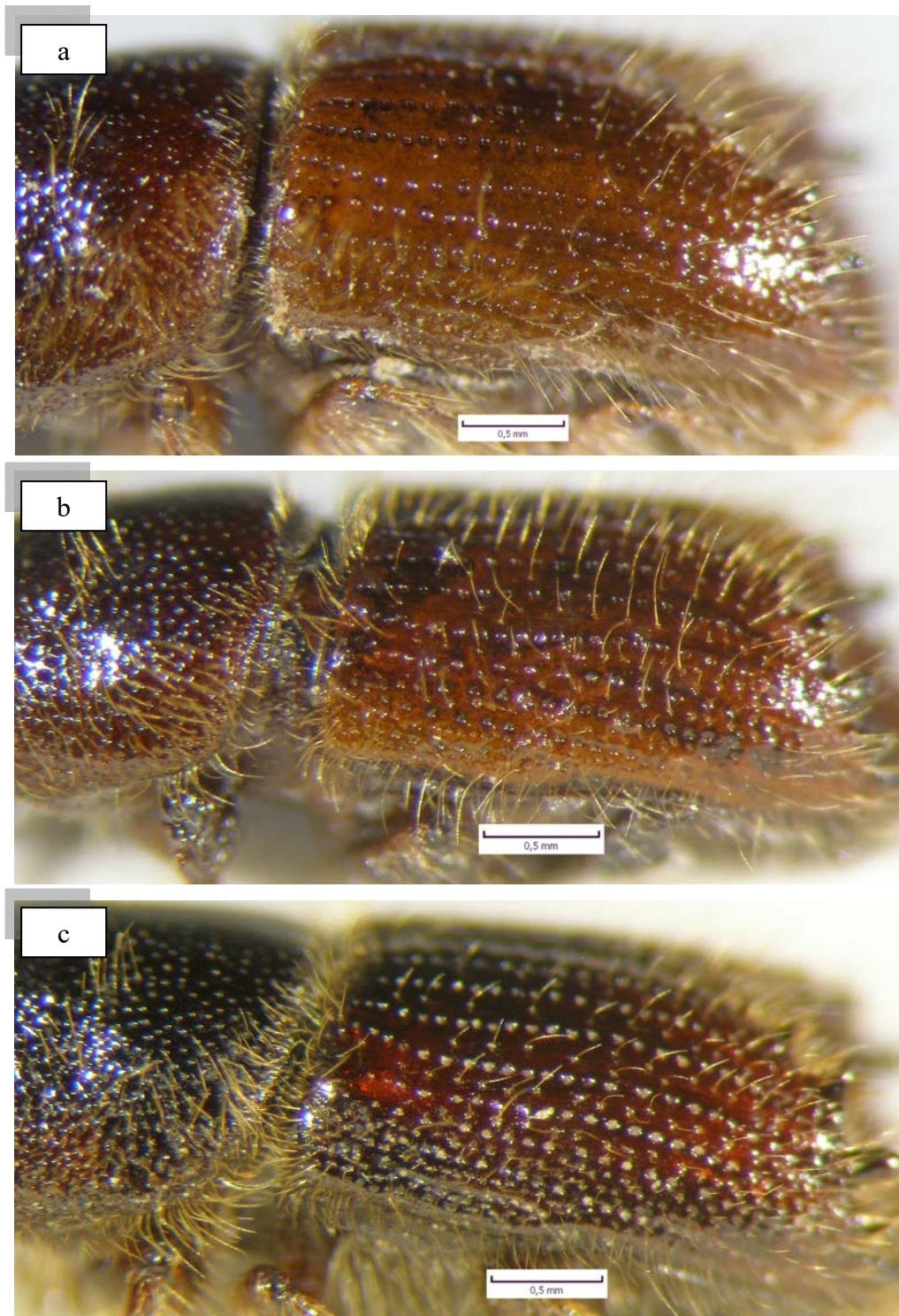


Slika 11. Kijačice tri vrste roda *Ips*: a) *I. typographus*; b) *I. amitinus*; c) *I. cembrae* (Foto: B. Hrašovec)

Kijačice sve tri navedene vrste imaju po dvije linije. Kod vrste *I. typographus* donja linija je ravna, a gornja usko valovita (slika 11-a.); kod vrste *I. amitinus* obje linije su ravne (slika 11-b.); kod vrste *I. cembrae* donja linija je ravna, a gornja je široko valovita (slika 11-c.).



Slika 12. Detalj striae i interstriae na pokrilju potkornjaka: a) punktura striae; b) punktura interstriae; c) sredina pokrilja; d) prva interstria; e) prva stria; f) druga interstria; g) druga stria (prema Pernek i dr. 2008)



Slika 13. Striae i interstriae tri vrste roda *Ips*: a) *I. typographus*; b) *I. amitinus*; c) *I. cembrae* (Foto: B. Hrašovec)

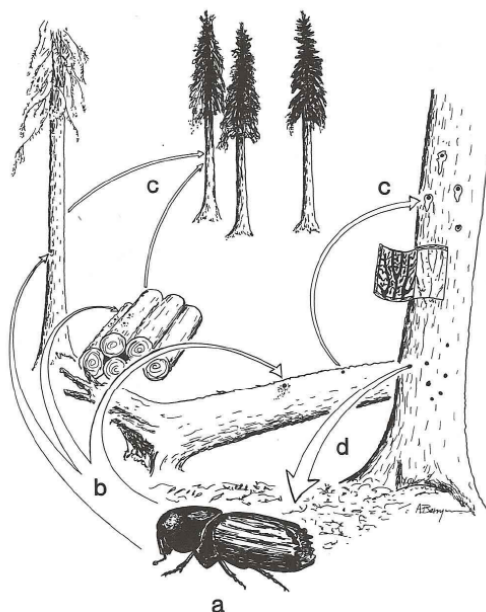
Nešto je teže razlikovati mužjake od ženki kod smrekovog pisara. Schlyter & Cederholm (1981) navode tri karakteristike razlikovanja spolova. Ženke imaju gušće dlake na antenalnom dijelu nadvratnog štita (pronotum) od mužjaka (greška 4 %); frontalne tubecele značajno su veće u mužjaka (greška 22,5 %) i treći zubić na obroncima pokrilja veći je kod mužjaka (greška 44 %).

Inovativnija metoda razlikovanja spolova ove vrste potkornjaka je razlika težine mužjaka i ženki. Između mužjaka i ženki uzetih iz galerija postoji statistički značajna razlika težine u svježem i osušenom stanju gdje je dokazano da su ženke teže 42 % u odnosu na mužjake zbog jajašaca u tijelu (Bednarz & Kacprzyk, 2012). Postoje pokušaji determinacije spola smrekovog pisara pomoću morfometrije koji nisu polučili rezultate. Na temelju uzorka veličine 110 jedinki provedena su morfometrijska mjerenja (težina, dužina pokrivanja, širina pokrivanja, dužina nadvratnog štita i širina nadvratnog štita). Kluster analiza (CLU) i analiza glavnih sastavnica (PCU) nisu pokazale korelaciju mjerenih parametara i utvrđenog spola pomoću seciranja i pregleda genitalija (Zahradníková, 2014). Mnogi autori (Annilla, 1971; Botterweg 1983; Lobinger 1996; Faccoli & Buffo, 2004) navode seciranje potkornjaka i pregled genitalija kao najpouzdaniju metodu razlikovanja spolova smrekovog pisara.

Smrekov pisar je najvažniji štetnik smreke u Europi (Christiansen & Bakke, 1988; Wermelinger, 2004; Wermelinger i dr., 2012; Persson i dr., 2009; Gutowski & Krzysztofiak, 2005; Andebrandt, 1985; Montano i dr., 2016; Schroeder, 2013; Faccoli & Stergulc, 2004, 2006; Faccoli & Bernardinelli, 2014; Mezei i dr., 2012; Borowski & Podlaski, 2011; Němec i dr., 1993; Öhrn, 2012; Weslien & Schroeder, 1999; Paynter i dr., 1990; Grégoire & Evans, 2004; Baier i dr., 2009; Faccoli, 2009; i brojni drugi). U većini srednjoeuropskih šuma bivoltna je vrsta što znači da kroz jednu godinu razvije dvije pune generacije (Anilla, 1969; Christiansen & Bakke 1988; Andebrandt, 1986), dok je na sjeveru Europe ova vrsta univoltna (Anilla, 1969; Schroeder, 2013; Andebrandt, 1986). Prvenstveno je riječ o sekundarnom štetniku koji napada fiziološki oslabljena stabla, stabla koja su stradala od vjetroloma, ledoloma ili vjetrom izvaljena stabla (Gutowski i dr., 2005; Lindelöw & Weslien, 1986; Weslien & Lindelöw, 1990; Weslien i dr., 1989). Velike količine pogodnog materijala s oslabljenim sustavom obrane omogućuju ovoj vrsti porast gustoće populacije (Komonen i dr., 2011). Kada poraste gustoća populacije ova vrsta je sposobna napasti i usmrtniti potpuno zdrava stabla, odnosno nadvladati obranu zdravih dubećih stabala (Lindelöw i Weslien, 1986; Weslien i Lindelöw, 1990; Botterweg, 1982; Weslien i dr., 1989). Broj vjetroizvala koje je kolonizirao smrekov pisar linearno je povezan s brojem naknadno odumrlih dubećih stabala koja su napadnuta i usmrćena kao posljedica ostavljanja vjetroizvala u sastojinama (Schroeder & Lindelöw, 2002). Rizik od usmrćivanja stabla znatno je veći na rubovima sastojina (Jakuš, 1998; Schroeder & Lindelöw, 2002). Potkornjaci se hrane floemom koji je najbogatiji šećerom i komponentama dušika (Andebrandt i dr., 1985). Vjetrom izvaljena stabla pogodna su za rast populacije smrekovog pisara jer floem stabala većim dijelom nije oštećen, za razliku od stabla koja stradaju u šumskim požarima (Eriksson i dr., 2008).

Vrsta prezimljuje u stadiju odraslog imaga pod korom napadnutih stabla ili u šumskoj stelji (Christiansen & Bakke 1988; Hrašovec i dr. 2011). Istraživanja su pokazala da većina populacija srednje i južne Europe prezimljuje ispod kore (Zumr, 1982b; Faccoli, 2002), dok na sjeveru Europe populacije radije prezimljavaju u šumskoj stelji (Anilla, 1969; Botterweg 1982). Proljetni let započinje kada temperatura zraka pređe 16,5 °C (Wermelinger, 2004; Baier i dr., 2007; Lobinger, 1994) ili 20 °C (Anilla, 1969; Christiansen & Bakke, 1988). Ovisno o geografskom položaju u različitim dijelovima Europe proljetni let potkornjaka se zbiva od travnja do lipnja. Kolonizacija stabala i feromonska komunikacija potkornjaka objašnjena je u poglavlju 1.3. Nakon kopulacije u bračnim komoricama ženke izgrizaju vertikalne galerije. Mužjak u bračnoj komorici kopulira s više ženki (Lukášová & Holuša, 2015; Wermelinger, 2004; Pfeffer, 1995; Weslien 1994; Hedgren, 2002) pa broj vertikalnih hodnika na jednoj bračnoj komorici ovisi o tome s koliko ženki mužjak kopulira. Optimalan odnos predstavljaju tri ženke na jednog mužjaka (Wermelinger, 2004). Na zidovima galerija vidljive su mala udubljenja, tzv. jajne komorice u koje ženka odlaže jaja. Dok ženke izgrizaju galerije i odlažu jaja, mužjaci ne napuštaju bračne komorice odnosno galerije. Kretanjem unatrag u galerijama mužjak pomoću zubića na pokrilju čisti hodnike od pilovine. Sama svrha jajne komorice koja je utisnuta u zidove galerija je sprečavanje izbacivanja jaja prilikom čišćenja galerija. Jedna ženka odloži od 30 do 80 jaja (Cheraghian, 2013), 30 do 50 jaja (Zumr & Soldán, 1981), oko 60 jaja u galeriji (Lukášová i dr., 2015; Andebrant & Löfqvist, 1988), do 80 jaja u galeriji (Wermelinger, 2004) ili čak 100 jaja u galeriji (Andebrant, 1990). U sestrinskoj generaciji ženka položi prosječno 42 jaja (Andebrant & Löfqvist, 1988). Dovršenom galerijom kod smrekovog pisara smatra se galerija s minimalno 20 jaja (Mills, 1986). U prosjeku ženka odloži jaje u galeriji svaka 2 mm (Kolk & Starzyk, 1996).

Temperaturni pragovi za odlaganje jaja su različiti prema nekim autorima: 10,6 °C (Wermelinger, 1998); 11,4 °C (Wermelinger & Seifert, 1999) i 8,3 °C (Baier i dr., 2007). Ženke nakon što odlože seriju jaja napuštaju galeriju te na istom ili na drugom stablu izgrizaju drugu ili treću galeriju u koju polažu drugu odnosno treću seriju jaja (Christiansen & Bakke, 1988; Wermelinger & Seifert, 1999). Ovako položene serije jaja smatraju se sestrinskim generacijama. Postoje brojni navodi da osniva barem jednu sestrinsku generaciju (Martinek, 1956, 1957; Annilla 1969; Kritsch 2005; Botterweg, 1982; Netherer i dr., 2001). Hodnike sestrinske generacije karakterizira izostanak bračne komorice. Annila (1969) proučava broj larvalnih stadija smrekovog pisara. Na temelju uzorka od 872 ličinke izvršeno je mjerenje širine kapsule na glavi ličinke te je utvrđeno da smrekov pisar ima tri stadija ličinke. Nakon trećeg presvlačenja ličinka se zakukulji. Stadij kukuljice traje 1 do 2 tjedna (Annilla, 1969),



nakon čega se izlegu svijetlosmeđa imaga. Svijetlosmeđa imaga dopunski se hrane pod korom napadnutih stabala. U onim dijelovima Europe gdje je smrekov pisar bivoltna vrsta nakon dopunske ishrane imaga smrekovog pisara napuštaju stablo i pronalaze drugo stablo domaćina. Ljetno rojenje se uglavnom događa početkom ili sredinom mjeseca srpnja.

Slika 14. Bivoltni životni ciklus smrekovog pisara: a) imago prezimljava u šumskoj stelji ili pod korom napadnutih stabala; b) u proljeće mužjaci se ubušuju u trupce, vjetrom izvaljena stabla ili živa dubeća stabla i produciraju agregacijske feromone; c) novoformirana imaga potomaka napadaju stabla ili trupce i osnivaju drugu generaciju tijekom ljeta; d) nakon dovršetka razvoja imaga prezimljuju pod korom napadnutih stabala ili silaze u šumsku stelju (prema Christiansen i Bakke, 1988).

### 2.1.2. *Pityogenes chalcographus* (Linné, 1761; Bedel, 1888) – šesterozubi smrekov potkornjak

Sinonimi: *Dermestes chalcographus* (Linné, 1761)

*Bostrichus xylographus* (Sahlberg, 1836)

*Bostrichus bicolor* (Chevrolat, 1838)

*Ips spinosus* (DeGeer, 1775)

*Scolytus sexdentatus* (Olivier, 1795)

Hrvatski naziv šesterozubi smrekov potkornjak proizlazi iz ukupnog broja zubića koje ova vrsta ima na pokrilju. Na obroncima pokrilja sa svake strane ova vrsta ima po tri zubića. Mužjaka i ženku jednostavno je razlikovati jer su ti zubići jako izraženi kod mužjaka, dok kod ženke su slabo izraženi u vidu malih tubecela na pokrilju (Pfeffer, 1995; Avtzis i dr., 2010; Jarošik & Honěk, 2007). Osim toga čelo kod mužjaka je ravno, dok kod ženke je vidljivo trokutasto ulegnuće (Avtzis i dr., 2010; Pfeffer, 1995). Jedan od mogućih načina determinacije osim po zubićima na pokrilju i udubljenju na čelu je težina jedinki jer su ženke

signifikantno teže od mužjaka (Kacprzyk & Bednarz, 2015) vjerovatno zbog potpuno razvijenih jaja u abdomenu (Zumr & Soldán, 1981). Prema Pfefferu (1995) dolazi na različitim vrstama rodova *Picea*, *Pinus*, *Larix* i *Pseudotsuga*. Odrasla imaga su tamnokestenjaste boje, veličine 1,8-2,5 mm.

Kod roda *Pityogenes* prilikom determinacije mogu se izdvojiti 4 grupe (Pfeffer, 1995)

1) *Pityogenes chalcographus* grupa – razmak između prvog i drugog para zubića na pokrildju je jednak, manji ili veći od razmaka drugog i trećeg para zubića na pokrildju.

Vrste: *Pityogenes chalcographus* – razmak je jednak.

*Pityogenes saalasi* (Eggers, 1914) (2,0-2,3 mm) – razmak je manji.

*Pityogenes trepanatus* (Nördlinger, 1848) (2,2-2,5 mm) – razmak drugog i trećeg para zubića je 1,5 puta veći od razmak prvog i drugog para zubića (Grüne, 1979).

Iz ove grupe u Hrvatskoj dolazi vrsta *P. chalcographus*, dok za vrstu *P. trepanatus* Pfeffer (1995) navodi da dolazi u srednjoj Europi, ali do sada nije zabilježena u Hrvatskoj.

2) *Pityogenes irkutensis* grupa – razmak između prvog i drugog para zubića na pokrildju je polovina razmaka drugog i trećeg para zubića na pokrildju (Grüne, 1979).

Vrste. *Pityogenes irkutensis monacensis* (Fuchs, 1911) (2,0-2,5 mm)

*Pityogenes irkutensis irkutensis* (Eggers, 1910) (1,8-2,3 mm)

Iz ove grupe u Hrvatskoj do sada nisu zabilježene navedene vrste.

3) *Pityogenes bidentatus* grupa – srednji par zubića kukast, dok su prvi i treći par gotovo nevidljivi.

Vrste: *Pityogenes bidentatus* (Herbst, 1784) (2,0-2,8 mm)

*Pityogenes pennidens* (Reitter, 1889) (2,0-2,5 mm)

U Hrvatskoj iz ove grupe dolazi vrsta *P. bidentatus* – dvozubi borov potkornjak, dok druga vrsta za sada nije zabilježena.

4) *Pityogenes bistridentatus* grupa – tri para zubića na pokrildju, od kojih su jedan ili dva para kukasti.

Vrste: *Pityogenes bistridentatus* (Eichhoff, 1878) (2,2-2,8 mm)

*Pityogenes quadridens* (Hartig, 1834) (1,6-2,2 mm)

*Pityogenes porifrons* (Eggers, 1933) (2,0-3,3 mm)

*Pityogenes calcaratus* (Eichhoff, 1878) (2,0-2,8 mm)

*Pityogenes conjunctus* (Reitter, 1887) (2,2-2,8 mm)

*Pityogenes spessivtsevi* (Lebedev, 1926) (2,7-3,5 mm)

Iz ove grupe u Hrvatskoj dolaze vrste *P. calcaratus*, *P. bistridentatus*, *P. quadridens*, dok za vrstu *P. conjunctus* Pfeffer (1995) navodi da dolazi u srednjoj Europi, a do sada nije zabilježena u Hrvatskoj. Ostale vrste ove grupe nisu do sada zabilježene u Hrvatskoj.

Pripada plemenu Ipini koje obuhvaća neke od najštetnijih vrsta potkornjaka (Avtzis i dr., 2010). Uz smrekovog pisara jedan je od najvažnijih i najčešćih štetnika smreke u Europi (Grodski, 1997; Göthlin i dr. 2000; Hedgren 2004; Hedgren i dr. 2003; Grégoire & Evans, 2004; Schroeder, 2001, 2013; Zubrik i dr., 2008; Byers, 1995; Pfeffer, 1995; Zumr, 1992; Christiansen & Bakke, 1988; Eidmann, 1992; Bertheau i dr., 2012; Bouget & Duelli, 2004; Arthofer, 2005; Bertheau i dr., 2009; Birgersson i dr., 1990). Rasprostranjen je diljem Europe gdje smreka prirodno raste (Avtzis i dr., 2008).

Nije monofagna vrsta već napada i druge vrste roda *Picea*, kao i vrste iz rodova *Larix*, *Pinus* i *Pseudotsuga* (Grodzki, 1997; Pfeffer, 1995; Zumr, 1992). Pri gospodarenju crnogoričnim šumama treba imati u vidu da je vrsta sklona promijeni vrste drveća na kojima se uspješno razvija (Bertheau i dr., 2012; Avtzis & Arvanopoulos, 2011).

Uglavnom se razmnožava u fiziološki oslabljenim stablima i ostatcima sječe - vrhovi krošanja, dijelovi trupaca i grane (Shroeder, 2013; Grodzki, 1997; Hedgren, 2002; Lekanden i dr., 1977). Preferira dijelove s tankom korom kod starijih stabla (Harding i dr., 1986; Kacprzyk & Bednarz, 2015), dok na mlađim napada cijela stabla (Göthlin i dr., 2000; Harding i dr., 1986; Hedgren i dr., 2003; Kacprzyk & Bednarz, 2015).



Povremeno uzrokuje štete u sastojinama koje su fiziološki oslabljene zračnim zagađenjem (Christiansen, 1989). Sposobnost šesterozubog smrekovog potkornjaka da sam usmrti zrela stabla smreke relativno je mala (Hedgren i dr., 2003; Hedgren, 2004) i rezultira jako malim uspjehom reprodukcije, svega 0,9 kćeri po majci (Hedgren, 2002). Jedan od mogućih razloga zašto nije sposoban usmrtiti stabla većih dimenzija kao smrekov pisar može biti slabija asocijacija s patogenim gljivama (Krokene & Solheim, 1996). Povremeno uzrokuje mortalitet u mladim smrekovim sastojinama (Klauser, 1954; Eidmann 1992; Birgersson i dr., 1990). Hrpe pogodnog materijala koje se koriste kao izvor energije u Švedskoj (slika 45.) i ostavljaju na rubovima sječina da se isuše tokom ljeta nisu uzrokovale značajan mortalitet smrekovih stabala u mladim sastojinama (Hedgren, 2002).

Multivoltna je vrsta u srednjoj Europi (Kacprzyk, 2012), dok na sjeveru Europe je univoltna vrsta kao i smrekov pisar (Schroeder, 2013; Hedgren, 2002; Hedgren i dr., 2003).

Let šesterozubog smrekovog potkornjaka počinje u proljeće kada temperatura zraka dosegne 16,8-17 °C (Lobinger, 1994). Proljetno rojenje odvija se od kraja travnja do sredine lipnja (Fora i dr., 2007) ili sredinom svibnja (Kacprzyk & Bednarz, 2015), a ljetno krajem srpnja i početkom kolovoza (Fora i dr., 2007; Kacprzyk & Bednarz, 2015).

Mužjaci koloniziraju dostupni materijal za razmnožavanje i luče feromone agregacije koji privlače i mužjake i ženke (Byers i dr., 1988; Byers i dr., 1990; Francke, 1977). Efektivni feromoni agregacije šesterozubog smrekovog potkornjaka (2S, 5R) halkogran i metil (E,Z)-2,4-dekadienoat (Byers i dr., 1990) uzrokuju inhibiciju atrakcije smrekovog pisara (Schlyter i dr., 1992; Byers, 1993).

Poligamna je vrsta kao i smrekov pisar. Svaki mužjak izgriza bračnu komoricu u kojoj kopulira s tri do šest (Arhofer, 2005) ili čak devet ženki (Klauser, 1954), od kojih svaka izgriza galeriju u floemu. Svaka ženka odloži 30 do 50 jaja (Zumr & Soldán, 1981) ili čak 40 do 80 jaja (Arhofer, 2005). Razvija tri larvalna stadija (Postner, 1974).

Prezimljuje u stadiju u stadiju ličinke (Hedgren, 2002; Hedgren i dr., 2003) i odraslog imaga (Hedgren, 2002; Hedgren i dr., 2003; Fora i dr., 2007).



Slika 15. Šesterozubi smrekov potkornjak: a) mužjak s izraženim zubićima na pokrilju; b) ženka sa slabo izraženim zubićima na pokrilju; c) pokrilje mužjaka (odozgo) s tri izražena zubića na svakoj strani pokrilja (<http://www.forestryimages.org>; a) i c) Pest and Diseases Image Library ~ Bugwood.org; b) Maja Jurc ~ University of Ljubljana ~ Bugwood.org)

### 3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1. Pomoću lovnih stabla utvrditi fenologiju svih razvojnih stadija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka na različitim nadmorskim visinama u g.j. Žitnik i g.j. Štirovača.
2. Utvrditi postoji li stvarna korelacija između debljine kore sekcija lovnih stabala i broja ubušenih potkornjaka pojedine vrste.
3. Usporediti promatranu fenologiju smrekovog pisara na lovnim stablima s modelom PHENIPS te utvrditi mogućnost primjene PHENIPS modela u smrekovim šumama Hrvatske kao modela predikcije napada i razvoja smrekovog pisara.
4. Pregledom lovnih stabla utvrditi niše zimovanja smrekovog pisara na nižoj nadmorskoj visini; stadije u kojem vrsta prezimljava; omjer zimovanja po stadijima; gustoću napada; uspjeh reprodukcije; postojanost korelacije broja predatora i gustoće napada te postojanost korelacije gustoće napada i broja zimujućih jedinki u šumskoj stelji.
5. Utvrditi mogućnost primjene različitih naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> (6 i 12 lijevaka), bijela WitaTrap<sup>®</sup> i cross WitaPrall<sup>®</sup> „Ecco“) u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka na temelju dva osnovna elementa – učinkovitost (broj ulovljenih jedinki potkornjaka) i selektivnost navedenih klopki prema glavnim predatorskim vrstama (*Nemozoma elongatum* (Linné, 1971), *Thanasimus formicarius* (Linné, 1758)).
6. Utvrditi mogućnost primjene suhих i modificiranih mokrih naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka na temelju učinkovitosti i selektivnosti klopki prema već navedenim predatorskim vrstama.
7. Utvrditi čimbenike koji utječu na prostornu disperziju jedinki smrekovog pisara u gospodarskim smrekovim šumama na rubu nacionalnog parka Sjeverni Velebit, odnosno postotak preleta jedinki iz šuma posebne namjene u gospodarske šume i obrnuto.
8. Testirati dvije metode uspostave šumskog reda u smrekovim sastojinama te utvrditi mogućnost razvoja potkornjaka i opravdanost otkoravanja panjeva nakon redovne sječe.

## 4. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Za istraživanje odabrana su dva lokaliteta na području UŠP Gospić šumarija Perušić. Pokusne plohe postavljene su u odsjeku 6a u g.j. Štirovača i odsjeku 22a g.j. Žitnik. Duži niz godina zabilježena su sušenja manjih ili većih grupa, odnosno skupina smrekovih stabala u navedenim g.j. i to je bio glavni razlog postavljanja pokusnih ploha. U nastavku su opisane značajke odabranih lokaliteta. Svi podaci o g.j. Štirovača i g.j. Žitnik preuzeti su iz važećih programa gospodarenja, a opći podaci o UŠP Gospić i šumariji Perušić iz šumskogospodarske osnove područja (2006. – 2015.).

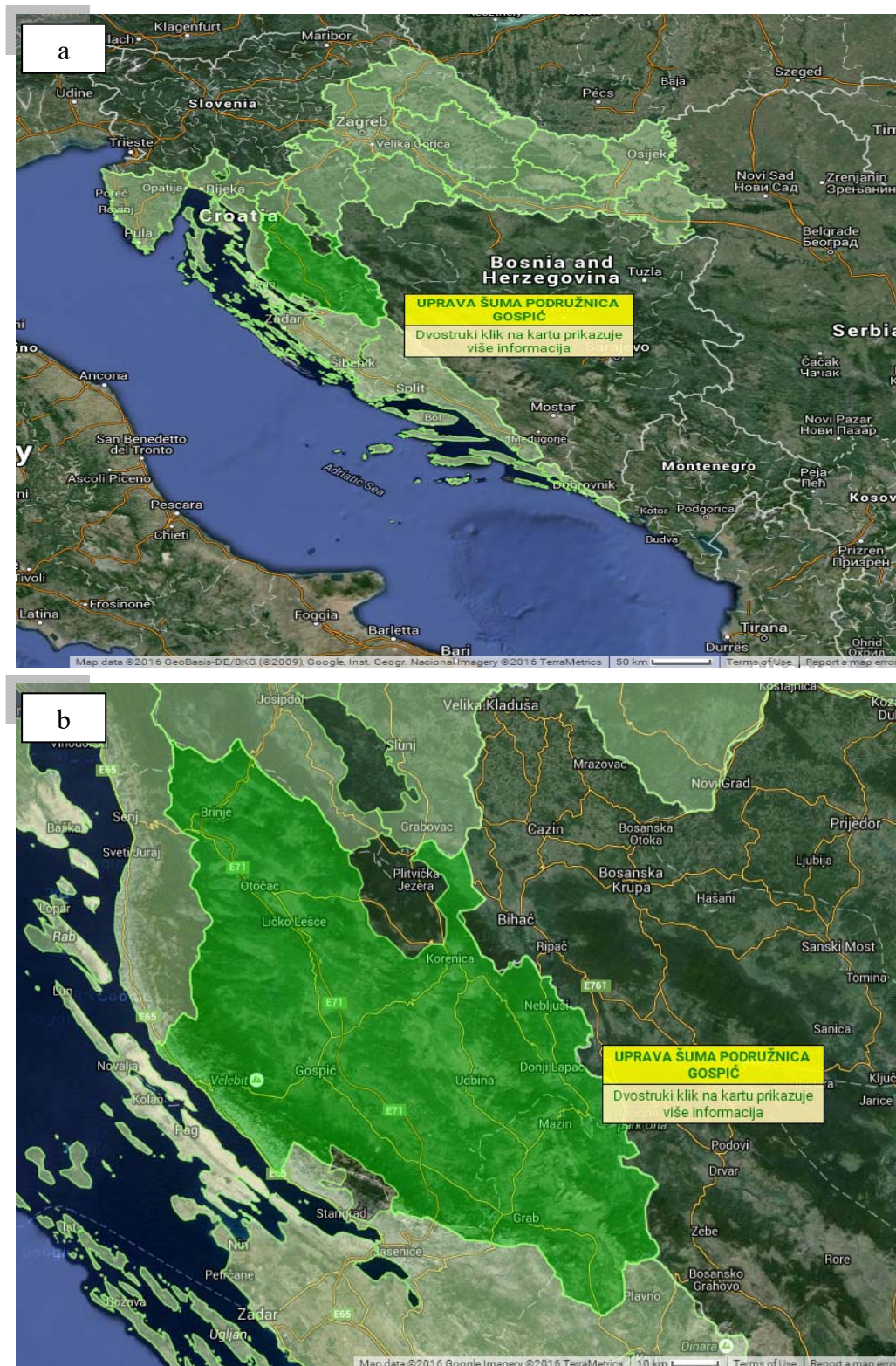
### 4.1. UŠP Gospić šumarija Perušić

Uprava šuma Podružnica Gospić zauzima područje gorske Hrvatske. Najvećim dijelom dolazi na području Ličko-senjske županije te dijelom na području Zadarske županije (slika 16.). Teritorijalno je podjeljena na jedanaest šumarija i 93 g.j.

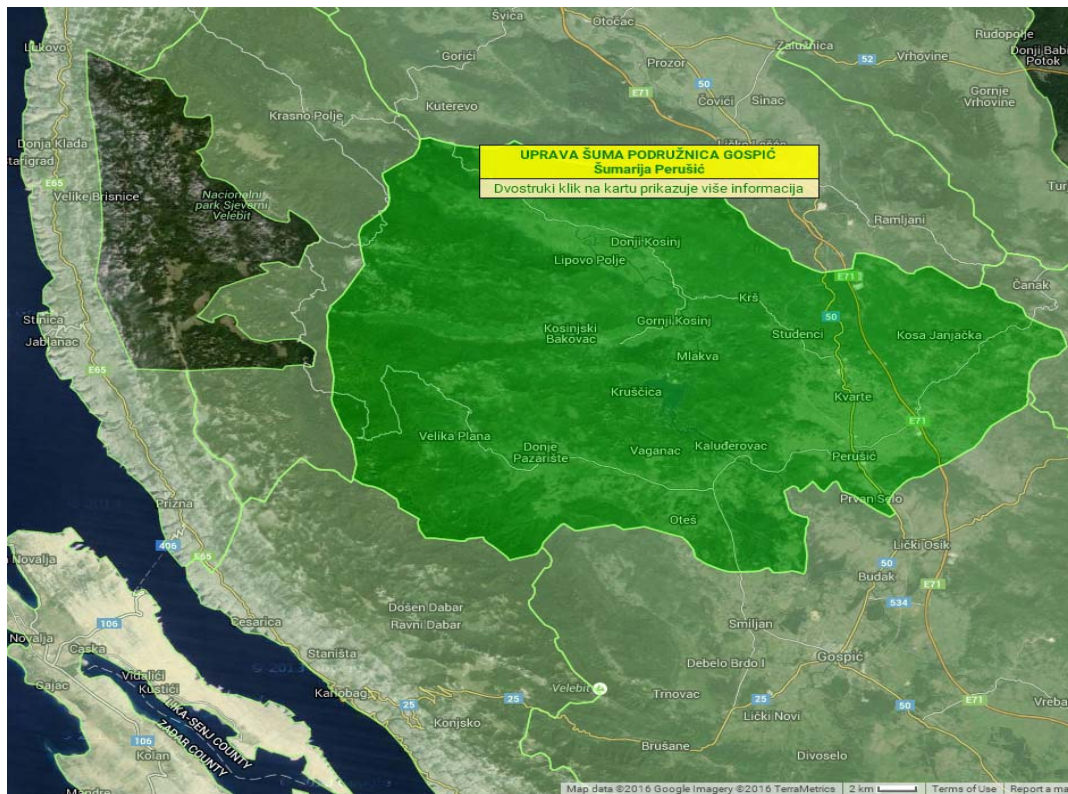
Prema šumskogospodarskoj osnovi područja (2006. – 2015.) ukupna površina šuma i šumskog zemljišta UŠP Gospić iznosi 317 408,34 ha. Od ukupne površine obrasla površina iznosi 274 753,32 ha. Ukupna drvena zaliha iznosi 43 212 646 m<sup>3</sup>. Prosječna drvena zaliha sastojina iznosi 157,27 m<sup>3</sup>/ha obrasle površine ili 136,14 m<sup>3</sup>/ha ukupne površine. Po načinu postanka i uzgojnom obliku dominiraju sjemenjače (sastojine visokog uzgojnog oblika) koje okvirno pridolaze na 43 % obrasle površine. Ostatak obrasle površine UŠP Gospić obrastaju panjače (sastojine niskog uzgojnog oblika) i šikare (degradirane sastojine). Ukupna drvena zaliha smreke prema stanju fonda odjela za uređivanje šuma UŠP Gospić na dan 1.1.2014. iznosi 989 490 m<sup>3</sup>, odnosno smreka sudjeluje u omjeru smjese na razini UŠP Gospić s 2,28 %.

Šumarija Perušić površinski je jedna od najveća šumarija na području UŠP Gospić (slika 17.). Ukupna površina šumarije Perušić iznosi 39 492,25 ha. Šumarija Perušić gospodari sa 14 g.j., među kojima su i g.j. Žitnik i Štirovača. Prema šumskogospodarskoj osnovi područja godišnji etat šumarije Perušić iznosi 88 722 m<sup>3</sup>. Ukupna drvena zaliha šumarije Perušić iznosi 5 543 845 m<sup>3</sup>, a jednogodišnji prirast drvene mase iznosi 149 744 m<sup>3</sup>. Iz navedenog se može zaključiti da se na području šumarije Perušić ne sječe čitav iznos jednogodišnjeg prirasta drvene mase, već etat iznosi 59,25 % jednogodišnjeg prirasta. Prosječna drvena zaliha sastojina šumarije Perušić iznosi 140,38 m<sup>3</sup>/ha ukoliko se uzme u obzir ukupna površina šumarije.

Ukupna drvena zaliha smreke kao vrste drveća na području šumarije Perušić prema stanju fonda odjela za uređivanje šuma UŠP Gospić na dan 1.1.2014. iznosi 230 159 m<sup>3</sup>, odnosno smreka u omjeru smjese sudjeluje sa 4,15 % na razini šumarije.



Slika 16. Područje UŠP Gospić (slika a.) i uvećani prikaz područja (slika b.) – područje UŠP prikazuje zeleni poligon (<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr>)



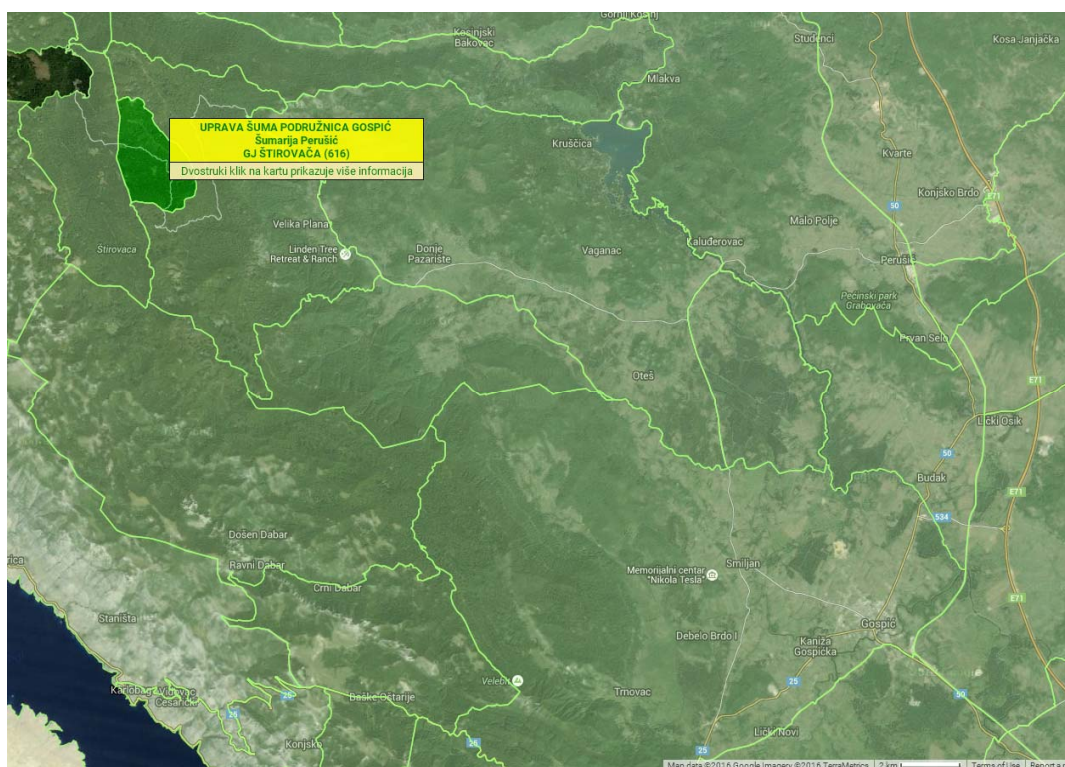
Slika 17. Područje šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleni poligon) i nacionalnog parka Sjeverni Velebit (neobojeni poligon) (<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr>)

#### 4.1.1. G.j. Štirovača

G.j. Štirovača smještena je 40 km sjeverozapadno od Gospića i sastavni je dio masiva Sjeverni Velebit. Udaljena je svega 2 km od nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Na jugu, istoku i sjeveru graniči s g.j. Padeška kosa–Bijele grede, a na zapadu s UŠP Senj (slika 18.). G.j. Štirovača nalazi se na  $44^{\circ}40'48''$  sjeverne geografske širine i na  $15^{\circ}04'20''$  istočne geografske dužine. Reljef gospodarske jedinice je karakterističan po širokoj depresiji gotovog ravnoga dna koja je sa svih strana zatvorena strmim grebenima. Ukupna površina g.j. Štirovača iznosi 574,25 ha i podijeljena je na 14 odjela i 18 odsjeka.

Na području g.j. nalazimo nekoliko vrsta tala i to rendzinu, crnicu na vapnencu i dolomitu i distrično smeđe tlo (distrični kambisol).

G.j. Štirovača rasprostire se od 1040 do 1550 m nadmorske visine. Karakterizira ju snježno šumska (borealna) klima sa svježim ljetima i hladnim zimama. Kako bi se što bolje prikazala klima ovog dijela sjevernog Velebita korišteni su podaci meteorološke postaje Zavižan za razdoblje 1981. – 2005. koji su dobiveni od DHMZ-a. G.j. Štirovača udaljena je od meteorološke postaje Zavižan oko 16,5 km zračne udaljenosti.



Slika 18. Položaj g.j. Štirovača na području šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleno obojeni poligon) (<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr>)

Tablica 1. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) meteorološke postaje Zavižan za razdoblje od 1981. – 2005. godine

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednja godišnja temperatura zraka
Zavižan	-3,7	-4,4	-1,7	1,5	6,8	10,3	13,0	12,9	9,0	5,6	0,2	-2,8	3,9

Kolebanje srednje godišnje temperature zraka za promatrano razdoblje iznosi 17,4 °C. Najhladniji mjesec je veljača, a najtopliji mjesec je srpanj.

Tablica 2. Srednje temperature zraka (°C) po godišnjim dobima za meteorološku postaju Zavižan u razdoblje od 1981. – 2005. godine

Godišnje doba	Proljeće III -V mj.	Ljeto VI -VIII mj.	Jesen IX -XI mj.	Zima XII -II mj.
Zavižan	2,2	12,1	4,9	-3,6

Najtoplije godišnje doba je ljeto, a najtopliji mjesec je srpanj. Srednja mjesečna temperatura zraka u srpnju za promatrano razdoblje iznosi 13,0 °C. Srednja temperatura najtoplijeg mjeseca ne prelazi 22 °C i to je jedno od osnovnih obilježja snježno šumske (borealne) klime.

Tablica 3. Srednje mjesečne količine oborina u mm za meterološku postaju Zavižan u razdoblje od 1981. – 2005. godine

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednja godišnja količina oborina
Zavižan	152,1	157,9	150,8	171,2	154,8	142,1	72,5	104,9	188,6	221,1	240,3	217,6	1973,9

Iz godišnjeg hoda oborina može se zaključiti da je posrijedi maritimni oborinski režim. Veći dio oborina padne tijekom hladnijeg dijela godine. Maksimalne mjesečne količine oborina padnu u hladnijem dijelu godine, točnije mjeseci studeni i prosinac su najbogatiji oborinama. Srpanj je mjesec s najmanjom količinom oborina.

Tablica 4. Površine šumskih zajednica u g.j. Štirovača

Šumska zajednica	Površina	
	(ha)	%
Dinarska bukovo–jelova šuma ( <i>Omphalodo–Fagetum</i> Marinček i dr. 1992)	315,26	55,44
Pretplaninska bukova šuma s urezicom ( <i>Homogyno sylvestris–Fagetum sylvaticae</i> Ht. 1938/Borh. 1963)	76,45	13,44
Gorska smrekova šuma s pavlovcem ( <i>Aremonio–Piceetum</i> Ht. 1938)	176,95	31,12
Ukupno	568,66	100,00

U g.j. Štirovača najzastupljenija fitocenoza je dinarska bukovo-jelova šuma koja pridolazi na 315,26 ha, zatim gorska smrekova šuma s pavlovcem (176,95 ha) i najmanje rasprostranjena je pretplaninska bukova šuma s urezicom (76,45 ha).



Slika 19. Gorska smrekova šuma s pavlovcem u g.j. Štirovača (smrekova fitocenoza karakteristična za mrazišta)



Tablica 5. Prikaz zastupljenosti vrsta drveća prema drvnj zalihi i prirastu u g.j. Štirovača

Vrsta drveća	Površina	Drvna zaliha		Tečajni godišnji prirast			Omjer smjese
	ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	%	%
Bukva	568,66	84250	148	1473	2,59	1,75	43,92
Ostala tvrda bjelogorica		900	2	17	0,03	1,89	0,47
Jela		47447	83	840	1,48	1,77	24,73
Smreka		59247	104	1034	1,82	1,75	30,88
Bjelogorica		85150	150	1490	2,62	1,75	44,39
Crnogorica		106694	187	1874	3,30	1,76	55,61
Ukupno			191844	337	3364	5,92	1,75

Na razini g.j. više su zastupljene crnogorične vrste drveća koje sudjeluju u omjeru smjese s 55,61 %, od čega smreka sudjeluje s 30,88 %. Ukupna drvna zaliha smreke u g.j. Štirovača iznosi 59 247 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.1.1. Odsjek 6a

Tablica 6. Prirast i drvna zaliha po vrstama drveća u odsjeku 6a

Vrsta drveća	Površina	Debljinski razredi						Ukupno		Omjer smjese
		10-30 cm		31-50 cm		>50 cm		Drvna zaliha	Prirast	
		Drvna zaliha	Prirast	Drvna zaliha	Prirast	Drvna zaliha	Prirast			
ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	%	
Bukva	53,32	37	1,0	0	0	0	0	37	1	0,19
Jela		357	16,0	883	19,7	198	3,2	1438	39	7,49
Smreka		1700	89,6	8774	223,9	7234	111,4	17708	425	92,31
Ukupno		2094	106,7	9657	243,7	7432	114,6	19183	465	100,00

Ukupna površina odsjeka 6a iznosi 53,32 ha. Prosječna drvna zaliha odsjeka iznosi 360 m<sup>3</sup>/ha. Ukupan broj stabala na 1 ha površine iznosi 364, od čega je 317 stabala smreke. Promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 34,5 cm. Riječ je o čistoj sastojini obične smreke jer smreka u omjeru smjese pridolazi s 92,31 %. U ovom odsjeku pridolazi biljna zajednica smreke s pavlovcem koja je karakteristična za mrazišta. Na temelju navedenih podataka može se zaključiti da je riječ o starijoj prirodnoj sastojini smreke. Upravo sastojine ovakve strukture su kritične jer potkornjaci, u prvom redu smrekov pisar, a zatim šesterozubi smrekov potkornjak kao prateća vrsta napadaju stabla većih prsnih promjera. Smrekov pisar najvažniji je štetnik zrele smreke u Europi, s tim da dosta značajne štete pravi i šesterozubi smrekov potkornjak (Grégoire & Evans, 2004).



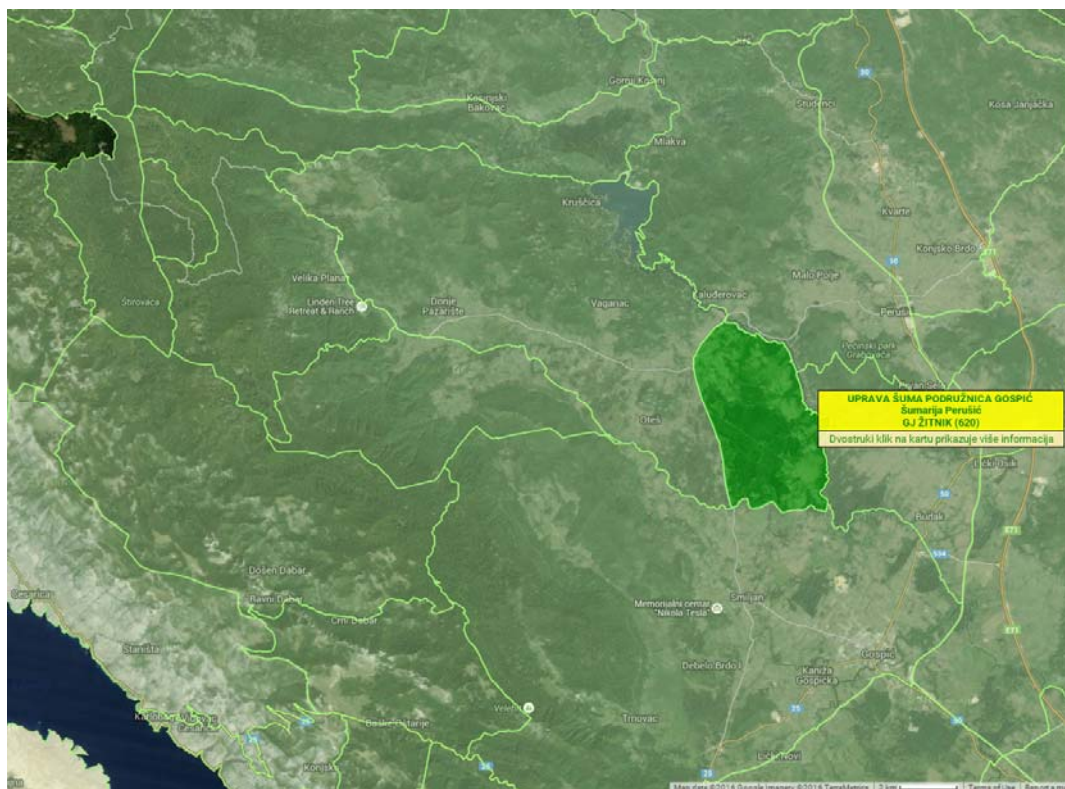
Slika 20. Dimenzije stabala obične smreke u odsjeku 6a g.j. Štirovača (dominacija zrelih smrekovih stabala – promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 34,5 cm)

#### 4.1.2. G.j. Žitnik

G.j. Žitnik smještena je u sredini Ličkog polja u blizini grada Gospića. Na sjeveroistoku se prostire do rijeke Like gdje graniči s g.j. Risovac-Grabovača, na jugoistoku do rijeke Otešice gdje graniči s g.j. Jadovno-Jazbine, dok na sjeverozapadu graniči s g.j. Ostrvica (slika 21.). U visinskom pogledu g.j. Žitnik dolazi na nadmorskoj visini od 549 do 577 metara.

U g.j. Žitnik većina sastojina su umjetno podignute sastojine. Podizanje nasada crnogorice na području Ličkog polja započelo je 1895. koncem predprošlog stoljeća, nastavilo se tijekom prošlog stoljeća, dosegnuvši vrhunac u razdoblju od 1963.-1968. godine tijekom kojih su podizane intenzivne kulture četinjača brzog rasta u predjelima Žitnik, Medak i Mušaluk. Nasadi su podizani školovanim sadnicama običnog bora, ariša, američkog borovca, smreke i crnog bora.

Ukupna površina g.j. Žitnik iznosi 747,39 ha. Obrasla površina g.j. iznosi 585,55 ha od čega 568,43 ha otpada na umjetno podignute sastojine (kulture crnogorice) i 17,12 ha na prirodne sastojine (sjemenjača hrasta kitnjaka). Na području g.j. uglavnom dolazi lesivirano tlo (luvisol).



Slika 21. Položaj g.j. Žitnik na području šumarije Perušić UŠP Gospić (zeleno obojeni poligon) (<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr>)

Karakterizira ju umjereno topla kontinentalna klima sa svježim ljetima i hladnim zimama. Kako bi što se što bolje prikazala klima ovog dijela Ličkog polja korišteni su podaci meteorološke postaje Gospić za razdoblje 1961. – 1990. koji su dobiveni od DHMZ-a.

Tablica 7. Srednje mjesečne temperature zraka (°C) meteorološke postaje Gospić za razdoblje od 1961. – 1990. godine

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednja godišnja temperatura zraka
Gospić	-1,7	0,2	3,6	8,1	12,8	16,0	18,1	17,3	13,6	9,0	4,2	-0,5	8,4

Kolebanje srednje godišnje temperature zraka za promatrano razdoblje iznosi 19,8 °C. Najtopliji mjesec je srpanj, a najhladniji mjesec je siječanj.

Tablica 8. Srednje temperature zraka (°C) po godišnjim dobima za meteorološku postaju Gospić u razdoblje od 1961. – 1990. godine

Godišnje doba	Proljeće III -V mj.	Ljeto VI -VIII mj.	Jesen IX -XI mj.	Zima XII -II mj.
Gospić	8,2	17,1	8,9	-0,7

Najtoplije godišnje doba je ljeto sa srednjom temperaturom zraka od 17,1 °C, a najhladnije zima sa srednjom godišnjom temperaturom zraka od -0,7 °C.

Tablica 9. Srednje mjesečne količine oborina u mm za meteorološku postaju Gospić u razdoblje od 1961. – 1990. godine

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednja godišnja količina oborina
Gospić	107	108	104	108	107	92	66	101	118	136	179	142	1369

Srednja godišnja količina oborina u promatranom razdoblju (1961. – 1990.) za meteorološku postaju Gospić iznosi 1369 mm s time da su oborine ravnomjerno raspoređene tijekom cijele godine.

Tablica 10. Prikaz zastupljenosti uređajnih razreda po drvnjoj zalihi i prirastu u g.j. Žitnik

Uređajni razred	Površina	Drvena zaliha		Tečajni godišnji prirast			Omjer smjese
	ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	%	%
Obični bor	312,76	59387	193	1851	6,02	3,12	49,07
Crni bor	46,25	9426	204	191	4,13	2,03	7,79
Smreka	121,75	28376	238	577	4,84	2,03	23,45
Ariš	20,09	3232	161	96	4,78	2,97	2,67
Američki borovac	67,58	20439	302	690	10,21	3,38	16,89
Hrast kitnjak	17,12	153	65	3	1,27	1,96	0,13
Ukupno	585,55	121013	215	3408	6,05	2,82	100,00

Ukupna drvena zaliha g.j. Žitnik iznosi 121 013 m<sup>3</sup>, odnosno prosječna drvena zaliha sastojina iznosi 206 m<sup>3</sup>/ha. Ukupni jednogodišnji prirast drvne zalihe iznosi 3 408 m<sup>3</sup>. Uređajni razred kultura smreke pridolazi na 121,75 ha površine s ukupnom drvnom zalihom od 28 376 m<sup>3</sup>. Smreka u omjeru smjese na razini g.j. sudjeluje s 23,45 %.

## 4.1.2.1. Odsjek 22a

Tablica 11. Prirast i drvena zaliha po vrstama drveća u odsjeku 22a

Vrsta drveća	Površina	Ukupno		Omjer smjese
		Drvena zaliha	Prirast	
	ha	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	%
Smreka		1827	54	96,92
Ariš		58	2	3,08
Ukupno	9,00	1885	56	100,00

Starost sastojine u trenutku izmjere bila je 39 godina. Ukupna površina sastojine II. dobnog razreda iznosi 9,00 ha. Prosječna drvena zaliha odsjeka iznosi 209 m<sup>3</sup>/ha. Ukupan broj stabala na 1 ha površine iznosi 963, od čega je 946 stabala smreke. Promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 19,5 cm. Riječ je o čistoj umjetno podignutoj sastojini obične smreke (kultura smreke) jer smreka u omjeru smjese pridolazi s 96,92 %.



Slika 22. Dimenzije stabala obične smreke u odsjeku 22a g.j. Žitnik (dominacija smrekovih stabala manjih prsnih promjera – promjer srednjeg plošnog stabla smreke iznosi 19,5 cm)

## 5. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

### 5.1. Fenološka motrenja razvoja smrekovih potkornjaka na lovnim stablima

Tijekom tri godine na različitim nadmorskim visinama postavljane su serije lovnih stabla u dvije već spomenute g.j. UŠP Gospić. Broj serija lovnih stabala ovisio je o činjenici koliko generacija pojedina vrsta potkornjaka, u ovom slučaju smrekov pisar i šesterozubi smrekov potkornjak mogu producirati tokom perioda kada je rojenje moguće. Uglavnom su postavljane dvije serije lovnih stabala, jedna u svibnju ili početkom lipnja za proljetno rojenje i druga sredinom srpnja ili početkom kolovoza za ljetno rojenje. Izuzetak su tri serije lovnih stabla na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik tijekom 2015. godine zbog prvi puta evidentiranog trećeg rojenja smrekovog pisara.

Stabla su nakon obaranja okresana od grana i kao takva ostavljena su u sjeni okolnih dubećih stabala. Sva stabla na kojima je praćena fenologija vrsta sekcionirana su u sekcije duljine 2 m. Na sredini svake sekcije mjerena su dva srednja promjera stabla u cm te su sa svake strane lovnog stabla na sredini sekcije uzeti i izmjereni uzorci kore u mm. Debljina kore mjerena je sa ciljem utvrđivanja korelacije utjecaja debljine kore na razvoj galerija promatranih vrsta potkornjaka. Svakih osam dana pregledavana su lovna stabla.



Slika 23. Debljina kore (mm) mjerena digitalnim pomičnim mjerilom

Ubušivanje potkornjaka obilježavano je na lovnim stablima sprejem različitih boja. Tako npr. tijekom prvog pregleda sve ulazne rupe obilježene su crvenim sprejem, kod drugog pregleda plavim itd. Sličan način proučavanja fenologije smrekovog pisara proveden je u Austriji (Baier i dr., 2007). Osim obilježavanja sve ulazne rupe evidentirane su po datumima pregleda i po sekcijama. Kako su lovna stabla jednim dijelom svoje površine ležala na tlu ulazne rupe izbrojane su samo na dijelu površine plašta valjka gdje je to bilo moguće, odnosno na onom dijelu plašta valjka koji nije bio u dodiru s tlom.

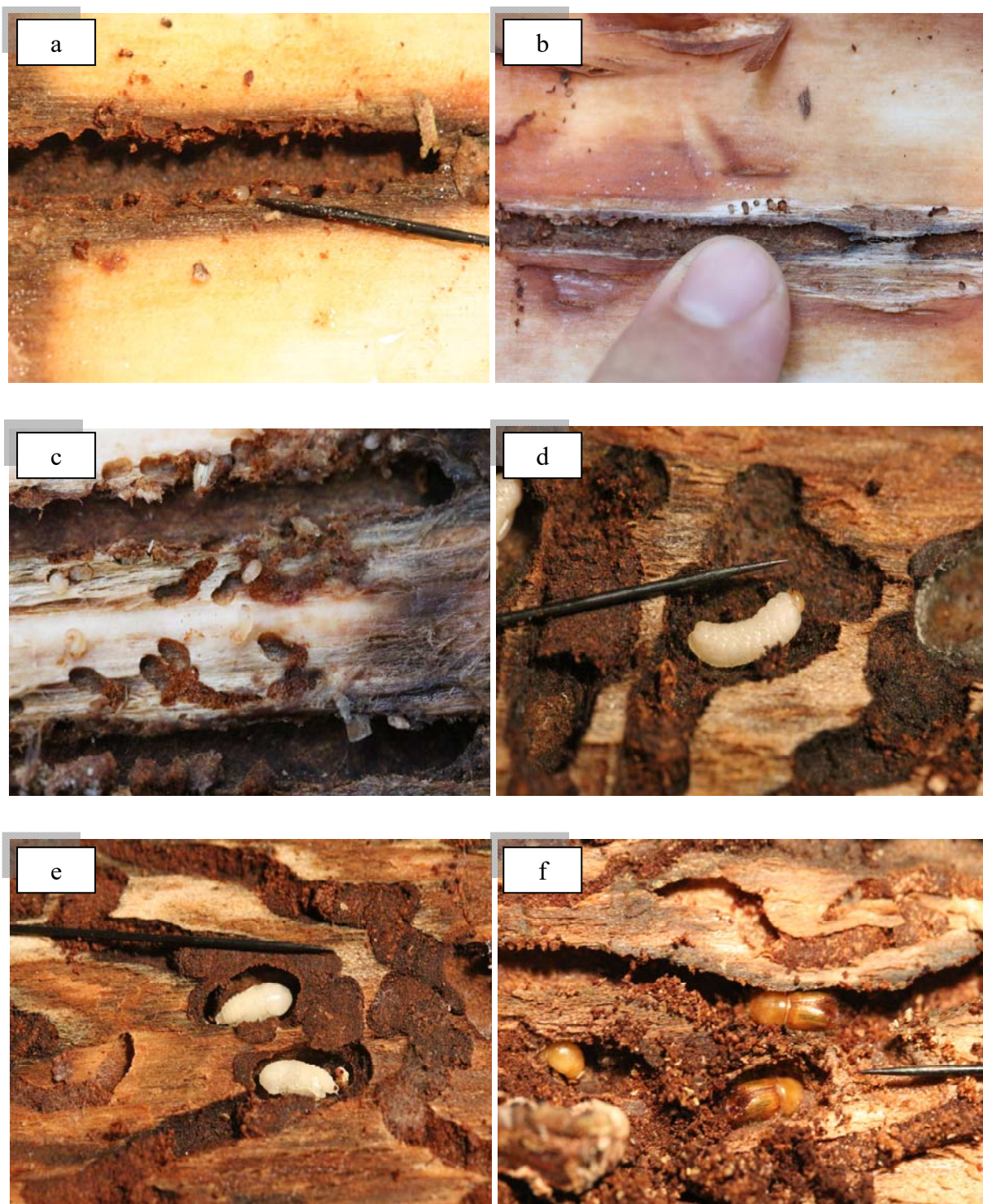
Osim obilježavanja rupa istodobno rađen je pregled razvojnih stadija potkornjaka otkoravanjem određene površine kore različitih sekcija. Kod obje vrste potkornjaka evidentirani su sljedeći razvojni stadiji: jaje, tri stadija ličinke (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> i L<sub>3</sub>), kukuljica i stadij imaga.



Slika 24. Ulazne rupe potkornjaka na lovnom stablu obilježene sprejem različite boje prema datumima ubušivanja

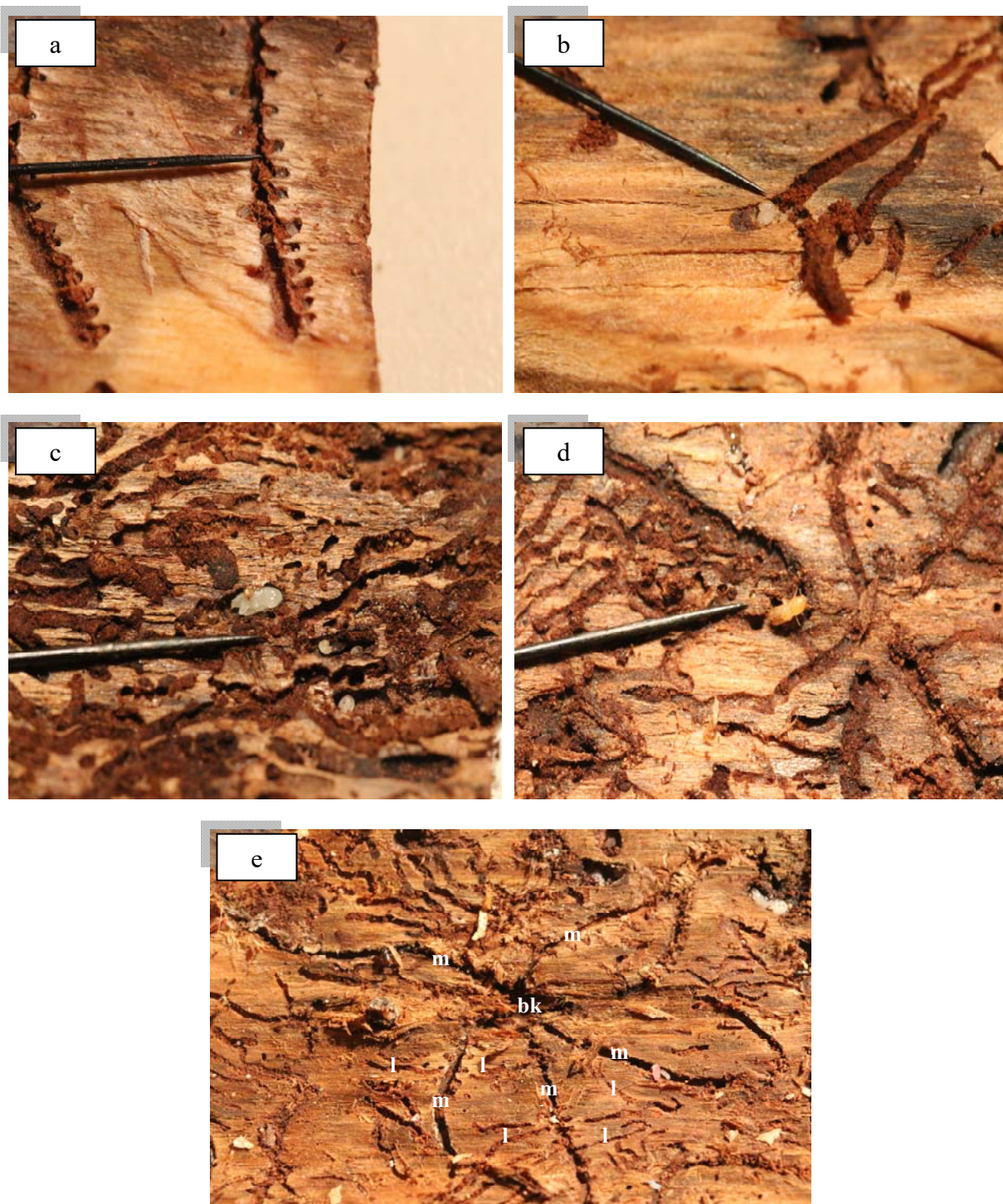
Na lovnim stablima otkoravanjem kore različitih sekcija utvrđena je fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovih potkornjaka. Jednokraki hodnici sestrinskih generacija kod obje vrste potkornjaka razlikuju se od hodnika glavnih generacija po izostanku bračnih komorica.

Podaci fenološkog motrenja obrađeni su u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007. Sperman Rank korelacija broja ulaznih rupa obje vrste potkornjaka i debljine kore sekcija lovnih stabala napravljena je u programu StatSoft Statistica 8.

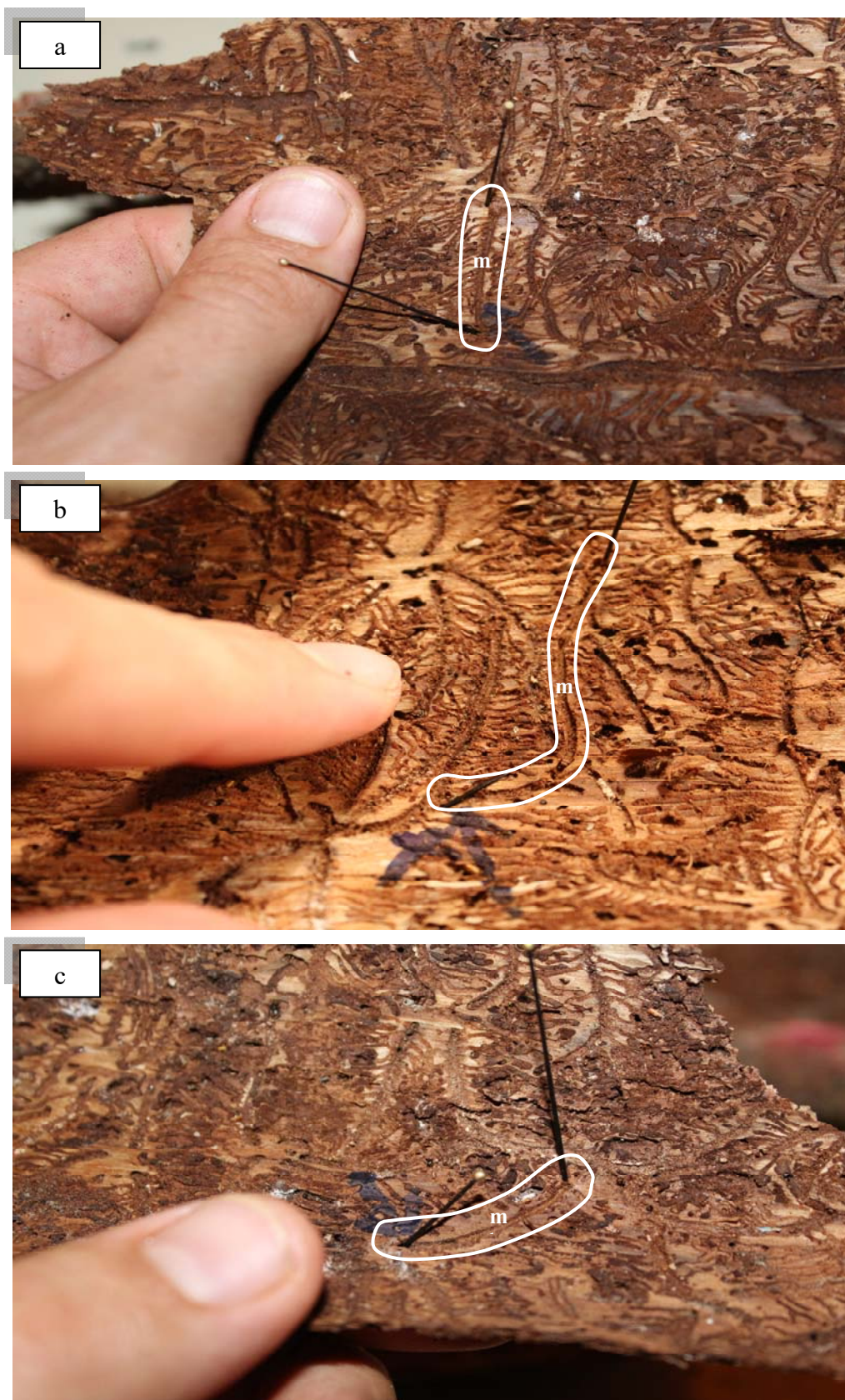


Slika 25. Razvojni stadiji smrekovog pisara: a) jaje; b) L<sub>1</sub> ličinka; c) L<sub>2</sub> ličinka; d) L<sub>3</sub> ličinka; e) kukuljica i f) mladi imago (usporedba s entomološkom iglom za prepariranje kukaca broj 3 ukupne dužine 3,90 cm)





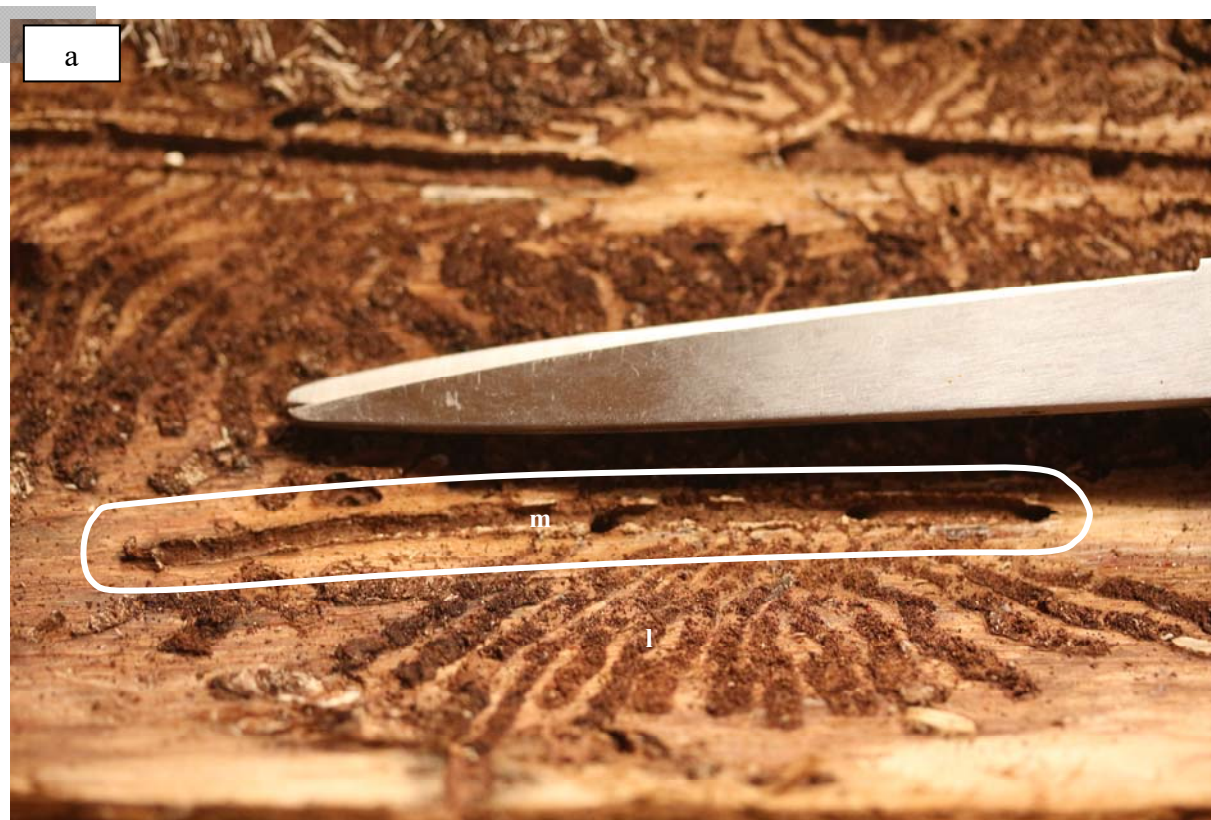
Slika 26. Razvojni stadiji šestorozubog smrekovog potkornjaka: a) jaje; b) L<sub>2</sub> (mrtva) i L<sub>3</sub> (živa) ličinka; c) kukuljica; d) mladi imago (usporedba s entomološkom iglom za prepariranje kukaca broj 3 ukupne dužine 3,90 cm; e) višekraki zvjezdasti hodnik glavne generacije: bk – bračna komorica; m – majčinske galerije; l – larvalne galerije



Slika 27. Majčinske galerije (m) sestrijskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka (slika a., b. i c.) – entomološke igle pod kutem označavaju ulaznu rupu (izostanak bračne komorice), a uspravne igle kraj jednokrakog hodnika sestrijske generacije



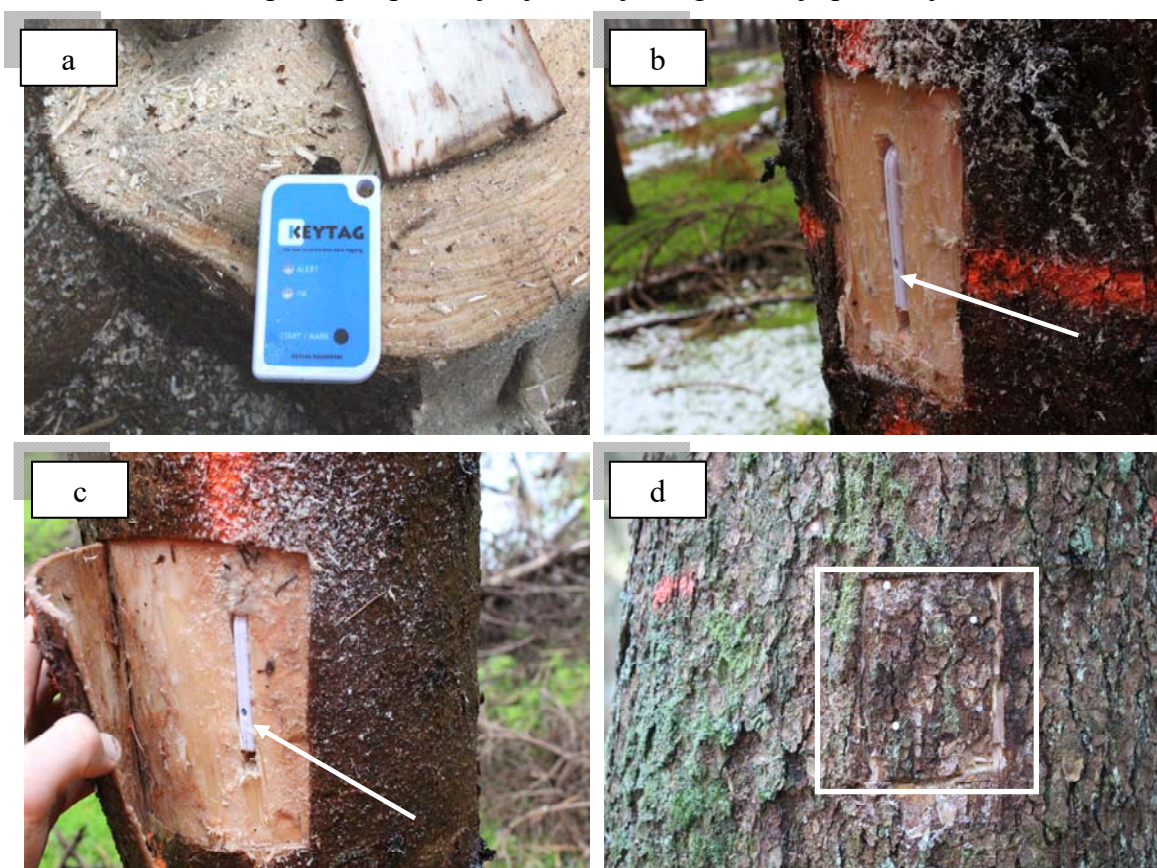
Slika 28. Višetraki vertikalni hodnici smrekovog pisara: m – majčinske galerije; l – larvalne galerije; bk - bračna komorica (bijeli krugovi) karakteristična za glavne generacije



Slika 29. Jednokraki hodnici (slika a. i b.) sestrijskih generacija smrekovog pisara – karakteristična odsutnost bračne komorice: m – majčinska galerija; l – larvalne galerije

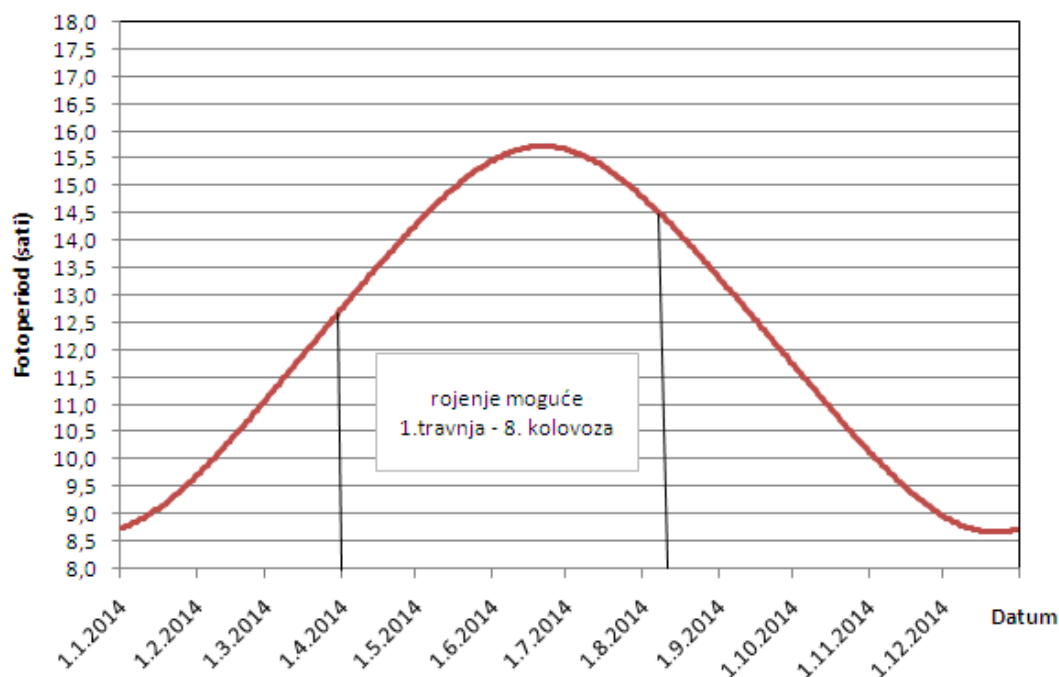
## 5.2. Usporedba fenologije smrekovog pisara s PHENIPS modelom

Tijekom 2014. i 2015. u obje g.j. pomoću datalogera KeyTag<sup>®</sup> model KTL–108 proizvođača Askey<sup>®</sup> iz Nizozemske prikupljani su podaci temperature pod korom lovni stabala na kojima je praćen razvoj smrekovih potkornjaka. Prije umetanja datalogera i izrade ubodnog reza na prsnoj visini otkoran je kvadrat kore dubućih stabala površine 15cm<sup>2</sup>. Nakon toga napravljen je ubodni rez unutar otkornog kvadrata na dubućim stablima u koje je utisnut dataloger. Otkoranim kvadratom kore prekriven je senzor datalogera koji je bilježio temperaturu između kore i drva u zoni floema. KeyTag<sup>®</sup> datalogeri prikupljali su podatke temperature pod korom u razdoblju od 1. siječnja do 31. listopada u vremenskim intervalima od 2 sata. Odabrana dubuća stabla su sredinom svibnja obarana i na njima je praćena fenologija spomenutih vrsta smrekovih potkornjaka. Prije obaranja datalogeri su izvađeni i podaci su ispražnjeni pomoću USB priključka. Nakon toga datalogeri su vraćeni pod koru oboreni stabala. Isti postupak ponovljen je kod ljetne generacije potkornjaka.



Slika 30. a) Dataloger KeyTag<sup>®</sup> KTL–108; b) i c) dataloger utisnut u ležište napravljeno ubodnim rezom motorne pile u dubućem stablu (bijele strelice označavaju toplinski senzor datalogera u zoni floema); d) dataloger prekriven otkoranim i učvršćenim kvadratom kore (bijeli kvadrat označava otkorani i ponovno učvršćeni kvadrat kore)

Prema PHENIPS modelu rojenje smrekovog pisara je moguće samo nakon 1. travnja i sve dok dužina dana prelazi 14,5 sati. Dužina dana ovisi o geografskom položaju. 8.-og kolovoza dan je kraći od 14,5 sati za geografski položaj grada Zagreba i nakon tog dana prema modelu rojenje smrekovog pisara nije moguće.



Slika 31. Duljina fotoperioda za grad Zagreb (koordinate 45° 48' N, 015° 58' E) – dan kraći od 14,5 sati 08.-og kolovoza (<http://www.fv01.dial.pipex.com/suntimes.htm>)

PHENIPS model izrađen je u programskog paketu Microsoft Office Excel 2007 na temelju detaljnih objašnjenja koja su navedena u radu (Baier i dr., 2007).

Model interpolacijom temperature zraka i solarnog zračenja izračunava temperaturu kore te predviđa razvoj pojedinih razvojnih stadija i broja generacija smrekovog pisara. Za nižu nadmorsku visinu korištene su temperature zraka meteorološke postaje Gospić koje su dobivene iz DHMZ-a te temperature kore lovni stabala kako bi se utvrdilo pomoću kojih temperatura model bolje prognozira napad i razvoj ovog potkornjaka.

### 5.3. Prezimljavanja smrekovog pisara u lovnim stablima

Istraživanje je provedeno na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik u zimskim mjesecima 2014. godine. Na višoj nadmorskoj visini istraživanje prezimljavanja smrekovog pisara nije rađeno najvećim dijelom zbog velikih dimenzija lovnih stabala. Lovna stabla oborena su sredinom ljeta i ostavljena u sastojini u sjeni okolnih dubećih stabala. Do jeseni pod korom lovnih stabla ljetna generacija smrekovog pisara razvila se do stadija mladog imaga. S padom temperature zraka i skraćivanjem duljine fotoperioda dio populacije potkornjaka napustio je stabla, a dio je ostao pod korom. Cilj istraživanja je utvrditi niše zimovanja smrekovog pisara, stadije u kojem vrsta prezimljuje, postotke prezimljavanja po pojedinim stadijima, mortalitet i vitalitet pojedinih stadija, broj predatora i postojanost korelacije broja predatora s gustoćom populacije potkornjaka, broj galerija po bračnoj komorici, uspjeh reprodukcije i ukupnu produkciju populacije.

Lovna stabla izrezana su u trupce dužine 4 m i kao takva otpremljena do skladišta gdje je izvršena detaljna analiza. Trupci su zatim podijeljeni u 4 sekcije duljine 1 m. Na sredini svake sekcije izmjerena je srednja promjer u cm kako bi se mogla izračunati površina kore. Pod trupce je stavljena folija i izvršeno je otkoravanje svake sekcije zasebno.



Slika 32. Otkorana sekcija duljine 1 m na 4 m dugačkom trupcu

Kora svake pojedine sekcije stavljena je u plastične vreće i skladištena u hladnjaku na temperaturi oko 4 °C do trenutka pregleda. Kora je prilikom pregleda usitnjena do najsitnijih komada veličine 1-2 cm. 2013. godine napravljeno je identično istraživanje zimovanja smrekovog pisara u lovnim stablima, ali kora nije bila usitnjavana do tako sitnih komada zbog čega postoje značajne razlike između postotka imaga koji zimuje u šumskoj stelji i pod korom lovnih stabla između dvije godine istraživanja. Iz navedenih razloga rezultati zimovanja smrekovog pisara po sekcijama lovnih stabla za 2013. godinu nisu prikazivani. Dio populacije imaga koja su ispala iz kore prilikom otkoravanja sakupljen je u aluminijske posude s poklopcem i također skladištena u hladnjaku do trenutka pregleda, dok su stadiji ličinke i kukuljice koji nisu hitinizirani odmah izbrojani. Evidentirano je i fizičko oštećenje imaga i ostalih stadija prilikom otkoravanja. Pregledana je kora ukupne površine 43,46 m<sup>2</sup> s pet lovnih stabala. Kod analize kore detaljno su brojani sljedeći parametri: broj imaga (živih, mrtvih), broj kukuljica (živih, mrtvih), broj L<sub>3</sub> ličinki (živih, mrtvih) te broj izlaznih rupa. Pretpostavilo se da je svaka jedinka izgrizla svoju izlaznu rupu (Komonen i dr. 2011; Carlsson, 1983; Schlyter i dr., 1984) i kod izračuna broja jedinki koje su napustile stablo uzet je omjer 1:1 (1 izlazna rupa – 1 jedinka). Izlazne rupe jednostavno je razlučiti od ulaznih jer su napravljene okomito kroz koru, dok su ulazne napravljene pod kutem. Ukoliko koru s izlaznim rupama stavimo pod svjetlo zrake svijetla će prolaziti kroz ulazne rupe. Kod galerija brojani su sljedeći parametri: broj bračnih komorica, broj galerija po bračnoj komorici te ukupni broj galerija u pregledanoj kori. Navedeni parametri brojani su sa ciljem utvrđivanja prosječnog broja ženki po jednom mužjaku te uspjeha reprodukcije izraženog brojem kćeri u odnosu na majku (♀/♀).



Slika 33. Metoda označavanja dijelova galerijskog sustava smrekovog pisara pribadačama raznih boja: crvena – bračna komorica; plava – cjelovita galerija; zelena – polovična galerija; žuta – izlazne rupe



Izbrojane su ličinke predatora – rod *Medetera* (Diptera), ličinke porodice Cecidomyiidae te ličinke vrste *T. formicarius* sa ciljem utvrđivanja postojanosti korelacije broja predatora, gustoće populacije potkornjaka i broja zimujućih imaga u šumskoj stelji.



Slika 34. Ličinke roda *Medetera* (prepoznatljive po znaku u obliku slova V–bijela strelica)



Slika 35. Ličinka mravastog kornjaša (*Thanasimus formicarius*) i slobodna kukuljica (pupa libera) smrekovog pisara

Mjereni parametri (uspjeh reprodukcije, ukupna produkcija, broj galerija, broj ličinki predatora, postotak zimujućih imaga pod korom lovnih stabla i u tlu) svih pregledanih lovnih stabla najprije su izračunati u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007, a zatim međusobno uspoređeni neparametarskim K–W testom u programu Statsoft Statistica 8. Sperman Rank korelacija gustoće napada i ličinki predatora pod korom lovnih stabala te korelacija broja zimujućih imaga pod korom i u tlu napravljena je u programu StatSoft Statistika 8. Svi ostali parametri (postotak zimovanja po razvojnim stadijima, mortalitet i vitalitet pojedinog razvojnog stadija) izračunati su u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007.

#### **5.4. Markiranje jedinki smrekovog pisara**

Markiranje jedinki smrekovog pisara provedeno je tijekom tri godine istraživanja na području obje gospodarske jedinice. Sa stabala na kojima je praćena fenologija vrste otkoravana je kora sredinom ljeta kada su pod korom pronađena svijetlo smeđa imaga. Nedozrela svijetlo smeđa imaga korištena su u pokusu iz razloga što upravo ove jedinke nisu počele trošiti rezerve masti iz tijela te se na taj način jedino može dobiti pouzdan podatak o duljini njihova leta. Nakon otkoravanja kora prepuna svijetlo smeđih imaga smrekovog pisara stavljana je ispod fotoeklektora. Fotoeklektori su bili zakriti s neprozirnim materijalom, a izvor svijetla ostavljen je na vrhu samog fotoeklektora neposredno ispod lovne boce. Na ovaj način usmjerilo se kretanje potkornjaka nakon završene dopunske ishrane prema izvoru svijetla (fototaksija), odnosno u lovnu bocu. Lovna boca bila je ispunjena bijelim papirom kako bi se spriječilo pregrijavanje potkornjaka i njihov pad natrag u fotoeklektor, odnosno kako bi se spriječila mogućnost nepoželjne potrošnje masti u tijelu potkornjaka. Tamno smeđa



imaga sakupljana su neposredno nakon izlaska iz fotoeklektora i ulaska u lovnu bocu s papirom. Nakon sakupljanja tamno smeđa imaga stavljana su u hladnjak na temperaturu ispod 5 °C. Imaga su čuvana u bočicama s bijelim papirom kako bi se spriječilo oštećenje pojedinih jedinki u uzorku.

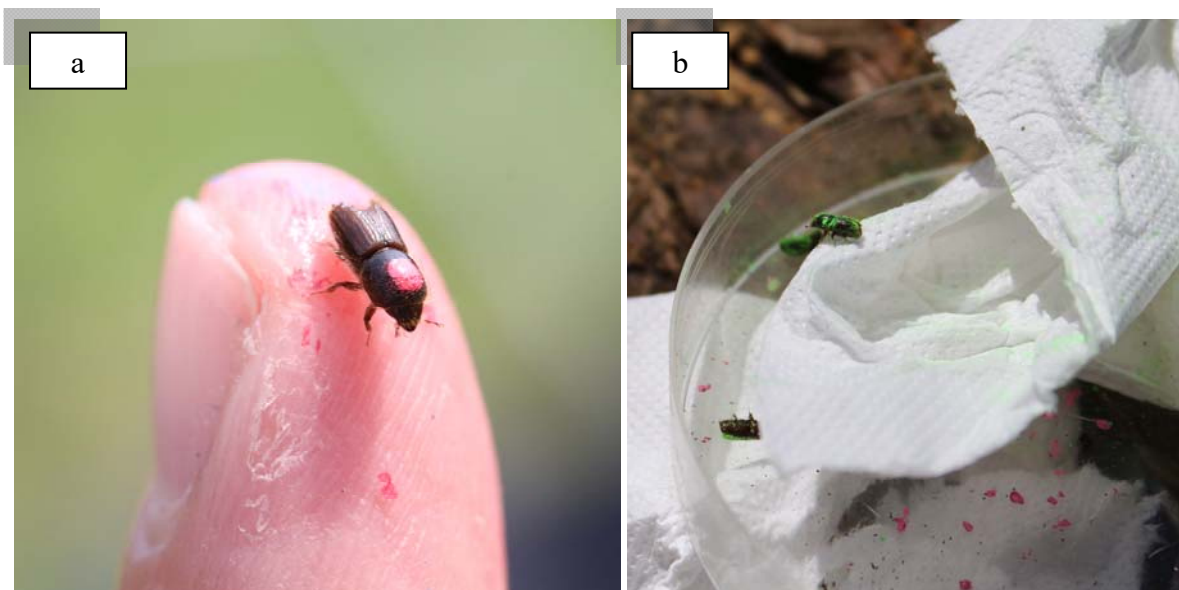
Slika 36. Uni paint® markeri korišteni za markiranje jedinki smrekovog pisara

Ukoliko se veći broj jedinki smrekovog pisara stavlja zajedno u bočice na čuvanje u hladnjak bez papira dolazi do oštećenja pojedinih jedinki. Naime, cijeli red tvrdokrilaca (Coleoptera) ima usni ustroj za grizenje i žvakanje te snažnim mandibulama odnosno gornjim čeljustima pojedine jedinke odgrizaju dijelove tarsusa s pandžicama drugih jedinki. Tako oštećene jedinke ne mogu poletjeti prilikom ispuštanja. Iz tog razloga markirane jedinke čuvane su u hladnjaku u bočicama ispunjenim papirom koji je imao funkciju da međusobno odvoji jedinke i spriječi eventualni nastanak oštećenja na nogama. Maksimalno u jednoj bočici od 200 ml čuvano je 40 do 50 jedinki.



Slika 37. Fotoeklektor s lovnom posudom na vrhu. Detalj prikazuje jedinke smrekovog pisara u lovnoj boci nakon izlaska iz fotoeklektora

Jedan dio uzorka pri ispuštanju činili su potkornjaci koji su neko vrijeme čuvani u hladnjaku, a drugi dio uzorka činili su potkornjaci koji su markirani i ispuštani odmah nakon izlaska iz fotoeklektora.



Slika 38. Markirana jedinka smrekovog pisara Uni Paint<sup>®</sup> markerom – obojan pronotum (slika a.); jedinka smrekovog pisara obojena florescentnim prahom zelene boje pri ispuštanju (slika b.)

Markiranje jedinki rađeno je Uni Paint<sup>®</sup> markerom i flurescentnim prahom Radiant<sup>®</sup>. Markiranje jedinki obavljeno je na način da se markerom stavljala točka na pronotum,



Slika 39. Anemometar Kestrel<sup>®</sup> 4300B proizvođača Nielsen-Kellerman<sup>®</sup> s vjetruljom na stativu

odnosno nadvratni štiti svake pojedine jedinke. Osim Uni Paint<sup>®</sup> markera korišten je na malom uzorku i florescentni prah proizvođača Radiant<sup>®</sup> iz Belgije. Međutim nedostatak praha je dosta lako skidanje čestica praha s pokrivanja potkornjaka te dosta teško utvrđivanje broja ponovno ulovljenih jedinki u feromonskim klopama u situaciji kada većina čestica praha otpadne s pokrivanja.

Potkornjaci su ispuštani na unaprijed određenim lokacijama po vedrom i sunčanom danu u vremenskom periodu od 10 sati prijepodne do 16 sati poslijepodne.

Tijekom kasnog popodneva istog dana provjerene su naletno barijerne Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke opremljene s feromonskim pripravkom Pheroprax<sup>®</sup> kojeg proizvodi tvrtka BASF<sup>®</sup> te je evidentiran broj markiranih jedinki smrekovog pisara u svakoj pojedinoj klopi. Tijekom prve dvije godine istraživanja markiranje potkornjaka obavljeno je u g.j. Žitnik, a u trećoj godini u g.j. Štirovača i na području nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Tijekom ispuštanja jedinki smrekovog pisara anemometrom Kestrel<sup>®</sup> 4300B proizvođača Nielsen–Kellerman<sup>®</sup> mjereni su temperatura zraka i brzina vjetra u vremenskom intervalu od 2 minute. Smjer vjetra evidentiran je uz pomoć GPS-a Etrex Vista<sup>®</sup> model Hcx proizvođača Garmin<sup>®</sup> te vjetrulje na vrhu stativa samog anemometra. Na ovaj način želio se utvrditi utjecaj abiotskih čimbenika staništa, u ovom slučaju elemenata klime (temperatura zraka, brzina i smjer vjetra) na prostornu distribuciju smrekovog pisara. Tijekom prve dvije godine utvrđena je minimalna udaljenost leta jedinki smrekovog pisara od 280 metara na području g.j. Žitnik.

Iz tog razloga međusobni razmak između feromonskih klopki u zoni dodira gospodarskih šuma i šuma posebne namjene unutar nacionalnog parka bio je oko 300 metara. Jedan dio markiranih potkornjaka ispuštan je na mikrolokalitetu Petrašica u g.j. Štirovača, a drugi na izvoru u blizini planinarskog doma u nacionalnom parku Sjeverni Velebit. Međusobna udaljenost između dva navedena mjesta markiranja iznosi oko 2,3 km. Čitav potez od izvora u nacionalnom parku sve do mikrolokaliteta Petrašica predstavlja dolinu koja je okružena grebenima. Mjesto ispuštanja potkornjaka i pozicije feromonskih klopki snimljene su GPS-om Etrex Vista<sup>®</sup> model Hcx proizvođača Garmin<sup>®</sup>. Podaci s GPS-a prebačeni su na računalo uz pomoć USB-a i obrađeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007.

Izračun udaljenosti leta pojedinih jedinki između točke ispuštanja i točke ponovnog ulova te pregledne karte mjesta ispuštanja i ponovnog ulova napravljene su u programu Arc Map 9. Podaci anemometra Kestrel<sup>®</sup> 4300B prebačeni su na računalo pomoću Bluetooth priključka i obrađeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007.

### **5.5. Monitoring populacija smrekovih potkornjaka klasičnim suhim i modificiranim mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka**

Istraživanje je provedeno tijekom 2014. godine u dvije već spomenute g.j. na različitim nadmorskim visinama UŠP Gospić. Korištene su klasične suhe i modificirane mokre naletno barijerne crne Theysohn® feromonske klopke. Kod mokrih klopki lovna posuda na dnu modificirana je kako bi zadržavala vodu, odnosno otvori s mrežicom na dnu lovne posude začepljeni su silikonom, a postrano na lovnoj posudi napravljeni su novi otvori prekriveni mrežicom kako bi se spriječio gubitak ulova u trenutku kada se voda počne preljevati kroz otvore. Kod suhih feromonskih klopki lovna posuda na dnu klopke nije zadržavala vodu jer otvori na dnu lovne posude nisu punjeni silikonom. Na tržištu se danas mogu naći različite izvedbe mokrih i suhih feromonskih klopki namijenjenih monitoringu populacija potkornjaka.

Osnovni cilj istraživanja bio je utvrditi postoji li statistički signifikantna razlika učinkovitosti i selektivnosti mokrih i suhih crnih Theysohn® feromonskih klopki u lovu smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka. Naletno barijerna crna Theysohn® feromonska klopka korištena je iz razloga što se ovaj tip klopke najčešće susreće u primjeni u šumarstvu Hrvatske, ne samo za monitoring smrekovih potkornjaka već i ostalih vrsta potkornjaka sklonih gradaciji u šumskim ekosustavima.

U istraživanju su korištene 24 feromonske klopke, od toga korišteno je 12 suhih i 12 mokrih feromonskih klopki. U svakoj g.j. korišteno je 12 feromonskih klopki, od toga 6 feromonskih klopki za monitoring populacija smrekovog pisara i 6 za monitoring šesterozubog smrekovog potkornjaka. Od ukupno korištenih 6 feromonskih klopki za pojedinu vrstu potkornjaka polovica klopki bile su suhe klopke, a polovica modificirane mokre klopke. Ukupno je korišteno 12 feromonskih klopki za monitoring smrekovog pisara i 12 feromonskih klopki za monitoring šesterozubog smrekovog potkornjaka u obje g.j.

Na nižoj i na višoj nadmorskoj visini suhe i modificirane mokre feromonske klopke bile su postavljene u parovima na tri mikrolokacije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) kako bi se što bolje obuhvatili različiti uvjeti staništa koji neminovno utječu na ulove potkornjaka u feromonskim klopka. Na svakoj od mikrolokacija u obje g.j. bio je postavljen po jedan par feromonskih klopki (suha i mokra) za pojedinu vrstu potkornjaka. Iz toga proizlazi da su za pojedinu vrstu potkornjaka postavljena dva para suho–mokrih klopki u šumsku sastojinu, dva para na rub šumske sastojine i dva na čistinu. Jedan od parova klopki za svaku mikrolokaciju bio je postavljen u g.j. Žitnik, a drugi u g.j. Štirovača. Ukupno je korišteno 6 suho–mokrih

parova feromonskih klopki za monitoring populacija smrekovog pisara i 6 suho–mokrskih parova klopki za monitoring populacija šesterozubog smrekovog potkornjaka. U istraživanju korišteni su feromonski pripravci Pheroprax® i Chalcoprax® koje proizvodi tvrtka BASF®. Feromonski pripravci mijenjani su tri puta tijekom istraživanja.



Slika 40. Modificirana mokra naletno barijerna crna Theysohn® feromonska klopka s mrežicom na lovnoj posudi. Detalj prikazuje dno lovne posude koje je začepljeno silikonom

Istraživanje u g.j. Žitnik i Štirovača provedeno je tijekom 2014. godine u razdoblju od 17. svibnja do 28. rujna. Sakupljanje potkornjaka iz lovnih posuda feromonskih klopki obavljano je u tjednim intervalima. Ukupno je obavljeno 19 sakupljanja iz lovnih posuda feromonskih klopki. Ukupno je analizirano 456 tjednih ulova, od čega polovica tjednih ulova iz suhih, a polovica iz modificiranih mokrih feromonskih klopki. Uzorci su do trenutka analize čuvani u 60 % etanolu. Brojnost potkornjaka u tjednim ulovima nije rađena volumetrijski, već su brojane sve jedinice u ulovima. Osim smrekovog pisara i šesterozubog smrekova potkornjaka evidentirane su dvije glavne predatorske vrste *T. formicarius* i *N. elongatum*.

Podaci su najprije obrađeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007, a zatim uspoređeni primjenom T – testa i ANOVA analize u programu StatSoft Statistica 8.

## 5.6. Monitoring populacija smrekovih potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopka

Danas se na tržištu mogu pronaći različite izvedbe naletno barijernih feromonskih klopki namijenjenih monitoringu različitih vrsta potkornjaka. Međutim, upitno je kolika je učinkovitost „novih“ vrsta klopki i njihova selektivnost prema predatorskoj entomofauni u usporedbi s klasičnom naletno barijernom crnom Theysohn® feromonskom klopkom koja je sastavni dio šumarstva u Hrvatskoj, odnosno integrirane zaštite šuma od potkornjaka već dugi niz godina. U ovom dijelu istraživanja testirane su različite vrste naletno barijernih feromonskih klopki namijenjenih monitoringu populacija smrekovih potkornjaka.

Istraživanje je provedeno tijekom 2015. godine u razdoblju od 3. svibnja do 27. rujna. Sakupljanja potkornjaka iz lovnih posuda feromonskih klopki uglavnom je obavljano u tjednim intervalima. Ukupno su obavljena 22 tjedna sakupljanja i analizirano je 880 tjednih ulova iz 40 feromonskih klopki. Uzorci su do trenutka analize čuvani u 60 % etanolu. Brojnost potkornjaka u tjednim ulovima nije rađena volumetrijski, već su izbrojane sve jedinke u ulovima. Osim smrekovog pisara i šesterozubog smrekova potkornjaka evidentirane su dvije glavne predatorske vrste: *T. formicarius* i *N. elongatum*.

U istraživanju su korištene sljedeće vrste feromonskih klopki: naletno barijerne klopke s uzdužnim procjepom (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, bijela WitaTrap®), naletno barijerne klopke s okruglim procjepom (multi funnel WitaTrap® sa 6 i 12 lijevaka te klopka cross Witapral® „Ecco“). Od ukupno korištenih 40 feromonskih klopki, 18 feromonskih klopki korišteno je u g.j. Štirovača na višoj nadmorskoj visini u prirodnoj sastojini smreke, a 22 feromonske klopke u kulturi smreke na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik. Klopke su u sastojinama postavljene u linijskim transektima. Međusobni razmak između klopki u transektu i između transekata bio je 30 m. U jednom transektu bilo je postavljeno po 6 feromonskih klopki iste vrste.

U g.j. Štirovača postavljena su 3 linijska transekta s ukupno 18 klopki (slika 41.), dok su u g.j. Žitnik postavljena četiri linijska transekta (slika 42.) – tri po 6 klopki i jedan sa samo 4 feromonske klopke (2 cross Witapral® „Ecco“ i 2 bijele WitaTrap®). U istraživanju su korišteni feromonski pripravci Pheroprax® i Chalcoprax® koje proizvodi tvrtka BASF®. Feromonski pripravci mijenjani su tri puta tijekom istraživanja. Međutim, svaka druga klopka bila je opremljena s feromonskim pripravkom za drugu vrstu potkornjaka. Tako npr. prva feromonska klopka u transektu bila je opremljena s feromonskim pripravkom



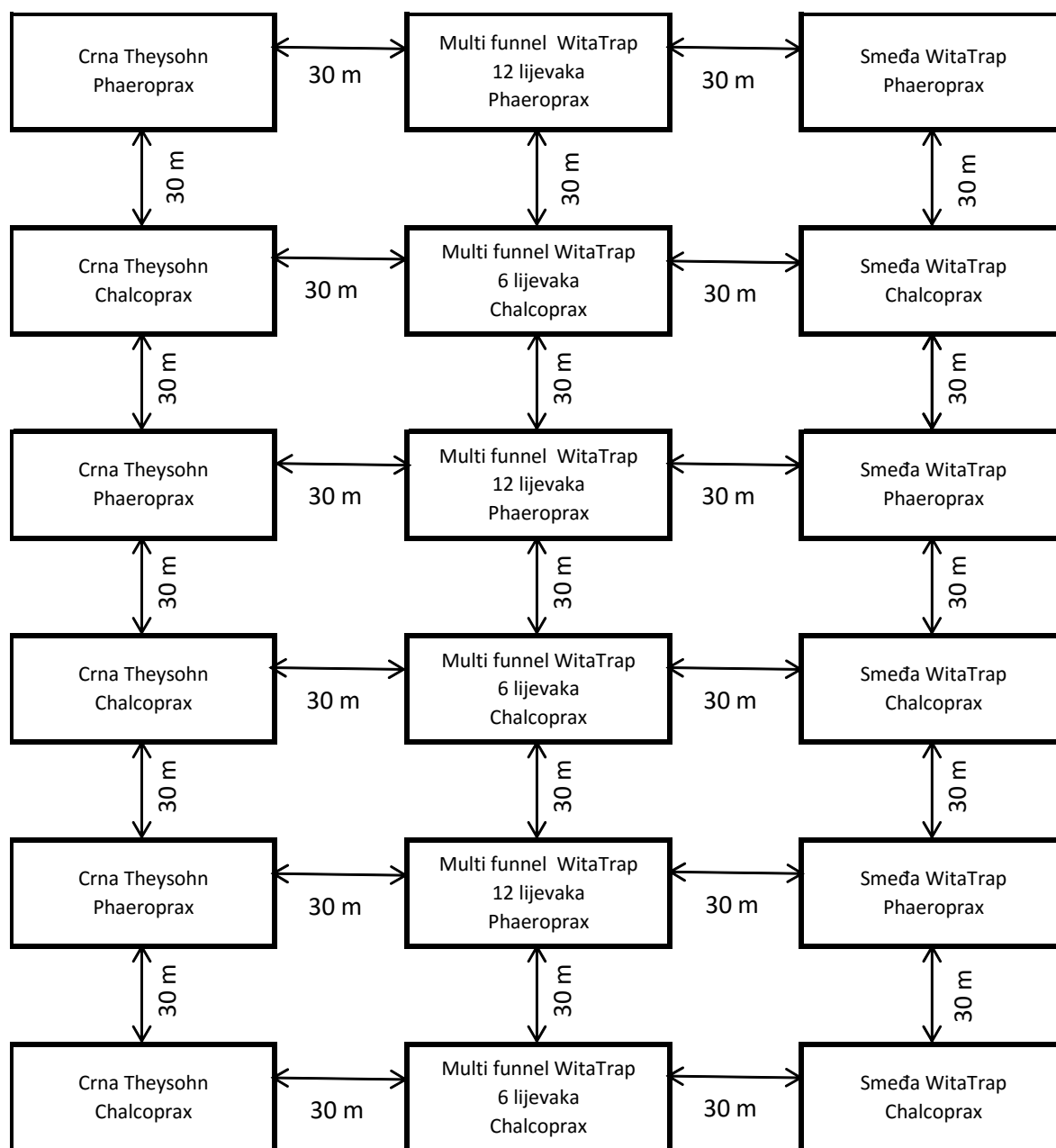
Pheroprax<sup>®</sup>, druga s feromonskim pripravkom Chalcoprax, treća opet s Pheroprax<sup>®</sup> ampulom itd. Na višoj nadmorskoj visini u istraživanju korišteno je 6 crnih Theysohn<sup>®</sup>, 6 multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> i 6 smeđih WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki. Od ukupno 6 multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki tri su bile s 12 lijevaka i tri sa 6 lijevaka.

Na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik korištene su 24 feromonske klopke. Od toga korišteno je 6 crnih Theysohn<sup>®</sup>, 6 smeđih WitaTrap<sup>®</sup>, 6 crnih multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>, 2 bijele WitaTrap<sup>®</sup> i 2 cross Witapral<sup>®</sup> „Ecco“ feromonske klopke. Od ukupno 6 multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki tri su bile s 12 lijevaka i tri sa 6 lijevaka.

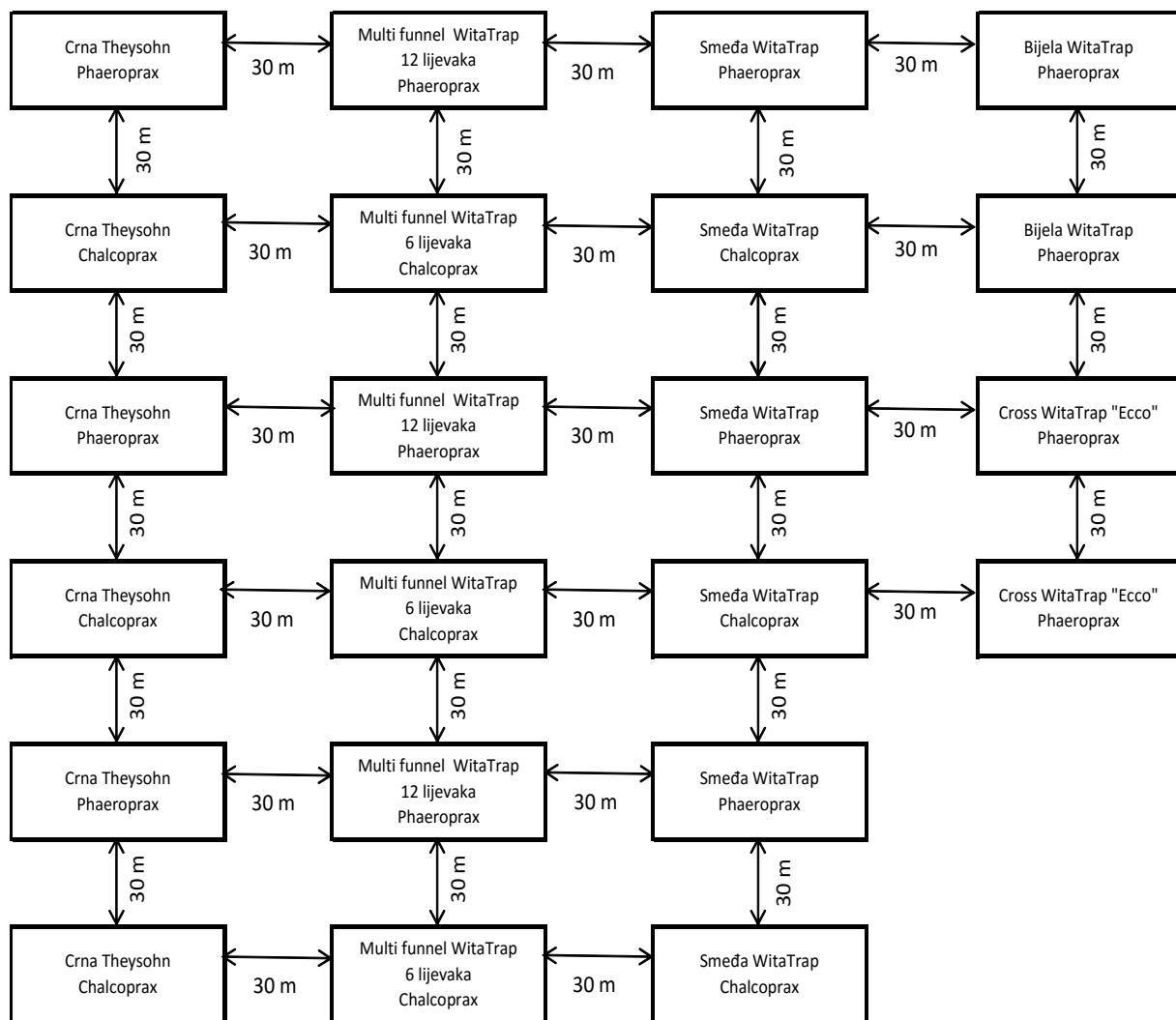
Multi funnel klopke s 12 lijevaka na višoj nadmorskoj visini korištene su za monitoring smrekovog pisara, a klopke sa 6 lijevaka za monitoring šesterozubog smrekovog potkornjaka. Na nižoj nadmorskoj visini također je korišteno 6 multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki, po tri klopke s 12 lijevaka za monitoring šesterozubog smrekovog potkornjaka i tri klopke sa 6 lijevaka za monitoring smrekovog pisara.

Cross Witapral<sup>®</sup> „Ecco“ i bijele WitaTrap<sup>®</sup> feromonske klopke bile su opremljene s feromonskim pripravkom Pheroprax<sup>®</sup>. Dvije navedene vrste feromonskih klopki nisu korištene na višoj nadmorskoj visini i nisu korištene za monitoring šesterozubog smrekovog potkornjaka. Jedan od glavnih razloga je visoka cijena feromonskih klopki. Iz navedenih razloga nije zadovoljena varijabilnost podataka kod usporedbe učinkovitosti s dvije navedene vrste feromonskih klopki.

Podaci su najprije obrađeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007, a zatim uspoređeni primjenom ANOVA analize u programu StatSoft Statistica 8.



Slika 41. Shematski prikaz pokusa monitoringa populacija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopkami postavljenim u linijskim transektima u g.j. Štirovača



Slika 42. Shematski prikaz pokusa monitoringa populacija smrekovog pisara i šestorozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopama postavljenim u linijskim transektima u g.j. Žitnik



Slika 43. Vrste naletno barijernih feromonskih klopki korištenih u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka: a) crna Theysohn®; b) smeđa WitaTrap®; c) crna multi funnel WitaTrap® – 12 lijevaka; d) crna multi funnel WitaTrap® – 6 lijevaka; e) bijela WitaTrap®; f) cross Witapral® „Ecco“

### 5.7. Metode uspostave šumskog reda i problematika otkoravanja panjeva

Šumski ekosustavi opterećeni su sve većim propisima etata, odnosno propisima redovne sječe. Nakon redovne sječe velike količine pogodnog materijala (grane, dijelovi krošanja, dijelovi stabala, neotkorani panjevi) ostaju u sastojinama. Pogodni materijal može se iskoristiti za biomasu, ali ova mogućnost iskorištenja ograničena je zbog nepristupačnog terena na području UŠP Gospić gdje rastu prirodne sastojine smreke. Šumarska operativa obvezna je prema Zakonu o šumama uspostaviti šumski red nakon redovne sječe. Postavlja se pitanje: „Što napraviti s neiskorištenim materijalom i kako uspostaviti šumski red u sastojinama nakon sječe, a da se ne izazove „eksplozija“ populacije smrekovih potkornjaka?“



Slika 44. Sastojina smreke nakon redovne sječe u g.j. Štirovača odsjek 6a – neuspostavljanje šumskog reda nakon redovne sječe jedan je od glavnih uzroka „eksplozije“ gustoće populacije smrekovih potkornjaka

Stoga je provedeno istraživanje uspostave šumskog reda dvjema metoda slaganja grana u hrpe. Kod jedne metode slaganja deblji dio grane okretao se prema sredini hrpe, dok kod druge metode prema vanjskom rubu hrpe.



Slika 45. Gospodarenje ostacima sječe u Švedskoj (biomasa kao važan izvor energije)

Istraživanje je provedeno sa ciljem da će jedna od metoda pokazati statistički značajnu razliku u broju ubušenih potkornjaka u odnosu na drugu metodu. Grane s više lovnih stabala



izmješane su u jednoj i drugoj hrpi kako bi se izbjegla neatraktivnost materijala za napad potkornjaka, prije svega šestozubog smrekovog potkornjaka budući da se radi o tankom materijalu. Hrpe grana bile su gotovo jednake visine. U obje g.j. na različitim nadmorskim visinama postavljane su hrpe grana u razdoblju od 2013. do 2015.

Slika 46. Dataloger Log 20 Dostmann® electronic GmbH

U sredini i na vanjskom rubu hrpe nalazili su se datalogeri Log 20 Dostmann® electronic GmbH koji su u vremenskom intervalu od jednog sata bilježili temperaturu i relativnu zračnu vlagu. Datalogeri su postavljeni u plastična kućišta kako bi se izbjegla mogućnost ulaska vode u kućište logera. Hrpe grana uspostavljane su dva puta godišnje jer šesterozubi smrekov potkornjak razvija dvije generacije godišnje u smrekovim šumama Like. Na ovaj način se nastojalo obuhvatiti i proljetno i ljetno rojenje ovog štetnika te uvidjeti njegov razvoj u složenim hrpama grana. U trenutku kada se u lovnim stablima šesterozubi smrekov potkornjak razvio do stadija mladog imaga uzimati su uzorci grana iz hrpa. Grane su uzete slučajnim uzorkom iz hrpa. Iz svake hrpe uzeto je po devet grana - tri grane s vrha hrpe, tri iz sredine i tri grane s dna hrpe. To znači da je ukupno analizirano po pokusnoj plohi za jedno rojenje devet grana za jednu metodu i devet grana za drugu metodu. Granama koje su uzete za uzorak mjereni su sljedeći parametri: dužina grane (m), srednji promjer grane (cm), evidentirana je vrsta potkornjaka te broj bračnih komorica i galerija. Grane su u potpunosti otkorane i brojane su bračne komorice. Kod šesterozubog smrekovog potkornjaka izbrojane su bračne komorice, dok kod ostalih vrsta potkornjaka izbrojane su samo galerije.



Slika 47. Primjenjene metode uspostave šumskog reda nakon sječe u sastojini smreke: a) metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema rubu hrpe; b) metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema sredini hrpe



Slika 48. Potpuno otkorana pregledana grana s markiranim bračnim komoricama i galerijama potkornjaka

S druge strane nameće se pitanje opravdanosti otkoravanja panjeva nakon redovne sječe u smrekovim sastojinama. U bliskoj prošlosti šumarstva u Hrvatskoj otkoravani su ne samo panjevi nego i svi sortimenti koji su bili izrađeni u sastojinama. Na taj način otkorani trupci i panjevi nisu više bili pogodni za razvoj potkornjaka. Međutim, moderno šumarstvo koje nameće sve veće količine izrađenih sortimenata po radniku u jednom radnom danu dovelo je do odbacivanja otkoravanja trupaca zbog velikog utroška vremena. Na ovaj način proizvodnja je ubrzana bez obzira na posljedice. Problem nastaje kad velike količine neotkoranih trupaca u ljetnom periodu predugo ostaju na pomoćnim stovarištima.





Također postoji dvojba da li su neotkorani panjevi atraktivni potkornjacima. Iz navedenih razloga provedeno je istraživanje razvoja potkornjaka u svježe posječenim neotkoranim panjevima na različitim nadmorskim visinama.

Slika 49. Detalj otkorane uzorkovane grane s bračnom komoricom i 4 majčinske galerije s kukuljicama šesterozubog smrekovog potkornjaka

Nakon sječe lovni stabala panjevi nisu otkoravani već su ostavljeni sa ciljem da se u njima razvijaju potkornjaci, odnosno sa ciljem utvrđivanja opravdanosti otkoravanja panjeva nakon sječe.



Slika 50. Panj nakon sječe u sastojini smreke

Podaci su najprije obrađeni u programskom paketu Microsoft Office Excel 2007, a zatim analizirani u programu StatSoft Statistika 8 primjenom Anova analize, T – testa, Mann – Whitney U – testa i Spearman Rank korelacije.



Slika 51. Otkorani panj: a) bez razvijenih galerija potkornjaka; b) otkorani panj s razvijenim višekrakim vertikalnim hodnikom smrekovog pisara (razvijene dvije majčinske galerije) - smola zaustavila razvoj ličinki

## 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja populacija smrekovih potkornjaka na području šumarije Perušić UŠP Gospić u razdoblju od 2013. do 2015. godine.

Za dvije navedne vrste potkornjaka utvrđena je fenologija u navedenom vremenskom razdoblju na različitim nadmorskim visinama; za vrstu smrekov pisar analiziran je model PHENIPS i uspoređen s utvrđenom fenologijom na lovnim stablima; ispitana je učinkovitost primjene i selektivnost mokrih i suhih klasičnih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki; ispitana je učinkovitost i selektivnost različitih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka; analizirana je prostorna disperzija jedinki smrekovog pisara u gospodarskim šumama na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit; niše prezimljavanje smrekovog pisara i različiti aspekti vezani uz prezimljavanje; uspoređeni su rezultati različitih metoda uspostave šumskog reda nakon sječe te je istražena opravdanost i potreba otkoravanja panjeva nakon redovne sječe u sastojinama smreke.

## 6.1. Fenološka motrenja razvoja smrekovih potkornjaka u lovnim stablima

## 6.1.1. Fenološki prikaz razvoja smrekovog pisara u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.

<i>Ips typographus</i> L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2013. godina																							
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		GLAVNA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (studenj, prosinac)		
			Lipanj			Srpanj				Kolovoz			Rujan				Listopad						
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA									LIJETNA GENERACIJA											
Datum			15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	14.	17.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.		
Izrada bračne komorice																							
Jaje																							
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
	L <sub>2</sub> stadij																						
	L <sub>3</sub> stadij																						
Kukuljica																							
Imago																							
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (studenj, prosinac)		
			Lipanj			Srpanj				Kolovoz			Rujan				Listopad						
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA									LIJETNA GENERACIJA											
Datum			15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	14.	17.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.		
Izrada bračne komorice																							
Jaje																							
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
	L <sub>2</sub> stadij																						
	L <sub>3</sub> stadij																						
Kukuljica																							
Imago																							

Slika 52. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2013. godinu

<i>Ips typographus</i> L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2014. godina																											
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)				
			Svibanj					Lipanj					Srpanj					Kolovoz							Rujan		
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LJETNA GENERACIJA															
Datum			10.	17.	25.	02.	07.	13.	19.	28.	04.	13.	18.	24.	02.	10.	17.	22.	31.	07.	14.	21.	28.				
Izrada bračne komorice																											
Jaje																											
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																										
	L <sub>2</sub> stadij																										
	L <sub>3</sub> stadij																										
Kukuljica																											
Mlada imaga																											
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)				
			Svibanj					Lipanj					Srpanj					Kolovoz							Rujan		
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LJETNA GENERACIJA															
Datum			10.	17.	25.	02.	07.	13.	19.	28.	04.	13.	18.	24.	02.	10.	17.	22.	31.	07.	14.	21.	28.				
Izrada bračne komorice																											
Jaje																											
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																										
	L <sub>2</sub> stadij																										
	L <sub>3</sub> stadij																										
Kukuljica																											
Mlada imaga																											

Slika 53. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2014. godinu

Ips typographus L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2015. godina																										
PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)				
		Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan								
Generacija		PROLJETNA GENERACIJA								LJETNA GENERACIJA				TREĆA GENERACIJA												
Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.				
GLAVNA GENERACIJA	Izrada bračne komorice																									
	Jaje																									
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
		L <sub>2</sub> stadij																								
		L <sub>3</sub> stadij																								
	Kukuljica																									
	Imago																									
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)			
			Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan							
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA								LJETNA GENERACIJA				TREĆA GENERACIJA											
	Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
	Izrada bračne komorice																									
	Jaje																									
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
		L <sub>2</sub> stadij																								
L <sub>3</sub> stadij																										
Kukuljica																										
Imago																										

Slika 54. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik za 2015. godinu

Ips typographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2013. godina																								
PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		GLAVNA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (studenj, prosinac)			
		Lipanj			Srpanj				Kolovoz				Rujan				Listopad							
GLAVNA GENERACIJA	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA								LJETNA GENERACIJA														
	Datum	08.	15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	18.	25.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.			
	Izrada bračne komorice																							
	Jaje																							
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
		L <sub>2</sub> stadij																						
		L <sub>3</sub> stadij																						
	Kukuljica																							
Imago																								
PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (studenj, prosinac)			
		Lipanj			Srpanj				Kolovoz				Rujan				Listopad							
SESTRINSKA GENERACIJA	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA								LJETNA GENERACIJA														
	Datum	08.	15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	18.	25.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.			
	Izrada bračne komorice																							
	Jaje																							
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
		L <sub>2</sub> stadij																						
		L <sub>3</sub> stadij																						
	Kukuljica																							
Imago																								

Slika 55. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2013. godinu

Ips typographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2014. godina																								
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)			
			Svibanj		Lipanj			Srpanj			Kolovoz			Rujan										
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA												LIETNA GENERACIJA										
Datum			17.	25.	01.	06.	15.	19.	28.	04.	13.	20.	25.	05.	17.	22.	30.	06.	14.	21.	28.			
Izrada bračne komorice																								
Jaje																								
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																							
	L <sub>2</sub> stadij																							
	L <sub>3</sub> stadij																							
Kukuljica																								
Imago																								
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)			
			Svibanj		Lipanj			Srpanj			Kolovoz			Rujan										
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA												LIETNA GENERACIJA										
Datum			17.	25.	01.	06.	15.	19.	28.	04.	13.	20.	25.	05.	17.	22.	30.	06.	14.	21.	28.			
Izrada bračne komorice																								
Jaje																								
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																							
	L <sub>2</sub> stadij																							
	L <sub>3</sub> stadij																							
Kukuljica																								
Imago																								

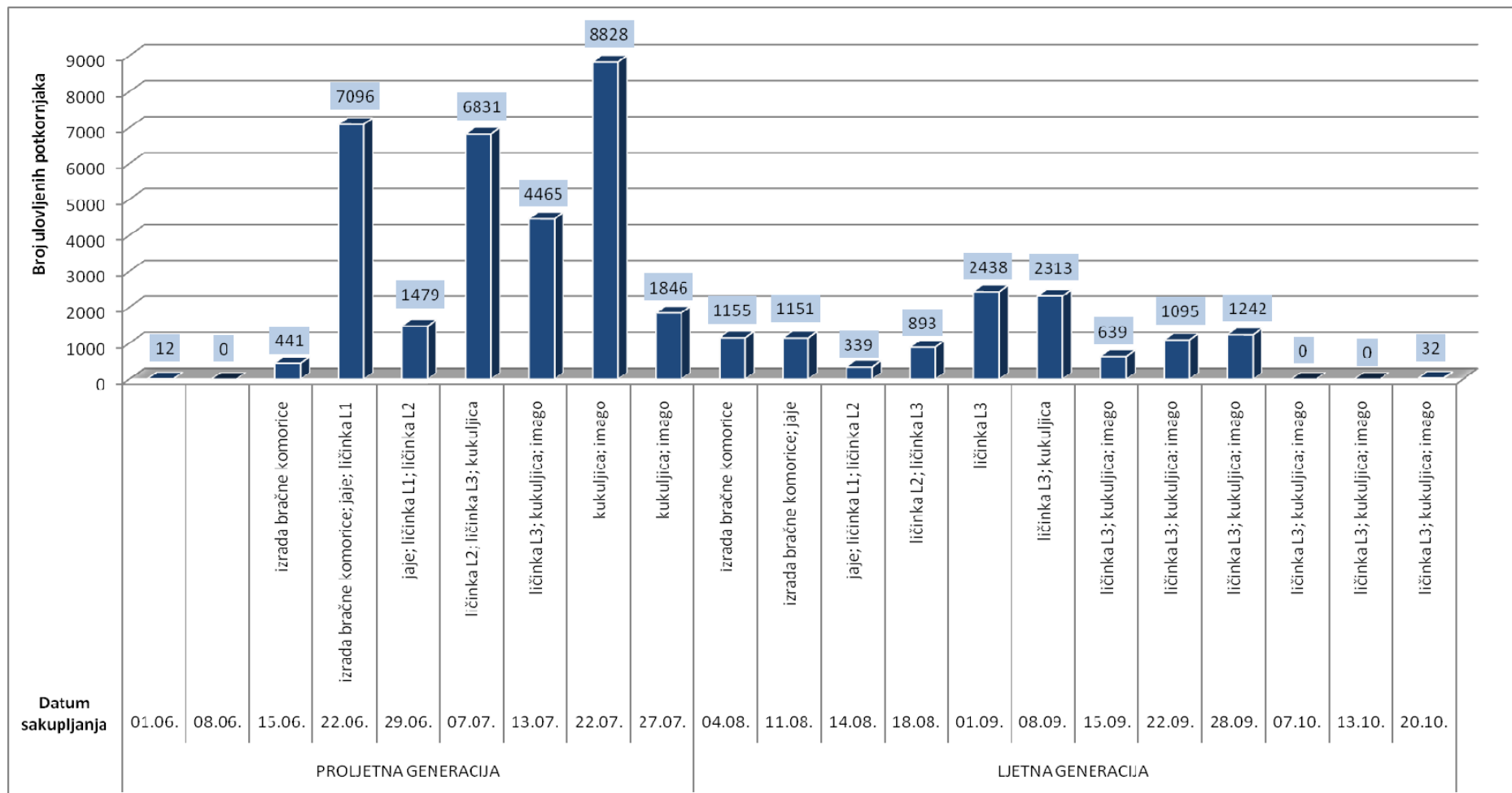
Slika 56. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2014. godinu



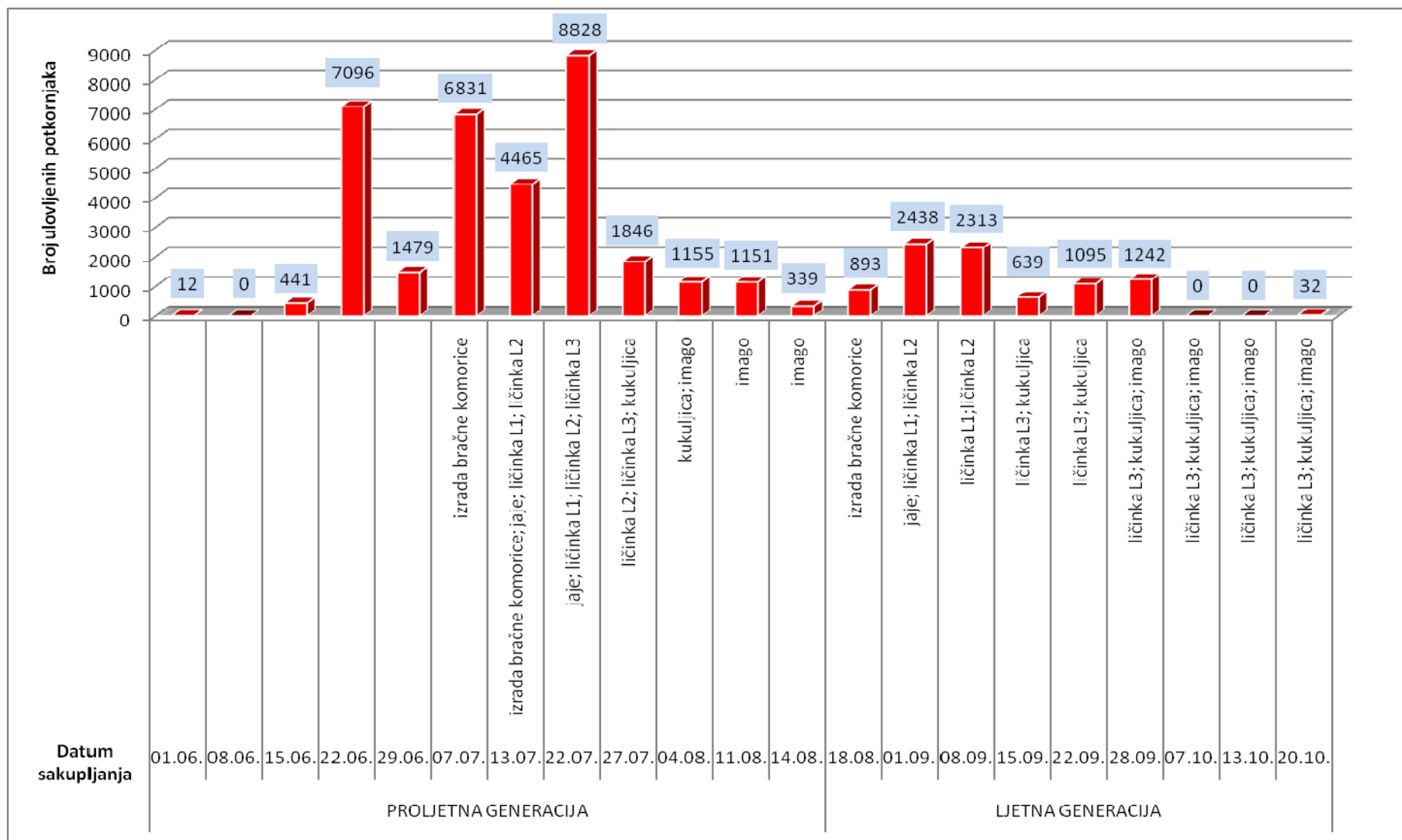
Ips typographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2015. godina																										
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)					
			Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan							
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA												LJETNA GENERACIJA											
Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.				
Izrada bračne komorice																										
Jaje																										
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																									
	L <sub>2</sub> stadij																									
	L <sub>3</sub> stadij																									
Kukuljica																										
Imago																										
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)					
			Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan							
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA												LJETNA GENERACIJA											
	Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
	Izrada bračne komorice																									
	Jaje																									
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
		L <sub>2</sub> stadij																								
L <sub>3</sub> stadij																										
Kukuljica																										
Imago																										

Slika 57. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija smrekovog pisara u g.j. Štirovača za 2015. godinu

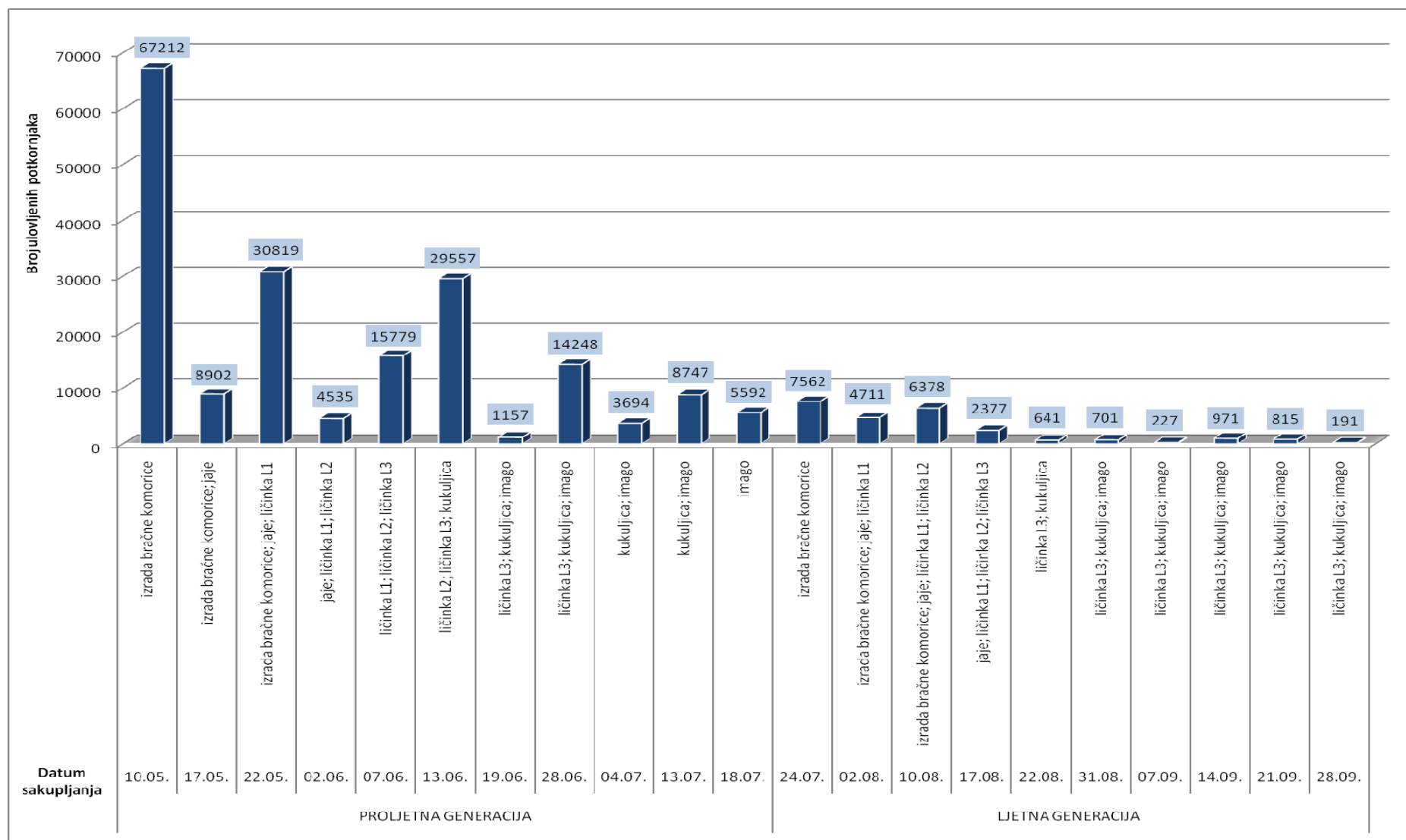
## 6.1.1.1. Usporedni prikaz fenologije smrekovog pisara i ulova feromonskih klopki u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.



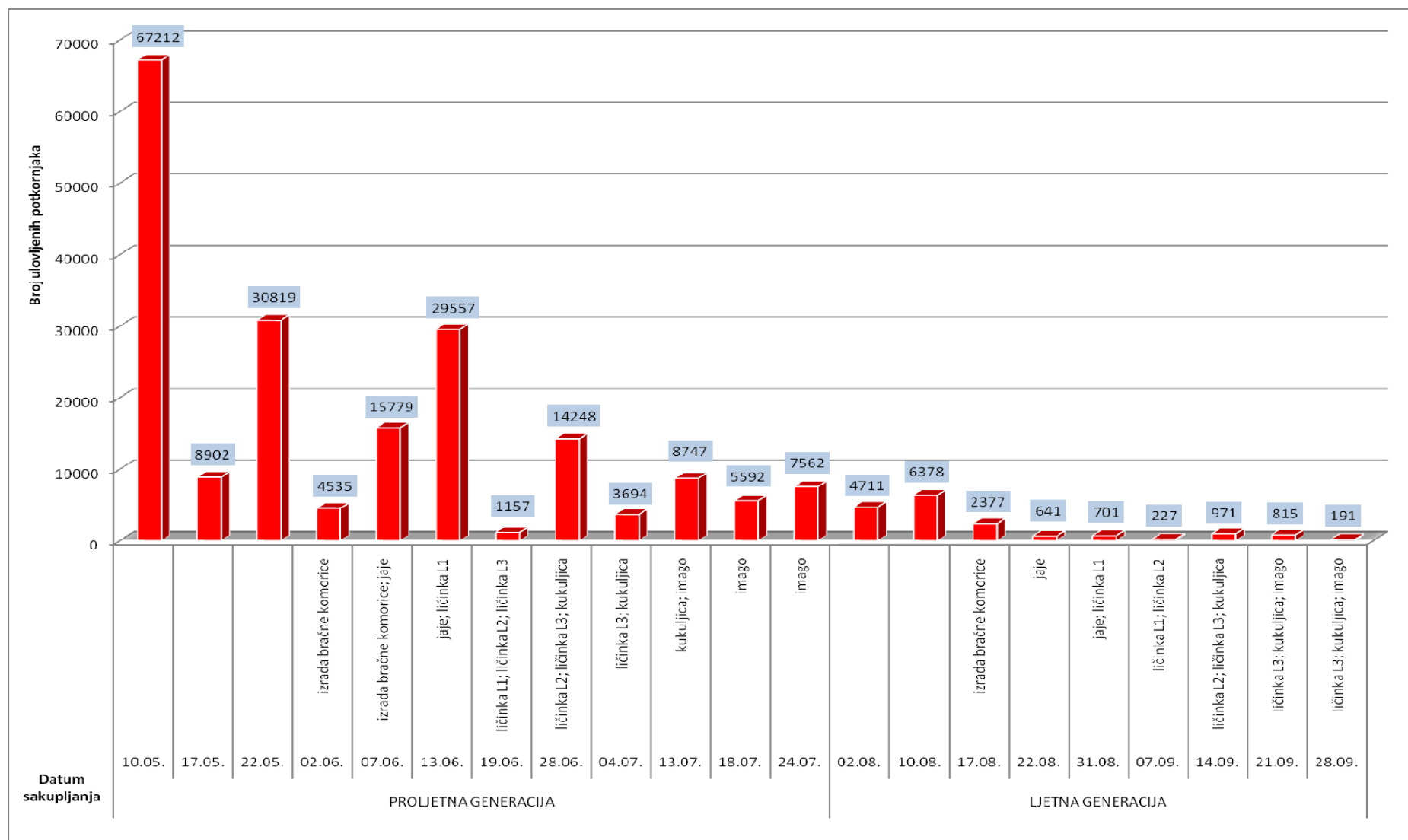
Slika 58. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu



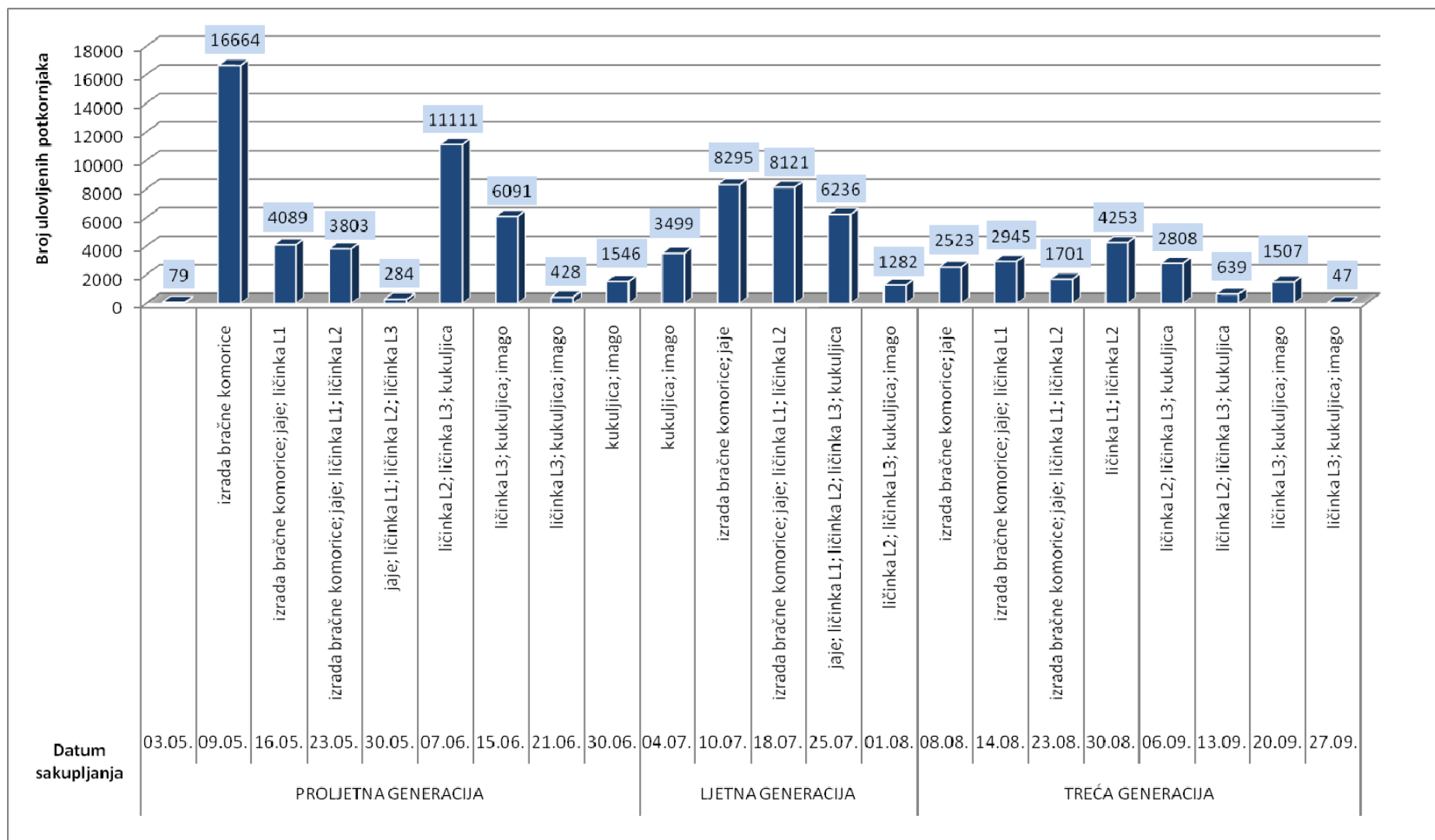
Slika 59. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu



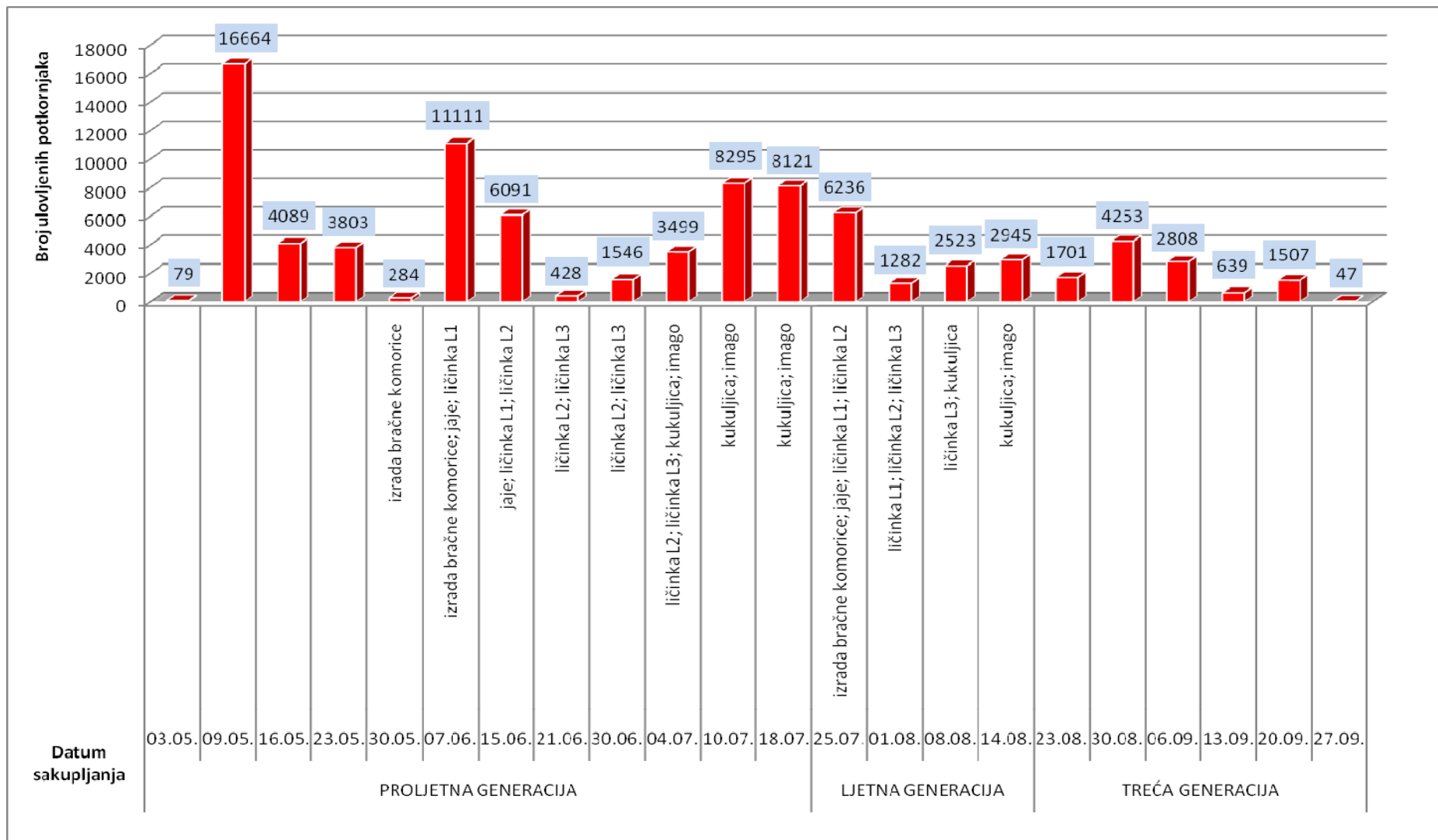
Slika 60. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu



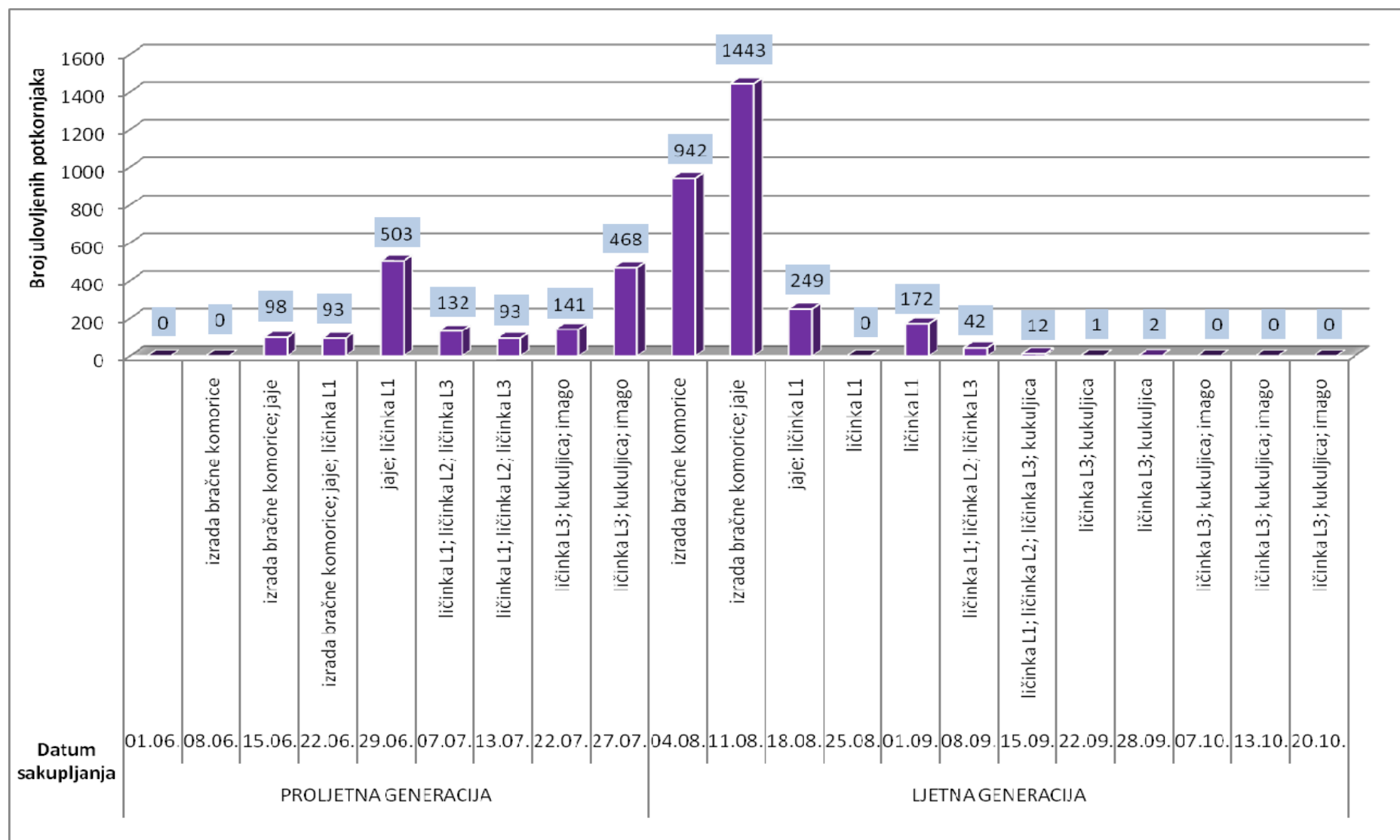
Slika 61. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu



Slika 62. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova 13 feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu

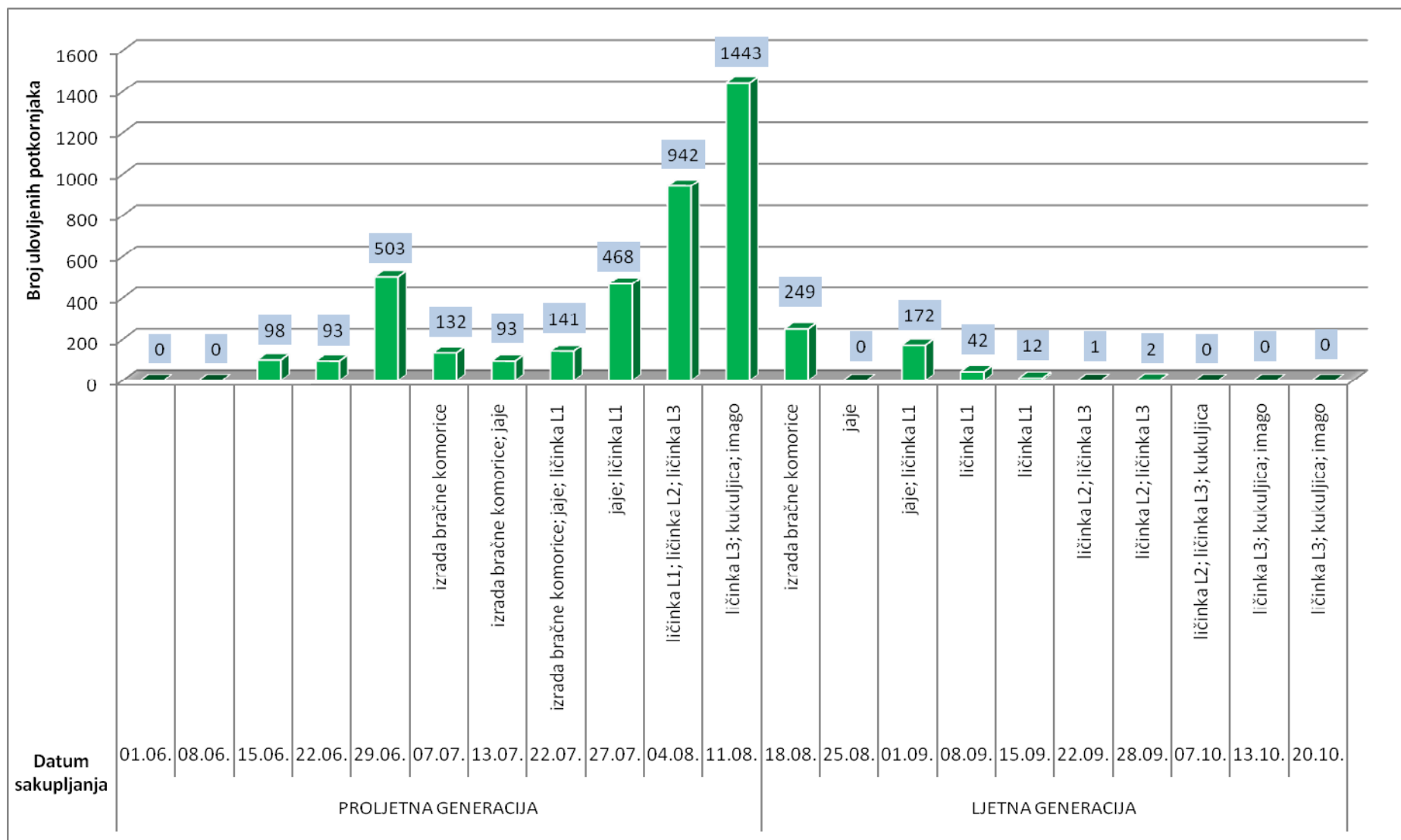


Slika 63. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova 13 feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu

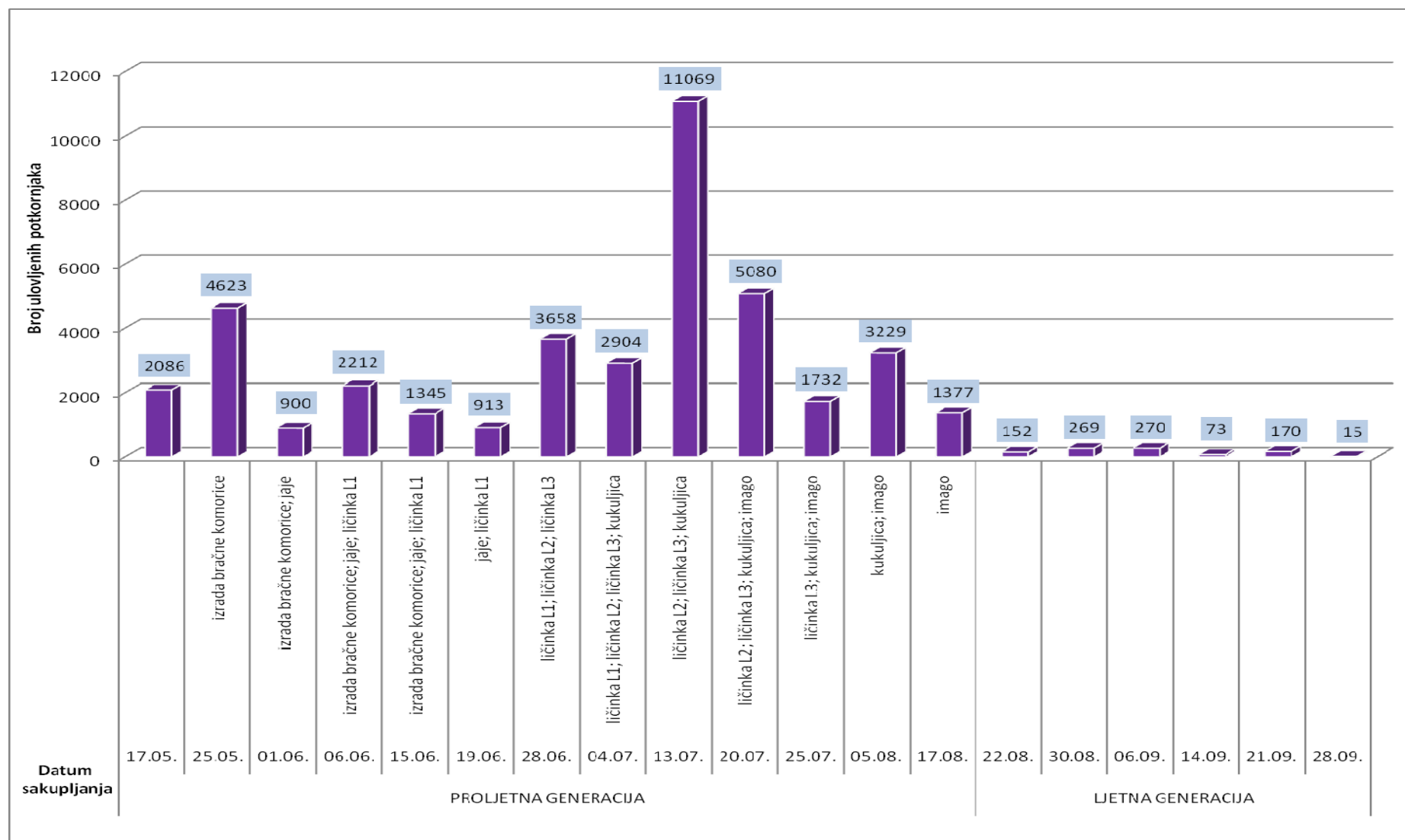


Slika 64. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu

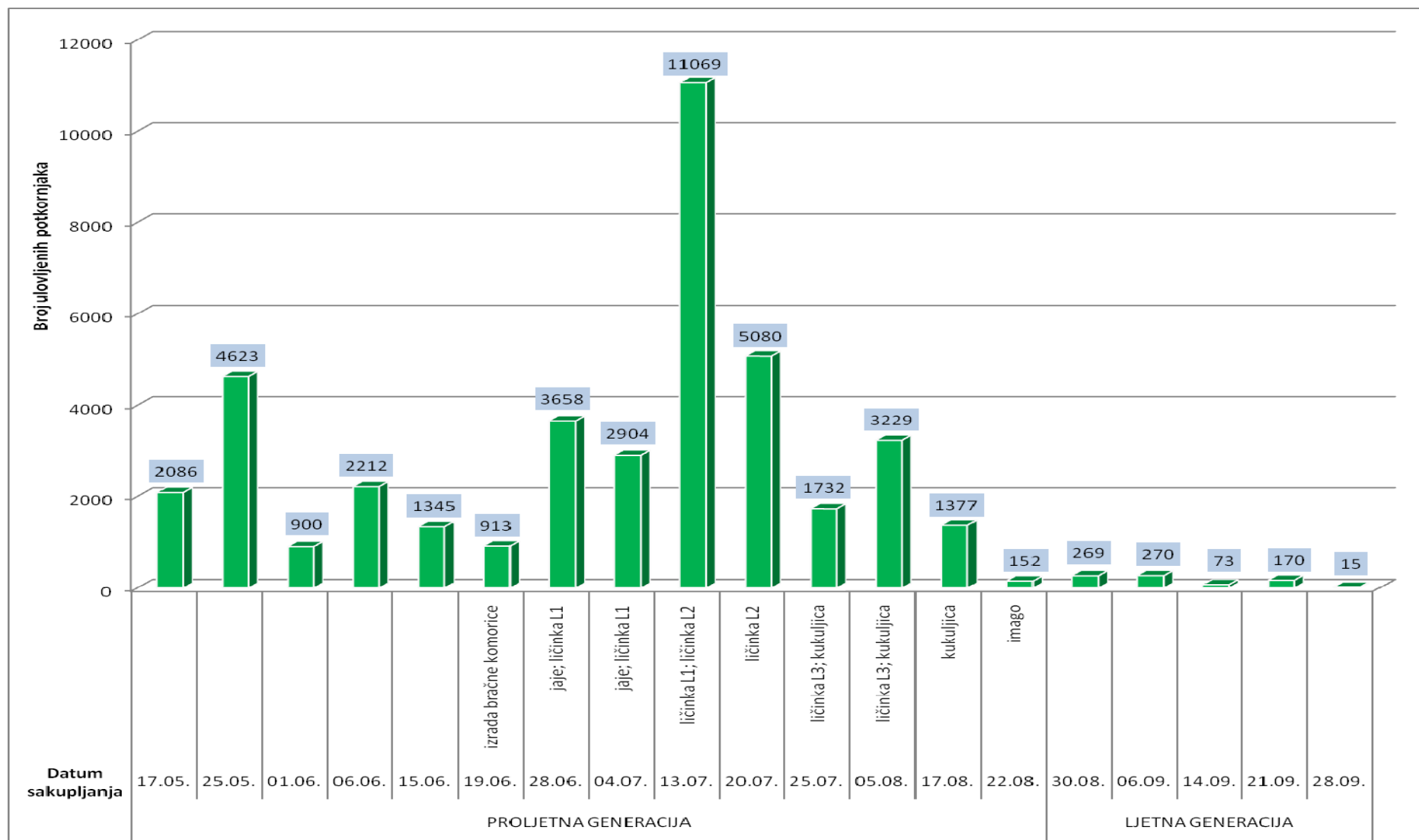




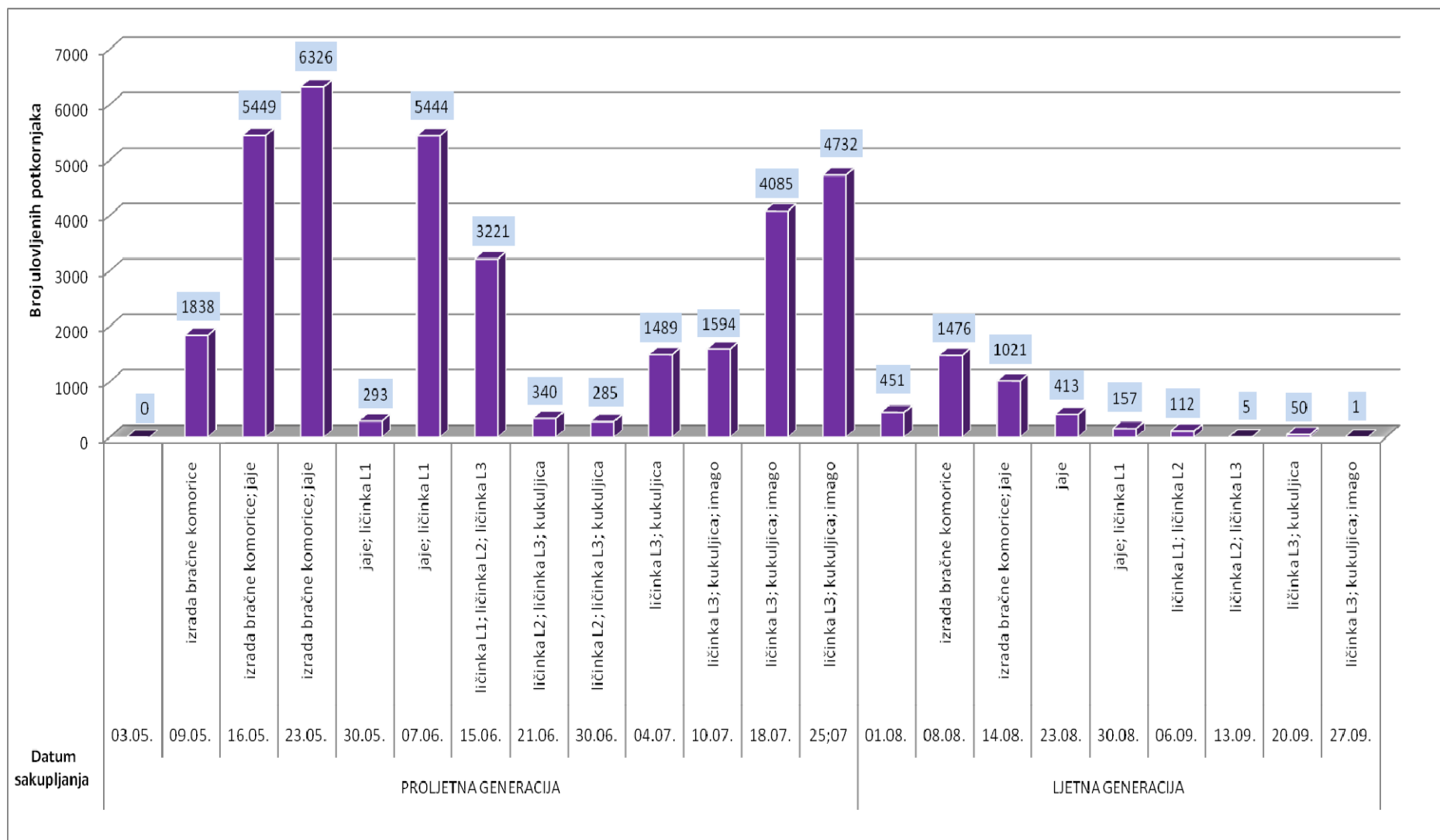
Slika 65. Usporedni prikaz fenologije sestrinskih generacija smrekovog pisara i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu



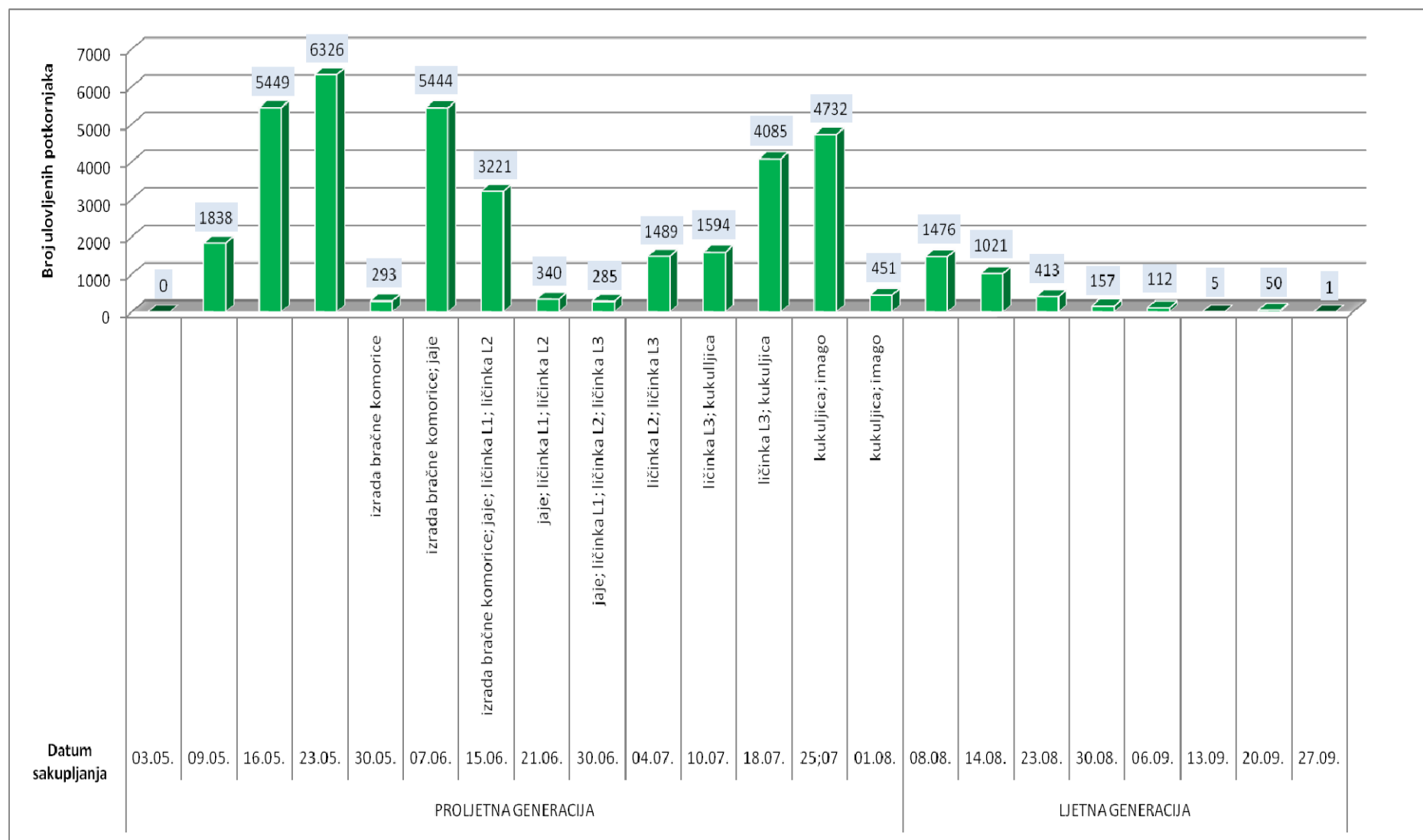
Slika 66. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu



Slika 67. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu



Slika 68. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu



Slika 69. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije smrekovog pisara i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu

## 6.1.2. Fenološki prikaz razvoja šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.

Pityogenes chalcographus L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2013. godina																							
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		GLAVNA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (studen, prosinac)		
			Lipanj			Srpanj				Kolovoz				Rujan				Listopad					
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA									LIJETNA GENERACIJA											
Datum			15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	14.	17.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.		
Izrada bračne komorice																							
Jaje																							
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
	L <sub>2</sub> stadij																						
	L <sub>3</sub> stadij																						
Kukuljica																							
Imago																							
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (studen, prosinac)		
			Lipanj			Srpanj				Kolovoz				Rujan				Listopad					
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA									LIJETNA GENERACIJA											
Datum			15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	14.	17.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.		
Izrada bračne komorice																							
Jaje																							
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																						
	L <sub>2</sub> stadij																						
	L <sub>3</sub> stadij																						
Kukuljica																							
Imago																							

Slika 70. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2013. godinu

Pityogenes chalcographus L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2014. godina																												
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)						
			Svibanj			Lipanj					Srpanj				Kolovoz					Rujan								
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA											LJETNA GENERACIJA														
	Datum		10.	17.	25.	02.	07.	13.	19.	28.	04.	13.	18.	24.	02.	10.	17.	22.	31.	07.	14.	21.	28.					
	Izrada bračne komorice																											
	Jaje																											
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																										
		L <sub>2</sub> stadij																										
		L <sub>3</sub> stadij																										
	Kukuljica																											
Mlada imaga																												
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)						
			Svibanj			Lipanj					Srpanj				Kolovoz					Rujan								
	Generacija		PROLJETNA GENERACIJA											LJETNA GENERACIJA														
	Datum		10.	17.	25.	02.	07.	13.	19.	28.	04.	13.	18.	24.	02.	10.	17.	22.	31.	07.	14.	21.	28.					
	Izrada bračne komorice																											
	Jaje																											
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																										
		L <sub>2</sub> stadij																										
		L <sub>3</sub> stadij																										
	Kukuljica																											
Mlada imaga																												

Slika 71. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2014. godinu

Pityogenes chalcographus L. - gospodarska jedinica Žitnik - 2015. godina																									
PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)				
		Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan							
Generacija		PROLJETNA GENERACIJA								LIETNA GENERACIJA						TREĆA GENERACIJA									
Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
Izrada bračne komorice																									
Jaje																									
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
	L <sub>2</sub> stadij																								
	L <sub>3</sub> stadij																								
Kukuljica																									
Imago																									
PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																			PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)				
		Svibanj				Lipanj				Srpanj				Kolovoz				Rujan							
Generacija		PROLJETNA GENERACIJA								LIETNA GENERACIJA						TREĆA GENERACIJA									
Datum		09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
Izrada bračne komorice																									
Jaje																									
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
	L <sub>2</sub> stadij																								
	L <sub>3</sub> stadij																								
Kukuljica																									
Imago																									

Slika 72. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik za 2015. godinu



Pityogenes chalcographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2013. godina																										
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		GLAVNA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (studen, prosinac)			
			Lipanj					Srpanj					Kolovoz					Rujan								Listopad
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LJETNA GENERACIJA														
Datum	01.	08.	15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	18.	25.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.					
Izrada bračne komorice																										
Jaje																										
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																									
	L <sub>2</sub> stadij																									
	L <sub>3</sub> stadij																									
Kukuljica																										
Imago																										
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj, svibanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (studen, prosinac)			
			Svibanj					Srpanj					Kolovoz					Rujan								Listopad
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LJETNA GENERACIJA														
	Datum	01.	08.	15.	22.	29.	07.	13.	22.	27.	04.	11.	18.	25.	01.	08.	15.	22.	28.	07.	13.	20.				
	Izrada bračne komorice																									
	Jaje																									
	Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
		L <sub>2</sub> stadij																								
L <sub>3</sub> stadij																										
Kukuljica																										
Imago																										

Slika 73. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestrozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2013. godinu

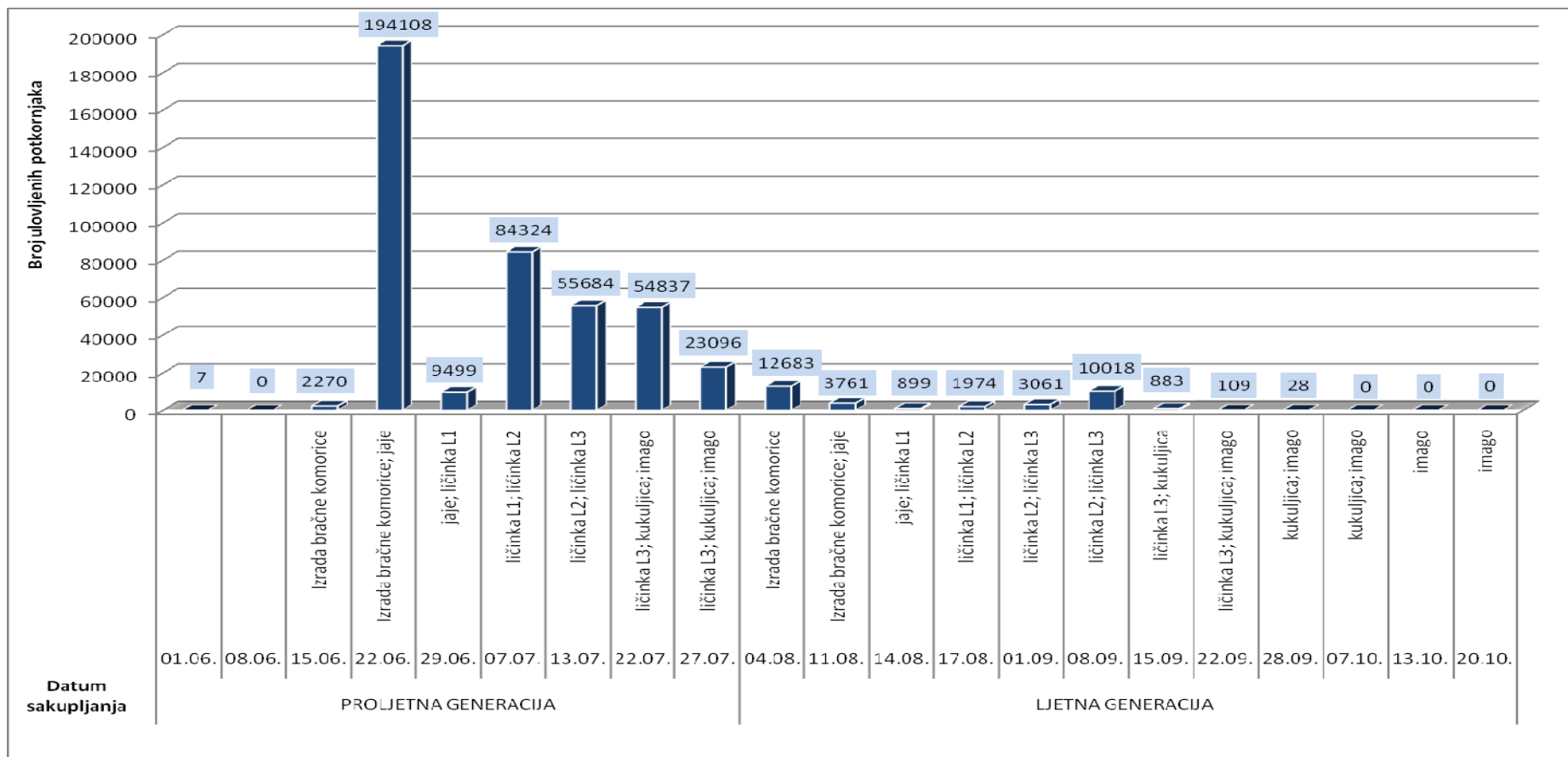
Ips typographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2014. godina																								
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)			
			Svibanj		Lipanj			Srpanj			Kolovoz			Rujan										
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA															LJETNA GENERACIJA							
Datum			17.	25.	01.	06.	15.	19.	28.	04.	13.	20.	25.	05.	17.	22.	30.	06.	14.	21.	28.			
Izrada bračne komorice																								
Jaje																								
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																							
	L <sub>2</sub> stadij																							
	L <sub>3</sub> stadij																							
Kukuljica																								
Imago																								
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																		PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)			
			Svibanj		Lipanj			Srpanj			Kolovoz			Rujan										
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA															LJETNA GENERACIJA							
Datum			17.	25.	01.	06.	15.	19.	28.	04.	13.	20.	25.	05.	17.	22.	30.	06.	14.	21.	28.			
Izrada bračne komorice																								
Jaje																								
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																							
	L <sub>2</sub> stadij																							
	L <sub>3</sub> stadij																							
Kukuljica																								
Imago																								

Slika 74. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2014. godinu

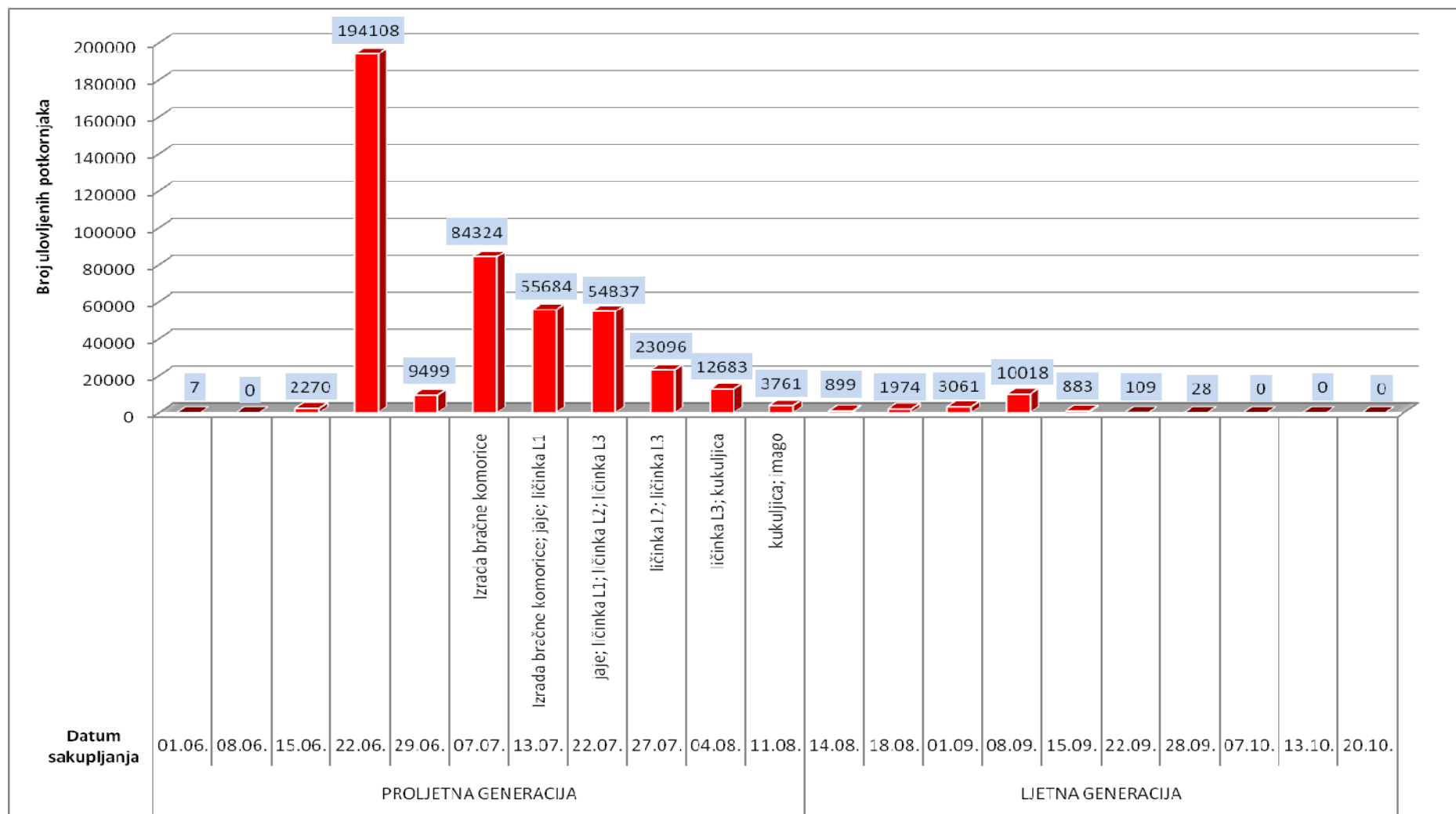
Pityogenes chalcographus L. - gospodarska jedinica Štirovača - 2015. godina																									
GLAVNA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		GLAVNA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)		
			Svibanj					Lipanj					Srpanj					Kolovoz							Rujan
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LIJETNA GENERACIJA													
Datum	03.	09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
Izrada bračne komorice																									
Jaje																									
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
	L <sub>2</sub> stadij																								
	L <sub>3</sub> stadij																								
Kukuljica																									
Imago																									
SESTRINSKA GENERACIJA	PREZIMLJAVANJE (siječanj, veljača, ožujak, travanj)		SESTRINSKA GENERACIJA																				PREZIMLJAVANJE (listopad, studeni, prosinac)		
			Svibanj					Lipanj					Srpanj					Kolovoz							Rujan
	Generacija	PROLJETNA GENERACIJA										LIJETNA GENERACIJA													
Datum	03.	09.	16.	23.	30.	07.	15.	21.	30.	04.	10.	18.	25.	01.	08.	14.	23.	30.	06.	13.	20.	27.			
Izrada bračne komorice																									
Jaje																									
Ličinka	L <sub>1</sub> stadij																								
	L <sub>2</sub> stadij																								
	L <sub>3</sub> stadij																								
Kukuljica																									
Imago																									

Slika 75. Fenologija glavnih i sestrinskih generacija šestorozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Štirovača za 2015. godinu

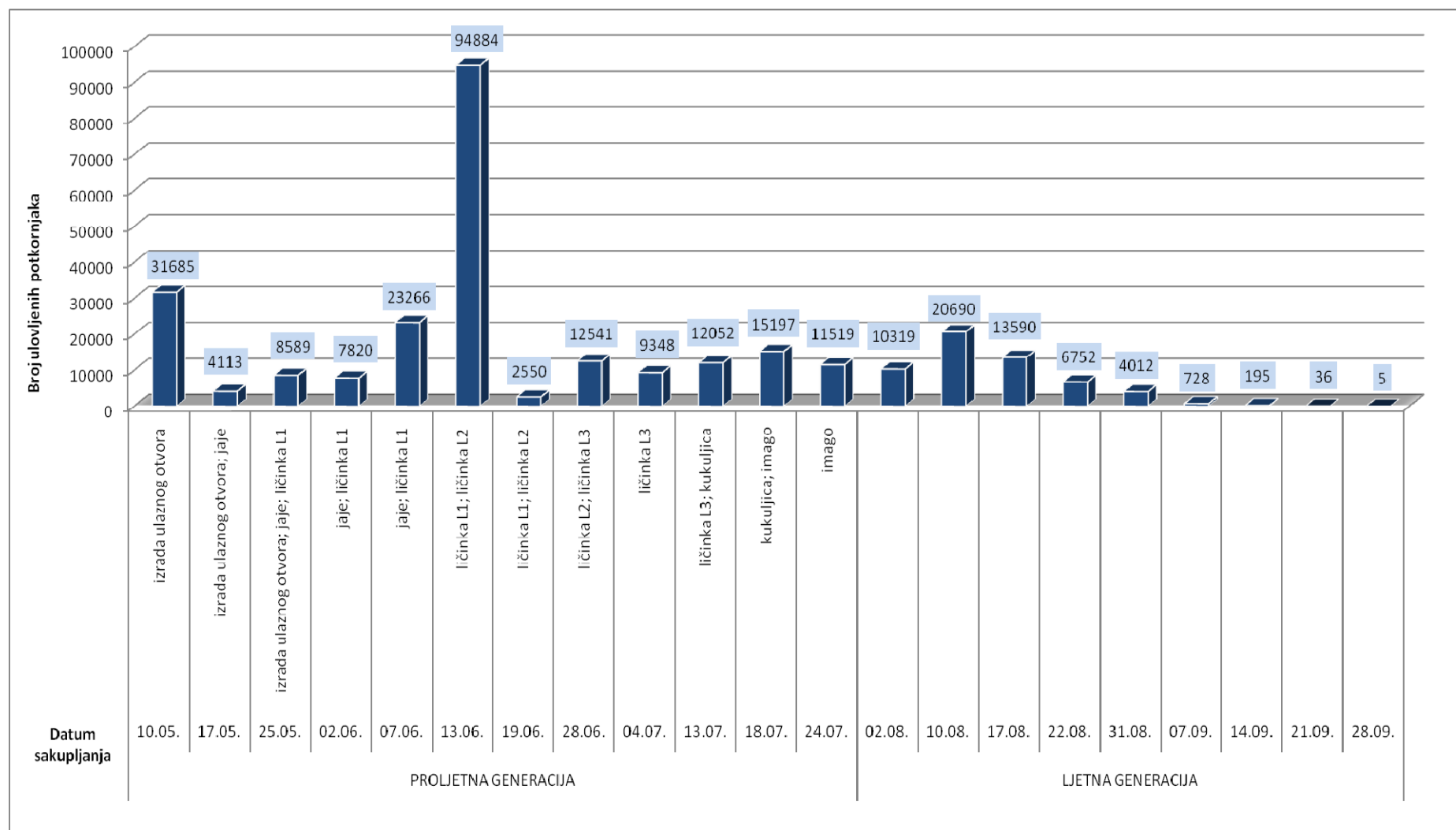
### 6.1.2.1. Usporedni prikaz fenologije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova feromonskih klopki u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.



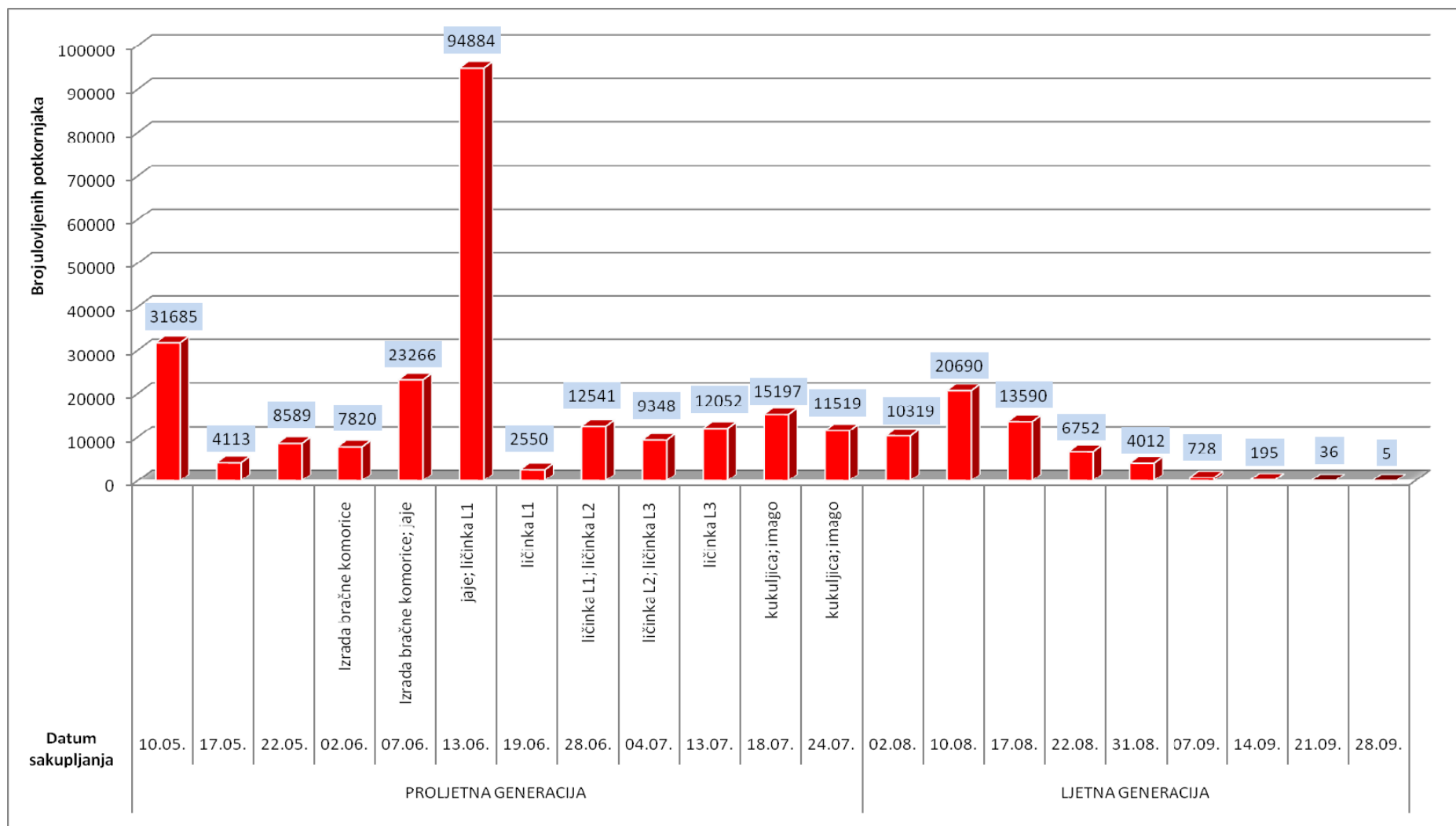
Slika 76. Usporedni prikaz fenologije glavnih generacija šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu



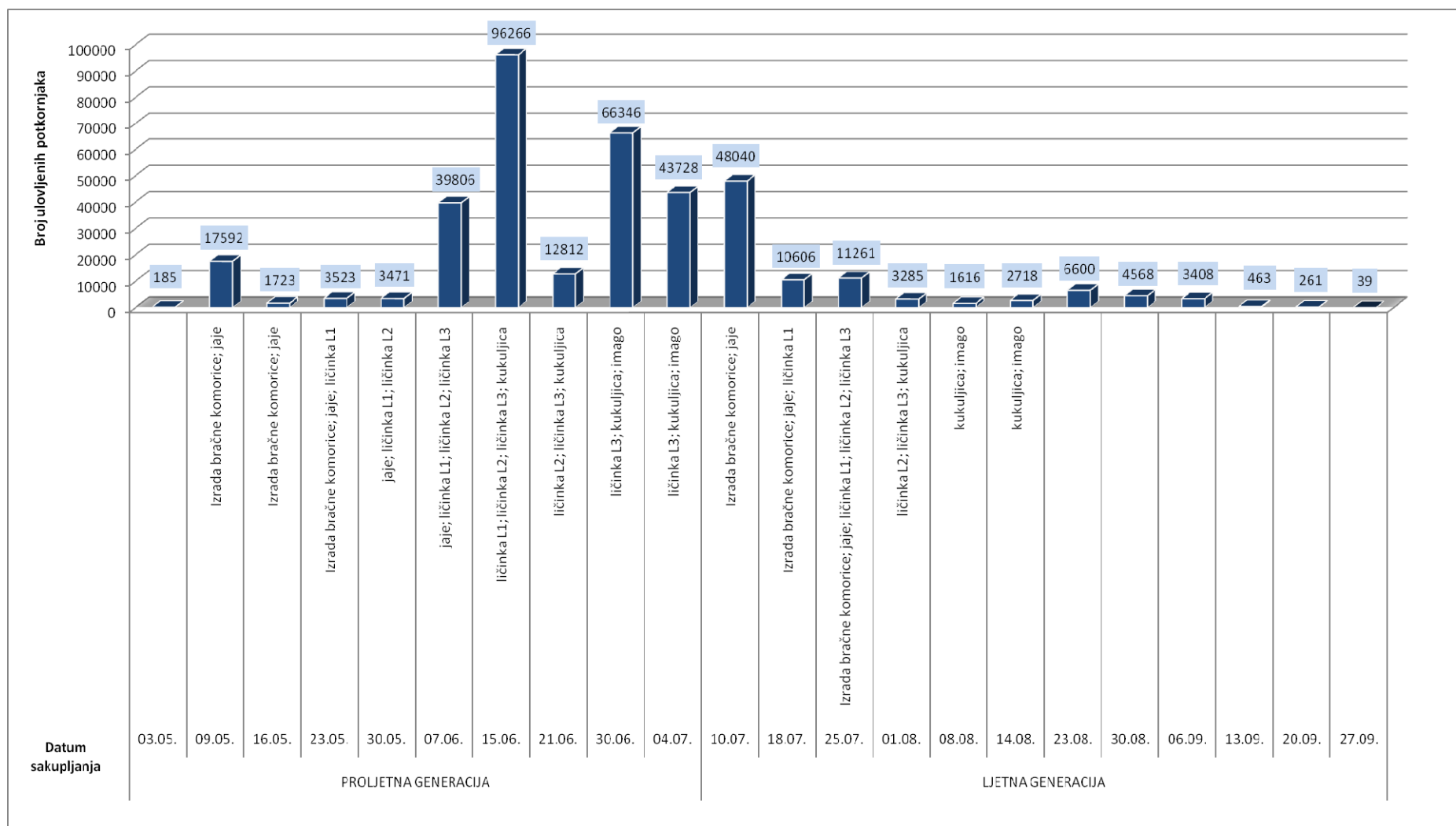
Slika 77. Usporedni prikaz fenologije sestrinke generacije šestozubog smrekovog potkornjaka i ulova sedam feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2013. godinu



Slika 78. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šestorozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu

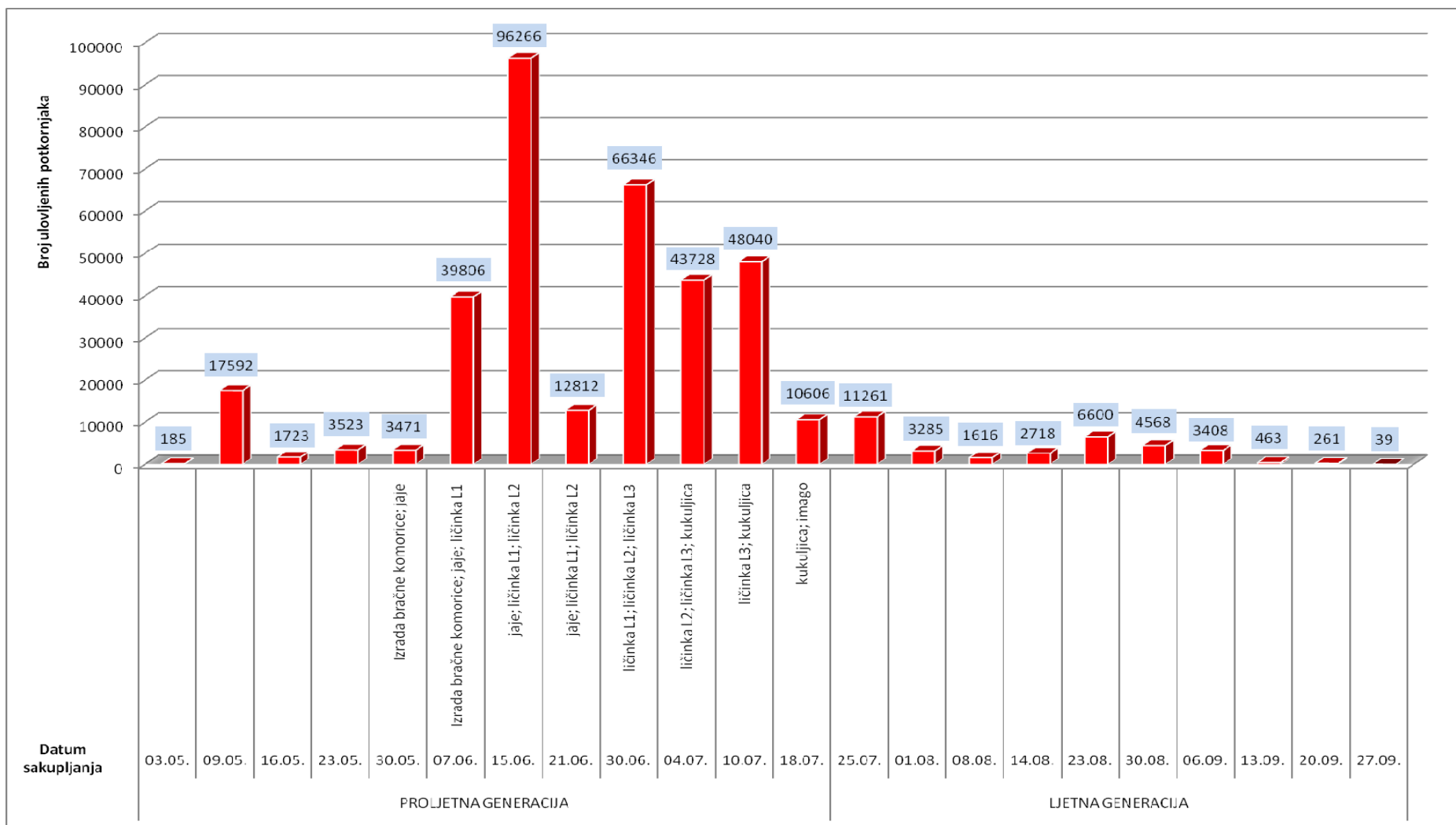


Slika 79. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2014. godinu

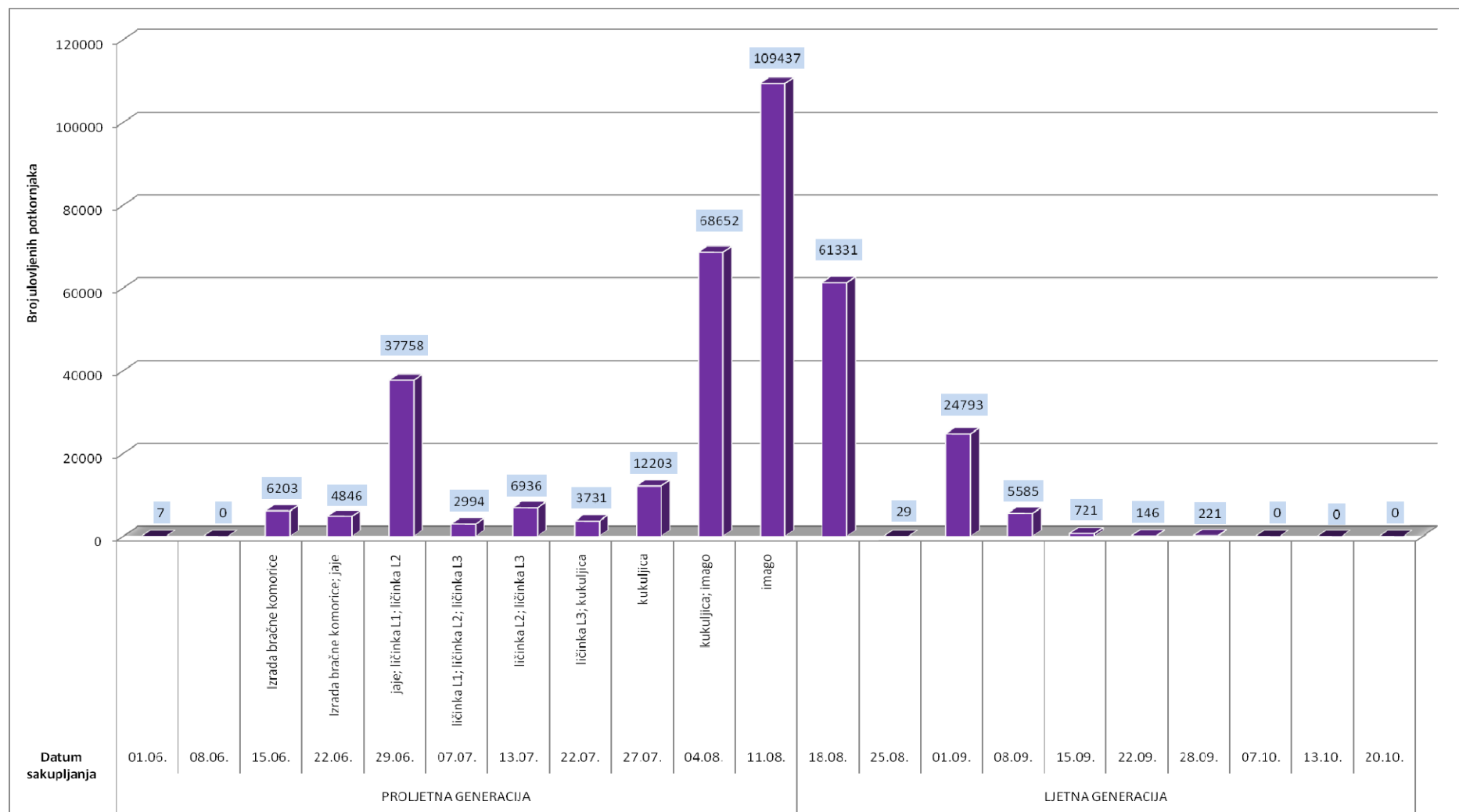


Slika 80. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu

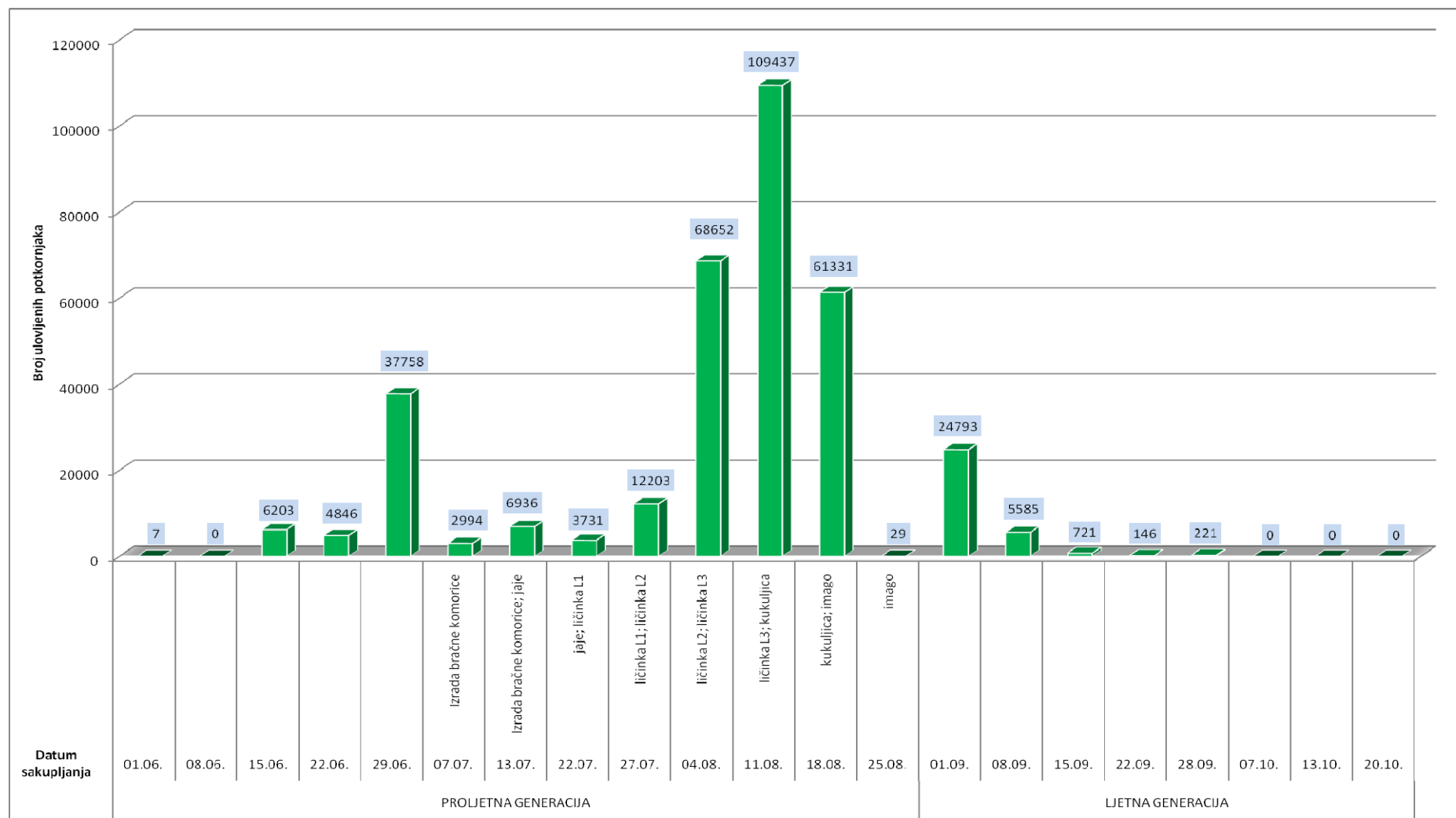




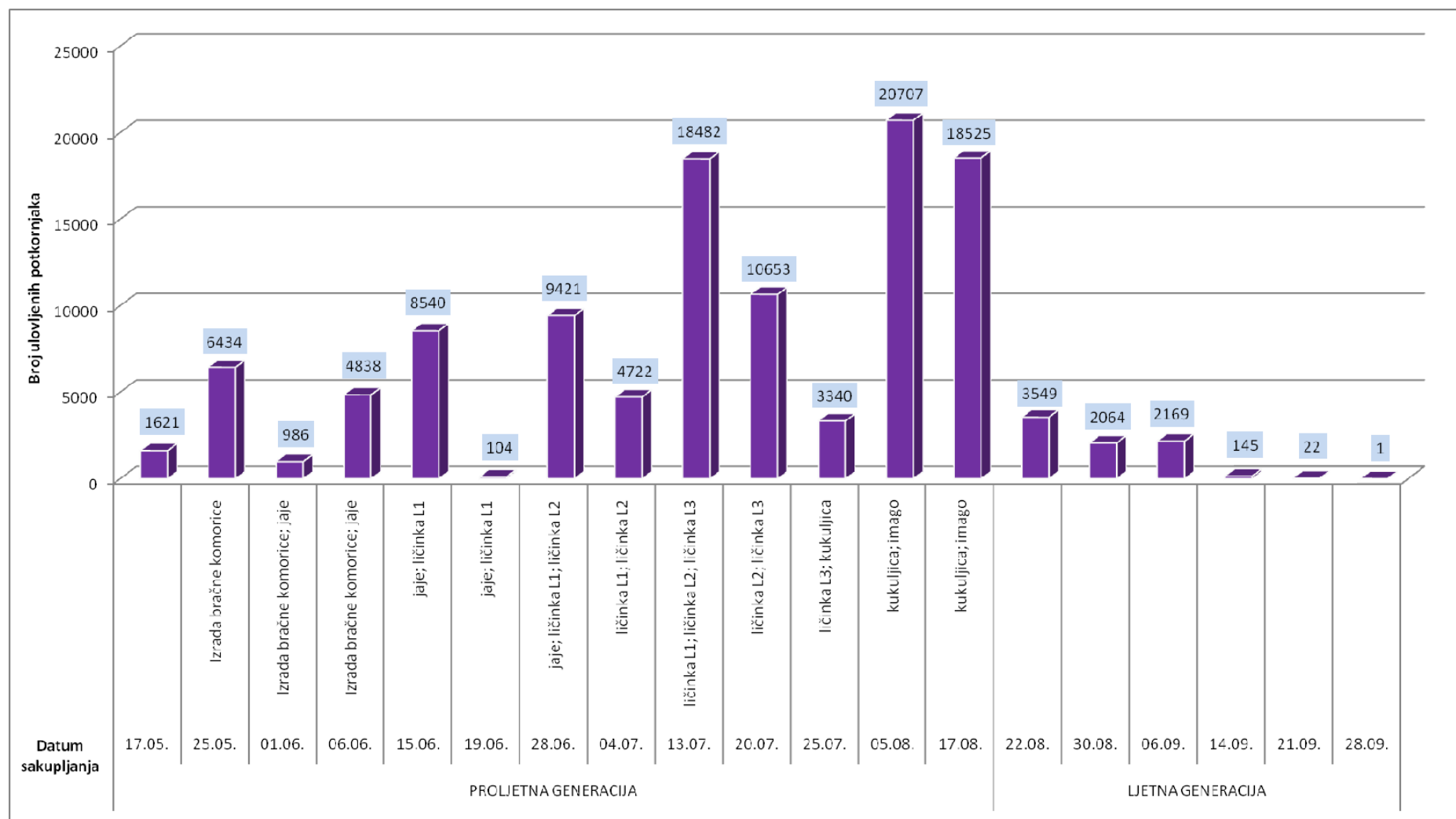
Slika 81. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Žitnik za 2015. godinu



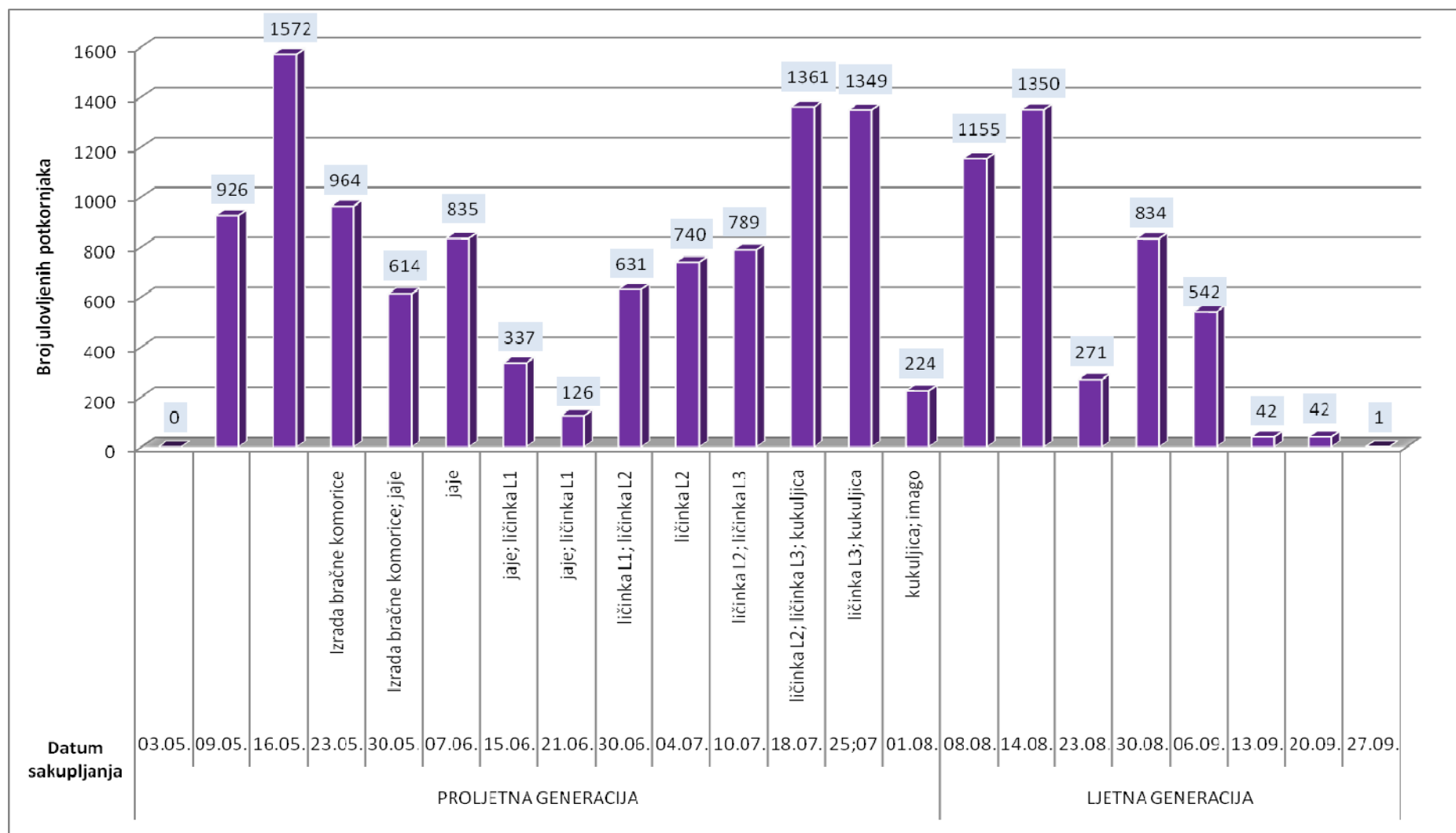
Slika 82. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šestozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu



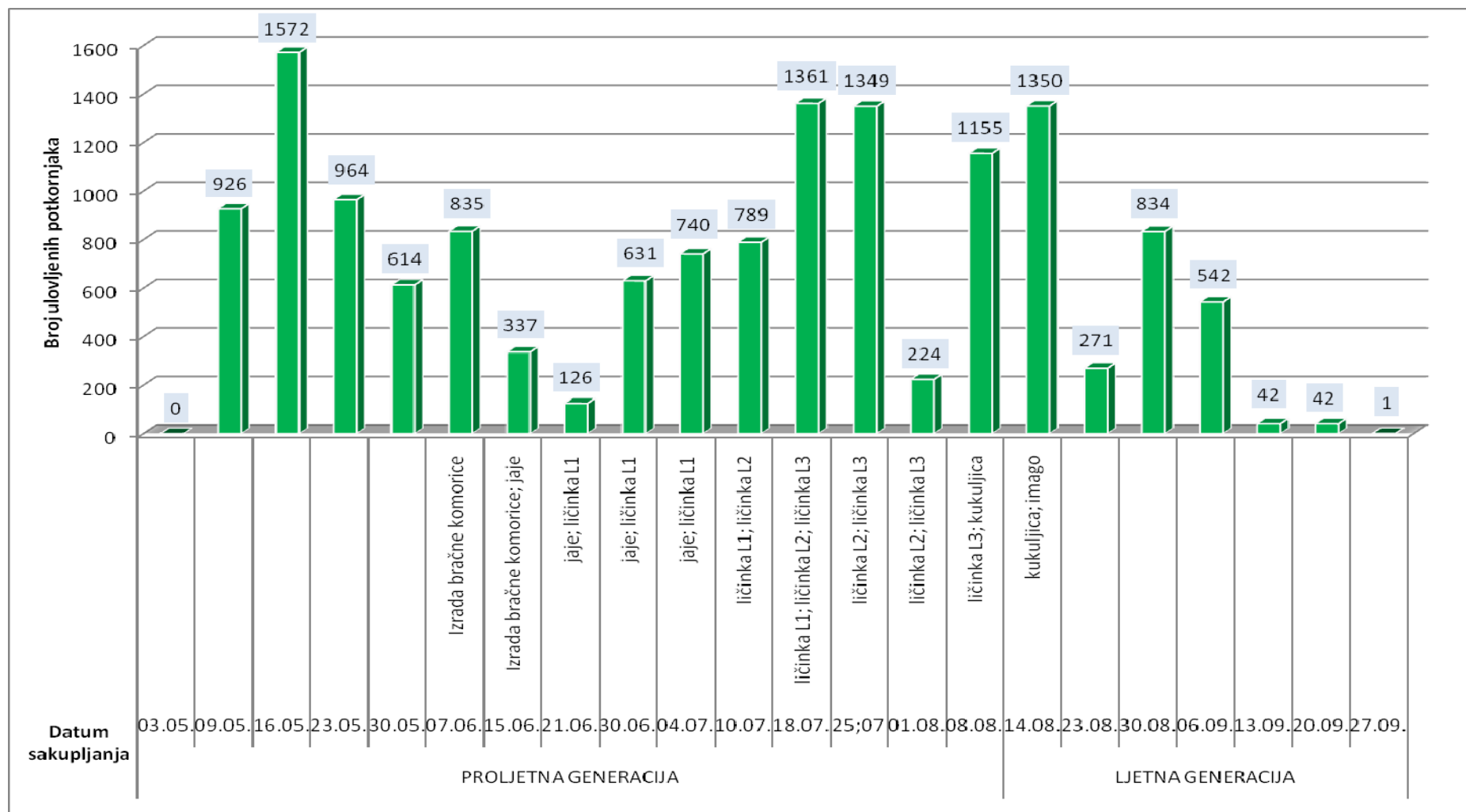
Slika 83. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šesterozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2013. godinu



Slika 84. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šestozubog smrekovog potkornjaka i ulova šest feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2014. godinu

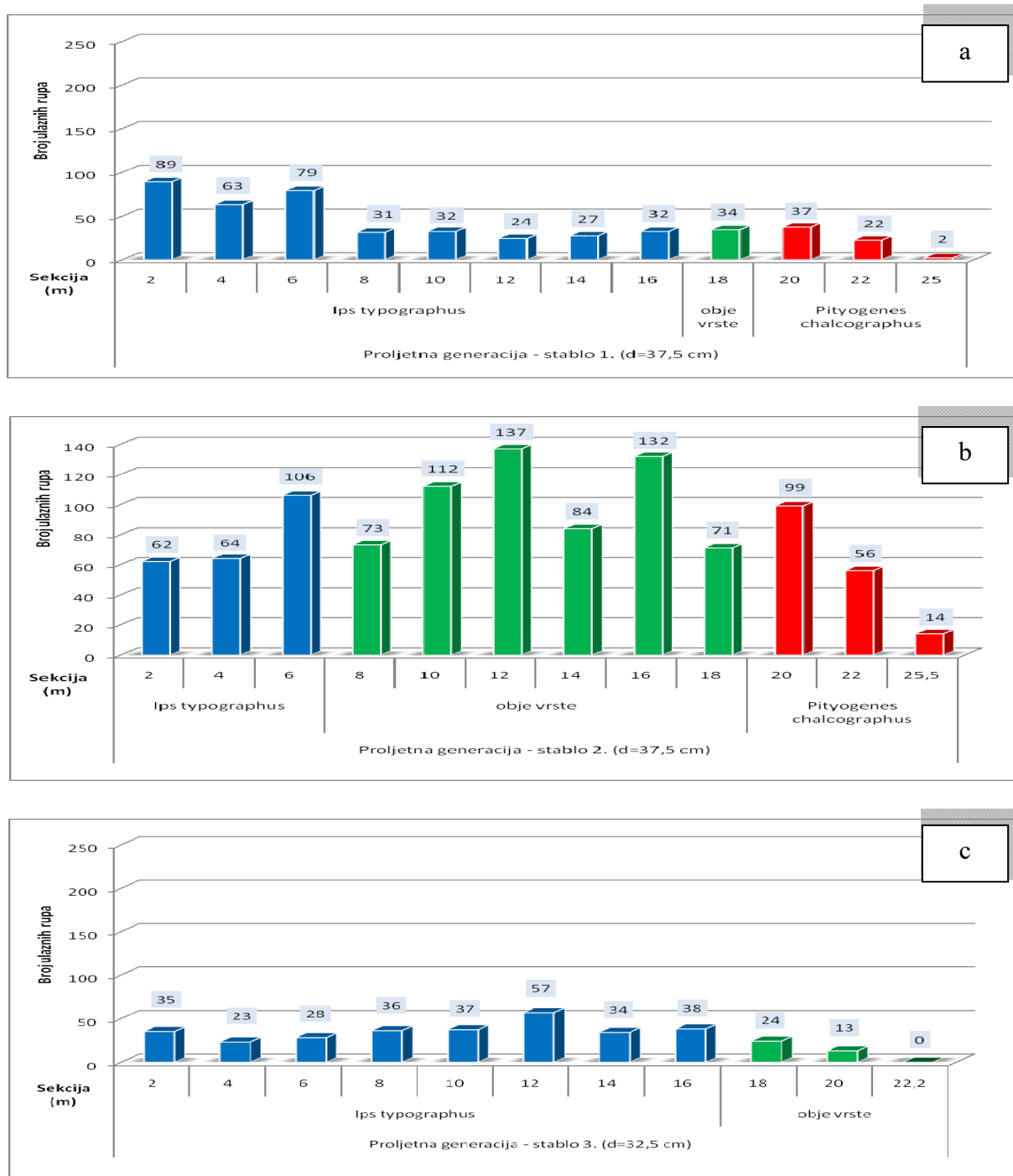


Slika 85. Usporedni prikaz fenologije glavne generacije šestozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu

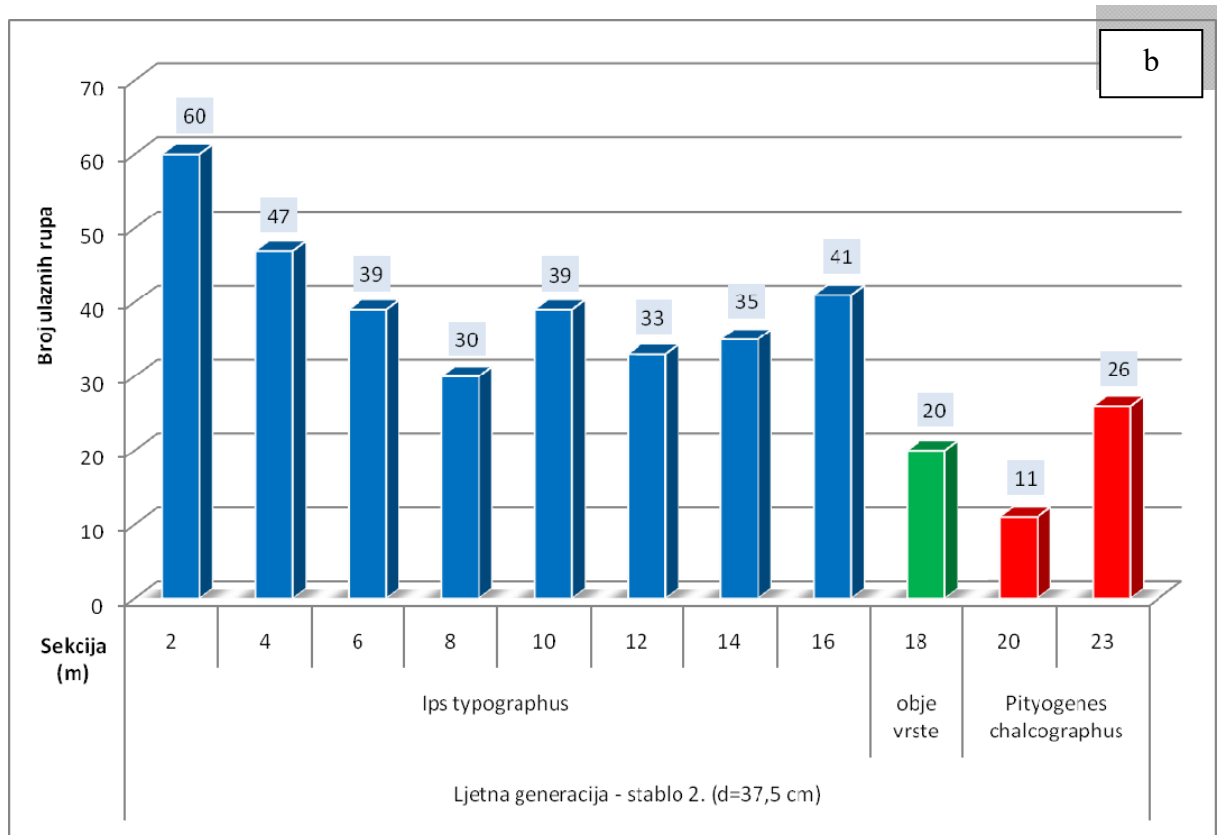
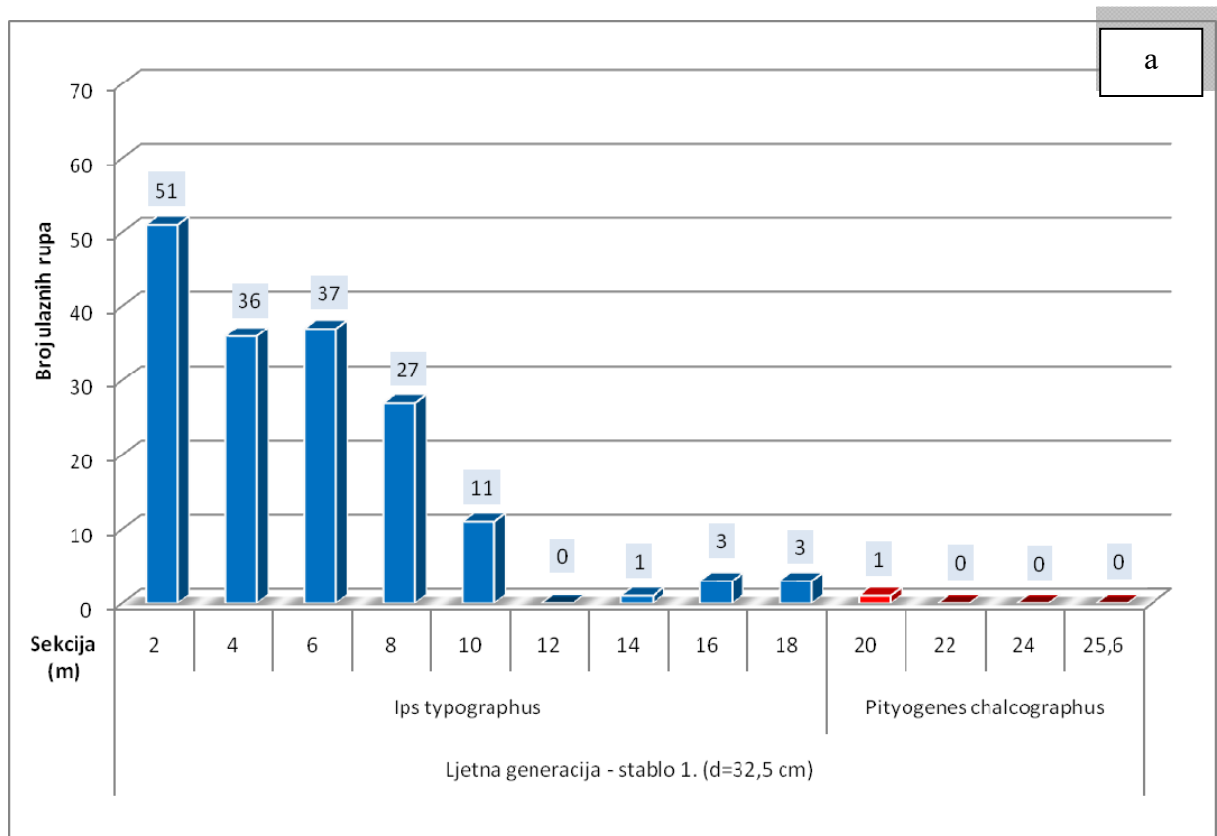


Slika 86. Usporedni prikaz fenologije sestrinske generacije šestozubog smrekovog potkornjaka i ulova devet feromonskih klopki u g.j. Štirovača za 2015. godinu

### 6.1.3. Distribucija promatranih vrsta smrekovih potkornjaka prema broju ulaznih rupa po sekcijama lovnih stabala u g.j. Žitnik i Štirovača za razdoblje 2013. – 2015.

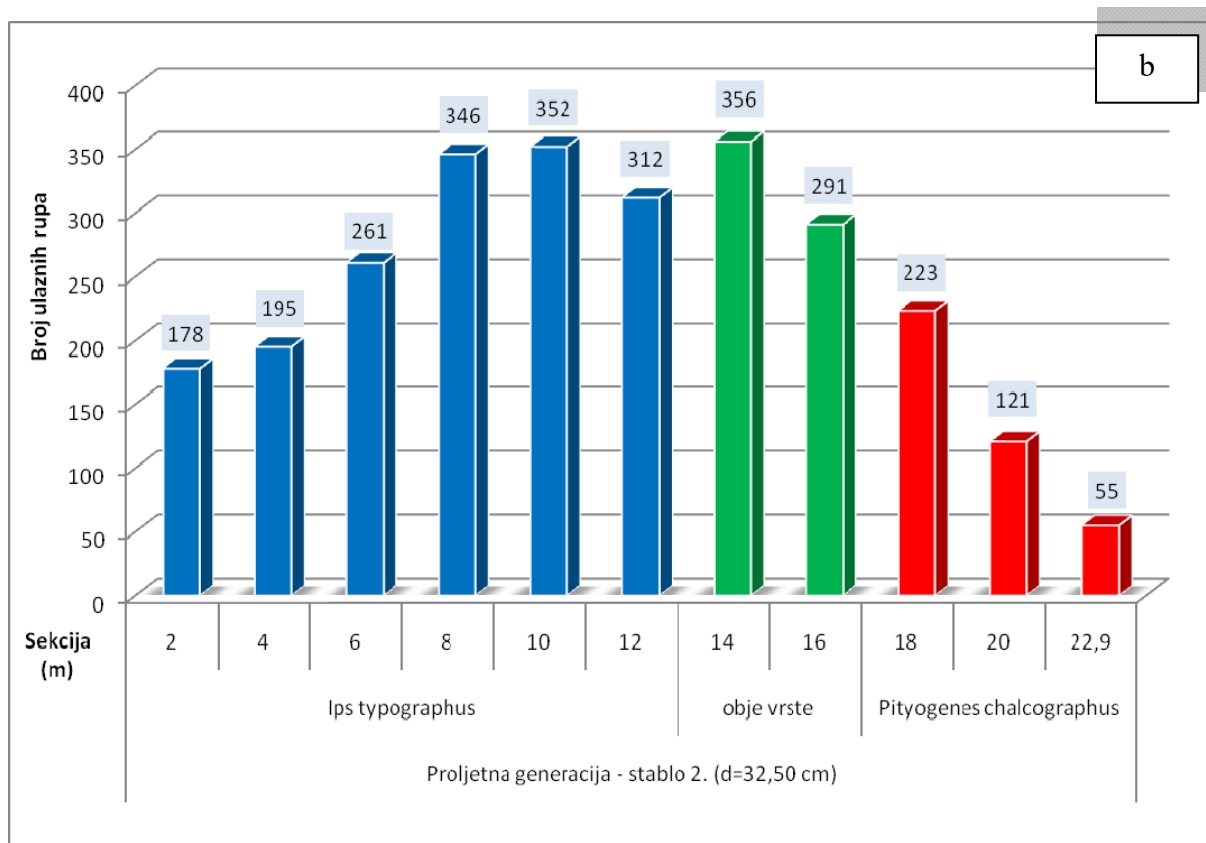
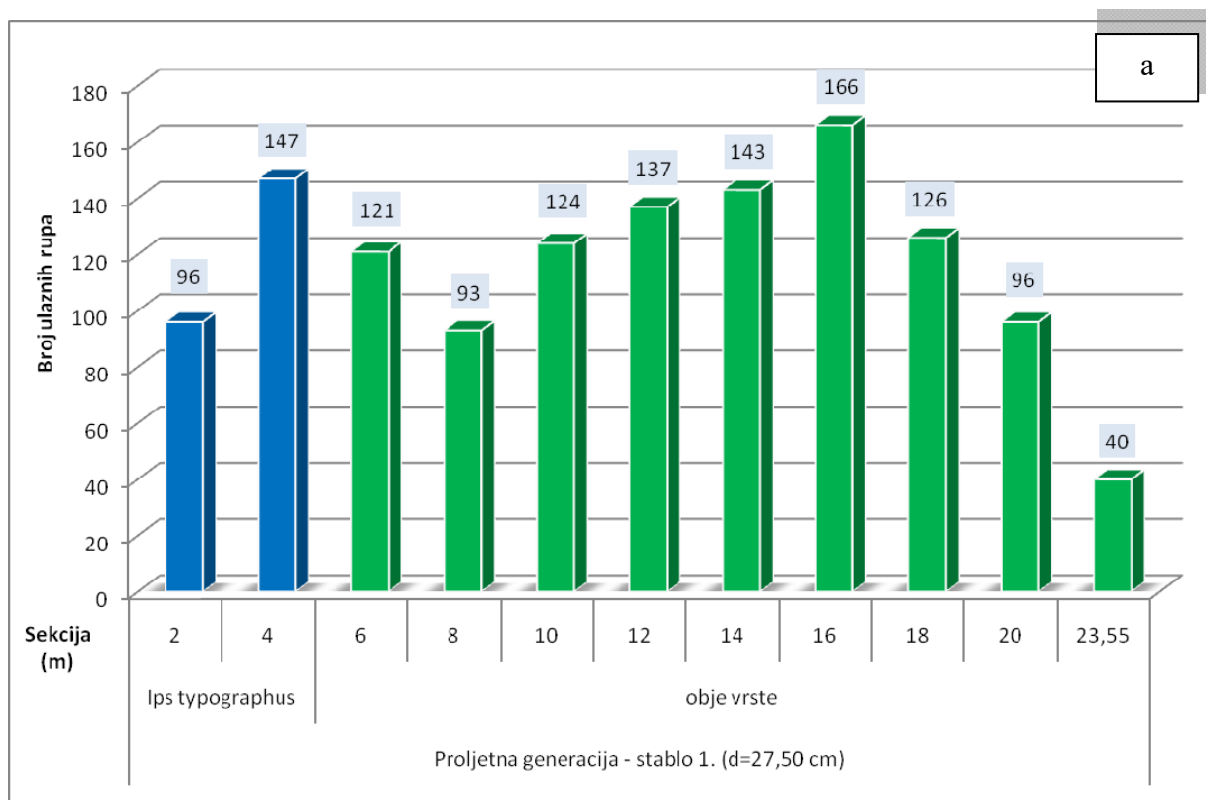


Slika 87. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a, b, i c.) u g.j. Žitnik – proletna generacija 2013. godina

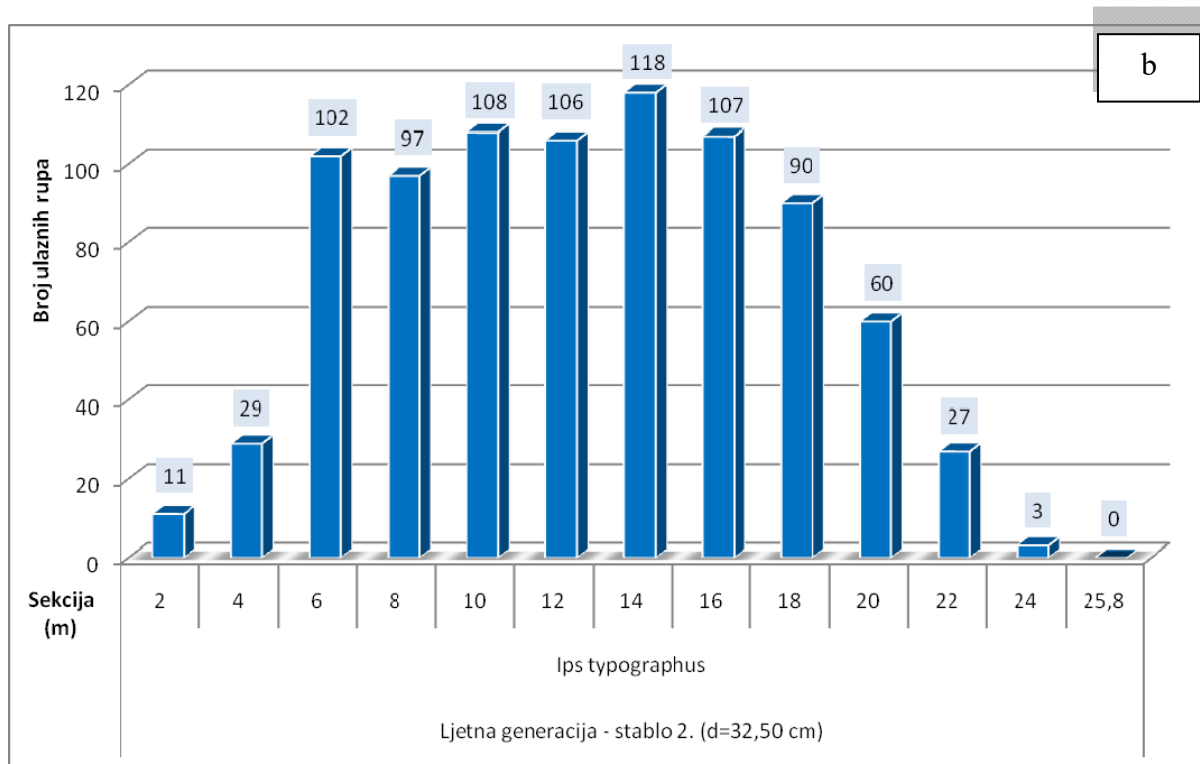
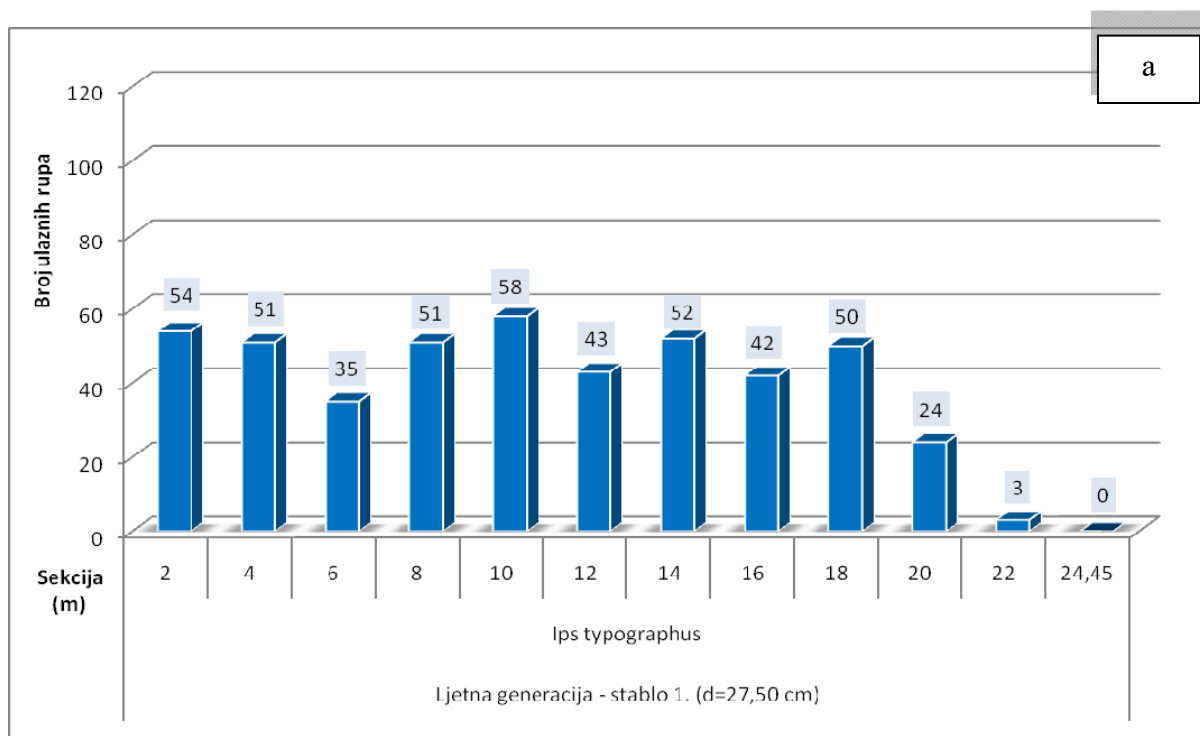


Slika 88. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2013. godina

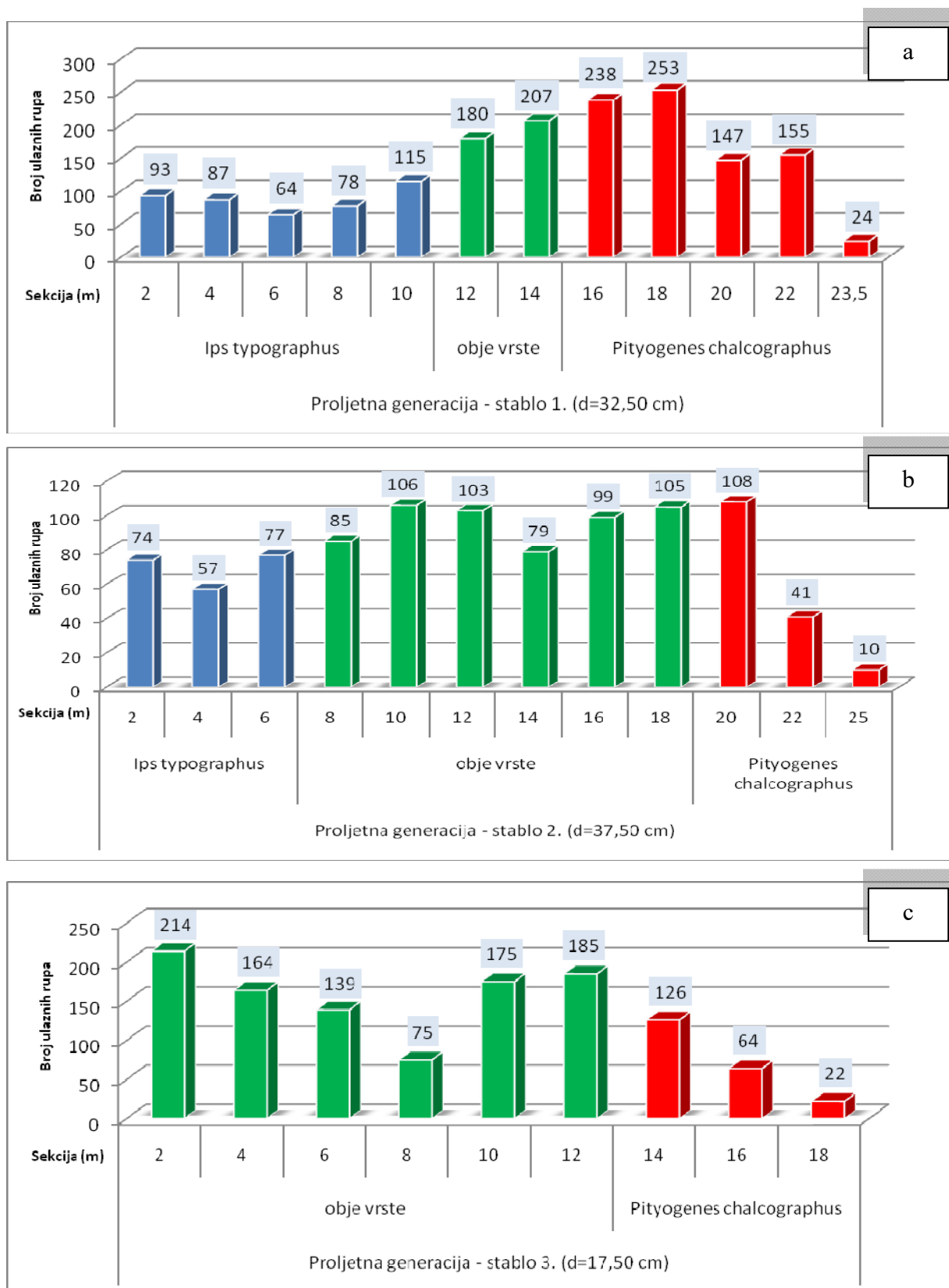




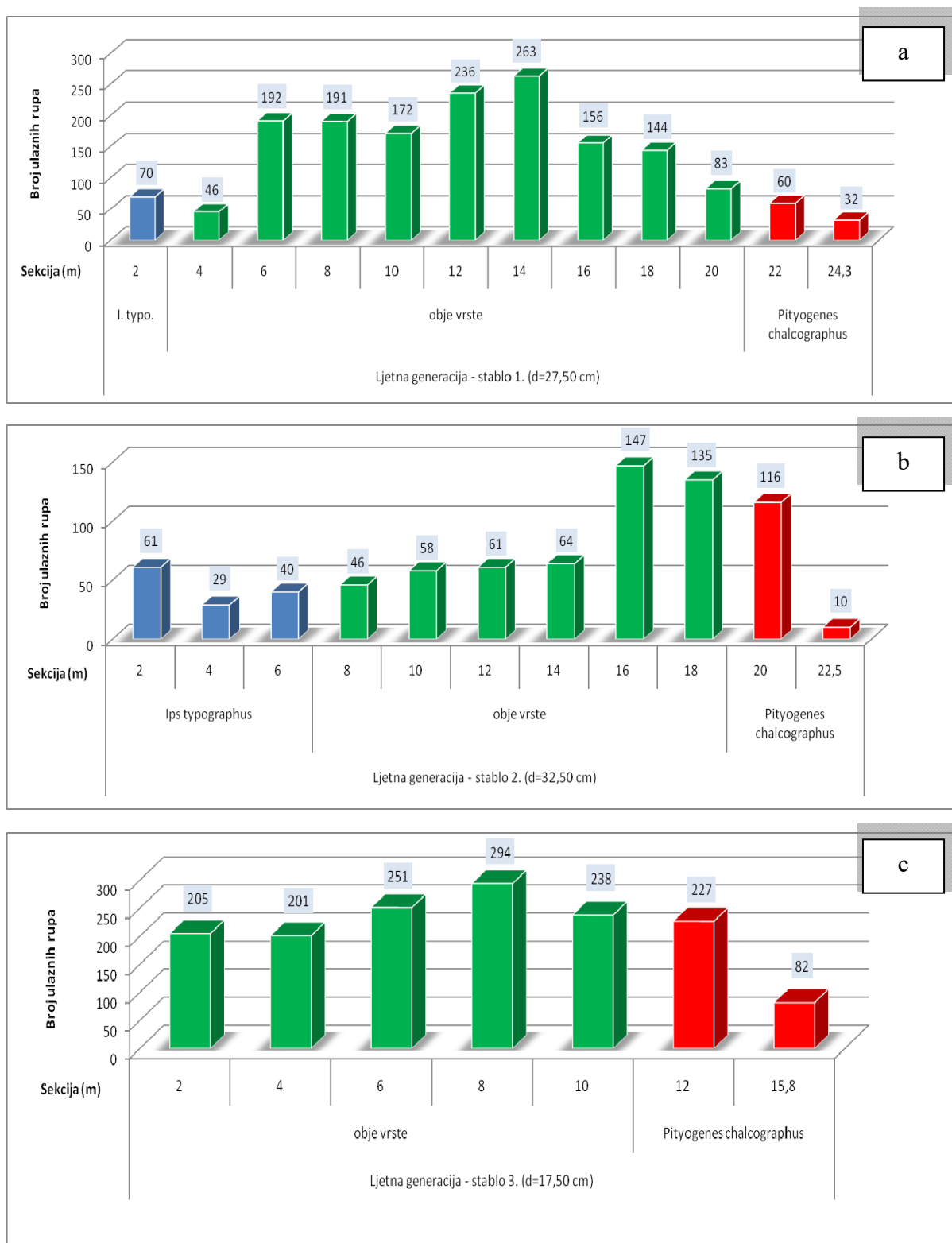
Slika 89. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – proljetna generacija 2014. godina



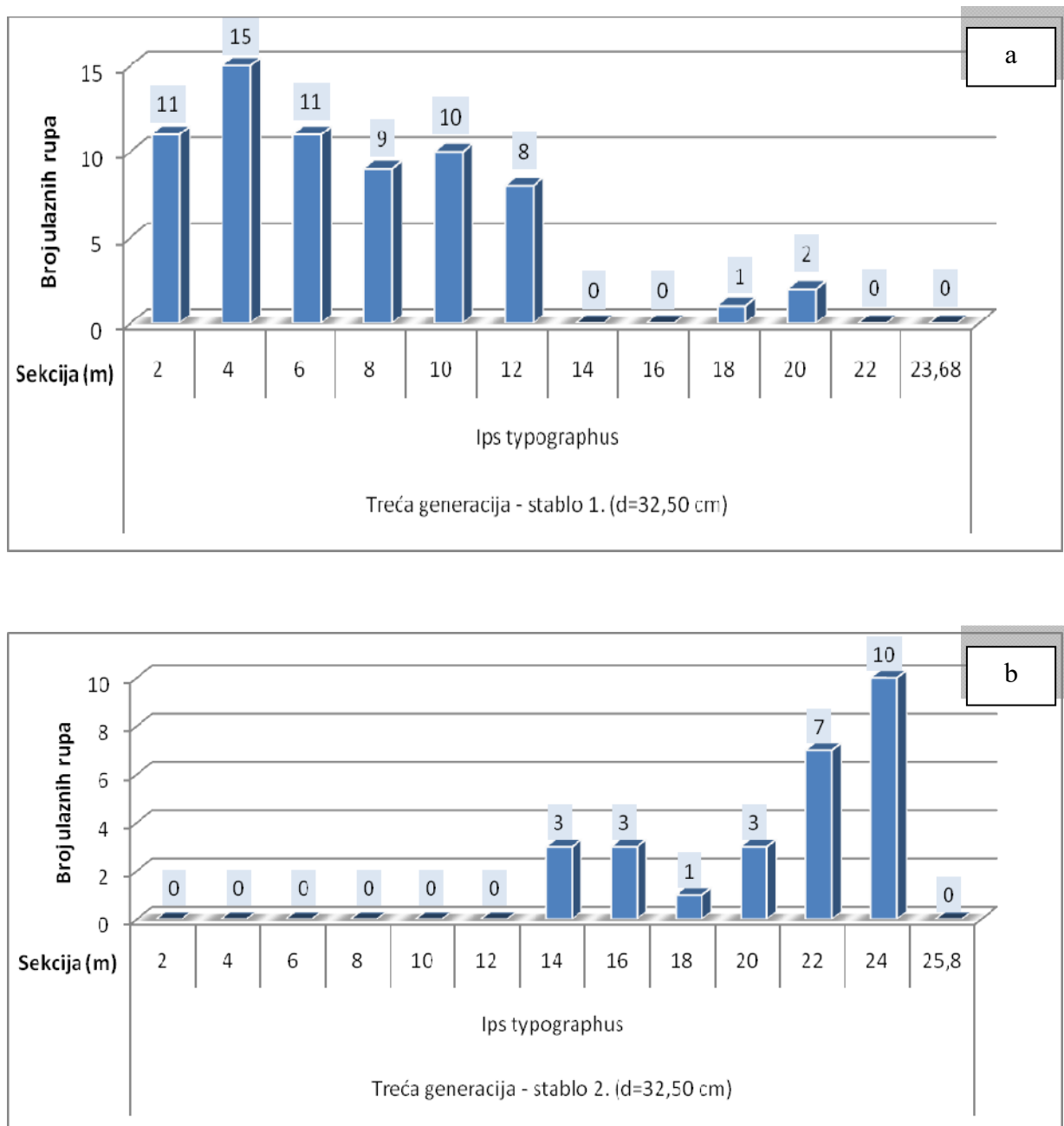
Slika 90. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovni stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2014. godina



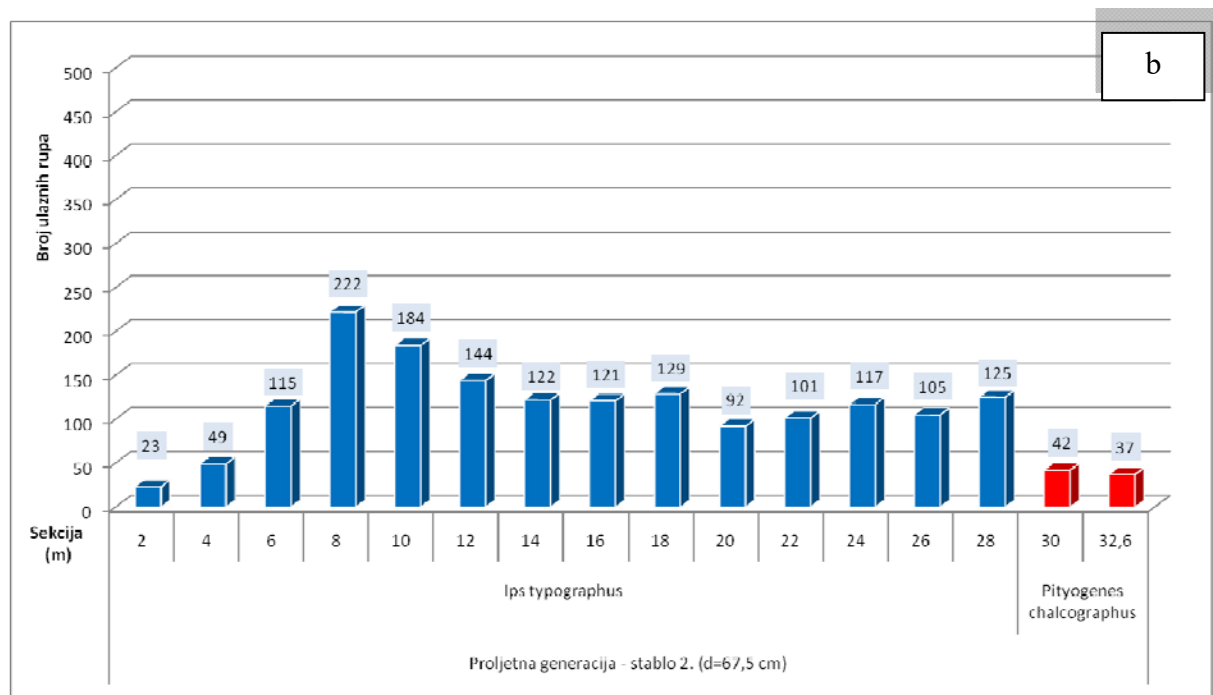
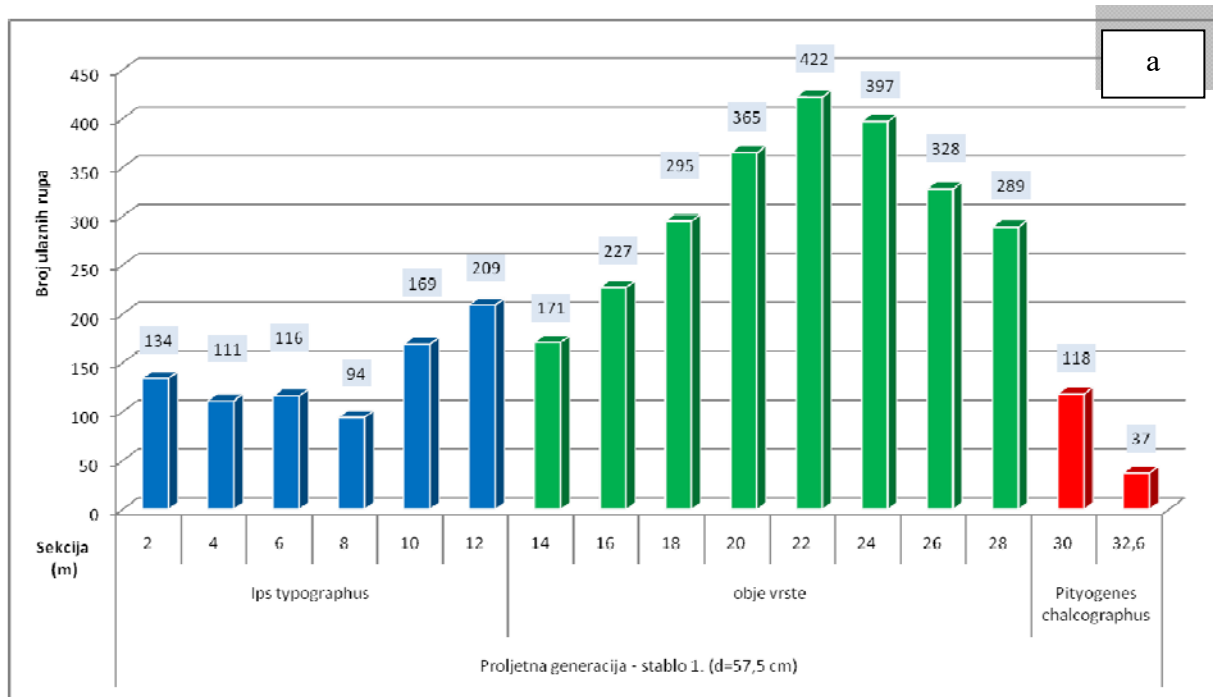
Slika 91. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovni stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Žitnik – proljetna generacija 2015. godina



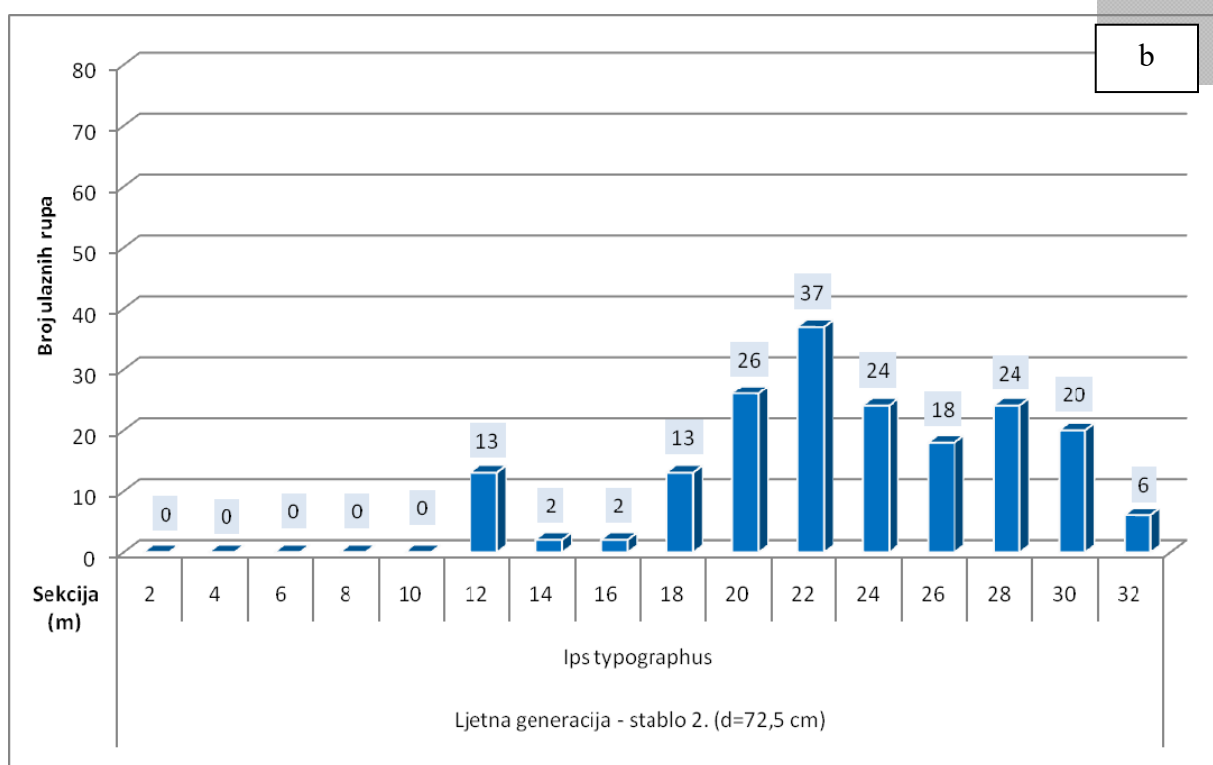
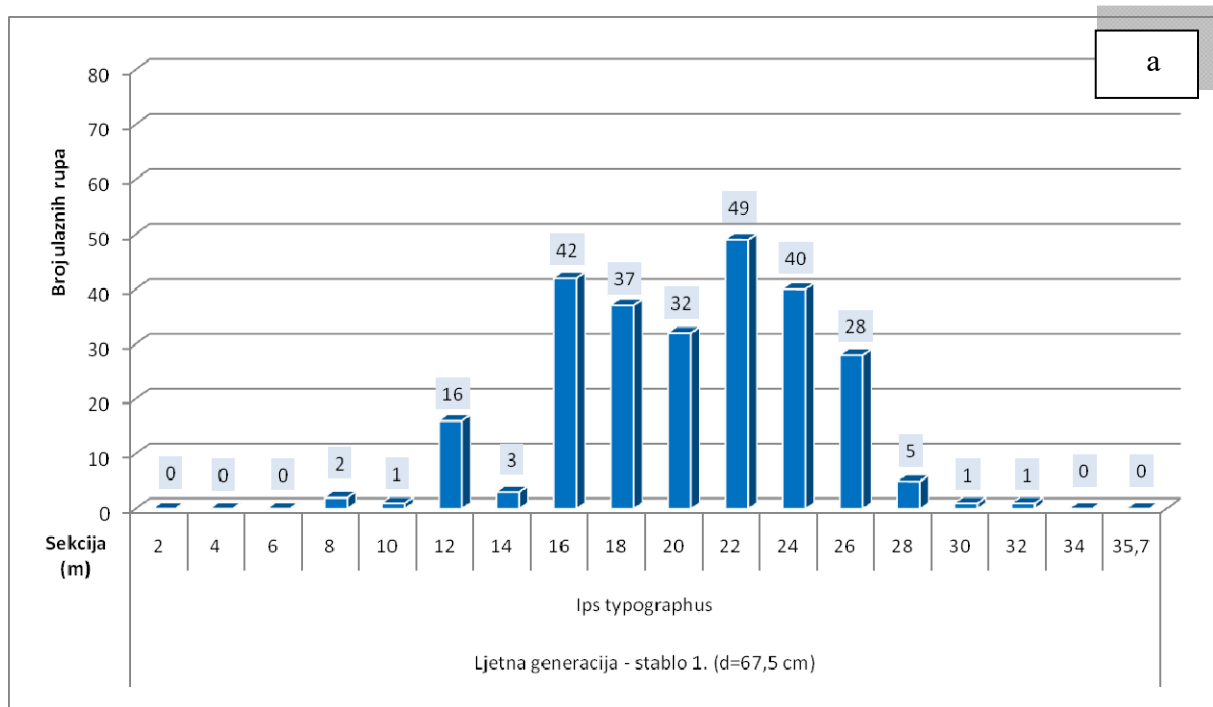
Slika 92. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovni stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Žitnik – ljetna generacija 2015. godina



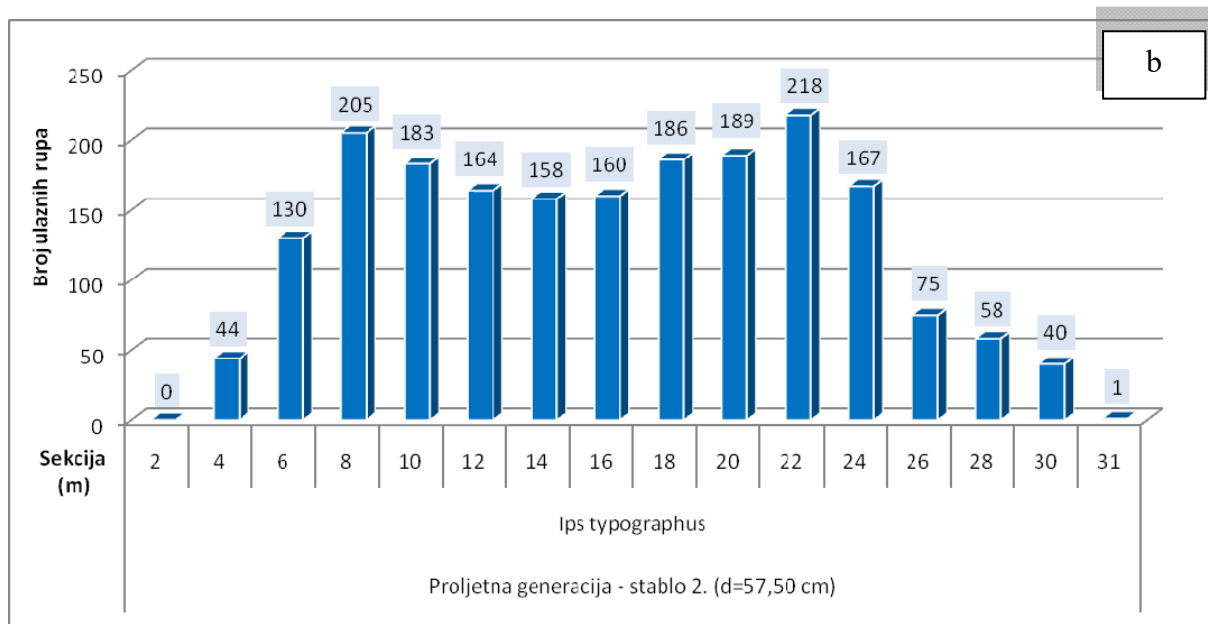
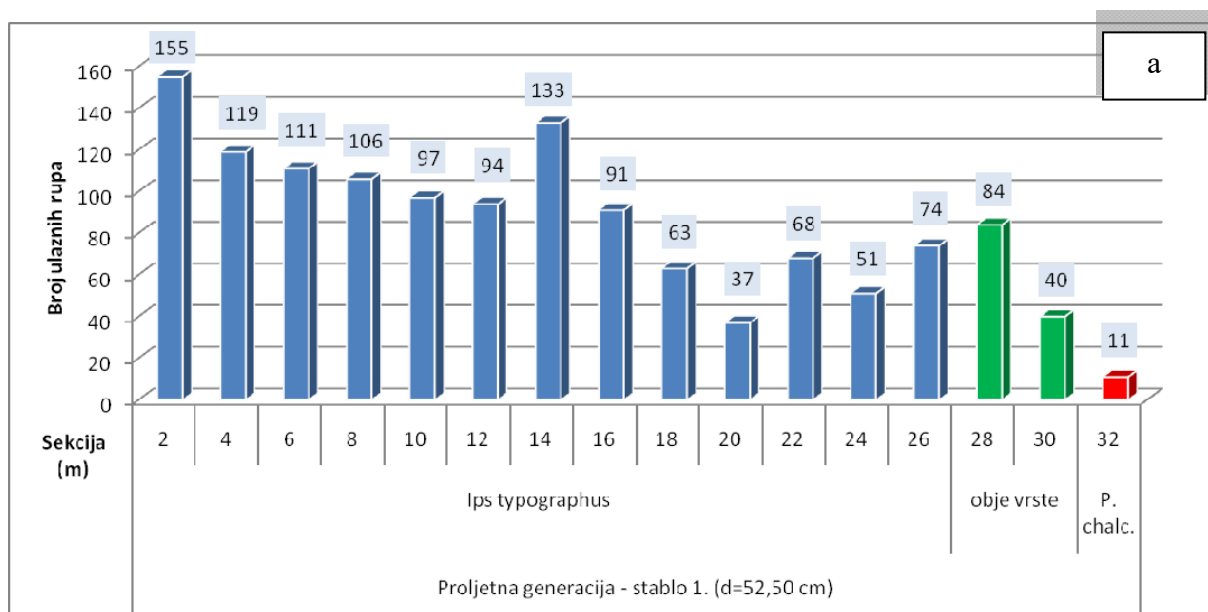
Slika 93. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovni stabala (slika a. i b.) u g.j. Žitnik – III. generacija 2015. godina



Slika 94. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2013. godina



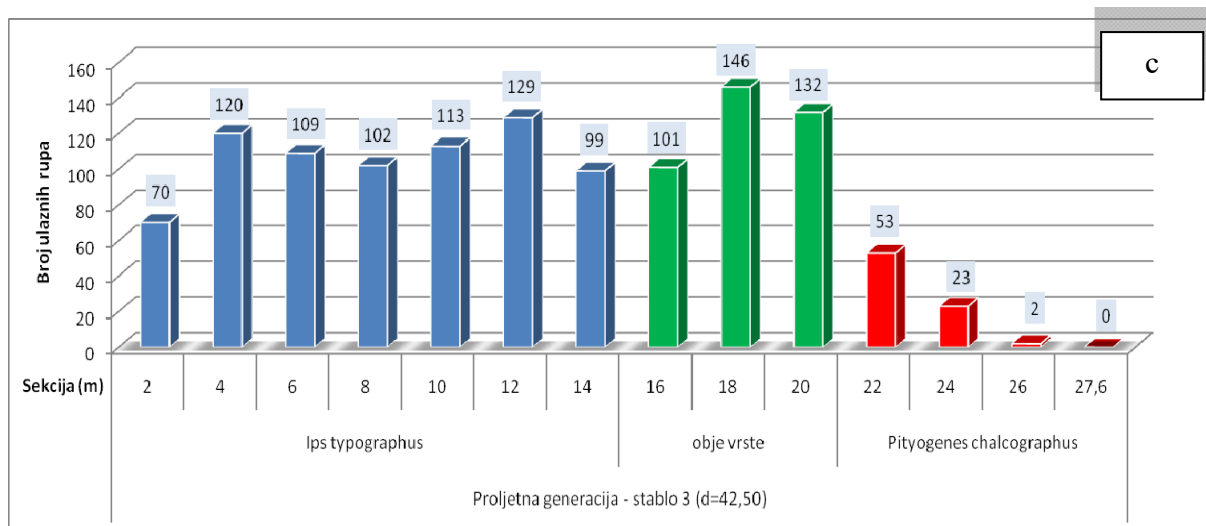
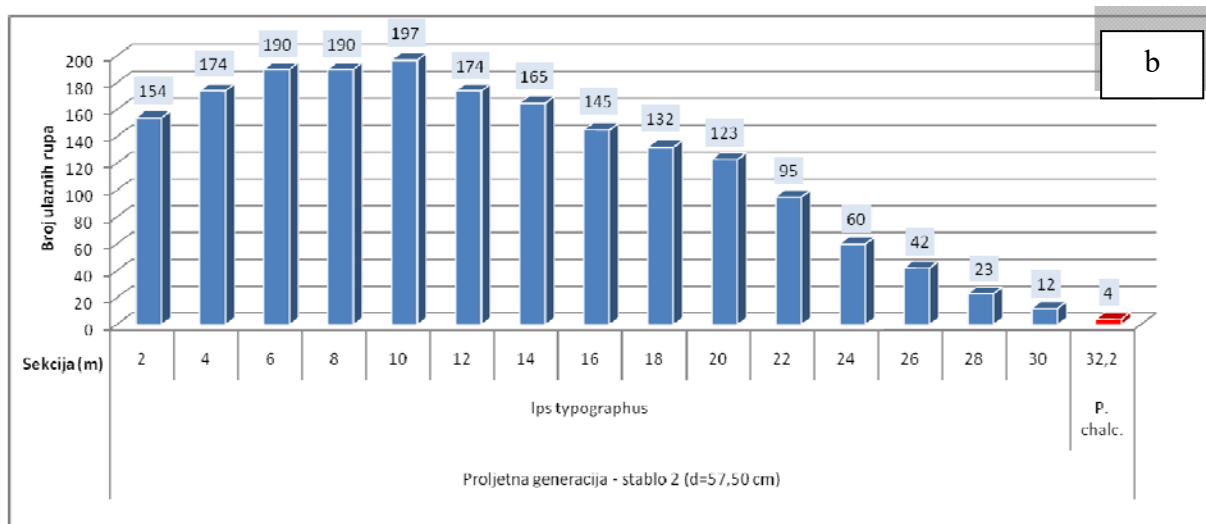
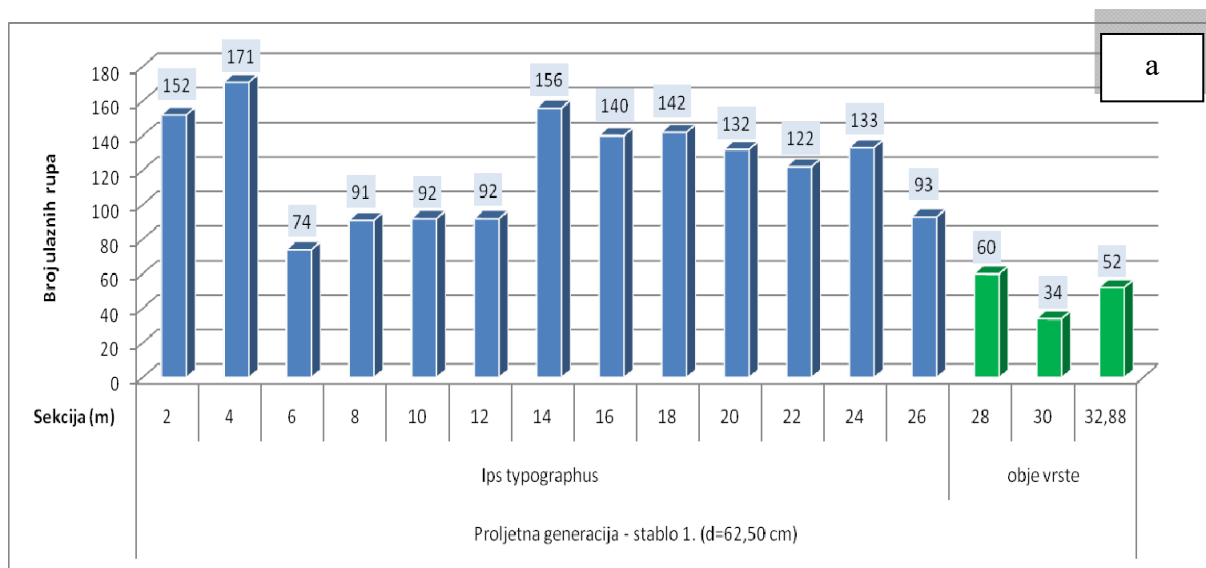
Slika 95. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovni stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – ljetna generacija 2013. godina



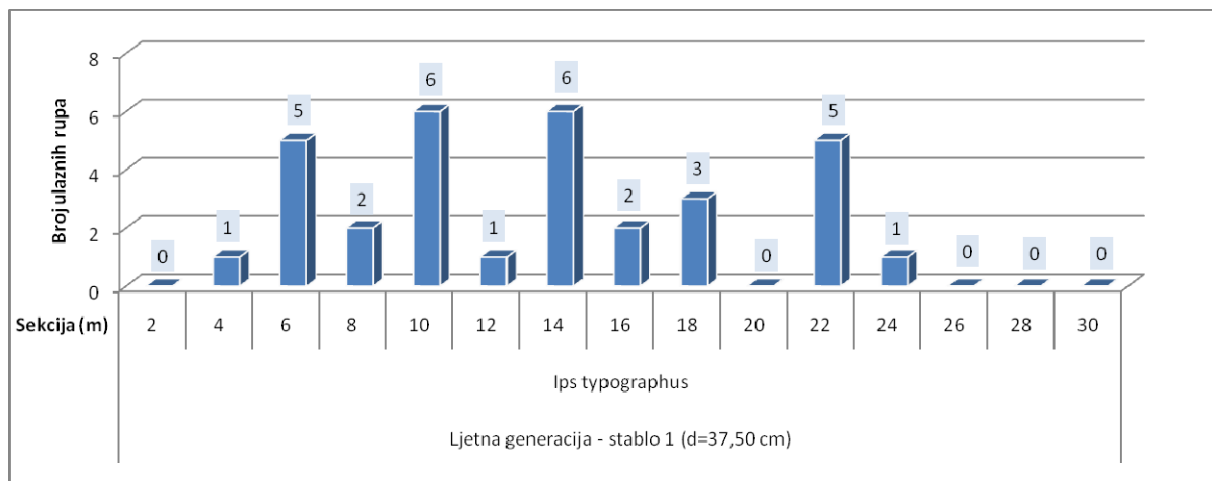
Slika 96. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a. i b.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2014. godina

2014. godine ljetnu generaciju u g.j. Štirovača nije razvila niti jedna od promatranih vrsta potkornjaka.



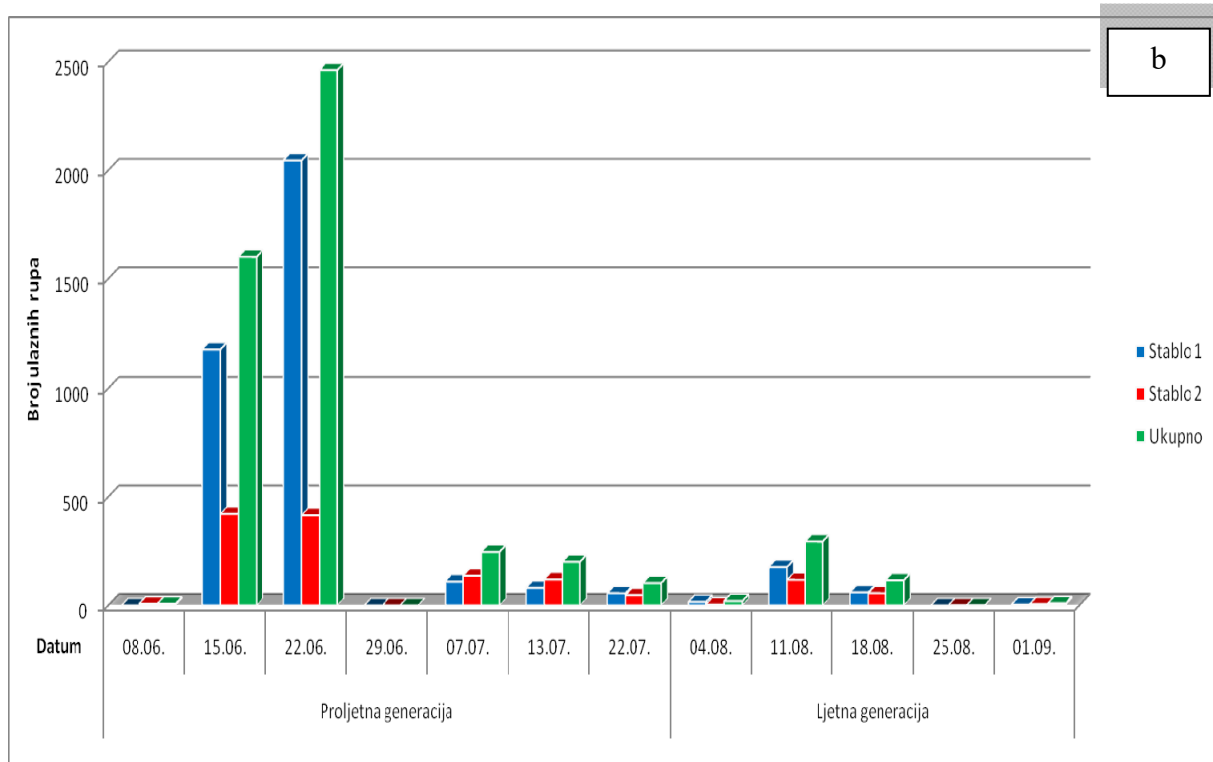
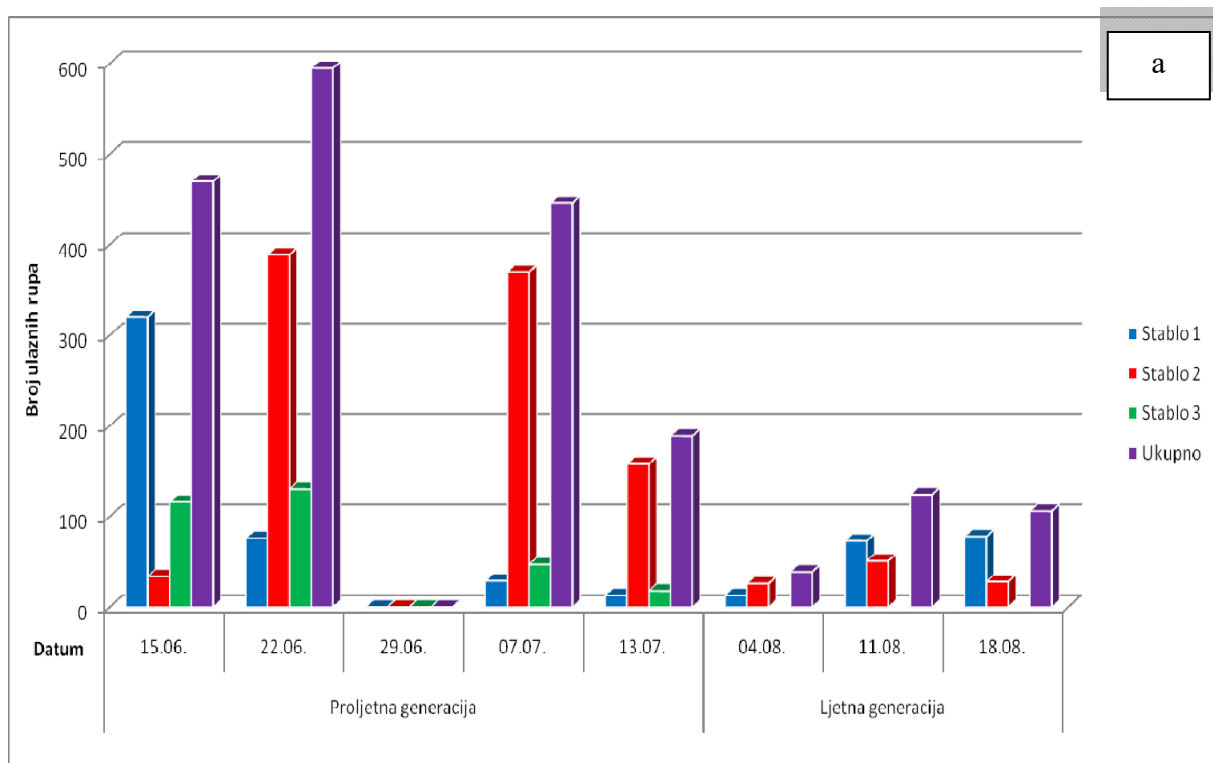


Slika 97. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnih stabala (slika a., b. i c.) u g.j. Štirovača – proljetna generacija 2015. godina

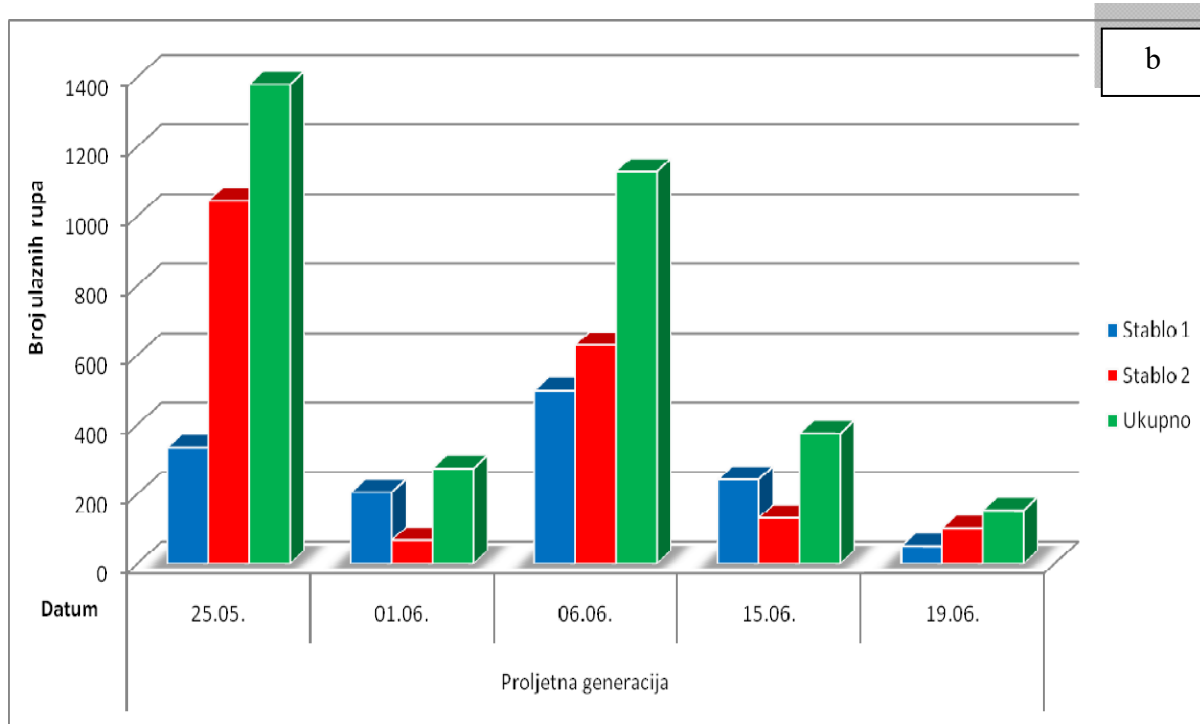
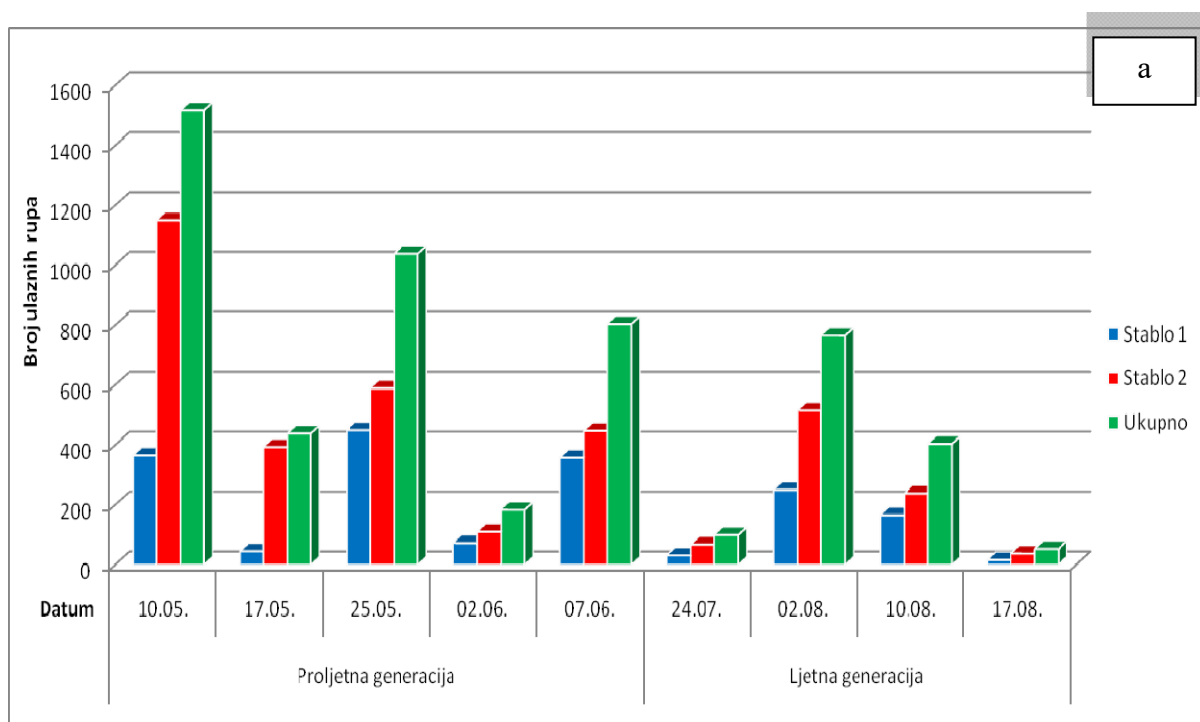


Slika 98. Broj ulaznih rupa istraživanih vrsta potkornjaka po sekcijama lovnog stabla u g.j. Štirovača – ljetna generacija 2015. godina

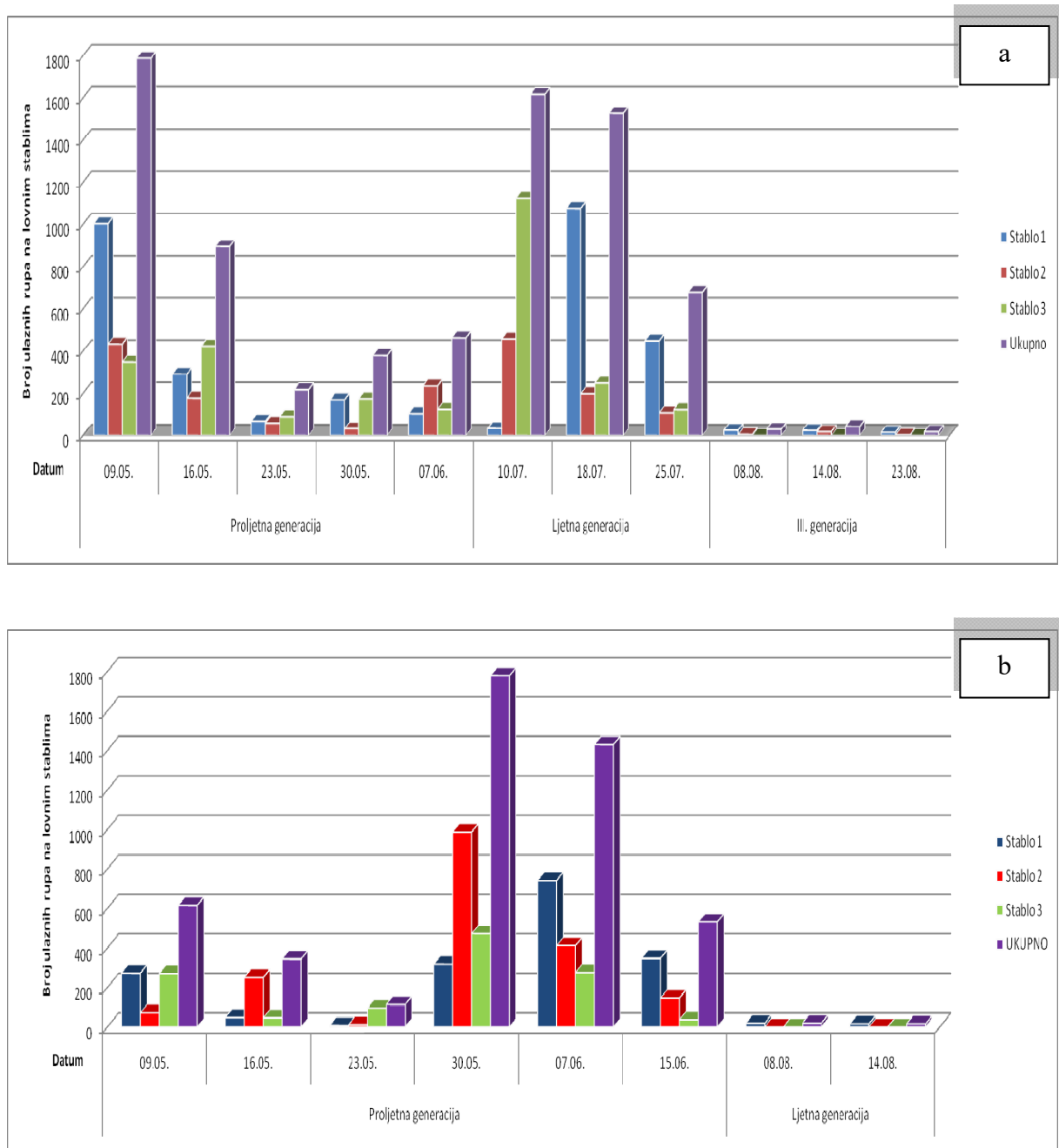
U ostala dva lovna stabla tijekom ljeta 2015. godine u g.j. Štirovača nisu evidentirane ulazne rupe potkornjaka.



Slika 99. Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2013. godini: a) g.j. Žitnik; b) g.j. Štirovača



Slika 100. Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2014. godini: a) g.j. Žitnik; b) g.j. Štirovača



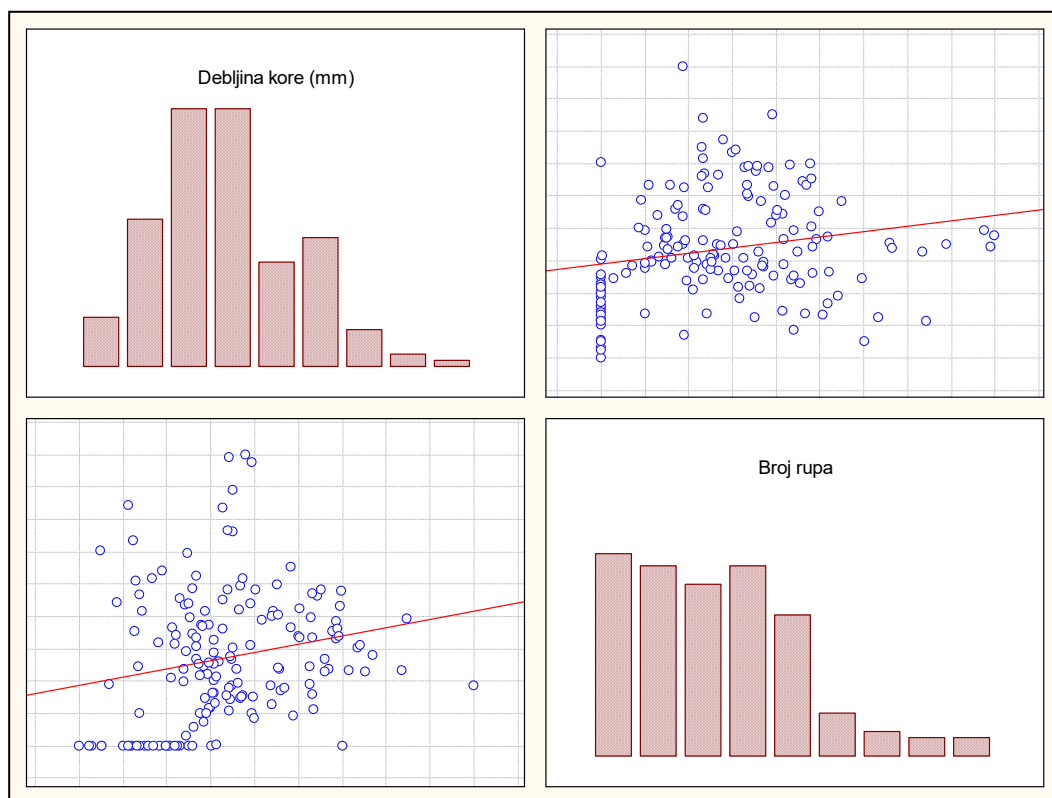
Slika 101. Broj ulaznih rupa na lovnim stablima po datumima pregleda u 2015. godini: a) g.j. Žitnik; b) g.j. Štirovača

### 6.1.4. Korelacija debljine kore lovni stabala i broja ulaznih rupa promatranih vrsta potkornjaka za razdoblje 2013. – 2015.

#### 6.1.4.1. Korelacija debljine kore lovni stabala i broja ulaznih rupa smrekovog pisara

Tablica 12. Spearman Rank korelacija debljine kore lovni stabala (mm) i broja ulaznih rupa smrekovog pisara tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j

Variable	Spearman Rank Order Correlations	
	MD pairwise deleted	
	Marked correlations are significant at $p < 0,05000$	
	Debljina kore (mm)	Broj ulaznih rupa
Debljina kore (mm)	1,000000	<b>0,264882</b>
Broj ulaznih rupa	<b>0,264882</b>	1,000000



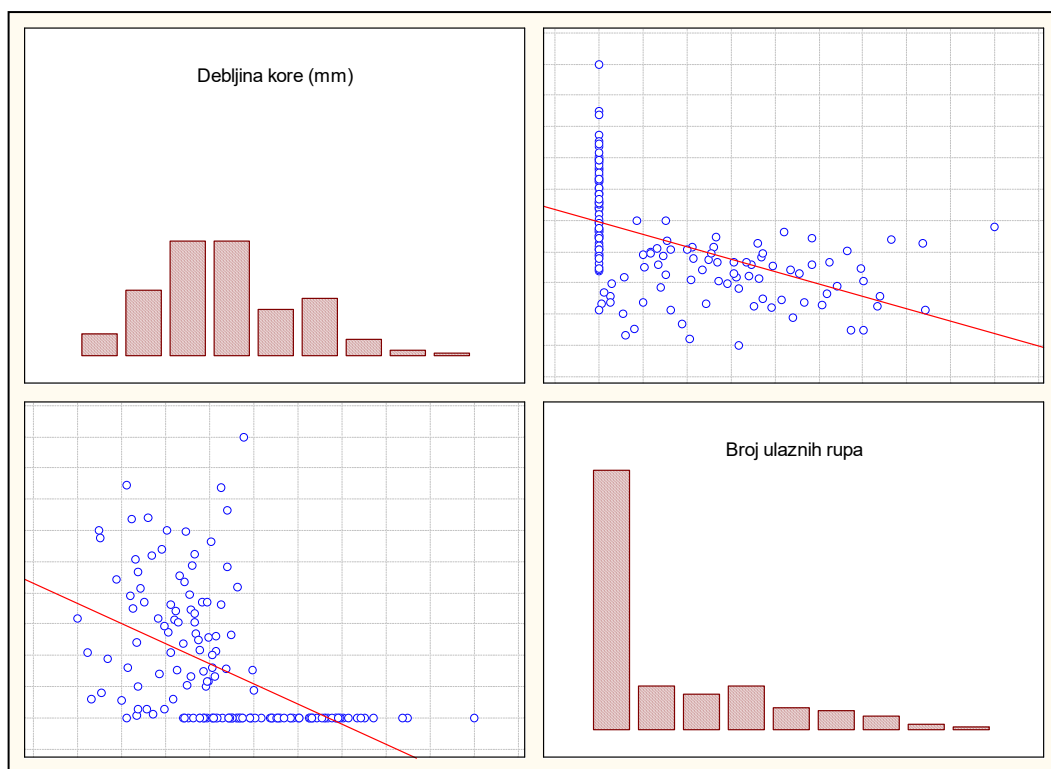
Slika 102. Prikaz korelacije debljine kore lovni stabla (mm) i broja ulaznih rupa smrekovog pisara

Za vrstu smrekov pisar vidljiva je statistički signifikantna pozitivna korelacija ( $r = 0,264882$ ,  $N = 163$ ,  $p < 0,05$ ) debljine kore lovni stabala i broja ulaznih rupa na lovni stablima. Porastom debljine kore raste i broj ulaznih rupa ovog potkornjaka i obrnuto.

### 6.1.4.2. Korelacija debljine kore lovni stabala i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka

Tablica 13. Spearman Rank korelacija debljine kore lovni stabala (mm) i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j

Variable	Spearman Rank Order Correlations	
	MD pairwise deleted	
	Marked correlations are significant at $p < ,05000$	
	Debljina kore (mm)	Broj ulaznih rupa
Debljina kore (mm)	1,000000	<b>-0,678270</b>
Broj ulaznih rupa	<b>-0,678270</b>	1,000000



Slika 103. Prikaz korelacije debljine kore lovni stabla (mm) i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka

Za vrstu šesterozubi smrekov potkornjak vidljiva je statistički signifikantna negativna korelacija ( $r = -0,678270$ ,  $N = 163$ ,  $p < 0,05$ ) debljine kore lovni stabala i broja ulaznih rupa. Porastom debljine kore lovni stabala broj ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka opada i obrnuto.

## 6.2. Rezultati usporedbe fenologije smrekovog pisara s PHENIPS modelom

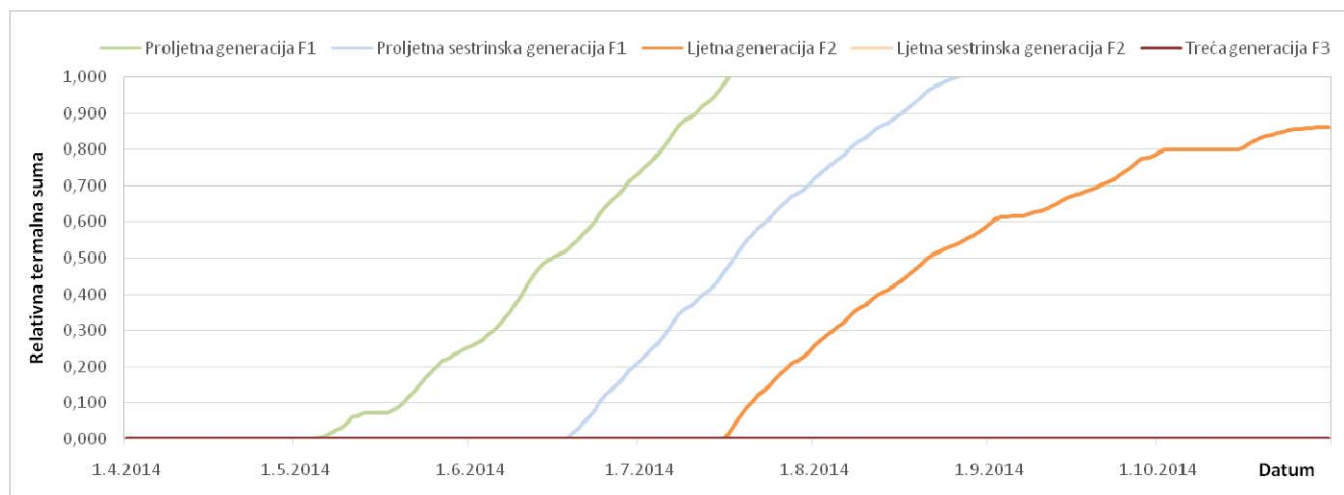
Na temelju podataka temperature kore u g.j. Žitnik na nižoj nadmorskoj visini (oko 550 m.n.v.) prema PHENIPS modelu u 2014. godini razvile su se tri generacije – proljetna generacije F1, proljetna sestrinska generacija F1 i ljetna generacija F2 koja nije dovršila svoj razvoj jer je postigla relativnu termalnu sumu od 0,86, odnosno razvila se do stadija mladog imaga koji nije završio dopunsku ishranu (slika 104.).

Relativna termalna suma izračunava se pomoću srednje dnevne temperature, dok se temperaturna suma izražena u dd izračunava uz pomoć maksimalne dnevne temperature (Peter Baier, pers. comm.).

Na temelju podataka temperature zraka meteorološke postaje Gospić u gospodarskoj jedinici Žitnik tijekom 2014. godine prema PHENIPS modelu razvile su se 4 generacije smrekovog pisara – proljetna generacije F1, proljetna sestrinska generacija F1, ljetna generacija F2 i ljetna sestrinska generacija F2. Ljetna sestrinska generacija F2 nije u potpunosti završila svoj razvoj. Prema modelu razvijen je stadij mladog imaga koji nije završio dopunsku ishranu jer je postignuta relativna termalna suma od 0,997, dok za stadij imaga koji je završio dopunsku ishranu treba se postići relativna termalna suma od 1,000 (slika 105.).

Praćenjem fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima u g.j. Žitnik tijekom 2014. godine smrekov pisar je razvio 4 generacije – proljetna generacija F1, proljetna sestrinska generacija F1, ljetna generacija F2 i ljetna sestrinska generacija F2. Sve generacije smrekovog pisara su se u potpunosti razvile, odnosno razvile su se do stadija imaga. Jedan dio populacije imaga ljetne generacije F2 i ljetne sestrinske generacije F2 završio je dopunsku ishranu. Dio populacije imaga koja su završila dopunsku ishranu napustila su lovna stabla i prezimila su u šumskoj stelji. Usporedba fenologije smrekovog pisara praćene na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu na temelju podataka temperature kore lovnih stabala i temperature zraka u g.j. Žitnik za 2014. godinu prikazana je u tablicama 14. i 15.

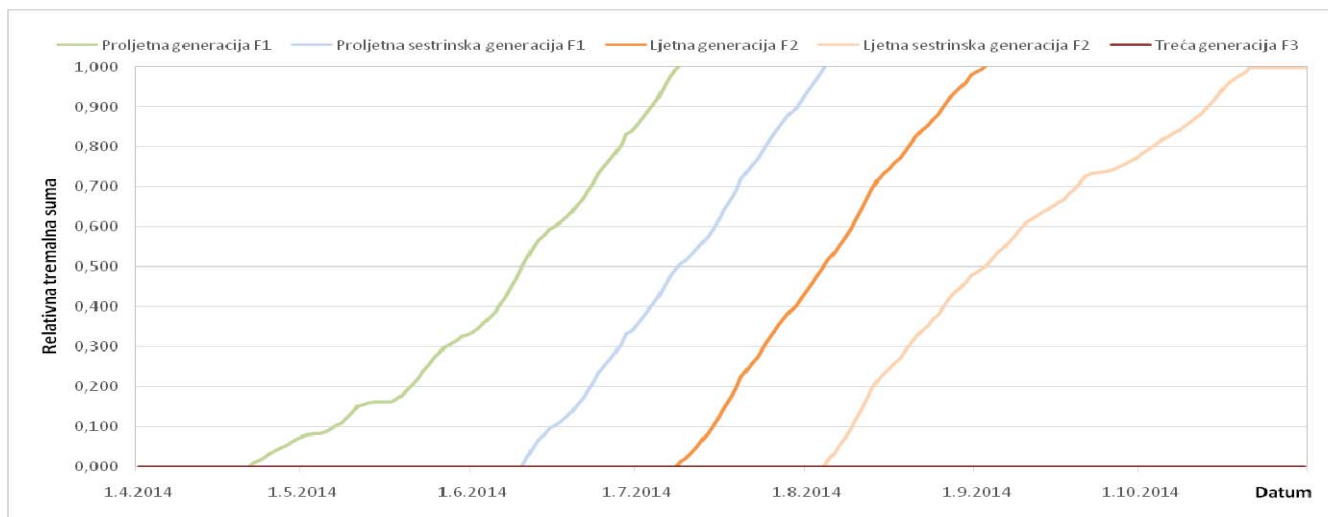




Slika 104. Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2014. godina

Tablica 14. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2014. godina

Razvojni stadiji	Proletna generacija F1		Proletna sestrinska generacija F1		Ljetna generacija F2		Ljetna sestrinska generacija F2	
	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS
Početak razvoja	10.5.	5.5.	2.6. - 7.6.	19.6.	24.7.	17.7.	17.8.	-
Jajašca	17.5. - 2.6.	5.5. - 21.5.	7.6. - 13.6.	19.6. - 24.6.	2.8. - 17.8.	17.7. - 21.7.	22. - 31. 8.	-
Ličinke	25.5. - 28.6.	21.5. - 16.6.	13.6. - 4.7.	24.6. - 18.7.	2.8. - 28.9.	21.7. - 22.8.	31.8. - 28.9.	-
Kukuljice	13.6. - 13.7.	16.6. - 23.6.	28.6. - 13.7.	18.7. - 24.7.	22.8. - 28.9.	22.8. - 2.9.	14.9. - 28.9.	-
Mladi imago (dop. ishrana)	19.6. - 18.7.	23.6. - 17.7.	13.7. - 24.7.	24.7. - 26.8.	31.8. - 28.9.	2.9. - 31.10. (nedovršen razvoj)	21. - 28.9.	-



Slika 105. Broj generacija vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik – 2014. godina

-Tablica 15. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2014. godina

Razvojni stadiji	Proljetna generacija F1		Proljetna sestrinska generacija F1		Ljetna generacija F2		Ljetna sestrinska generacija F2	
	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS
Početak razvoja	10.5.	22.4.	2.6.	11.6.	24.7.	9.7.	17.8.	5.8.
Jajašca	17.5. - 2.6.	22.4. - 7.5.	7. - 13.6.	11.6. - 16.6.	2.8. - 17.8.	9.7. - 15.7.	22. - 31. 8.	5.8. - 10.8.2014
Ličinke	25.5. - 28.6.	7.5. - 11.6.	13.6. - 4.7.	16.6. - 9.7.	2.8. - 28.9.	15.7. - 5.8.	31.8. - 28.9.	10.8. - 3.9.2014
Kukuljice	13.6. - 13.7.	11.6. - 16.6.	28.6. - 13.7.	9.7. - 16.7.	22.8. - 28.9.	5.8. - 10.8.	14.9. - 28.9.	3.9. - 10.9.2014
Mlađi imago (dop. ishrana)	19.6. - 18.7.	16.6. - 9.7.	13.7. - 24.7.	16.7. - 5.8.	31.08. - 28.9.	10.8. - 3.9.	21. - 28.9.	10.9. - 31.10.2014 (nedovršen razvoj)

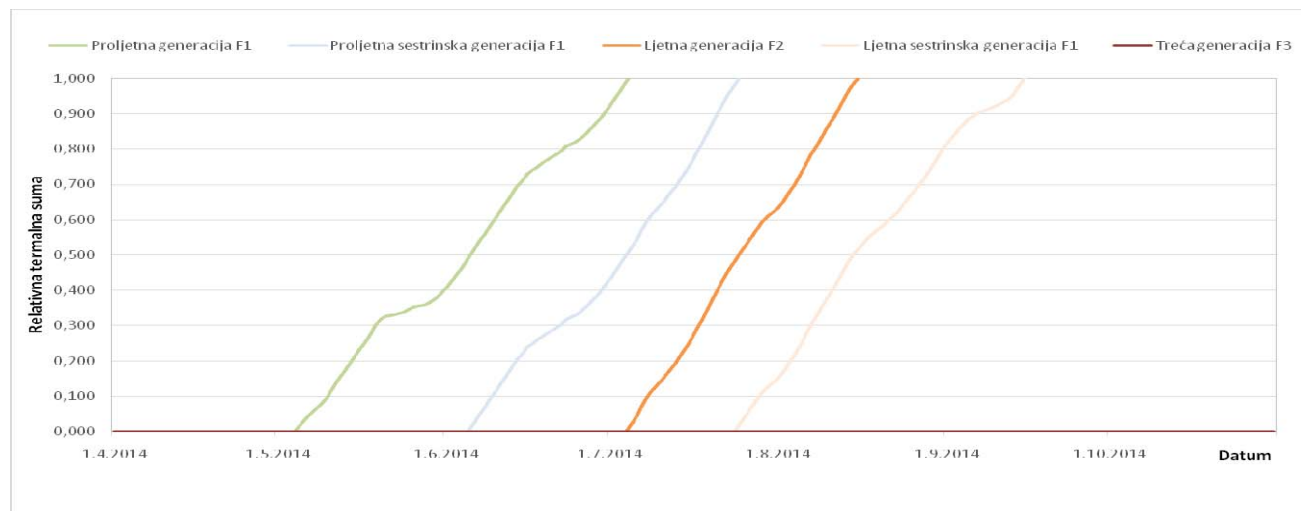
Na temelju podataka temperature kore lovnih stabala prema PHENIPS modelu u g.j. Žitnik tijekom 2015. godine razvile su se 4 generacije – dvije glavne generacije i dvije sestrinske generacije (slika 106.). Sve generacije (proljetna F1, proljetna sestrinska F1, ljetna F2, ljetna sestrinska F2) razvile su se prema modelu do stadija imaga koji je završio dopunsku ishranu, odnosno dosegnule su relativnu termalnu sumu od 1,000.

Ukoliko se umjesto temperature kore u PHENIPS model ubaci temperatura zraka u g.j. Žitnik tijekom 2015. godine model predviđa razvoj 4 generacije smrekovog pisara – dvije glavne i dvije sestrinske generacije (slika 107.). PHENIPS model na temelju prikupljenih podataka temperature kore lovnih stabala i temperature zraka obližnje meterološke postaje ne predviđa razvoj treće generacije smrekovog pisara tijekom 2015. godine.

Fenološkim motrenjem razvoja smrekovog pisara na lovnim stablima u g.j. Žitnik tijekom 2015. godine uočeno je 5 generacija smrekovog pisara – tri glavne generacije i dvije sestrinske generacije. Ovo je po prvi puta zabilježeno treće rojenje smrekovog pisara u istoj godini u smrekovim šumama Like. Sve generacije razvile su se do stadija imaga, s time da su se potkornjaci treće generacije razvili do stadija mladog imaga koji nije završio dopunsku ishranu.

Usporedba fenologije smrekovog pisara praćene na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu na temelju podataka temperature kore lovnih stabala i temperature zraka u g.j. Žitnik za 2015. godinu prikazana je u tablicama 16. i 17.

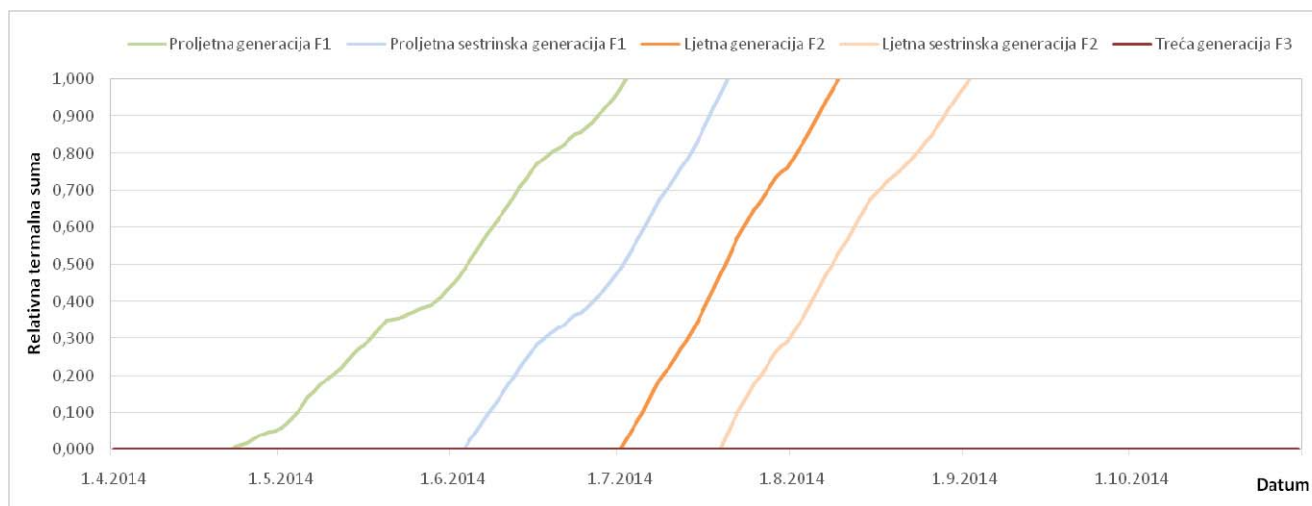
Zbog kvara na datalogerima kroz dvije uzastopne godine nije napravljeno fenološko modeliranje za višu nadmorsku visinu, a temperatura zraka nije upotrebljiva jer je najbliža meterološka postaja udaljena oko 15 km zračne linije od pokusne plohe i ne predstavlja vjerodostojno temperaturne prilike na pokusnoj plohi.



Slika 106. Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2015. godina

Tablica 16. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature kore u g.j. Žitnik - 2015. godina

Razvojni stadiji	Proljetna generacija F1		Prolj. sestrinska generacija F1		Ljetna generacija F2		Ljetna sestrinska generacija F2		Treća generacija F3		Treća sestrinska generacija F3	
	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS
Početak razvoja	9.5.	5.5.	30.5.	6.6.	10.7.	5.7.	25.7.	25.7.	8.8.	-	-	-
Jajašca	16. - 30.5.	5.5. - 11.5.	7.6. - 15.6.	6.6. - 10.6.	10.7. - 25.7.	5.7. - 8.7.	25.7.	25.7. - 29.7.	8.8. - 23.8.	-	-	-
Ličinke	16.5 - 21.6.	11.5. - 6.6.	7.6. - 4.7.	10.6. - 5.7.	18.7. - 8.8.	8.7. - 25.7.	25.7. - 8.8.	29.7. - 15.8.	14.8. - 27.9.	-	-	-
Kukuljice	7.6. - 4.7.	6.6. - 10.6.	4.7. - 10.7.	5.7. - 9.7.	25.7. - 8.8.	25.7. - 30.7.	8.8. - 14.8.	15.8. - 22.8.	6.9. - 27.9.	-	-	-
Mladi imago (dop. ishrana)	15.6. - 30.6.	10.6. - 5.7.	4.7. - 10.7.	9.7. - 25.7.	25.7. - 8.8.	30.7. - 16.8.	14.8.	22.8. - 16.9.	20.9. - 27.9.	-	-	-



Slika 107. Broj generacija, vremenski period razvoja te postignuta relativna termalna suma svake pojedine generacije smrekovog pisara prema PHENIPS modelu na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2015. godina

Tablica 17. Usporedba utvrđene fenologije smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologije prema PHENIPS modelu utvrđene na temelju temperature zraka u g.j. Žitnik - 2015. godina

Razvojni stadiji	Proljetna generacija F1		Projl. sestrinska generacija F1		Ljetna generacija F2		Ljetna sestrinska generacija F2		Treća generacija F3		Treća sestrinska generacija F3	
	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS	Stabla	PHENIPS
Početak razvoja	9.5.	23.4.	30.5.	4.6.	10.7.	2.7.	25.7.	20.7.	8.8.	-	-	-
Jajašca	16. - 30.5.	23.4. - 5.5.	7.6. - 15.6.	4.6. - 8.6.	10.7. - 25.7.	2.7. - 5.7.	25.7.	20.7. - 23.7.	8.8. - 23.8.	-	-	-
Ličinke	16.5 - 21.6.	5.5. - 4.6.	7.6. - 4.7.	8.6. - 2.7.	18.7. - 8.8.	5.7. - 20.7.	25.7. - 8.8.	23.7. - 9.8.	14.8. - 27.9.	-	-	-
Kukuljice	7.6. - 4.7.	4.6. - 9.6.	4.7. - 10.7.	2.7. - 6.7.	25.7. - 8.8.	20.7. - 24.7.	8.8. - 14.8.	9.8. - 13.8.	6.9. - 27.9.	-	-	-
Mladi imago (dop.ishrana)	15.6. - 30.6.	9.6. - 2.7.	4.7. - 10.7.	6.7. - 21.7.	25.7. - 8.8.	24.7. - 10.8.	14.8.	13.8. - 2.9.	20.9. - 27.9.	-	-	-

### 6.3. Više različitih aspekata prezimljavanja smrekovog pisara u lovnim stablima

Tablica 18. Postotak prezimljavanja smrekovog pisara po uočenim razvojnim stadijima

Lovna stabla	Imago		Kukuljica		L <sub>3</sub> ličinka	
	%					
	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost
I	60,20 - 99,87	93,15	0,00 - 8,09	2,65	0,13 - 37,31	4,20
II	74,77 - 100,00	94,83	0,00 - 14,86	3,66	0,00 - 10,36	1,51
III	51,02 - 100,00	77,42	0,00 - 21,09	8,53	0,00 - 27,89	14,05
IV	98,63 - 100,00	99,59	0,00 - 1,03	0,23	0,00 - 0,39	0,18
V	0,00 - 100,00	95,04	0,00 - 7,10	2,96	0,00 - 100,00	2,00

U trenutku pregleda lovnih stabala uočena su tri razvojna stadija smrekovog pisara: L<sub>3</sub> ličinka, kukuljica i imago. Postotak prezimljavanja u pojedinom stadiju razlikuje se između lovnih stabla. Većina populacije zimuje u stadiju imaga (77,42 % do 99,59 %), a znatno manje u stadiju kukuljice i L<sub>3</sub> ličinke.

Tablica 19. Postotak prezimljavanja smrekovog pisara po uočenim nišama prezimljavanja

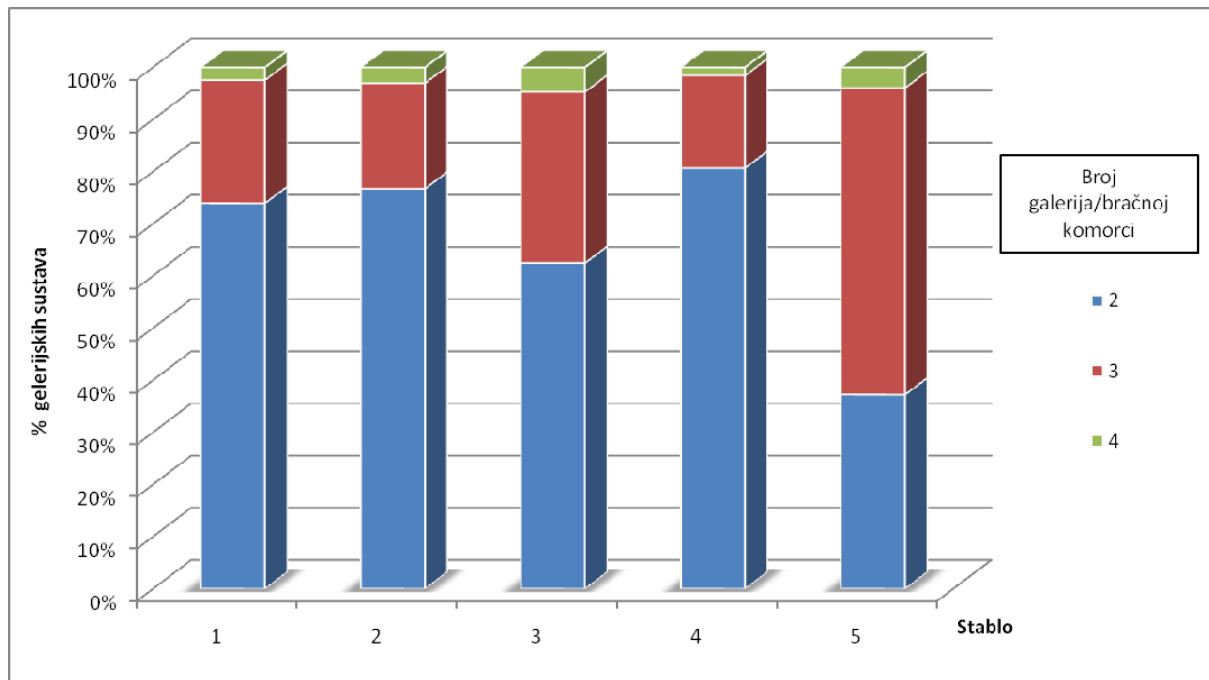
Lovna stabla	Kora		Tlo	
	%			
	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost
I	76,08 - 94,34	82,57	5,66 - 23,92	17,43
II	76,27 - 100,00	81,48	0,00 - 23,73	18,52
III	87,23 - 100,00	94,92	0,00 - 12,77	5,08
IV	71,00 - 95,70	80,70	4,30 - 29,00	19,30
V	60,00 - 100,00	76,48	0,00 - 40,00	23,52

Prilikom izračuna postotka imaga koji zimuje pod korom lovnih stabla u obzir su uzete samo žive jedinke koje su u trenutku pregleda bile razvijene do stadija imaga. Kod dijela populacije koji je napustio stablo i zimuje u tlu uzeto je u obzir da je svaka jedinka koja je napustila stablo izgrizla svoju izletnu rupu (Komonen i dr., 2011; Carlsson, 1983; Schlyter i dr., 1984). Većina populacije smrekovog pisara zimuje pod korom lovnih stabla (76,48 % do 94,92 %), a tek manji dio populacije napušta stablo i zimuje u šumskoj stelji (5,08 % do 23,52 %).

Tablica 20. Mortalitet i vitalitet zimujućih stadija smrekovog pisara

Lovna stabla	Imago				Kukuljica				L <sub>3</sub> ličinka			
	Mortalitet		Vitalitet		Mortalitet		Vitalitet		Mortalitet		Vitalitet	
	%											
	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost
I	21,75 - 66,01	42,84	33,99 - 78,25	57,16	0,00 - 100,00	14,68	0,00 - 100,00	85,32	0,00 - 100,00	76,81	0,00 - 100,00	23,19
II	12,80 - 100,00	34,02	0,00 - 87,20	65,98	0,00 - 61,54	18,92	38,46 - 100,00	81,08	0,00 - 100,00	51,32	0,00 - 100,00	48,68
III	20,00 - 63,01	42,63	36,99 - 80,00	57,37	0,00 - 100,00	70,59	0,00 - 100,00	29,41	100,00	100,00	0,00	0,00
IV	11,65 - 27,10	18,07	72,90 - 88,35	81,93	0,00 - 33,33	22,22	66,66 - 100,00	77,78	100,00	100,00	0,00	0,00
V	0,00 - 37,50	26,34	62,50 - 100,00	73,66	0,00 - 75,00	26,76	25,00 - 100,00	73,24	0,00 - 100,00	72,92	0,00 - 100,00	27,08

Mortalitet i vitalitet uočenih razvojnih stadija u trenutku pregleda utvrđeni su na temelju pokretljivosti na sobnoj temperaturi (Faccoli, 2002). Imago, ličinka ili kukuljica koji nisu bili pokretljivi u trenutku pregleda evidentirani su kao mrtvi i suprotno sva imaga, kukuljice i ličinke koje su u trenutku pregleda bile pokretljive evidentirane su kao žive. Mortalitet imaga u trenutku pregleda kretao se od 18,07 % do 42,84 %, dok je mortalitet kukuljica i ličinki bio znatno viši. Najviši zabilježeni mortalitet kukuljica iznosio je 70,59 %, a L<sub>3</sub> ličinki 100,00 %.



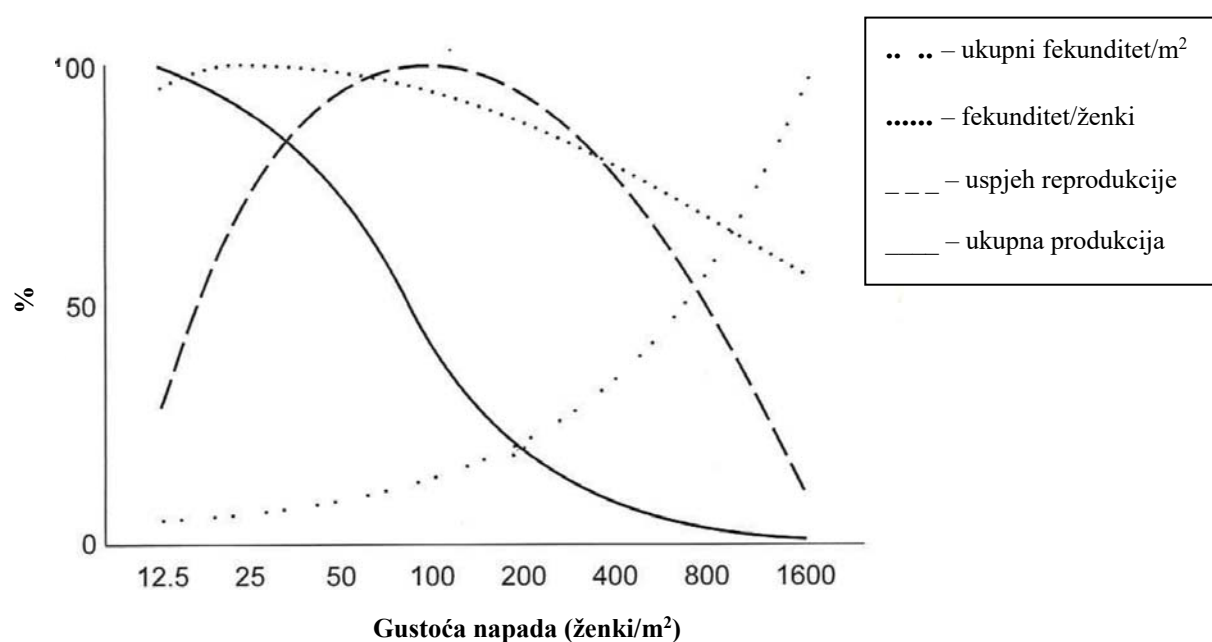
Slika 108. Postotni prikaz galerijskih sustava s dvije, tri i četiri galerije

Ukupno na pet lovnih stabla izbrojan je 991 galerijski sustav. Najviše su bili zastupljeni galerijski sustavi s dvije galerije (735 komada ili 74,17 %), zatim su sljedili galerijski sustavi s tri galerije (232 komada ili 23,41 %) i naposljetku galerijski sustavi sa četiri galerije (24 komada ili 2,42 %). Ukupan broj mužjaka jednak je ukupnom broju bračnih komorica koji je iznosio 991. Ukupan broj ženki na 991 mužjaka iznosio je 2262. Kada se ukupni broj ženki u galerijskim sustavima podijeli s ukupnim brojem mužjaka u bračnim komoricama na svim lovnim stablima prosječni broj ženki po mužjaku iznosi 2,28 (za one galerije kod kojih je bila vidljiva bračna komorica). Kod galerijskih sustava kod kojih su bračna komorica i dio galerijskog sustava oštećeni dopunskom ishranom evidentiran je samo broj galerija, dok broj galerija po bračnoj komorici nije utvrđen.



Tablica 21. Odnos uspjeha reprodukcije smrekovog pisara ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ), broja predatora, galerija i ukupne produkcije po  $\text{m}^2$  kore

Lovna stabla	Predatori		Galerija		Ukupna produkcija		Uspjeh reprodukcije	
	broj/ $\text{m}^2$							
	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost	Raspon	Izračunata vrijednost
I	85,58 - 289,57	161,78	67,69 - 141,50	108,06	66,44 - 1284,12	389,01	0,32 - 6,00	1,80
II	23,04 - 232,60	116,06	1,03 - 195,44	117,16	0,00 - 931,00	246,03	0,00 - 2,38	1,05
III	19,80 - 103,58	57,04	7,25 - 89,98	64,30	14,48 - 125,78	65,58	0,21 - 5,13	0,51
IV	13,80 - 171,56	67,18	120,67 - 170,21	146,38	153,05 - 912,88	480,12	0,55 - 2,77	1,64
V	0,00 - 262,75	76,04	0,00 - 110,84	27,27	0,00 - 1477,80	227,43	1,25 - 20,36	4,17

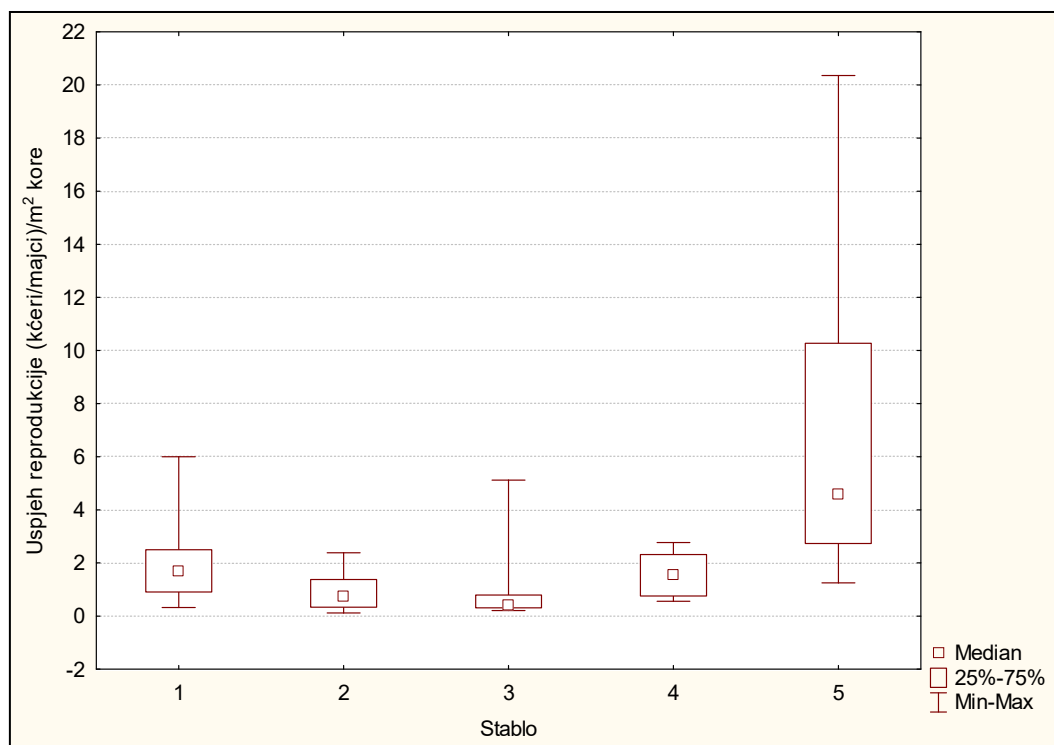


Slika 109. Utjecaj unutarvrnsne kompeticije na uspjeh reprodukcije vrste *Tomiscus piniperda* (prema Sauvard, D. 2004: General biology of bark beetles, p.77. In: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire J. C. & Evans, H. F. London, UK, Kluwer Academic Publisher, p. 569.

Kod izračuna ukupne produkcije smrekovog pisara u lovnim stablima u obzir su uzete samo vitalne jedinice imaga pod korom i u tlu. Uspjeh reprodukcije kao odnos broja kćeri po majci ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ) izračunat je na način da je ukupan broj živih imaga u tlu i pod korom podijeljen s brojem galerija po  $1 \text{ m}^2$  kore i pomnožen s korekcijskim faktorom za spol 0,5 (Anilla, 1971; Hedgren & Schroeder, 2004). Ukoliko se broj galerija po  $\text{m}^2$  kore pomnoži s uspjehom produkcije dobiva se ukupan broj kćeri u odnosu na majke po  $\text{m}^2$  kore. npr. ako kod lovnog stabla 1 prosječni broj galerija/ $\text{m}^2$  kore koji iznosi 108,06 pomnožimo s uspjehom

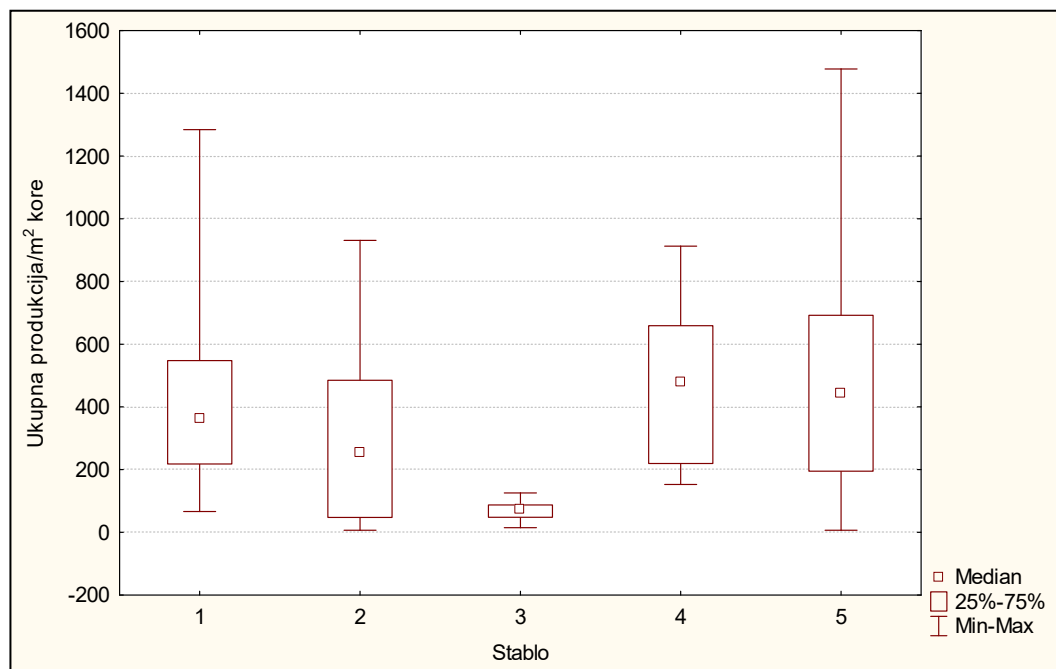
reprodukcije 1,80 dobivamo 194,50 kćeri po  $m^2$  kore. Dobiveni broj množimo s 2 (jer je omjer spolova 50:50) i dobivamo ukupnu produkciju po  $m^2$  kore koja iznosi 389,01.

Na slici 109. prikazan je utjecaj unutarvrzne kompeticije na uspjeh reprodukcije kod vrste *T. piniperda*. Vidljivo je da do određene gustoće napada (ženke/ $m^2$  kore) uspjeh reprodukcije ( $\text{♀}/\text{♀}$ ) raste. U ovom slučaju ta gustoća iznosi okvirno oko 100 galerija. Broj ženki po  $m^2$  kore veći od 100 dovodi do kontinuiranog smanjenja uspjeha reprodukcije. Zajedno s povećanjem gustoće napada opada i ukupna produkcija i broj odloženih jaja po ženki, dok se broj ukupno odloženih jaja po  $m^2$  kore kontinuirano raste zbog porasta broja ženki. Zaključno veće gustoća napada rezultira unutarvršnom kompeticijom i smanjenim uspjehom reprodukcije.



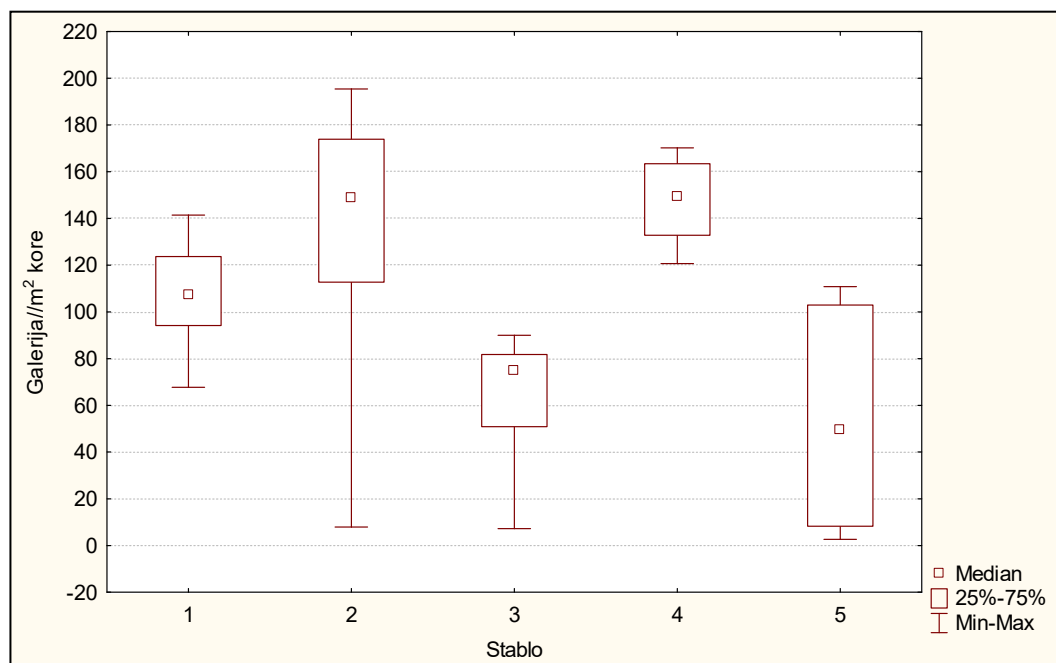
Slika 110. Usporedba uspjeha reprodukcije ( $\text{♀}/\text{♀}$ ) smrekovog pisara po  $m^2$  kore na pregledanim stablima.

Dokazana je statistički značajna razlika uspjeha reprodukcije po  $m^2$  kore između pregledanih stabla [K-W H( DF = 4, N = 55) = 1,25745, p = 0,0003]. Statistički značajna razlika uspjeha reprodukcije vidljiva je između stabla 2, 3 i 5.



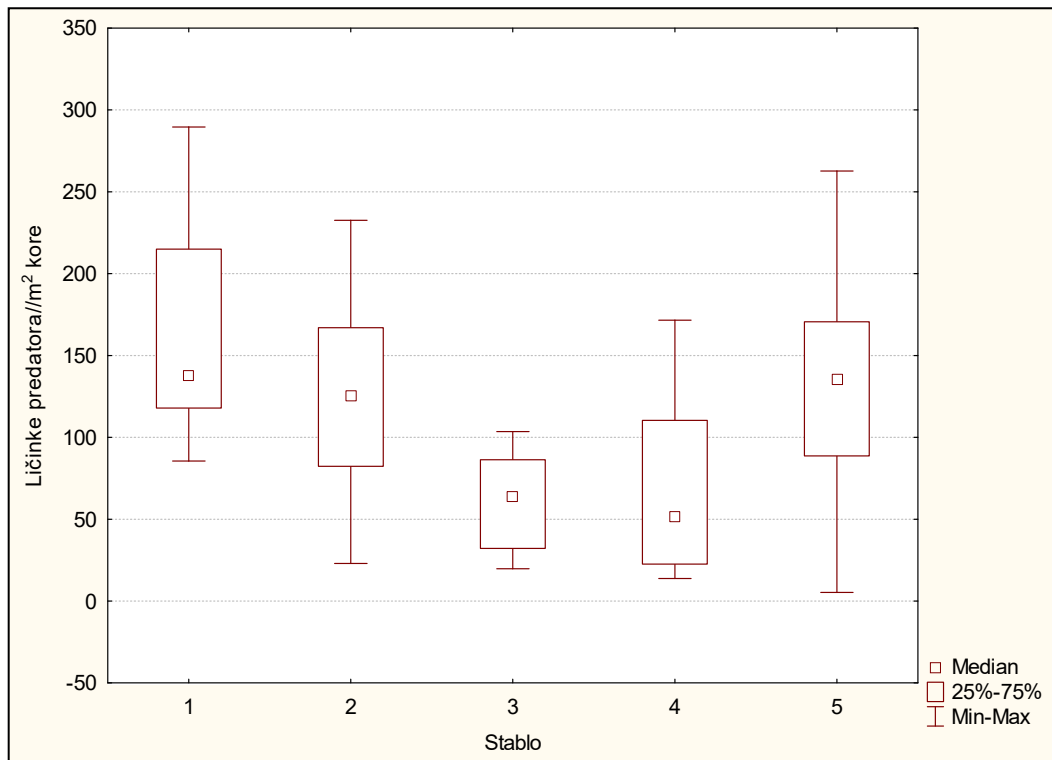
Slika 111. Usporedba ukupne produkcije smrekovog pisara po m<sup>2</sup> kore na pregledanim stablima

Dokazana je statistički značajna razlika ukupne produkcije smrekovog pisara po m<sup>2</sup> kore između pregledanih stabla [K-W H( DF =4, N = 55) = 13,11153, p = 0,0107]. Razlika ukupne produkcije po m<sup>2</sup> vidljiva je između stabla 1, 3 i 4.



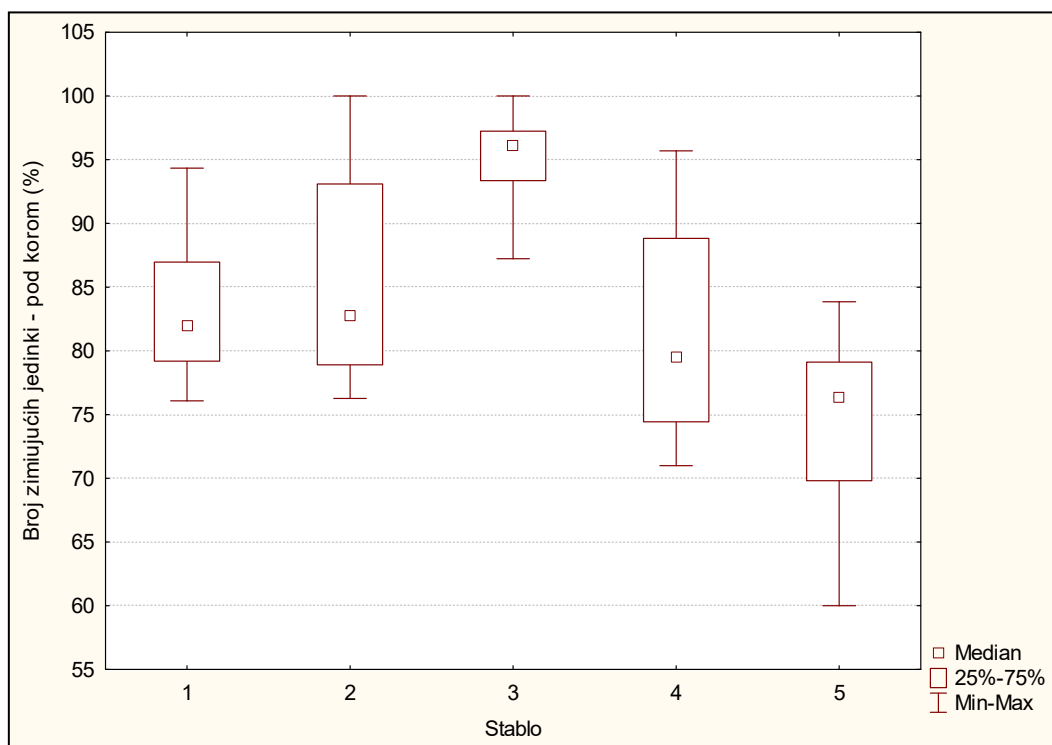
Slika 112. Usporedba ukupnog broja galerija smrekovog pisara po m<sup>2</sup> kore na pregledanim stablima

Broj galerija po  $m^2$  kore statistički se značajno razlikuje između pregledanih stabala [K-W  $H(DF = 4, N = 55) = 26,84310, p = 0,0001$ ]. Razlika boja galerija po  $m^2$  kore vidljiva je između svih pregledanih stabala osim stabla 1 koje se po uočenom broju galerija po  $m^2$  kore ne razlikuje od ostalih pregledanih stabala.

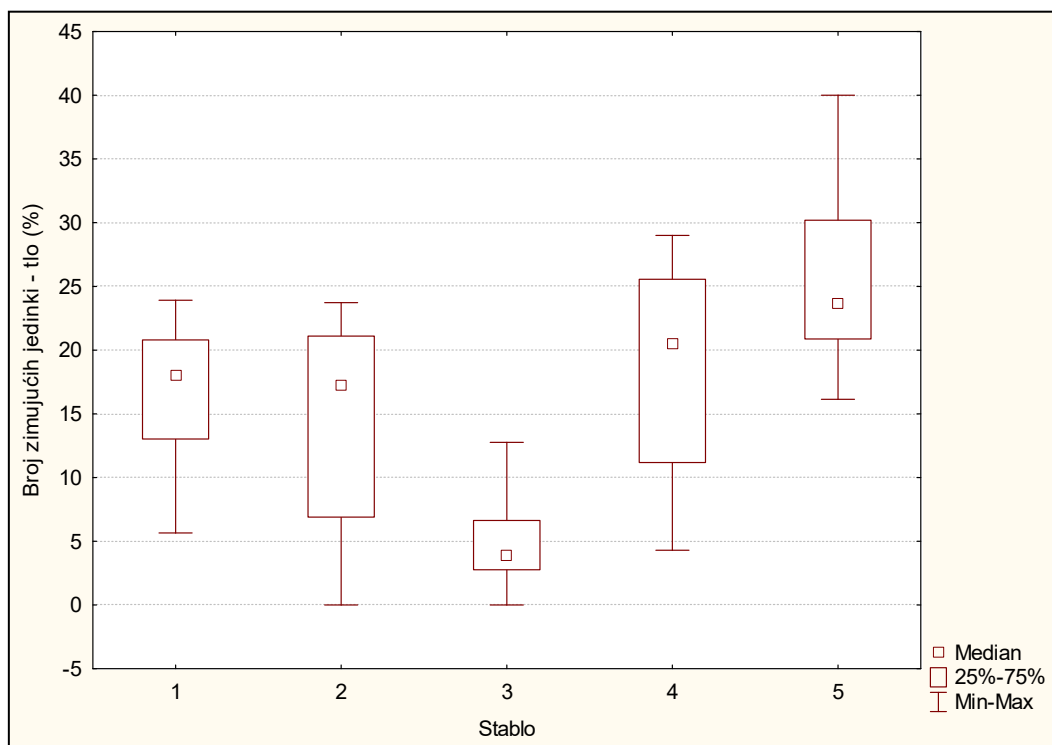


Slika 113. Usporedba ukupnog broja ličinki predatora po  $m^2$  kore na pregledanim stablima

Broj ličinki predatora (*Medetera*, porodica Cecidomyiidae, *T. formicarius*) po  $m^2$  kore statistički se značajno razlikuje između pregledanih stabla [K-W  $H(DF = 4, N = 55) = 17,05745, p = 0,0019$ ]. Razlika broja ličinki vidljiva je između stabala 1, 3 i 4.



Slika 114. Usporedba postotka zimujućih imaga smrekovog pisara po m<sup>2</sup> kore pregledanih stabala



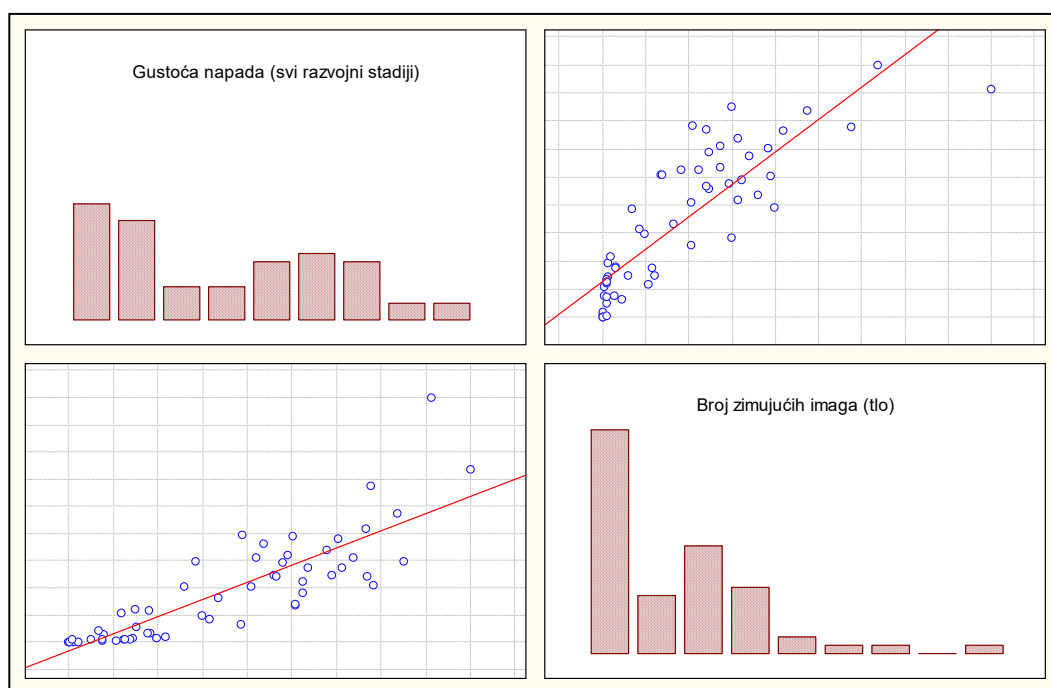
Slika 115. Usporedba postotka zimujućih imaga smrekovog pisara u tlu na temelju broja izlaznih rupa po m<sup>2</sup> kore pregledanih stabala

Postotak imaga koji je napustio stabla i zimuje u tlu te postotak imaga koji zimuje pod korom statistički se značajno razlikuje između pregledanih stabla [ $K-W H(DF = 4, N = 55) = 21,55579, p = 0,0002$ ].

Postotni udio zimujućih imaga pod korom te udio imaga koja su napustila stablo 3 razlikuje se od postotka zimujućih imaga pod korom i u tlu ostalih pregledanih stabla, izuzevši stablo 2.

Tablica 22. Sperman Rank korelacija gustoće napada smrekovog pisara i broja zimujućih imaga u šumskoj stelji

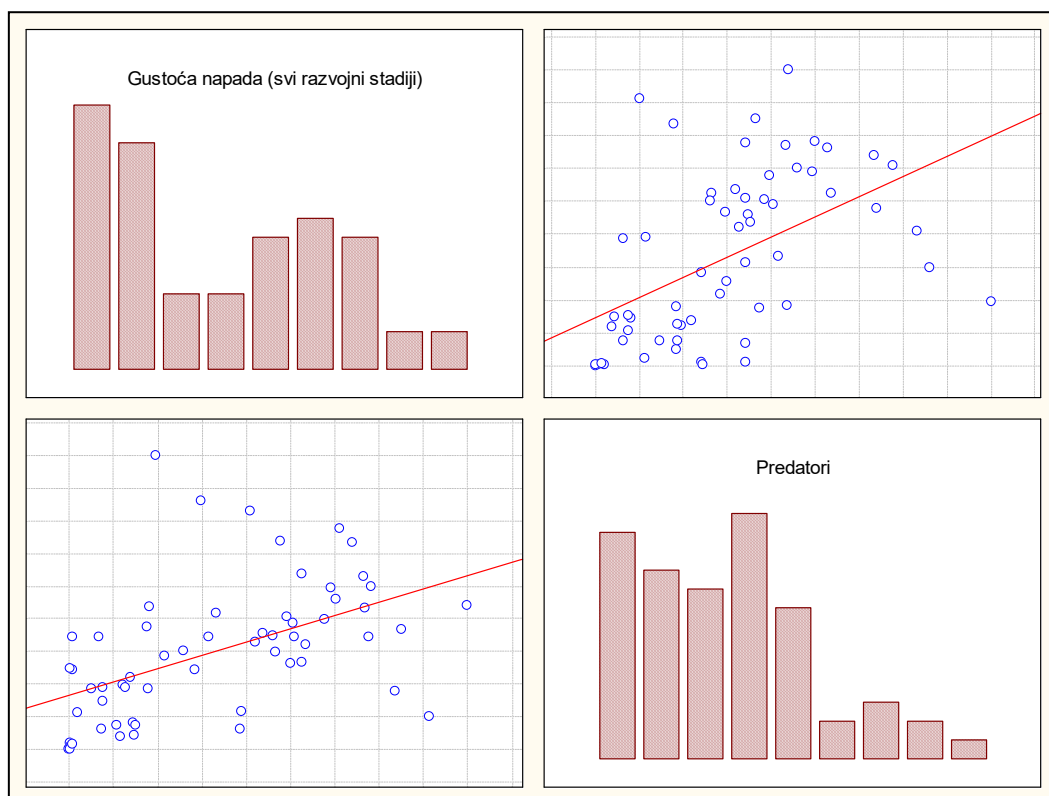
Variable	Sperman Rank Order Correlations - centar hrpe MD pairwise deleted Marked correlations are significant at $p < 0,05000$	
	Broj zimujućih imaga (tlo)	Gustoća napada (svi razvojni stadiji)
Gustoća napada (svi razvojni stadiji)	1,000000	<b>0,896156</b>
Broj zimujućih imaga (tlo)	<b>0,896156</b>	1,000000



Slika 116. Prikaz korelacije gustoće napada smrekovog pisara na lovnim stablima i broja zimujućih imaga u šumskoj stelji

Tablica 23. Spearman Rank korelacija gustoće napada smrekovog pisara i broja predatora

Variable	Spearman Rank Order Correlations - centar hrpe MD pairwise deleted Marked correlations are significant at $p < 0,05000$	
	Predatori	Gustoća napada (svi razvojni stadiji)
Gustoća napada (svi razvojni stadiji)	1,000000	0,624484
Predatori	0,624484	1,000000



Slika 117. Prikaz korelacije gustoće napada smrekovog pisara i broja ličinki predatora

Ukupan broj izbrojanih ličinki predatora u svih pet lovnih stabla iznosio je 4622. Brojane su ličinke roda *Medetera* (4012 komada), ličinke porodice Cecidomyiidae (604 komada) te ličinke vrste *T. formicarius* (6 komada). Između gustoće napada smrekovog pisara i broja predatora utvrđena je pozitivna korelacija ( $r = 0,896156$ ,  $N = 60$ ,  $p < 0,05$ ), odnosno što je gustoća napada smrekovog pisara veća, veći je i broj predatora i obrnuto. Utvrđena je pozitivna korelacija ( $r = 0,624484$ ,  $N = 60$ ,  $p < 0,05$ ) broja zimujućih imaga u tlu i gustoće napada.

#### 6.4. Rezultati markiranja jedinki smrekovog pisara u gospodarskim šumama na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit

Tijekom 2014. u g.j. Žitnik ukupno su markirane 2 563 jedinke smrekovog pisara. Od ukupnog broja markiranih jedinki 1 153 jedinke bile su letači, a ostalih 44,98 % jedinki nisu odletjele iz već navedenih razloga oštećenja na nogama, odnosno na tarsusima. Postotak ponovnog ulova (recapture) bio je jako mali, svega 0,19 % odnosno 5 jedinki. Minimalna udaljenost leta jedinki smrekovog pisara iznosila je 280 do 430 metara.

Markiranje jedinki tijekom 2015. godine napravljeno na području g.j. Štirovača, odnosno nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Markiranje potkornjaka rađeno je dva puta na istim pozicijama i s istim rasporedom feromonskih klopki. Prvi put markiranje je obavljeno 14. srpnja, a drugi put 15. kolovoza 2015. godine.

Tablica 24. Broj markiranih i ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara po tehnikama sakupljanja (eklektor/hladnjak) za obje lokacije na dan 14. srpanj 2015.

Pozicija	Ukupno ispuštano	Boja/prah-marker	$\Sigma$	Način sakupljanja potkornjaka za pokus	Broj ponovno ulovljenih jedinki (recapture)	Postotak ponovnog ulova od ukupno ispušanog broja po kategorijama (%)	Recapture (%) - ( $\Sigma\Sigma$ ) hladnjak	Recapture (%) - ( $\Sigma\Sigma$ ) eklektor
Štirovača	243	Žuti prah	120	hladnjak	15	6,98	8,41	20,00
		Žuti marker	95					
		Narančasti marker	28	eklektor	6	21,43		
Petrašica	320	Zeleni marker	70	hladnjak	29	9,42		
		Zeleni prah	238					
		Rozi marker	12	eklektor	2	16,67		
$\Sigma\Sigma$	563	$\Sigma\Sigma$	563	$\Sigma\Sigma$	52	9,24		

Na lokaciji Petrašica 14. srpnja ukupno je markirano i ispuštano 320 jedinki smrekovog pisara, dok su na drugoj lokaciji unutar nacionalnog parka markirane i ispuštane 243 jedinke. Ponovno su ulovljene 52 jedinke, odnosno postotak ponovnog ulova (recapture) iznosio je 9,24 %. Broj ponovno ulovljenih jedinki s povećanjem udaljenosti od točke ispuštanja je opadao. Od ukupnog ulovljenog broja jedinki ulovljena je 31 jedinka koja je ispuštana na lokalitetu Petrašica i 21 jedinka koja je ispuštana u nacionalnom parku Sjeverni Velebit. Na oba lokaliteta ispuštane su jedinke koje su jedno vrijeme čuvane u hladnjaku na temperaturi ispod 5 °C te jedinke koje su neposredno prije markiranja izašle iz fotoeklektora. Na lokalitetu Petrašica ispuštano je 308 jedinki koje su čuvane u hladnjaku te svega 12 jedinki

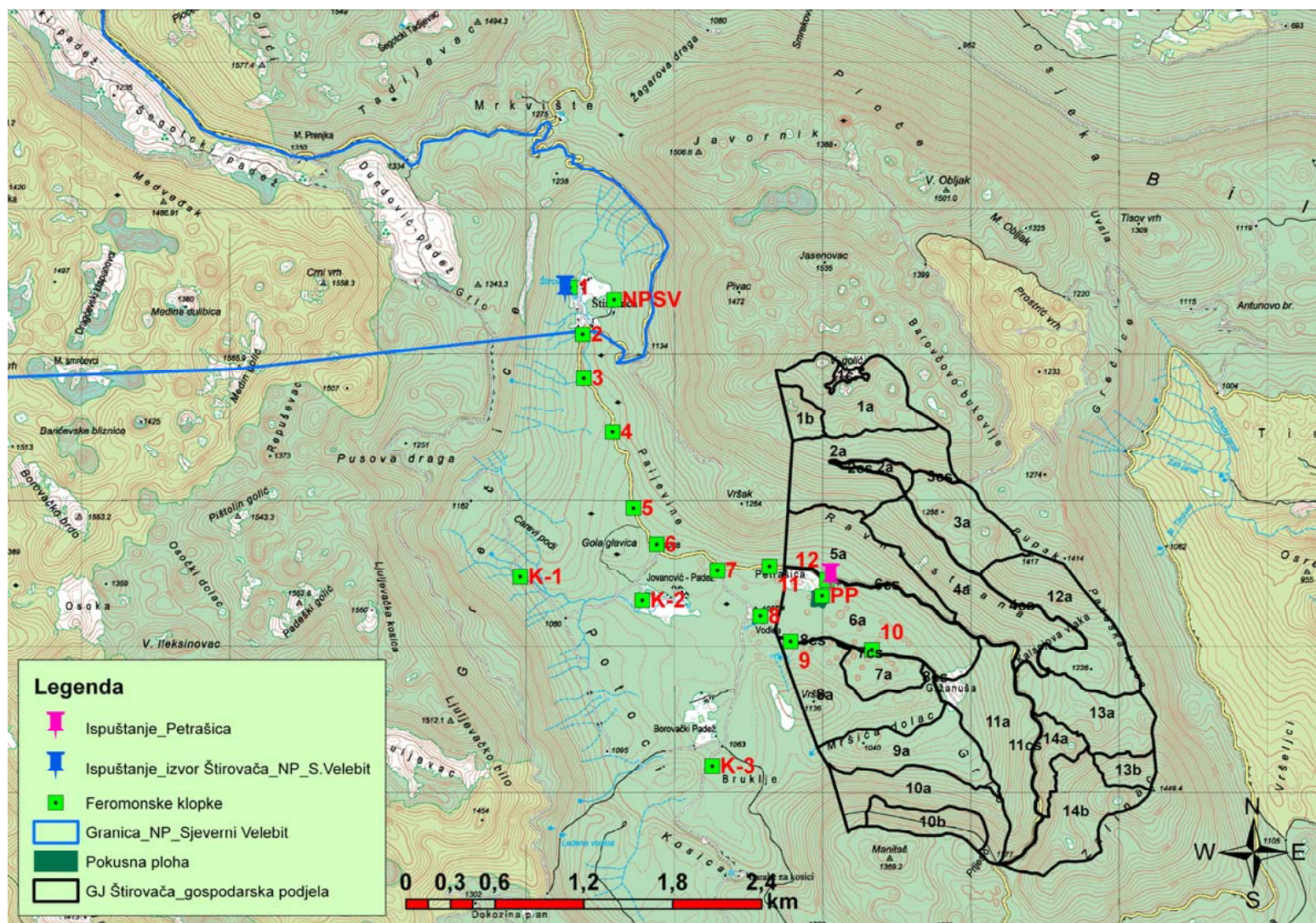


koje su neposredno prije markiranja izašle iz fotoeklektora. Postotak ponovnog ulova jedinki koje su prije ispuštanja čuvane u hladnjaku s ovog lokaliteta iznosio je 9,42 % (29 jedinki), dok postotak ponovnog ulova jedinki koje su neposredno prije markiranja izašle iz fotoeklektora bio je znatno viši 16,67 % (2 jedinke). Na lokalitetu unutar nacionalnog parka Sjeverni Velebit ispušteno je 215 jedinki koje su prije ispuštanja čuvane u hladnjaku te 28 jedinki koje su neposredno prije markiranja sakupljene iz lovne boce fotoeklektora. I na ovoj lokaciji postotak ponovnog ulova jedinki iz fotoeklektora bio je znatno viši u odnosu na jedinke koje su prije markiranja čuvane u hladnjaku. Postotak ponovnog ulova jedinki iz fotoeklektora iznosio je 21,43 % (6 jedinki), dok je postotak ponovnog ulova jedinki iz hladnjaka bio 6,98 % (15 jedinki). Najmanja udaljenost leta smrekovog pisara iznosila je 17,5 m, a najveća izmjerena udaljenost leta iznosila je 2,18 km.

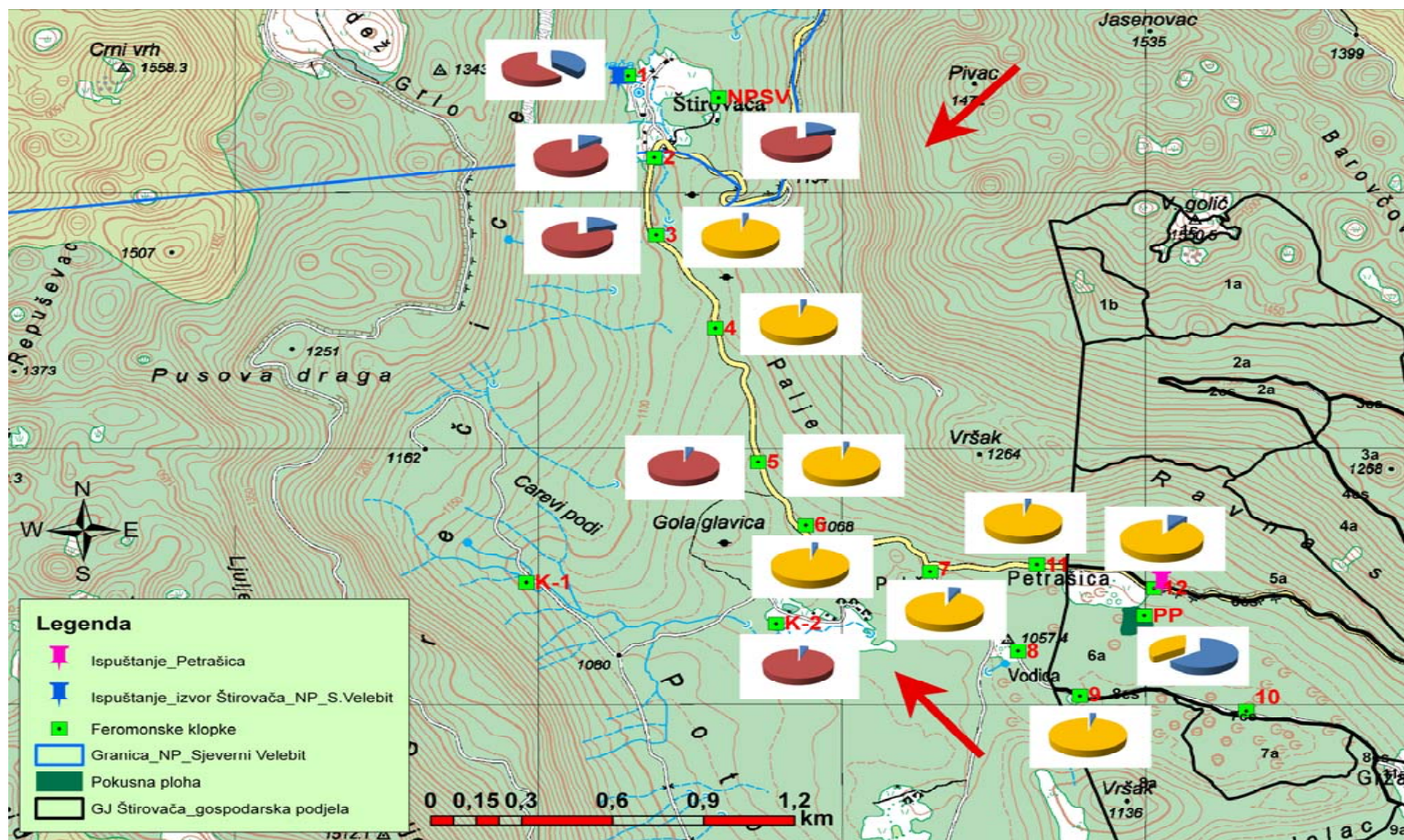
Od ukupno ponovno ulovljene 21 jedinke smrekovog pisara koje su markirane na lokalitetu Štirovača, 12 jedinki ulovljeno je u feromonskim klopka unutar nacionalnog parka, dok je ostalih 9 ulovljeno u feromonskim klopka izvan nacionalnog parka. Iz toga proizlazi da 42,85 % ponovno ulovljenih jedinki prelijeće iz nacionalnog parka u okolne šume parka prirode Velebit. Iako su šume unutar parka prirode Velebit također šume posebne namjene u pogledu gospodarenja nema nikakve razlike između ovog tipa šuma i gospodarskih šuma.

Tumač oznaka korištenih na kartografskom i grafičkom prikazu broja ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara:

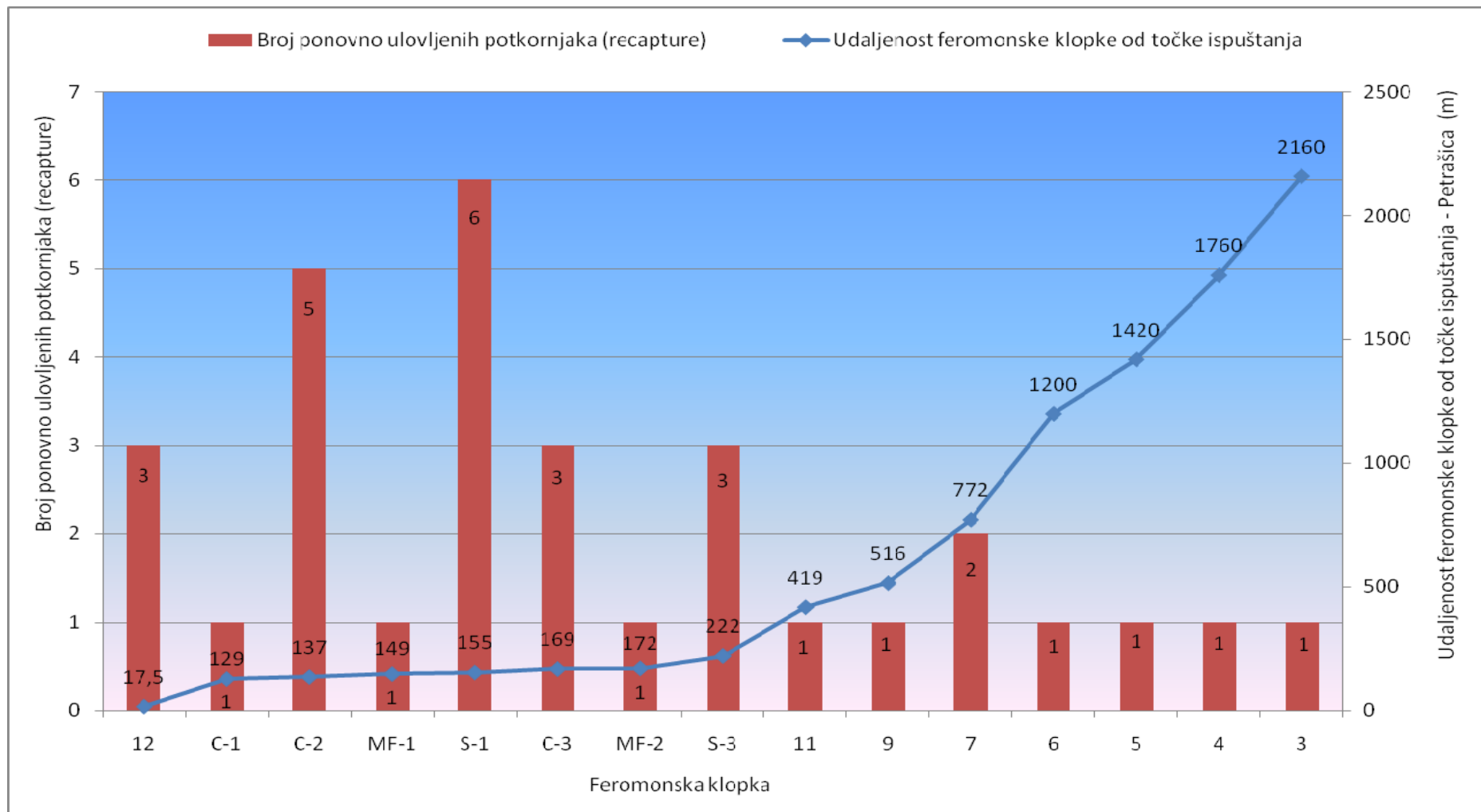
- Crna Teysohn<sup>®</sup> naletno barijerna feromonska klopka: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, C-1, C-2, C-3
- Smeđa WitaTrap<sup>®</sup> naletno barijerna feromonska klopka: S-1, S-2, S-3
- Multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> naletno barijerna feromonska klopka: MF-1, MF-2, MF-3
- NPSV – crna Teysohn<sup>®</sup> naletno barijerna feromonska klopka u vlasništvu nacionalnog parka Sjeverni Velebit
- K-1, K-2, K-3 - crna Teysohn<sup>®</sup> naletno barijerna feromonska klopka u vlasništvu šumarije Krasno
- PP – feromonske klopke na pokusnoj plohi (C-1, C-2, C-3, S-1, S-2, S-3, MF-1, MF-2, MF-3) korištene su u pokusu usporedbe učinkovitosti naletno barijernih feromonskih klopki. Na kartama zbog preglednosti sve navedene feromonske klopke prikazane su kao jedna feromonska klopka jer je međusobna udaljenost između feromonskih klopki na pokusnoj plohi u sastojini smreke iznosila oko 30 m.



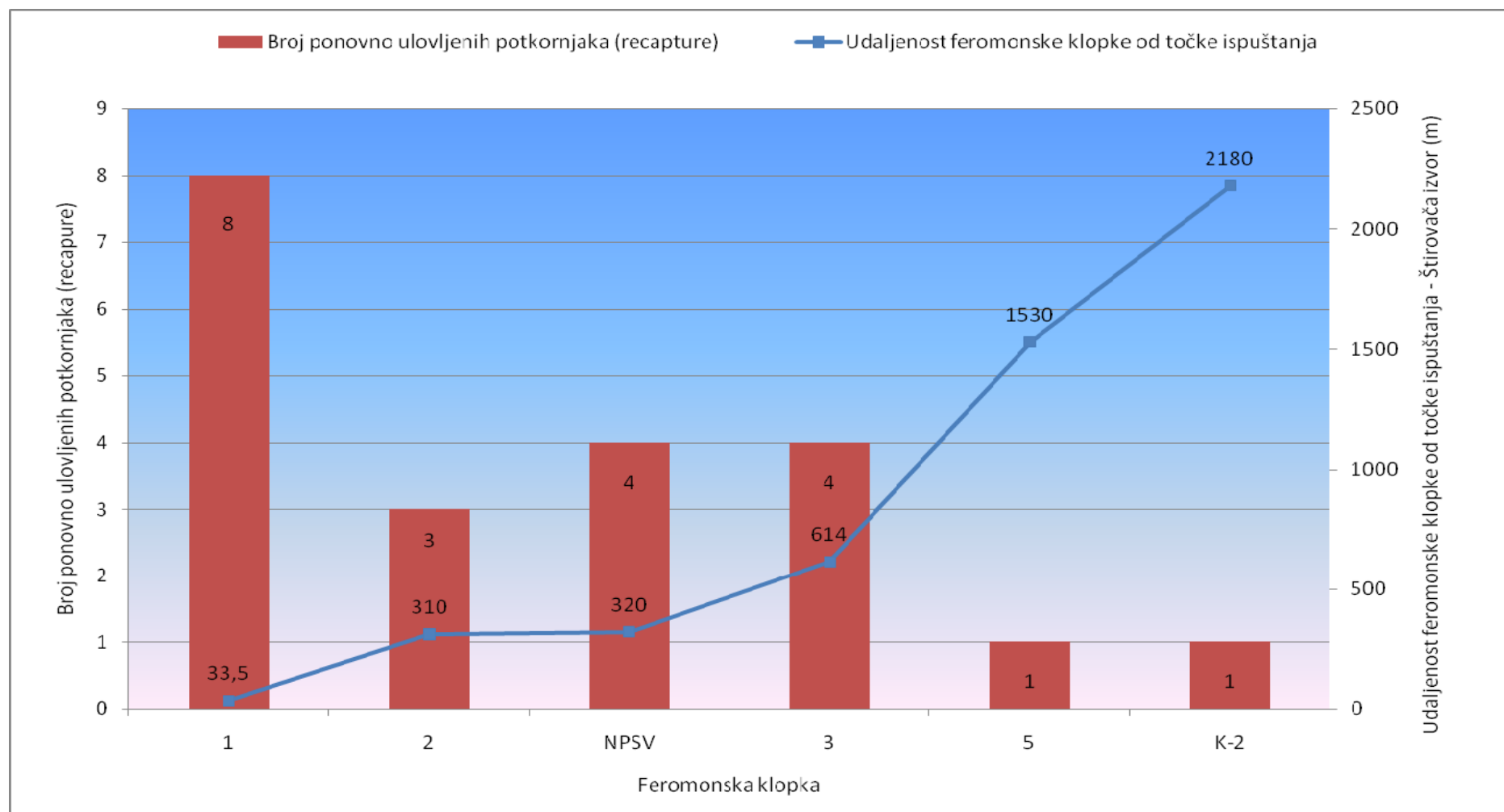
Slika 118. Kartografski prikaz lokaliteta ispuštanja jedinki smrekovog pisara i položaja feromonskih klopki korištenih u pokusu markiranja na granici nacionalnog parka Sjeverni Velebit i g.j. Štirovača



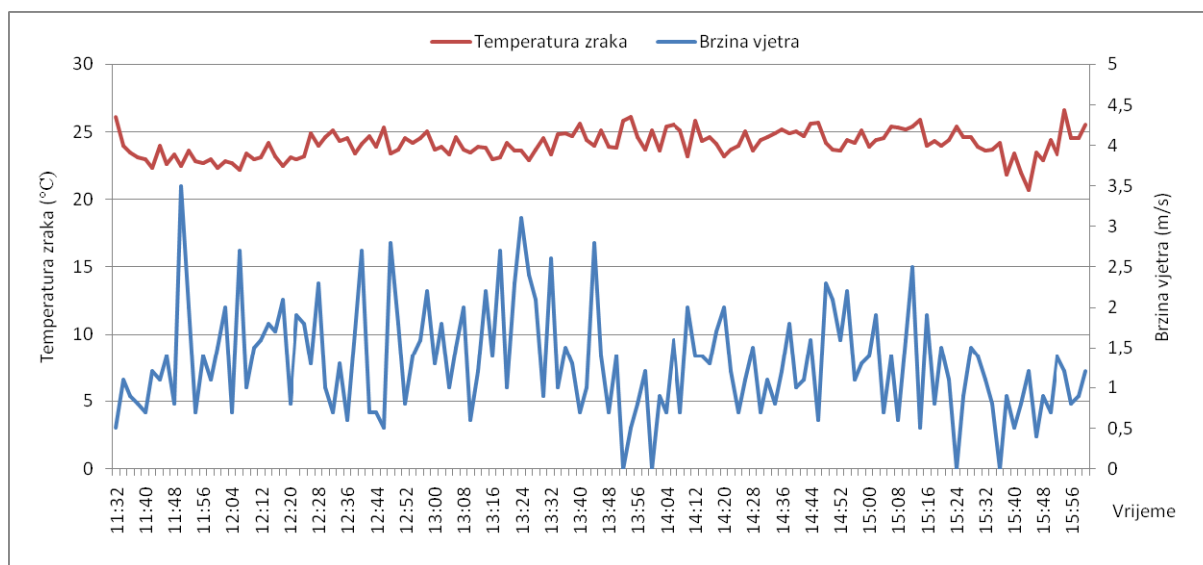
Slika 119. Kartografski prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara u pojedinoj feromonskoj klopki s obzirom na lokalitet ispuštanja (plavo-crveni tortni grafikon za lokalitet ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit; žuto-plavi tortni grafikon za lokalitet ispuštanja - Petrašica) na dan 14. srpanj 2015. Plavi dio grafikona označava broj ponovno ulovljenih jedinki u pojedinoj feromonskoj klopki. Crvena strelica označava dominantne vjetrove iz smjera jugoistoka i sjeveroistoka tijekom ispuštanja markiranih jedinki smrekovog pisara.



Slika 120. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - Petrašica na dan 14. srpnja 2015.



Slika 121. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan 14. srpnja 2015.



Slika 122. Prikaz kretanja temperature zraka i brzine vjetra na lokalitetu - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan markiranja 14.srpnja 2015.

Smjer vjetra na dan markiranja 14. srpnja bio je promjenjiv, ali su dominirali vjetar iz smjera jugoistoka u prvim satima ispuštanja, a vjetar iz smjera sjeveroistoka u ranim popodnevnim satima.

Tablica 25. Broj markiranih i ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara za obje lokacije na dan 15. kolovoza 2015.

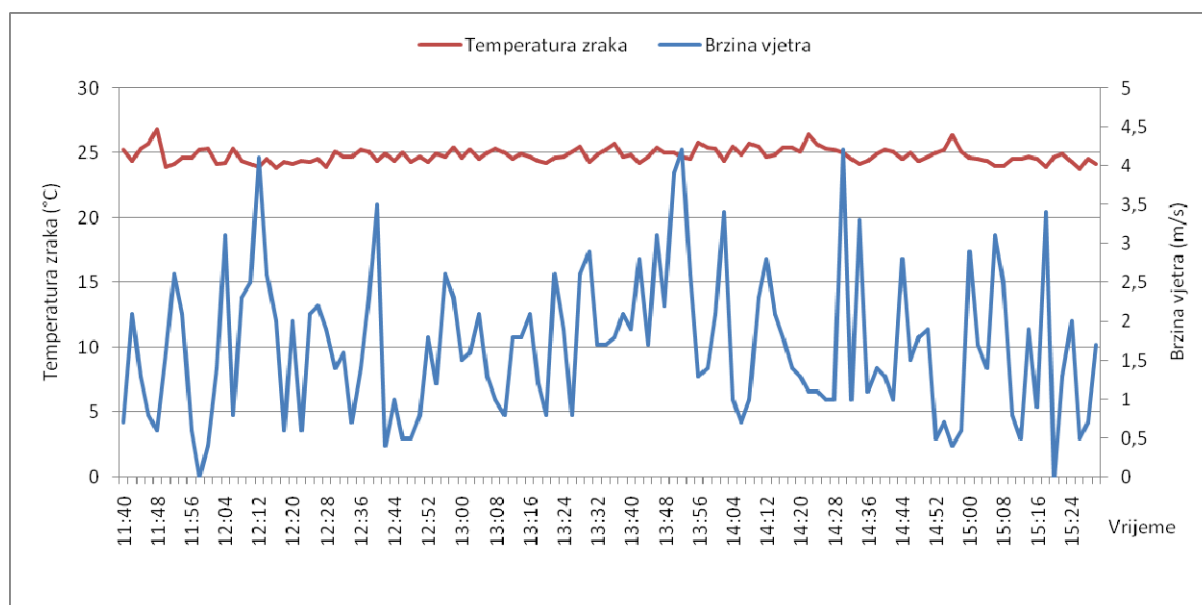
Pozicija	Ukupno ispuštano	Boja/prah-marker	Način sakupljanja	Broj ponovno ulovljenih jedinki (recapture)	Postotak ponovnog ulova (%)
Štirovača	418	Crveni marker	hladnjak	26	6,22
Petrašica	593	Plavi marker		51	8,60
$\Sigma\Sigma$	1011	$\Sigma\Sigma$		77	7,62

Drugo markiranje na istim lokalitetima obavljeno je 15. kolovoza 2015. Ukupno je markirano i ispuštano 1 011 jedinki smrekovog pisara. Sve jedinke korištene u pokusu markiranja na dan 15. kolovoza čuvane su u hladnjaku određeni vremenski period do trenutka markiranja. Ukupan broj ponovno ulovljenih jedinki iznosio je 77, odnosno postotak ponovnog ulova (recapture) iznosio je 7,62 % za obje lokacije.

Od 593 jedinke koje su markirane i ispuštane na lokalitetu Petrašica broj ponovno ulovljenih jedinki iznosio je 51, odnosno postotak ponovnog ulova iznosio je 8,60 %. Na

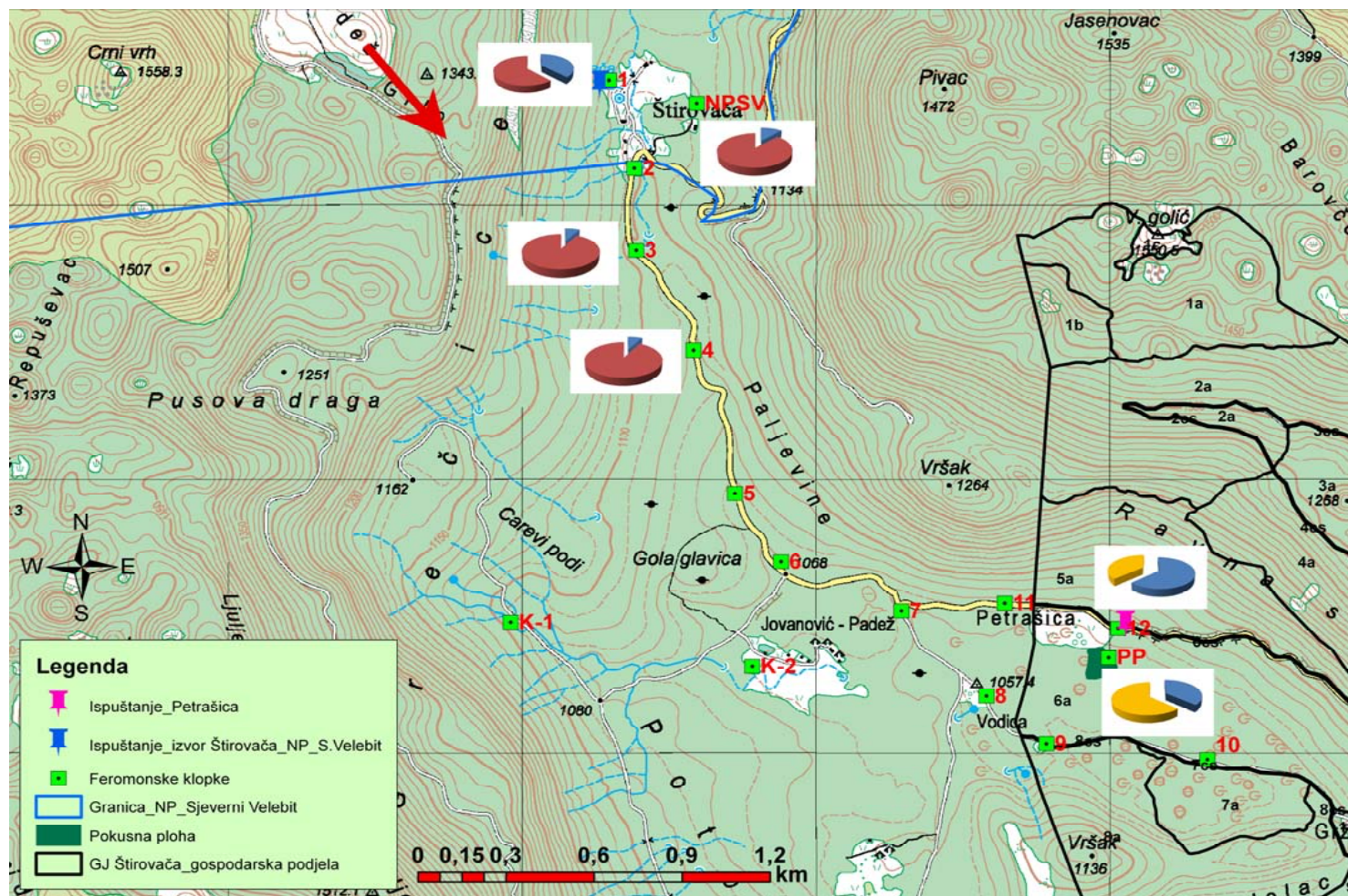
drugoj lokaciji unutar nacionalnog parka ukupan broj markiranih jedinki iznosio je 418, a ukupan broj ponovno ulovljenih jedinki koje su markirane na ovoj poziciji iznosio je 26 ili 6,22 %.

Od ukupnog broja jedinki koje su ponovno ulovljene nakon markiranja 22 jedinke ulovljene su u feromonskim klopama unutar nacionalnog parka, a 4 jedinke izvan nacionalnog parka u gospodarskim šumama. Postotak preleta jedinki smrekovog pisara iz nacionalnog parka u okolne gospodarske šume iznosi 18,18 %. Najmanja udaljenost leta smrekovog pisara iznosila je 17,5 m, a najveća izmjerena udaljenost leta iznosila je 1,00 km.



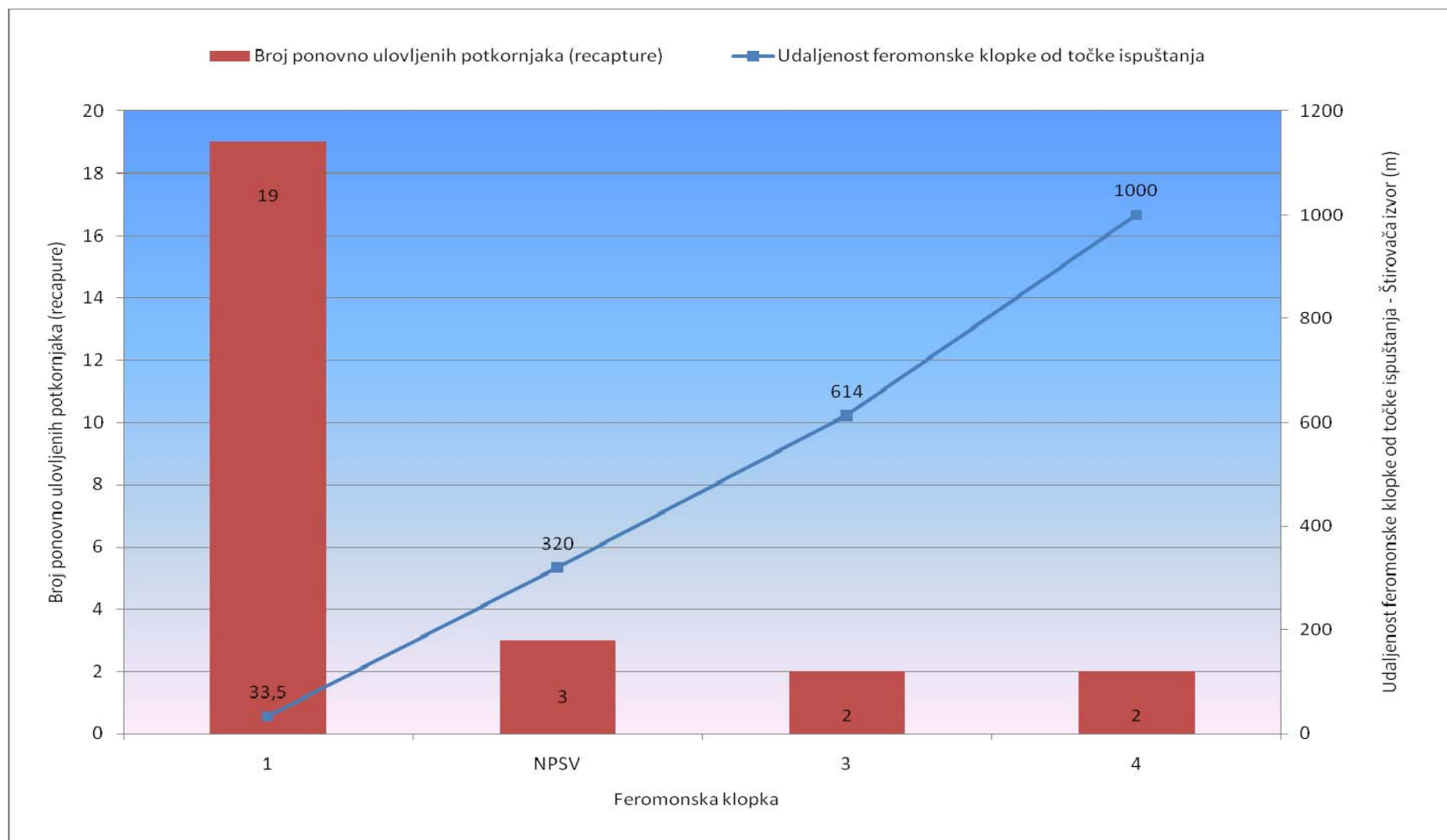
Slika 123. Prikaz kretanja temperature zraka i brzine vjetra na lokalitetu - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan markiranja 15. kolovoza 2015.

Vjetar iz smjera sjeverozapada bio je dominantni smjer vjetra na dan markiranja 15. kolovoza 2015.

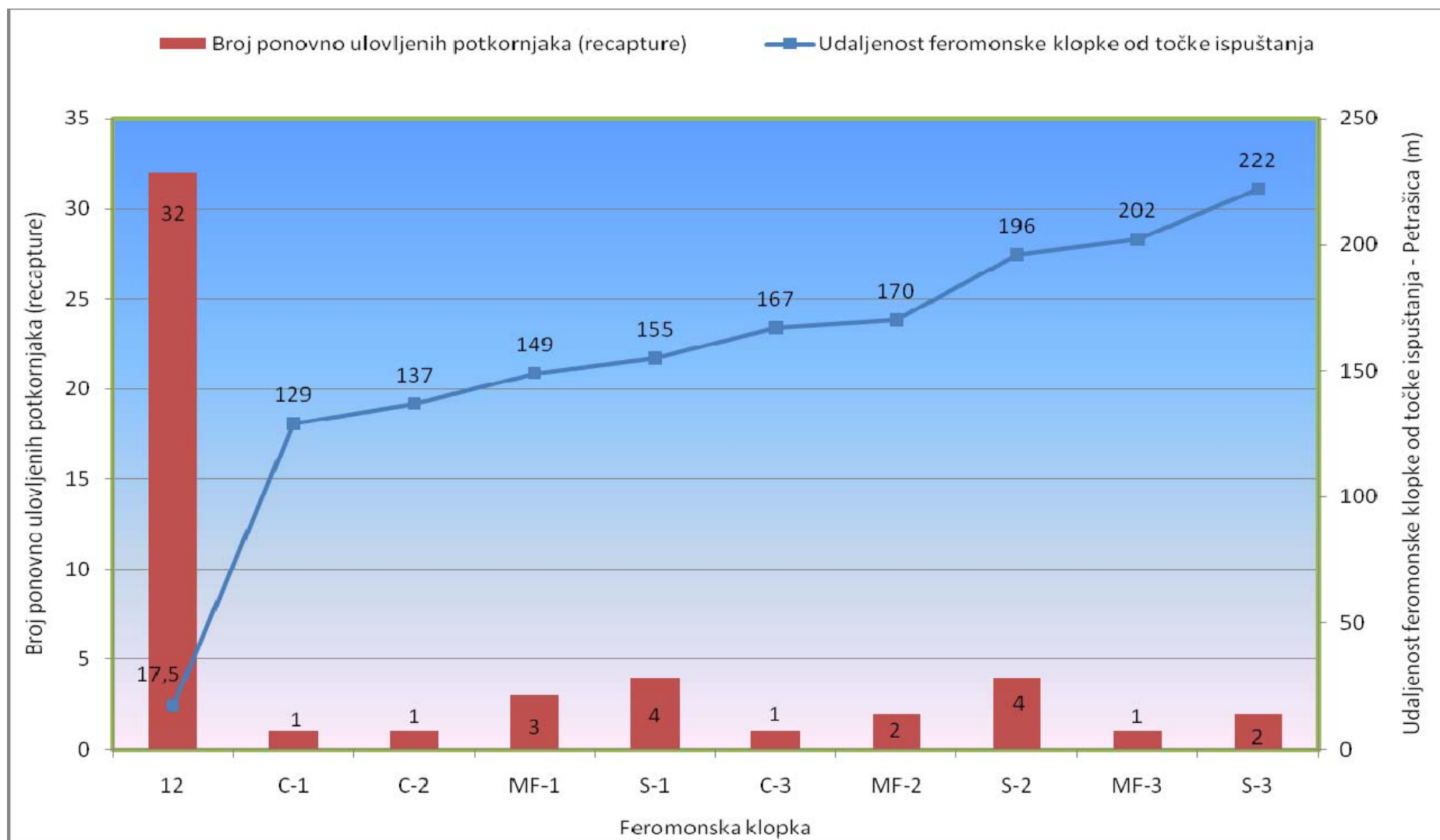


Slika 124. Kartografski prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara u pojedinoj feromonskoj klopki s obzirom na lokalitet ispuštanja (plavo-crveni tortni grafikoni za lokalitet ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit, žuto-plavi tortni grafikoni za lokalitet ispuštanja - Petrašica) na dan 15. kolovoza 2015. Plavi dio grafikona označava broj ponovno ulovljenih jedinki u pojedinoj feromonskoj klopki. Crvena strelica označava dominantni vjetar iz smjera sjeverozapada tijekom ispuštanja markiranih jedinki smrekovog pisara.





Slika 125. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - izvor u Štirovači u nacionalnom parku Sjeverni Velebit na dan 15. kolovoza 2015.



Slika 126. Prikaz broja ponovno ulovljenih jedinki (recapture) smrekovog pisara po udaljenosti pojedine feromonske klopke od točke ispuštanja - Petrašica na dan 15. kolovoza 2015.

### **6.5. Rezultati monitoringa populacija smrekovih potkornjaka klasičnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka**

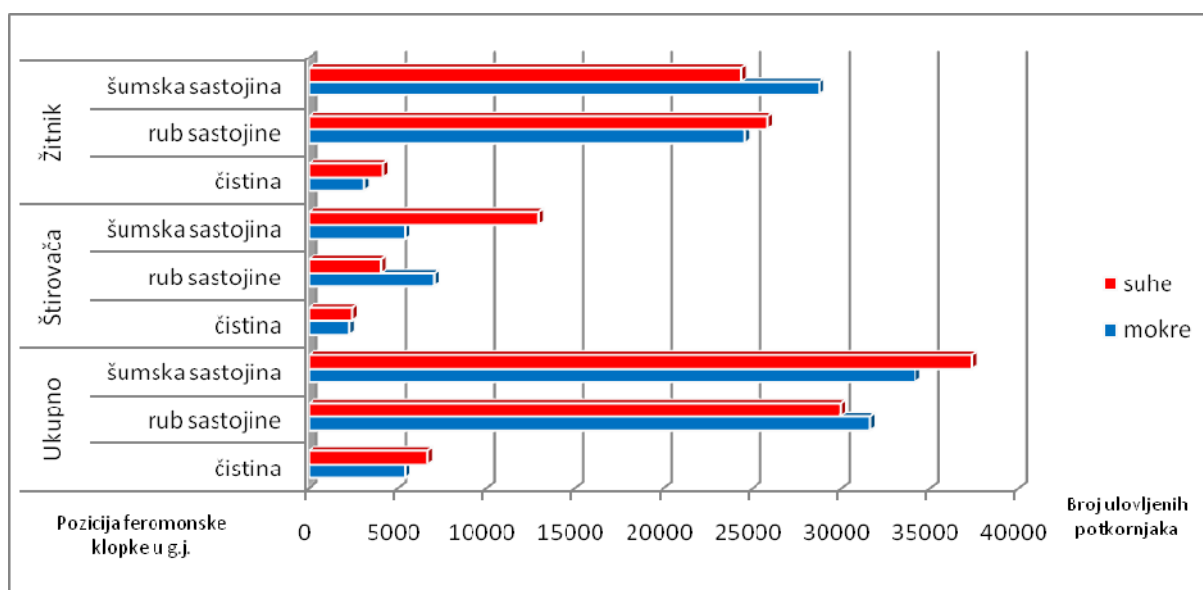
U istraživanju korištene su 24 feromonske klopke i ukupno je analizirano 456 tjednih ulova, od čega polovica tjednih ulova iz suhих feromonskih klopki, a polovica iz mokrih feromonskih klopki.

U g.j. Žitnik ukupno je ulovljeno 110 855 jedinki smrekovog pisara u testiranim klopka. Od toga 54 433 jedinke ulovljene su u suhim feromonskim klopka, a 56 422 jedinke u mokrim feromonskim klopka. Gledajući po poziciji 53 127 jedinki smrekovog pisara ulovljene su u klopka u šumskoj sastojini; 50 412 jedinki u klopka na rubu šumske sastojine i svega 7 316 jedinki u klopka na čistini. U šumskoj sastojini 24 371 jedinka smrekovog pisara evidentirana je u suhim te 28 756 jedinki u mokrim klopka; na rubu šumske sastojine 25 855 u suhim te 24 557 jedinki u mokrim klopka; na čistini 4 207 jedinki u suhim te 3 109 jedinki u mokrim feromonskim klopka.

U g.j. Štirovača ukupno je ulovljeno 34 351 jedinka smrekovog pisara u testiranim klopka. Od toga 19 561 jedinka ulovljena je u suhim, a 14 790 jedinki u mokrim feromonskim klopka.

Gledajući po poziciji 18 393 jedinke smrekovog pisara ulovljene su u klopka u šumskoj sastojini; 11 168 jedinki u klopka na rubu šumske sastojine i svega 4 790 jedinki u feromonskim klopka na čistini. U šumskoj sastojini 12 977 jedinki smrekovog pisara evidentirano je u suhim te 5 416 jedinki u mokrim klopka; na rubu šumske sastojine 4 109 u suhim te 7 059 jedinki u mokrim klopka; na čistini 2 475 jedinki u suhim te 2 315 jedinki u mokrim feromonskim klopka.

U obje g.j. ukupno je ulovljeno 145 206 jedinki smrekovog pisara u testiranim klopka. Od toga 73 944 jedinke ulovljene su u suhim feromonskim klopka, a 71 212 jedinke u mokrim feromonskim klopka. Gledajući po poziciji 71 520 jedinki smrekovog pisara ulovljene je u klopka u šumskim sastojinama; 61 580 jedinki u klopka na rubu šumskih sastojina i svega 12 106 jedinki u feromonskim klopka na čistinama. U šumskim sastojinama 37 348 jedinki smrekovog pisara evidentirano je u suhim te 34 172 jedinke u mokrim klopka; na rubu šumskih sastojina 29 964 u suhim te 31 616 jedinki u mokrim klopka; na čistinama 6 682 jedinke u suhim te 5 424 jedinke u mokrim feromonskim klopka.

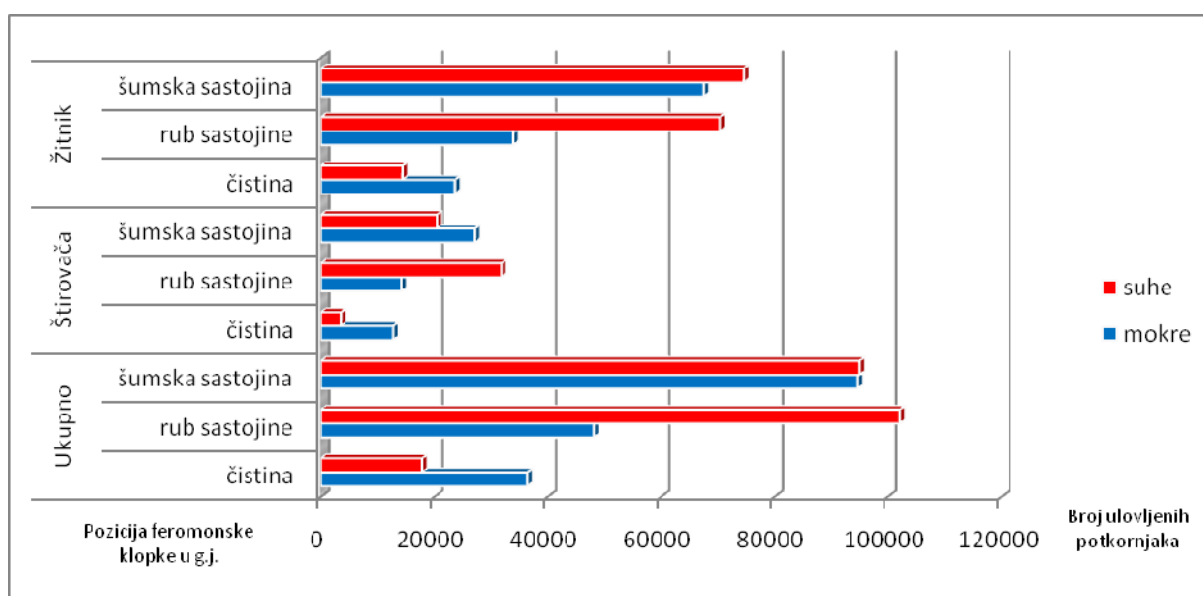


Slika 127. Usporedba ukupno ulovljenog broja jedinki smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama po poziciji feromonskih klopki u obje g.j.

U g.j. Žitnik ukupno je ulovljeno 284 274 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka u testiranim klopkama. Od toga 159 206 jedinki ulovljeno je u suhim feromonskim klopkama, a 125 068 jedinki u mokrim feromonskim klopkama. Gledajući po poziciji 142 104 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka ulovljene su u klopkama u šumskoj sastojini; 104 222 jedinki u klopkama na rubu šumske sastojine i svega 37 948 jedinki u klopkama na čistini. U šumskoj sastojini 74 582 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka evidentirane su u suhim te 67 522 jedinke u mokrim klopkama; na rubu šumske sastojine 70 293 jedinke u suhim te 33 929 jedinki u mokrim klopkama; na čistini 14 331 jedinki u suhim te 23 617 jedinki u mokrim klopkama.

U g.j. Štirovača ukupno je ulovljeno 109 822 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka u testiranim klopkama. Od toga 55 744 jedinke ulovljene su u suhim feromonskim klopkama, a 54 078 jedinke u mokrim feromonskim klopkama. Gledajući po poziciji 47 628 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka ulovljeno je u klopkama u šumskoj sastojini; 45 947 jedinki u klopkama na rubu šumske sastojine i svega 16 247 jedinki u klopkama na čistini. U šumskoj sastojini 20 433 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka evidentirane su u suhim te 27 195 jedinki u mokrim klopkama; na rubu šumske sastojine 31 803 u suhim te 14 144 jedinke u mokrim klopkama; na čistini 3 508 jedinki u suhim te 12 739 jedinki u mokrim klopkama.

U obje g.j. ukupno je ulovljeno 394 096 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u testiranim klopka. Od toga 214 950 jedinki ulovljeno je u suhim klopka, a 179 146 jedinki u mokrim klopka. Gledajući po poziciji 189 732 jedinke šesterozubog smrekovog potkornjaka ulovljene su u klopka u šumskim sastojinama; 150 169 jedinki u klopka na rubu šumskih sastojina i svega 54 195 jedinki u klopka na čistinama. U šumskim sastojinama 95 015 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka evidentirano je u suhim te 94 717 jedinki u mokrim klopka; na rubu šumskih sastojina 102 096 jedinki u suhim te 48 073 jedinke u mokrim klopka; na čistinama 17 839 jedinki u suhim te 36 356 jedinki u mokrim feromonskim klopka.

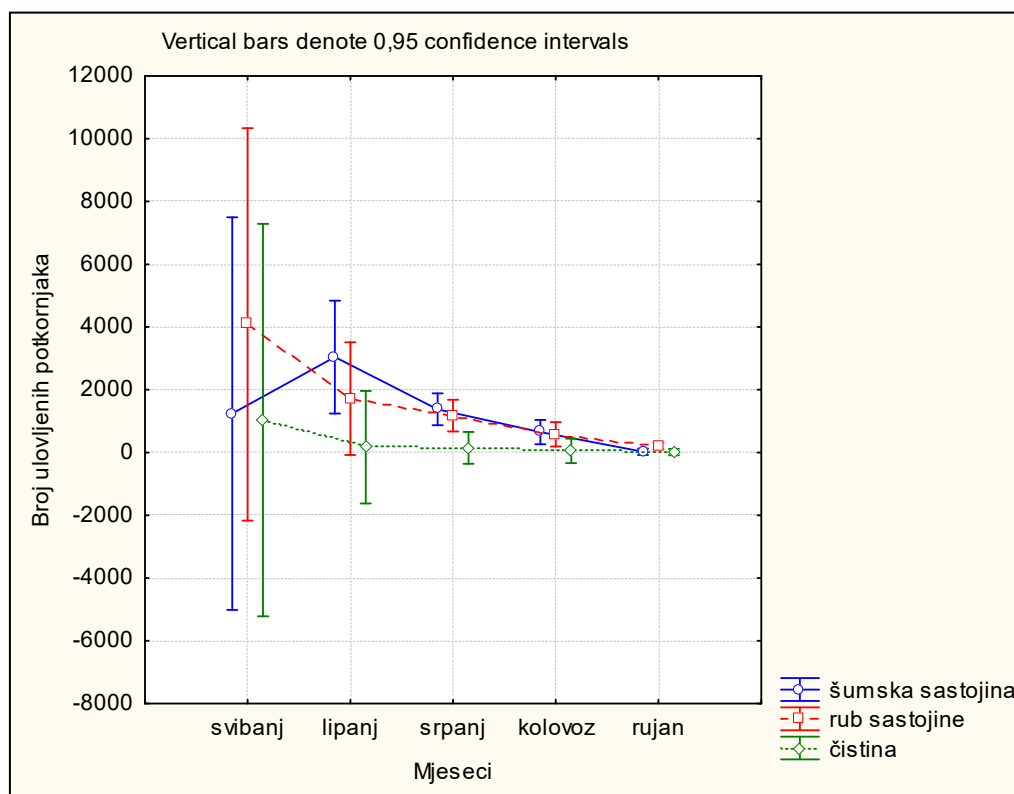


Slika 128. Usporedba ukupno ulovljenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka po poziciji feromonskih klopki u obje g.j.

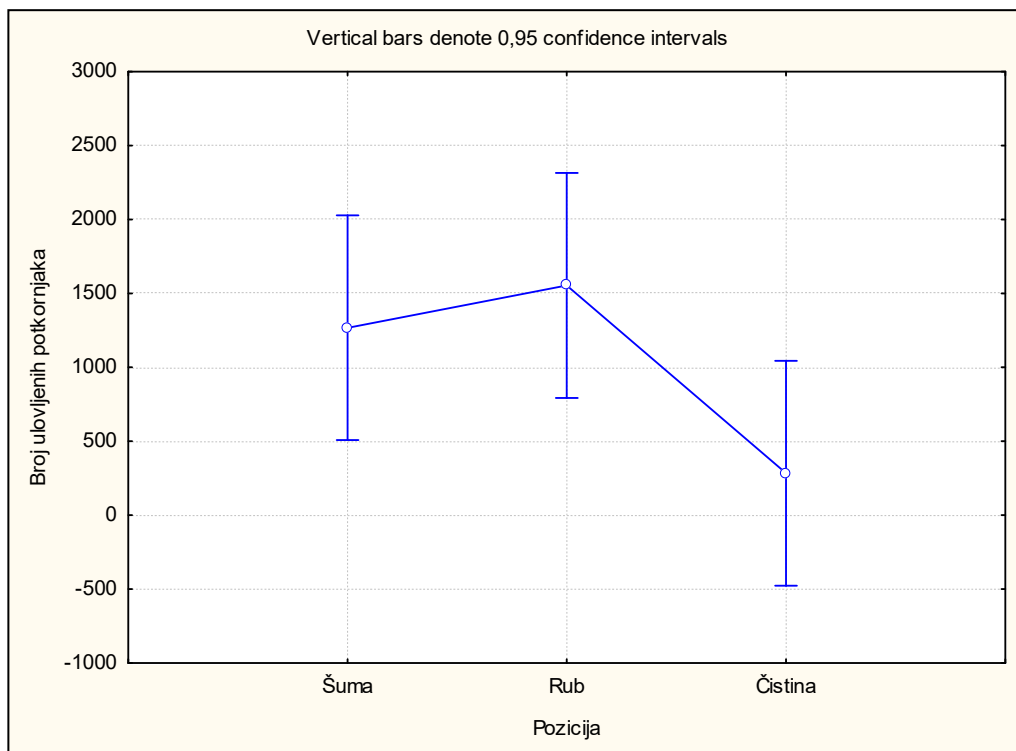
### 6.5.1. Rezultati monitoringa populacija smrekovog pisara klasičnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama

Tablica 26. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Žitnik

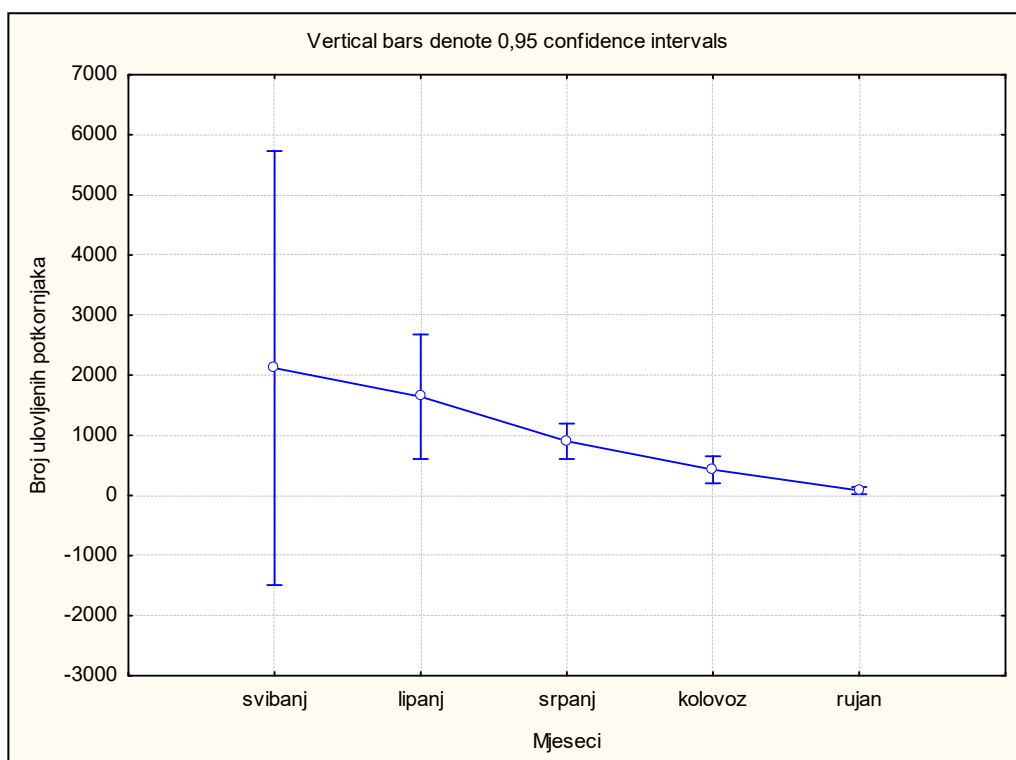
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	8880325	2	4440162	7,77815	0,065005
Error	1712553	3	570851		
Mjeseci	17037359	4	4259340	2,16324	0,135199
Mjeseci*Pozicija	13240715	8	1655089	0,84059	0,585909
Error	23627592	12	1968966		



Slika 129. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Žitnik



Slika 130. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Žitnik

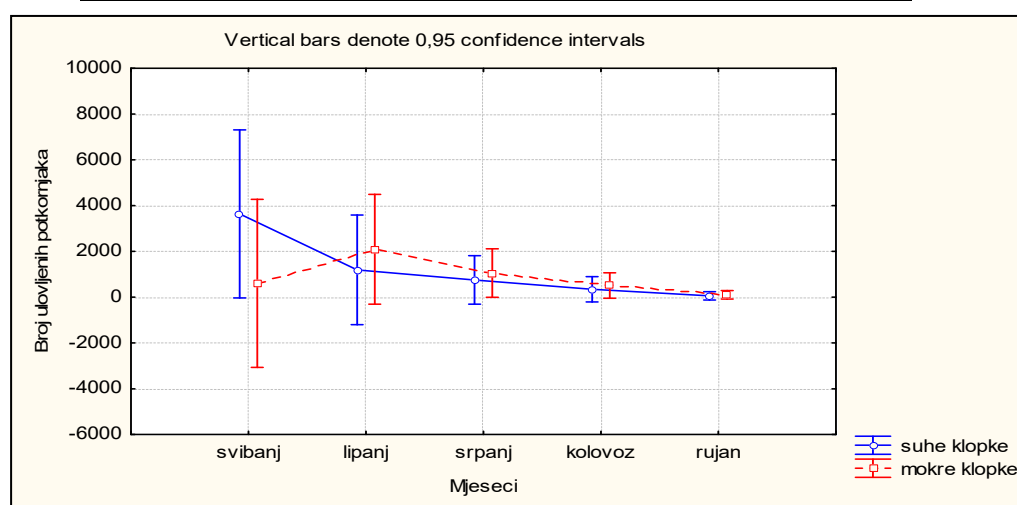


Slika 131. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik

Gledajući vremenski period monitoringa nema statistički značajne razlike u ulovima po mjesecima zbog velikog raspona ulova klopki u mjesecu svibnju, ali to ne znači da se broj potkornjaka tijekom godine ne mijenja. Štoviše broj potkornjaka koji je evidentiran u klopka najveći je u vrijeme rojenja, dok izvan vremena rojenja opada. Pozicija feromonskih klopki nije utjecala na ulove jer nije vidljiva statistički značajna razlika u ulovima između pozicija, iako su klopke u sastojini i na rubu sastojine lovile veći broj potkornjaka u usporedbi s klopka na čistini. Ako se promatraju dva parametra – vrijeme odnosno mjeseci i pozicija samih klopki nema statistički značajne razlike u broju ulovljenih potkornjaka. Konstantno tijekom cijelog razdoblja monitoringa klopke u sastojini i na rubu sastojine lovile su veći broj potkornjaka od klopki na čistini i u mjesecu srpnju spomenuta razlika u broju ulovljenih potkornjaka bila je statistički signifikantna.

Tablica 27. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka (mokre i suhe) u g.j. Žitnik

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	789768	1	789768	0,32225	0,600603
Error	9803109	4	2450777		
Mjeseci	17037359	4	4259340	3,03883	0,048440
Mjeseci*Klopka	14442089	4	3610522	2,57593	0,077476
Error	22426217	16	1401639		



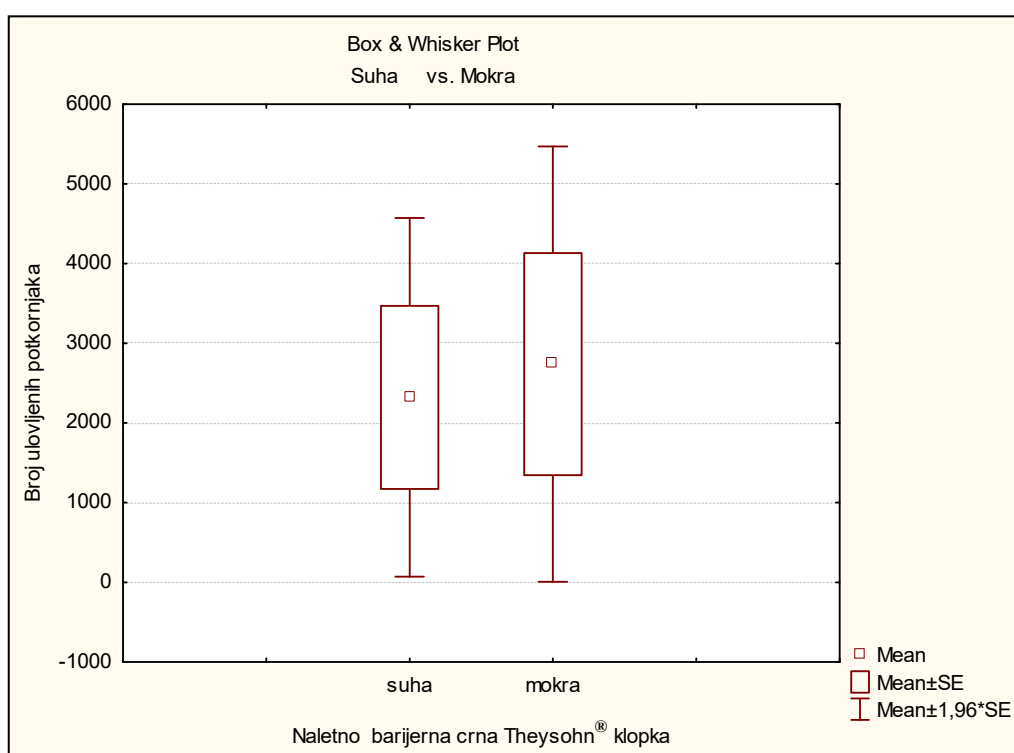
Slika 132. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik



Iz slike 132. vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jediniki smrekovog pisara između suhих i mokrih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima.

Tablica 28. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suha vs. Mokra	2321,048	2738,667	-0,231233	40	0,818313	21	21	5261,09	6389,016	1,474743	0,392413

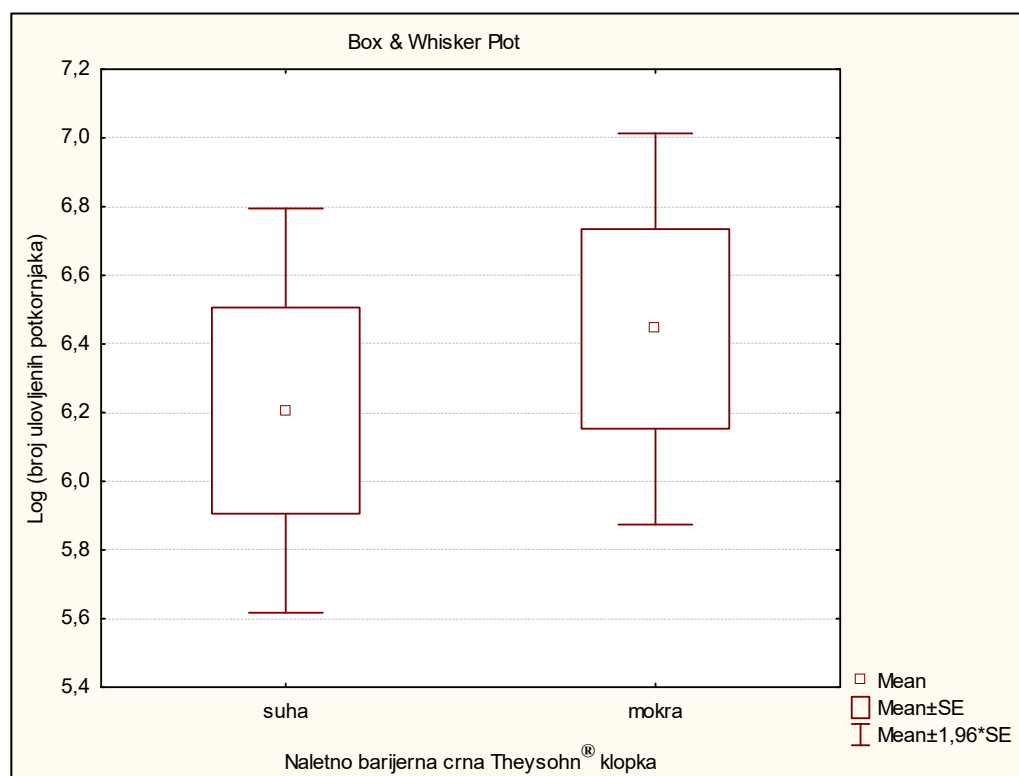


Slika 133. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik

T-test ukupnih ulova smrekovog pisara u klopka u šumskoj sastojini pokazuje da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih potkornjaka u mokrim i suhim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u g.j. Žitnik, iako je veći broj potkornjaka ulovljen u mokrim feromonskim klopka.

Tablica 29. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	6,443887	6,205935	0,569443	38	0,572406	20	20	1,299657	1,342817	1,06752	0,888242

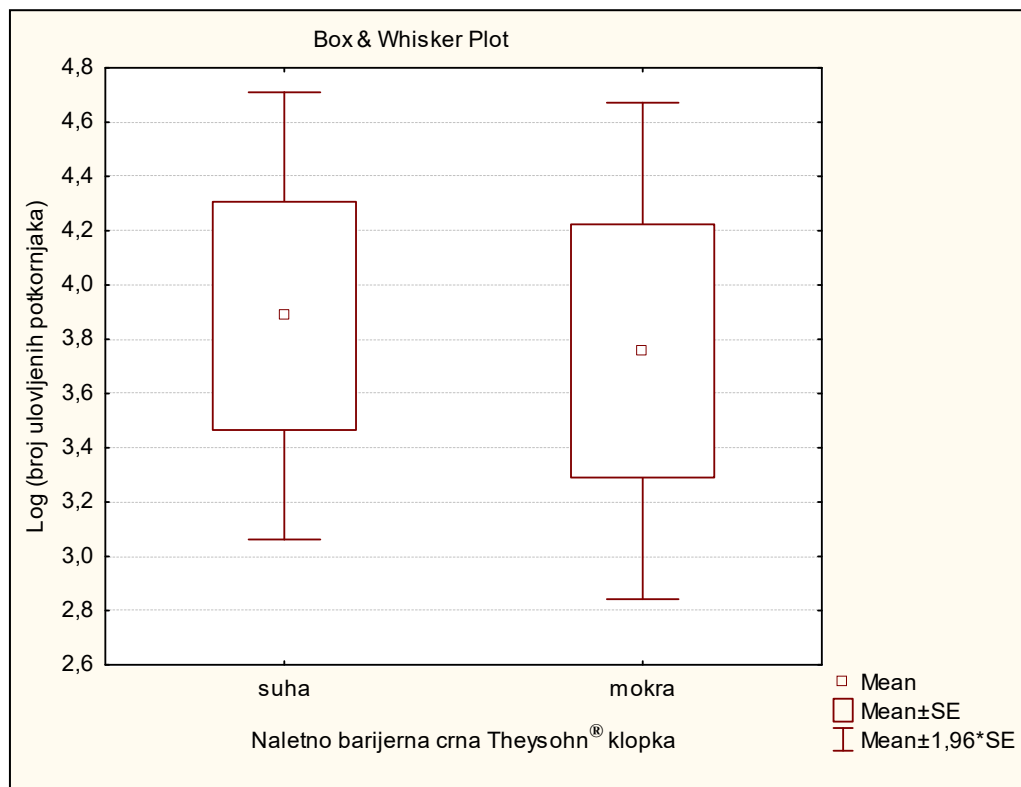


Slika 134. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik

T-test ukupnih ulova smrekovog pisara u klopka na rubu šumske sastojine pokazuje da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih potkornjaka u mokrim i suhim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u g.j. Žitnik.

Tablica 30. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim feromonskim Theysohn® klopka na čistini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean	Mean	t - value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	Std. Dev.	F - ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 1	Variances	Variances
Ln	3,756958	3,886019	-0,204739	35	0,838962	19	18	2,033917	1,783768	1,300139	0,592670

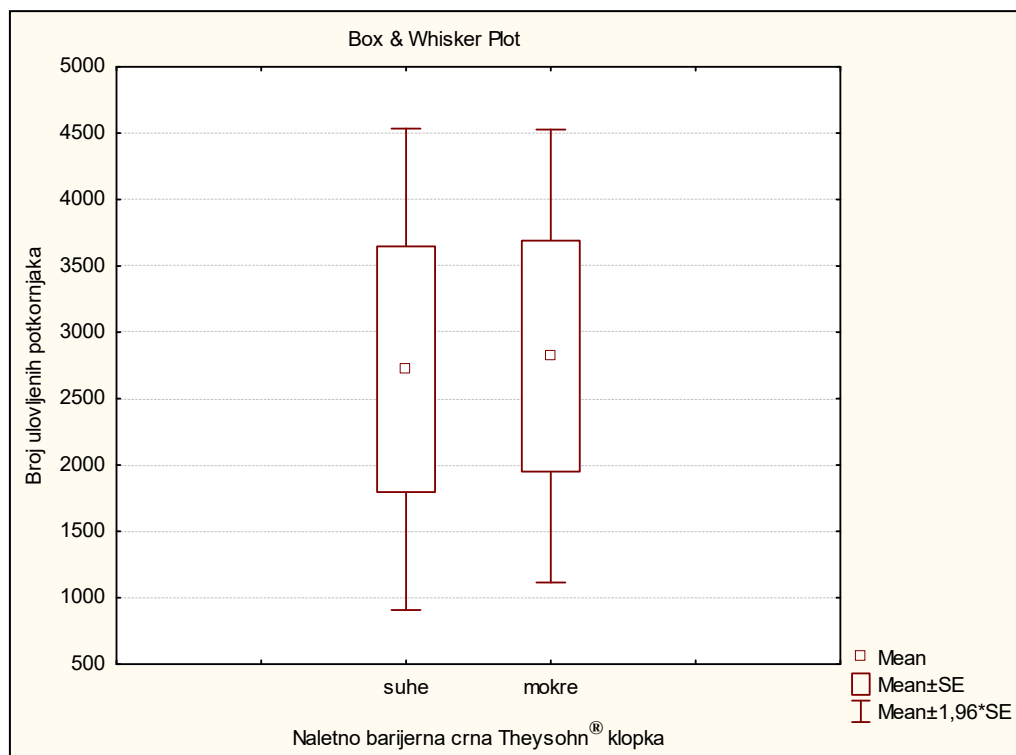


Slika 135. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Žitnik

Analiza ukupnih ulova smrekova pisara u mokrim i suhim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini pokazuje da nema statistički značajne razlike u broju ulovljenih potkornjaka između testiranih klopki u g.j. Žitnik, iako je veći broj potkornjaka ulovljen u suhim feromonskim klopka.

Tablica 31. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokre	2721,650	2821,100	-0,078278	38	0,938018	20	20	4137,813	3893,631	1,129359	0,793640

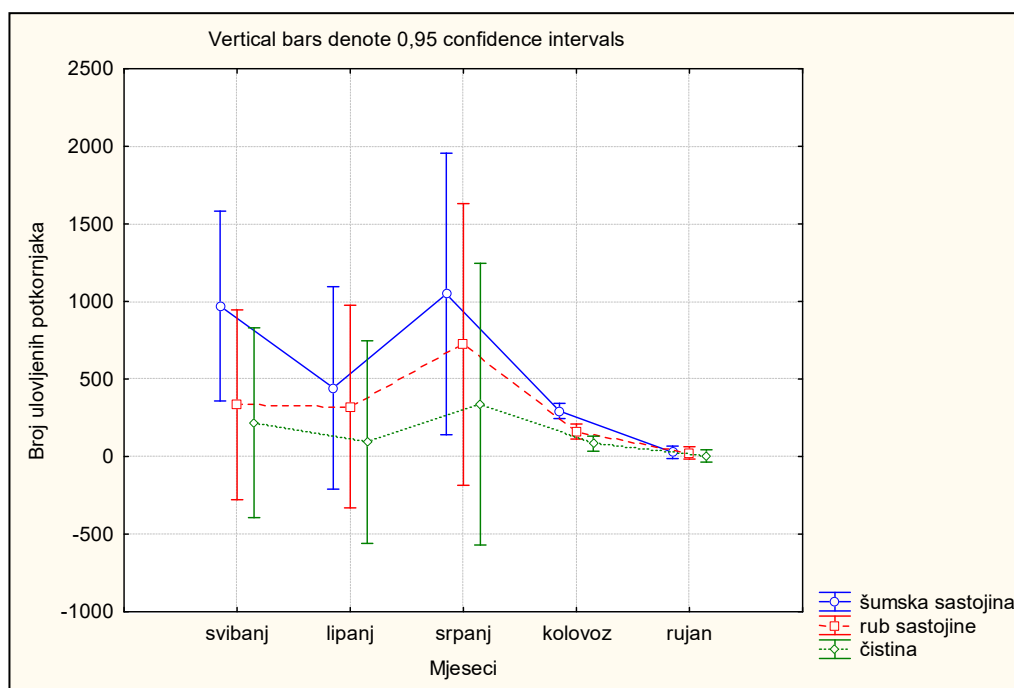


Slika 136. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Žitnik

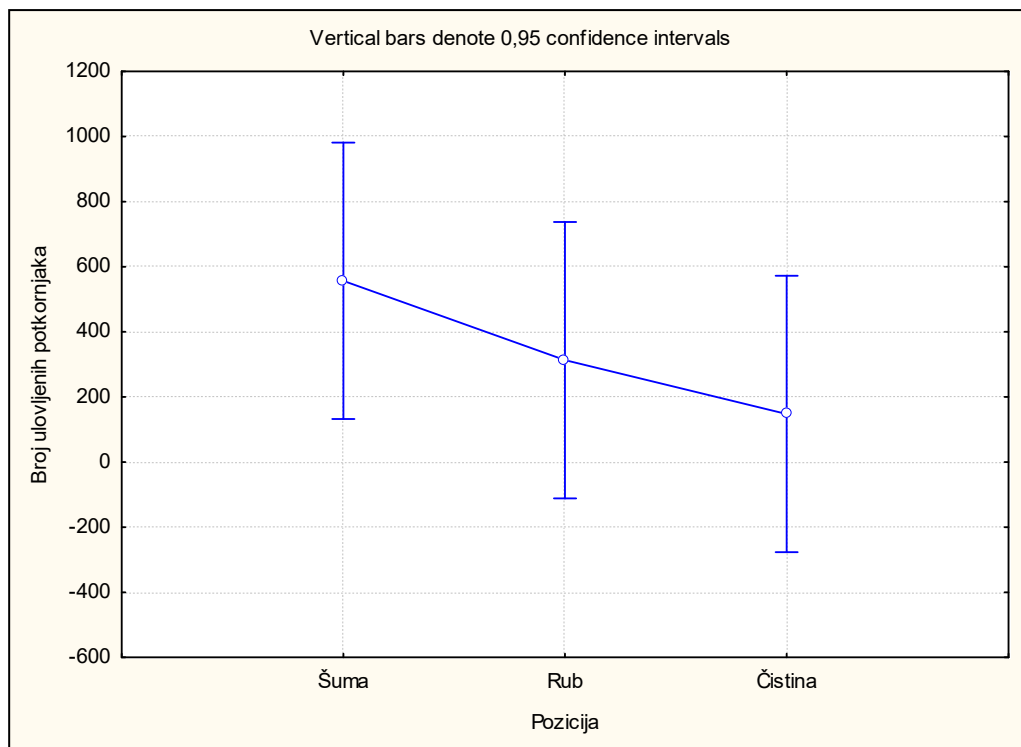
Ukoliko uzmemo u obzir sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) nema statistički signifikantne razlike broja ukupno ulovljenih jedinki smrekovog pisara u mokrim i suhim naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka u g.j. Žitnik, iako su mokre klopke ulovile nešto veći broj potkornjaka.

Tablica 32. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Štirovača

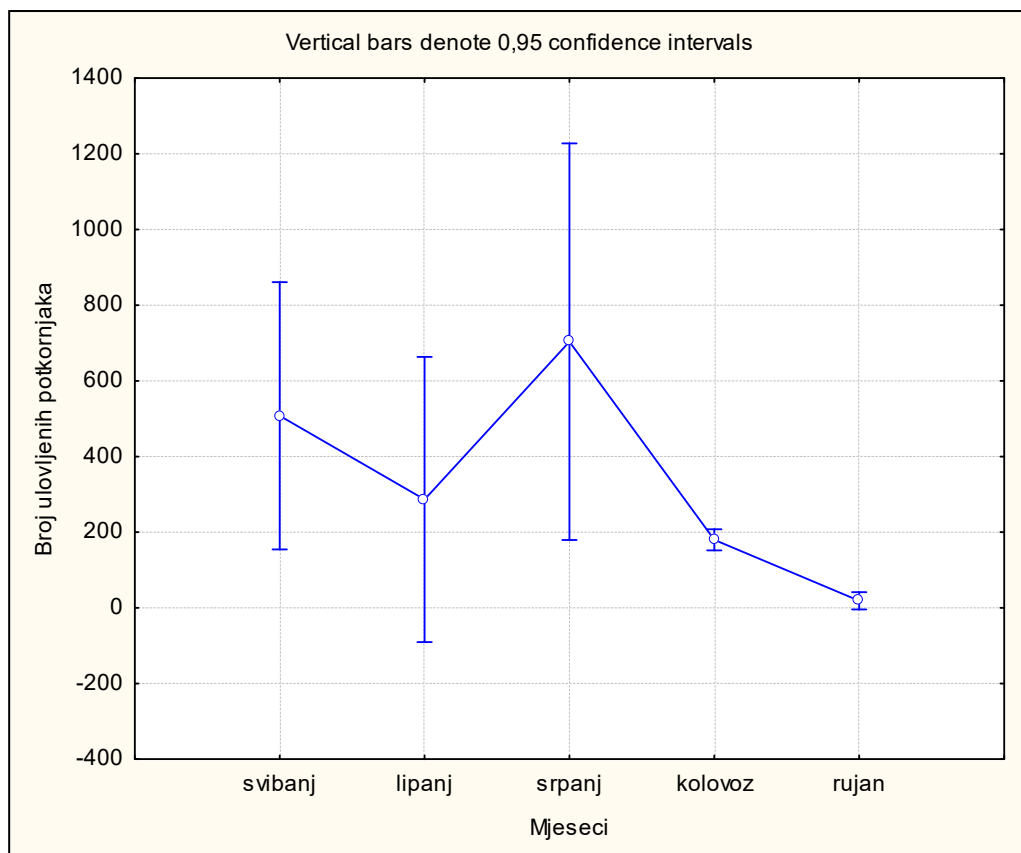
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	846781	2	423390	2,38103	0,240279
Error	533454	3	177818		
Mjeseci	175118	4	438030	12,18533	0,000346
Mjeseci*Pozicija	486445	8	60806	1,69152	0,198502
Error	431368	12	35947		



Slika 137. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Štirovača



Slika 138. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Štirovača

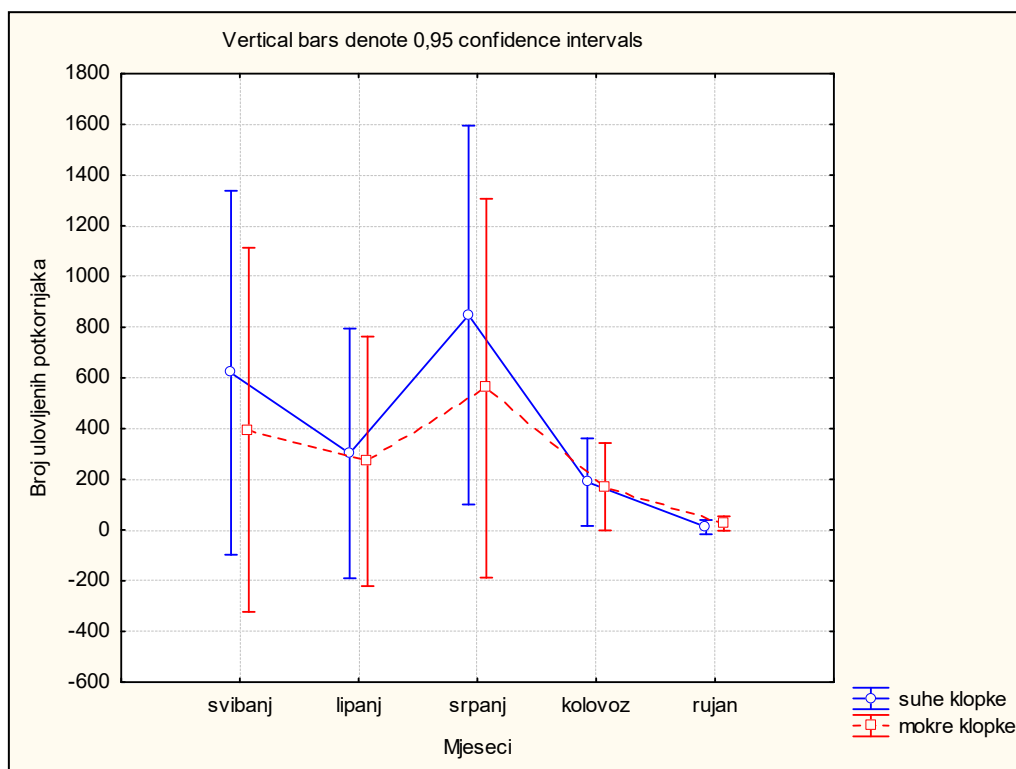


Slika 139. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača

Nema statistički signifikantne razlike broja ulovljenih potkornjaka po uspoređivanim pozicijama (šumska sastojina, rub sastojine, čistina). Ukoliko se uzmu u obzir pozicija feromonske klopke i mjeseci vidljivo je da nema statistički značajne razlike u broju ulovljenih potkornjaka po uspoređivanim pozicijama (šumska sastojina, rub sastojine, čistina). Klopke u šumskoj sastojini su tijekom cijelog razdoblja monitoringa lovile veći broj potkornjaka u odnosu na rub sastojine i čistinu, ali ta razlika nije bila statistički signifikantna. Jedina signifikantna razlika ukoliko uzmemo u obzir ova dva parametra je vidljiva u mjesecu kolovozu u kojemu su klopke u sastojini lovile signifikantno više potkornjaka od klopki na rubu sastojine i na čistini. Najveći broj ulovljenih potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka ulovljen je u mjesecu srpnju i vidljivo je da se ulovi po mjesecima statistički signifikantno razlikuju.

Tablica 33. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernim crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka (mokre i suhe) u g.j. Štirovača

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	90151	1	90151	0,27952	0,624991
Error	1290083	4	322521		
Mjeseci	1752118	4	438030	8,70619	0,000625
Mjeseci*Klopka	112814	4	28203	0,56057	0,694583
Error	804999	16	50312		



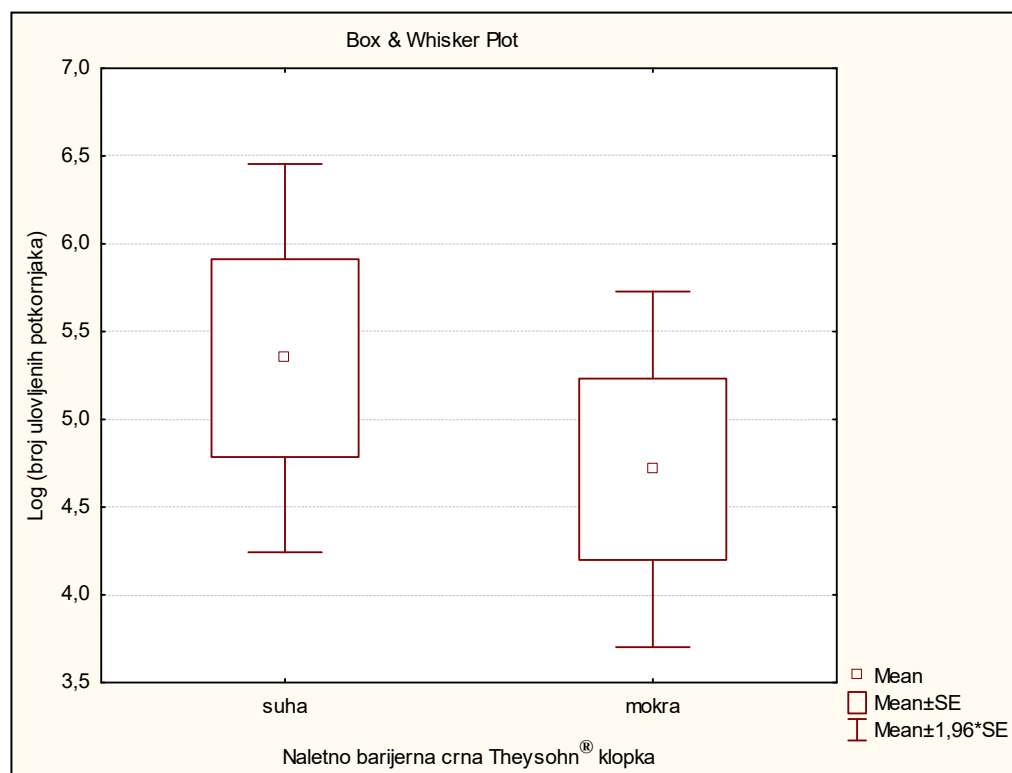
Slika 140. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača

Na slici 140. vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih potkornjaka po mjesecima između testiranih klopki (suhe i mokre). Ista zakonitost utvrđena je na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik.

Tablica 34. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										
	Group 1: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Ln	5,348658	4,715328	0,827934	32	0,413840	17	17	2,325657	2,130478	1,191618	0,730113



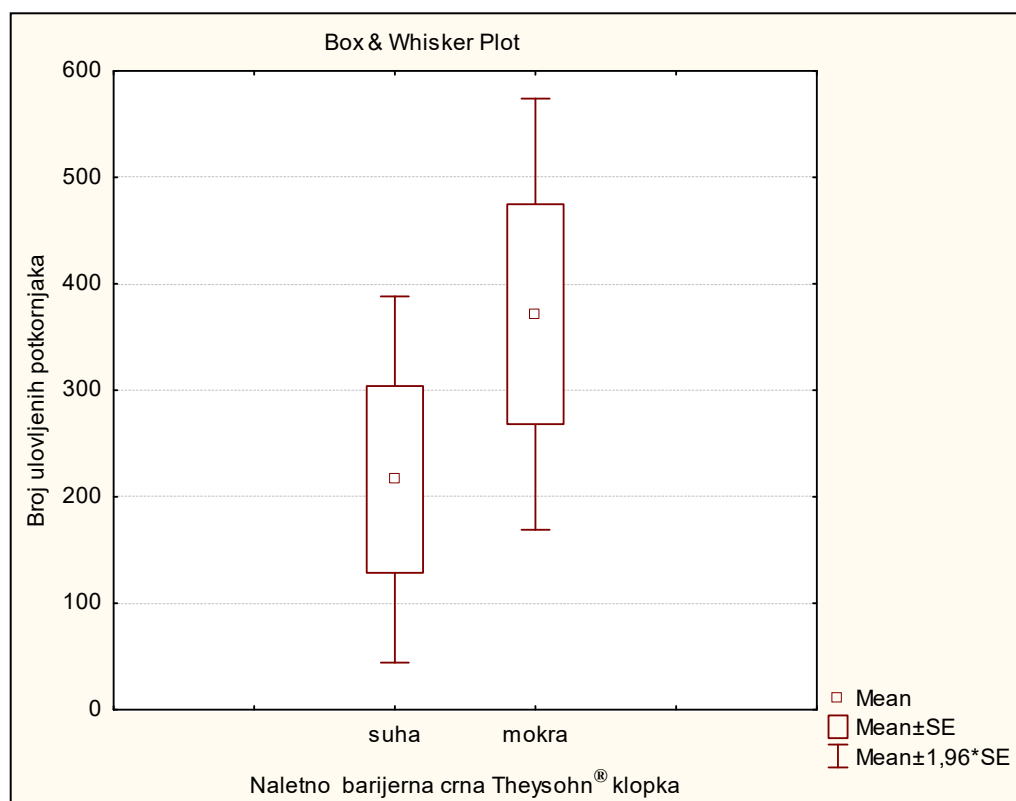


Slika 141. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača

Usporedba ukupnih ulova u šumskoj sastojini na višoj nadmorskoj visini pokazuje da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između testiranih suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki, iako je veći broj potkornjaka ulovljen u suhim feromonskim klopka. Na nižoj nadmorskoj visini razlika broja ulovljenih potkornjaka između testiranih klopki u sastojini također nije bila signifikantna.

Tablica 35. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p
Suha vs. Mokra	216,263	371,526	-1,14572	36	0,25947	19	19	382,4203	450,1999	1,38589	0,495714

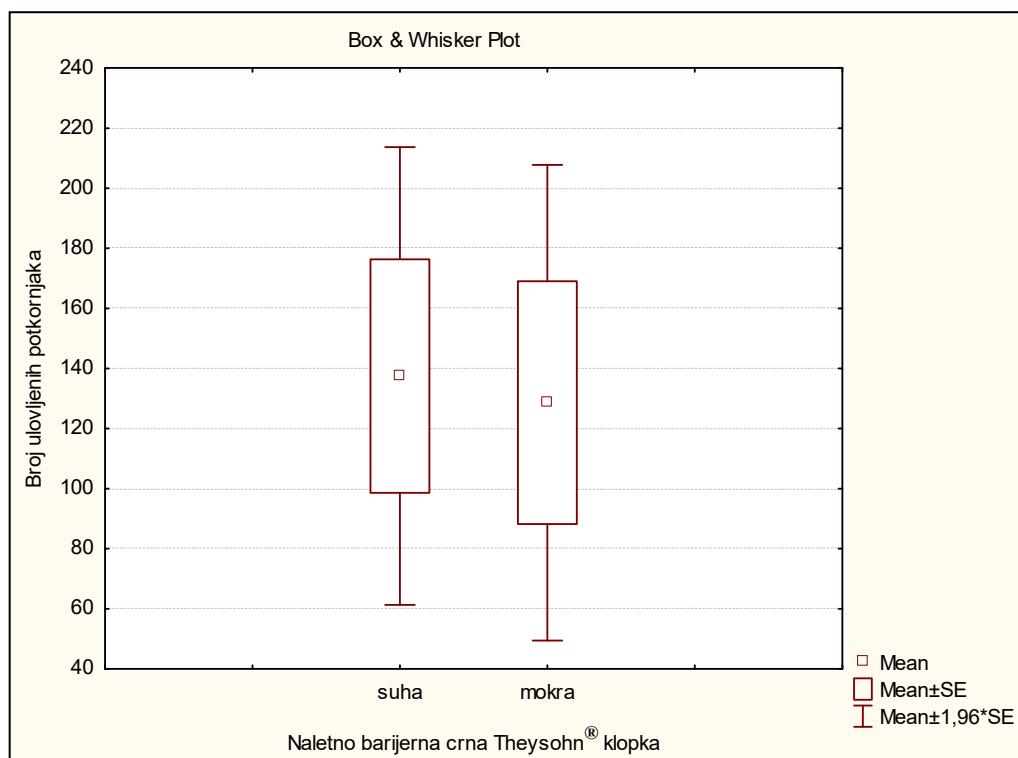


Slika 142. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača

T-test pokazuje da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih potkornjaka između testiranih klopki na rubu šumske sastojine na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača. Ista zakonitost je utvrđena na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik gdje su mokre feromonske klopke na rubu šumske sastojine također lovile veći broj potkornjaka, ali razlika broja ulovljenih potkornjaka nije bila statistički signifikantna.

Tablica 36. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama na čistini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suha vs. Mokra	137,5000	128,6111	0,1586	34	0,874922	18	18	164,8812	171,3325	1,079786	0,876094

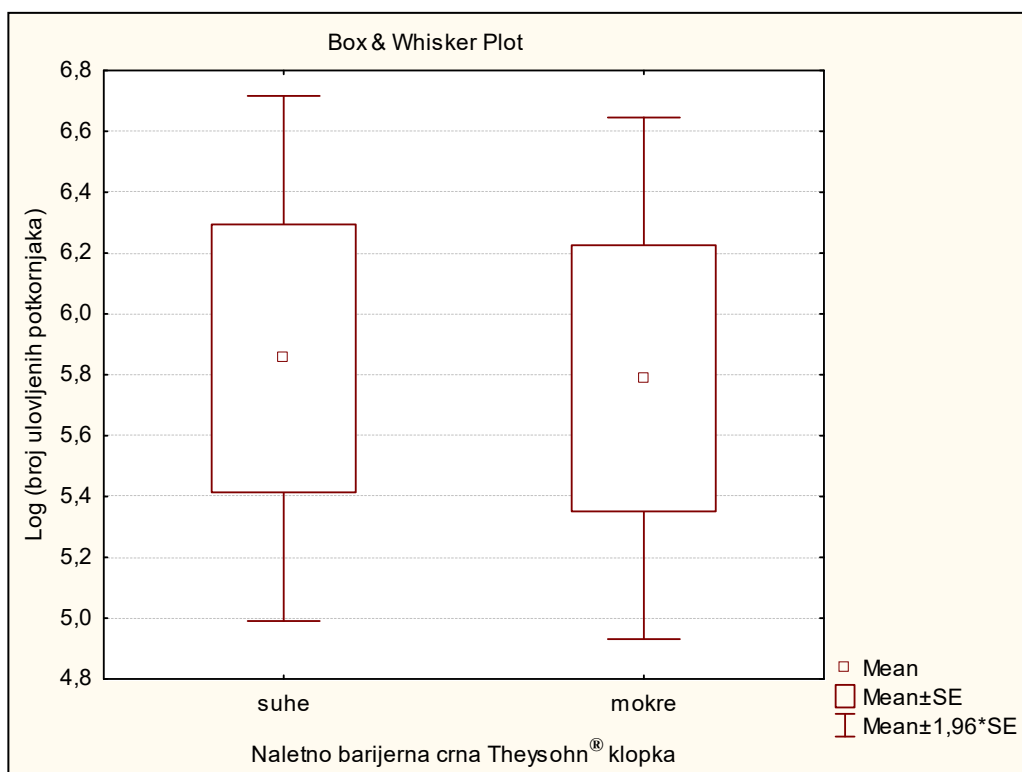


Slika 143. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama na čistini u g.j. Štirovača

Nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između testiranih suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® klopki na čistini u g.j. Štirovača. Ista zakonitost je utvrđena i na čistini u g.j. Žitnik gdje su suhe klopke također lovile veći broj potkornjaka, ali razlika broja ulovljenih potkornjaka nije bila statistički signifikantna.

Tablica 37. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn® feromonskim klopkama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Ln	5,788330	5,853563	-0,105097	36	0,916882	19	19	1,907098	1,919044	1,012566	0,979157

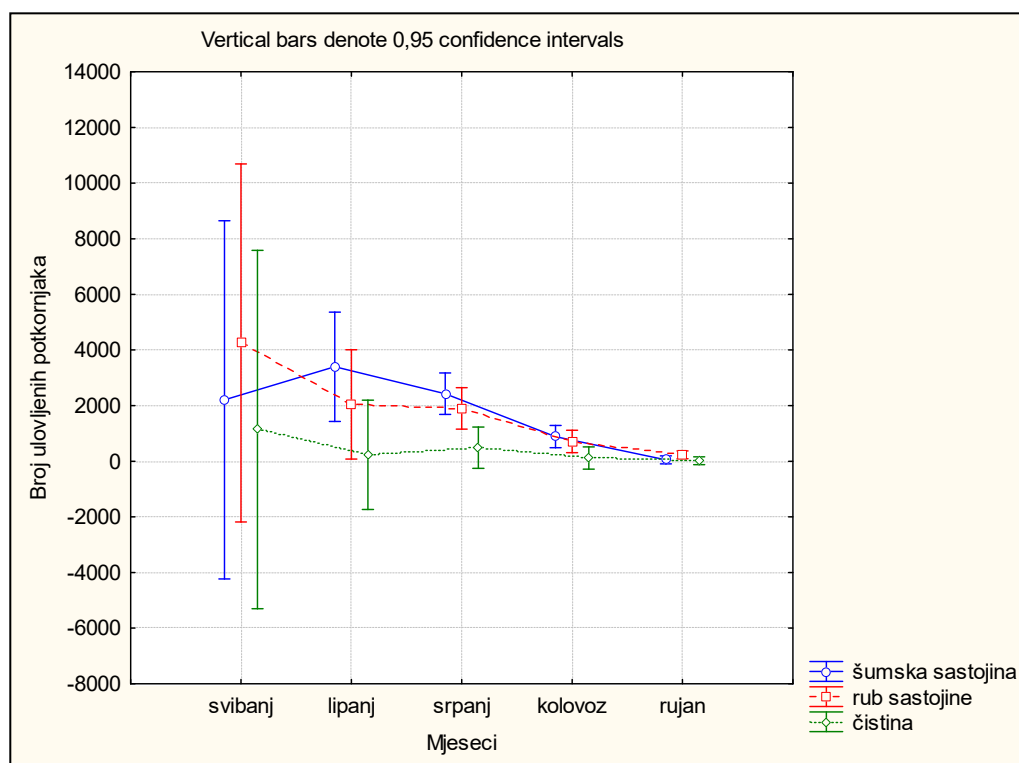


Slika 144. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Štirovača

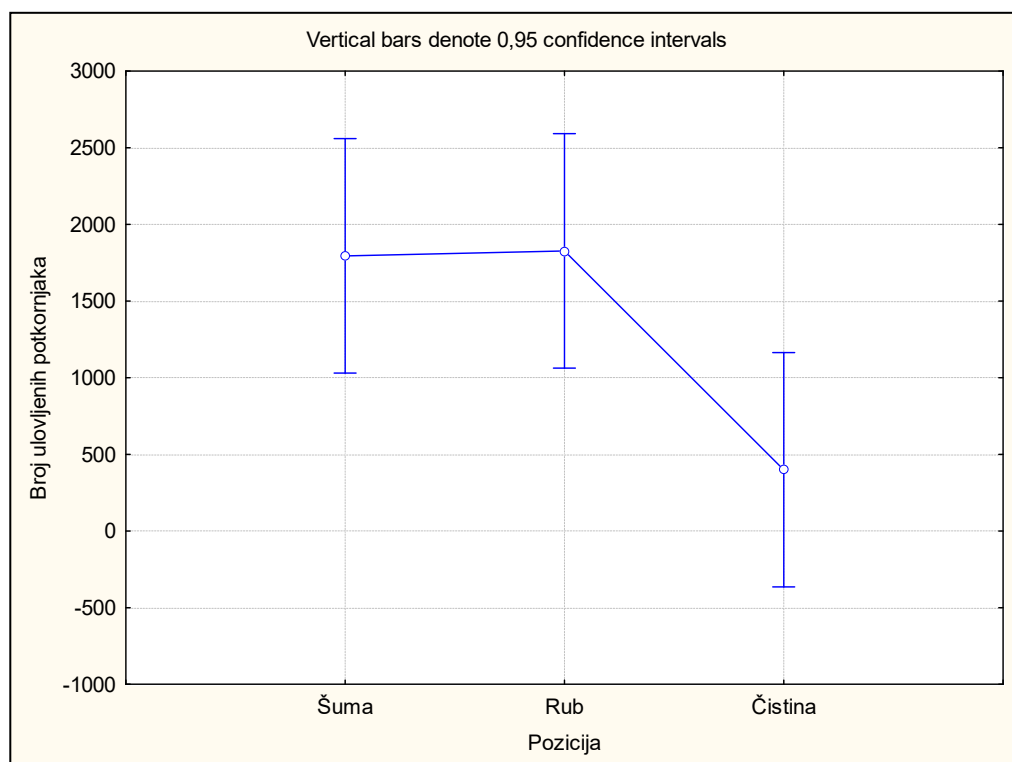
Na slici 144. vidljivo je da nema statistički značajne razlike ukupnih ulova smrekovog pisara za sve tri pozicije između testiranih suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki. Ista zakonitost je utvrđena u g.j. Žitnik na nižoj nadmorskoj visini.

Tablica 38. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u obje g.j.

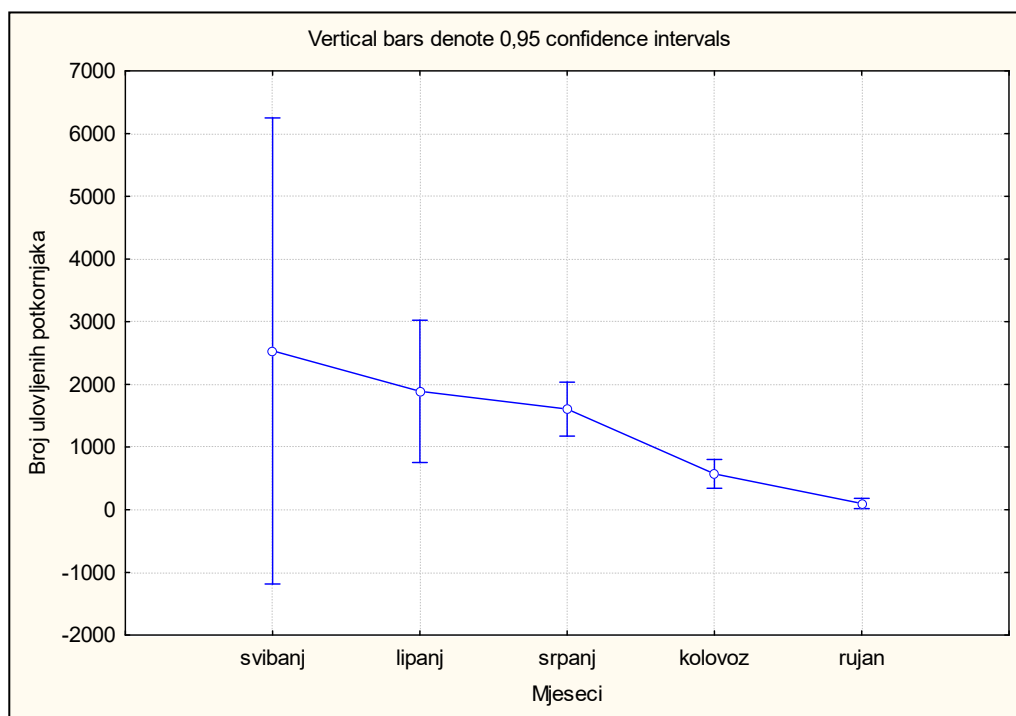
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	13292569	2	6646284	11,50802	0,039158
Error	1732604	3	577535		
Mjeseci	23543174	4	5885794	2,76438	0,077046
Mjeseci*Pozicija	11517382	8	1439673	0,67617	0,704793
Error	25549901	12	2129158		



Slika 145. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u obje g.j.



Slika 146. Uprosječeni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u obje g.j.

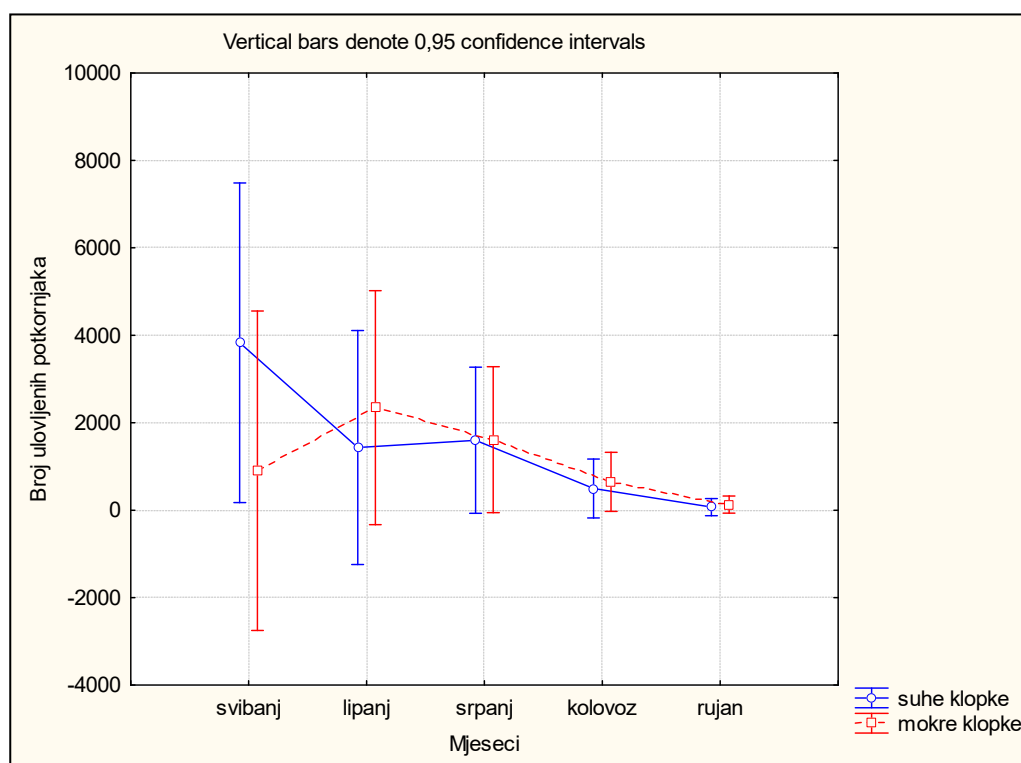


Slika 147. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.

Na temelju analize uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernih crnim Theysohn® klopka vidljivo je da između testiranih pozicija (sastojina, rub sastojine, čistina) po mjesecima nema statistički značajne razlike broja ulovljenih potkornjaka po mjesecima. Međutim, vidljivo je da su feromonske klopke u sastojinama i na rubu sastojina u mjesecu srpnju lovile signifikantno više potkornjaka od klopki na čistinama. Ukoliko uzememo u obzir samo poziciju feromonske klopke vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka po pozicijama. Gledajući ulove po mjesecima najveći ulovi potkornjaka u klopka bili su u mjesecu svibnju. Međutim nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka u klopka po mjesecima što ne znači da je broj potkornjaka u prirodi uvijek isti, odnosno da se ne mijenja unutar i izvan vremena rojenja.

Tablica 39. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka (moke i suhe) u obje g.j.

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	1358473	1	1358473	0,3976	0,562561
Error	13666700	4	3416675		
Mjeseci	23543174	4	5885794	4,44110	0,013245
Mjeseci*Klopka	15862454	4	3965614	2,99223	0,050736
Error	21204829	16	1325302		

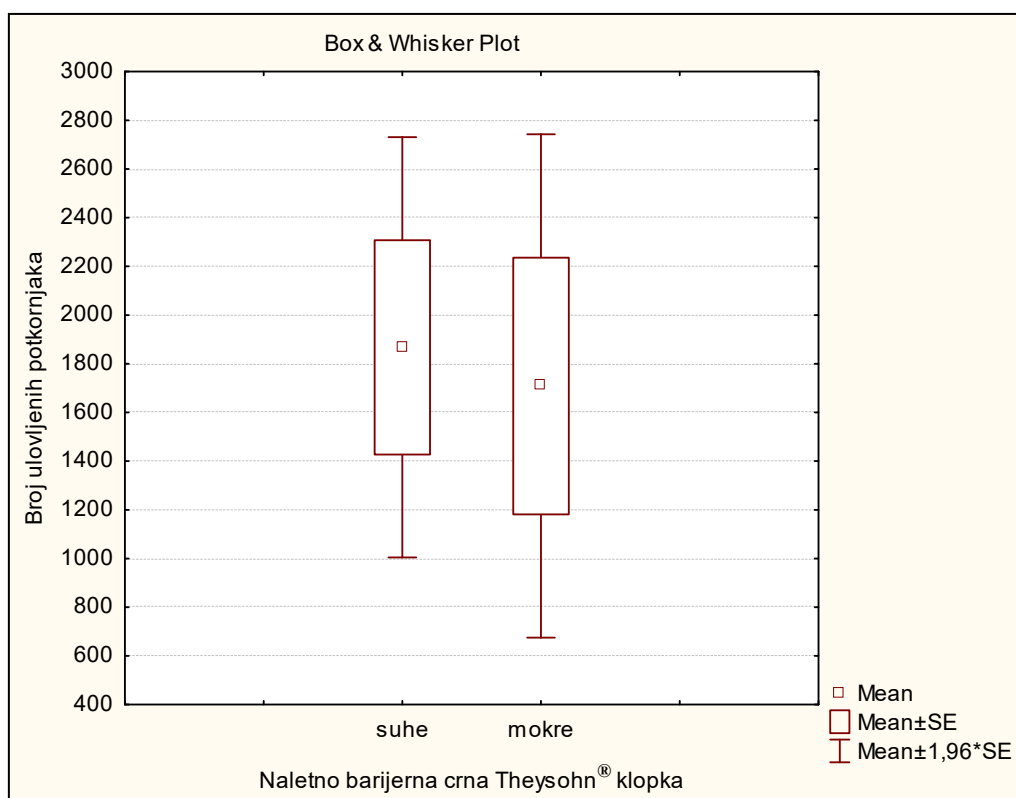


Slika 148. Uprosječeni ukupni ulovi smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.

Vidljivo je da nema statistički značajne razlike ukupnih ulova smrekovog pisara između uspoređivanih klopki po mjesecima. Najveći ulovi potkornjaka u klopka bili su u mjesecu svibnju i u tom mjesecu vidljiva je najveća razlika između ulova u suhim i mokrim klopka gdje su suhe klopke lovile veći broj potkornjaka, ali razlika nije statistički signifikantna.

Tablica 40. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskim sastojinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokre	1867,400	1708,600	0,231178	38	0,818417	20	20	1968,621	2358,304	1,435077	0,438397

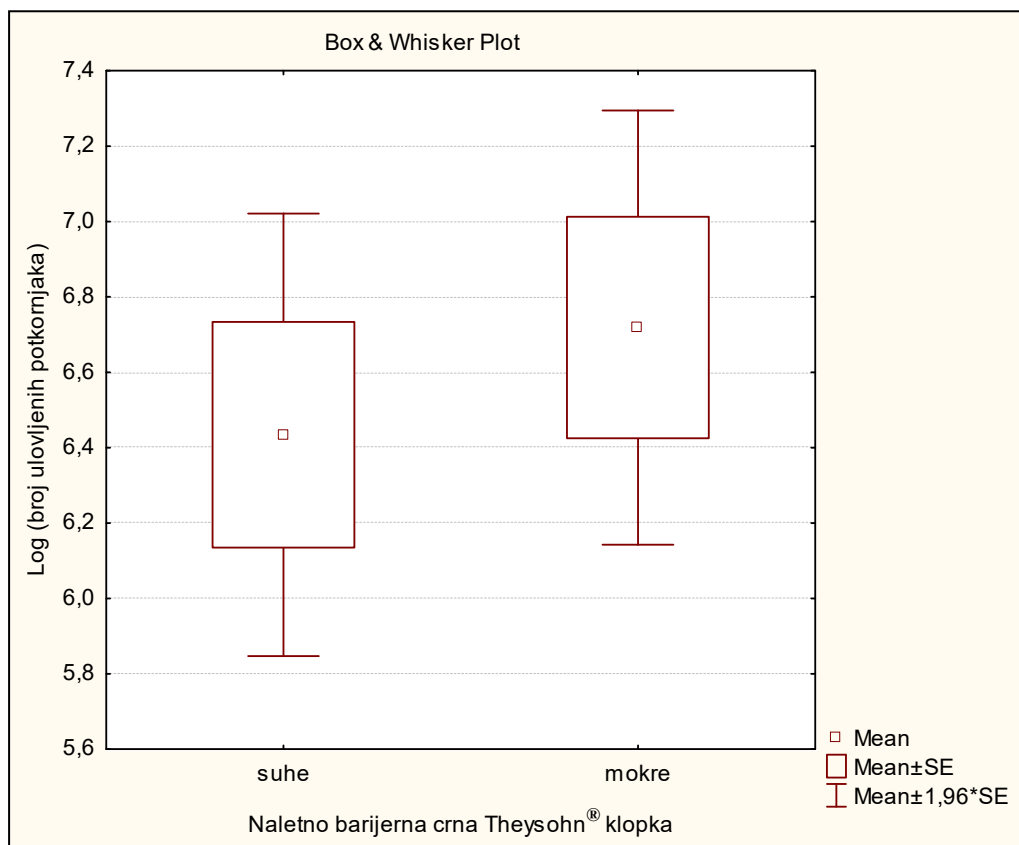


Slika 149. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskim sastojinama u obje g.j.

Tablica 41. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumskih sastojina u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										
	Group 1: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	6,434183	6,718676	-0,678046	38	0,501851	20	20	1,339165	1,31436	1,038101	0,935896

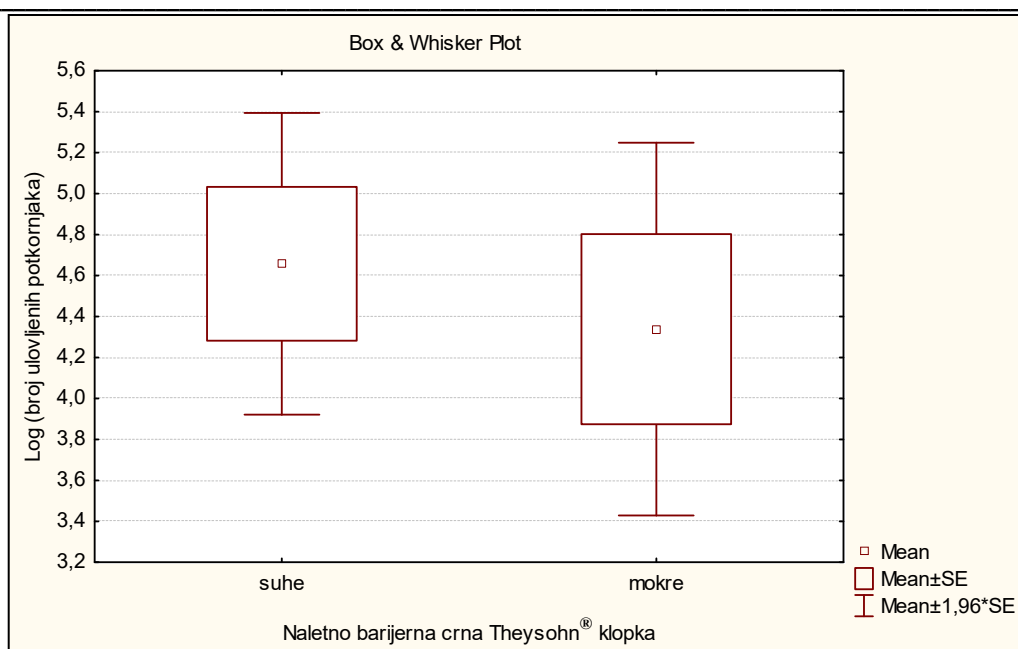




Slika 150. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama na rubu šumskih sastojina u obje g.j.

Tablica 42. Usporedba ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama na čistinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

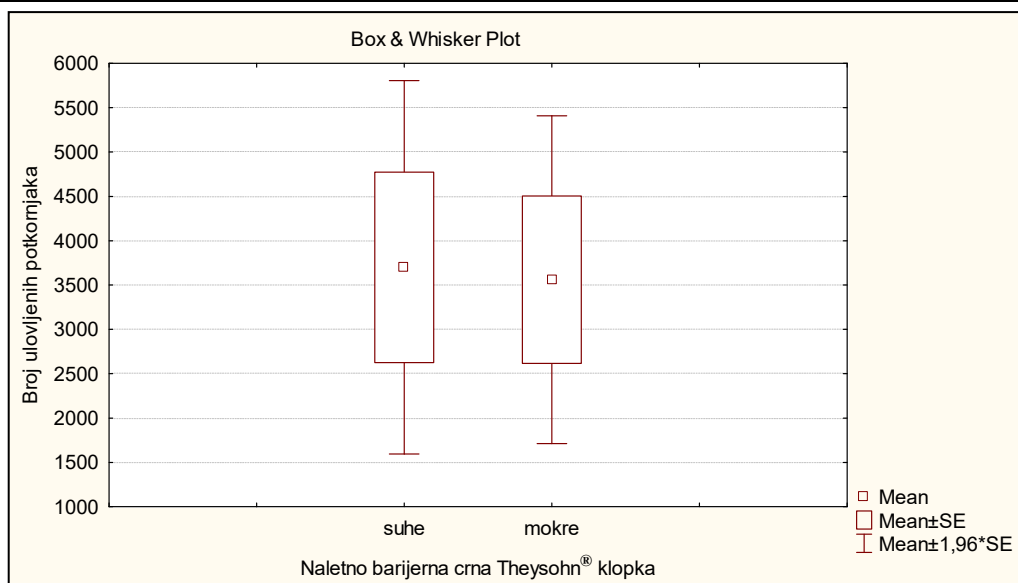
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Ln	4,338542	4,657668	-0,534354	38	0,596209	20	20	2,07597	1,680398	1,526222	0,364875



Slika 151. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistinama u obje g.j.

Tablica 43. Usporedba ukupnih ulova smrekovog pisara u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016)

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean	Mean	t - value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	Std. Dev.	F - ratio	p
Suhe vs. Mokre	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 1	Variances	Variances
	3699,700	3560,600	0,097306	38	0,922995	20	20	4803,404	4218,691	1,296411	0,577102



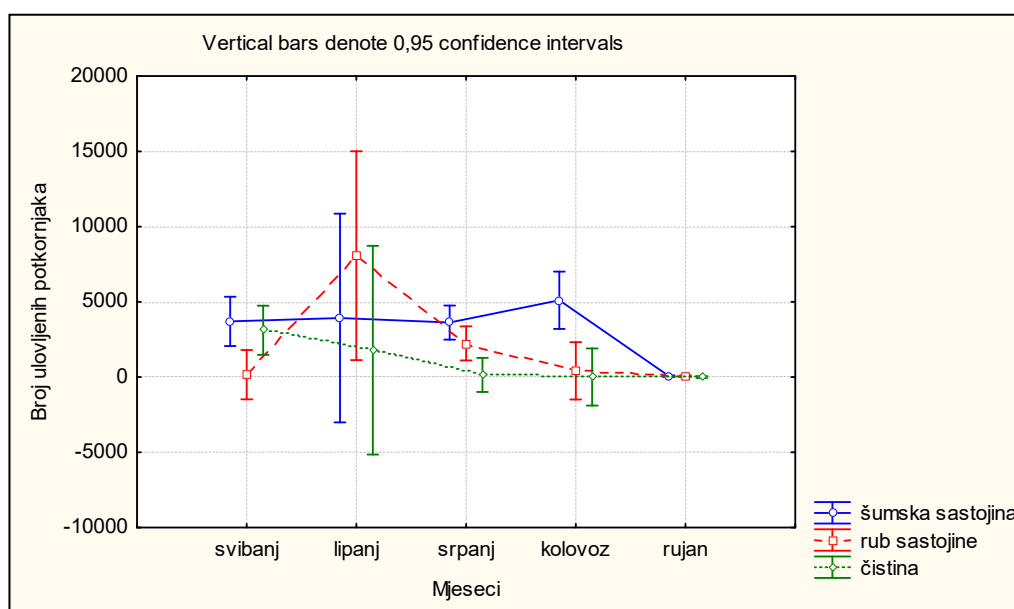
Slika 152. Usporedni prikaz ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016)

Na slikama 149., 150. i 151. vidljivo je da nema statistički značajne razlike ukupnih ulova smrekovog pisara između suhih i mokrih feromonskih klopki na testiranim pozicijama (šumska sastojina, rub sastojine, čistina). Ukoliko uzmemo u obzir ukupne ulove na sve tri pozicije u obje g.j. nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između testiranih suhih i mokrih feromonskih klopki.

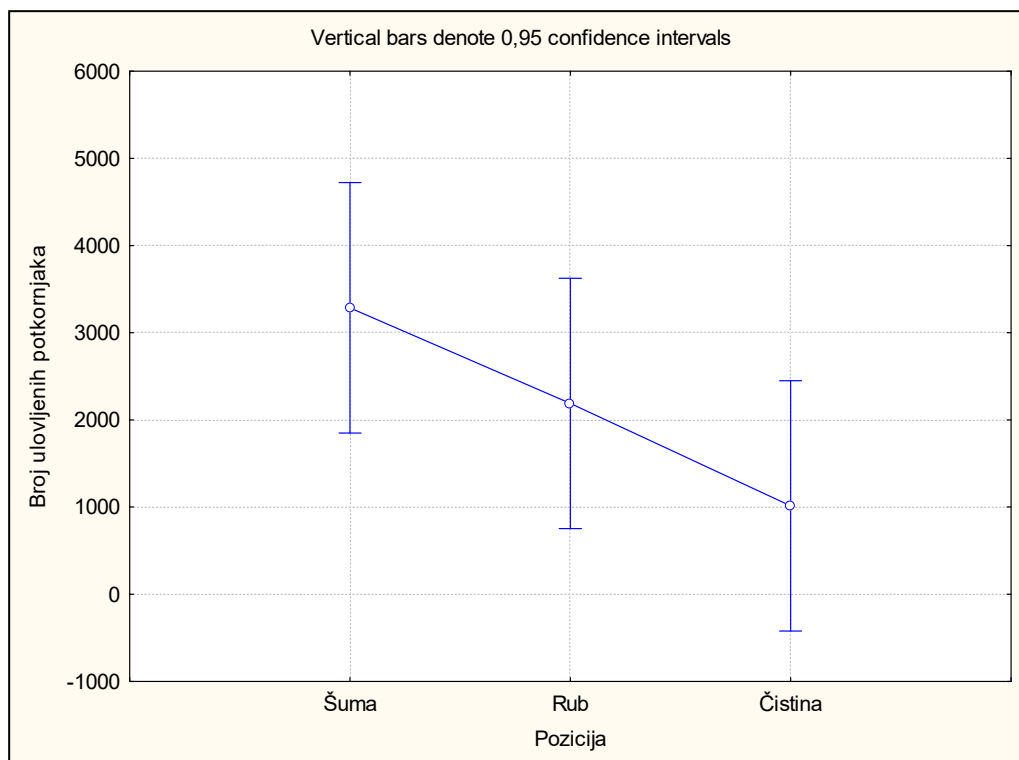
### 6.5.2. Rezultati monitoringa populacija šesterozubog smrekovog potkornjaka klasničnim suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka

Tablica 44. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Žitnik

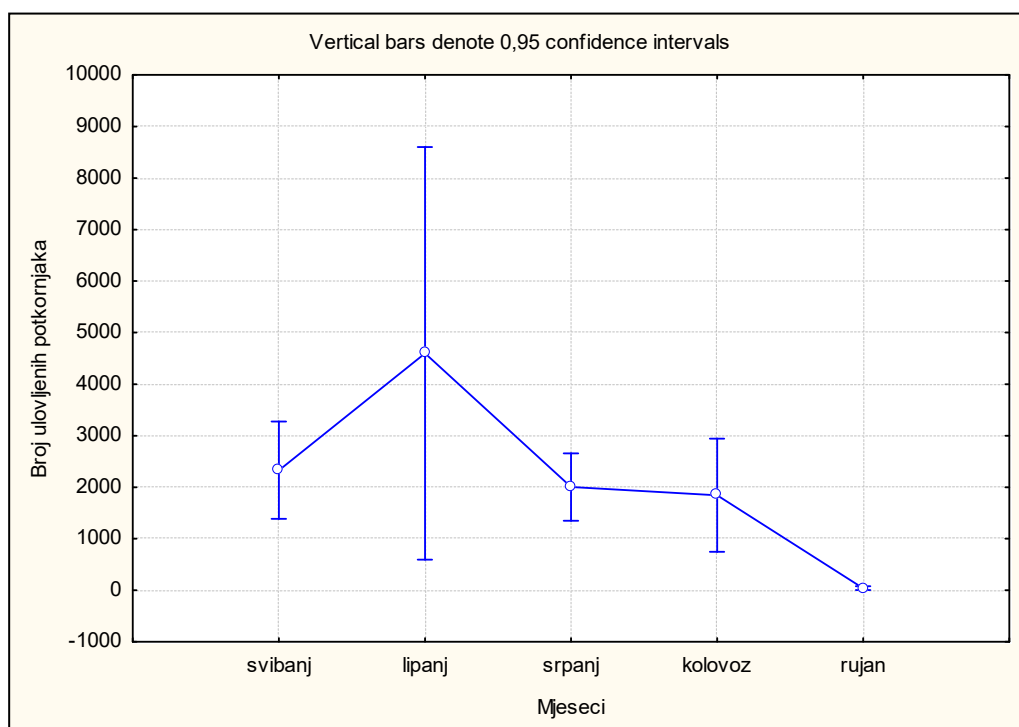
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	25811035	2	12905518	6,33510	0,083766
Error	6111433	3	2037144		
Mjeseci	63493862	4	15873466	7,08855	0,003606
Mjeseci*Pozicija	73719771	8	9214971	4,11509	0,014071
Error	26871735	12	2239311		



Slika 153. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Žitnik



Slika 154. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Žitnik

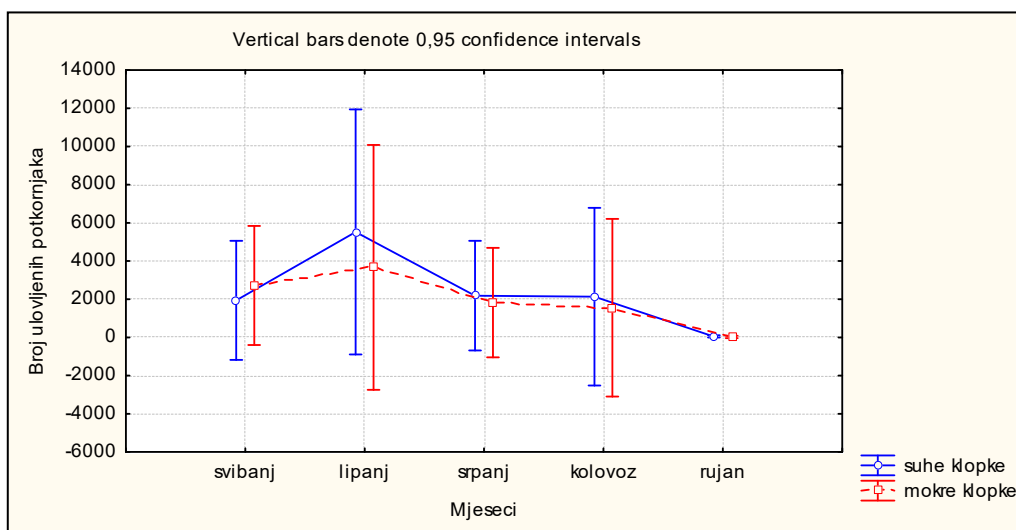


Slika 155. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik

Analiza ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u g.j. Žitnik pokazuje da nema statistički signifikantne razlike broja ulovljenih potkornjaka ukoliko se uzme u obzir samo pozicija feromonske klopke (šumska sastojina, rub sastojine, čistina), iako su klopke u sastojini lovile veći broj jedinki potkornjaka od klopki na rubu sastojine i na čistini. Ukoliko uzmemo u obzir vrijeme i poziciju samih klopki vidljive su statistički značajne razlike u broju ulovljenih potkornjaka. Naime, u mjesecu srpnju klopke u sastojini i na rubu sastojine lovile su statistički više potkornjaka od klopki na čistini. Slična razlika je vidljiva i u mjesecu kolovozu gdje su klopke u sastojini lovile statistički više potkornjaka od klopki na rubu sastojine i klopki na čistini. Gledajući po mjesecima vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka. Najveći ulovi zabilježeni su u mjesecu lipnju.

Tablica 45. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama (moke i suhe) u g.j. Žitnik

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance Sigma - restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	1248114	1	1248114	0,16276	0,707266
Error	30674354	4	7668588		
Mjeseci	63493862	4	15873466	2,67224	0,070141
Mjeseci*Klopka	5549210	4	1387303	0,23355	0,915392
Error	95042296	16	5940143		

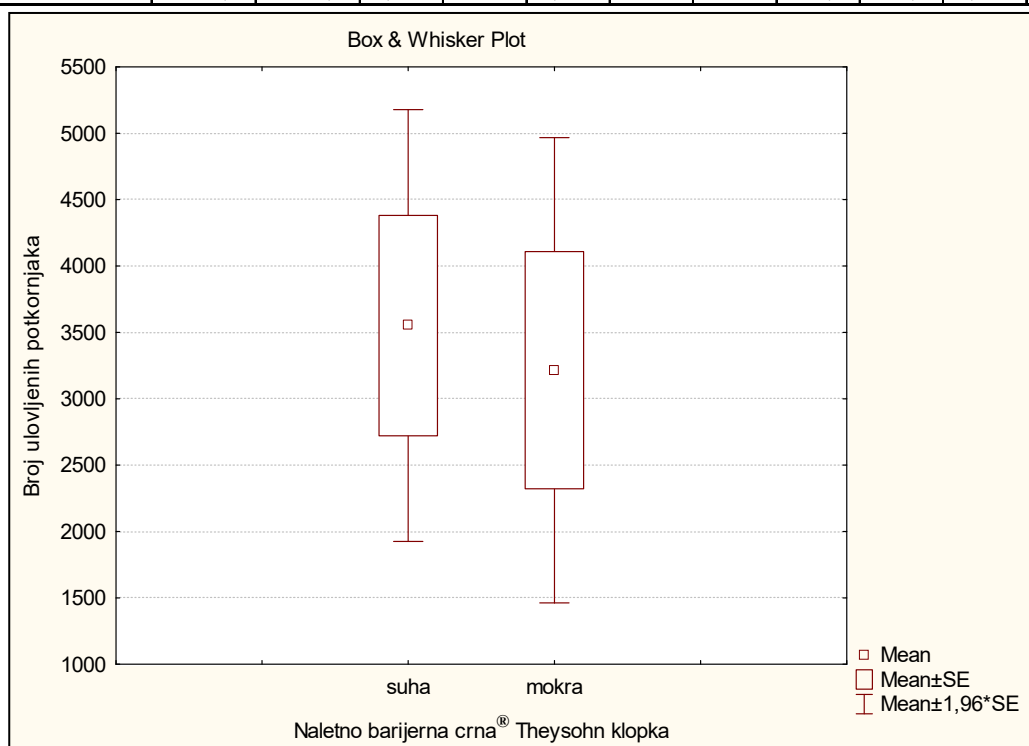


Slika 156. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik

Analiza pokazuje da nema statistički značajne razlike ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u testiranim suhim i mokrim feromonskim klopama po mjesecima u g.j. Žitnik.

Tablica 46. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

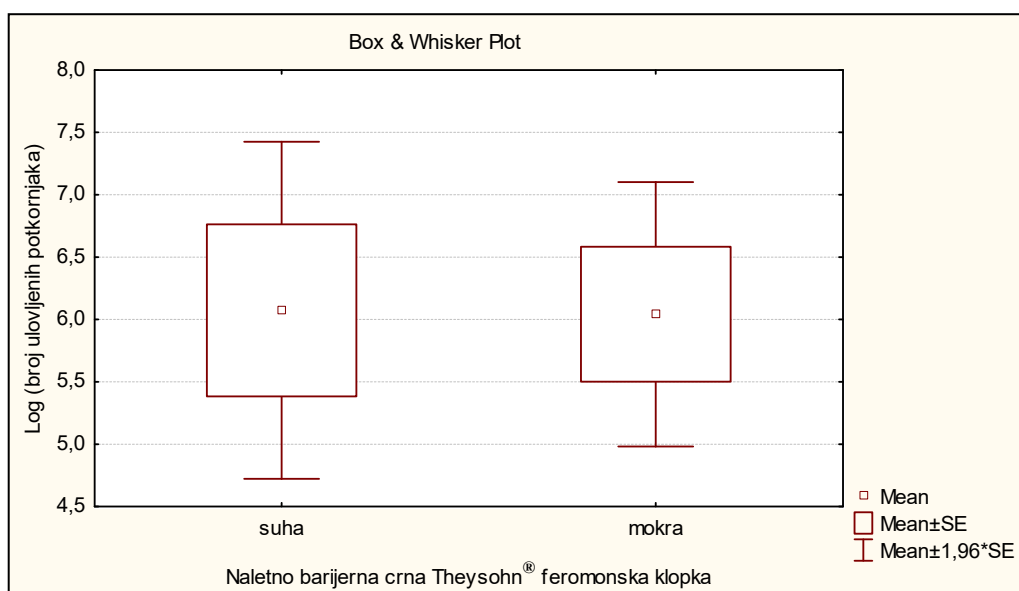
Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suha vs. Mokra	3551,524	3215,333	0,275622	40	0,784257	21	21	3802,956	4096,476	1,160321	0,742746



Slika 157. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama u šumskoj sastojini u g.j. Žitnik

Tablica 47. Usporedba ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

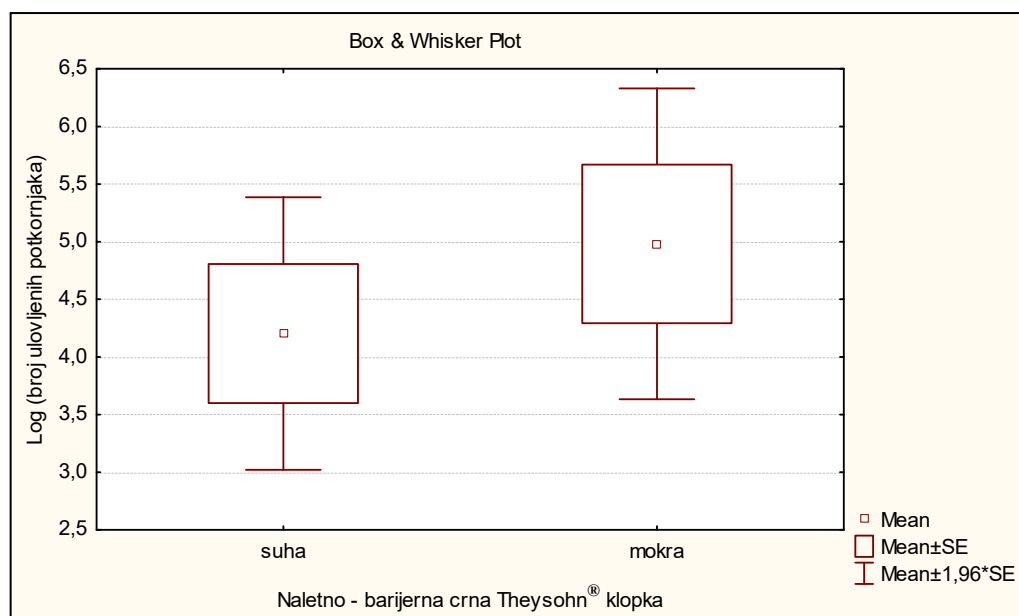
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	6,073571	6,042398	0,035965	34	0,971521	17	19	2,841797	2,356626	1,454135	0,441615



Slika 158. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Žitnik

Tablica 48. Usporedba ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

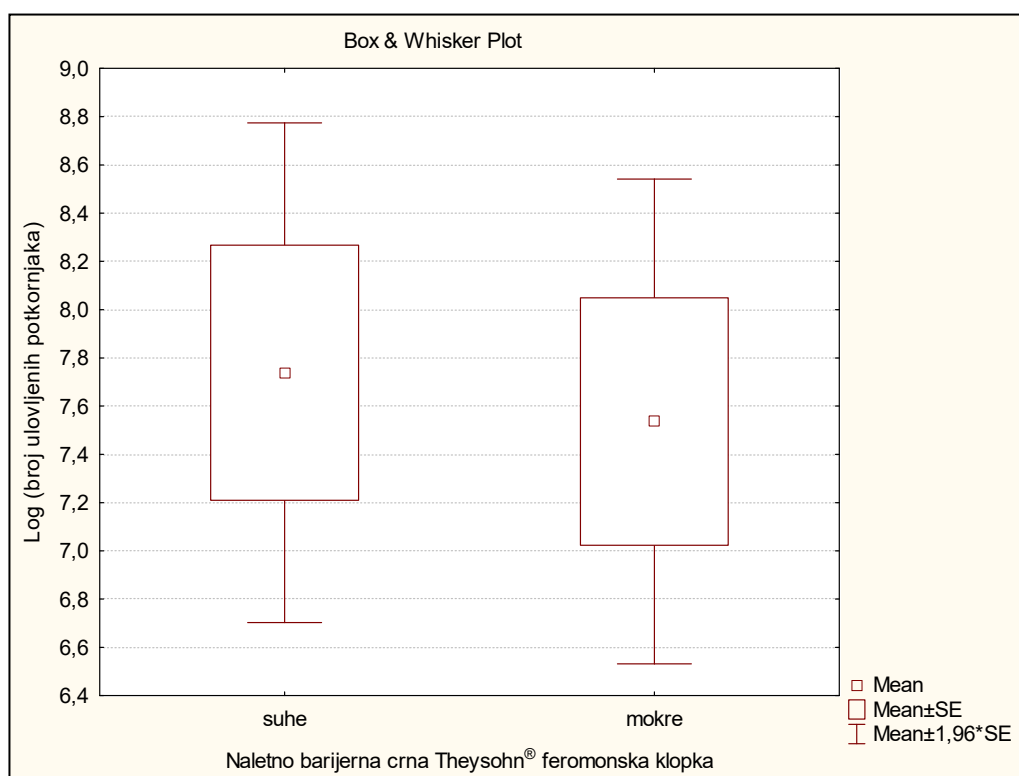
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokra										
	Group 2: suha										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Ln	4,981477	4,203427	0,853128	33	0,399739	17	18	2,835892	2,558635	1,228464	0,677027



Slika 159. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Žitnik

Tablica 49. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Žitnik - t test neovisnih uzoraka

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										
	Group 2: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	7,738434	7,536282	0,274549	40	0,785076	21	21	2,42192	2,349329	1,062752	0,893094



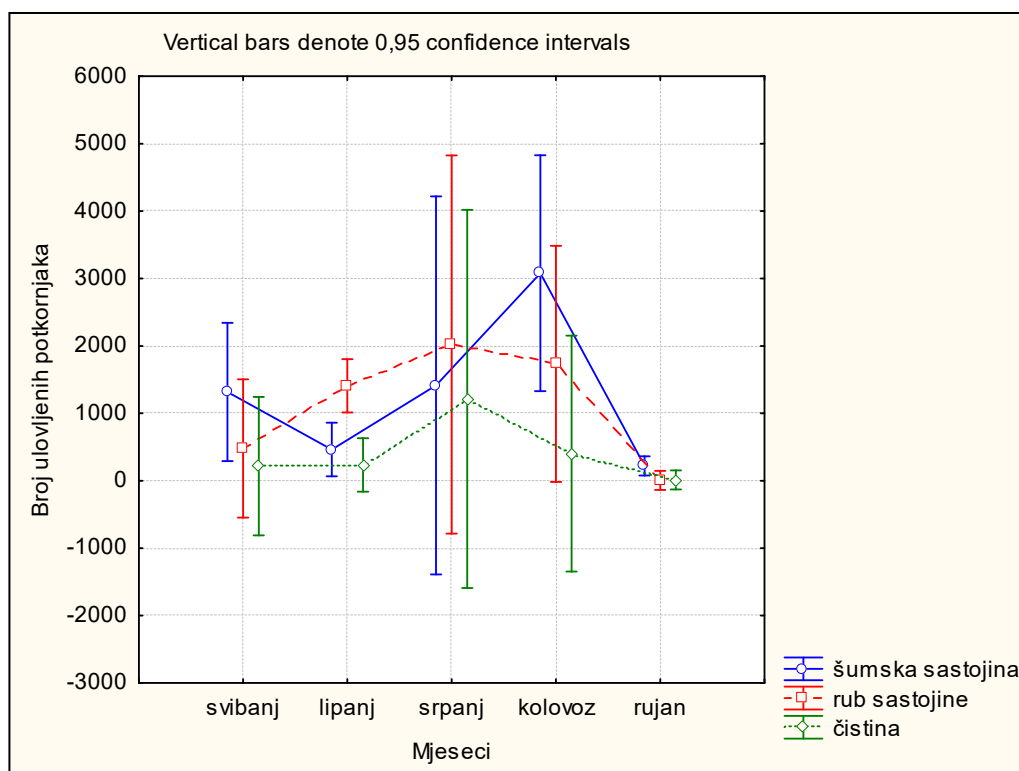
Slika 160. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije u g.j. Žitnik

Gledajući usporedne ukupne ulove u feromonskim klopka po poziciji (sastojina, rub sastojine, čistina) i ukupne ulove za sve tri pozicije u g.j. Žitnik nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka između uspoređivanih suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki.

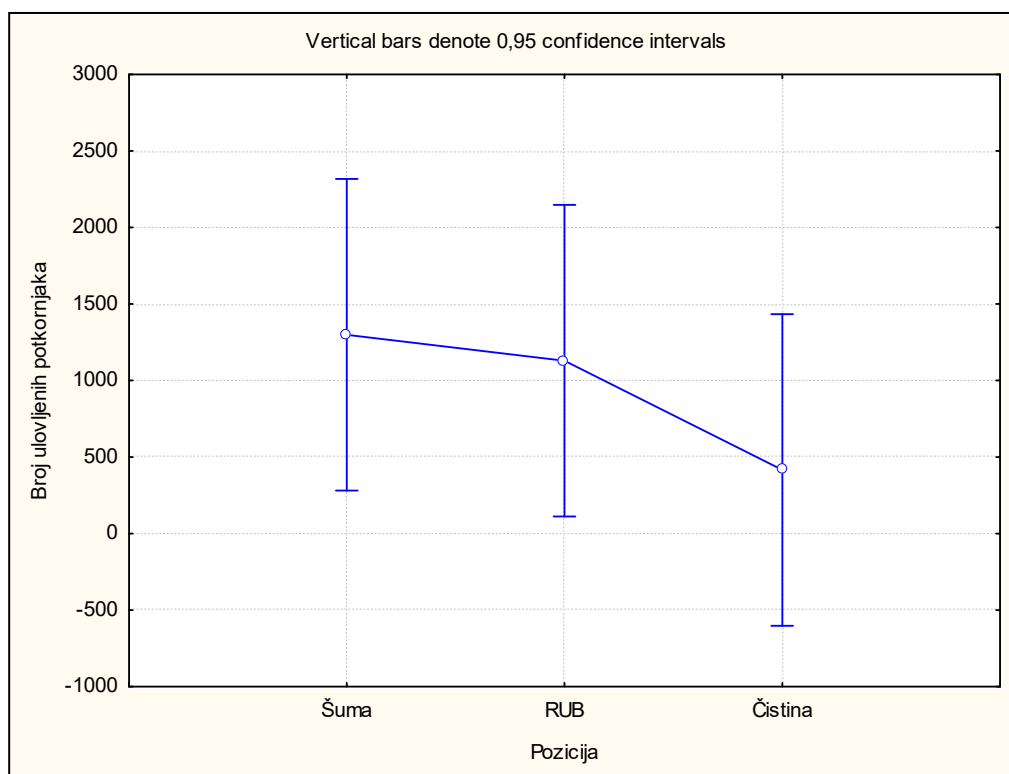


Tablica 50. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u g.j. Štirovača

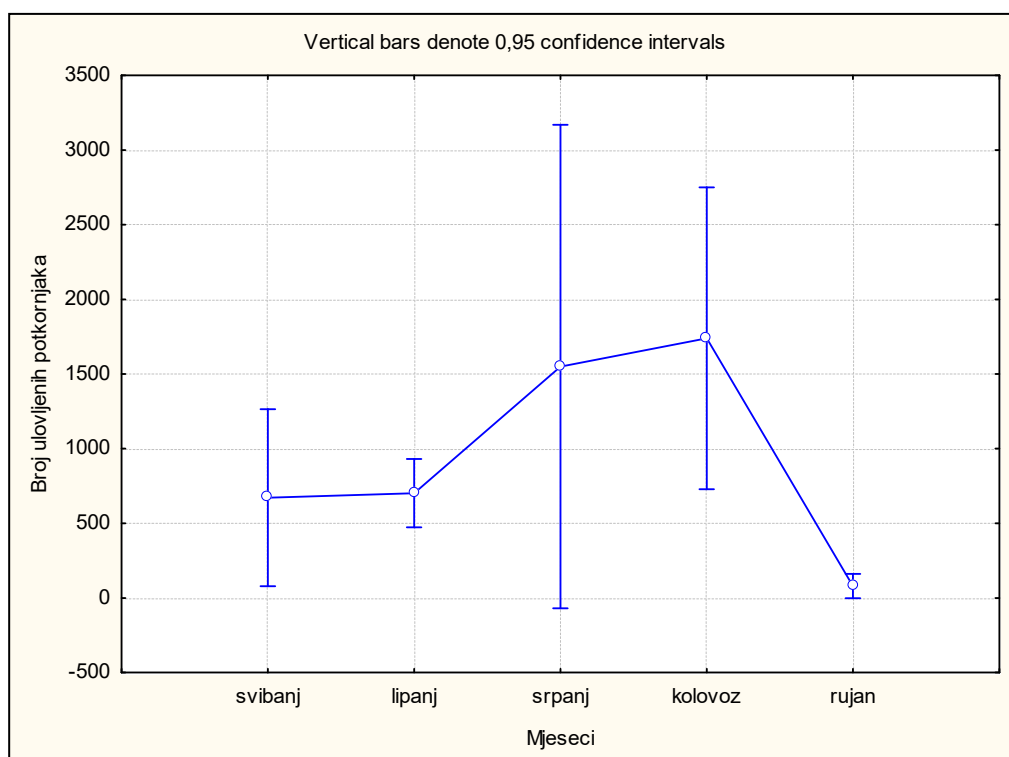
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	4392330	2	2196165	2,14602	0,263881
Error	3070097	3	1023366		
Mjeseci	11277380	4	2819345	8,18434	0,002008
Mjeseci*Pozicija	6410791	8	801349	2,32625	0,090730
Error	4133767	12	344481		



Slika 161. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u g.j. Štirovača



Slika 162. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u g.j. Štirovača

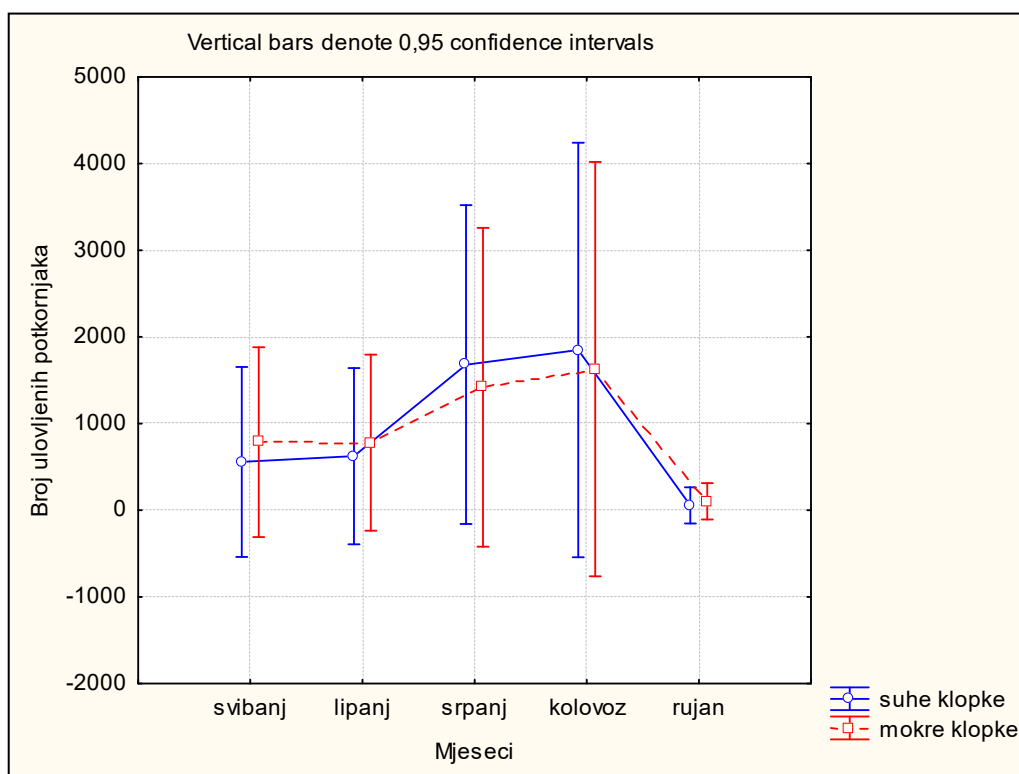


Slika 163. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača

Ukoliko uzmemo u obzir samo poziciju testiranih suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka između testiranih klopki. Testirane klopke u g.j. Štirovača lovile su najviše potkornjaka u mjesecu lipnju. Gledajući po mjesecima vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka. Između testiranih klopki po poziciji i po mjesecima nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki potkornjaka. U mjesecu lipnju vidljivo je da su feromonske klopke na rubu sastojine lovile signifikantno više potkornjaka od klopki u sastojini i na čistini, dok su u mjesecu rujnu klopke u sastojini lovile signifikantno više potkornjaka od klopki na rubu sastojine i na čistini. Između ostalih mjeseci monitoringa nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki u feromonskim klopkama.

Tablica 51. Rezultati ANOVA analize uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama (moke i suhe) u g.j. Štirovača

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	838	1	838	0,00045	0,984101
Error	7461589	4	1865397		
Mjeseci	11277380	4	2819345	4,39981	0,013725
Mjeseci*Klopka	291942	4	72985	0,11390	0,975756
Error	10252617	16	640789		

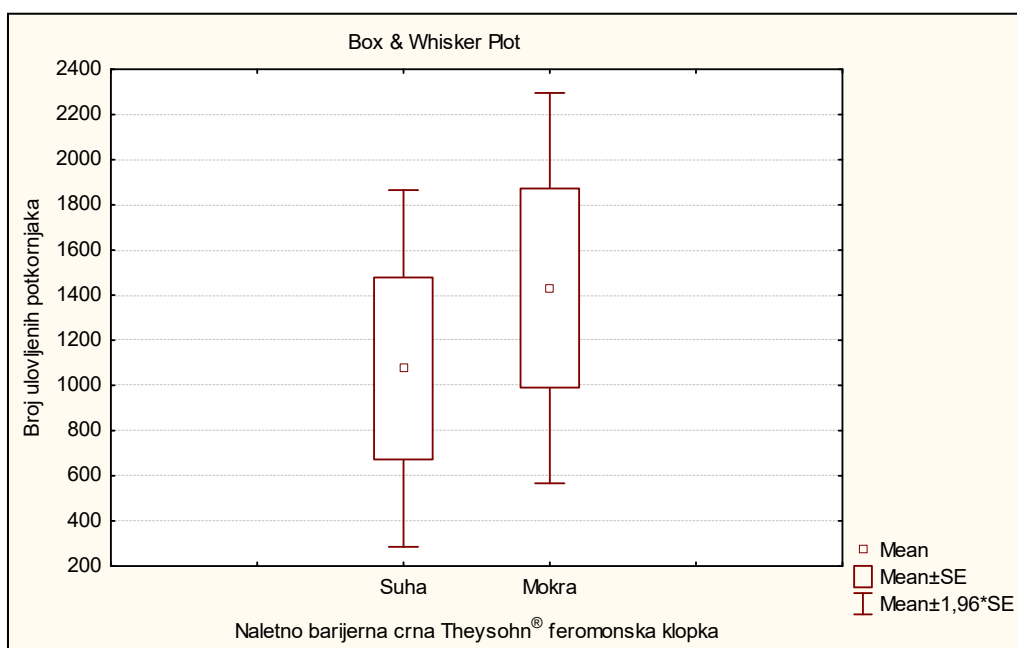


Slika 164. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača

Naime, nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka između suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača.

Tablica 52. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernih crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

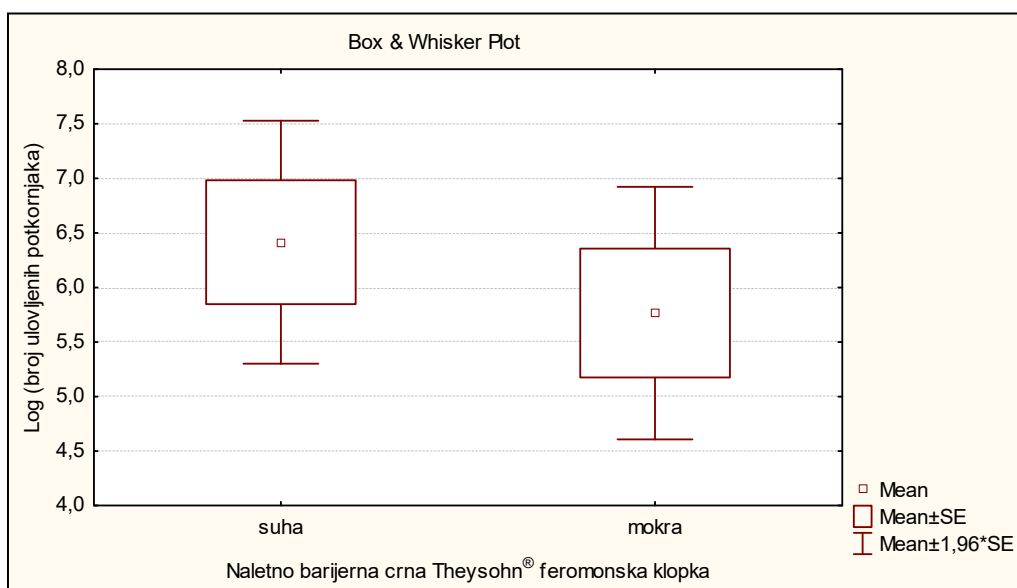
Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean	Mean	t - value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	Std. Dev.	F - ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 1	Variances	Variances
Suha vs. Mokra	1075,421	1431,316	-0,595681	36	0,555115	19	19	1757,471	1921,843	1,195802	0,708513



Slika 165. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka u šumskoj sastojini u g.j. Štirovača

Tablica 53. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

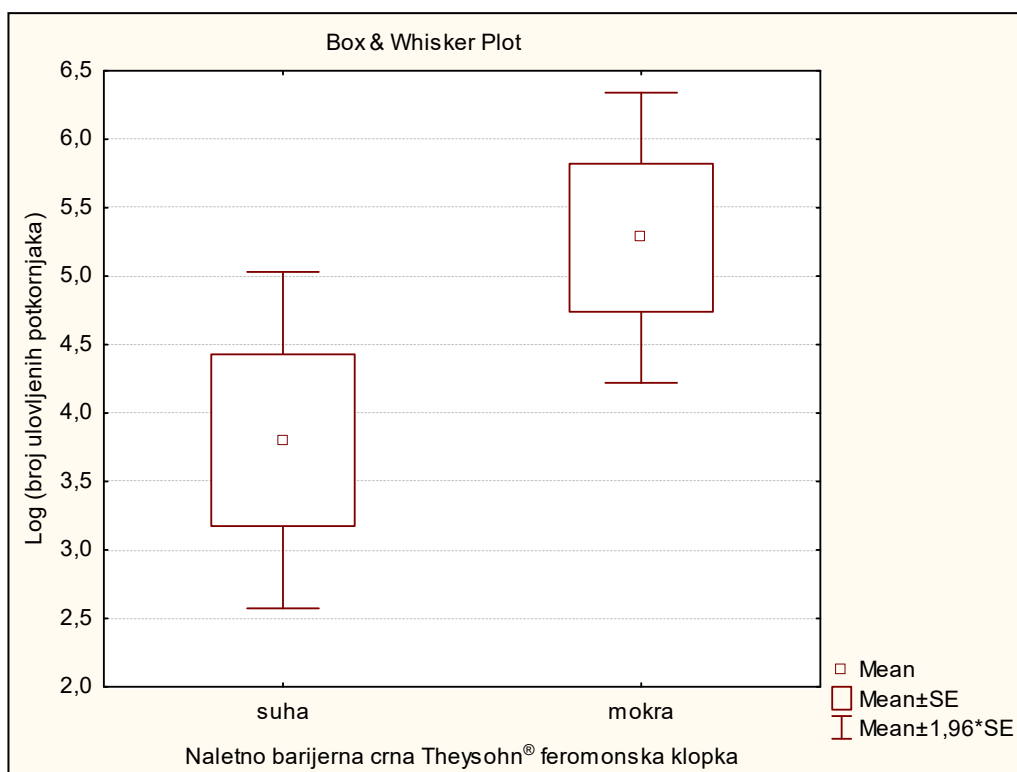
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										
	Group 2: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	6,415023	5,764901	0,793648	28	0,434075	15	15	2,199238	2,286618	1,081043	0,886139



Slika 166. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na rubu šumske sastojine u g.j. Štirovača

Tablica 54. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

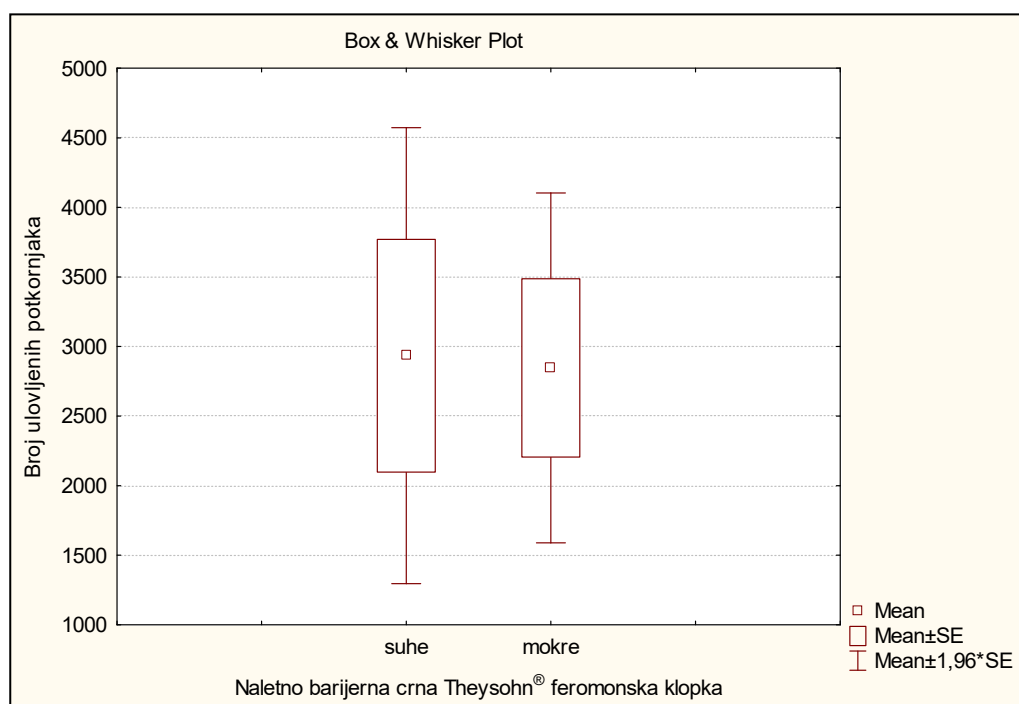
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										p
	Group 2: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Ln	3,801592	5279926	-1,79322	29	0,083373	15	16	2,427265	2,16890	1,260571	0,660453



Slika 167. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistini u g.j. Štirovača

Tablica 55. Usporedba ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u g.j. Štirovača - t test neovisnih uzoraka

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokre	2933,895	2846,211	0,083233	36	0,934128	19	19	3643,35	2795,134	1,699012	0,270201

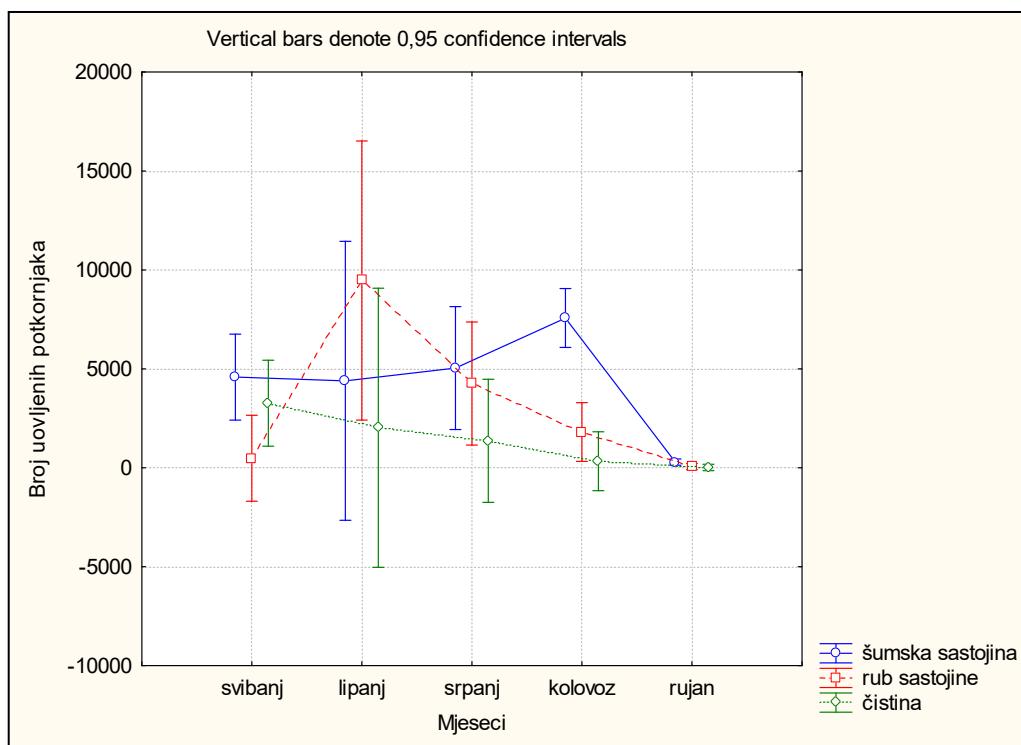


Slika 168. Usporedni prikaz ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije u g.j. Štirovača

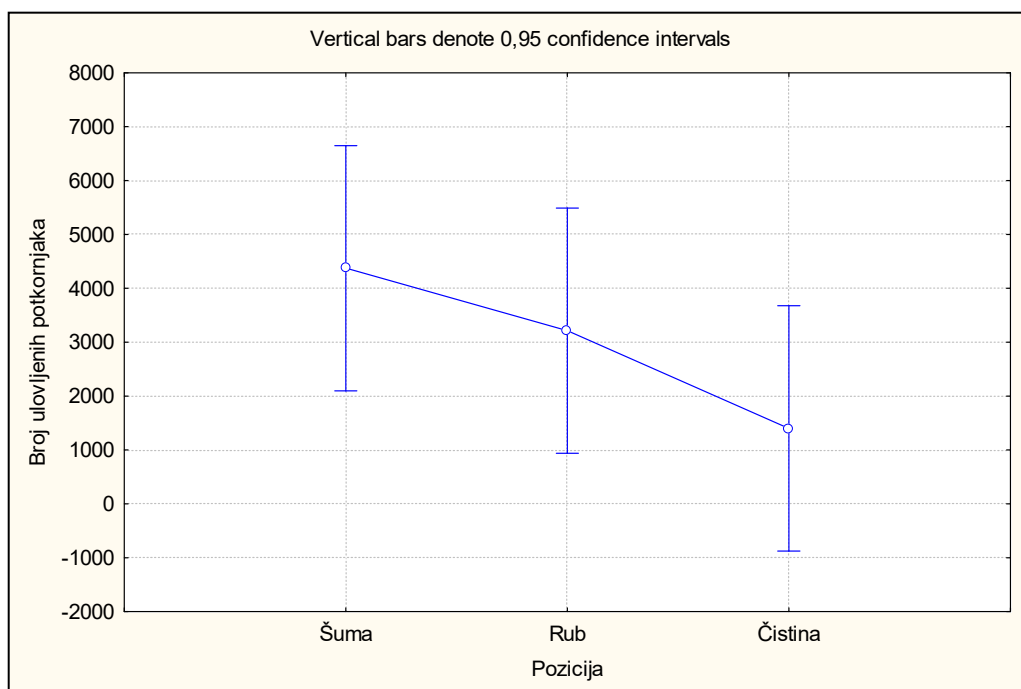
U g.j. Štirovača nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šestorozubog smrekovog potkornjaka između uspoređivanih klopki niti na jednoj od testiranih pozicija (sastojina, rub sastojine, čistina). Ukoliko se usporede ukupni ulovi ove vrste potkornjaka u testiranim klopama za sve tri pozicije nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka.

Tablica 56. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šestorozubog smrekovog potkornjaka po poziciji naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki u obje g.j.

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Pozicija	44945553	2	22472776	4,39358	0,128401
Error	15344745	3	5114915		
Mjeseci	83833014	4	20958254	10,50038	0,000682
Mjeseci*Pozicija	104010534	8	13001317	6,51384	0,002143
Error	23951419	12	1995952		

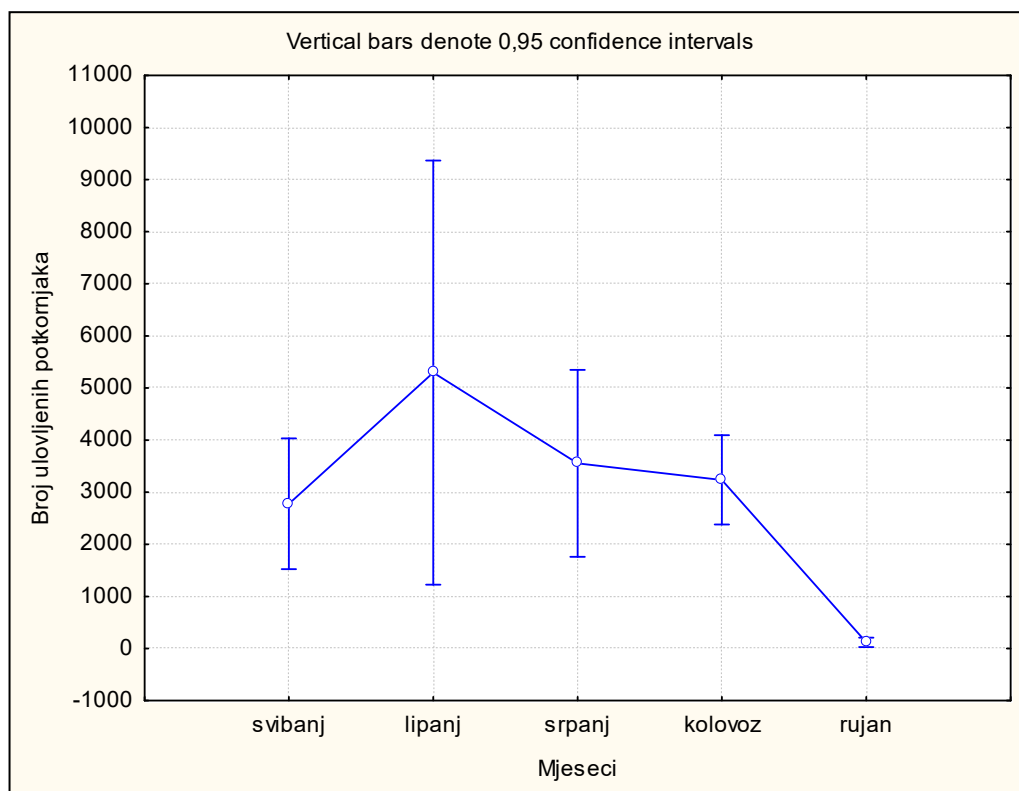


Slika 169. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji i po mjesecima u obje g.j.



Slika 170. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po poziciji u obje g.j.



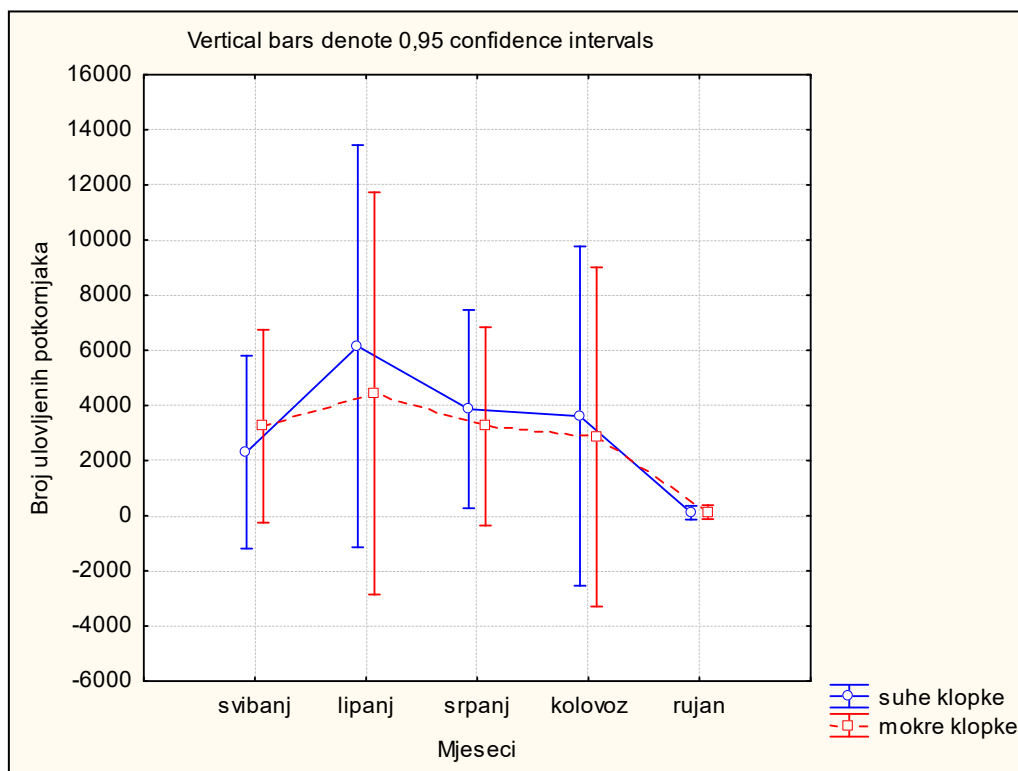


Slika 171. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) naletno barijernih crnih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.

Ukoliko uzmemo u obzir poziciju (sastojina, rub sastojine, čistina) feromonskih klopki za obje lokacije nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka između uspoređivanih pozicija. Ukoliko se analiziraju ulovi u feromonskim klopka po poziciji i po mjesecima vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka u feromonskim klopka. U mjesecu kolovozu feromonske klopke u šumskim sastojinama lovile su signifikantno više potkornjaka od klopki na rubovima sastojina i na čistinama, dok u mjesecu svibnju feromonske klopke u sastojinama lovile su signifikantno više potkornjaka od klopki na rubu sastojina. Gledajući po mjesecima postoji statistički značajna razlika u broju ulovljenih potkornjaka u feromonskim klopka. Ulovi u mjesecu rujnu statistički se značajno razlikuju od ulova u ostalim mjesecima.

Tablica 57. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama (mokre i suhe) u obje g.j.

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	1364917	1	1364917	0,09265	0,776009
Error	58925381	4	14731345		
Mjeseci	83833014	4	20958254	2,74451	0,065135
Mjeseci*Klopka	5779090	4	1444772	0,18919	0,940567
Error	122182863	16	766429		

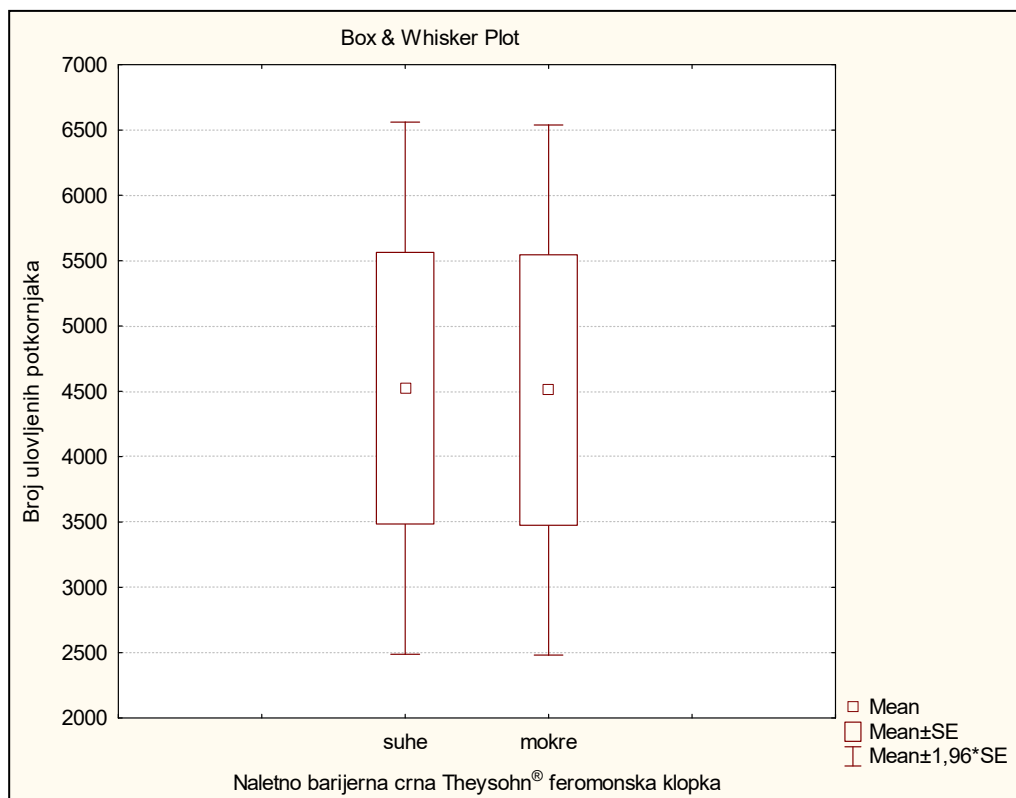


Slika 172. Uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.

Vidljivo je da nema statistički značajne razlike broju ulovljenih jedinki između uspoređivanih suhih i mokrih crnih Theysohn® feromonskih klopki po mjesecima.

Tablica 58. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama u šumskoj sastojini u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

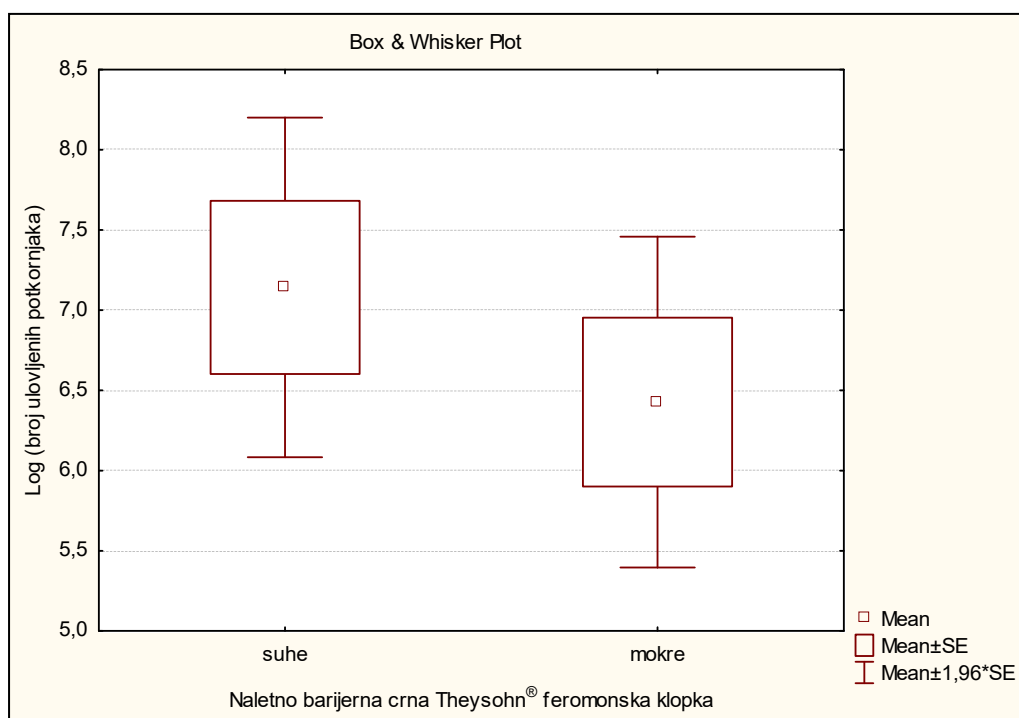
Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokra	4524,524	4510,333	0,009675	40	0,992328	21	21	4761,573	4743,454	1,007654	0,986566



Slika 173. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama u šumskim sastojinama u obje g.j.

Tablica 59. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na rubu šumskih sastojina u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

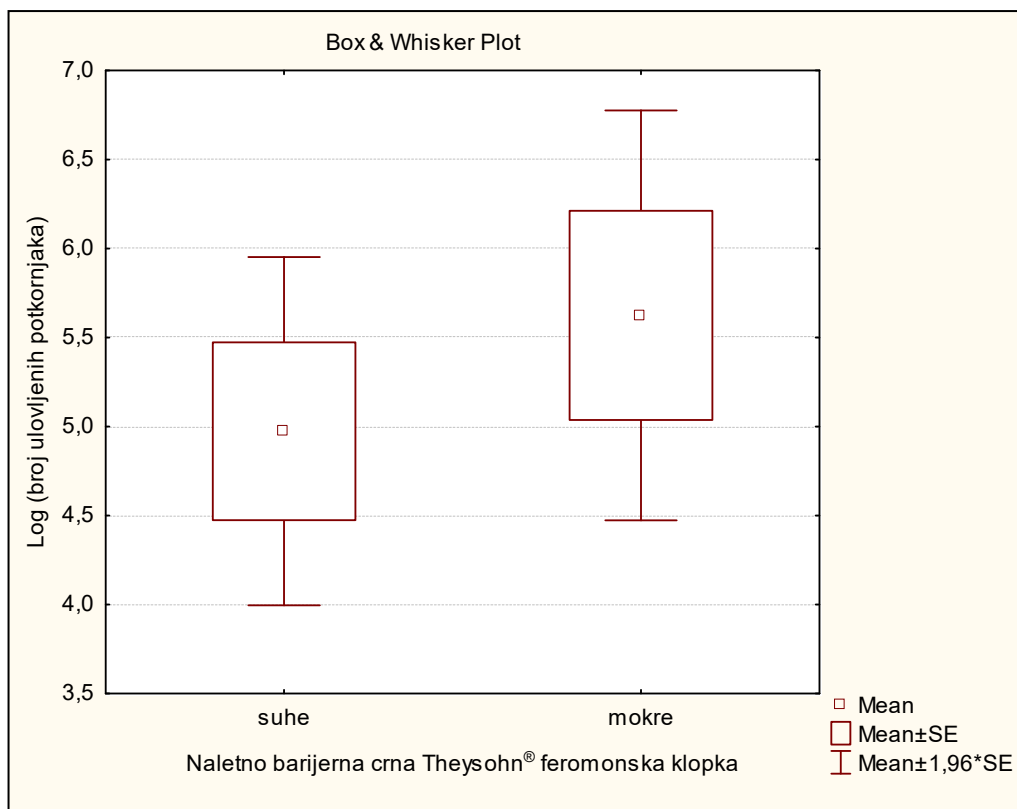
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suha										
	Group 1: mokra										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	7,1421193	6,426982	0,94709	36	0,349907	18	20	2,291342	2,353502	1,054993	0,918003



Slika 174. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na rubu šumskih sastojina u obje g.j.

Tablica 60. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama na čistinama u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka

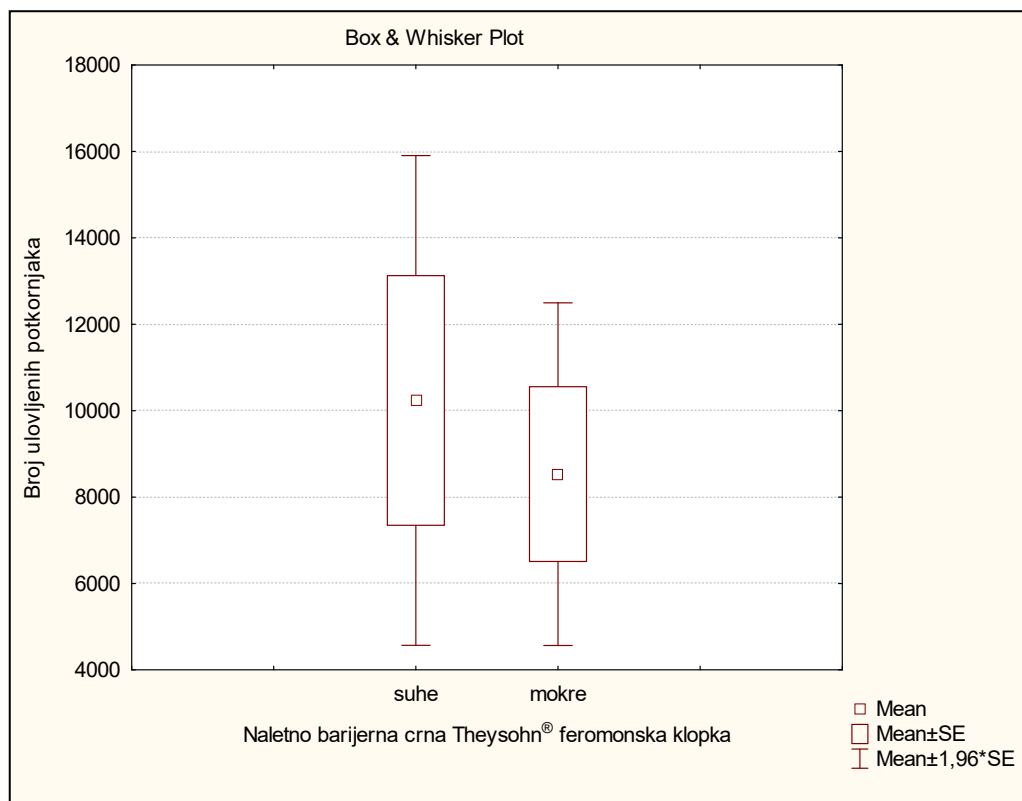
Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: suhe										
	Group 2: mokre										
	Mean	Mean	t - value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	Std. Dev.	F - ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2	Group 1	Group 1	Variances	Variances
Ln	4,973718	5,624784	-0,844679	40	0,403314	21	21	2,286837	2,69196	1,385692	0,472277



Slika 175. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka na čistinama u obje g.j.

Tablica 61. Usporedba ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016)

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 1	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokre	10235,710	8530,762	0,483005	40	0,631726	21	21	13253,3	9274,287	2,042146	0,118605



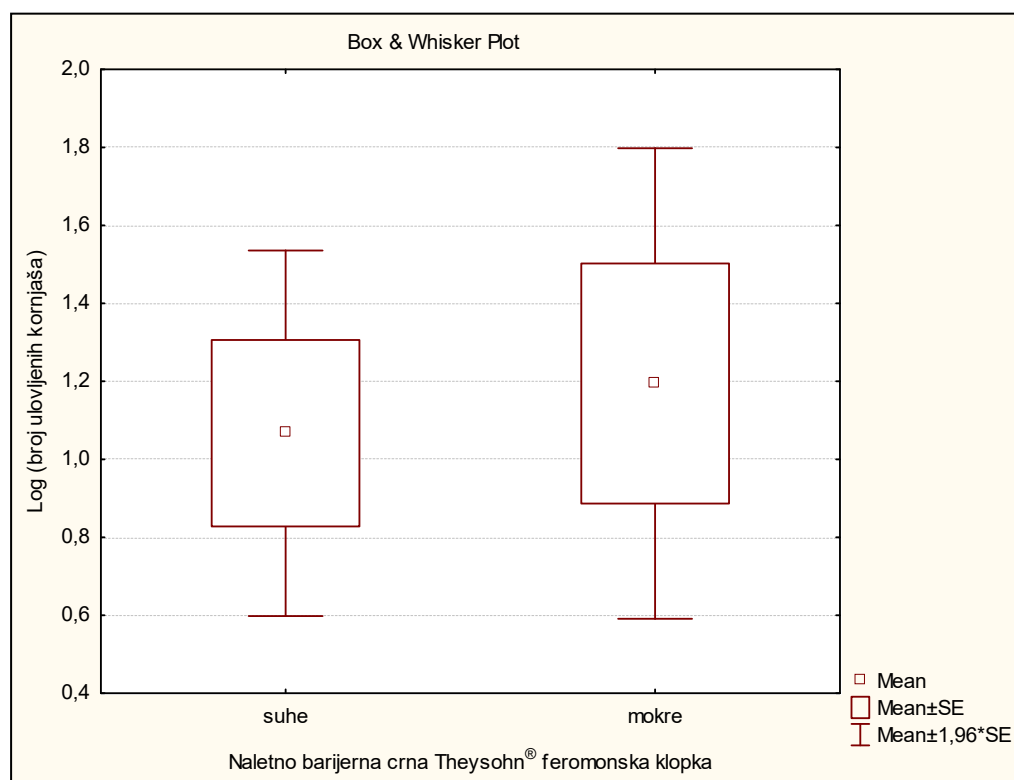
Slika 176. Usporedni prikaz ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopama za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016)

Na slikama 173., 174. i 175. vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka između suhih i mokrih feromonskih klopki na testiranim pozicijama u obje g.j. (šumska sastojina, rub sastojine, čistina). Ukoliko uzmemo u obzir ukupne ulove na sve tri pozicije u obje g.j. nema statistički značajne razlike ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka između testiranih klopki, iako je broj ulovljenih jedinki potkornjaka u suhim klopama bio veći nego u mokrim feromonskim klopama.

### 6.5.3. Selektivnost suhих i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki prema predatorskoj entomofauni

Tablica 62. Usporedba ukupnih ulova mravastog kornjaša (*Thanasimus formicarius*) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016)

Variable	T - test; Grouping: Klopka										
	Group 1: mokre										
	Group 2: suhe										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Ln	1,194221	1,066819	0,309027	26	0,759764	16	12	1,231658	0,828332	2,210916	0,188821

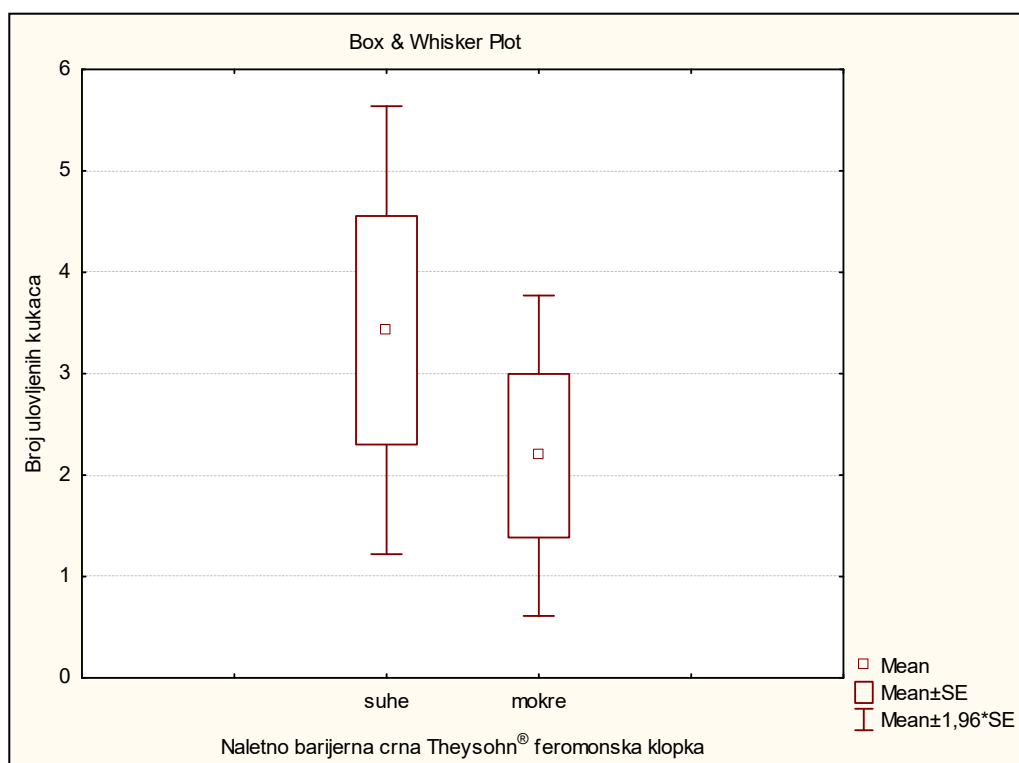


Slika 177. Usporedni prikaz ukupnih ulova mravastog kornjaša ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopkama za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016)

Na usporednom prikazu vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki mravastog kornjaša između suhих i mokrih feromonskih klopki, iako su mokre feromonske klopke ulovile veći broj kornjaša u odnosu na suhe.

Tablica 63. Usporedba ukupnih ulova vrste *Nemozoma elongatum* u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) u obje g.j. - t test neovisnih uzoraka (Kasumović i dr., 2016)

Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Suhe vs. Mokre	3,428571	2,190476	0,893529	40	0,376919	21	21	5,163056	3,696201	1,951203	0,143496



Slika 178. Usporedni prikaz ukupnih ulova vrste *Nemozoma elongatum* ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u suhim i mokrim naletno barijernim crnim Theysohn® feromonskim klopka za sve tri pozicije u obje g.j. (Kasumović i dr., 2016)

T-test pokazuje da su suhe i mokre naletno barijerne crne Theysohn® klopke jednako selektivne prema vrsti *N. elongatum*, odnosno da nema statistički značajne razlike u broju ulovljenih kornjaša između uspoređivanih klopki, iako su suhe feromonske klopke ulovile veći broj jedinki.



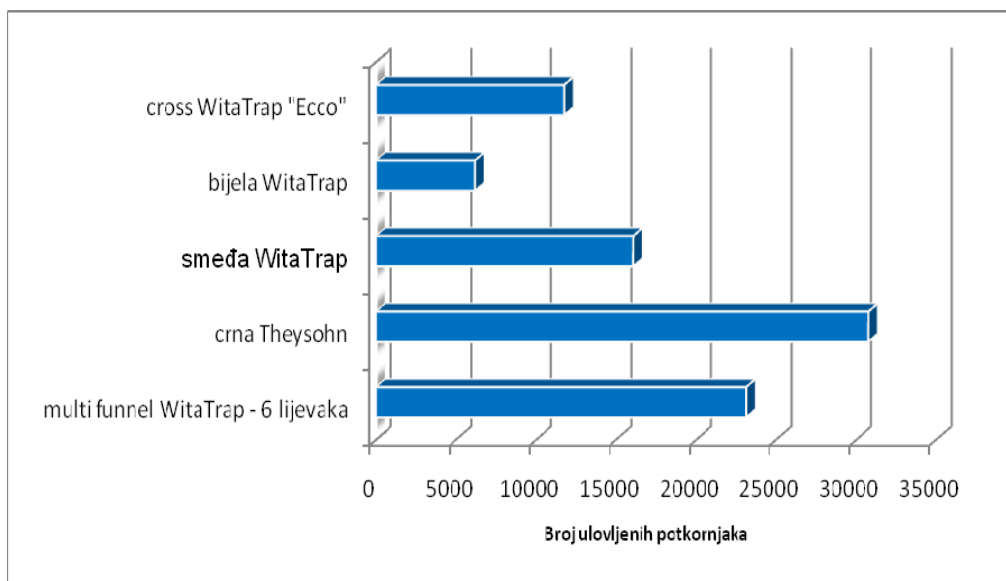
## **6.6. Rezultati monitoringa populacija smrekovih potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopama**

### **6.6.1. Rezultati monitoringa populacija smrekovog pisara različitim naletno barijernim feromonskim klopama**

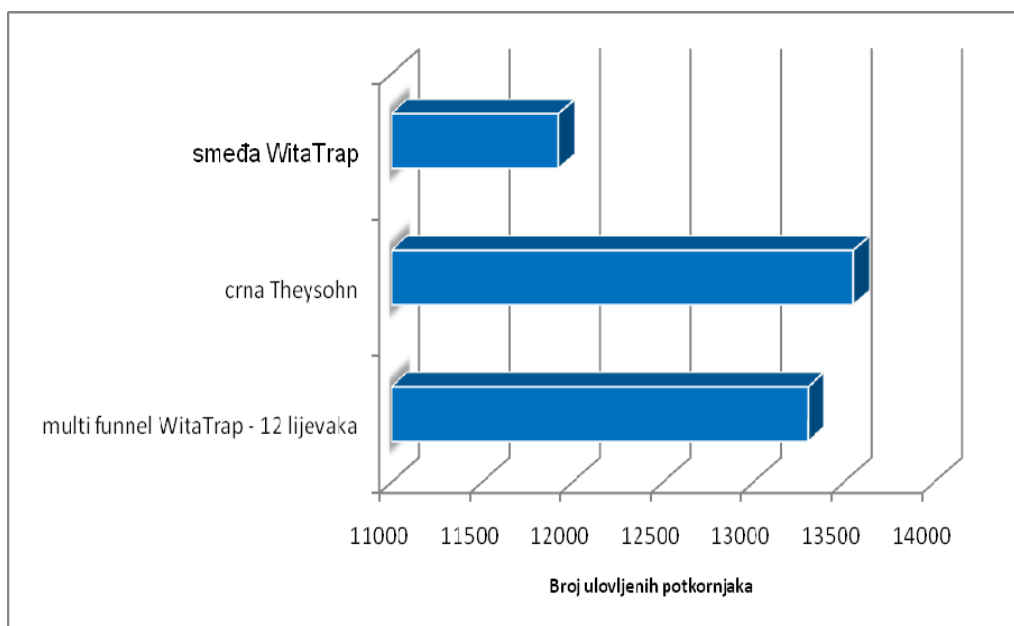
Tijekom 2015. godine na području g.j. Štirovača i g.j. Žitnik provedeno je istraživanje monitoringa populacija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim tipovima naletno barijernih feromonskih klopki. Kako je već navedeno u istraživanju korištene su sljedeće vrste naletno barijernih feromonskih klopki: s uzdužnim procjepom (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, bijela WitaTrap<sup>®</sup>) i s okruglim procjepom (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 i 12 lijevaka te cross WitaPrall<sup>®</sup> „Ecco“).

U g.j. Žitnik ukupno je uhvaćeno 87 951 jedinka smrekovog pisara. Gledajući po vrsti naletno barijerne feromonske klopke ulovi su sljedeći: crna Theysohn<sup>®</sup> (30 791 jedinka), multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka (23 147 jedinki), smeđa WitaTrap<sup>®</sup> (16 069 jedinki), bijela WitaTrap<sup>®</sup> (6 185 jedinki) i cross Witapral<sup>®</sup> „Ecco“ (11 759 jedinki).

Na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača ukupno je uhvaćeno 38 782 jedinke smrekovog pisara. Gotovo podjednak broj jedinki smrekovog pisara uhvaćen je u crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopama (13 554 jedinke) i u multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopama s 12 lijevaka (13 304 jedinke). Nešto manji broj jedinki uhvaćen je u smeđim WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopama (11 924 jedinke).

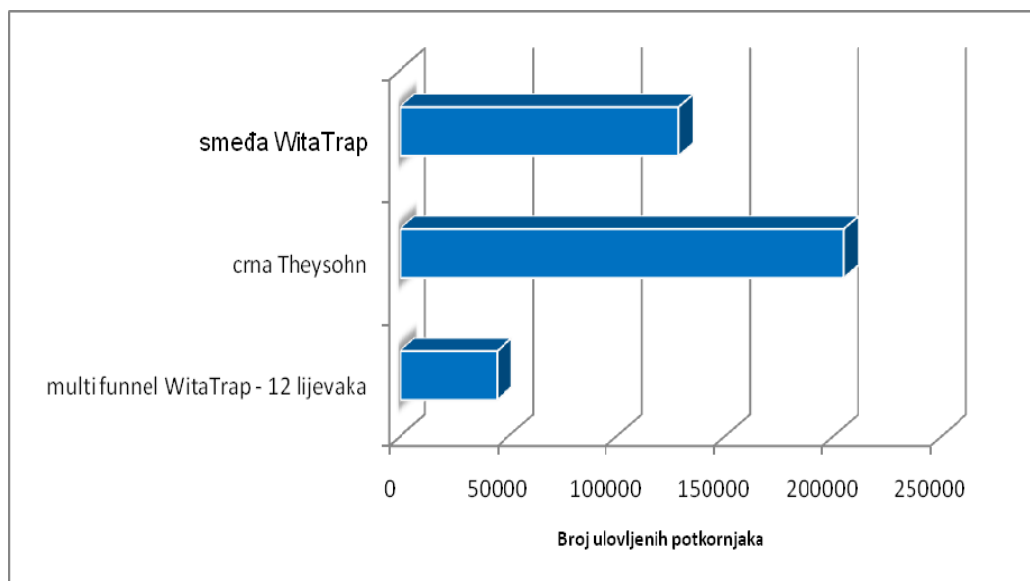


Slika 179. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki smrekovog pisara po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Žitnik



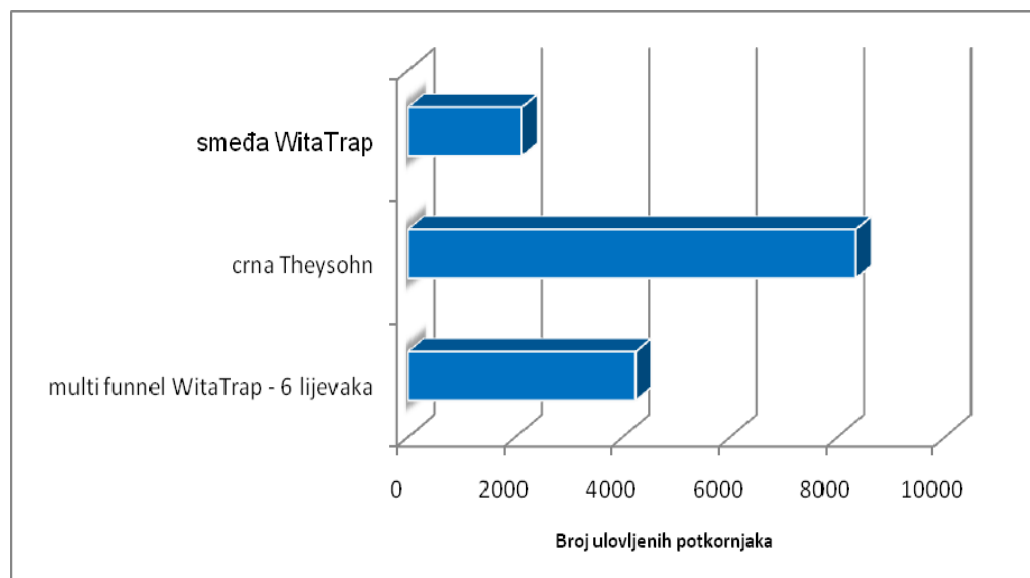
Slika 180. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki smrekovog pisara po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Štirovača

U feromonskim klopka na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik ukupno je uhvaćeno 378 317 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka. Gledajući po vrsti naletno barijerne feromonske klopke ulovi su sljedeći: multi funnel WitaTrap® s 12 lijevaka (44 838 jedinki), crna Theysohn® (204 817 jedinki) te smeđa WitaTrap® (128 662 jedinke).



Slika 181. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Žitnik

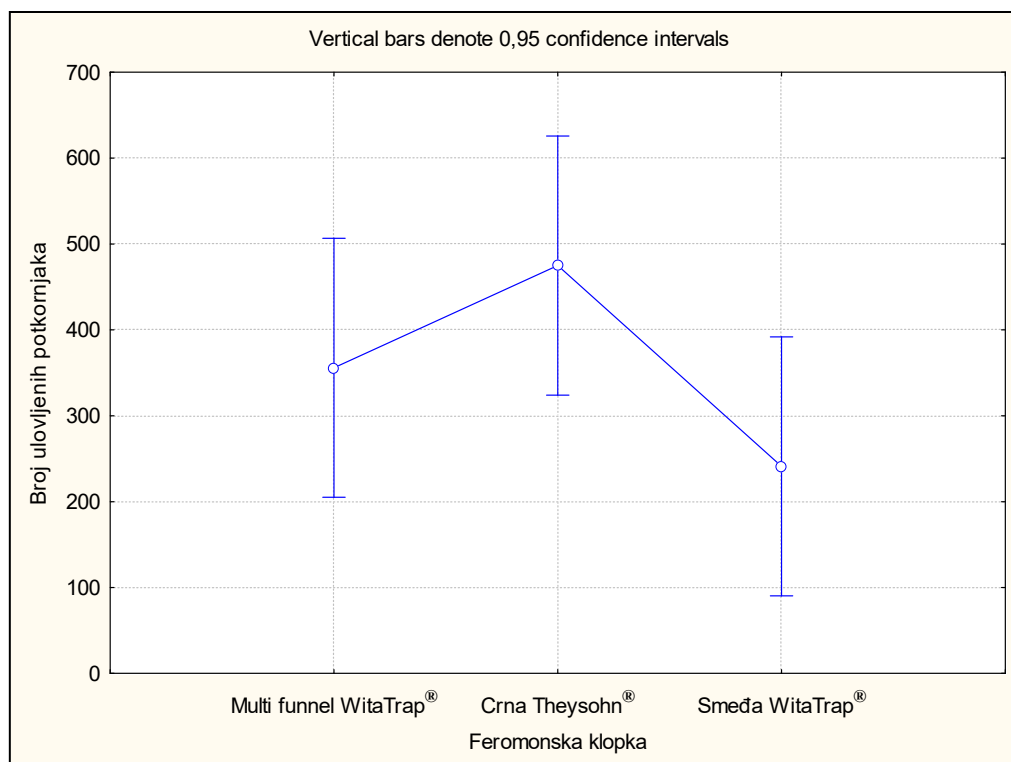
U g.j. Štirovača ukupno je uhvaćeno 14 705 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u svim feromonskim klopka. Najmanji broj jedinki potkornjaka uhvaćen je u smeđim WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopka (2 121 jedinka). U crnim Theysohn<sup>®</sup> feromonskim klopka uhvaćen je najveći broj jedinki potkornjaka (8 345 jedinki), dok je u multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopka sa 6 lijevaka uhvaćeno 4 239 jedinki.



Slika 182. Usporedba ukupno uhvaćenog broja jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka po vrsti naletno barijerne feromonske klopke u g.j. Štirovača

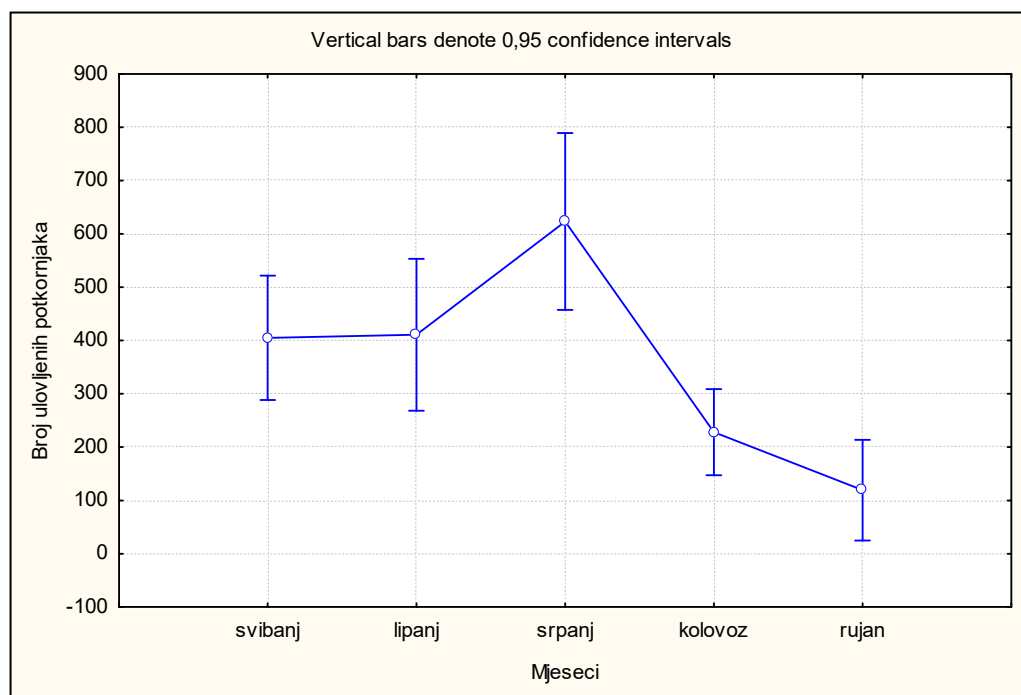
Tablica 64. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim vrstama naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka) u g.j. Žitnik

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	410539	2	205269	3,6014	0,093856
Error	341986	6	56998		
Mjeseci	1343522	4	335881	22,8881	0,000000
Mjeseci*Klopka	241565	8	30196	2,0576	0,082150
Error	352198	24	14875		



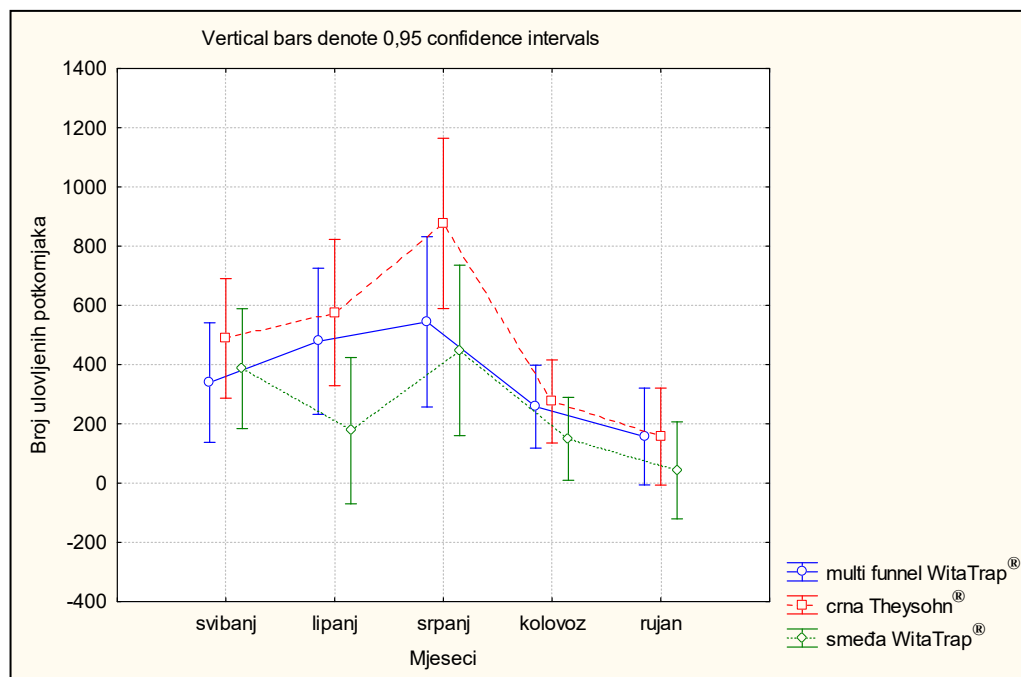
Slika 183. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopkama (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u g.j. Žitnik

Dakle, iz prethodne slike može se zaključiti da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki između testiranih feromonskih klopki korištenih za monitoring populacija smrekovog pisara u g.j. Žitnik na nižoj nadmorskoj visini. Međutim, najveći broj jedinki smrekovog pisara ulovila je crna Theysohn<sup>®</sup> feromonska klopka.



Slika 184. Uprosječene vrijednosti ukupnih ulovi smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik

Vidljivo je da se ulovi u feromonskim klopka statistički signifikantno različiti po mjesecima. Mjesec kolovoz i rujana imaju statistički signifikantno manje ulove u odnosu na ostale mjesece monitoringa. Vrhunac ulova u feromonskim klopka bio je u mjesecu srpnju.

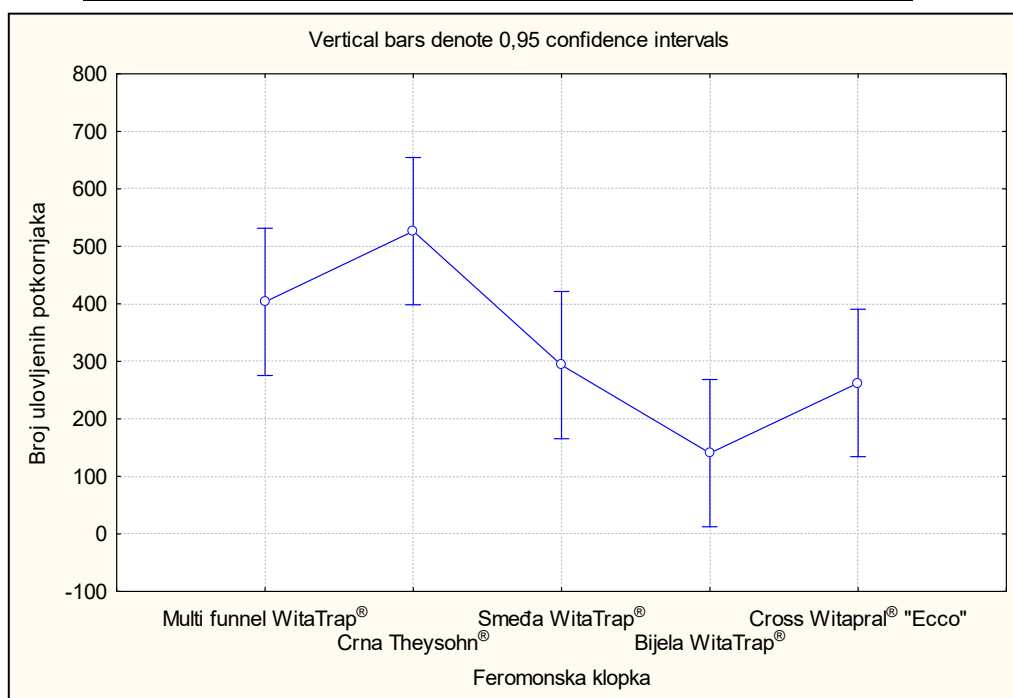


Slika 185. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Žitnik

Na slici 185. vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisra u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>, crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) po mjesecima u g.j. Žitnik. Najveći broj jedinki smrekovog pisara konstantno po mjesecima lovila je klasična crna Theysohn<sup>®</sup> feromonska klopka.

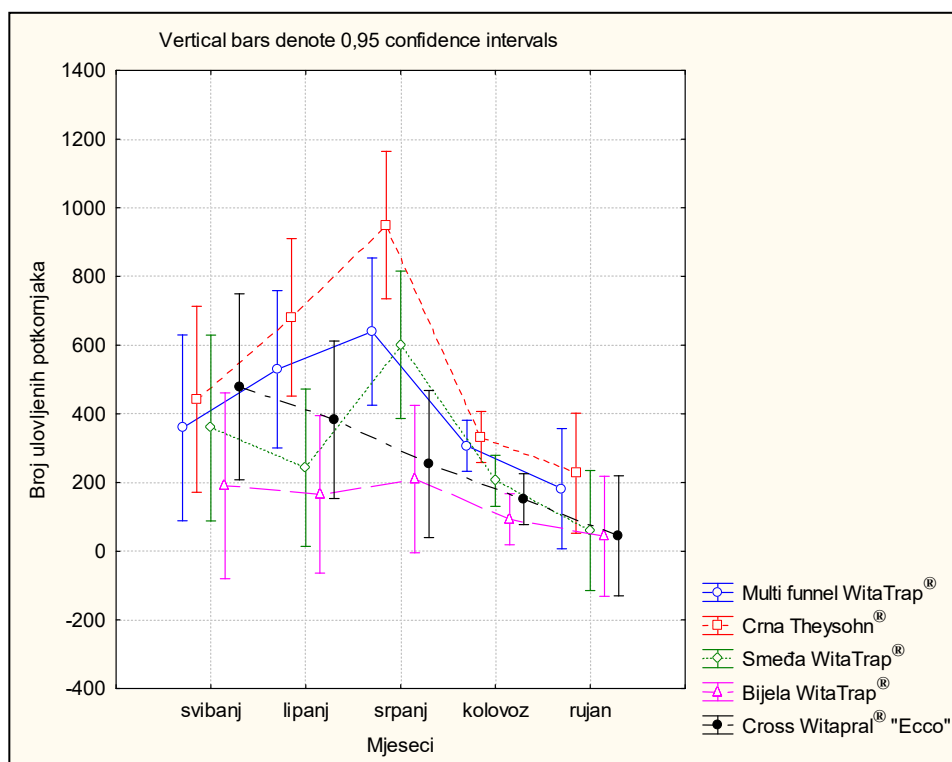
Tablica 65. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka, bijela WitaTrap<sup>®</sup>, cross Witapral<sup>®</sup> „Ecco“) u g.j. Žitnik

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	857149	4	214287	8,638	0,018091
Error	124037	5	24807		
Mjeseci	1067883	4	266971	28,0239	0,000000
Mjeseci*Klopka	479060	16	29941	3,1429	0,008520
Error	190531	20	9527		



Slika 186. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, bijela WitaTrap<sup>®</sup> i cross Witapral<sup>®</sup> „Ecco“) u g.j. Žitnik

Na slici 186. vidljivo je da postoji statistički značajna razlika uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u uspoređivanim feromonskim klopama. Analiza je uključila po dva para klopki od svake vrste što znači da nije zadovoljen varijabilitet podataka. Signifikantna razlika je vidljiva između uprosječenih ukupnih ulova crne Theysohn® klopke s ulovima u feromonskim klopama – bijela WitaTrap® i cross Witapral® „Ecco“ te između multi funnel WitaTrap® feromonske klopke i bijele WitaTrap® feromonske klopke, dok je razlika u ulovima između crne Theysohn® feromonske klopke i smeđe WitaTrap® feromonske klopke gotovo signifikantna.

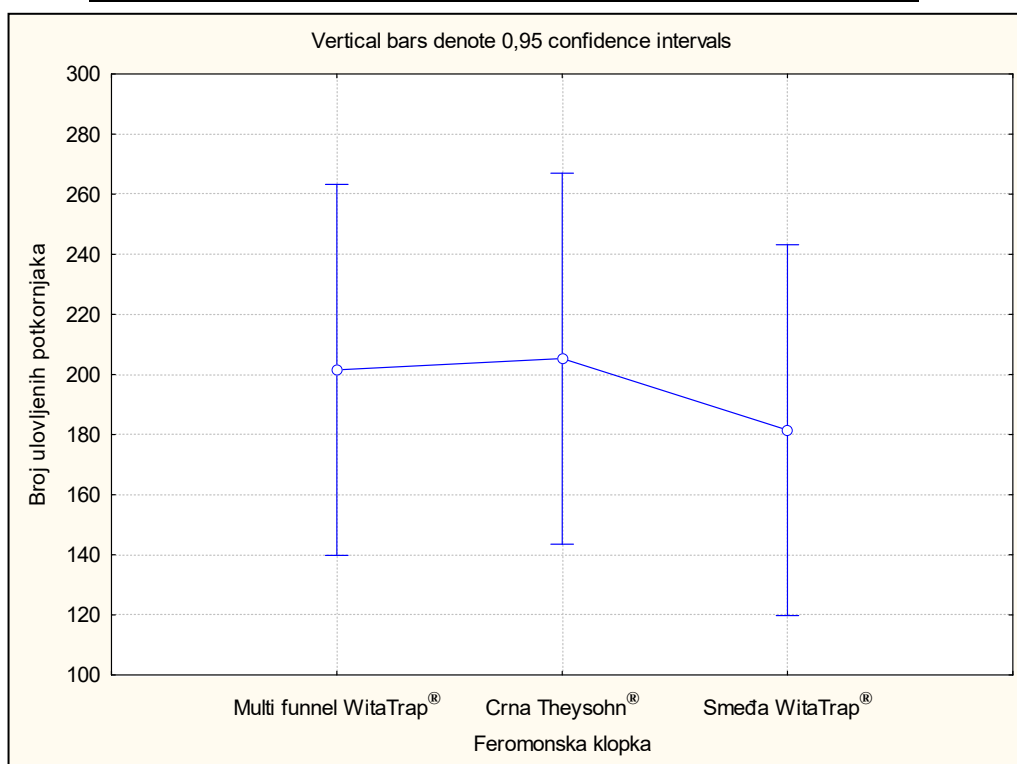


Slika 187. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Žitnik

Vidljivo je postoji statistički značajna razlika između uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim naletno barijernim feromonskim klopama po mjesecima u g.j. Žitnik. Najbolje rezultate monitoringa po mjesecima pokazala je crna Theysohn® feromonska klopka, dok je najlošije rezultate pokazala bijela WitaTrap® feromonska klopka. Statistički značajne razlike uprosječenih ukupnih ulova feromonskih klopki javljaju se kroz duži vremenski period, izuzevši mjesec svibanj i rujanj. Vrhunac ulova u feromonskim klopama bio je u mjesecu srpnju te su razlike uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova u feromonskim klopama najnaglašenije.

Tablica 66. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> s 12 lijevaka) u g.j. Štirovača

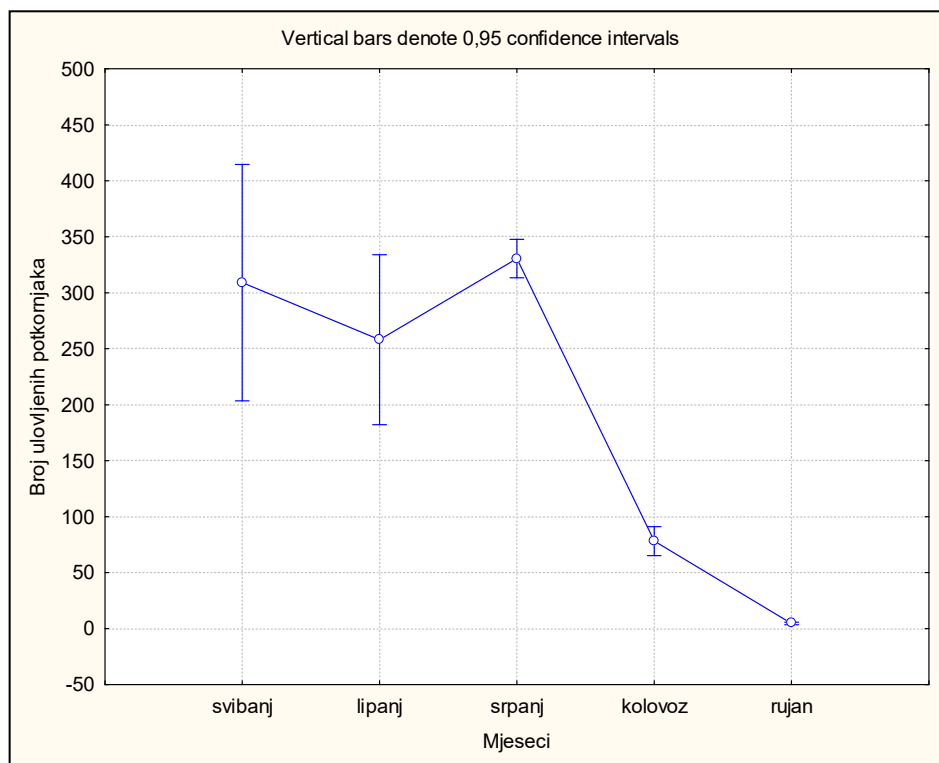
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	4904	2	2452	0,2569	0,781504
Error	57258	6	9543		
Mjeseci	766985	4	191746	46,2874	0,000000
Mjeseci*Klopka	36369	8	4546	1,0974	0,398740
Error	99420	24	4143		



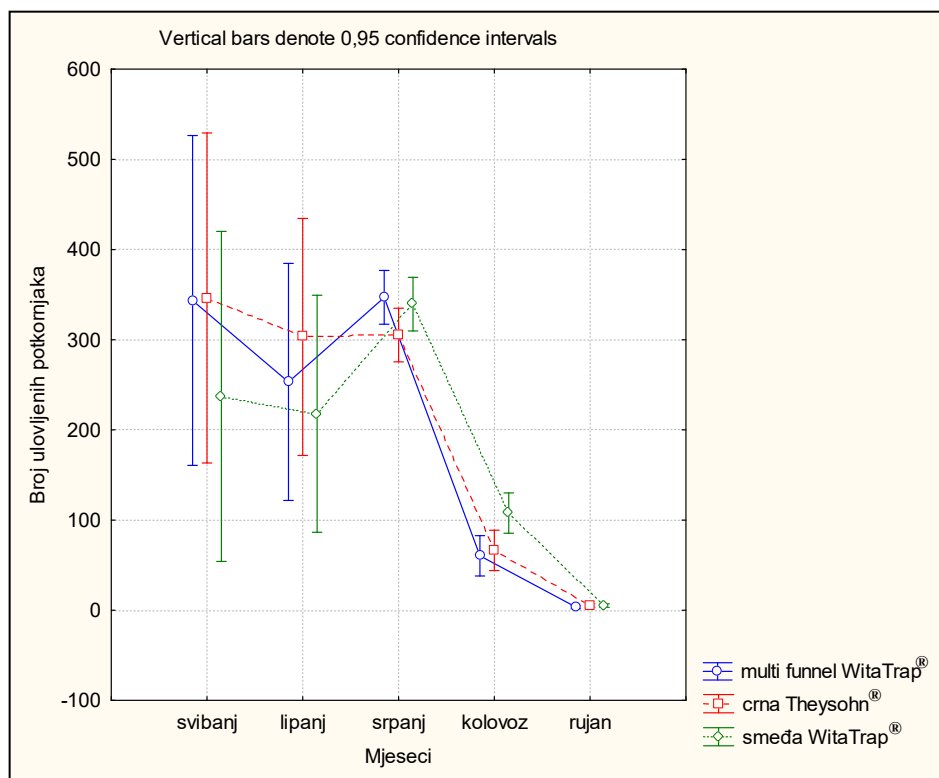
Slika 188. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> s 12 lijevaka, crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u g.j. Štirovača

Na temelju analize uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova u g.j. Štirovača vidljivo je da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između testiranih feromonskih klopki. Sve tri vrste korištenih naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> s 12 lijevaka) pokazale su gotovo jednake rezultate monitoringa populacija smrekovog pisara.





Slika 189. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača

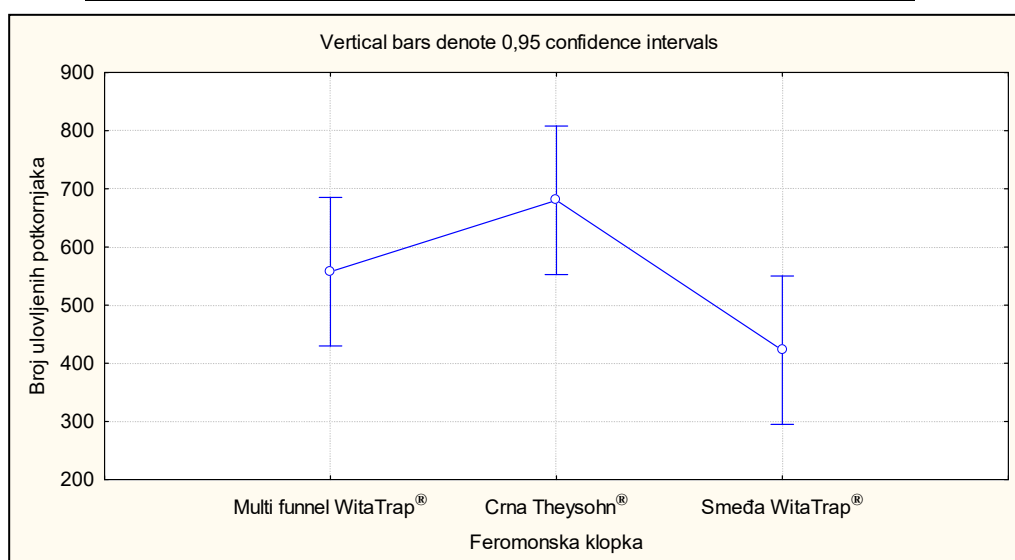


Slika 190. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Štirovača

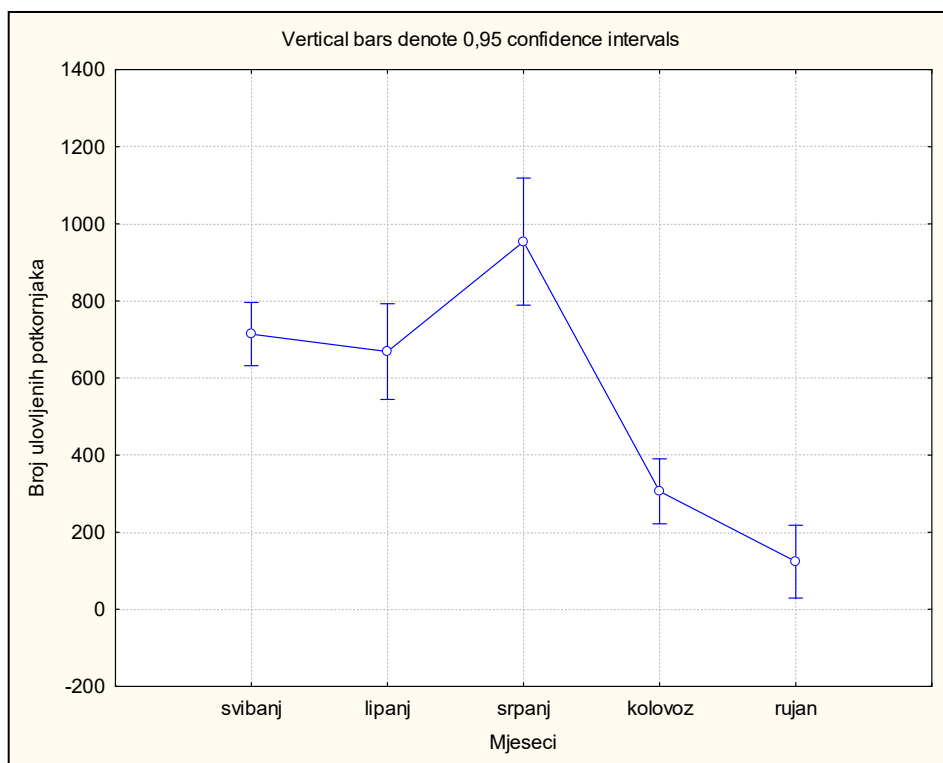
Kao i na nižoj nadmorskoj visini vrhunac ulova smrekovog pisara u feromonskim klopka na višoj nadmorskoj visini bio je u mjesecu srpnju. Također se uprosječene vrijednosti ukupnih ulova tijekom mjeseca kolovoza i rujna statistički razlikuju od ostalih mjeseci monitoringa. Na temelju ANOVA analize ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova u feromonskim klopka u g.j. Štirovača nema statistički značajne razlike između uprosječenih vrijednosti broja ulovljenih potkornjaka ako se uzme u obzir vrsta naletno barijerne klopke i mjeseci. U mjesecu kolovozu smeđa WitaTrap<sup>®</sup> feromonska klopka lovila je signifikantno više potkornjaka u usporedbi s klasičnom crnom Theysohn<sup>®</sup> i multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskom klopkom.

Tablica 67. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova smrekovog pisara različitih naletno barijernih feromonskih klopki (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.

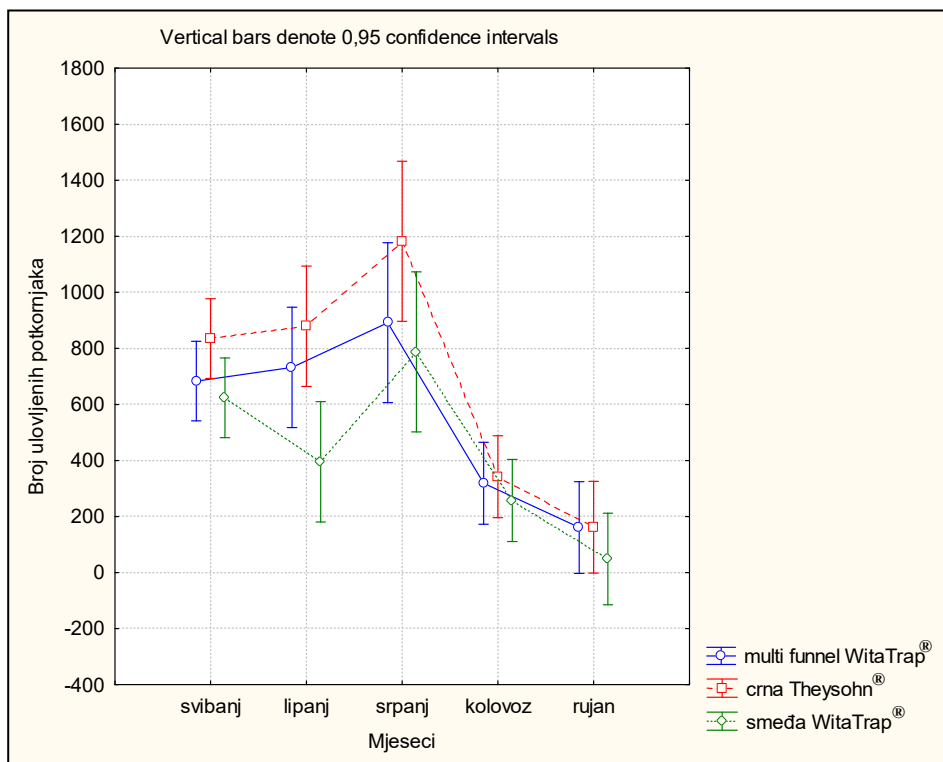
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	498527	2	249263	6,10091	0,035722
Error	244812	6	40802		
Mjeseci	4005817	4	1001454	69,8216	0,000000
Mjeseci*Klopka	230314	8	28789	2,0072	0,089415
Error	344233	24	14343		



Slika 191. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u naletno barijernih feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>, crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.



Slika 192. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.



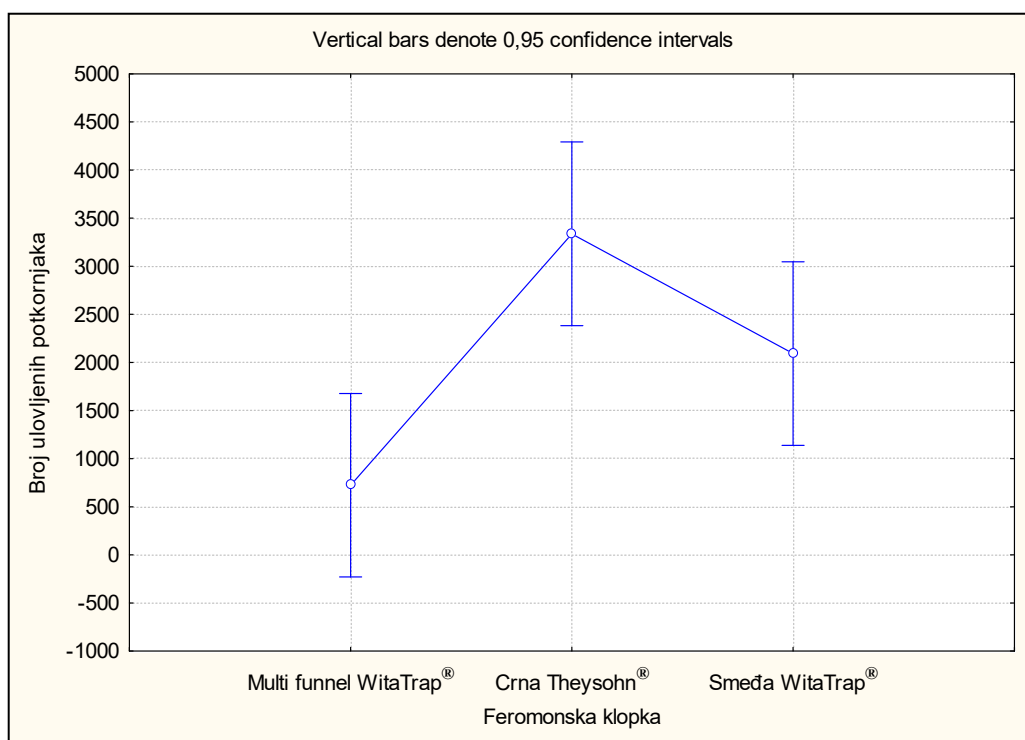
Slika 193. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova smrekovog pisara ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u obje g.j.

Ukoliko se uzme u obzir samo vrsta feromonske klopke vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki između testiranih feromonskih klopki. Uprosječene vrijednosti ukupnih ulova u mjesecu srpnju signifikantno se razlikuju od ostalih mjeseci monitoringa. Ulovi u mjesecima kolovoz i rujan signifikantno se razlikuju od ulova u mjesecima svibanj, lipanj i srpanj. Gledajući uprosječene vrijednosti ukupnih ulova u različitim feromonskim klopka i po mjesecima nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara. Vidljiva je razlika u ulovima za mjesec lipanj gdje se ulovi u smeđoj WitaTrap® feromonskoj klopki signifikantno razlikuju od ulova u crnoj Theysohn® feromonskoj klopki.

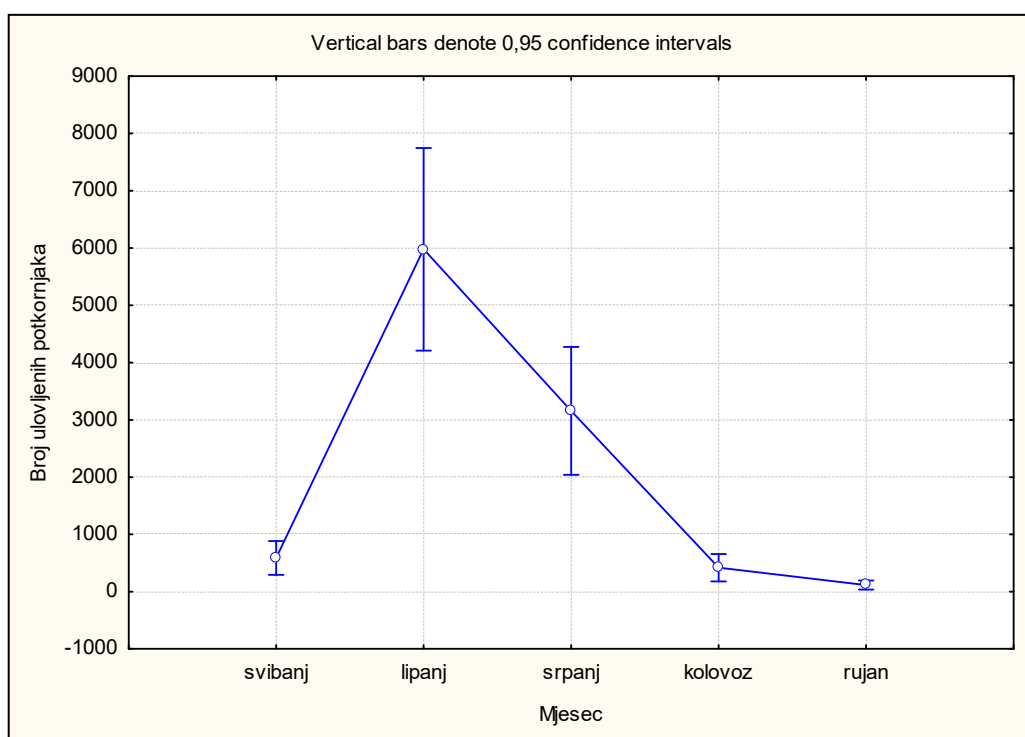
#### 6.6.2. Rezultati monitoringa populacija šesterozubog smrekovog potkornjaka različitim naletno barijernim feromonskim klopka

Tablica 68. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®, multi funnel WitaTrap® s 12 lijevaka) u g.j. Žitnik

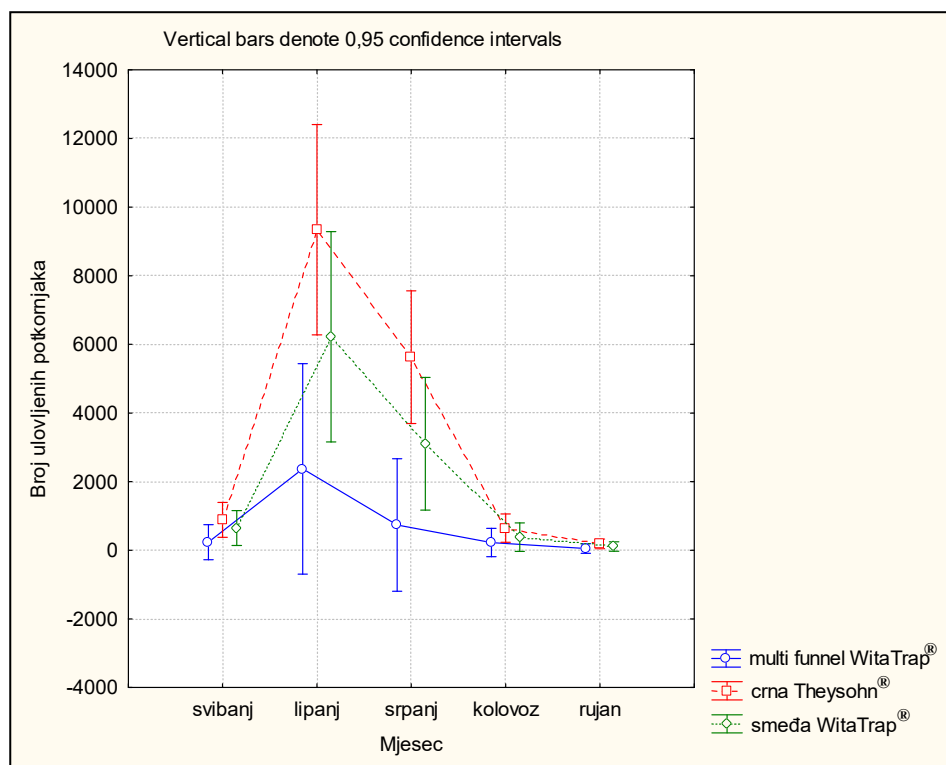
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	51237048	2	25618524	11,22465	0,009381
Error	13694074	6	2282346		
Mjeseci	226796396	4	56699099	50,17211	0,000000
Mjeseci*Klopka	58715248	8	7339406	6,49452	0,000161
Error	27122208	24	1130092		



Slika 194. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap® s 12 lijevaka, crna Theysohn® i smeđa WitaTrap®) u g.j. Žitnik



Slika 195. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Žitnik

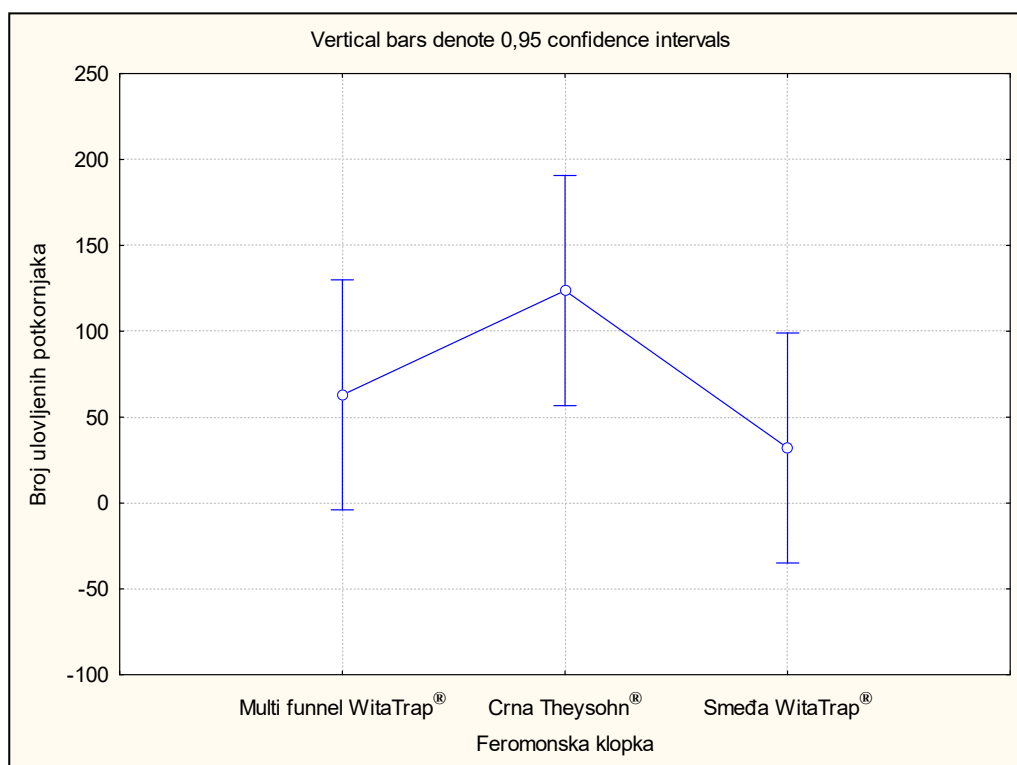


Slika 196. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Žitnik

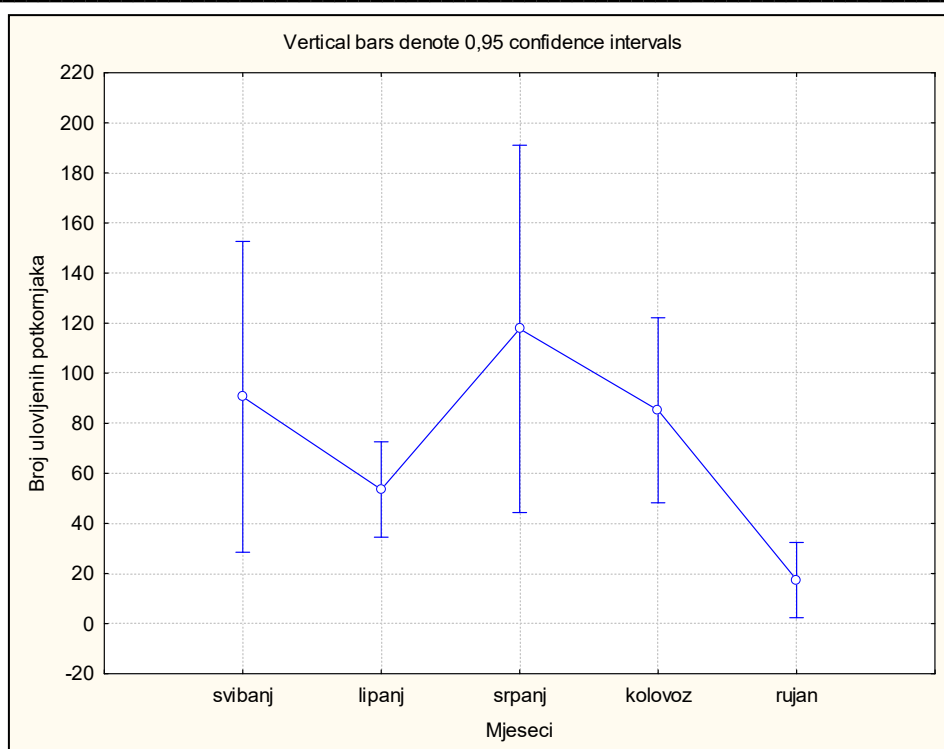
Prema uprosječenim vrijednostima ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka vidljivo je da multi funnel WitaTrap® feromonska klopka s 12 lijevaka lovi signifikantno manje jedinki potkornjaka u usporedbi s crnom Theysohn® feromonskom klopkom. Naletno barijerna crna Theysohn® klopka pokazala je najbolje rezultate monitoringa. Gledajući po mjesecima ulovi svih feromonskih klopki najveći su u mjesecima lipanj i srpanj i upravo se uprosječene vrijednosti ulova svih klopki u tim mjesecima razlikuju od ostalih mjeseci. Vrhunac ulova u feromonskim klopka bio je u mjesecu lipnju. Ukoliko se analiziraju uprosječene vrijednosti ulova po vrsti feromonske klopke i po mjesecima statistički značajna razlika između ulova vidljiva je također u mjesecima lipanj i srpanj. U navedenim mjesecima vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u crnoj Theysohn® klopki i multi funnel WitaTrap® klopki s 12 lijevaka gdje je crna Theysohn® feromonska klopka lovila signifikantno više potkornjaka.

Tablica 69. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka) u g.j. Štirovača

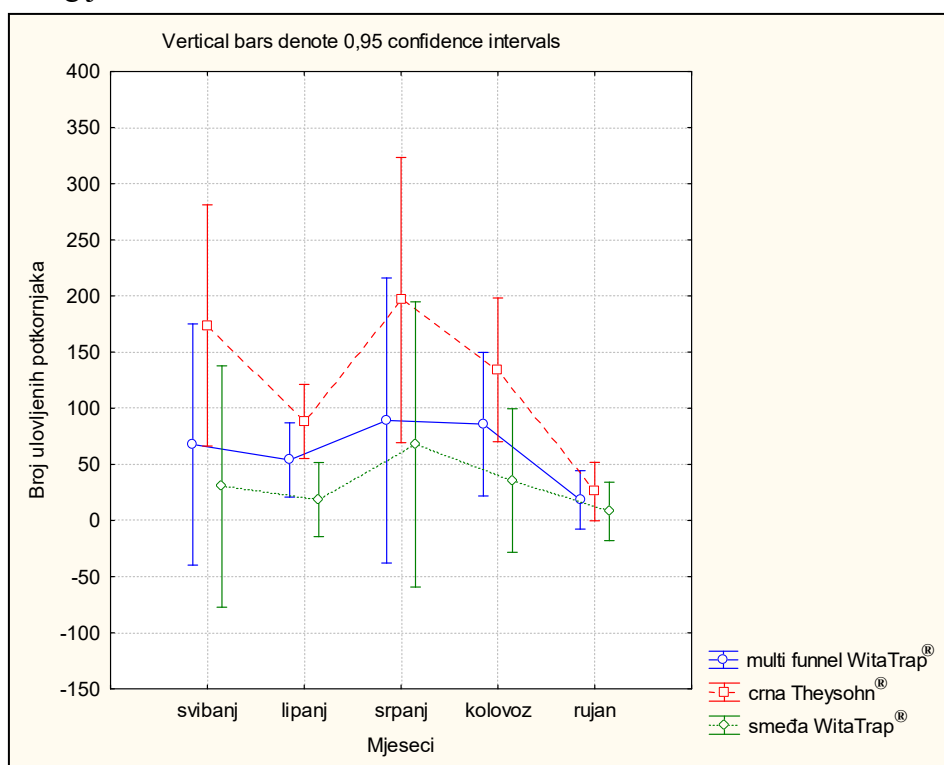
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	65184,0	2	32592,0	2,90296	0,131266
Error	67362,8	6	11227,1		
Mjeseci	53341,7	4	13335,4	9,55868	0,000091
Mjeseci*Klopka	18949,5	8	2368,7	1,69785	0,150426
Error	33482,6	24	1395,1		



Slika 197. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka, crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u g.j. Štirovača



Slika 198. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u g.j. Štirovača



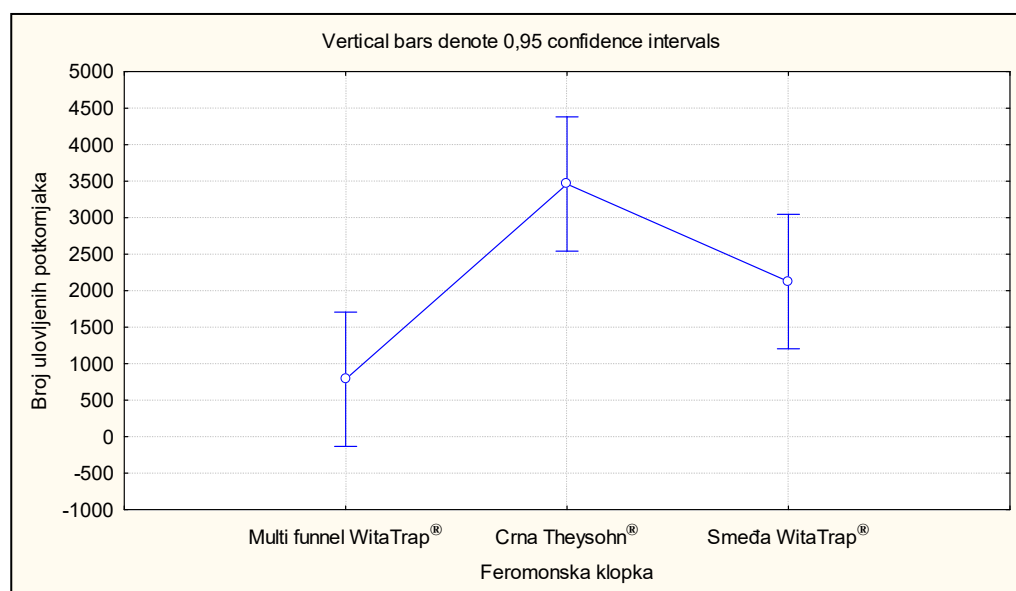
Slika 199. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šestozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u g.j. Štirovača



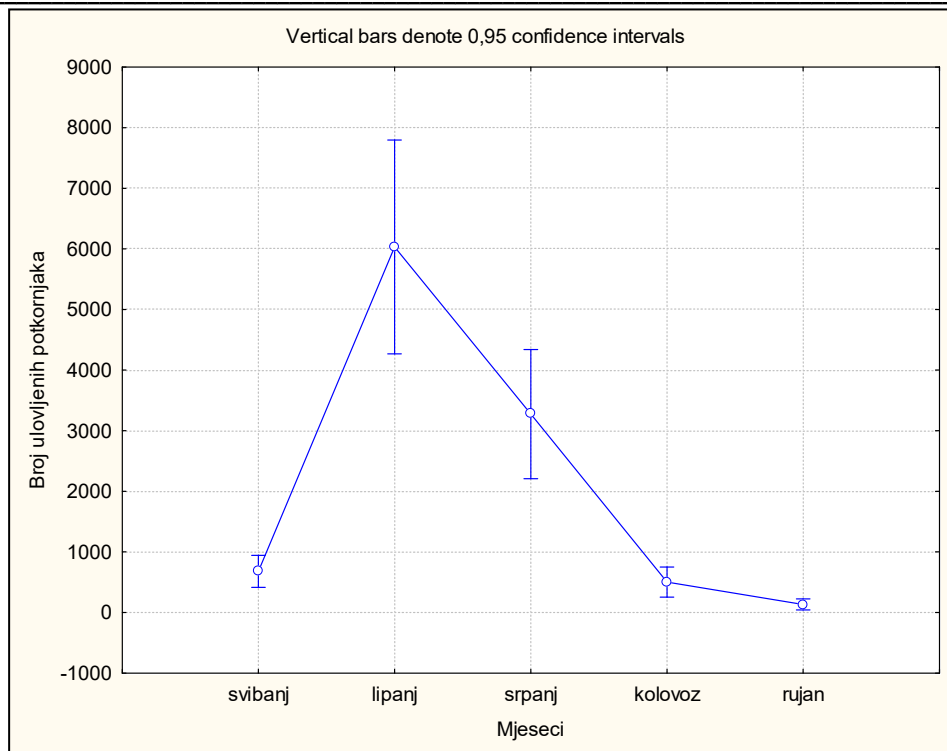
Rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka između terstiranih feromonskih klopki (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> sa 6 lijevaka) na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača. Gledajući uprosječene vrijednosti ukupnih ulova svih vrsta feromonskih klopki po mjesecima vidljivo je da se ulovi u mjesecu rujnu značajno razlikuju od ulova u ostalim mjesecima. Također je vidljivo da nema statistički značajne razlike između uprosječenih vrijednosti broja ulovljenih jedinki potkornjaka u feromonskim klopka ukoliko se uzme u obzir vrsta feromonske klopke i mjeseci.

Tablica 70. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.

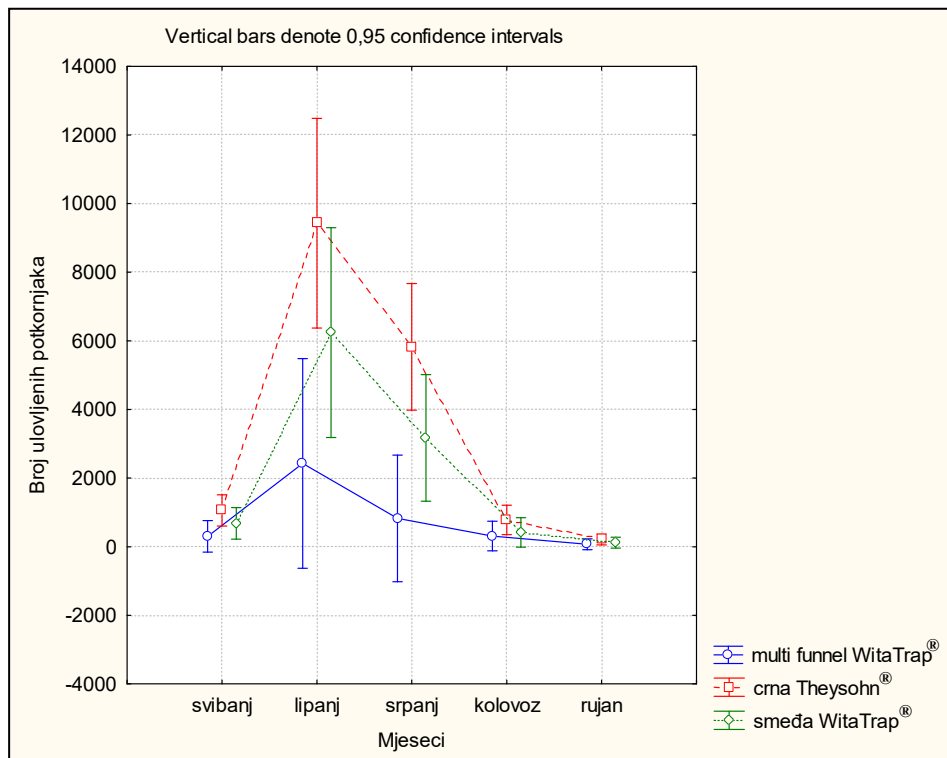
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	53605154	2	26802577	12,63299	0,007067
Error	12729799	6	2121633		
Mjeseci	227482278	4	56870569	50,86697	0,000000
Mjeseci*Klopka	58926492	8	7365811	6,58823	0,000144
Error	26832612	24	1118026		



Slika 200. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>, crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.



Slika 201. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) svih vrsta naletno barijernih feromonskih klopki po mjesecima u obje g.j.



Slika 202. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vrsti naletno barijerne feromonske klopke i po mjesecima u obje g.j.

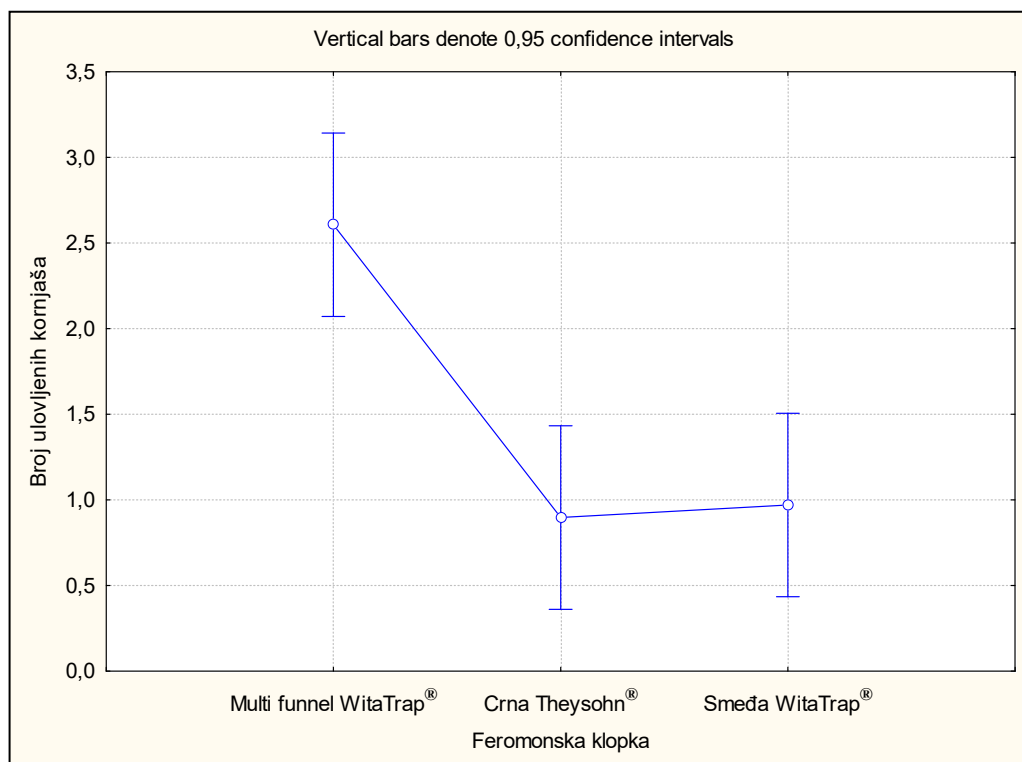
Uprosječene vrijednosti ukupnih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka u feromonskim klopka u obje g.j. pokazuju da multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonska klopka lovi signifikantno manje jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u usporedbi s klasičnom crnom Theysohn<sup>®</sup> feromonskom klopkom. Najveći broj jedinki uhvaćen je tijekom mjeseca lipnja. Statistički značajna razlika uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova vidljiva je između pojedinih mjeseci monitoringa. Ukoliko se promatraju uprosječeni ukupni ulovi šesterozubog smrekovog potkornjaka po vrsti feromonske klopke i po mjesecima vidljivo je da u vrijeme najvećih ulova u mjesecu lipnju i srpnju crna Theysohn<sup>®</sup> feromonska klopka lovi signifikantno više jedinki potkornjaka u odnosu na multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonsku klopku. U ostalim mjesecima monitoringa nije uočena statistički značajna razlika između uprosječenih vrijednosti ulova između testiranih feromonskih klopki.

### 6.6.3. Selektivnost različitih naletno barijernih feromonskih klopki prema predatorskoj entomofauni

Dvije glavne vrste predatora koje najčešće dolaze sa smrekovim pisarom i šesterozubim smrekovim potkornjakom u feromonskim klopka su mravasti kornjaš (*T. formicarius*) i vrsta *N. elongatum*.

Tablica 71. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova mravastog kornjaša (*Thanasimus formicarius*) u različitim naletno barijernih feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	28,0408	2	14,0204	19,50014	0,002370
Error	4,3137	6	0,7189		
Mjeseci	127,6837	4	32,9209	76,0928	0,000000
Mjeseci*Klopka	28,2353	8	3,5294	8,4134	0,000022
Error	10,0680	24	0,4195		



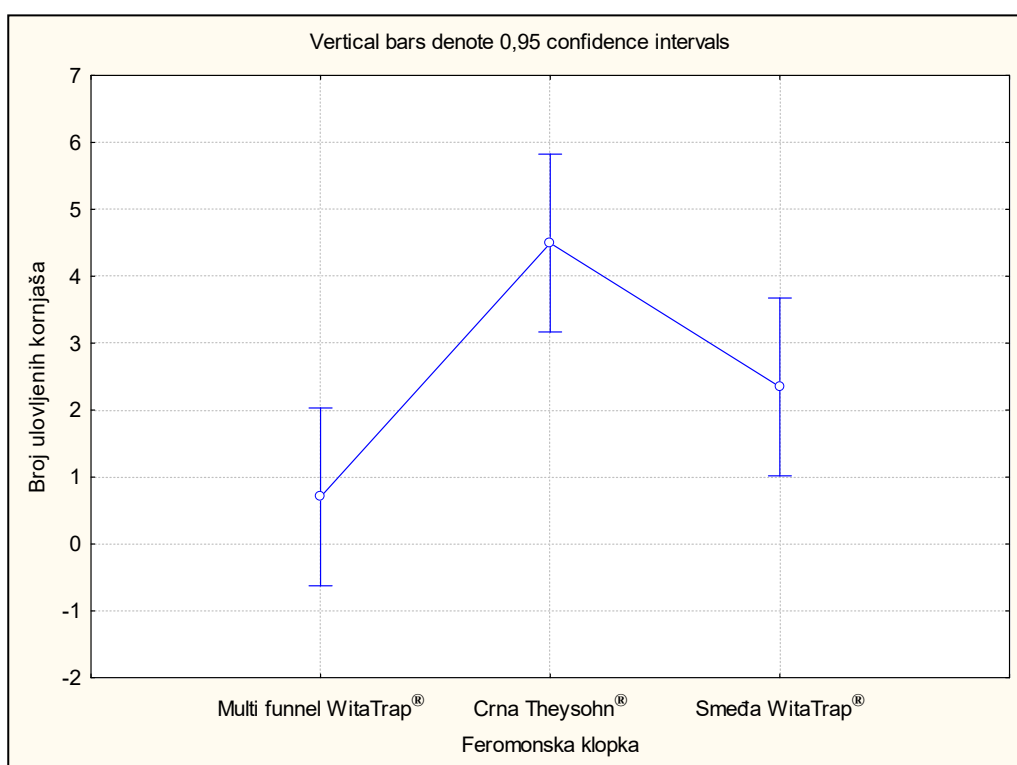
Slika 203. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova mravastog kornjaša ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopkama (multi funnel WitaTrap®, crna Theysohn®, smeđa WitaTrap®) u obje g.j.

Analiza ukupnih ulova mravastog kornjaša u feromonskim klopkama pokazala je da su multi funnel WitaTrap® feromonske klopke značajno manje selektivne, odnosno da love veći broj jedinki mravastog kornjaša u usporedbi sa crnom Theysohn® i smeđom WitaTrap® feromonskom klopkom koje su pokazale gotovo jednaku selektivnost.

Najveći broj jedinki ove predatorske vrste u feromonskim klopkama uhvaćen je tijekom mjeseca srpnja. U mjesecu srpnju ulovi smrekovog pisara u feromonskim klopkama također su bili najveći.

Tablica 72. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenih ukupnih ulova predatora *Nemozoma elongatum* u različitim naletno barijernim feromonskim klopka (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Klopka	108,5621	2	54,2811	12,28032	0,007568
Error	26,5210	6	4,202		
Mjeseci	248,6613	4	62,1653	20,95294	0,000000
Mjeseci*Klopka	137,0790	8	17,1349	5,77534	0,000373
Error	71,2057	24	2,9669		



Slika 204. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnih ulova predatora *Nemozoma elongatum* ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u naletno barijernim feromonskim klopka (multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>, crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) u obje g.j.

### 6.7. Metode uspostave šumskog reda

Tijekom tri godine ukupno je pregledano 216 grana za obje metode, odnosno 108 grana za svaku od metoda. Gledajući po godini pregledano je i analizirano 36 grana za svaku metodu. Ukupna dužina pregledanih grana tijekom trogodišnjeg istraživanja za obje metode iznosi 586,14 m. Kod metode slaganja deblji dio grane prema centru hrpe ukupno je pregledano 293,31 m grana i izbrojano 4 671 bračna komorica i galerija potkornjaka. Za suprotnu metodu slaganja grana s debljim dijelom grane prema vanjskom rubu hrpe ukupno je pregledano 292,84 m grana i izbrojano 5 873 bračne komorice i galerije potkornjaka. Najčešća vrsta u granama bio je šesterozubi smrekov potkornjak. U pregledanim granama pronađene su bračne komorice i galerije četiri vrste potkornjaka: šesterozubog smrekovog potkornjaka (*P. chalcographus*), smrekovog pisara (*I. typographus*), crnog likara (*Hylurgops palliatus* (Gyllenhal, 1813) i vrste *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg, 1837).

Kod vrste *P. chalcographus* brojane su bračne komorice, dok kod ostalih vrsta potkornjaka brojane su galerije.

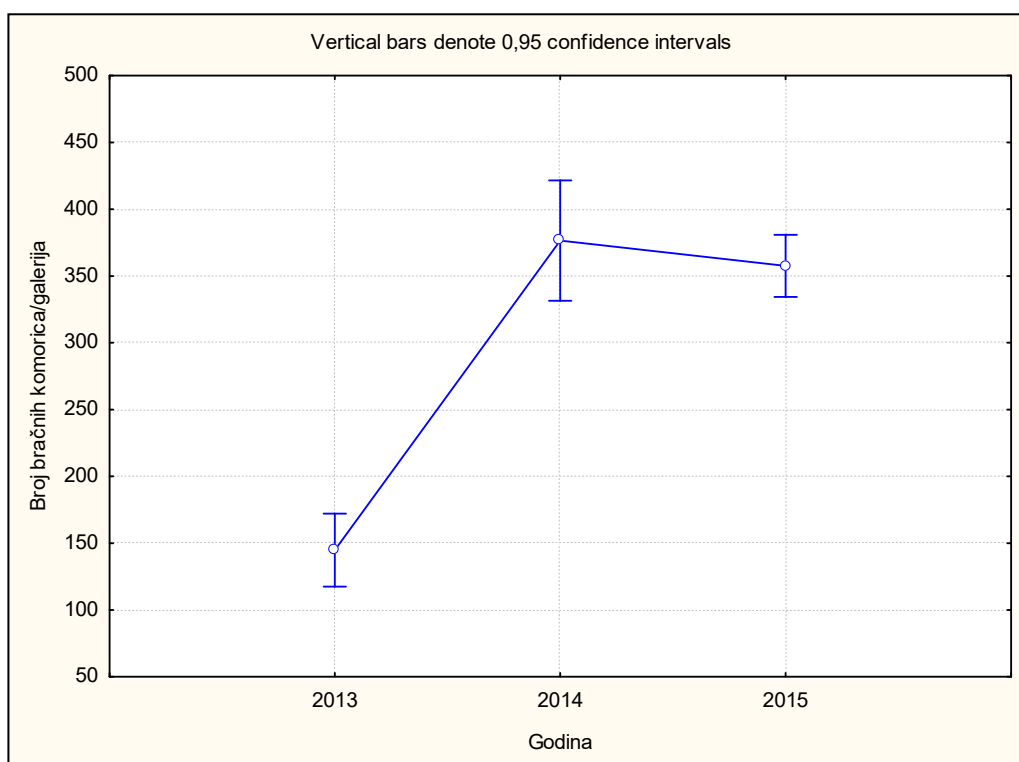
Tablica 73. Podaci pregledanih grana po metodama i po godinama u obje g.j.

Štirovača												
Godina	Vrijeme	Duljina grane	Metoda - deblji dio unutra			Godina	Vrijeme	Duljina grane	Metoda - deblji dio van			
			Broj bračnih komorica	Broj galerija					Broj bračnih komorica	Broj galerija		
		(m)	<i>P.chalcographus</i>	<i>I. typographus</i>	<i>D. autographus</i>			(m)	<i>P.chalcographus</i>	<i>I. typographus</i>	<i>D. autographus</i>	<i>H. palliatus</i>
2013	proljeće	23,27	253	7	0	2013	proljeće	23,00	386	1	0	11
	ljeto	35,55	309	2	0		ljeto	33,26	287	0	0	1
2014	proljeće	22,11	512	98	0	2014	proljeće	26,15	619	118	0	0
	ljeto	24,69	0	0	0		ljeto	23,81	0	1	0	0
2015	proljeće	26,12	511	16	128	2015	proljeće	28,42	517	2	178	0
	ljeto	22,04	69	0	0		ljeto	23,37	73	0	0	0
Σ		153,78	1654	123	128	Σ		158,01	1882	122	178	12
Žitnik												
Godina	Vrijeme	Duljina grane	Metoda - deblji dio unutra			Godina	Vrijeme	Duljina grane	Metoda - deblji dio van			
			Broj bračnih komorica	Broj galerija					Broj bračnih komorica	Broj galerija		
		(m)	<i>P.chalcographus</i>	<i>I. typographus</i>	<i>D. autographus</i>			(m)	<i>P.chalcographus</i>	<i>I. typographus</i>	<i>D. autographus</i>	<i>H. palliatus</i>
2013	proljeće	24,05	117	3	0	2013	proljeće	22,55	108	1	0	0
	ljeto	23,53	138	0	0		ljeto	22,02	109	2	0	0
2014	proljeće	23,21	874	20	0	2014	proljeće	26,27	1565	25	0	0
	ljeto	21,43	340	3	0		ljeto	20,08	343	0	0	0
2015	proljeće	25,06	617	32	0	2015	proljeće	21,20	724	16	0	0
	ljeto	22,25	620	2	0		ljeto	22,71	784	2	0	0
Σ		139,53	2706	60	0	Σ		134,83	3633	46	0	0
ΣΣ		293,31	4360	183	128	ΣΣ		292,84	5515	168	178	12
			4671						5873			

### 6.7.1. Usporedba rezultata po godinama istraživanja

Tablica 74. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama korištenih metoda po godinama istraživanja u obje g.j.

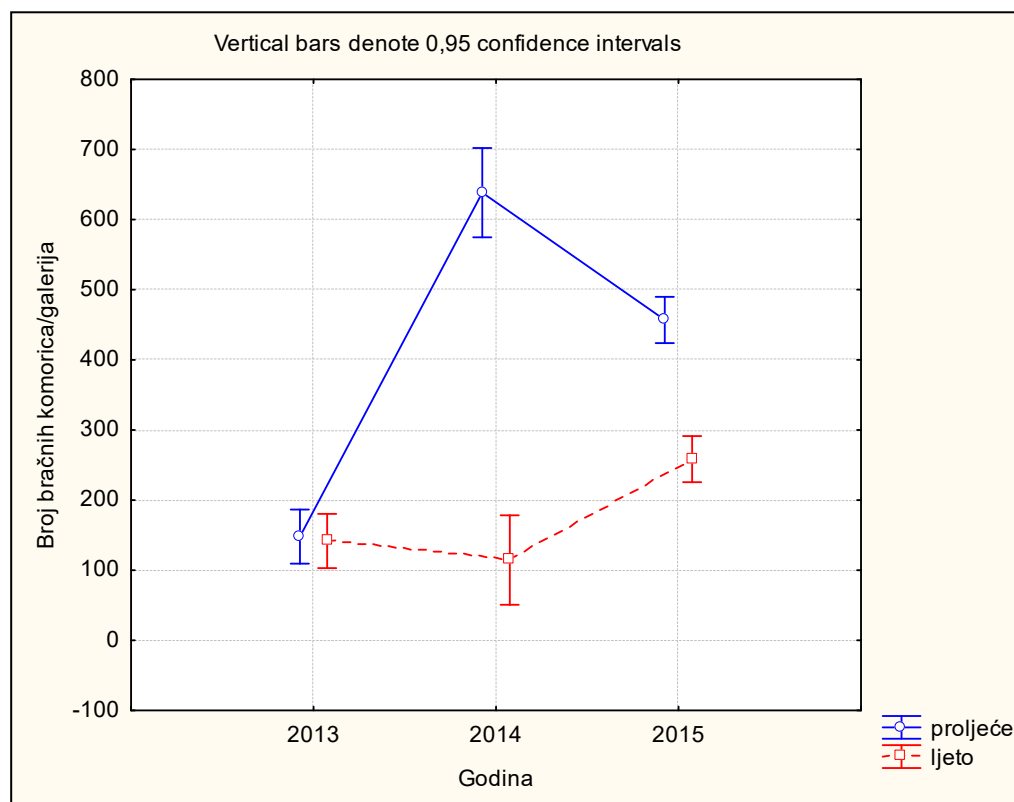
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Vrijeme	531441	1	531441	176,769	0,000001
Metoda	40133	1	40133	13,349	0,006460
Vrijeme*Metoda	25814	1	25814	8,586	0,018992
Error	24051	8	3006		
Godina	398049	2	199024	88,508	0,000000
Godina*Vrijeme	410621	2	205310	91,303	0,000000
Godina*Metoda	24492	2	12246	5,446	0,015704
Godina*Vrijeme*Metoda	33206	2	16603	7,383	0,005349
Error	35979	16	2249		



Slika 205. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u pregledanim granama korištenih metoda slaganja po godinama istraživanja u obje g.j.

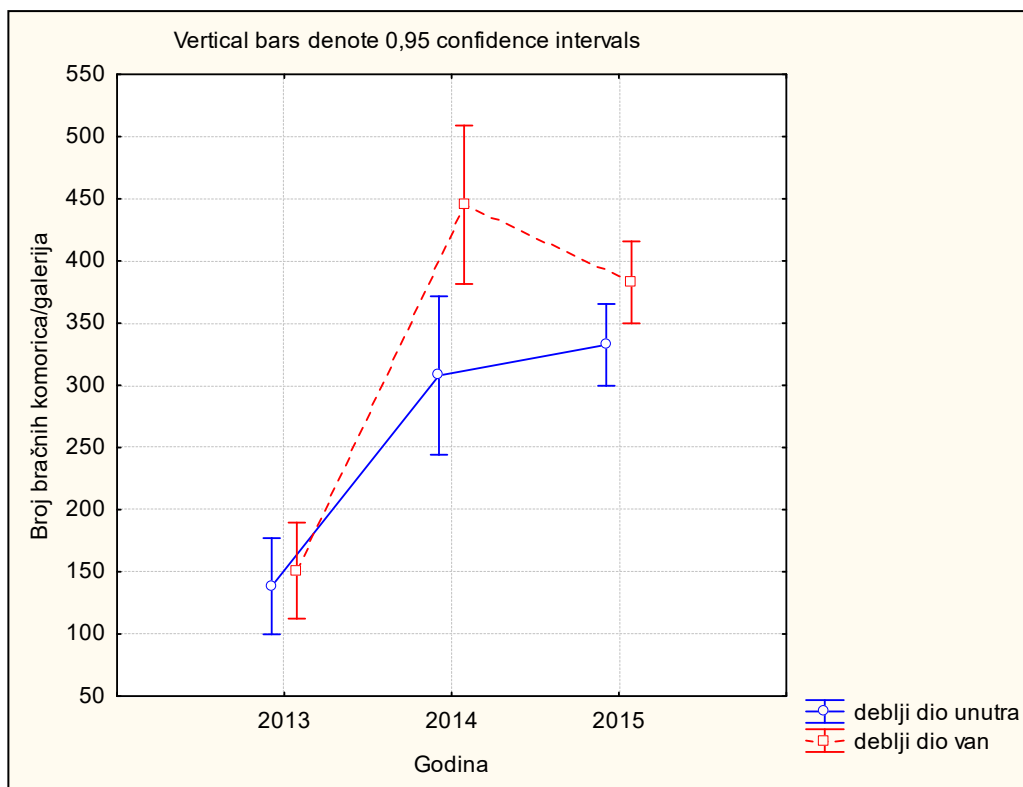


Analiza uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama pokazuje statistički značajnu razliku između godina istraživanja, odnosno broj komorica/galerija potkornjaka u pregledanim granama tijekom 2013. statistički se signifikantno razlikuje od 2014. i 2015. godine. Između 2014. i 2015. godine nema statistički značajne razlike u broju bračnih komorica/galerija potkornjaka u pregledanim granama.



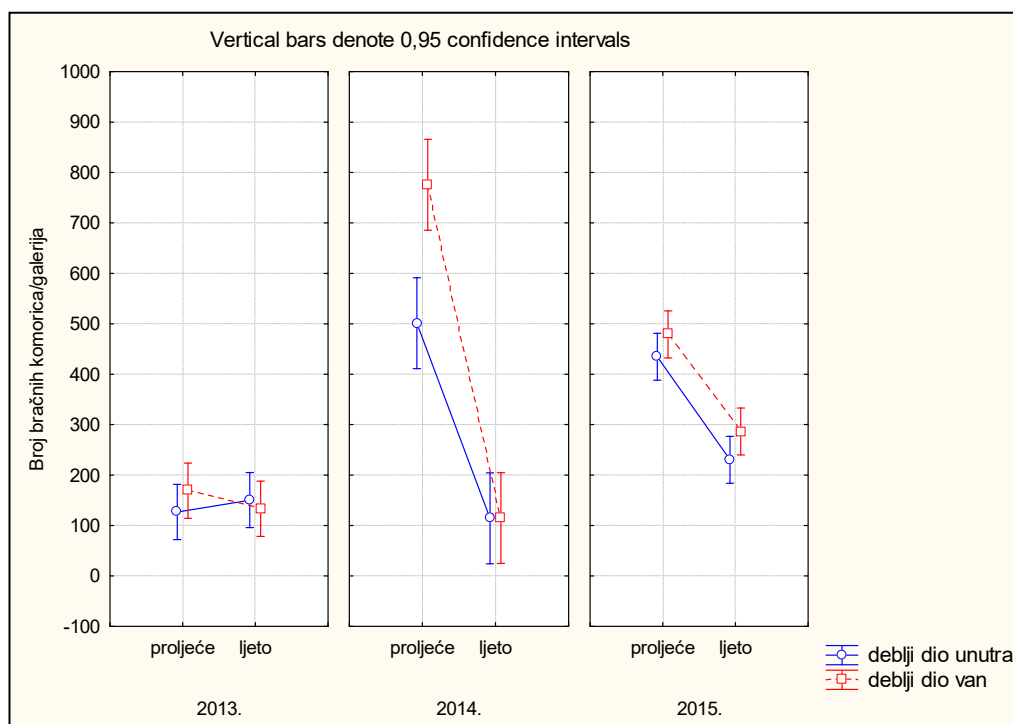
Slika 206. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) u pregledanim granama po godinama istraživanja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j.

Vidljivo da postoji statistički značajna razlika u broju bračnih komorica/galerija potkornjaka u uzorkovanim granama ukoliko se uzmu u obzir parametri – godina istraživanja i vrijeme pregleda (proljeće, ljetno). U proljeće 2014. i 2015. broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama bio je statistički signifikantno veći u odnosu na broj komorica/galerija u granama koje su uzorkovane za vrijeme ljetnog rojenja potkornjaka. Navedena razlika nije opažena tijekom 2013. godine iako su grane uzorkovane tijekom proljeća imale nešto veći broj bračnih komorica/galerija nego grane koje su uzorkovane tijekom ljeta.

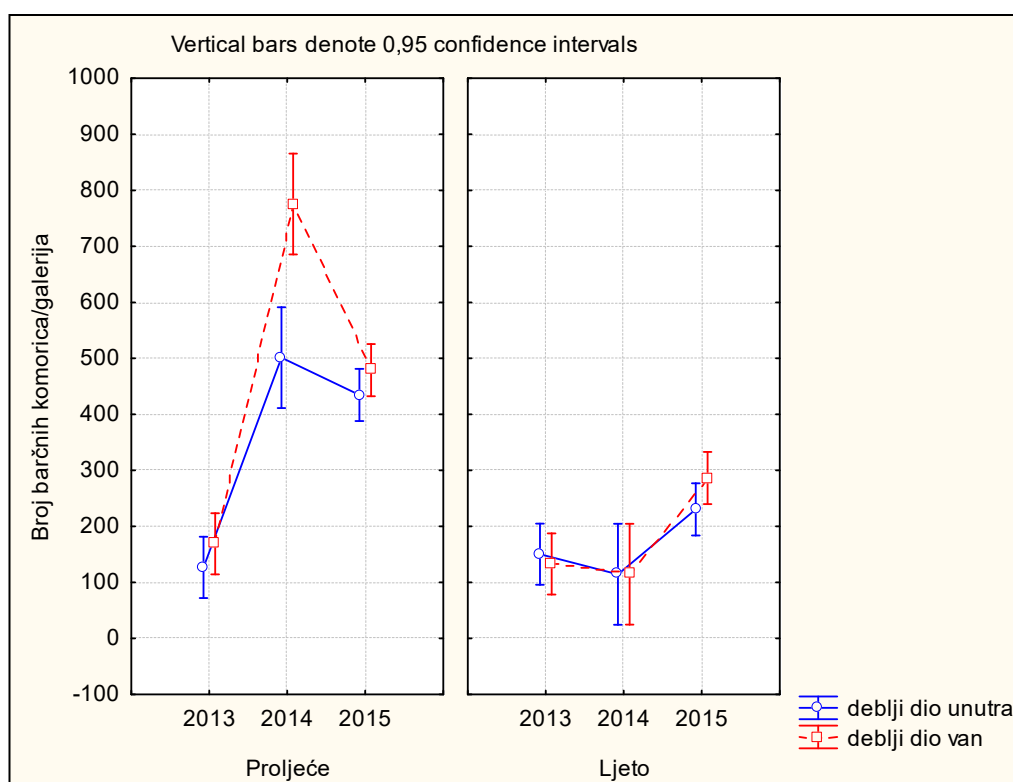


Slika 207. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodi slaganja i godini istraživanja u obje g.j.

Treba istaknuti da postoji statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama ukoliko uzmemo u obzir korištenu metodu i godinu istraživanja. U 2014. godini uzorkovane grane iz hrpe s debljim krajem grana prema van (rub hrpe) imale su statistički veći broj ubušenih potkornjaka, odnosno bračnih komorica/galerija u odnosu na uzorkovane grane iz hrpe s debljim krajem grana prema unutra (centar hrpe). Navedena razlika nije vidljiva za godine 2013. i 2015., iako je broj bračnih komorica/galerija bio veći, ali ne signifikantno u uzorkovanim granama iz hrpe s debljim krajem grana prema van. Može se zaključiti da je broj bračnih komorica/galerija u granama uzorkovanim iz hrpa s debljim dijelom grana prema van konstantno po godinama bio veći usporedno s granama uzorkovanim iz hrpa koje su uhrpane suprotnom metodom slaganja.



Slika 208. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po godini istraživanja, vremenu pregleda uzorkovanih grana i korištenoj metodi slaganja u obje g.j.



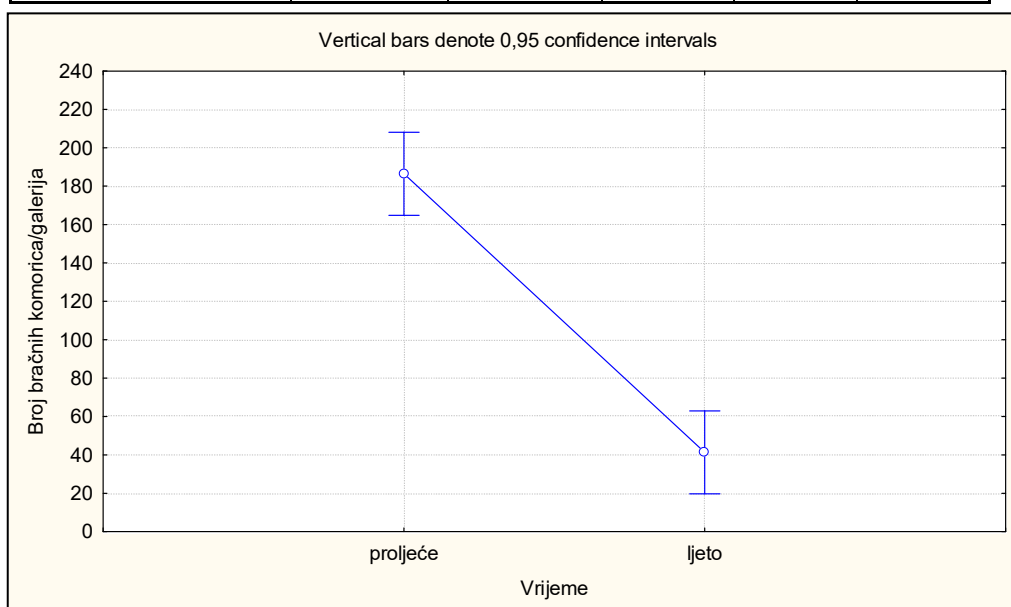
Slika 209. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodi slaganja, vremenu pregleda uzorkovanih grana i godini istraživanja u obje g.j.

Ukoliko se uzmu u obzir godina istraživanja, primjenjena metoda i vrijeme pregleda uzorkovanih grana vidljivo je da postoji statistički značajna razlika u broju bračnih komorica/galerija potkornjaka u uzorkovanim granama.

### 6.7.2. Cjelokupni rezultati istraživanja po lokacijama pokusa

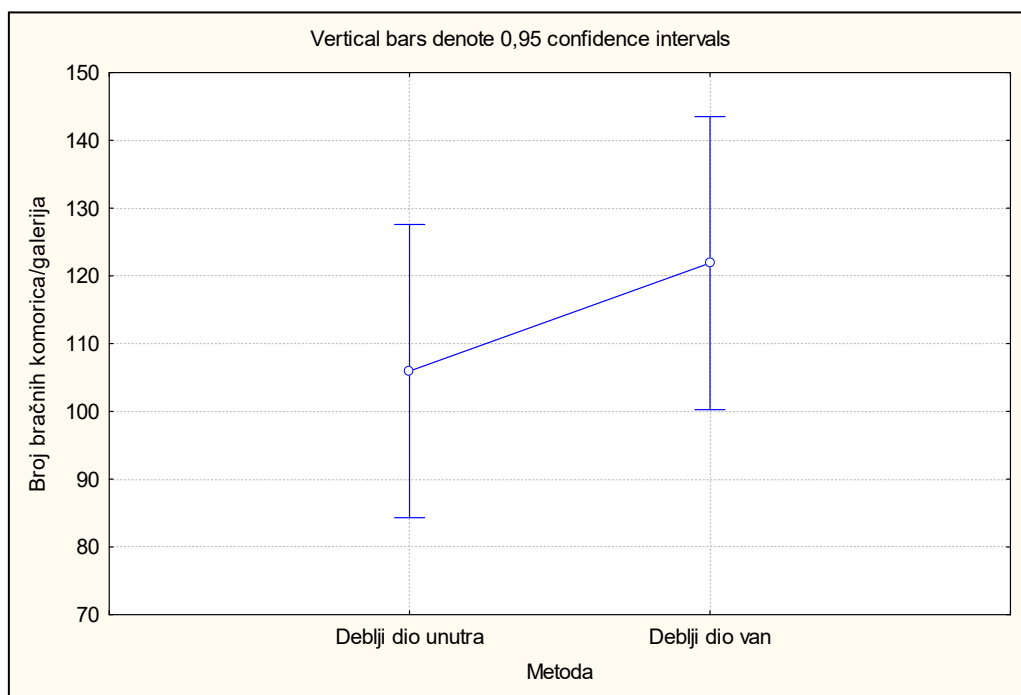
Tablica 75. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u g.j. Štirovača

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Vrijeme	189950,7	1	189950,7	1193199	0,000004
Metoda	2320,0	1	2320,0	1,4574	0,261830
Vrijeme*Metoda	2934,0	1	2934,0	1,843	0,211647
Error	12735,6	8	1591,9		
Pozicija	58179,1	2	29089,5	17,7512	0,000087
Pozicija*Vrijeme	5860,4	2	2930,2	1,7881	0,199131
Pozicija*Metoda	4662,4	2	2331,2	1,4226	0,270004
Pozicija*vrijeme*Metoda	6778,4	2	3389,2	2,0682	0,158996
Error	26219,8	16	1638,7		

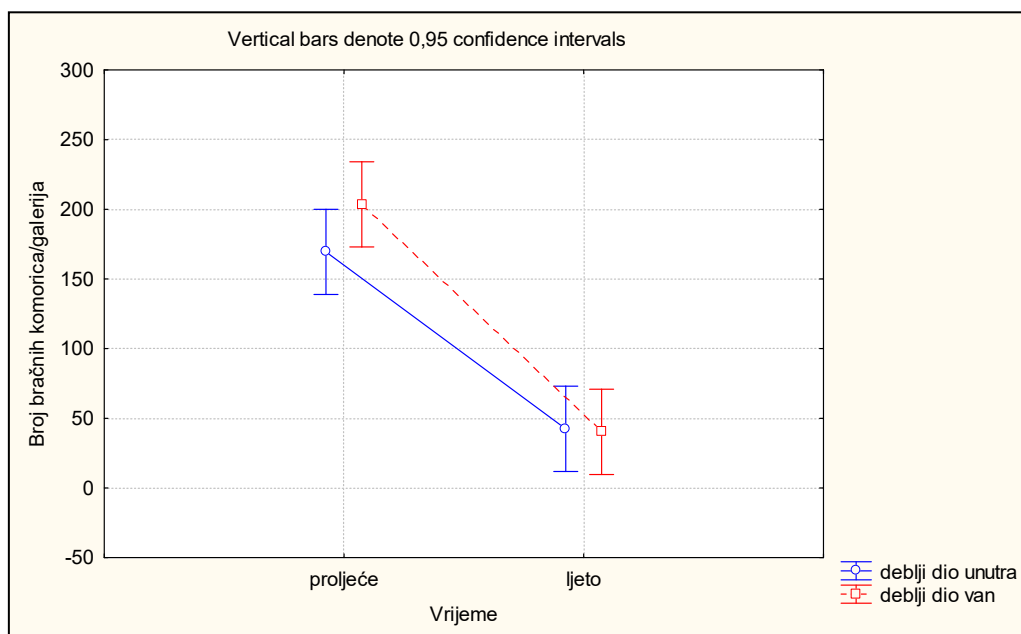


Slika 210. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama za obje metode slaganja prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača

Vidljivo je da je broj bračnih komorica/galerija potkornjaka u pregledanim granama za obje metode bio signifikantno veći u proljeće nego u ljeto tijekom trogodišnjeg istraživanja u g.j. Štirovača.

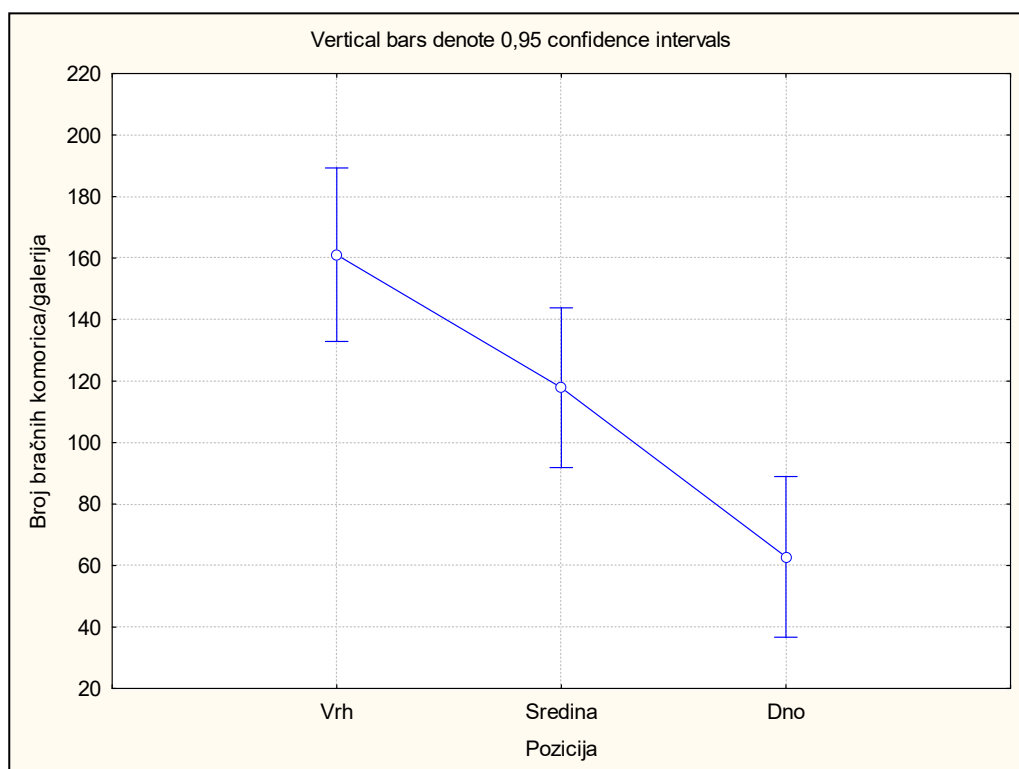


Slika 211. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u g.j. Štirovača



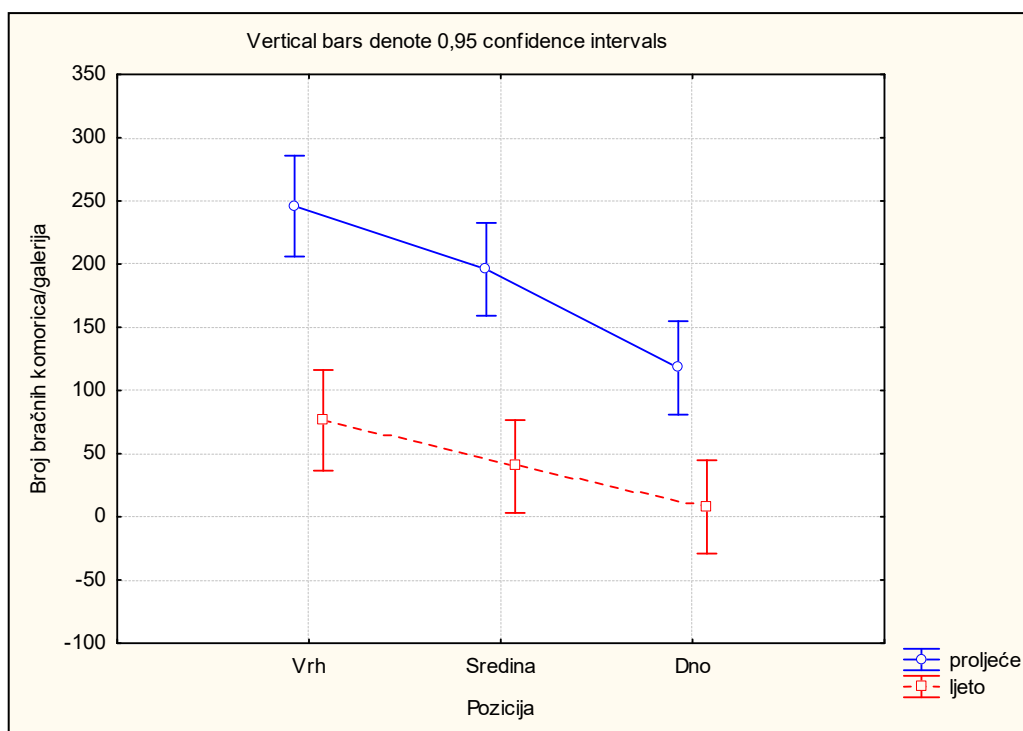
Slika 212. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača

Dakle, broj bračnih komorica/galerija potkornjaka u pregledanim granama statistički se ne razlikuje između primjenjenih metoda na višoj nadmorskoj visini. Ukoliko se uzmu u obzir korištene metode i vrijeme pregleda grana (proljeće, ljeto) nema statistički značajne razlike u broju bračnih komorica/galerija potkornjaka. Međutim, kod obje metode vidljiva je statistička značajna razlika između broja bračnih komorica/galerija ukoliko usporedimo proljeće i ljeto, gdje je kod obje metode broj bračnih komorica/galerija bio signifikantno veći u proljeće.

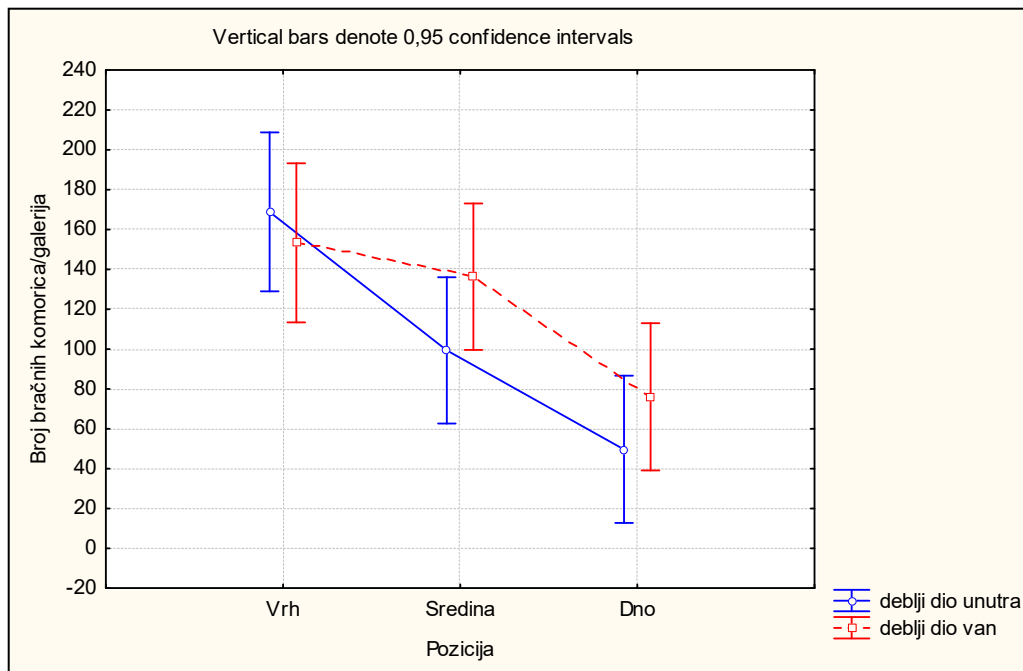


Slika 213. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača

Očekivano broj bračnih komorica/galerija potkornjaka u pregledanim granama je opadao u uzorkovanim granama od vrha prema dnu hrpe. Razlog najvećeg broja ubušivanje potkornjaka u grane na vrhu hrpe kod obje metode je izloženost grana napadu jer su neminovno grane na vrhu hrpe najizloženije napadu potkornjaka. Između pozicija uzorkovanih grana u hrpama vidljiva je statistički značajna razlika u broju bračnih komorica/galerija. Između uzorkovanih grana iz sredine i dna hrpe razlika broja bračnih komorica/galerija je signifikantna, kao i razlika između pozicija vrh i dno. Između pozicija vrh i sredina hrpe nema statistički značajnih razlika u broju bračnih komorica/galerija u pregledanim granama kod primjenjenih metoda.

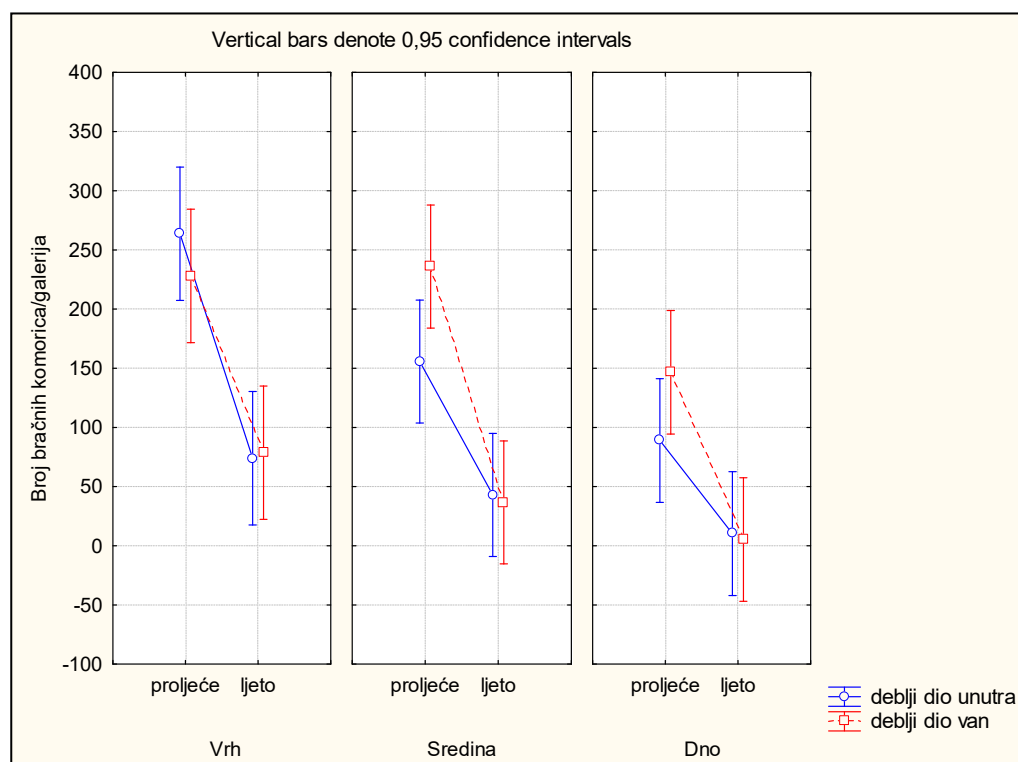


Slika 214. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača



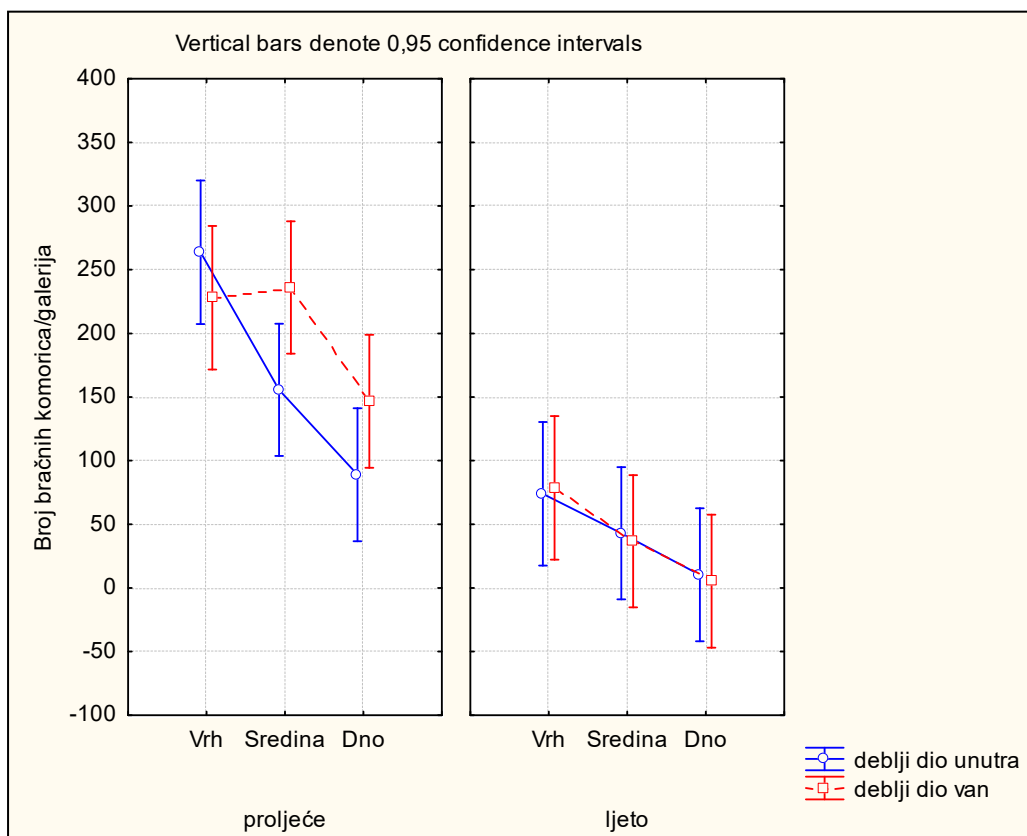
Slika 215. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjenoj metodi slaganja i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Štirovača

Analiza uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama pokazuje da nema statistički značajne razlike u broju bračnih komorica/galerija ukoliko uzmemo u obzir poziciju pregledane grane u hrpi (vrh, sredina, dno) i vrijeme pregleda (proljeće ili ljeto). U ljeto se niti jedna pozicija uzorkovane grane u hrpi (vrh, sredina, dno) međusobno statistički ne razlikuje po broju bračnih komorica/galerija, dok u proljeće je vidljiva statistički signifikantna razlika broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama s vrha hrpe u usporedbi s dnom hrpe. Također je vidljivo da je broj bračnih komorica/galerija bio statistički signifikantno veći u proljeće kod sve tri pozicije uzorkovanih grana u hrpi (vrh, sredina, dno) u odnosu na ljetni pregled. Nadalje, ukoliko se uspoređi ukupni broj bračnih komorica/galerija po poziciji uzorkovane grane u hrpi (vrh, sredina, dno) i po metodi slaganja vidljivo je da nema statistički značajne razlike između primjenjenih metoda i između pozicija uzorkovanih grana u hrpi. Međutim vidljivo je da se broj bračnih komorica/galerija uzorkovanih grana s vrha hrpe kod jedne i kod druge metode statistički signifikantno razlikuje od broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama s dna hrpe gdje je broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama bio manji.



Slika 216. Uprosječene vrijednosti broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjenoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Štirovača



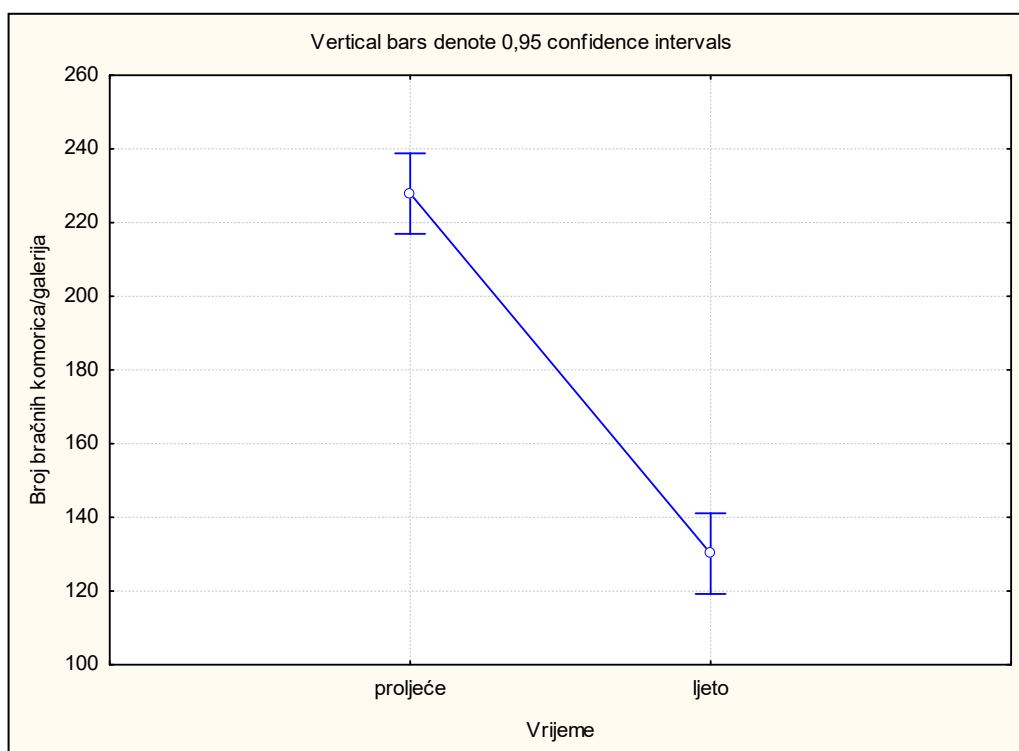


Slika 217. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja, vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u g.j. Štirovača

Ukoliko uzmemo u obzir vrijeme pregleda, poziciju uzorkovane grane i primjenjenu metodu nije vidljiva statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama.

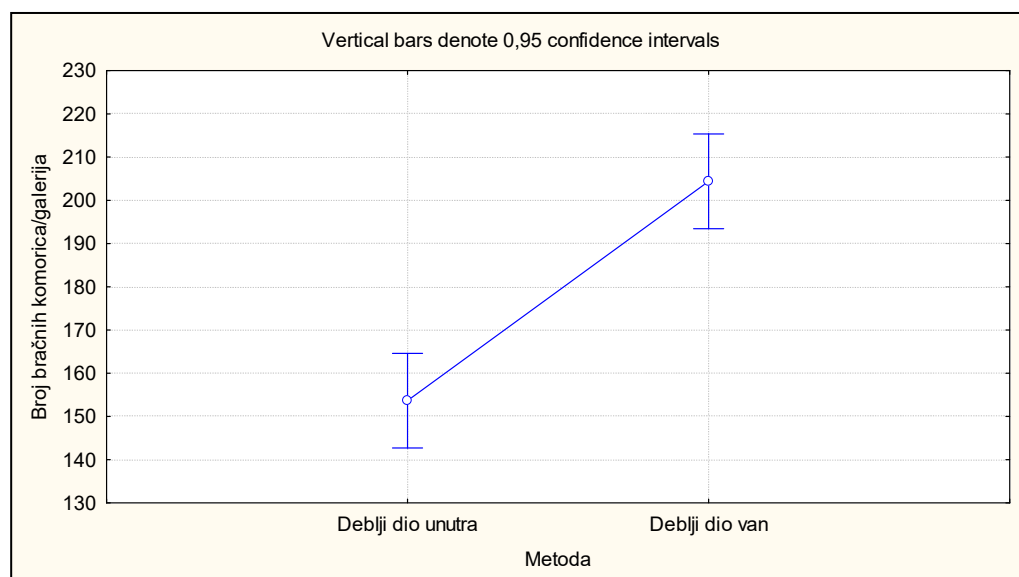
Tablica 76. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja uprosječenog ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u g.j. Žitnik

Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Vrijeme	85947	1	85947	211,735	0,000000
Metoda	23155	1	23155	57,043	0,000066
Vrijeme*Metoda	11342	1	11342	27,942	0,000741
Error	3247	8	406		
Pozicija	59022	2	29511	30,318	0,000004
Pozicija*Vrijeme	3657	2	1829	1,879	0,184976
Pozicija*Metoda	5325	2	2663	2,735	0,095102
Pozicija*vrijeme*Metoda	811	2	406	0,417	0,666076
Error	15574	16	973		



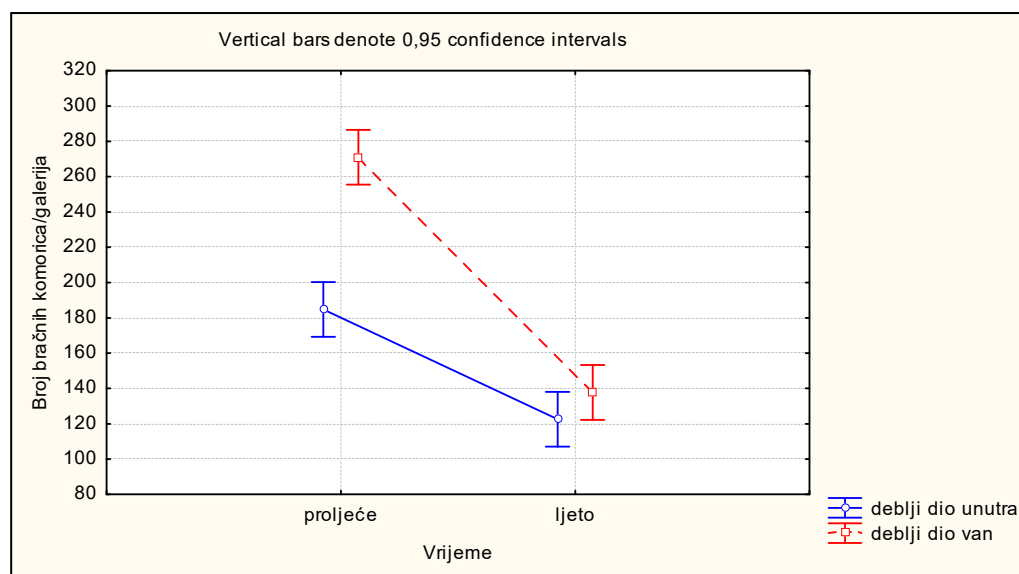
Slika 218. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm$  0,95 interval pouzdanosti) prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik

Kao i u g.j. Štirovača signifikantno veći broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama bio je u vrijeme proljetnog pregleda u usporedbi s ljetnim pregledom uzorkovanih grana.



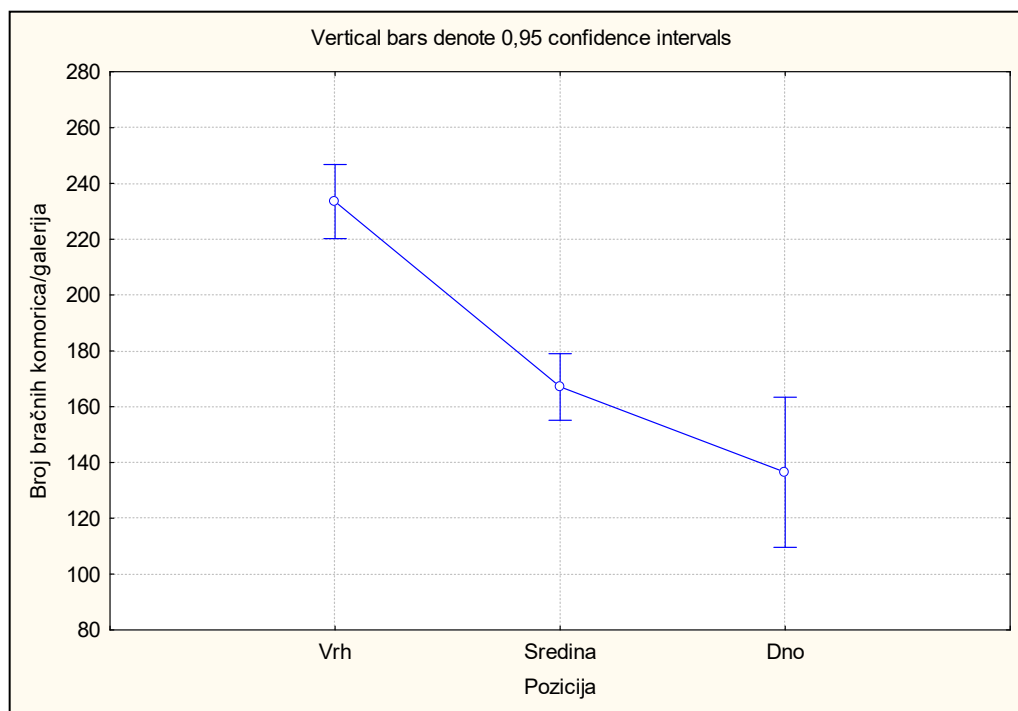
Slika 219. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u g.j. Žitnik

Statistički signifikantno veći je broj bračnih komorica/galerija u granama čiji je deblji kraj bio okrenut prema rubu hrpe u odnosu na uzorkovane grane čiji je deblji dio bio okrenut prema centru hrpe na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik. Na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača razlika nije bila statistički signifikantna, iako je veći broj bračnih komorica/galerija također zabilježen u uzorkovanim granama čiji je deblji dio bio okrenut prema rubu hrpe.



Slika 220. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik

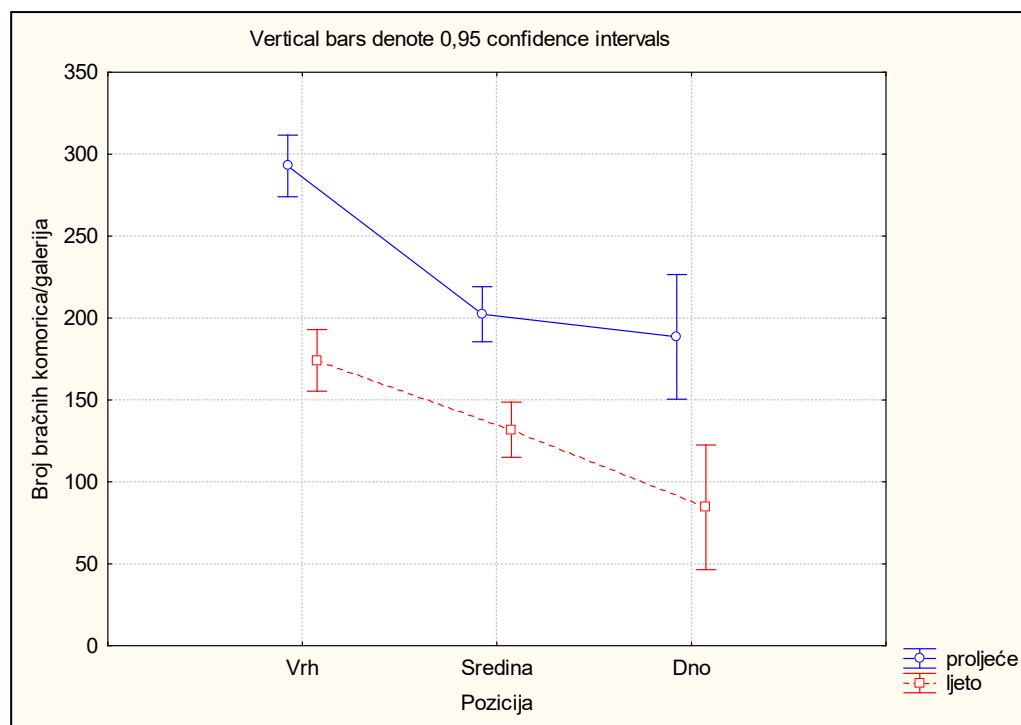
Vidljivo je da postoji statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija kod primjenjenih metoda u proljeće na nižoj nadmorskoj visini. Naime, statistički manji je broj bračnih komorica/galerija bio u uzorkovanim granama kod metode slaganja grana s debljim dijelom grane prema unutra (centar hrpe) u odnosu na primjenjenu metodu slaganja grana s debljim dijelom grane prema van (rub hrpe). Na višoj nadmorskoj visini u proljeće uočena je ista pravilnost, ali razlika u broju bračnih komorica/galerija kod testiranih metoda nije bila signifikantna. Navedena razlika nije statistički značajna za vrijeme ljetnog pregleda iako je veći broj bračnih komorica/galerija izbrojan u granama uzorkovanim iz hrpe s debljim dijelom grane prema van. U proljeće kod obje metode, kao i na višoj nadmorskoj visini broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama bio je statistički signifikantno veći u odnosu na ljetni pregled.



Slika 221. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovane grane u hrpi u g.j. Žitnik

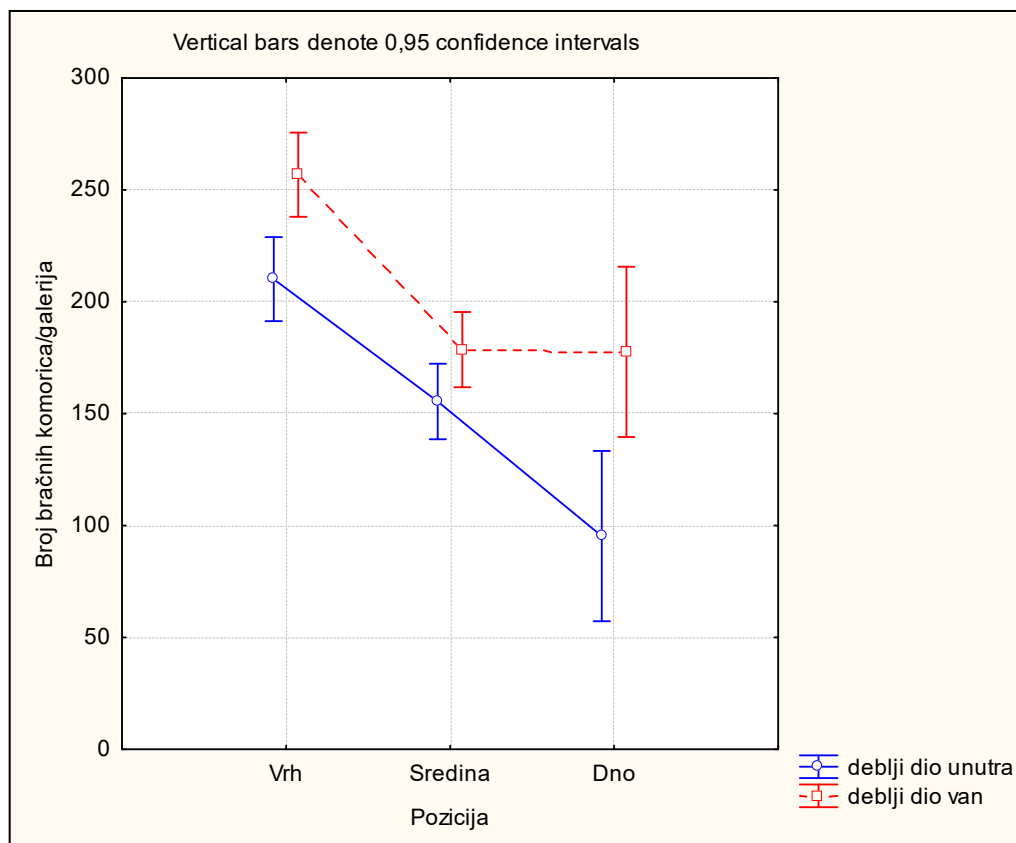
Analiza uprosječenih vrijednosti broja bračnih komorica/galerija pokazuje statistički signifikantnu razliku između uzorkovanih grana s vrha i dna hrpe, gdje je statistički signifikantno manji broj bračnih komorica/galerija izbrojan u uzorkovanim granama s dna hrpe. Između uzorkovanih grana iz sredine hrpe i s dna hrpe nije bilo statistički značajne razlike u broju bračnih komorica/galerija, iako je veći broj bračnih komorica/galerija izbrojan u uzorkovanim granama iz sredine hrpe. Razlika broja bračnih komorica/galerija koja je statistički značajna vidljiva je između grana uzorkovanih s vrha te grana iz sredine i sa dna

hrpe. Naime, ista se zakonitost pokazala kod uzorkovanih grana na višoj nadmorskoj visini, gdje su se grane s vrha i grane s dna hrpe statistički značajno razlikovale po broju bračnih komorica/galerija, dok ta razlika nije bila signifikantna ukoliko se usporede grane iz sredine hrpe i grane s dna hrpe, iako su grane uzorkovane iz sredine također kao i na nižoj nadmorskoj visini imale veći broj bračnih komorica/galerija.



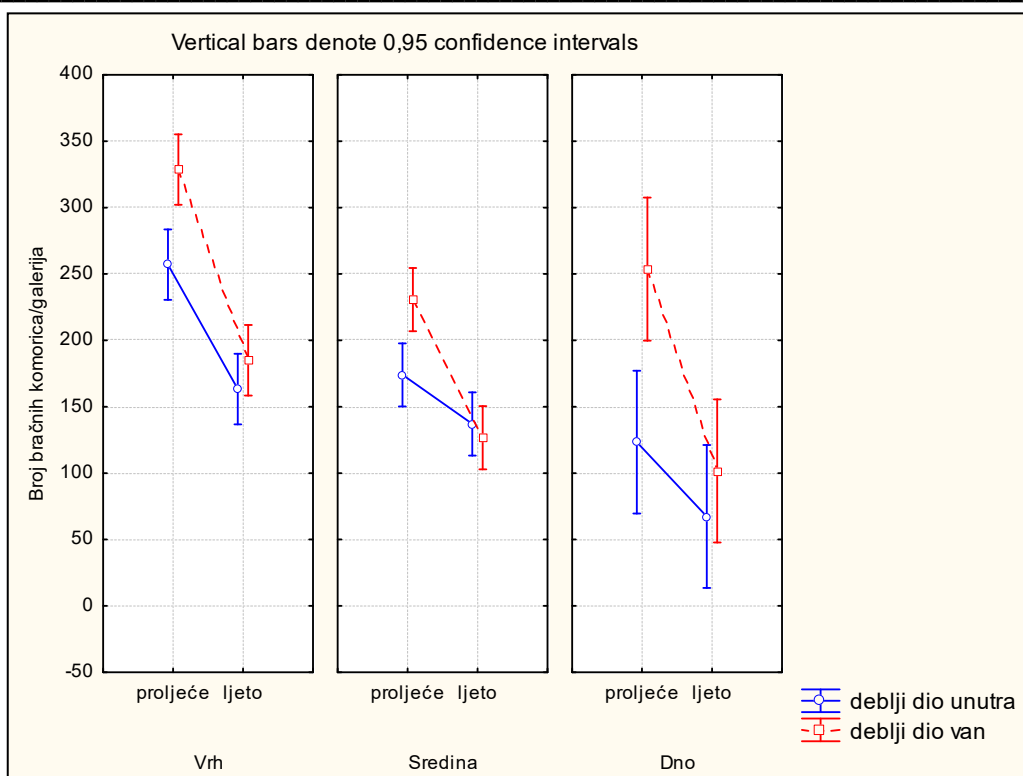
Slika 222. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u g.j. Žitnik

Kod obje primjenjene metode slaganja grana vidljivo je da nema statističke signifikantne razlike ukoliko uzmemo u obzir poziciju uzorkovanih grana i vrijeme pregleda. Vidljivo je da je broj bračnih komorica/galerija u pregledanim granama bio statistički signifikantno veći u proljeće u odnosu na ljeto. Ista zakonitost potvrđena je i na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača za cjelokupno razdoblje istraživanja. Međutim, na nižoj nadmorskoj visini broj bračnih komorica u granama uzorkovanim s vrha hrpe se i u proljeće i u ljeto statistički razlikuje od broja bračnih komorica/galerija u granama koje su uzrokovane iz sredine, odnosno dna hrpe. Na višoj nadmorskoj visini broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama s vrha hrpe statistički se razlikovao od broja bračnih komorica/galerija u granama iz sredine, odnosno s dna hrpe samo u proljetnom pregledu, dok u ljetnom pregledu navedena razlika nije opažena.

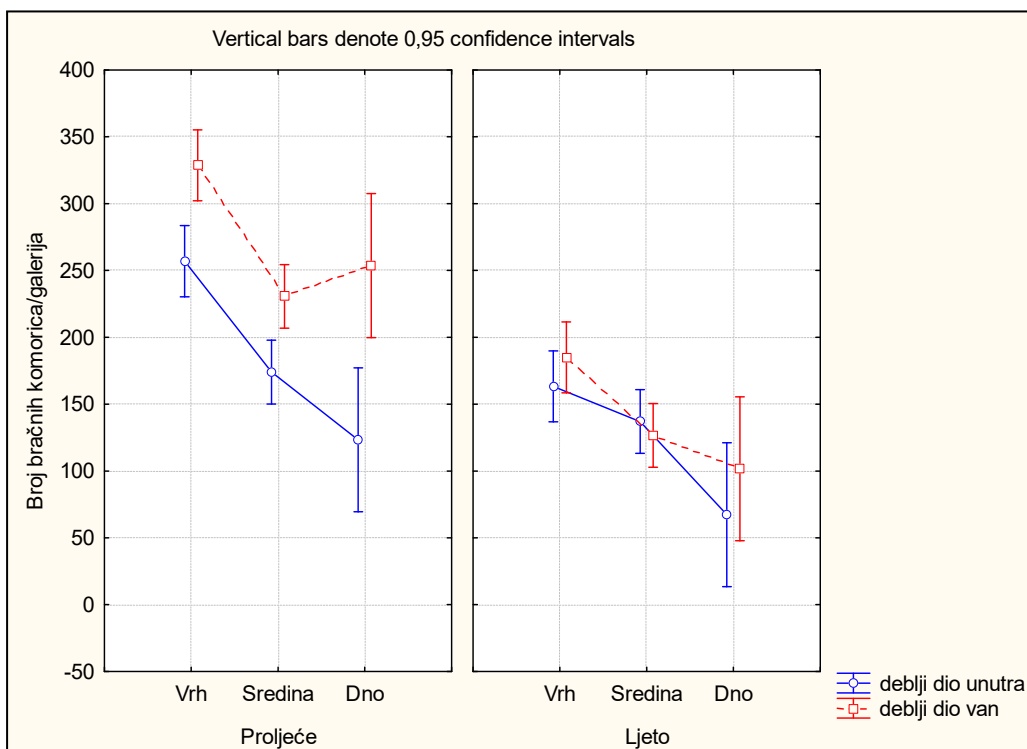


Slika 223. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Žitnik

Ukoliko uzmemo u obzir poziciju uzorkovanih grana i primjenjenu metodu (deblji dio van ili unutra) nema statistički značajne razlike broja bračnih komorica/galerija potkornjaka. Ista zakonitost uočena je i kod primjerenih metoda na višoj nadmorskoj visini. Međutim, grane uzorkovane s vrha hrpe imaju statistički veći broj bračnih komorica/galerija kod obje primjenjene metode u usporedbi s granama iz sredine odnosno dna hrpe. Ukoliko usporedimo broj bračnih komorica/galerija u granama uzorkovanim s vrha i s dna hrpe kod primjenjenih metoda slaganja je vidljivo da je broj bračnih komorica/galerija statistički signifikantno veći kod metode slaganja grana s debljim dijelom grane prema van. Kod grana uzorkovanih iz sredine navedena razlika nije signifikantna, iako je broj bračnih komorica/galerija veći u granama uzorkovanim iz hrpa s debljim dijelom grane prema van.



Slika 224. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjnoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u g.j. Žitnik



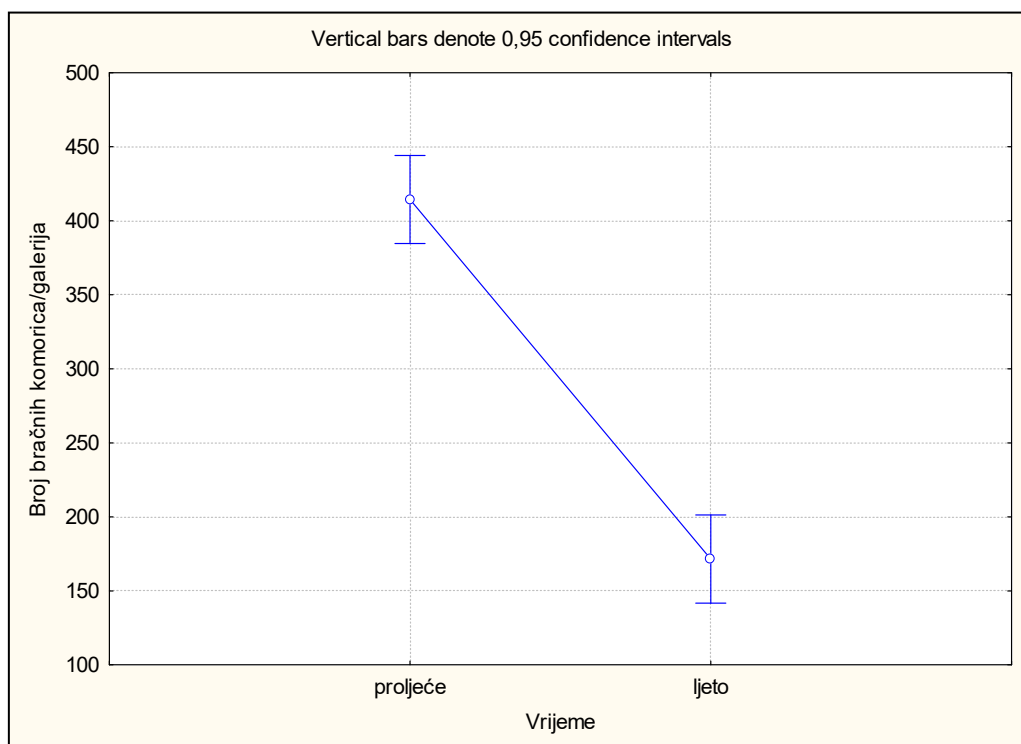
Slika 225. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja, vremenu pregleda i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u g.j. Žitnik

Ukoliko se uzme u obzir pozicija uzorkovanih grana, primjenjene metode slaganja i vrijeme pregleda uzorkovanih grana nema statistički značajne razlike broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama. Ista zakonitost utvrđena je i na višoj nadmorskoj visini. U proljetnom pregledu uzorkovane grane sa sve tri pozicije (vrh, sredina, dno) kod metode slaganja s debljim dijelom prema van imale su signifikanto veći broj bračnih komorica/galerija u odnosu na pregledane grane suprotne metode slaganja. Ista situacija može se vidjeti i u ljetnom periodu kod grana uzorkovanih s vrha i dna hrpa. Iako razlika u ovom slučaju nije statistički signifikantna vidljivo je da su grane uzorkovane s navedenih pozicija kod metode slaganja deblji dio prema van imale veći broj bračnih komorica/galerija u odnosu na suprotnu metodu slaganja grana.

Tablica 77. ANOVA analiza ponovljenih mjerenja ukupnog broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j.

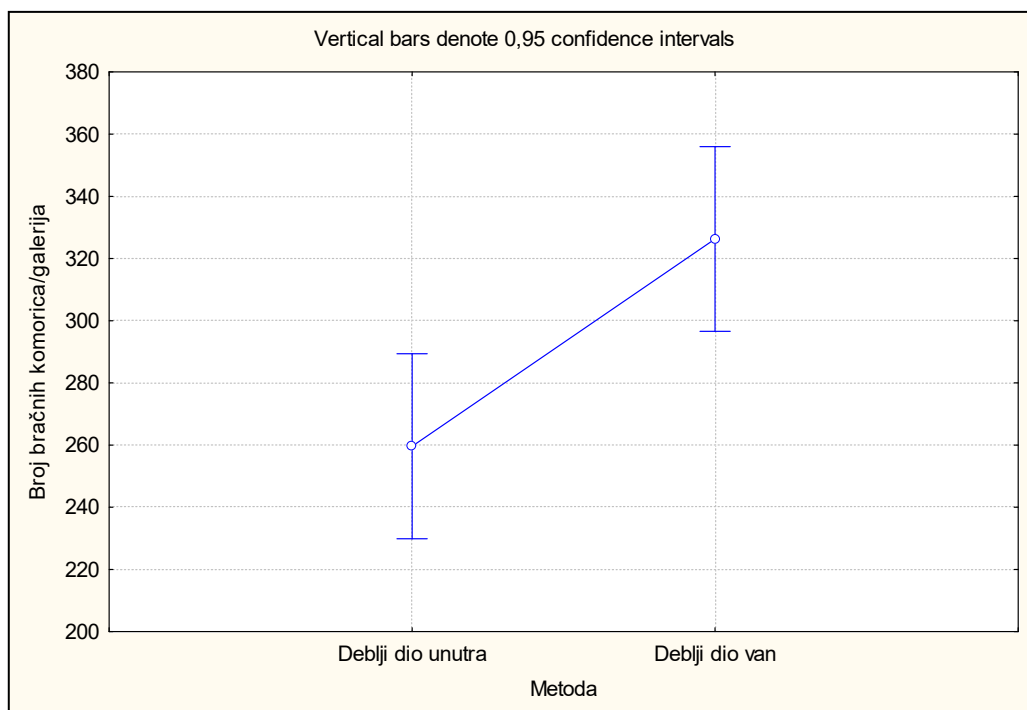
Effect	Repeated Measures Analysis of Variance				
	Sigma - restricted parameterization				
	Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Vrijeme	530955	1	530955	177,430	0,000001
Metoda	40000	1	40000	13,367	0,006438
Vrijeme*Metoda	25921	1	25921	8,662	0,018620
Error	23940	8	2992		
Pozicija	229895	2	114948	33,179	0,000002
Pozicija*Vrijeme	9460	2	4730	1,365	0,283504
Pozicija*Metoda	9199	2	4600	1,328	0,292766
Pozicija*vrijeme*Metoda	10740	2	5370	1,550	0,242467
Error	55431	16	3464		



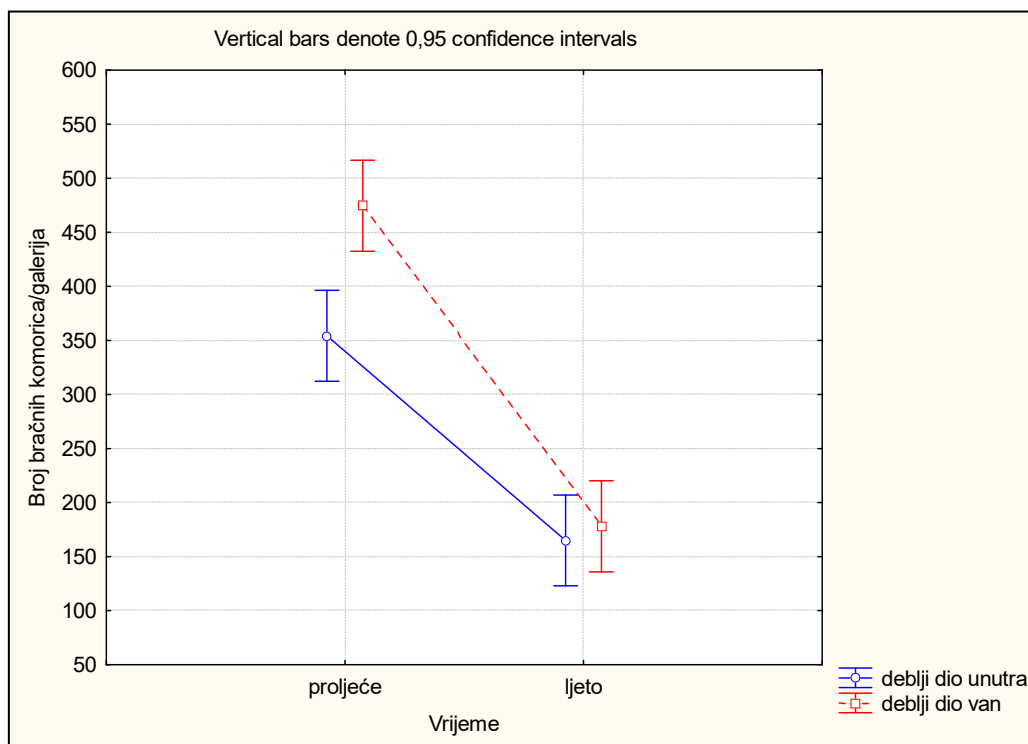


Slika 226. Prikaz uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) prema vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j.

Broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama kod primjenjenih metoda u proljeće bio je značajno veći u usporedbi s ljetom. Ista zakonitost je potvrđena i na višoj i na nižoj nadmorskoj visini.



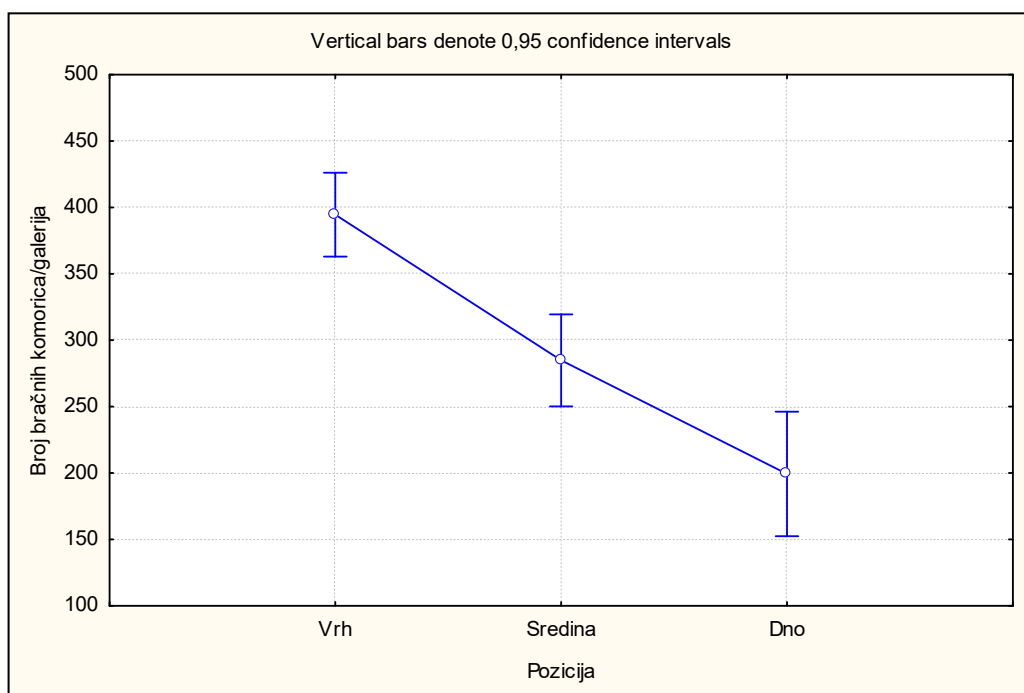
Slika 227. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja u obje g.j.



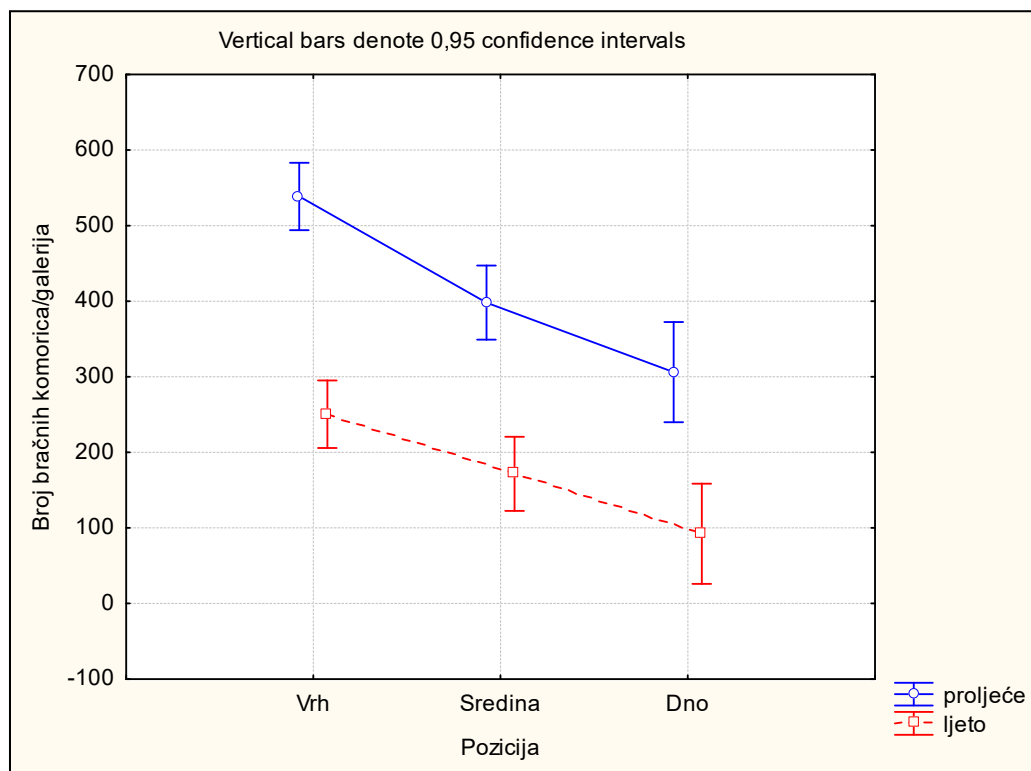
Slika 228. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u pregledanim granama po metodama slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j.

Analiza uprosječenih vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija tijekom trogodišnjeg istraživanja u obje g.j. pokazuje da je statistički signifikantno veći broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama kod metode slaganja grana s debljim dijelom grane prema van.

Ukoliko uzmemo u obzir vrijeme pregleda uzorkovane grane i primjenjenu metodu slaganja, u proljeće je vidljiva statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama između primjenjenih metoda. Vidljivo je da su grane uzorkovane iz hrpe s debljim dijelom grane prema van imale statistički veći broj bračnih komorica u odnosu na pregledane grane iz hrpe s debljim dijelom prema unutra. Navedena razlika u ljeto nije signifikantna, iako su grane iz hrpe s debljim dijelom prema van imale veći broj bračnih komorica/galerija.



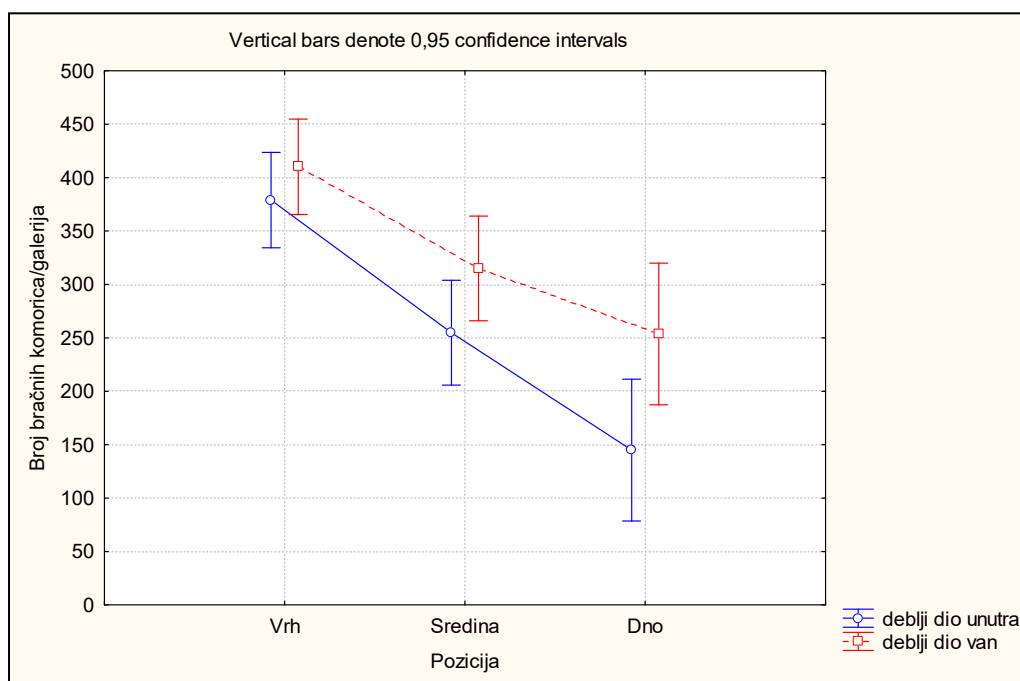
Slika 229. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.



Slika 230. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) kod primjenjenih metoda slaganja po vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.

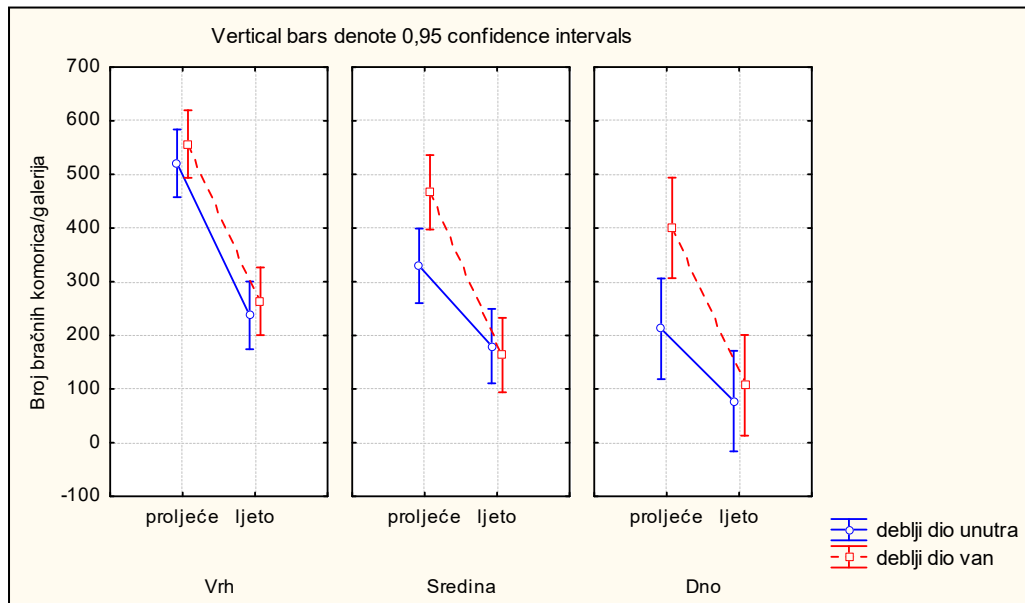
Grane uzorkovane s vrha hrpa primjenjenih metoda po broju bračnih komorica/galerija statistički signifikantno se razlikuju od grana uzorkovanih iz sredine, odnosno s dna hrpa. Statistički signifikantna razlika u broju bračnih komorica/galerija vidljiva je i između grana uzorkovanih iz sredine, odnosno s dna hrpa. Grane s vrha hrpe imale su najveći broj bračnih komorica/galerija jer su najizloženije napadu potkornjaka. Statistički signifikantna razlika broja bračnih komorica/galerija između grana s vrha, odnosno grana s dna hrpa utvrđena je na obje lokacije.

Ukoliko uzmemo u obzir vrijeme pregleda i poziciju uzorkovane grane kod primjenjenih metoda nije vidljiva statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija u pregledanim granama. Broj bračnih komorica/galerija u uzorkovanim granama kod obje metode signifikantno je veći u proljeće u odnosu na ljeto.

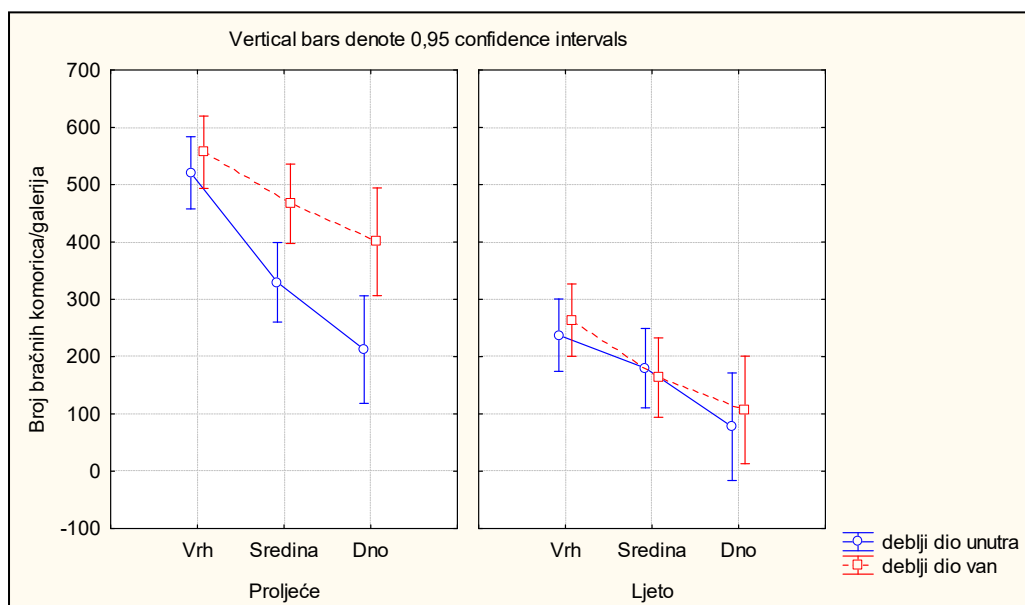


Slika 231. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja i po poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.

Kad se uzmu u obzir metoda slaganja grana i pozicija uzorkovanih grana u hrpi nije vidljiva statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija između primjenjenih metoda. Međutim, broj bračnih komorica/galerija grana uzetih iz hrpa s debljim dijelom grane prema van je veći kod sve tri pozicije, ali ne statistički signifikantno u odnosu na suprotnu metodu slaganja grana.



Slika 232. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po poziciji uzorkovanih grana u hrpi, primjenjnoj metodi slaganja i vremenu pregleda uzorkovanih grana u obje g.j.



Slika 233. Uprosječene vrijednosti ukupnog broja bračnih komorica/galerija ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) po primjenjnoj metodi slaganja, vremenu pregleda i poziciji uzorkovanih grana u hrpi u obje g.j.

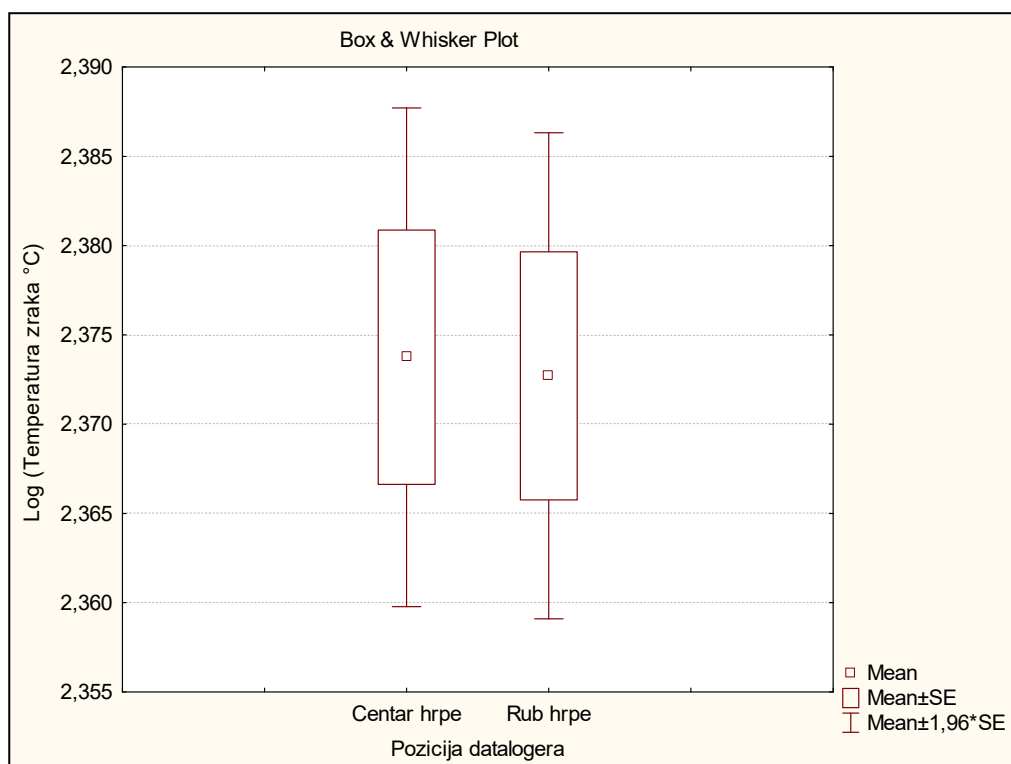
Ukoliko uzmemo u obzir primjenjene metode, vrijeme pregleda grana i poziciju uzorkovanih grana u hrpi ne postoji statistički značajna razlika broja bračnih komorica/galerija potkornjaka u uzorkovanim granama.

### 6.7.3. Temperatura i vlažnost u hrpama grana – analiza podataka datalogera

Datalogeri Log 20 Dostmann electronic GmbH korišteni su kroz razdoblje od dvije godine u hrpama grana sa ciljem sakupljanja podataka temperature i vlažnosti zraka u sredini hrpe, odnosno na rubu hrpe grana. U ovom poglavlju prikazana je analiza svih sakupljenih podataka iz datalogera kroz dvije godine istraživanja na obje lokacije.

Tablica 78. Usporedba temperature zraka (svi sakupljeni podaci) u sredini i na rubu hrpe grana - t test neovisnih uzoraka

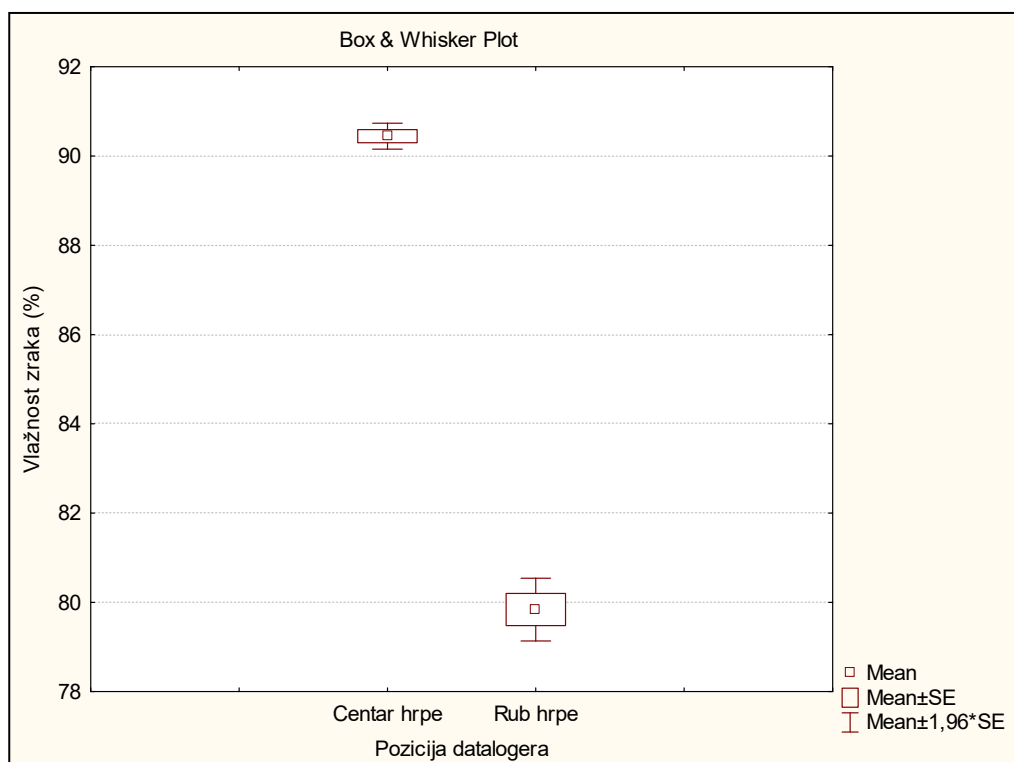
Group 1 vs. Group 2	T - test for Independent Samples - temperatura										
	Note: Variables were treated as independent samples										
	Mean Group 1	Mean Group 2	t - value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std. Dev. Group 1	Std. Dev. Group 2	F - ratio Variances	p Variances
Centar hrpe (Ln) vs. Rub hrpe (Ln)	2,373747	2,372708	0,104443	10701	0,916819	5358	5351	0,521358	0,508094	1,052889	0,059397



Slika 234. Usporedni prikaz temperature zraka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u sredini i na rubu hrpe grana

Tablica 79. Usporedba relativne vlažnosti zraka (svi sakupljeni podaci) u sredini i na rubu hrpe grana Mann-Whitney U testom

Variable	Mann-Whitney U test								
	By variable centar rub								
	Marked tests are significant at $p < 0,05000$								
	Rank Sum centar	Rank Sum rub	U	Z	p-level	Z adjusted	p-level	Valid N centar	Valid N rub
Vlažnost	32600391	25025090	10614694	23,60885	0,00	23,60985	0,00	5367	5368

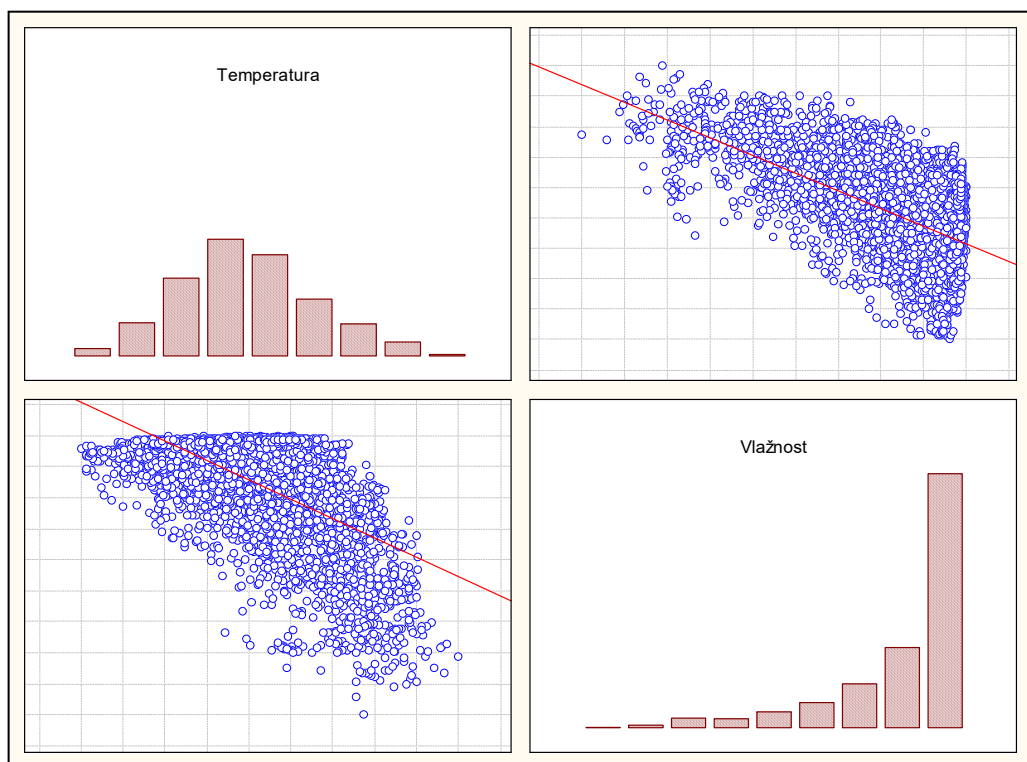


Slika 235. Usporedni prikaz relativne vlažnosti zraka ( $\pm 0,95$  interval pouzdanosti) u sredini i na rubu hrpe grana

T test pokazuje da nema statistički signifikantne razlike temperature zraka između centra i ruba hrpe grana. Međutim, ukoliko se pogleda analiza relativne zračne vlage Mann-Whitney U test pokazuje statistički signifikantnu razliku između centra i ruba hrpe grana.

Tablica 80. Spearman Rank korelacija temperature zraka i relativne zračne vlage u centru hrpe grana

Variable	Spearman Rank Order Correlations - centar hrpe MD pairwise deleted Marked correlations are significant at $p < 0,05000$	
	Temperatura	Vlažnost
Temperatura	1,000000	-0,463827
Vlažnost	-0,463827	1,000000

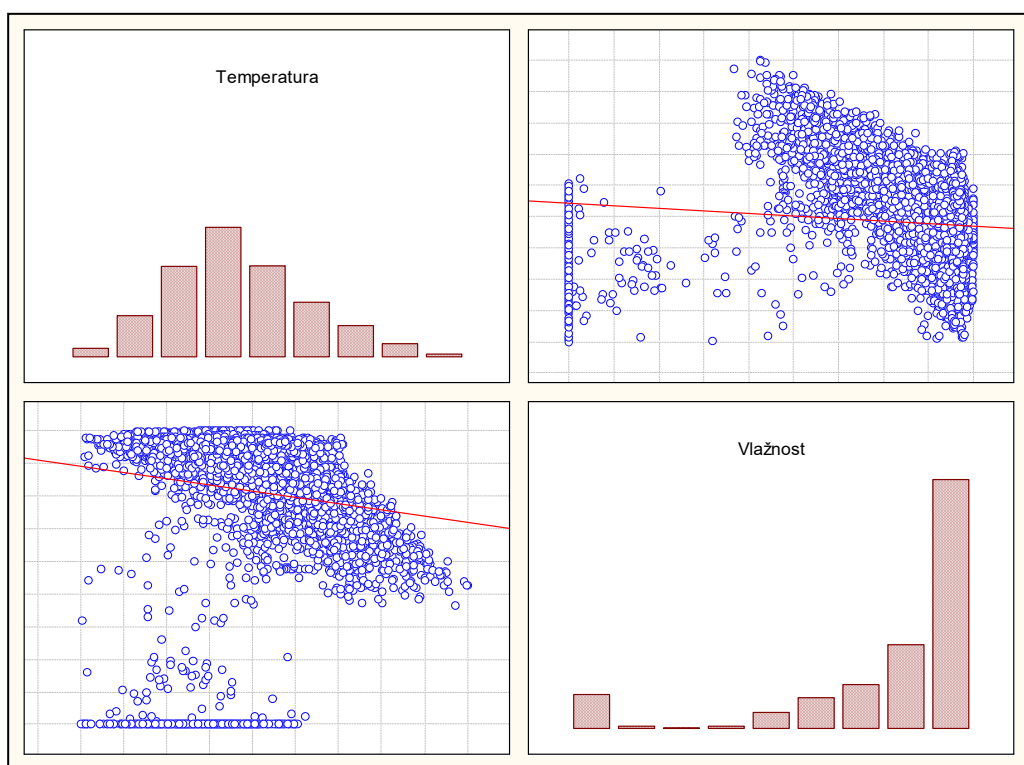


Slika 236. Prikaz korelacije temperature zraka i relativne zračne vlage u centru hrpe grana



Tablica 81. Sperman Rank korelacija temperature zraka i relativne zračne vlage na rubu hrpe grana.

Variable	Sperman Rank Order Correlations - centar hrpe MD pairwise deleted Marked correlations are significant at $p < 0,05000$	
	Temperatura	Vlažnost
Temperatura	1,000000	-0,416226
Vlažnost	-0,416226	1,000000



Slika 237. Prikaz korelacije temperature zraka i relativne zračne vlage na rubu hrpe grana

Sperman Rank korelacija pokazuje statistički signifikantnu negativnu korelaciju relativne zračne vlage i temperature zraka na obje pozicije i u centru hrpe ( $r = -0,463827$ ,  $p < 0,05$ ,  $N = 5367$ ) i na rubu hrpe grana ( $r = -0,416226$ ,  $p < 0,05$ ,  $N = 5367$ ). Dakle kad temperatura zraka raste relativna vlažnost zraka opada i obrnuto.

## 6.7.4. Otkoravanje i pregled panjeva

Tablica 82. Evidentirane vrste potkornjaka, broj ulaznih rupa, broj razvijenih galerija te fenološka opažanja na pregledanim panjevima u g.j. Štirovača tijekom trogodišnjeg istraživanja

Godina	ŠTIROVAČA			
	PROLJETNA GENERACIJA			
2013.	Vrsta potkornjaka	Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
	Panj 1	<i>Ips typographus</i>	5	10
<i>Hylurgops palliatus</i> (Gyllenhal, 1813)		5	5	<b>Kukuljica, imago</b>
	<i>Xyloterus lineatus</i> (Olivier, 1795)	33	33	-
Panj 2	<i>I. typographus</i>	4	8	smola zaustavila razvoj
	<i>Dryocoetus autographus</i> (Ratzeburg, 1837)	3	3	
	<i>Hylastes cunicularius</i> (Erichson, 1836)	1	1	
	<i>X. lineatus</i>	3	3	-
LJETNA GENERACIJA				
Panj 1	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
2014.	PROLJETNA GENERACIJA			
	Vrsta potkornjaka	Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
Panj 1	<i>I. typographus</i>	2	4	smola zaustavila razvoj
Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
LJETNA GENERACIJA				
Panj 1	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 3	Nije evidentirano ubušivanje			
2015.	PROLJETNA GENERACIJA			
	Vrsta potkornjaka	Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
Panj 1	<i>I. typographus</i>	5	2	smola zaustavila razvoj
	<i>Hylurgus ligniperda</i> (Fabricius, 1787)	1	-	smola zaustavila razvoj
Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 3	Nije evidentirano ubušivanje			
LJETNA GENERACIJA				
Panj 1	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 3	Nije evidentirano ubušivanje			

Tablica 83. Evidentirane vrste potkornjaka, broj ulaznih rupa, broj razvijenih galerija te fenološka opažanja na pregledanim panjevima u g.j. Žitnik tijekom trogodišnjeg istraživanja

Godina	ŽITNIK				
	PROLJETNA GENERACIJA				
2013.	Vrsta potkornjaka		Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
	Panj 1	<i>I. typographus</i> .	5	3	
	Panj 2		3	1	
	Panj 3		4	9	
	LJETNA GENERACIJA				
	Panj 1	Nije evidentirano ubušivanje			
	Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
2014.	PROLJETNA GENERACIJA				
	Panj 1	Vrsta potkornjaka	Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
		<i>I. typographus</i>	5	6	
	Panj 2	<i>I. typographus</i>	10	2	smola zaustavila razvoj
		<i>X. lineatus</i>	11	11	-
	LJETNA GENERACIJA				
	Panj 1	<i>I. typographus</i>	3	2	smola zaustavila razvoj
	Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
	Panj 3	Nije evidentirano ubušivanje			
	Panj 4	<i>I. typographus</i>	8	2	smola zaustavila razvoj
Panj 5	<i>I. typographus</i>	3	1	smola zaustavila razvoj	
2015.	PROLJETNA GENERACIJA				
	Panj 1	Vrsta potkornjaka	Broj ulaznih rupa	Galerija	Opažanje
		<i>I. typographus</i>	2	0	
	Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
	Panj 3	<i>I. typographus</i>	5	10	Smola zaustavila razvoj u 8 galerija; u samo 2 galerije pronađena <b>mlada imaga</b>
	LJETNA GENERACIJA				
	Panj 1	<i>I. typographus</i>	4	7	smola zaustavila razvoj
	Panj 2	<i>I. typographus</i>	4	3	smola zaustavila razvoj
	Panj 3	<i>I. typographus</i>	1	2	smola zaustavila razvoj
	III. GENERACIJA				
	Panj 1	Nije evidentirano ubušivanje			
	Panj 2	Nije evidentirano ubušivanje			
Panj 3	Nije evidentirano ubušivanje				

Ukupno je pregledno i otkorano 36 panjeva na obje lokacije tijekom trogodišnjeg istraživanja. Na samo 2 panja u 4 majčinske galerije evidentirane su L<sub>3</sub> ličinke i mlada svijetlosmeđa imaga smrekovog pisara. U jednom panju na višoj nadmorskoj visini u proljeće 2013. godine u galerijama vrste *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal, 1813) pronađene su kukuljice i imaga. Osim vrsta smrekov pisar i mrki likar u panjevima evidentirane su sljedeće vrste: crnomrki likar – *Hylurgus ligniperda* (Fabricius, 1787), crnogorični ljestvičar – *Xyloterus lineatus* (Olivier, 1795), smrekov korjenar – *Hylastes cunnicularius* (Erichson, 1836) te smrekov potkornjak – *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg, 1837).

U većini pregledanih panjeva tijekom tri godine istraživanja uočen je mali broj ubušivanja po panju zbog čega sami „pioniri“ stradaju od obilnog lučenja smole. U panjevima koji su pregledavni u jesen, a stabla su posječena tijekom ljeta u mjesecu srpnju uglavnom nije bilo ubušivanja potkornjaka ili je broj ubušivanja po panju bio jako mali. Najveći broj ubušenih potkornjaka i razvijenih galerija na obje lokacije uočen je u panjevima stabla koja su posječena za fenološko motrenje krajem travnja ili početkom svibnja. U takvim panjevima potkornjaci su razvili relativno mali broj galerija, ali u većini slučajeva nisu bila odložena jajašca niti je došlo do razvoja ličinki. Međutim, vidljivo je da su panjevi atraktivni samim potkornjacima te broj ubušivanja može biti uvjetovan s više čimbenika: neposredna blizina posječenih stabala na kojima su vršena fenološka motrenja, gustoća populacije, količine pogodnog materijala za ubušivanje nakon redovne sječe te vremenske prilike.

## 7. RASPRAVA

### 7.1. Fenološki ciklus istraživanih vrsta smrekovih potkornjaka u šumama Like

#### 7.1.1. Fenološki ciklus smrekovog pisara

Smrekov pisar jedan je od najvažnijih štetnika u smrekovim šumama Europe (Christiansen & Bakke, 1988; Wermelinger, 2004; Wermelinger i dr., 2012; Persson i dr., 2009; Gutowski & Krzysztofiak, 2005; Andebrandt, 1985; Montano i dr., 2016; Schroeder, 2013; Faccoli & Stergulc, 2004, 2006; Faccoli & Bernardinelli, 2014; Mezei i dr., 2012; Borowski & Podlaski, 2011; Němec i dr., 1993; Öhrn, 2012; Weslien & Schroeder, 1999; Paynter i dr., 1990; Grégoire & Evans, 2004; Baier i dr., 2009; Faccoli, 2009; i brojni drugi). Upravo iz činjenice da u uvjetima povišenih gustoća populacije može napasti i usmrtniti potpuno zdrava stabla potrebno je detaljno poznavanje biologije ovog štetnika.

U razvoju smrekovog pisara razlikujemo sljedeće razvojne stadije: jaje, ličinka (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>), kukuljica i imago. Annila (1969) navodi tri larvalna stadija na temelju širine kapsule na glavi ličinke. Stadij jaja traje relativno kratko, uglavnom oko tjedan dana. Ukoliko su tijekom prvog pregleda lovnih stabala zamijećena jaja, kod sljedećeg pregleda za tjedan dana već su uočeni prvi larvalni stadiji. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 30 dana, najčešće između 21 i 25 dana. Na višoj nadmorskoj visini stadij ličinke traje nešto duže od 22 do 36 dana. Prve larve razvijaju se već nakon 6 dana (Vakula i dr., 2014). Kolk & Starzyk (1996) navode da stadij ličinke traje između tri i četiri tjedna. Stadij kukuljice bez obzira na nadmorsku visinu u pravilu traje jedan do dva tjedna, a isti vremenski period razvoja kukuljice zabilježen je u istraživanjima Annile (1969). Trajanje larvalnog razvoja je oko 60 % vremena potrebnog za cjelokupni razvoj od jaja do kornjaša koji je završio dopunsku ishranu (Wermelinger & Seifert, 1998).

Tijekom 2013. i 2014. godine smrekov pisar razvio je dvije generacije na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik. Osim dvije glavne generacije razvija najmanje dvije sestrinske generacije godišnje. U susjednoj Sloveniji također razvija dvije glavne i dvije sestrinske generacije tijekom godine (Jurc i dr., 2006). Izuzetak po broju generacija predstavlja 2015. godina kada je evidentirana treća generacija koja se u potpunosti razvila, dok sestrinska generacija nije evidentirana. Tijekom 2003. godine smrekov pisar razvio je tri generacije u Švicarskoj i Slovačkoj na nižim nadmorskim visinama (Wermelinger i dr., 2012; Zubrik i dr., 2008) i samo jednu generaciju u Švicarskoj iznad 1 000 m.n.v. (Wermelinger, 2004). Kako je

na nižoj nadmorskoj visini zabilježeno po prvi puta treće rojenje smrekovog pisara trebalo bi uzeti u obzir utjecaj klime na voltinizam populacije potkornjaka u narednim godinama. Erupcija populacije vrste *Dendroctonus rufipennis* (Kirby, 1837) koja je zabilježena 90-ih godina prošlog stoljeća posljedica je utjecaja klime na biologiju vrste i promjenu biološkog ciklusa iz dvogodišnjeg u jednogodišnji (Hansen & Bentz, 2003). Moguće je povećanje broja generacija smrekovog pisara na području sjevernih Alpa kao posljedica promjene klime (Netherer i dr., 2001; Baier i dr., 2007).

Na višoj nadmorskoj visini vrsta razvija jednu ili dvije generacije godišnje, s time da gotovo svaka generacija razvija jednu sestrinsku generaciju.

Kod sestrinskih generacija metodom pregleda i obilježavanja ulaznih rupa na lovnim stablima svakih osam dana nije moguće razlučiti da li osniva više od jedne sestrinske generacije u proljetnom, odnosno ljetnom rojenju. Botterweg (1982) navodi da osniva jednu sestrinsku generaciju, dok Netherer i dr. (2001) navode da osniva više od jedne sestrinske generacije. Samo trećina jedinki osniva sestrinsku generaciju (Andebrant, 1989), a prema istraživanjima u Norveškoj čak 90 % ženki osniva sestrinsku generaciju (Bakke i dr, 1977). Međutim, postoji veliki rizik da roditelji koji napuštaju stablo da bi osnovali sestrinsku generaciju neće na vrijeme pronaći drugo stablo domaćina. Kirkendall (1983) navodi tri hipoteze zašto se unatoč riziku osnivaju sestrinske generacije: 1) ženke koje odlažu jaja nadoknaditi će potrošene nutrijente u svježem materijalu, 2) rizik napuštanja stabla prevagnut je prednostima odlaganja preostalih jaja u novi svježe dostupni materijal i 3) terorija „pretrpanosti“ gdje bi preživljavanje dodatnih potomaka (sestara) bilo ugroženo ishranom starijih ličinki. Dokazano je da visoka gustoća napada i kompeticija tijekom larvalnog razvoja utječu na kapacitet lučenja feromona u stadiju adulta (Andebrant i dr., 1985).

U susjednoj Italiji bivoltina je vrsta (Faccoli & Stergulc, 2004; 2006), kao i u Sloveniji (Jurc i dr., 2006), Slovačkoj (Zubrik i dr., 2008), nekadašnjoj Čehoslovačkoj (Němec i dr., 1993) i srednjoj Europi (Wermelinger, 2004). Razvija uglavnom jednu generaciju godišnje u Skandinaviji (Botterweg, 1982; Persson i dr., 2009; Schroeder, 2013; Hedgren, 2002; Öhrn, 2012; Lange i dr, 2006; Jönsson i dr., 2007; Weslien & Schroeder, 1999; Andebrant, 1986). U povoljnim uvjetima zabilježen je bivoltinizam vrste u južnoj Švedskoj (Långström i dr., 2009; Komonen i dr, 2011), u južnoj Norveškoj (Austarå i dr., 1977) i u Finskoj (Pouttu & Annala, 2010). Razlika broja generacija između srednje i sjeverne Europe posljedica je različite geografske širine i različitih temperaturnih prilika (Faccoli, 2009).

Početak proljetnog rojenja varirao je između godina. 2013. godine početak proljetnog rojenja na obje pokusne zabilježen je relativno kasno – sredinom lipnja. Tijekom 2014. godine

proljetno rojenje na nižoj nadmorskoj visini evidentirano je sredinom svibnja, a početak rojenja na višoj nadmorskoj visini dva tjedna kasnije. Tijekom 2015. početak proljetnog rojenja evidentiran je na obje pokusne plohe sredinom svibnja. U razdoblju od 1996.-2005. u susjednoj Italiji uočen je vremenski pomak početka proljetnog rojenja smrekovog pisara prema početku mjeseca svibnja (Faccoli, 2009). Let u proljeće započinje kada temperature zraka pređu 20 °C (Annala, 1969), odnosno 16,5 °C (Lobinger, 1994; Baier i dr., 2007) i prije počinje na nižim nadmorskim visinama i osunčanim padinama (Cheraghian, 2013). Optimalna temperatura za let kreće se između 22 i 26 °C (Wermelinger, 2004). Period leta u normalnim uvjetima traje od dva do tri tjedna, a za vrijeme hladnog i kišnog vremena može se produžiti i do pet ili šest tjedana (Cheraghian, 2013), kao što je evidentirano u g.j. Štirovača tijekom 2014. godine.

Ljetno rojenje zabilježeno je od sredine srpnja do početka kolovoza na nižoj nadmorskoj visini i početkom kolovoza na višoj nadmorskoj visini. Letna aktivnost smrekovog pisara traje oko 4 mjeseca, od svibnja pa do kraja kolovoza (Faccoli & Stergulc, 2004). Prvo rojenje odvija se sredinom svibnja ili početkom lipnja (Jurc i dr., 2006), a drugu rojenje uglavnom se zbiva početkom srpnja (Netherer, 2003) ili sredinom srpnja i početkom kolovoza (Jurc i dr., 2006).

Razvoj glavne generacije od jaja pa sve do izlaska novih kornjaša trajao je između 42 i 68 dana na nižoj nadmorskoj visini, a na višoj nadmorskoj visini između 50 i 72 dana. Za potpuni razvoj (od jaja do adulta koji nije završio dopunsku ishranu) sestrinske generacije na nižoj nadmorskoj visini zabilježen je period od 29 do 42 dana, a na višoj nadmorskoj visini od 35 do 71 dan. Wermelinger & Seifert (1998) navode prosjek od 29 dana potrebnih za razvoj pri konstantnoj temperaturi od 20 °C od stadija jaja do imaga koji nije završio dopunsku ishranu. Razvoj od trenutka odlaganja jaja do izlaska novih kornjaša traje osam do deset tjedana (Annala, 1969), odnosno dva ili dva i pol mjeseca (Cheraghian, 2013) u normalnim temperaturnim prilikama. Najkraći zabilježeni razvoj glavne generacije, od trenutka ubušivanja do trenutka razvoja mladih kornjaša trajao je svega 28 dana, a sestrinske generacije svega 29 dana. Riječ je o drugom rojenju na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik tijekom 2015. godine. Kao početak razvoja glavne generacije može se uzeti 4. srpnja. Prosječna maksimalna temperatura izmjerena datalogerima pod korom lovnih stabla u razdoblju od 28 dana iznosila je 29,8 °C, a akumulirana termalna suma prema Phenips modelu (Baier i dr., 2007) 603,2 dd, dok je prema navedenom modelu za potpuni razvoj potrebno 557 dd. Temperature od 25-30 °C pridonose porastu populacije (Wermelinger & Seifert, 1999) koja se može očitovati i kroz porast broja generacija. Za sestrinsku generaciju akumulirana

temperaturna suma u razdoblju od 25. srpnja do 23. kolovoza (29 dana) iznosi prema Phenips modelu 566,90 dd. Više temperature pogoduju razvoju i skraćuju vrijeme potrebno za potpuni razvoj od jaja do imaga. Temperature floema mogu dosegnuti i 47 °C što se je pokazalo letalnim i u laboratorijskim (Annala, 1969) i u terenskim istraživanjima (Wild, 1953).

Opaženo je da ličinke sestrinskih generacija često uspijevaju „nadoknaditi“ vremenski zaostatak za kukuljicama glavnih generacija. To je posljedica nižih temperaturnih pragova razvoja ličinki u odnosu na kukuljice. Ovaj efekt sinkronizacije u razvoju i izlasku odraslih kornjaša iz stabla u kojem su se razvili veoma je važan jer omogućava potkornjacima da svojom brojnošću nadvladaju obranu stabla domaćina (Wermelinger & Seifert, 1998). Tome pridonosi i činjenica da ženke osnivaju sestrinsku generaciju bez naknadne kopulacije s mužjakom (Andebrant & Löfqvist, 1988).

Jedan dio populacije potkornjaka ne uspijeva završiti svoj razvoj niti na nižoj, niti na višoj nadmorskoj visini već zimuju kao predadultni stadiji (ličinka, kukuljica). Prezimljavanje predadultnih stadija (ličinki i kukuljica) nije moguće (Coeln i dr., 1996; Austarå i dr., 1977; Axel Schopf, pers. comm.), odnosno ličinke i nedozrela imaga su izuzetno osjetljive na niske temperature (Andebrant i dr, 1985; Andebrant, 1988, 1990).

Modeli koji koriste različite scenarije klimatskih promjena (Lange i dr., 2006; Jönsson i dr. 2007; Jönsson i dr., 2009) uvelike se koriste za predikciju brzine razvoja i broja generacija smrekovog pisara vodeći do zaključka da zatopljavanje klime pridonosi povećavanju broja generacija, skraćivanju vremena razvoja i povećanoj frekvenciji epidemija. Ukoliko se u periodu od 2070-2099 srednja godišnja temperatura u Skandinaviji povisi samo za 2-3 °C druga generacija će postati pravilo (Jönsson i dr. 2007). Drugu generaciju smrekov pisar će razviti u 50 % godina oko sredine stoljeća, odnosno 63-81 % godina prema kraju stoljeća (Jönsson i dr., 2009). Lange i dr. (2006) predviđaju da će smrekov pisar postati bivoltna vrsta u južnoj Norveškoj u razdoblju 2071-2100. Samo za usporedbu srednja godišnja temperatura zraka u susjednoj Italiji u razdoblju 1962.-2007. porasla je za 2 °C (+13 %), dok se istovremeno srednja godišnja količina oborina u razdoblju 1922.-2007. smanjila za 200 mm (-22 %) (Faccoli, 2009). Porast srednje godišnje temperature zraka ne pridonosi samo porastu broja generacije, već i širenju arela pojedine vrste. Tako npr. vrsta potkornjaka *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins, 1902) od 1970. proširila se na veliki dio zapadna Kanade, uključujući područja s višim nadmorskim visinama i sjevernije predjele na kojima nije bila prisutna u prošlosti, uspjevši preći geoklimatsku barijeru Rocky Mountains (Logan i dr., 2003).

Može se zaključiti da je smrekov pisar bivoltna ili polivoltna vrsta na nižim nadmorskim visinama, a na višim nadmorskim visinama univoltna ili bivoltna vrsta, ovisno o



vremenskim prilikama. Treća generacija u smrekovim sastojinama izvan područja optimalnog raspostranjenja (subalspi pojas) mogla bi postati pravilo u narednim godinama ukoliko će temperaturne prilike nadmašiti izmjerene prosječne godišnje temperature zraka.

### 7.1.2. Fenološki ciklus šesterozubog smrekovog potkornjaka

Uz smrekovog pisara jedan je od najvažnijih i najčešćih štetnika smreke u Europi (Grégoire & Evans, 2004; Schroeder, 2001, 2013; Zubrik i dr., 2008; Byers, 1995; Pfeffer, 1995; Zumr, 1992; Christiansen & Bakke, 1988; Eidmann, 1992; Bertheau i dr., 2012; Bouget & Duelli, 2004; Arthofer, 2005; Bertheau i dr., 2009; Birgersson i dr., 1990).

U razvoju šesterozubog smrekovog potkornjaka razlikujemo razvojni stadij jaja, ličinke, kukuljice i adulta. Razvija tri larvalna stadija (Postner, 1974). Stadij jaja traje između jednog i dva tjedna, ovisno o vremenskim prilikama. Ukoliko su tijekom prvog pregleda lovni stabala zamijećena jaja, kod sljedećeg pregleda za tjedan dana već su uočeni prvi larvalni stadiji. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 49 dana, dok na višoj između 20 i 48 dana. Stadij kukuljice traje između jedan i dva tjedna na obje nadmorske visine. Fora i dr. (2007) navode da stadij ličinke na nadmorskoj visini od 400 m u Rumunjskoj traje između 23 i 24 dana, a na višoj nadmorskoj visini od 800 do 900 m između 25 i 26 dana. Stadij kukuljice traje između 13 i 18 dana na nižoj, te između 14 i 19 dana na višoj nadmorskoj visini. Izuzetno dug period razvoja na obje nadmorske visine tijekom 2014. godine posljedica je hladnog i kišnog vremena tijekom ljetnog perioda, što je rezultiralo ne samo u produženju razvoja ličinki i kukuljica, već i u produženju čitavog razvoja od stadija jaja pa do izlaska novih kornjaša. Period razvoja ličinki od 14 dana na nižoj te 20 dana na višoj nadmorskoj visini posljedica je visokih temperatura zraka tijekom 2015. godine. Visoke temperature stvaraju pogodne uvjete za masovno rojenje potkornjaka, produženu potragu za stablom domaćinom i ubrzavaju juvenilni razvoj (Vakula i dr., 2014).

Usporedbe radi srednja temperatura zraka za razdoblje od 1. svibnja do 31. listopada prema podacima DHMZ-a iznosila je: 1) za nižu nadmorsku visinu (g.j. Žitnik): 2013. – 16,0 °C; 2014. – 15,4 °C; 2015. – 16,8 °C; 2) za višu nadmorsku visinu (g.j. Štirovača): 2013. – 10,1 °C; 2014. – 9,4 °C; 2015. – 10,7 °C. Za g.j. Žitnik uzeti su podaci meterološke postaje Gospić, a za g.j. Štirovača podaci meterološke postaje Zavižan. Promjena srednje temperature zraka od 0,8 °C na nižoj nadmorskoj visini ima za posljedicu povećanje broja generacija smrekovog pisara. Porast temperature može omogućiti brži razvoj koji ima za posljedicu

povećanje broja uspješno razvijenih generacija u jednoj godini, posebice kod multivoltnih vrsta (Faccoli, 2009). Da male promjene temperature ima veliki utjecaj na voltinizam potkornjaka uvelike je poznato. Tako npr. promjena srednje temperature zraka za samo 2 °C dovesti će do bivoltinizma smrekovog pisara u Skandinaviji (Jönsson i dr. 2007). Vidljivo je da je na obje pokusne plohe 2014. bila najhladnija godina, a 2015. najtoplija godina u periodu istraživanja.

Na nižoj nadmorskoj visini tijekom 2013. i 2015. godine vrsta je razvila dvije generacije godišnje, a tijekom 2014. samo jednu generaciju. U cijelom razdoblju istraživanja na višoj nadmorskoj visini šesterozubi smrekov potkornjak na lovnim stablima razvio je samo jednu generaciju tijekom godine. Međutim, pregledom hrpa grana tijekom ljeta utvrđena je ljetna generacija potkornjaka, ali ne i dinamika njihova razvoja. Izostanak ubušivanja u lovna stabla vjerovatno je posljedica veće atraktivnosti tanjeg materijala. Razvija jednu generaciju godišnje u Skandinaviji (Schroeder, 2013, Hedgren, 2002; Hedgren i dr., 2003), dok u Slovačkoj (Zubrik i dr., 2008), kao i u susjednoj Sloveniji (Jurc i dr., 2006) razvija dvije generacije godišnje.

Razvija najmanje jednu sestrinsku generaciju tijekom godine. Zbog pregleda lovnih stabala svakih osam dana nije bilo moguće utvrditi da li razvija više od jedne sestrinske generacije tijekom proljetnog rojenja. Niti u jednom slučaju nije zabilježena sestrinska generacija u ljetnom rojenju. Sestrinska generacija relativno se lako raspoznaje od glavne generacije po obliku hodnika koji su jednostruki bez bračne komorice (Sittichaya, 2005; Axel Schopf, pers comm). Schwerdtfeger (1929) navodi da šesterozubi smrekov potkornjak osniva sestrinsku generaciju produžujući majčinke galerije glavne generacije. Osniva jednu sestrinsku generaciju početkom lipnja (Fora i dr., 2007) ili početkom srpnja (Kacprzyk & Bednarz, 2015), dok Jurc i dr. (2006) navode da osniva dvije sestrinske generacije tijekom godine, po jednu za svako rojenje. Upravo početkom lipnja ili početkom srpnja pronađeni su prvi hodnici sestrinskih generacija u cijelom razdoblju istraživanja. Razvoj sestrinske generacije od stadija jaja do razvijenih kornjaša koji nisu dovršili dopunsku ishranu na nižoj nadmorskoj visini traje između 35 i 49 dana, a na višoj između 42 i 68 dana.

Početak proljetnog rojenja na nižoj nadmorskoj visini odvija se od polovice mjeseca svibnja do polovice mjeseca lipnja, a na višoj nadmorskoj visini od kraja svibnja do polovice lipnja. Proljetno rojenje na nižoj nadmorskoj visini odvija se oko dva tjedna ranije u odnosu na višu nadmorsku visinu. Početak rojenja ovisi o geografskom položaju i nadmorskoj visini, i uglavnom se događa između sredine travnja i sredine lipnja (Arthofer, 2005). Proljetno rojenje kreće kada temperatura zraka dosegne 16,8-17 °C (Lobinger, 1994). Ljetno rojenje

odvija se od sredine mjeseca srpnja do sredine kolovoza. Na višoj nadmorskoj visini nije zabilježeno ljetna generacija potkornjaka na lovnim stablima tijekom cijelokupnog istraživanja. Proljetno rojenje se odvija krajem travnja do sredine svibnja (Isaia & Paraschiv, 2011; Kacprzyk & Bednarz, 2015) ili od kraja travnja pa sve do lipnja (Fora i dr., 2007). Ljetno početkom srpnja (Isaia & Paraschiv, 2011) ili krajem srpnja i početkom kolovoza (Kacprzyk & Bednarz, 2015). Proljetni let traje oko 37 dana, dok ljetni između 42 i 48 dana (Fora i dr., 2007).

Razvoj glavne generacije od jaja do izlaska novih kornjaša traje između 35 i 70 dana na nižoj nadmorskoj visini, a na višoj nadmorskoj visini od 50 do 84 dana. Najkraći razvoj od 35 dana zabilježen je tijekom razvoja ljetne generacije u 2015. godini. Fora i dr. (2007) navode da ukupan razvoj šesterozubog smrekovog potkornjaka u Rumunjskoj na nadmorskoj visini od 400 m traje 62 dana za proljetnu generaciju te 51 dan za ljetnu generaciju, dok na višoj nadmorskoj visini od 800 do 900 m razvoj proljetne generacije traje 81 dan, a ljetne 62 dana.

## **7.2. Prostorna distribucija jedinki smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka po sekcijama lovnih stabala**

Debljina kore kao dio sustava pasivne obrane stabla domaćina može biti uzrok neuspjelih napada sitnijih vrsta potkornjaka koje inače preferiraju dijelove s tankom korom. Kod lovnih stabala s izrazito debelom korom opaženo je da šesterozubi smrekov potkornjak nije prisutan u donjim sekcijama koje je uglavnom kolonizirao smrekov pisar i obrnuto. Na temelju broja ulaznih rupa pojedine vrste potkornjaka po sekcijama lovnih stabla napravljena je Sperman Rank korelacija te je utvrđena statistički značajna negativna korelacija ( $r = -0,678270$ ,  $N = 163$ ,  $p < 0,05$ ) debljine kore i broja ulaznih rupa šesterozubog smrekovog potkornjaka, odnosno statistički značajna pozitivna korelacija ( $r = 0,264882$ ,  $N = 163$ ,  $p < 0,05$ ) broja ulaznih rupa smrekovog pisara i debljine kore lovnih stabala. Debljina kore raste s prsnim promjerom stabla, odnosno sa starošću stabla. Göthlin i dr. (2000) navode da broj vjetroizvala koje napada smrekov pisar raste s porastom promjera debla, dok broj stabala koje napada šesterozubi smrekov potkornjak raste sa smanjem promjera debla. U kulturama smreke gdje su stabla bila manjih dimenzija i tanke kore broj sekcija koje su zajedno kolonizirale ove dvije vrste potkornjaka bio je znatno veći. Šesterozubi smrekov potkornjak napada mlađa smrekova stabla u cijelosti (Göthlin i dr., 2000; Harding i dr., 1986; Hedgren i dr., 2003; Kacprzyk & Bednarz, 2015) te u kompeticiji sa smrekovim pisarom gornje dijelove

starijih smrekovih stabala s tanjom korom (Führer i dr., 1993; Baier & Bader, 1997; Harding i dr.; 1986; Kacprzyk & Bednarz, 2015). Da je debljina kore korelirana s pridolaskom pojedine vrste potkornjaka postoje brojni primjeri: npr. *S. scolytus* (3,5-6,0 mm) koji je krupnija vrsta od vrste *S. multistratus* (2,5-3,5 mm) napada donje dijelove debla, a *S. multistriatus* gornje dijelove debla brijestovih stabala. Isti je slučaj s vrstama *Hylesinus crenatus* (Fabricius, 1787) (4,0-6,0 mm) i *Leperesinus fraxini* (Panzer, 1779) (2,5-3,5 mm) te vrstama *I. sexdentatus* (5,5-8,0 mm) i *I. acuminatus* (2,2-3,9 mm). Nestanak brijestovih stabala većeg promjera razlog je nestanka krupnijih vrsta potkornjaka roda *Scolytus* (*Scolytus laevis* (Chapuius, 1869) (3,0-4,5 mm), *Scolytus scolytus* (3,5-6,0 mm), *Scolytus sulcifrons* (Rey, 1892) (3,4-6,00 mm)) koji za razmnožavanje trebaju debelu koru (Faccoli, 2015). Debljina kore bilo lovnog stabla, vjetroizvale ili dubjećeg stabla ne utječe samo kod smrekovih potkornjaka na pridolazak vrsta već i kod drugih rodova potkornjaka.

Postoje navodi da nije samo debljina kore razlog pridolaska šesterozubog smrekovog potkornjaka u gornjim dijelovima debla, već i veličina njegovog tijela. Šesterozubi smrekov potkornjak nije u mogućnosti „natjecati“ se sa smrekovim pisarom zbog male veličine tijela (Denno i dr., 1995). Međutim, na temelju provedenog istraživanja vidljivo je da nije rijetkost da se jedinice šesterozubog smrekovog potkornjaka ubuše u sekcije s debljom korom iako mu ta kora predstavlja u većini slučajeva nesavladivu barijeru. Odgovor mogu biti lenticеле.

Lenticеле su otvori koji u kori služe za izmjenu plinova, ali predstavljaju i potencijalni ulaz kroz debelu koru, odnosno predstavljaju slabu točku vanjske obrane. Šesterozubi smrekov potkornjak koristi lenticеле kod kolonizacije debljih dijelova debla smrekovih stabala (Rosner & Führer, 2002). Ispod lenticela reducirani su sekundarni smolni kanali. Za usporedbu koliko lenticеле mogu biti važne za uspjeh napada u peridermu na mjestima gdje nema lenticela primarni smolni kanali prekrivaju i do 95 % površine. Sustav smolnih kanala funkcionira kod dubjećih, odnosno živih stabala, dok je kod posječenih stabala sustav lučenja smole iz stanica koje sintetiziraju smolu narušen. Dakle, u slučaju lovnih stabala s debelom korom šesterozubi smrekov potkornjak ako i koristi lenticеле prvenstveno ih koristi kao ulaz kroz debelu koru. Nije neobično da smrekov pisar koristi lenticеле kao ulaz do floema. Međutim nije potpuno razjašnjeno da li namjerno biraju lenticеле kao slabu točku obrane stabla znajući da je sustav smolnih kanala na tim mjestima oslabljen ili su jednostavno privučeni s većom koncentracijom kairomona koje smreka luči kroz lenticеле.

Nameće se pitanje koja vrsta prva kolonizira posječena stabla koja nemaju sustav obrane. Kod dubjećih stabala većih dimenzija prvo napada smrekov pisar koji ima efektivne feromone agregacije, ali i spore gljiva koje uzrokuju plavilo drva i sudjeluju u svladavanju

obrane stabla domaćina. Dijelovi debla dubećih stabala koja je kolonizirao smrekov pisar uzrokovali su signifikantno više napada šesterozubog smrekovog potkornjaka od dijelova koji nisu bili kolonizirani. Kod stabala koja je usmrtio šesterozubi smrekov potkornjak (smrtnost svega 8 %) bio je evidentiran samo jedan napad smrekovog pisara (Hedgren, 2004). Kod promatranja fenologije smrekovih potkornjaka u g.j. Štirovača uočeno je da smrekov pisar prvi kolonizira lovna stabla i to u dva slučaja. U proljeće 2013. kada su prve ulazne rupe smrekovog pisara evidentirane 8. lipnja, a šesterozubog smrekovog potkornjaka 15. lipnja te u proljeće 2015. kada su prve ulazne rupe smrekovog pisara evidentirane 09. svibnja, a šesterozubog smrekovog potkornjaka 23. svibnja. Vidljivo je da je vremenski razmak između kolonizacija vrsta 7 ili 14 dana. Možda se ovaj vremenski pomak dogodio kod svih postavljenih lovnih stabala tijekom trogodišnjeg istraživanja, ali zbog vremenskih intervala pregleda lovnih stabala svakih 8 dana nije uočen. Da su lovna stabla pregledavana svaki dan postoji mogućnost da bi se navedeni vremenski pomak kolonizacije vrsta utvrdio na više lovnih stabala kroz tri godine. Benz i dr. (1986) navode da su klopke opremljene feromonskim pripravkom za smrekovog pisara uhvatile prevelik broj jedinki vrsta *P. chalcographus*, *P. conjuctus* i *Tripodendron lineatum* (Eichhoff, 1878) da bi se smatrale slučajnim ulovom. Pregledom jedinki vrste *P. chalcographus* utvrđeno je da su dominantno bili mužjaci. Stoga se može zaključiti da šesterozubi smrekov potkornjak detektira feromon ili pojedinu komponentu feromona smrekovog pisara kao kairomon. Šesterozubi smrekov potkornjak rijetko je sposoban sam usmrtiti stabla većih dimenzija, uglavnom stradavaju mlađa smrekova stabla u kulturama (stariji mladik, koljik i letvik). U donjim sekcijama tanjih lovnih stabala u kojima je dominirao šesterozubi smrekov potkornjak bilo je jako malo ulaznih rupa smrekovog pisara. Feromoni agregacije šesterozubog smrekovog potkornjaka (1S, 5R) halkogran i metil (E,Z)-2,4-dekadienoat uzrokuju inhibiciju atrakcije smrekovog pisara (Schlyter i dr., 1992; Byers, 1993).

Iz svega navedenog moglo bi se zaključiti da je šesterozubi smrekov potkornjak „satelit“ vrsta smrekovog pisara. Prostorna distribucija smrekovih potkornjaka na lovnom stablu uključuje više značajnih čimbenika: feromonsku komunikaciju između vrsta, debljinu kore, veličinu tijela i lenticеле. Dominantna vrsta u debljim dijelovima lovnih stabla je smrekov pisar, a u vršnim dijelovima stabla šesterozubi smrekov potkornjak.

### 7.3. Predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara pomoću PHENIPS modela

Zbog čestih epidemija diljem Europe i sposobnosti usmrćivanja zdravih dubećih stabala predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara jedna je od najvažnijih metoda borbe protiv ovog štetnika u okviru integrirane zaštite šuma. To je posebice važno za planinska područja gdje je ovaj štetnik izvan dosega primjene metoda integrirane zaštite, a gdje postoje povoljni uvjeti za njegov razvoj. Većina prijašnjih modela zasnivaju se na linearnom odnosu između razvoja kukca i temperature zraka (Coeln i dr., 1996; Netherer, 2003), dok se Phenips model zasniva na nelinearnom odnosu temperature i razvoja (Baier i dr., 2007).

Pomoću Phenips modela moguće je predvidjeti vrijeme proljetnog rojenja, početak infestacije odnosno napada na stabla, osnivanje sestrinskih generacija te izlazak odraslih kornjaša glavnih i sestrinskih generacija (Baier i dr., 2006; 2007; 2009).

Na temelju podataka temperature kore promatrana fenologija smrekovog pisara na lovnim stablima i fenologija dobivena modeliranjem uvelike se poklapaju. Razlike su vidljive u očekivanom vremenu početka infestacije, gdje model predviđa početak razvoja 4 do 5 dana ranije u odnosu na stvarnu fenologiju i početak razvoja na lovnim stablima. Phenips model koristi interpolaciju temperature zraka i solarne radijacije za izračun temperature kore (Baier i dr., 2007).

U modelu je korišten temperaturni prag leta smrekovog pisara od 16,5 °C. Početak leta nastupa prema modelu kada je dosegnuta temperaturna suma od 60 dd nakon 1. travnja, a početak infestacije na lovnim stablima uglavnom se događa kada je dosegnuta temperaturna suma od 140 dd mjereći od 1. travnja (Baier i dr., 2006; 2007). Kod drugih modela broj dd potrebnih za početak proljetnog leta jedinki smrekovog pisara koje zimuju pod korom napadnutih stabla iznosi 48, a za jedinke koje zimuju u tlu iznosi 170 (Anilla, 1969) s time da je korišten temperaturni prag od 5 °C.

Na temelju temperature zraka i zadovoljenih temperaturnih suma početka leta, napad na lovna stabla prema modelu očekivao se znatno ranije, 18 dana ranije u 2014. godini te 16 dana ranije u 2015. godini. Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da nije dovoljna samo postignuta temperatura zraka, već i određena temperatura kore jer na ovoj nadmorskoj visini većina populacije smrekovog pisara (76,48 % do 94,92 %) zimuje pod korom napadnutih stabala. Slična odstupanja početka razvoja pojedine generacije i završetka razvoja koristeći Phenips model uočena su i u Češkoj (Berec i dr., 2013).

Wermelinger & Seifert (1998) utvrdili su pomoću „sendvič metode“ (uzorak kore između dva panela pleksiglasa) temperature pragove razvoja različitih stadija: 10,6 °C za jaje, 8,2 °C za ličinke, 9,9 °C za kukuljicu i 8,3 °C za cijeli predadultni razvoj od jaja do kukuljice. Za predadultni razvoj od jaja do kukuljice potrebna je temperaturna suma od 334,2 dd (Wermelinger & Seifert, 1998), dok za dopunsku ishranu kornjaša potrebna temperaturna suma od 222,8 dd (Wermelinger & Seifert, 1998; Netherer, 2003). Za cijeli razvoj od jaja do adulta u Phenips modelu (Baier i dr., 2006; 2007; 2009) korišten je temperaturni prag od 8,3 °C i totalna temperaturna suma od 557 dd. Abgrall & Juvy (1993) koristeći temperaturni prag razvoja od 5 °C (Anilla, 1969) utvrdili su temperaturnu sumu od 550 dd za razvoj od jaja do kornjaša koji nije završio dopunsku ishranu. Jönsson i dr. (2007) navode temperaturnu sumu za potpuni razvoj smrekovog pisara između 625 i 750 dd također koristeći temperaturni prag razvoja od 5 °C. Koristeći temperaturni prag od 7 °C dobivena je temperaturna suma od 578,3 dd za planinsko područje Tatri u Slovačkoj te 625,5 dd za Nasswald u Austriji uz primjenu temperaturnog praga od 7 °C (Netherer & Pennerstorfer, 2001). Ukoliko se uzme prag od 8,3 °C i prekalkulira se temperaturna suma koju su utvrdili Abgrall & Juvy (1993) za razvoj od jaja do mladog kornjaša dobiva se temperaturna suma od 365 dd što je samo malo iznad temperaturne sume koju su utvrdili Wermelinger & Seifert (1998). Faccoli (2009) navodi temperaturnu sumu od 563 dd za potpuni razvoj smrekovog pisara. Coeln i dr. (1996) navode temperaturni prag od 11,8 °C za predadultni razvoj smrekovog pisara.

Phenips model je dosta osjetljiv na intenzivno zagrijavanje tijekom proljeća te intenzivno spuštanje temperature tijekom jeseni (Baier i dr., 2007).

Do ubrzavanja ili usporenog razvoja potkornjaka može doći zbog efekta zasjenjivanja ili izloženosti pojedinog dijela lovnog stabla direktnom utjecaju sunčeve radijacije. U Danskoj izlazak jedinki smrekovog pisara zabilježen je znatno ranije na suncu izloženim pozicijama u odnosu na one u sjeni (Öhrn, 2012 prema Harding & Ravn, 1985). Efekt sunčeve radijacije može signifikantno promijeniti temperaturu kore u odnosu na temperaturu zraka na izloženim dijelovima lovnog stabla i ubrzati razvoj kukca (Baier i dr., 2007).

Razlika kumulativnih temperatura mjerenih pod korom stabala i temperatura zraka povećava se s povećanjem sunčevog zračenja tijekom vegetacijske periode (Coeln i dr., 1996; Wermelinger & Seifert, 1999; Öhrn, 2012 prema Harding & Ravn, 1985). Visoke temperature zraka stvaraju pogodne uvjete za masovno rojenje potkornjaka, produženu potragu za stablom domaćinom i ubrzavaju juvenilni razvoj (Vakula i dr., 2014). Do malih odstupanja može doći i zbog pozicije datalogera pod korom jer su u istraživanju datalogeri postavljeni na prsnoj

visini stabla, dok su kod istraživanja provedenog u Austriji logeri postavljeni na visini baze krošnje.

Osim utjecaja zasjenjivanja ili zagrijavanja direktnim utjecajem sunca koji su glavni uzroci kašnjenja ili ubrzavanja stvarnog razvoja u odnosu na razvoj predviđen modelom (Baier i dr., 2006; 2007) treba uzeti i u obzir padaline koje modelom nisu predviđene (Berec i dr., 2013), a koje mogu usporiti razvoj. Vremenski uvjeti kao što su temperatura, oborine i sunčeva insolacija uvelike utječe na let i razvoj smrekovog pisara (Wermelinger & Seifert, 1998; Baier i dr., 2007; Faccoli, 2009).

### 7.3.1. Vremenski pomak početka razvoja sestrinske generacije

Kod sestrinskih generacija smrekovog pisara vidljivo je da model predviđa početak razvoja sestrinske generacije od 5 do 12 dana ranije, odnosno 4 do 17 dana kasnije. Nedostatak modela je što ne može predvidjeti gustoću napada o kojoj uvelike ovisi početak osnivanja sestrinske generacije.

Model predviđa osnivanje sestrinske generacije kada je dosegnuta temperaturna suma od 275 dd koja je jednaka 49,7 % ukupne temperaturne sume za potpuni razvoj (Baier i dr., 2006; 2007; 2009).

Povećanje gustoće napada uzrokuje raniji izlazak ženki iz galerija te smanjene fekunditeta (Andebrandt i dr., 1985; Sauvard 1989; Andebrandt 1988; 1989). Osim kod smrekovog pisara ranije napuštanje galerija uslijed visoke gustoće napada uočeno je i kod vrste *I. sexdentatus* (Jactel i dr., 1987) te vrste *D. frontalis* (Mayyasi i dr., 1976; Wagner i dr., 1981b).

Osnivanje sestrinske generacije uvjetovano je temperaturom (Annala, 1969; Andebrandt, 1986; 1989) i gustoćom napada (Bakke, 1983; Andebrandt i dr., 1985; Andebrandt & Löfqvist, 1988; Andebrandt, 1986; 1989). Ženke ostaju kraće u galerijama kod viših temperatura i kod povišenih gustoća napada zbog izjegavanja unutarvršne kompeticije. U Švedskoj potreban broj dd za osnivanje sestrinske generacije smrekovog pisara iznosi 168 dd uz korišteni temperaturni prag 7,5 °C i gustoću napada 300-400 galerija/m<sup>2</sup> kore (Andebrandt, 1986), dok prema Annali (1969) za osnivanje sestrinske generacije potrebno je termalna suma od 150-200 dd uz korišteni temperaturni prag od 5 °C.

Broj potomaka sestrinske generacije nije uvjetovan veličinom glavne generacije ili gustoćom napada (Andebrandt & Löfqvist, 1988). Samo trećina jedinki osniva sestrinsku



generaciju (Andebrant, 1989), a prema istraživanjima u Norveškoj čak 90 % ženki osniva sestrinsku generaciju (Bakke i dr, 1977). Za usporedbu od 25 do 79 % ženki osniva sestrinsku generaciju kod vrste *Dendroctonus frontalis* u Sjevernoj Americi (Pope i dr., 1980).

Glavna prednost sestrinske generacije u odnosu na glavnu generaciju je izbjegavanje unutarvrstne kompeticije kod velike gustoće napada i posljedično velike stope smrtnosti (Kirkendall, 1983). Sestrinske generacije imaju važnu ulogu u rastu populacije u područjima gdje je smrekov pisar univoltna vrsta, dok značajno manju ulogu rasta populacije imaju u područjima gdje je bivoltna ili multivoltna vrsta (Baier i dr., 2006, Wermelinger & Seifert, 1999). Potkornjaci koji kod osnivanja glavnih ili sestrinskih generacija ranije napuštaju stablo imaju veći sadržaj masti i očekivano duži period preživljavanja. To znači da ženke koje polože veliku seriju jaja kod osnivanja glavne generacije mogu imati veći stupanj mortaliteta od ženki koje su u prvoj seriji položile manju seriju jaja (Andebrant, 1988).

### 7.3.2. Utjecaj temperature i dužine fotoperioda na reprodukciju smrekovog pisara

Kritična dužina fotoperioda od 14,5 sati za geografski položaj grada Zagreba pada na 8. kolovoza, ali i nakon kritičnog skraćivanja fotoperioda na lovnim stablima uočeno je ubušivanje potkornjaka, izrada galerija i odlaganje jaja.

Reprodukcija smrekovog pisara u srednjoj Europi prestaje kada dužina dana padne ispod 15 sati (Schopf 1985; 1989; Faccoli, 2009) ili 14,5 (Baier i dr., 2007) ili uopće nema utjecaja na reprodukciju (Doležal & Sehnal, 2007).

Dok je temperatura zraka visoka, a u vezi s time i temperatura floema ženke smrekovog pisara odlažu jaja. Očito je da je temperatura presudan čimbenik koji uz fotoperiodični prag djeluje kao okidač hibernacije ženki. Moguće je da se dijapauza nakon skraćivanja fotoperioda očituje u smanjenju broja odloženih jaja, ali ne i u potpunom prestanku polaganja jaja ukoliko je temperatura zraka, a samim time i floema još uvijek dovoljno visoka. Dokazano da visoka, odnosno niska temperatura zraka može usporiti diapauzu smrekovog pisara (Doležal & Sehnal, 2007). Odlaganje jaja nakon skraćivanja fotoperioda uočeno je i u Austriji ukoliko je temperatura zraka bila dovoljno visoka (Peter Baier, pers. comm.).

Populacije smrekovog pisara u jugoistočnoj Europi su najstarije (Stauffer i dr., 1999), a samim time i najplastičnije (Hrašovec i dr., 2011). Da se radi o izuzetno plastičnoj vrsti potkornjaka potvrđuje i činjenica prilagodbe na izmjenjene uvjete temperature i duljine fotoperioda. Nakon što su 2 mjeseca u laboratoriju bile izložene potpunom mraku i

temperaturi od 5 °C jedinke smrekovog pisara nisu više bile osjetljive na fotoperiod, rojile se i kopulirale na temperaturi od 20 °C i izmjenjenoj dužini fotoperioda od 12 sati (Doležal i dr., 2007). U Skandinaviji dijapauza nastupa kad dužina fotoperioda padne ispod 18 sati i biva prekinuta ili temperaturom od 5 °C ili vrlo dugim fotoperiodom od 20 sati kombiniranim s visokim temperaturama zraka od 20 °C (Doležal i dr., 2007).

Razvoj predadultnih stadija (ličinka, kukuljica) i mladog imaga ne ovise o dužini fotoperioda (Schopf, 1989) i one se nastavljaju razvijati ako su zadovoljeni temperaturni pragovi. Kod vrste *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) kraći fotoperiod uzrokuje brži razvoj ličinki (Doležal i dr., 2007).

Upravo zbog fotoperiodičnog praga model nije predvidio razvoj ljetne sestrinske generacija (kada je korištena temperatura kore) tijekom 2014. godine, odnosno razvoj treće generacije tijekom 2015. godine.

Unatoč navedenim odstupanjima koje model ne može predvidjeti (efekt zasjenjivanja, izloženost kore sunčevoj radijaciji, početak razvoja sestrinskih generacija koji je uvjetovan gustoćom napada i temperaturom floema te temperatura floema i zraka u vrijeme skraćivanja fotoperioda) model se može primjeniti za predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara.

Na temelju podataka temperature zraka samo jedne meteorološke postaje ili temperature kore model omogućuje monitoring razvoja smrekovog pisara te se može primjeniti za detekciju osjetljivih područja unutar arela smreke u kojima može zbog vremenskih promjena nastupiti povećanje broja uspješno razvijenih generacija u jednoj sezoni, kao što je zabilježeno tijekom istraživanja u g.j. Žitnik. Kod procjene rizika treba uzeti u obzir da su to sastojine koje su umjetno podignute izvan optimalnog arela smreke (subalpski pojas) te se može očekivati povećanje voltinizma i povećani rizik od epidemija smrekovog pisara. Model povezan sa serverom na internetu (Baier i dr., 2009) omogućuje planiranje mjera sanacije žarišta napada smrekovog pisara prije nego se kornjaši u potpunosti razviju i napuste stablo.

Na kraju treba naglasiti da ne postoji fenološki model koji predviđa napad i razvoj ksilofagnih vrsta kukaca, a da nema određenih nedostataka.

## 7.4. Prezimljavanje smrekovog pisara

### 7.4.1. Niše prezimljavanja smrekovog pisara

Na svim pregledanim stablima veći dio populacije imaga zimuje pod korom stabala, a tek manji dio populacije napušta stabala i zimuje u šumskoj stelji. Postotak imaga koji je napustio stabla i zimuje u tlu te postotak imaga koji zimuje pod korom statistički se značajno razlikuje između pregledanih stabla [ $K-W H(DF = 4, N = 55) = 21,55579, p = 0,0002$ ]. Kod dijela populacije koji je napustio stablo i zimuje u tlu uzeto je u obzir da svaka jedinka koja napušta stablo izgriza svoju izletnu rupu (Komonen i dr. 2011; Carlsson, 1983; Schlyter i dr. 1984). Većina populacije smrekovog pisara zimuje pod korom stabala (76,48 % do 94,92 %), a tek manji dio napušta stabla i zimuje u šumskoj stelji (5,08 % do 23,52 %). Mali postotak populacije smrekovog pisara u srednjoj Europi zimuje u šumskoj stelji – 10 % (Biermann, 1977), 5 % (Zumr, 1982), dok na sjeveru Europe većina populacije zimuje u šumskoj stelji koja je prekrivena snijegom kao izolatorom (Botterweg, 1982; Christiansen & Bakke, 1988; Annala 1969; Weslien & Lindelöw, 1989; Weslien, 1992), a tek manji dio populacije ostaje pod korom stabala (Annala, 1971). U Švicarskoj u područjima gdje je smrekov pisar univoltna vrsta u jesen 50 % jedinki napušta stablo zajedno s većinom parazitoida i predatorskih muha; kod bivoltne populacije manje od 10 % jedinki napušta stablo u kojem su se razvile, a u područjima gdje razvija tri generacije i do 36 % jedinki napušta koru stabala (Wermelinger i dr., 2012). Novija istraživanja u južnoj Švedskoj gdje je smrekov pisar bivoltna vrsta pokazuju da gotovo 50 % populacije smrekovog pisara zimuje pod korom napadnutih dubećih stabala (Komonen i dr., 2011; Svensson i dr., 2007).

Dakle, na sjeveru Europe izuzev područja gdje je bivoltna vrsta većina populacije zimuje u šumskoj stelji, dok u jugoistočnoj Europi na većim nadmorskim visinama od 50 do 60 % populacije napušta stablo (Hrašovec i dr., 2011). Populacije na sjeveru Europe uže su genetske varijabilnosti (Stauffer i dr., 1999) od onih na jugu. Populacije na jugu su evolucijski najstarije (Stauffer i dr., 1999) i time najplastičnije (Hrašovec i dr., 2011) te se mogu prilagoditi uvjetima niskih temperatura zimi i u prostornom i u vremenskom smislu. Slično ponašanje uočeno je kod vrste *Ips grandicollis* u sjevernoj Americi gdje populacije na jugu uglavnom prezimljuju pod korom, a populacije na sjeveru uglavnom u šumskoj stelji (Lombardero i dr., 2000). Većina populacije smrekovog pisara u srednjoj Europi ne napušta dubeća stabla tijekom zime već u tlo dospijeva s otpalom korom s dubećih stabala

(Dworschak i dr., 2014). Na dubećim stablima broj jedinki koje napuštaju stablo tijekom zime povećava se s visinom stabla (Komonen i dr, 2011). To može biti povezano s većom izloženošću sunčevoj insolaciji koja zagrijava koru i ubrzava razvoj ili s debljinom kore. Često kora s gornjih dijelova debla dubećih stabala tijekom zime otpada u velikim komadima, čineći taj dio debla neprikladnim za prezimljavanje. Gustoća napada može promijeniti karakteristike kore kao izolatora te uzrokovati veću stopu mortaliteta tijekom zime pod korom napadnutih stabala (Faccoli, 2002)

Razlog napuštanja dubećih stabala u jesen može biti kolebanje temperature kore tijekom zimskih mjeseci, dok je temperatura ispod snježnog pokrivača u šumskoj stelji stabilna i obično ne pada ispod točke smrzavanja (Annala, 1969). Potkornjaci koji zimuju pod korom stabala imaju značajno manji sadržaj lipida u tijelu u odnosu na jedinke koje zimuju u tlu (Dworschak i dr., 2014). Brojni autori navode različit postotak mortaliteta u šumskoj stelji: od 16 % do 36,3 % (Zumr, 1982b); 33 % (Poolak, 1975) pa do 43,8 % (Austarå & Midtgaard, 1986).

Obje niše zimovanja imaju svoje prednosti i nedostatke. Osim nedostataka kao što su fluktuacija temperature i ozljeda nastalih pothlađivanjem prezimljavanje pod korom stabla ima svoje prednosti: jedinke napuštaju vlažni dio floema i migriraju u suhe dijelove kore gdje je rizik od smrzavanja jako malen (Košťál i dr., 2011); rizik of infekcije sporama patogenih gljiva je minimalan u suhim uvjetima pod korom dubećih stabala (Doležal i dr, 2009); raznolikost i gustoća predatora trebala bi biti znatno manja pod korom stabla nego u tlu; kora se puno prije zagrijava od šumske stelje i potkornjaci koji zimuju pod korom ranije napuštaju stabla i imaju važnu prednost u otkrivanju stabala domaćina, iskorištavanju nutrienata i dovoljno vremena za dovršetak razvoja (Dworschak i dr., 2014).

#### 7.4.2. Uspjeh reprodukcije smrekovog pisara

Uspjeh reprodukcije izražava se brojem kćeri u odnosu na majku ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ). Na pet lovnih stabala uspjeh reprodukcije kretao se od 0,51 do 4,17  $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ , dok se gustoća galerija kretala od 27 do 146 galerija po m<sup>2</sup> kore. Uspjeh reprodukcije [K–W H(DF = 4, N = 55) = 1,25745, p = 0,0003] i broj galerija [K–W H(DF = 4, N = 55) = 26,84310, p = 0,0001] po m<sup>2</sup> kore statistički se značajno razlikuju između pregledanih stabla.

Ženka smrekovog pisara odloži i do 80 jaja (Wermelinger, 2004). Ukoliko uzmemo u obzir da je uspjeh reprodukcije 4 kćeri, odnosno 8 jedinki (omjer spolova 1:1 - Annala, 1971)

u F1 generaciji po majci, može se zaključiti da se mortalitet od stadija jaja do odraslog imaga koji će napustiti stablo kreće i do 90 %. Ericsson i dr. (2008) također su utvrdili malu gustoću galerija (15-35 galerija) na posjećenim stablima i na vjetroizvalama (do 70 galerija), ali i mali uspjeh reprodukcije koji se na posjećenim stablima kretao od 5 do 6 ♀/♀, a na vjetroizvalama 3 do 4 ♀/♀.

Optimalna gustoća galerija smrekovog pisara po 1 m<sup>2</sup> kore iznosi do 500 galerija (Wermelinger, 2004). Gustoća galerija po m<sup>2</sup> kore se može podijeliti u tri skupine: od 100 do 300 (normalna), 300 do 500 (visoka) i preko 500 galerija (ekstremno visoka) (Martinek, 1956). Malom gustoćom napada smatra se 100 galerija/m<sup>2</sup> kore, a 300 galerija/m<sup>2</sup> kore smatra se velikom gustoćom napada (Weslien, 1994). Gustoća galerija bila je optimalna, ali je ipak uspjeh reprodukcije bio nizak u usporedbi da na vjetroizvaljenim stablima može biti i do 10 ♀/♀ (Furuta, 1989).

Uspjeh reprodukcije ovisi o gustoći napada. Kod gustoće napada 460 galerija po m<sup>2</sup> kore na dubećim stablima uspjeh reprodukcije 3,4 ♀/♀; gustoća napada 522 galerije po m<sup>2</sup> kore posjećenih stabla uspjeh reprodukcije svega 1,7 ♀/♀. (Hedgren & Schroeder, 2004); gustoća napada 248 galerija na dubećim stablima, uspjeh reprodukcije 3,16 ♀/♀; gustoća napada 489 galerija, uspjeh reprodukcije 0,6 ♀/♀ (Faccoli & Bernadinelli, 2011). Stoga, gustoća napada od 500 galerija po m<sup>2</sup> kore više se može smatrati kritičnom nego optimalnom. Gustoća napada između 200 i 500 galerija/m<sup>2</sup> kore uzrokuje potpunu iskorištenost floema, koja osim gustoće napada ovisi i o debljini samog floema (Andebrant i dr, 1985), a osim toga veličina tijela smrekovog pisara i sadržaj masti su negativno korelirani s gustoćom napada (Botterweg, 1983).

Pernek (2002) u svom radu opisuje Schopfov model biološkog potencijala smrekovog pisara. Prema tom teoretskom modelu u 1 m<sup>2</sup> kore optimalna gustoća napada je 200 galerija odnosno 200 majki koje će razviti u F1 generaciji 8000 novih jedinki. Ukoliko uzmemo da su polovica novonastalih jedinki ženke uspjeh reprodukcije iznosi 20 ♀/♀.

Prema Schopfovom modelu biološki potencijal smrekovog pisara ekstremno je visok što u prirodi nije moguće niti na vjetroizvaljenim stablima (Furuta, 1989; Komonen i dr., 2011; Eriksson i dr., 2008) niti na dubećim (Komonen i dr., 2011; Hedgren & Schroeder, 2004; Faccoli & Bernadinelli, 2011) ili posjećenim stablima (Hedgren & Schroeder, 2004; Ericsson i dr., 2008). Kod dubećih stabala uspjeh reprodukcije smrekovog pisara značajnije se ne razlikuje na različitim visinama samog stabla, dok kod vjetrom izvaljenih stabla nema značajne razlike uspjeha reprodukcije između osunčanih i zasjenjenih dijelova debla (Komonen i dr., 2011). Model ne uzima u obzir stopu smrtnosti populacije niti redukciju

populacije prirodnim neprijateljima. Broj odloženih jaja i izlažećih imaga po galeriji eksponencijalno se smanjuje, dok se stopa smrtnosti svih stadija od jaja do adulta eksponencijalno povećava s porastom gustoće napada (Zhang i dr., 1992).

Mali uspjeh reprodukcije posljedica je velike smrtnosti sva tri uočena stadija (L<sub>3</sub> ličinka, kukuljica, mladi imago). Veliki broj ličinki predatora uočen je u odnosu na relativno malu gustoću napada, za razliku od istraživanja u Skandinaviji (Hedgren & Schroeder, 2004) gdje je gustoća galerija bila značajno veća (522 galerije), a prosječan broj ličinki roda *Medetera* iznosio tek 25 ličinki po m<sup>2</sup> kore. Gustoća ličinki roda *Medetera* koje su bile najzastupljenije kretala se od 53 do 135 jedinki po m<sup>2</sup> kore te je utvrđena statistički signifikantna pozitivna korelacija ( $r = 0,624484$ ,  $N = 60$ ,  $p < 0,05$ ) između gustoće napada i broja ličinki predatora.

Dakle, na uspjeh reprodukcije utječe više faktore: gustoća napada, stanje stabla, mortalitet uzrokovan predatorima, parazitoidima i niskim temperaturama. Ako se radi o zdravom dubjećem stablu potreban je veliki broj napada da bi se svladala obrana stabla što će rezultirati sa smanjenim uspjehom reprodukcije zbog povećane unutarvrnsne kompeticije (Hedgren & Schroeder, 2004; Faccoli & Bernadinelli, 2011; Komonen i dr., 2011), a osim toga broj potomaka je pozitivno koreliran s dužinom galerija (Grodzki i dr., 2014). U dubjećim stablima uspjeh reprodukcije prosječno iznosi 2 ♀/♀ (Weslien & Regnander, 1990), a katkada može biti i ispod 1 ♀/♀ (Furuta, 1989).

Smrekov pisar u uvjetima niske gustoće populacije napada stabla koja su oštećena usljed vremenskih nepogoda (ledolom, vjetrolom, vjetroizvale), a u uvjetima visoke gustoće populacije napada i suši potpuno zdrava stabla (Schroeder & Lindelöw, 2002; Hedgren & Schroeder, 2004; Faccoli & Bernadinelli, 2011; Wermelinger, 2004; Eriksson i dr., 2008 i brojni drugi). Unutarvrnsna kompeticija jedan je od najvažnijih mehanizama redukcije rasta populacije smrekovog pisara u trenutku kada potkornjaci pređu s vjetrom izvaljenih stabala na zdrava dubeca stabla (Komonen i dr., 2011).

Važnu ulogu u izbjegavanju prenamnažanja osim lučenja antiagregacijskih feromona mogao bi imati i minimalni razmak između napada. Kompjuterski je izračunat minimalni razmak od 2-5 cm između dva napada smrekovog pisara (Byers, 1984). Vrste su različito prilagođene ovom efektu, bilo stridulacijski, fermonski ili vizualno-kemijski. Struktura kore može utjecati na minimalni razmak napada (Zhang i dr., 1992) jer primjerice vrsta *I. cembrae* preferira duboke pukotine u kori za ubušivanje.

Zaključno, velika gustoća napada reducira uspjeh reprodukcije smrekovog pisara zbog naglašene unutarvrnsne kompeticije za ishranu floemom. Međutim, vrste potkornjaka koje se dopunski hrane izvan kore stabla u kojima su se razvila mogu izbjeći redukciju uspjeha

reprodukcije, npr. vrsta *T. piniperda* dopunski se hrani u krošnjama stabala ubušujući se u jednogodišnje izbojke gdje izgriza srž izbojaka (Sauvard, 1989).

Na posjećenim stablima koja nemaju sustav obrane ili je sustav obrane većim dijelom reduciran broj napada trebao bi biti znatno manji što bi trebalo rezultirati većim uspjehom reprodukcije. Međutim, predatori i mortalitet predadultnih stadija tijekom zimskih mjeseci mogu uzrokovati mali uspjeh reprodukcije bez obzira na malu gustoću napada.

#### 7.4.3. Mortalitet populacije smrekovog pisara tijekom prezimljavanja

Najveći dio populacije zimuje u stadiju imaga, odnosno raspon udjela imaga u lovnim stablima kretao se od 77,42 % do 99,59 %. Tek manji dio populacije ne završi svoj razvoj prije zime i prezimljuje u stadiju L<sub>3</sub> ličinke i kukuljice. Raspon udjela ličinki pod korom lovnih stabla kretao se između 0,23 % i 8,53 %, dok je udio kukuljica bio nešto viši od 0,18 % do 14,05 %. Vitalitet predadultnih i adultnog stadija određen je na temelju pokretljivosti pojedinog stadija na sobnoj temperaturi (Faccoli, 2002). Mortalitet imaga kretao se od 18,07 % do 42,84 %, dok je mortalitet predadultnih stadija bio znatno viši (70,59 % i 100,00 %) u pojedinim sekcijama. Mortalitet larvalnih stadija, kukuljica i mladih imaga koja nisu dovršila dopunsku ishranu penje se tijekom zime i do 50 % (Biermann, 1977; Faccoli, 2002; Dworschak i dr., 2014). Prezimljavanje predadultnih stadija (ličinki i kukuljica) nije moguće (Coeln i dr., 1996; Austarå i dr., 1977; Baier i dr., 2007; Netherer, 2003; Axel Schopf, pers. comm.) jer su ličinke, kukuljice i nedozrela imaga izuzetno osjetljivi na niske temperature (Andebrant i dr., 1985; Andebrant, 1988, 1990; Wild, 1953). Mortalitet predadultnih stadija tijekom zime je znatan ili totalan (Wermelinger & Seifert, 1999; Wild, 1953). Kada bi predadultni stadiji mogli prezimiti nastavili bi se razvijati u proljeće što bi rezultiralo ubrzanjem rasta populacije kroz nekoliko godina. Iz toga proizlazi da povećani rast populacije rezultira s velikim mortalitetom tijekom zime zbog nedovršenog razvoja predadultnih stadija (Wermelinger & Seifert, 1999). Mortalitet navedenih stadija potvrđuje i činjenica da se pod korom u proljeće mogu naći samo mlada imaga (Faccoli, 2002). Točka smrzavanja kukuljica i ličinki iznosi -13°C, odnosno -17°, a odraslog imaga -20°C do -30°C (Annala, 1969). Prema novijim istraživanjima donje letalne temperature imaga smrekovog pisara kreću se između -20°C i -22°C (Košťal i dr., 2007; Košťal i dr., 2011). Temperature često tijekom zimskih mjeseci padaju ispod gore navedenih letalnih temperaturnih pragova, posebice za predadultne

stadije (L<sub>3</sub> ličinka i kukuljica).

Uvrđena je pozitivna korelacija ( $r = 0,896156$ ,  $N = 60$ ,  $p < 0,05$ ) gustoće napada i broja ličinki predatora. Broj ličinki predatora [K-W H(DF = 4, N = 55) = 17,05745,  $p = 0,0019$ ] i ukupna produkcija smrekovog pisara [K-W H(DF = 4, N = 55) = 13,11153,  $p = 0,0107$ ] statistički se razlikuju između pregledanih stabla. U stablima gdje je bila veća gustoća napada evidentiran je i veći broj ličinki predatora. Predatorske vrste iz roda *Medetera* te vrsta *T. formicarius* mogu uzrokovati značajan mortalitet populacije. Većina predatora ostaje tijekom zime pod korom stabala, dok većina parazitskih osica napušta stabla (Wermelinger i dr., 2012).

Vrste roda *Medetera* koje su u istraživanju bile najbrojnije spadaju u najvažnije predatore potkornjaka (Wermelinger, 2002; Hulcr i dr., 2005; Hulcr i dr., 2006; Hedgren & Schroeder, 2004). Ličinke vrsta roda *Medetera* naseljavaju galerije potkornjaka i hrane se jajima, ličinkama, kukuljicama i adultima (Hulcr i dr., 2005). Muhe iz porodice Dolichopodidae (rod *Medetera*) ubiju od 3 do 7 puta više ličinki u usporedbi s porodicama Lonchaeidae i Pteromalidae (Wermelinger, 2002).

Odrasli imago vrste *T. formicarius* dnevno konzumira i do 5 adulta potkornjaka, dok ličinka tokom svog razvoja može pojesti i do 42 ličinke potkornjaka (Heidger, 1994). Predator *T. formicarius* uzrokovao je 20 % veći mortalitet smrekovog pisara kod gustoće napada 300 galerija/m<sup>2</sup> kore nego kod slabog napada i gustoće od 100 galerija/m<sup>2</sup> kore. Može se zaključiti da je mortalitet uzrokovan ovom vrstom predatora prije svega ovisan o gustoći napada. Predatori pod korom mogu biti veoma važan faktor suzbijanja epidemija smrekovog pisara (Weslien, 1994).

Vrste roda *Medetera* privučene su agregacijskim feromonima smrekovog pisara (2-metil-3-buten-2-ol, cis-verbenol) te djelovanjem ipsdienola, dok mravasti kornjaš (*T. formicarius*) uglavnom je privučen djelovanjem ipsdienola, a manje djelovanjem agregacijskih feromona (Hulcr i dr., 2006). Vrste roda *Thanasimus* su generalisti i iz tog razloga su jače privučeni djelovanjem ipsdienola koji je produkt feromonske komunikacije brojnih vrsta potkornjaka roda *Ips* (Wood, 1982). Ipsdienol ima svojstvo atrakcije u malim koncentracijama i u mješavini sa cis-verbenolom i metilbutenolom, dok kao pojedinačna supstanca i u većim koncentracijama ima inhibitorno djelovanje (Schlyter & Andebrandt, 1989). Utjecaj predatora na mortalitet populacije smrekovog potkornjaka ovisi i o tome koje vrste predatora uzrokuju mortalitet, odnosno da li su te vrste univoltne pa utječu samo na mortalitet prve generacije (Kenis i dr.; 2004). U trupcima gdje su prisutni prirodni neprijatelji redukcija populacije potkornjaka može biti i do 80 % (Weslien, 1992).



Osim predatora i letalnih temperatura tijekom zime fiziološko stanje imaga može značajno utjecati na stopu prezimljavanja populacije. Fiziološko stanje imaga, odnosno količina masti u tijelu može značajno utjecati na prezimljavanje. Jedinke smrekovog pisara koje u jesen napuštaju stabla imaju veći sadržaj masti u tijelu, u odnosu na jedinke koje stabla napuštaju tijekom ljeta (Botterweg, 1983). Tijekom zime potrošnja masti u tijelu adulta smrekovog pisara kreće se između 40 i 50 % (Botterweg, 1982). Postoji mogućnost da mortalitetom bivaju eliminirane jedinke imaga koje tijekom zime u tijelu nemaju dovoljnu količinu masti za prezimljavanje. Stoga se može zaključiti da bi mortalitet populacije do proljeća mogao biti znatno veći.

#### **7.4.4. Galerijski sustavi smrekovog pisara**

U pregledanim stablima najviše su bili zastupljeni galerijski sustavi s dvije galerije (74,17 %). Najčešće su dvije galerije po komorici (Anilla, 1971; Grodzki i dr., 2014, Starzyk i dr., 2000). Do tri ženke je najoptimalniji broj ženki po mužjaku (Wermelinger, 2004). Ukoliko mužjak kopulira s više od dvije ženke u bračnoj komorici dolazi do značajne redukcije uspjeha reprodukcije usljed kompeticije ličinki za ishranu floemom (Schlyter & Zhang, 1995). Broj ženki po mužjaku iznosio je 2,28. Na vjetrom izvaljenim stablima odnos mužjaka i ženki iznosio je 2,12 (Grégoire i dr., 1997), a na dubećim stablima svega 1,5 ženki (Vakula i dr., 2014).

#### **7.5. Prostorna disperzija jedinki smrekovog pisara na granici gospodarskih šuma i šuma posebne namjene unutar nacionalnog parka Sjeverni Velebit**

U istraživanju prostorne disperzije jedinki smrekovog pisara primjenjena je mark-release-recapture metoda uz primjenu markera i fluorescentnog praha. Ranija istraživanja markiranja potkornjaka s prahom ili markerom pokazala su da prah i marker ne utječu na let potkornjaka (Andebrandt, 1985; Salom & McLean, 1989; Lindelöw & Weslien, 1986; Weslien & Lindelöw, 1990; Pernek i dr., 2001; Zolubas & Byers, 1995; Botterweg, 1982; Jactel, 1991; Safranyik, i dr., 1992; Helland i dr., 1989; i brojni drugi). Osim mark-release-recapture metode postoje i druge metode markiranja insekata koje su detaljno opisane u radu (Hagler & Jackson, 2001).

Glavni ciljevi istraživanja bili su utvrditi: koliko daleko jedinke smrekovog pisara lete; koliko smjer vjetra utječe na let jedinki te utvrditi postotka preleta jedinki smrekovog pisara iz šuma posebne namjene u gospodarske šume i obrnuto. Istraživanje je obavljeno u svojevrsnoj depresiji nalik na dolinu između planinskih lanaca, ali utjecaj orografskih prilika na disperziju potkornjaka u istraživanju nije testiran.

Ispuštanje potkornjaka napravljeno je u vremenu od 10 ujutro do 15 sati, slično kao i u drugim istraživanjima (Franklin & Grégoire, 1999; Pernek i dr., 2001; Weslien & Lindelöw, 1990; Zolubas & Byers, 1995; Jactel, 1991). Srednja temperatura zraka u razdoblju ispuštanja iznosila je 24,5 °C (14. srpanj) i 24,8 °C (15. kolovoz), dok je srednja brzina vjetra iznosila 1,23 m/s (14. srpanj) odnosno 1,54 m/s (15. kolovoz). Povoljni uvjeti za let potkornjaka su zadovoljeni ako je temperatura zraka iznad 22 °C, a brzina vjetra oko 1,5 m/s (Zolubas & Byers, 1995). Signifikantan utjecaj na postotak ponovno ulovljenih jedinki mogu imati vremenske prilike – broj sunčanih sati, naoblaka, relativna vlažnost (Franklin & Grégoire, 1999). Let započinje kada temperatura pređe 16,5 °C (Wermelinger, 2004; Baier, 2007) ili 20 °C (Annilla, 1969; Christiansen & Bakke, 1988). U dva navrata markiranja najveći broj ponovno ulovljenih jedinki smrekovog pisara pronađen je u feromonskim klopka koje su bile postavljene niz dominantni vjetar. Glavni smjer rasprostiranja markiranih jedinki je niz vjetar ako su brzine vjetra veće od 1 m/s te dosežu vrijednosti od približno 2m/s (Botterweg, 1982). Drugi autori (Franklin & Grégoire, 1999; Lindelöw & Weslien, 1986; Jactel, 1991) navode da u početku leta jedinke lete niz vjetar te nakon nekog vremena reagiraju na izvor feromona i lete u smjeru suprotnom vjetru. Iako gustoća napada utječe na veličinu jedinki i sadržaj masti nije utvrđen utjecaj veličine, spola i sadržaja masti na prostornu disperziju potkornjaka, iako su veće jedinke često letjele u smjeru suprotnom od smjera vjetra (Botterweg, 1982).

Postotak ponovnog ulova iznosio je 9,24 % odnosno 7,62 %. Najveća udaljenost na kojoj je ponovno uhvaćena jedinka smrekovog pisara u provedenom istraživanju iznosila je 2,18 km, a najmanja je iznosila 17,5 m. To znači da klopke koje su bile najbliže mjestu ispuštanja nisu djelovale kao barijere za one jedinke koje su uhvaćene na većim udaljenostima (Weslien & Lindelöw, 1990). Za oba termina markiranja postotak ponovnog ulova do 220 m od točke ispuštanja iznosio je 78,30 %; na udaljenosti 220 m do 1 km 17,05 %; a na udaljenostima većim od 1 km 4,65 %. Slično kao i u drugim istraživanjima (Pernek i dr., 2001; Botterweg, 1982) najveći broj ponovno ulovljenih jedinki ulovljen je na udaljenosti od 50 do 100 m od mjesta ispuštanja. Zumr (1992) navodi da je do 200 m udaljenosti od točke ispuštanja postotak ponovnog ulova iznosio između 10,6 i 11,1 %, a samo 2,8 do 3,4 % na

udaljenosti od 1 km. Slične rezultate navode i Lindelöw & Weslien (1986) te Weslien & Lindelöw (1990).

Ukoliko je dostupan pogodan materijal za razmožavanje čak 95 % populacije ostaje u krugu od 500 m (Duelli i dr., 1997; Kautz i dr., 2011; Schroeder, 2013). Oko 10 % populacije smrekovog pisara leti iznad krošanja stabla i ima mogućnost rasprostiranja na veće udaljenosti pomoću vjetrova, dok većina populacije leti ispod krošanja i ne širi se na veće udaljenosti (Forsse & Solbreck, 1985). Najveći dio populacije smrekovog pisara leti na visini između 0,7-7,9 m (Byers i dr., 1989a), odnosno samo 5 % populacije leti iznad 10 m (Duelli i dr., 1986). Za razliku od smrekovog pisara kod vrste *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins, 1902) svega 0,2 % populacije leti iznad krošanja stabla (Safranyik i dr., 1992).

Da jedinke smrekovog pisara mogu letjeti na veće udaljenosti dobro je dokumentirano u literaturi. Jedno od temeljnih znanstvenih objava o prostornoj disperziji smrekovog pisara objavio je Nilssen (1978) kada je u želudcu lososa pronašao 2 jedinke smrekovog pisara, a najbliža smrekova šuma bila je udaljena 35 km. U laboratoriju je dokazano da smrekov pisar može letjeti nekoliko sati i preletjeti i desetke kilometara, ali manje od polovice populacije leti duže od 2 km (Forsse & Solbeck, 1985). Većina potkornjaka ostaje nakon razvoja u blizini stabla u kojima su se razvili, dok pojedine jedinke nošene vjetrom mogu migrirati i do 20 km (Gutowski & Krzysztofiak, 2005) ili na kraće udaljenosti – 5 do 9,5 km (Weslien & Lindelöw, 1990), ili više od 8 km (Botterweg, 1982). Šesterozubi borov potkornjak (*I. sexdentatus*) može preletjeti udaljenosti i do 4 km (Jactel, 1991).

Dužina leta jedinki smrekovog pisara prije svega ovisi o količini dostupnog materijala za razmnožavanje, ali i o samoj gustoći populacije. Ako je gustoća populacije mala i nedovoljna da se usmrte potpuno zdrava stabla jedinke smrekovog pisara su na neki način prisiljene na duži let u potrazi za fiziološki oslabljenim stablima (Franklin & Grégoire, 1999).

Prvi ulovi u najbližim feromonskim klopama uočeni su nakon 15 minuta, slično kao i u drugim istraživanjima (Lindelöw & Weslien, 1986), što znači da proces markiranja nije utjecao na ponašanje jedinki i olfaktornu komunikaciju. Iz navedenog se može zaključiti da dio jedinki ne treba produženi let da bi reagirale na izvor feromona, za razliku od vrste *T. lineatum* i *Dendroctonus pseudotsugae* (Hopkins, 1905) koje lete 30 do 90 minuta prije prve reakcije na feromon ženke (Benett & Borden, 1971). Razlog brze reakcije na izvor feromona kod proljetne generacije može biti redukcija sadržaja masti u tijelu i do 50 % tijekom prezimljavanja (Botterweg, 1982) odnosno slabije jedinke smrekovog pisara s malim sadržajem masti odmah reagiraju na izvor feromona, dok većina populacije ne reagira na izvor feromona dok ne potroši jedan dio rezervi masti (Gries, 1985).

Većina ponovno uhvaćenih jedinki evidentirane su u lovnim posudama feromonskih klopki tijekom istog dana, slično kao i u drugim istraživanjima gdje su evidentirane unutar 24 sata od trenutka ispuštanja (Franklin & Grégoire, 1999; Lindelöw & Weslien, 1986; Zolubas & Byers, 1995). Najveći broj markiranih jedinki ulovljen je u najbližim klopka u odnosu na mjesto ispuštanja, slično kao i u drugim istraživanjima (Lindelöw & Weslien, 1986; Pernek i dr., 2001).

Postotak preleta jedinki smrekovog pisara iz šuma unutar nacionalnog parka u okolne gospodarske šume unutar parka prirode iznosio je 18,18 % odnosno 42,85 %. Prelet jedinki iz gospodarskih šuma u šume unutar nacionalnog parka nije zabilježen vjerovatno zbog udaljenosti mjesta ispuštanja od granice nacionalnog parka. Mjesto markiranja i ispuštanja jedinki u nacionalnom parku udaljeno je svega 300 m, dok je mjesto markiranja izvan nacionalnog parka udaljeno 2,3 km od granice nacionalnog parka. Istraživanje provedeno u Poljskoj na granici gospodarskih šuma i šuma unutar nacionalnih parkova pokazalo je da je broj jedinki smrekovog pisara koji preleće iz šuma posebne namjene u gospodarske šume tri puta veći (Gutowski & Krzysztofiak, 2005).

Prelet potkornjaka može biti posljedica količine dostupnih stabala za razvoj. Oštećena stabla kao posljedica ljudske aktivnosti (iznenadno izlaganje stabla novonastalom rubu nakon sječe, oštećivanje korjenovog vrata i baze debla usljed vuče trupaca itd.) puno su češća u gospodarskim šumama i takva stabla trpe određenu razinu stresa (Jakuš, 1998). Između ostaloga neuklanjanje napadnutih stabla unutar nacionalnih parkova rezultira razvojem većeg broja predatora (Gutowski & Krzysztofiak, 2005). Stabla pogodna za razvoj (vjetroatrovanje, snjegolomi, udari groma, napad različitih gljiva truležnica itd.) u gospodarskim šumama se uklanjaju sanitarnom sječom, dok u nacionalnom parku ovaj oblik zahvata se ne provodi. Ljudska aktivnost može utjecati na migraciju populacije smrekovog pisara iz gospodarskih šuma u šume posebne namjene, u ovom slučaju nacionalne parkove (Montano i dr., 2016).

#### **7.6. Upotreba suhих i mokrih Theysohn® feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka**

Dugo vremena postoji dvojba monitoringa smrekovih potkornjaka sustavom suhих ili mokrih naletno barijernih feromonskih klopki. Pitanje koje je dugo vremena mučilo operativu je mogućnost bijega smrekovih potkornjaka nakon što upadnu u lovnu posudu feromonske klopke jer je npr. za vrste roda *Tomicus* opažena mogućnost bijega iz suhих feromonskih

klopki (Hrašovec & Pernek, neobjavljeni rezultati), dok kod krivozubih jelovih potkornjaka *Pityokteines sp.* mokra Theysohn® feromonska klopka pokazala je bolje rezultate ulova u odnosu na suhu (Pernek i dr., 2006; Pernek & Lacković, 2011). Suhe feromonske klopke ulovile su više jedinki smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka, ali razlika broja ulovljenih jedinki obje vrste potkornjaka između uspoređivanih klopki nije bila statistički signifikantna (Kasumović i dr., 2016). Objе vrste Theysohn® feromonskih klopki s jednakom učinkovitošću i selektivnošću mogu se koristiti za monitoring populacija smrekovih potkornjaka. Manipulacija suhom Theysohn® feromonskom klopkom na terenu znatno je lakša, kao i analiza suhih ulova.

Osim ukupnih ulova u testiranim klopkaма u pokusu testirane su tri pozicije feromonskih klopki (sastojina, rub sastojine i čistina) kako bi se utvrdilo da li se mokre i suhe feromonske klopke jednako ponašaju u različitim uvjetima.

Gledajući poziciju postavljenih mokro suhih parova klopki razlika nije uočena niti na jednoj od tri testirane pozicije – sastojina (T test,  $p = 0,392413$ ), rub sastojine (T test,  $p = 0,888242$ ), čistina (T test,  $p = 0,592670$ ) u g.j. Žitnik; niti na jednoj od testiranih pozicija – sastojina (T test,  $p = 0,730113$ ), rub sastojine (T test,  $p = 0,495714$ ), čistina (T test,  $p = 0,876094$ ) u g.j. Štirovača.

Kod šesterozubog smrekovog potkornjaka po poziciji mokro suhih parova feromonskih klopki također nije utvrđena statistički značajna razlika – sastojina (T test,  $p = 0,708913$ ), rub sastojine (T test,  $p = 0,886139$ ), čistina (T test,  $p = 0,660493$ ) u g.j. Štirovača; niti na jednoj od testiranih pozicija – sastojina (T test,  $p = 0,742746$ ); rub sastojine (T test,  $p = 0,441615$ ); čistina (T test,  $p = 0,677027$ ) u g.j. Žitnik.

Gledajući uprosječene ukupne ulove feromonskih klopki (bez obzira na testirani tip) vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između testiranih pozicija (ANOVA,  $F = 11,50802$ ,  $p = 0,039158$ ), ali ne i za vrstu šesterozubi smrekov potkornjak (ANOVA,  $F = 4,39358$ ,  $p = 0,128401$ ). Kod smrekovog pisara klopke na čistini lovile su signifikantno manje potkornjaka od klopki na rubu sastojine i u sastojini, dok kod šesterozubog smrekovog potkornjaka klopke na čistini lovile su manji broj jedinki, ali ne statistički značajno u odnosu na ostale dvije pozicije. Razlog smanjenih ulova na čistinama vjerovatno je udaljenost od zrelih smrekovih stabla i izvora atraktivnosti jer je potvrđeno da udaljenost zrelih smrekovih stabla utječe na ulove u feromonskim klopkaма (Schroeder, 2013). Ulovi feromonskih klopki u sastojini ne razlikuje se od ulova u klopkaма na rubovima sastojina jer su stabla na rubu sastojine jednako atraktivna kao ona u sastojini, često i atraktivnija i bivaju prva napadnuta (Hedgren i dr., 2003). Razlog napada može biti povećana

sunčeva insolacija kojoj su stabla na rubu izložena (Kautz i dr., 2013; Mezei i dr., 2012) koja za posljedicu ima povećanu emisiju primarnih atraktanata (Baier & Bader, 1997) ili terpena i feromona (Zumr, 1985). Iako nije zadovoljen varijabilitet podataka s jednim mokro suhim parom za pojedinu vrstu potkornjaka po testiranoj poziciji (šumska sastojina, rub sastojine, čistina) postoji vjerovatnost da se testirane klopke jednako ponašaju na različitim pozicijama.

Najveći ulovi smrekovog pisara u feromonskim klopka u g.j. Žitnik evidentirani su u mjesecu svibnju, a u g.j. Štirovača u mjesecu srpnju. Šesterozubi smrekov potkornjak u najvećem broju evidentiran je u feromonskim klopka u mjesecu lipnju u g.j. Žitnik i u srpanj i kolovoz u g.j. Štirovača. Tijekom 2014. godine smrekov pisar i šesterozubi smrekov potkornjak razvili su samo jednu generaciju u g.j. Štirovača zbog hladnog i kišovito vremena. Utjecaj temperature na brzinu razvoja i broj generacija smrekovog pisara uvelike je poznat i dokumentiran (Annala, 1969; Faccoli, 2009; Wermelinger & Seifert, 1998; Wermelinger & Seifert, 1999; i brojni drugi).

### **7.7. Mogućnost primjene različitih naletno barijernih feromonskih klopki u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka – smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka**

Kako je smrekov pisar sposoban usmrtniti potpuno zdrava stabla monitoring gustoće populacije važan je u procjeni rizika napada (Schroeder, 2013).

Feromonske klopke postavljene su na međusobnu udaljenost od 30 m, što je znatno više od udaljenosti koje su navedene u ostalim istraživanjima (Jakuš, 1998; Galko i dr., 2012). Kako je glavni cilj istraživanja bio testirati učinkovitost i selektivnost različitih naletno barijernih feromonskih klopki na ovaj način želio se izbjeći međusobni utjecaj jedne feromonske klopke na ulove u susjednoj feromonskoj klopki.

Između tri vrste naletno barijernih feromonskih klopki (Theysohn<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) nije bilo statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara, niti na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik (ANOVA,  $F = 3,6014$ ,  $p = 0,093856$ ), niti na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača (ANOVA,  $F = 0,2569$ ,  $p = 0,781504$ ). Gledajući ukupne ulove u obje g.j. vidljiva je statistički značajna razlika (ANOVA,  $F = 6,10091$ ,  $p = 0,035722$ ) broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara između uspoređivanih feromonskih klopki. Razlika je vidljiva ukoliko se usporede ulovi smeđe WitaTrap<sup>®</sup> i crne Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke.

Brojna druga istraživanja pokazuju znatno veću učinkovitost multi funnel feromonskih klopki u odnosu na klasičnu Theysohn® feromonsku klopku što je suprotno od dobivenih rezultata. Lindgren® feromonska klopka s lijevcima pokazala je statistički značajnu 30 % veću učinkovitost u lovljenju jedinki smrekovog pisara od klasične Theysohn® i Ecotrap® feromonske klopke (Galko i dr., 2012) ili statistički ne značajnu razliku (18,2 % veći prosječni ulovi) od Theysohn® feromonske klopke (Galko i dr., 2010). Lindgrenove® multi funnel feromonske klopke love približno jednaki broj jedinki vrste *I. sexdentatus* kao i Theysohn® feromonske klopke (Martin i dr., 2013), ali signifikantno više jedinki vrste *Dendroctonus pseudotsugae* (Hopkins, 1905) od naletno barijernih klopki s uzdužnim procjepom (Ross & Daterman, 1998). Razlog različite učinkovitosti feromonskih klopki možda proizlazi iz različite interakcije kukac - klopka.

Između 5 vrsta naletno barijernih feromonskih klopki korištenih u monitoringu na nižoj nadmorskoj visini vidljiva je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara (ANOVA,  $F = 8,638$ ,  $p = 0,018091$ ) gdje je bijela WitaTrap® feromonska klopka ulovila signifikantno manje jedinki potkornjaka od smeđe WitaTrap® i crne Theysohn® te cross Witapral® „Ecco“ signifikantno manje od crne Theysohn® feromonske klopke.

Klopke tamne boje love signifikantno više jedinki smrekovog pisara tijekom glavnine leta u odnosu na klopke bijele ili žute boje (Bakke i dr., 1983; Dubbel i dr., 2009). Solarna radijacija utječe na ulove u tamnim Theysohn® i Ecotrap® feromonskim klopama, odnosno tamne klopke apsorbiraju većinu zračenja što vjerovatno utječe na temperaturu u klopki i otpuštanje molekula feromona (Mezei i dr., 2012). Osim toga silueta tamnih klopki lakše se uočava u odnosu na svijetle (Bakke i dr., 1983) što potvrđuju brojana istraživanja. Trupci obojeni u crnu boju lovili su prosječno 48 % više potkornjaka od trupaca obojenih u bijelo te 32 % više od kontrolnih, neobojenih trupaca (Goyer i dr., 2004). I kod vrste potkornjaka *Dendroctonus brevicomis* (LeConte, 1876) tamne klopke lovile su 42 % više potkornjaka od klopki koje su bile obojene u bijelo (Strom i dr., 2001).

Razlog signifikantno manjeg ulova klopke cross Witapral „Ecco“ vjerovatno je mreža između klopke i lovne boce kojoj je svrha povećati selektivnost same klopke. Kako su u obje cross Witapral „Ecco“ feromonske klopke tijekom cijelog perioda monitoringa pronađene samo dvije jedinke vrste *T. formicarius* može se zaključiti da je ovaj tip klopki daleko najselektivniji. Mreža na svojevrsan način sprečava direktan pad potkornjaka u lovnu posudu nakon udara u stijenku klopke ostavljajući mogućnost hvatanja pandicama (*ungeusima*) za stijenke mreže. Mreža vjerovatno povećava selektivnost klopke, ali ujedno i smanjuje njezinu učinkovitost jer postoji mogućnost da se i jedinke smrekovog pisara uhvate pandicama za

mrežu i ne upadnu u lovnu bocu. Između tri vrste feromonskih klopki (Theysohn<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) nije bilo statistički značajne razlike broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača (ANOVA,  $F = 2,90296$ ,  $p = 0,131266$ ), dok je statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki utvrđena na nižoj nadmorskoj visini (ANOVA,  $F = 11,22465$ ,  $p = 0,009381$ ). Na nižoj nadmorskoj visini multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonska klopka lovila je signifikatno manje jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u odnosu na crnu Theysohn<sup>®</sup> feromonsku klopku. Razlog zbog kojeg je multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonska klopka ulovila signifikatno manje jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka teško je objasniti. Očigledno isti tip feromonske klopke različito lovi u različitim sastojinskim prilikama te različitim gustoćama populacije. Kod male gustoće populacije šesterozubog smrekovog potkornjaka kakve su utvrđene u g.j. Štirovača na višoj nadmorskoj visini razlike nisu utvrđene, dok kod povišene gustoće populacije na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik razlike su vidljive.

Osim efikasnosti pojedine feromonske klopke važno je zaključiti da li se pojedini tip feromonske klopke može koristiti za monitoring populacija potkornjaka. Kod testiranja feromonskih klopki važno je opažanje: da li neka od feromonskih klopki bilježi ulove znatno prije; kada su najveći ulovi i jesu li u isto vrijeme zabilježeni kod svih tipova klopki; kada ulovi počinju padati da li se ista zakonitost javlja kod svih tipova testiranih klopki itd.

Kod monitoringa populacije smrekovog pisara različitim feromonskim klopkama (Theysohn<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) po mjesecima nije utvrđena statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki niti na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik (ANOVA,  $F = 2,0576$ ,  $p = 0,082150$ ) niti na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača (ANOVA,  $F = 1,0974$ ,  $P = 0,398740$ ). Kod šesterozubog smrekovog potkornjaka između testiranih klopki po mjesecima na višoj nadmorskoj visini u g.j. Štirovača nije vidljiva statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki (ANOVA,  $F = 1,69785$ ,  $p = 0,150426$ ), dok je razlika vidljiva na nižoj nadmorskoj visini u g.j. Žitnik (ANOVA,  $F = 6,49452$ ,  $p = 0,000161$ ) zbog već navedenih razlika ulova između crne Theysohn<sup>®</sup> i multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonske klopke.

Glavnina ulova obje vrste smrekovih potkornjaka i smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka evidentirana je u feromonskim klopkama do sredine mjeseca srpnja. Osim utvrđivanja da li se pojedina feromonska klopka može koristiti za monitoring populacije važno je definirati pragove endemične i epidemične populacije na temelju broja ulovljenih jedinki.



Po broju ulovljenih potkornjaka u feromonskim klopka može se zaključiti da li je riječ o endemičnoj ili epidemičnoj populaciji. Broj uhvaćenih jedinki i iznos štete u području gdje se monitoring provodi važni su elementi u definiranju praga rizika i dodatnih mjera zaštite sastojina (Faccoli & Stergulc, 2004). U susjednoj Italiji pragom epidemije smatra se 8 000 ulovljenih jedinki smrekovog pisara u feromonskoj klopci u godišnjem intervalu (Faccoli & Stergulc, 2004; 2006), dok u Skandinaviji taj prag iznosi 10 000 (Weslien, 1992) ili 15 000 jedinki (Lindelöw & Schroeder, 2001). U Slovačkoj pragom epidemije smrekovog pisara smatraju se ulovi od 5 500 do 8 000 jedinki, odnosno 40 000 do 60 000 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u godišnjem intervalu po jednoj feromonskoj klopci (Zúbrik i dr., 2008). Kod vrste *Dendroctonus rufipennis* (Kirby, 1837) pragom epidemije se smatra ulov od 842 jedinke u razdoblju od svibnja do sredine kolovoza u multi funnel feromonskoj klopci (Hansen i dr., 2006). Puno jednostavniji prag epidemije je 5 000 ulovljenih jedinki u proljeće (od travnja do kraja lipnja) po feromonskoj klopci (Faccoli & Stergulc, 2004). Na ovaj način umanjuju se troškovi monitoringa (nije potreban monitoring tijekom cijele godine) te ostaje dovoljno vremena za planiranje mjera sanacije tijekom ljeta.

Kod prije navedenih pragova monitoring se provodi tokom cijele godine da bi se utvrdio broj ulovljenih jedinki u godišnjem intervalu i gustoća populacije. Stoga se kod takvih pragova epidemije mjere zaštite i sanacija žarišta mogu provesti tek iduće godine što je ujedno i glavni nedostatak, za razliku od praga epidemije za prvi dio leta, odnosno proljetno rojenje.

Ukoliko uzmemo u obzir prag epidemije od 8 000 ulovljenih jedinki smrekovog pisara iz susjedne Italije onda možemo govoriti o povišenim epidemičnim populacijama smrekovog pisara na području obje g.j. u pojedinim godinama istraživanja. U 2013. godini na području g.j. Štirovača nije zabilježena gustoća populacije smrekovog pisara veća od praga epidemije, dok je u g.j. Žitnik jedna kloпка ulovila 11 136 jedinki. U 2014. godini samo jedna kloпка na području g.j. Štirovača ulovila je 12 977 jedinki, dok u g.j. Žitnik čak četiri od šest kloпки koje su bile namijenjene lovljenju smrekovog pisara ulovile su trostruko ili četverostruko veće ulove od praga epidemije. Tijekom 2015. godine u g.j. Štirovača niti jedna feromonska kloпка ulovima smrekovog pisara nije prešla prag epidemije, dok na području g.j. Žitnik čak šest kloпки je zabilježilo veći ulov od 8 000 jedinki.

Iz navedenog se može zaključiti da su gustoće populacije smrekovog pisara niže od epidemične na području g.j. Štirovača, odnosno iznad praga epidemije na području g.j. Žitnik gdje su sušenja sve veća. Podaci o volumenu smrekovog drva koji je stradao napadom

potkornjaka u ovim g.j. nisu dostupni na odjelu za ekologiju šuma UŠP Gospić niti u šumariji Perušić.

Ako uzmemo da je prag epidemije šesterozubog smrekovog potkornjaka 40 000 jedinki onda je konstantno kroz sve tri godine istraživanja evidentirana epidemična gustoća populacije šesterozubog smrekovog potkornjaka na području g.j. Žitnik te endemična gustoća populacije šesterozubog smrekovog potkonjaka na području g.j. Štirovača.

Prognoza kretanja populacije u idućoj godini moguća je na temelju odnosa broja ulovljenih jedinki smrekovog pisara u ljetnoj i proljetnoj generaciji. Ukoliko je odnos veći od 0,62 gustoća populacije će rasti iduće godine, a ako je manji gustoća populacije će padati (Faccoli & Stergulc, 2006).

Osim broja ulovljenih jedinki u feromonskoj klopki u kojoj se fazi populacija nalazi moguće je ocjeniti manje pouzdanom metodom pomoću postotka ulovljenih ženki. U fazi progradacije postotak ženki kreće se i do 72 %, odnosno u fazi regradacije oko 50 % (Lobinger, 1996). Međutim, kod ovog tipa procjene treba biti oprezan jer su mužjaci najbrojniji u proljeće u vrijeme kada traže novog domaćina te njihov udio u prvim nekoliko tjedana opada s 50 % na 33 % (Faccoli & Buffo, 2004).

Povećavanjem ulova mužjaka smrekovog pisara u klopka može se smanjiti rizik od napada i usmrćivanja stabala (Faccoli & Bufo, 2004). Postotak ulovljenih mužjaka ovisi o više različitih faktora. Vrste roda *Ips* poligamne su vrste kod kojih mužjaci prvi napadaju stabla i stradavaju od obilnog lučenja smole ili od predatora. S druge strane mužjaci drukčije reagiraju na izvor podražaja od ženki. Povećanje ulova mužjaka u feromonskim klopka važna je sastavnica zaštite smrekovih sastojina sustavom feromonskih klopki (Jakuš, 1998) i to se može postići smanjenjem oslobađanja cis-verbenola kao atraktivne supstance (Schlyter i dr., 1987).

Sve tri testirane vrste feromonskih klopki (Theysohn<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup>) mogu se koristiti u monitoringu populacije istraživanih vrsta smrekovih potkornjaka. Bijelu WitaTrap<sup>®</sup> i croos Witapral<sup>®</sup> „Ecco“ feromonsku klopku kod monitoringa treba izbjegavati zbog smanjene učinkovitosti i vidno drukčijeg trenda dinamike populacije smrekovog pisara u odnosu na druge testirane klopke.

Veoma je važno u budućim istraživanjima nastojati definirati pragove epidemije na temelju broja ulovljenih jedinki u pojedinom tipu feromonske klopke. Definiranje pragova epidemije prvenstveno se odnosi na smrekovog pisara jer ima sposobnost ubiti zrela smrekova stabla, dok ta sposobnost se rijetko opaža kod šesterozubog smrekovog potkornjaka (Hedgren, 2004).

Na jednu ulovljenu jedinku vrste *T. formicarius* ulovljeno je 219 jedinki smrekovog pisara u multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>; 791 jedinka u crnim Theysohn<sup>®</sup> i 444 jedinke u smeđim WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopama. Na temelju provedene analize vidljiva je statistički značajna razlika (ANOVA,  $F = 19,50014$ ,  $p = 0,002370$ ) broja ulovljenih jedinki vrste *T. formicarius* između uspoređivanih feromonskih klopki.

Na jednu ulovljenu jedinku vrste *N. elongatum* ulovljeno je 467 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka u multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>; 767 jedinki u crnim Theysohn<sup>®</sup> i 878 jedinki u smeđim WitaTrap<sup>®</sup> feromonskim klopama. Analiza je pokazala statistički značajnu razliku (ANOVA,  $F = 12,28032$ ,  $p = 0,007568$ ) broja ulovljenih jedinki predatorske vrste *N. elongatum* između uspoređivanih feromonskih klopki.

Razlog signifikantno manje selektivnosti multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki prema vrsti *T. formicarius* vjerovatno se krije u obliku lovne posude (boca) iz koje ova predatorska vrsta ne može pobjeći (Martin i dr., 2013) za razliku od Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki iz kojih ova vrsta predatora može pobjeći (Kasumović i dr., 2016). Crna Theysohn<sup>®</sup> feromonska klopka ima isti oblik lovne posude kao i smeđa WitaTrap<sup>®</sup> feromonska klopka.

Iako je utvrđeno da predatorska vrsta *N. elongatum* ne može pobjeći iz lovnih kontejnera Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke (Kasumović i dr., 2016) teško je objasniti razliku u selektivnosti između uspoređivanih feromonskih klopki jer očigledno je da ne može pobjeći niti iz lovne boce multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonske klopke. Najveća selektivnost multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonskih klopki vjerovatno je posljedica signifikantno najmanjih ulova šesterozubog smrekovog potkornjaka jer predatori su u feromonske klopke privučeni svojim plijenom pa iz toga proizlazi korelacija da se s povećavanjem ulova povećava i broj ulovljenih predatora.

Jedinke vrste *T. formicarius* mogu preživjeti u lovnim posudama feromonskih klopki do jednog tjedna (Martin i dr., 2013). Osim činjenice da se kroz duži vremenski period u feromonskih klopama povećava broj mrtvih potkornjaka koji utječu na efikasnost klopke (Kretschmer, 1990; Bakke i dr., 1983) zbog produkcije verbenona i ipsenola (Bakke, 1981), odnosno verbenona i 1-hexanola (Zhang i dr., 2003), sposobnost preživljavanja vrste *T. formicarius* u lovnim posudama do tjedan dana dodatno učvršćuje činjenicu pražnjenja feromonskih klopki u tjednom intervalu.

### 7.8. Uspostava šumskog reda testiranim metodama nakon redovne sječe u smrekovim sastojinama

Najčešća vrsta potkornjaka u pregledanim granama bio je šesterozubi smrekov potkornjak (*P. chalcographus*). U smrekovim granama razvijaju se različite vrste kukaca, a iz reda kornjaša (Coleoptera) najviše pridolazi šesterozubi smrekov potkornjak (Zeniauskas & Gedminas, 2010). Foit (2012) navodi da je šesterozubi smrekov potkornjak najčešća vrsta i na granama običnog bora.

Uočena je statistički signifikantna razlika (ANOVA,  $F = 13,367$ ,  $p = 0,006438$ ) broja ubušenih potkornjaka između primjenjenih metoda. Metoda slaganja grana s debljim dijelom grane prema sredini hrpe imala je statistički signifikantno manji broj bračnih komorica i galerija potkornjaka. Infestacija šesterozubim smrekovim potkornjakom je mnogo više potaknuta smrekovim granama koje ostaju na šumskome tlu nakon sječe, nego s granama u hrpama (Perrson, 1981; Ząbecki & Kacprzyk, 2007). Grane koje ostaju na šumskom tlu bivaju gušće naseljene šesterozubim smrekovim potkornjakom od grana u hrpama (Kacprzyk, 2012). U hrpama šesterozubi smrekov potkornjak ima veći uspjeh reprodukcije u odnosu na grane na šumskome tlu. Broj ubušenih jedinki po  $\text{dm}^2$  kore kod grana na šumskome tlu kretao se između 18 i 19, a kod grana u hrpama između 9 i 10. Broj izlazećih imaga nove generacije kod grana na šumskome tlu bio je dvostruko veći od broja ubušenih ženki, dok u hrpama taj broj je bio tri puta veći (Kacprzyk, 2012; Kacprzyk, M. & Bednarz, 2015). Veći uspjeh reprodukcije proizlazi iz manjeg broja ubušenih potkornjaka, odnosno smanjena je unutarvrсна kompetencija jedinki potkornjaka u hrpama. Uspjeh reprodukcije se promatra kroz broj kćeri nove generacije u odnosu na broj ubušenih majki. Jednostavnom kalkulacijom podataka iz navedenog istraživanja koje je provedeno u Poljskoj dolazimo do ukupne produkcije broja jedinki po  $\text{dm}^2$  kore. Kod grana na tlu ukupni broj izlazećih potkornjaka iznosio je između 30 i 36 jedinki po  $\text{dm}^2$  kore, a kod grana u hrpama između 27 i 30 jedinki. To znači da samo po jednom  $\text{dm}^2$  kore razlika broja izašlih potkornjaka bila je između 3 i 6 jedinki u korist grana na tlu. Iz navedenog se može zaključiti da bez obzira na povećani uspjeh reprodukcije potkornjaka u hrpama, veći broj imaga sljedeće generacije vjerovatno izlazi iz grana na tlu.

Gustoća napada u granama na vrhu hrpe statistički je signifikantno veća od gustoće napada u granama na dnu hrpe kod obje primjenjene metode. Kacprzyk (2012) također navodi statističku značajnu razliku u gustoći napada na vrhu i dnu hrpe gdje je najveća gustoća napada bila na vrhu, a najmanja na dnu. Prilikom postavljanja pokusa pretpostavilo se da je

deblji dio grane atraktivniji potkornjacima u odnosu na vršni dio grane te se iz tog razloga pristupilo slaganju grana dvjema navedenim metodama. Statistički značajna razlika broja ubušenih potkornjaka između uspoređivanih metoda evidentirana je tijekom 2014., dok u preostale dvije godine ta razlika nije bila statistički značajna, iako je veći broj ubušenih potkornjaka evidentiran u hrpama s debljim krajem grane prema van. Kako je šesterozubi smrekov potkornjak bivoltna vrsta u smrekovim sastojinama u kojima je provedeno istraživanje promatran je i broj ubušivanja tijekom proljetne odnosno ljetne generacije. Postoji statistički signifikantna razlika (ANOVA,  $F = 8,662$ ,  $p = 0,018620$ ) broja ubušenih potkornjaka u proljeće u odnosu na ljetno kod obje primjenjene metode. Po poziciji uzorkovanih grana između uspoređivanih metoda nije uočena statistički značajna razlika (ANOVA,  $F = 1,328$ ;  $p = 0,292766$ ) broja ubušenih potkornjaka, iako je veći broj ubušenih potkornjaka za sve tri pozicije (vrh, sredina, dno) evidentiran kod metode s debljim krajem grane prema van.

Cilj uhrpavanja grana je izložiti atraktivni deblji dio grane uvjetima koji će tu atraktivnost smanjiti ili u potpunosti ukloniti. Vlažnost u sredini hrpa grana bila je statistički značajno veća u odnosu na rub (Mann Whitney U test,  $Z = 23,60885$ ,  $p < 0,05$ ) dok razlika u temperaturi nije bila statistički značajna (T-test,  $p = 0,059397$ ). Na rubu ( $r = -0,416226$ ,  $p < 0,05$ ,  $N = 5367$ ) i u centru hrpe ( $r = -0,463827$ ,  $p < 0,05$ ,  $N = 5367$ ) potvrđena je statistički značajna negativna korelacija između vlažnosti zraka i temperature zraka. Povećana vlažnost u sredini hrpe vjerovatno je razlog manjeg broja ubušenih potkornjaka kod hrpe s debljim dijelom grane prema unutra. Atraktivniji dio grane bio je izložen uvjetima povećane vlažnosti i to je rezultiralo s manjim brojem ubušenih potkornjaka, za razliku kod metode s debljim dijelom grane prema van gdje je atraktivniji dio grane bio izložen uvjetima manje vlažnosti što je rezultiralo s većim brojem ubušenih potkornjaka. Kacprzyk (2012) na temelju neobjavljenih rezultata navodi da je smanjenje kolonizacije odnosno gustoće napada u centru hrpe posljedica različitih faktora: povećani efekt zasjenjivanja, uvjeti povećane vlažnosti te različita temperatura među slojevima. Glavni uvjeti koji utječu na brzinu razvoja i uspjeh reprodukcije kukaca su temperatura zraka, vlažnost i stanje sklopa sastojine (Harding i dr., 1986). Datalogeri su bilježili vlagu i temperaturu zraka na visini 40 cm od tla uglavnom na dnu hrpe i ne može se sa sigurnošću tvrditi da isti odnosi vlage i temperature vrijede i za ostala dva sloja. Pretpostavka je da ne vrijede što potvrđuje i statistički značajna razlika broja ubušenih potkornjaka po slojevima (ANOVA,  $F = 33,179$ ,  $p = 0,000002$ ). Kod hrpa grana većeg obujama ( $4 \text{ m}^3$ ) najmanji uspjeh reprodukcije šesterozubog smrekovog potkornjaka je u najdubljim slojevima hrpe (Persson, 1981).

Mišljenja znanstvenika oko načina uspostave šumskog reda nakon vjetrolova ili redovnih sječa su podijeljena. Ostatke sječe treba ostaviti na suncu izloženim mjestima kako bi izgubili atraktivnost (Schmid, 1977; Krieger, 1998), dok Jakuš (1998) navodi veću gustoću napada potkornjaka u ovšcima smreke koji su bili na suncu izloženome mjestu u odnosu na one u sjeni. U granama na šumskom tlu čija je kora izložena direktnom utjecaju sunca ograničeno je preživljavanje ličinki i kukuljica (Führer, 1981).

Hrpe grana moguće je koristiti za biomasu, prvenstveno u smrekovim kulturama gdje to dozvoljavaju uvjeti terena, dok na višim nadmorskim visinama gdje pridolaze prirodne sastojine smreke uvjeti terena limitirajući su faktor. U nekim zemljama preporuka je spaljivanje hrpa grana u trenutku dok još potkornjaci nisu napustili galerije i osnovali sestrinsku generaciju. Najbolje vrijeme za spaljivanje hrpa sredinom lipnja i početkom srpnja (Ząbecki & Kacprzyk, 2007). U navedenom periodu u Hrvatskoj zabranjeno je loženje vatre u sastojinama zbog povećane opasnosti od požara tijekom ljetnih mjeseci zbog koje se i uspostavlja protupožarna osmatračka služba. U Skandinaviji gdje je šumarska politika vidno drukčija od Hrvatske i okolnih zemalja srednje Europe ostatci sječe ostavljaju se tijekom ljetnih mjeseci u velikim hrapama, a kasnije se koriste za biomasu (slika 45.).

Velike hrpe naknadno odumrlog drva povoljno su stanište saproksiličnih kukaca. Eslamifar (2011) navodi pozitivnu korelaciju između volumena hrpe i gustoće jedinki 55 različitih vrsta saproksiličnih kukaca te veću učestalost razvoja saproksiličnih kukaca u hrapama nego u pojedinačnim ostacima sječe koji ostaju na šumskome tlu.

Uspostava šumskog reda nakon redovne sječe osnova je šumske higijene koja je između ostalog propisana i različitim zakonskim i podzakonskim aktima. Materijal koji ostaje nakon sječe (grane, ovršci krošanja stabala, dijelovi debla itd.) pogodan je za razvoj potkornjaka. U uvjetima niske gustoće populacije potkornjaci se upravo razvijaju i prenamnažaju u materijalu koji ostaje u sastojinama nakon sječe. S druge strane klimatski poremećaji sve češće uzrokuju vjetroizvale smrekovih stabla i upravo su oluje jedan od važnih faktora prenamnažanja potkornjaka (Inouye, 1963; Ravn, 1985; Christiansen & Bakke, 1988; Furuta, 1989; Schroeder & Lindelöw, 2002; Komonen i dr. 2011; i brojni drugi). Na jednu i na drugu „grupu“ faktora prenamnažanja smrekovih potkornjaka može se utjecati. Materijal koji ostaje nakon sječe potrebno je ukloniti iz sastojine ili ukoliko ostaje u sastojini učiniti ga što nedostupnijim i neprikladnijim za razvoj potkornjaka. Broj smrekovih vjetroizvala može se smanjiti kroz pravilno gospodarenje sastojinom od trenutka njezinog osnivanja, a posebno ako je riječ o kulturama. Treba podržavati mješovite sastojine koje su između ostalog otporne na poremećaje kao što su oluje, podržavati potpuni oblik sklopa i voditi računa o razdoblju

provođenja geometrijskih proreda u kulturama jer ukoliko se zakasni s proredama stabla su osjetljiva na vjetroizvale. Prorede se trebaju provoditi prije kulminacije visinskog prirasta.

Zbog nemogućnosti iskorištavanja hrpa grana za biomasu u smrekovim sastojinama gdje to ne dozvoljavaju uvjeti terena te nemogućnosti spaljivanja hrpa grana tijekom ljetnih mjeseci zbog povećane opasnosti od požara uspostava šumskog reda u dotičnim smrekovim sastojinama treba ići u smjeru uhrpavanja grana u hrpe što većeg volumena s debljim, atraktivnijim dijelom grane prema centru hrpe, odnosno što veći broj grana izložiti uvjetima povećane vlažnosti i na taj način reducirati broj ubušenih potkornjaka, smanjiti ukupnu produkciju i završno broj izlazećih imaga sljedeće generacije.

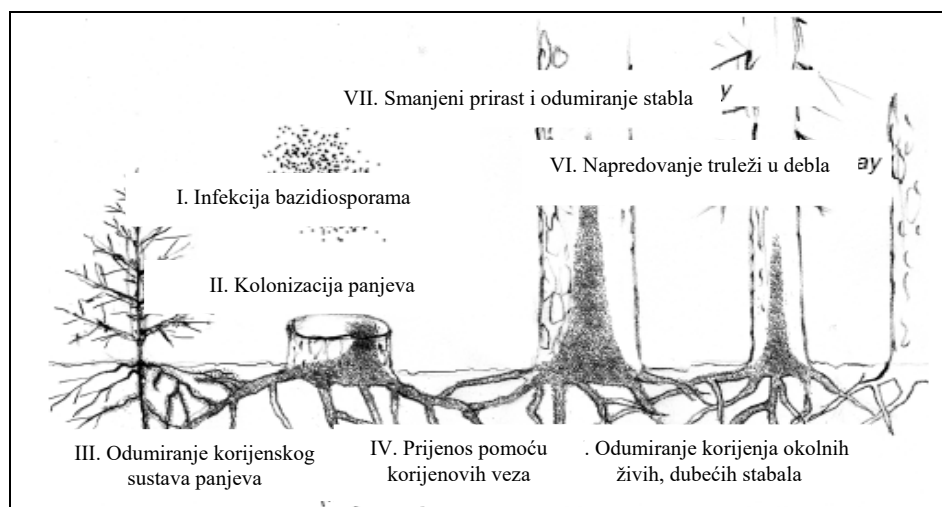
Razlozi za uspostavu velikih hrpa grana i drugih ostataka sječe su višestruki: grane i ovršci ne ometaju razvoj mladog naraštaja, reducira se broj potkornjaka, stvara se povoljno stanište za saproksilične kukce i povećava se bioraznolikost. Hrpe pogodnog materijala u blizini ruba sastojine nisu uzrokovale povećani mortaliteta smrekovih stabala u mladim sastojinama (Hedgren, 2002; Hedgren i dr., 2003).

### **7.9. Atraktivnost panjeva potkornjacima i saproksiličnim kukcima, otkoravanje panjeva i opasnost od gljiva uzročnika truleži korijena**

U istraživanju ukupno je pregledano i otkorano 36 panjeva obične smreke sa ciljem utvrđivanja potrebe otkoravanja panjeva koje je sastavni dio integrirane zaštite šuma od potkornjaka dugi niz godina. U samo 2 panja pronađene su kukuljice i mlada imaga vrste *H. palliatus* te mlada imaga vrste *I. typographus*. Panjevi stabla koja su posječena sredinom ljeta uglavnom nisu bili napadnuti ili je evidentiran jako mali broj ubušivanja. Potkornjaci u panjevima nisu razvili galerije jer su zaustavljeni obilnim lučenjem smole. Od ostalih vrsta čija su imaga zaustavljena lučenjem smole pronađene su vrste - *D. autographus*, *H. cunicularius*, *H. ligniperda* i *X. lineatus*. Kod vrste *D. rufipennis* na 26 % do 84 % pregledanih panjeva nisu evidentirani napadi (Schmid, 1977). Mortalitet u panjevima penje se i do 90 %, prosječno oko 65 %. Zbog dehidracije floema u blizini površine prereza kora se odlupljuje od drva što omogućuje povećani ulazak vode pod koru panja, a prevlažan floem je nepogodan za razvoj ličinki. U panjevima se razvije jako mali postotak populacije potkornjaka *D. rufipennis* (Kirby, 1837) zbog ograničene površine kore i velike stope smrtnosti (Schmid, 1977). Stoga se nameće pitanje da li je panjeve uopće potrebno otkoravati nakon sječe, jer očigledno jako mali broj potkornjaka uopće uspjeva uspješno kolonizirati

panjeve i dovršiti razvoj. Otkoravanjem panjeva opasnost od napada potkornjaka na ovaj oblik dostupnog materijala u potpunosti se otklanja. Međutim, suzbijanjem jednog štetnika dolazi do povećane opasnosti od drugog, za smreku izuzetno opasnog patogena. Otkoravanje panjeva povećava rizik infekcije gljivom *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref (Axel Schopf, pers. comm.).

*H. annosum* (Fr.) Bref je jedan od najčešćih gljivičnih patogena u većini smrekovih gospodarskih šuma sjeverne hemisfere, od srednje Amerike i sjeverne Afrike do središnje Finske i sjevernog dijela Švedske (Woodward i dr., 1998). Ova vrsta patogena naseljava više od 200 drvenastih vrsta, uključujući oko 45 vrsta borova, 25 vrsta jela i 10 vrsta smreka (Sinclair, 1964). Gubitci drva kroz smanjeni prirast i odumiranje stabala uzrokovanih truležnicom korijena (*H. annosum*) procijenjeni su na iznos od 790 milijuna eura u cijeloj Europi (Woodward i dr., 1998). Razvija plodna tijela na panjevima, korijenju, trupcima i mrtvim ili infektiranim stablima (Redfern & Stenlid, 1998). Razvija nesavršeni (anamorfni) stadij konidija i savršeni telemofni stadij bazidiospora (Glavaš, 1999). Konidije mogu širiti zarazu, ali značajno manje u usporedbi s bazidiosporama.



Slika 238. Širenje vrste *Heterobasidion annosum* putem korijenovih veza (prema Thor, 2005)



Primarno se širi basidiosporama koje inficiraju svježe izloženo drveno tkivo –nedavno posječeni panjevi (Redfern & Stenlid, 1998; Piri & Valkonen, 2013; Sierotta, 2013) ili rane (Isomäki & Kallio, 1974; Piri & Valkonen, 2013) te sekundarno micelijem koji raste i inficira okolna stabla preko korjenovih veza ispod površine tla ( Sierotta, 2013; Piri & Valkonen, 2013).

Uklanjanje panjeva kao mjera suzbijanja truleži korijena provedeno je u Engleskoj (Greig, 1984), ali se pokazalo učinkovitim i u Švedskoj, Kanadi i Danskoj (Stenlid, 1987; Cleary i dr., 2013). Na ovaj način može se smanjiti zaraza različitim vrstama gljiva (*Heterobasidion sp.*, *Armillaria sp.*, *Phellinus sulphurascens* (Pilát)) koje naseljavaju svježe posječene panjeve i uzrokuju trulež te gubitak visoko vrijednog tehničkog drva (Cleary i dr., 2013). Ostatci debla zaraženog gljivama uzročnicima truleži *H. annosum* i *Heterobasidion parviporum* mogu značajno povećati produkciju spora te u pojedinim slučajevima producirati više spora nego zaraženi panjevi (Müller i dr., 2007).

Sječa tijekom zime na temperaturama ispod 0 °C minimizira rizik od infekcije (Yde-Andersen, 1962) jer karpofore (plodna tijela) ne proizvode spore na temperaturama nižim od 0 °C (Glavaš, 1999). Kao mjere suzbijanja nameće se upotreba vodene otopine disodium oktaborat tetrahidrata (DOT), urea i biološkog agensa *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jül, a površina kolonizacije same gljive na panjevima reducira i do 99 % (Thor, 2005). Nema razlike između ručnog i mehaniziranog tretiranja panjeva, odnosno mehanizirani način upotrebe vodene otopine koja je sadržavala oidiospore gljive *P. gigantea* nije utjecao na klijanje spora (Thor, 2005).

U Alpama gdje se sastojinama preborno gospodari patogeni roda *Heterobasidion* spadaju u najvažnije gljivične patogene jele i smreke (Gonthier i dr., 2012; Nicolotti & Gonthier, 2005). Preborno gospodarenje smrekovim sastojinama s kontinuiranim pomlađenjem pogoduje sekundarnom prijenosu gljive *H. parviporum* između stabala različitih debljinskih razreda te može utjecati na produkciju visoko kvalitetnog drva u sljedećim generacijama (Piri & Valkonen, 2013).

Povećana je opasnost zaraze gljivom *H. anossum* na nekadašnjim poljoprivrednim tlima u usporedbi sa šumskim tlima (Sierota, 2013) iz razloga što su poljoprivredna tla teška i zbijena, često s nepropusnim slojem koji uvelike utječe na formiranje korijenovog sustava. Ovo se može izbjeći podizanjem kultura crnogorice na pjeskovitim tlima (tla nisu zbijena, nema nepropusnog sloja) gdje ne dolazi do deformacija korijenja te je smanjen broj korjenovih veza između susjednih stabla jer korijenje stabala raste u dubinu, a ne u širinu (Sierota, 2013). Hruštevi i velika borova pipa mogu biti važan vektor širenja gljive *H.*

*annosum* jer oštećivanjem kore i sitnog korijenja nastaju potencijalni ulazi za spore i micelij gljive (Nourteva & Laine, 1968; Skrzecz, 1996).

U prebornom gospodarenju moguće su sljedeće kemijske mjere suzbijanja truleži korijena: upotreba gljiva antagonista - *P. gigantea* (Nicolotti & Gonthier, 2005; Thor, 2005; Sierota, 2013), *Tricholomopsis rutilans* (Schaeff.), *Hypoloma fasciculare* (Huds.) (Sierota, 2013.); vodene otopine disodium oktaborat tetrahidrata (DOT) (Thor, 2005); urea (Nicolotti & Gonthier, 2005; Thor, 2005); vodene otopine bakrenog oksiklorida te boraksa u prahu (Nicolotti & Gonthier, 2005).

Kao mehaničke mjere navodi se: sječa tokom zimskog perioda (Yde-Andersen, 1962); uklanjanje panjeva (Greig, 1984; Stenlid, 1987; Cleary i dr., 2013); selekcija vrsta koje su otpornije na trulež korijena, kao pojedine vrste borova (Korhonen i dr, 1998); izbjegavanje podizanja kultura osjetljivih vrsta crnogorice na poljoprivrednim zemljištima (Sierota, 2013); određivanje optimalnog broja sadnica po jedinici površine prilikom osnivanja kultura crnogorice jer veliki broj sadnica po ha površine u početku osnivanja kultura i zakašnjele prorede rezultiraju s velikim brojem korjenovih veza između stabala (Sierotta, 2013) i povećavaju opasnost od prijenosa patogena između susjednih stabala.

Većina gljiva uzročnika truleži (*Stereum sanguinolentum* (Alb & Schwein.) Fr., *P. gigantea*, *Trichaptum abietinum* (Pers. ex J. F. Gmel), *Fomitopsis pinicola* (Schwartz) Karts.) pronađene su pod korom visokih panjeva smreke u galerijama potkornjaka ili na samim potkornjacima (Persson i dr, 2011). Postoji opravdana sumnja da potkornjaci omogućuju širenje gljiva uzročnika truleži ili djeluju kao vektori.

Otkoravanjem panjeva direktno se utječe na stanište saproksiličnih kukaca i to posebice onih vrsta koje za polaganje jaja trebaju drvo pokriveno korom. Druge vrste preferiraju panjeve, odnosno drvo bez kore, ali te vrste u pravilu dolaze kasnije (Åke Lindelöw, pers. comm.). U redu tvrdokrilaca (Coleoptera) 25 % srednjoeuropskih vrsta su saproksilične (Wermelinger i dr., 2002). Visoki panjevi (do 3,5 m) smreke, breze, topole i hrasta značajno su stanište saproksiličnih kukaca. Istraživanja pokazuju da se u ovom tipu panjeva razmnožava različit broj saproksiličnih vrsta - 389 vrsta (Abrahamsson i dr, 2009); 73 vrste (Lindbladh & Abrahamsson, 2008); 316 vrsta od kojih je 40 ugroženih vrsta (Lidhe & Lindelöw, 2004); 66 vrsta od kojih je 9 ugroženih vrsta (Lindbladh i dr., 2007); 124 vrste (Jonsell & Hansson, 2011) te brojna druga istraživanja.

Visoke panjeve smreke preferiraju vrste potkornjaka *I. typographus*, *P. chalcographus*, *H. palliatus*, i *Crypturgus sp.*, dok niske panjeve smreke (<0,5 m) preferiraju vrste *D. autographus* i *Ortotomicus suturalis* (Gyllenhal, 1827)(Abrahamsson & Lindbladh, 2006).

Smrekov pisar nije pronađen u panjevima stabala koja su posječena sredinom ljeta na višoj nadmorskoj visini, dok na nižoj nadmorskoj visini kolonizirao je panjeve, ali bez uspjeha jer je smola zaustavila razvoj potkornjaka. Slično, u Švedskoj smrekov pisar nije pronađen na visokim panjevima stabala posječenih u jesen (Schroeder i dr., 1999), iako je bio čest na panjevima stabla koja su posječena u proljeće, zajedno s drugim vrstama potkornjaka: *P. chalcographus*, *H. palliatus*, *Orthotomicus sp.*, *X. lineatus*, *Dryocoetes sp.* i *Polygraphus polygraphus* (Linné, 1758).

U Švedskoj niski panjevi nakon čiste sječe se pomoću mehanizacije izvade iz tla i upotrebljavaju kao izvor energije (biomasa). Utvrđeno je da se u niskim panjevima smreke, breze, topole i bijelog bora razmnožavaju 124 vrste saproksiličnih kukaca, od kojih su neke ugrožene (Jonsell & Hansson., 2011). U ostatcima sječe različitih vrsta drveća (smreke, topole, breze i hrasta) koji imaju promjer 1-15 cm razmnožava se i do 160 vrsta saproksiličnih kukaca, od kojih su 22 vrste ugrožene u Švedskoj (Jonsell, 2008).

Gospodarenje smrekovim šumama u Švedskoj uvelike se razlikuje od prakse u Hrvatskoj. U Švedskoj je dozvoljena čista sječa na velikim površinama, dok je ovaj oblik sječe zakonom zabranjen u Hrvatskoj. U Hrvatskoj sastojinama smreke gospodari se preborno, izuzev kultura gdje se gospodari jednodobno. Panjevi koji ostaju nakon čistih sječa na velikim površinama važno su stanište saproksiličnih kukaca (Victorsson & Jonsell, 2013). U Švedskoj dominiraju dvije vrste četinjača – smreka (*P. abies*) i bijeli bor (*Pinus sylvestris*) (L.). Panjevi četinjača nakon sječe privlačni su velikoj borovoj pipi - *Hylobius abietis* (Linné, 1758) koja se razmnožava pod korom panjeva. Mlada imaga dopunski se hrane na mladim sadnicama koje su zasađene ubrzo nakon čiste sječe (Nordenhem, 2009). Uglavnom nagrizaju koru na korjenovu vratu, prstenuju sadnicu i uzrokuju velike mortalitete sadnica (Örlander & Nilsson, 1999). Iz navedenog razloga panjevi se pomoću mehanizacije uklanjaju te se iskorištavaju za energiju (Victorsson & Jonsell, 2013; Ols i dr., 2013). Panjevi se ne uklanjaju na svim površinama ili ako se uklanjaju ostavlja se 15 % do 25 % panjeva na posječevoj površini (Skogsstyrelsen, 2009). Između ostaloga panjevi u suhim tlima pogodnije su stanište saproksiličnih kukaca od panjeva u vlažnijim tlima (Ols i dr., 2013). Otkoravanje panjeva može uzrokovati brže isušivanje kambija i utjecati nepovoljno na razvoj saproksiličnih kukaca (Victorsson & Jonsell, 2013). Kako u Hrvatskoj nisu zabilježene veće štete od velike borove pipe u visoko vrijednim prirodnim prebornim sastojinama smreke uklanjanje panjeva nije potrebno. Osim toga ove sastojine rastu na nadmorskim visinama višim od 1 000 m gdje su uvjeti kretanja mehanizacije otežani zbog teškog, nepristupačnog terena pa nije moguće njihovo korištenje u energetske svrhe (biomasa).

Ovo istraživanje polučilo je važne zaključke za integriranu zaštitu šuma od smrekovih potkornjaka. Otkoravanjem panjeva utječe se na stanište saproksiličnih kukaca, a ujedno se značajno povećava opasnost od truleži korijena ostalih dubećih stabala u sastojini. Stoga, otkoravanje panjeva kao dio integrirane zaštite šuma od potkornjaka nije potrebno jer mali broj potkornjaka uopće naseljava panjeve i uspijeva završiti razvoj. Panjeve je potrebno tretirati različitim biološkim preparatima nakon sječe ili sječu provoditi zimi i na taj način umanjiti opasnost od gljiva koje uzrokuju trulež korijena neposječenih smrekovih stabala.

#### **7.10. Uzgojno-biološke, mehaničko-tehničke i biotehničke mjere borbe protiv potkornjaka s posebnim osvrtom na mass trapping i upotrebu feromonskih klopki**

Prilikom osnivanja kultura ili podržavanja prirodnih sastojina treba težiti uspostavi mješovitih sastojina koje su stabilnije na vremenske poremećaje, a samim time i na napad potkornjaka.

Mješovite sastojine manje su osjetljive na napada potkornjaka od čistih sastojina (Faccoli & Bernardinelli, 2014). Pasivna i inducirana obrana lučenja smola jedno je od glavnih obrana stabla smreke na napad potkornjaka (Paine i dr., 1997). Stabla koja rastu u mješovitim sastojinama imaju obilnije lučenje smole od stabla u čistim sastojinama (Baier i dr., 2002). Mješovite sastojine također mogu utjecati na olfaktornu komunikaciju jedinki potkornjaka. Hlapljive komponente stabala koja nisu pogodni domaćini, kao što su listopadne vrste drveća i hlapljive komponente zelenog lišća uvelike utječu na pronalazak pogodnih stabala za razvoj u mješovitim sastojinama (Byers i dr., 1998; Zhang i dr., 1999). Smrekove sastojine na nižim nadmorskim visinama češće bivaju pogođene teškim infestacijama uzrokovanim napadom smrekovog pisara u odnosu na smrekove sastojine subalpskog pojasa na višim nadmorskim visinama (Chinellato i dr., 2013) što je uvelike posljedica različitih temperaturnih prilika.

Postavljanje lovnih stabla jedna je od najstarijih mehaničko-tehničkih metoda borbe protiv potkornjaka. Stabla trebaju biti postavljena sredinom travnja prije leta prve generacije, odnosno početkom srpnja prije leta druge generacije. Na nižim nadmorskim visinama potrebno je postaviti i treću seriju lovnih stabala početkom kolovoza ukoliko temperature prilike omoguće razvoj treće generacije. Istraživanja su pokazala da posječena lovna stabla love znatno više jedinki smrekovog pisara u odnosu na feromonske klopke: 3,5-3,6 puta (Abgrall & Schvester, 1987); 14 puta (Drumont i dr., 1992), dok dubeća lovna stabla love i do

30 puta više u odnosu na feromonsku klopku (Raty i dr., 1995). Prvi rezultati istraživanja pokazuju učinkovitu zaštitu vjetrom izvaljenih stabala uz pomoć lovnih stabala (Grégoire i dr., 1997).

Jedno od temeljnih istraživanja učinkovitosti masovnog izlova (mass trapping) smrekovog pisara pomoću 600 000 feromonskih klopki provedeno je u Norveškoj (Bakke i dr., 1983). Pokušaj masovnog izlova proveden je s različitim vrstama potkornjaka, npr. *D. ponderosae* (Borden & Lacey, 1985) i *S. multistriatus* (Elliot i dr., 1979) u Sjevernoj Americi, *Ips duplicatus* u Aziji (Schlyter i dr., 2001) te *I. typographus* u Europi (Bakke i dr., 1983; Raty i dr., 1995; Wermelinger, 2004). Mišljenja znanstvenika oko masovnog izlova i učinka na gustoću populacije potkornjaka su podijeljena. Intenzivni masovni izlov koji se provodi na razini sastojine može biti koristan u redukciji gustoće populacije smrekovog pisara i redukciji smrtnosti stabala i do 80 % (Faccoli & Stergulc, 2008). S druge strane istraživanja provedena u Njemačkoj pokazuju da masovni izlov smrekovog pisara feromonskim klopka ne utječe na gustoću populacije, već se uspostava šumske higijene nakon sječe smatra dugoročnom metodom efektivne borbe protiv potkornjaka (Dimitri i dr., 1992). Unatoč visokom učinku masovnog izlova broj potkornjaka koji ostaje u sastojinama je dovoljan za kolonizaciju pogodnih stabala i brzu obnovu gustoće populacije zbog male unutarvrstne kompeticije (Weber, 1987). Feromonskim klopka može se eliminirati 35 % populacije, dok većina populacije smrekovog pisara napušta mjesto na kojem su se razvili (Duelli i dr., 1997). I do 75 % (Nemec i dr., 1993) ili 80 % ulova u feromonskoj klopki čine jedinke smrekovog pisara koje su emigrirale iz okolnih područja i nisu iz lokalne populacije (Weslien & Lindelöw, 1989). To objašnjava i činjenica povećanih ulova u feromonskim klopka koje su udaljene od mjesta infestacije. Feromonske klopke se koriste u kontroli populacije potkornjaka masovnim izlovom (Bakke i dr., 1983; Bakke & Kvamme, 1981) ili za monitoring populacije odnosno za dijagnozu i prognozu kretanja gustoće populacije (Lindelöw & Schroeder, 2001). Samo za usporedbu strojevi za otkoravanje trupaca usmrte čak 93 % jedinki smrekovog pisara te se ipak učinkovitost kod visokih gustoća populacija još uvijek smatra pre niskom (Dubbel, 1993 prema Wermelinger, 2004).

Nepovoljni učinak masovnog izlova potkornjaka je uklanjanje velikog broja predatora. Npr. feromonske klopke u Oregonu uhvatile su 280 000 jedinki vrste *Dendroctonus pseudotsugae* (Hopkins, 1905) što je dovelo do djelomičnog smanjenja mortaliteta stabla, ali ujedno su uhvatile 43 500 jedinki glavne vrste predatora *Thanasimus undatulus* (Say, 1835) (Ross & Datermann, 1997). U Norveškoj je masovni ulov 80-ih godina rezultirao s odnosom 1 ulovljena jedinka vrste *T. formicarius* na 4 jedinke smrekovog pisara (Bakke & Kvamme,

1981). Odrasli imago vrste *T. formicarius* dnevno konzumira i do 5 adulta potkornjaka, a tokom života i do 100 jedinki potkornjaka, dok ličinka tokom svog razvoja može pojesti i do 42 ličinke potkornjaka (Heidger, 1994). Uklanjanjem velikog broja predatora kroz masovni ulov feromonskim klopka može dovesti i do produženja epidemije (Ross & Daterman, 1995). Temeljna prednost zaštićenih područja zabrana je sječe napadnutih stabla. Sve vrste predatora i parazitoida imaju dovoljno vremena za razvoj jer u pravilu kasnije napuštaju stablo (Wermelinger i dr., 2012) od jedinki potkornjaka. Ličinke vrste *T. formicarius* bile su statistički brojnije u negospodarenim šumama u odnosu na gospodarene šume (Weslien & Schroeder, 1999).

Feromonska klopka treba se koristiti za dijagnozu i prognozu kretanja gustoće populacija smrekovih potkornjaka. Osnova borbe protiv potkornjaka osim uzgojno-bioloških mjera prilikom osnivanja sastojina treba biti uspostava šumske higijene nakon izvršene sječe.

Kao potencijalna biološka mjera suzbijanja potkornjaka nameće se upotreba entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv., 1912) (Wegensteiner, 1992; Steinwender i dr., 2010; Pernek 2007; Grodzki & Kosibowicz, 2015). Prirodni mortalitet smrekovog pisara uzrokovan ovom entomopategenom gljivom iznosi 10-18 % (Kreutz i dr., 2004). Male koncentracije konidiospora ( $1 \cdot 10^6$  i  $1 \cdot 10^7$ ) gljive *B. bassiana* uzrokuju smrtnost od 93,7 % jedinki vrste *I. sexdentatus*, dok mortalitet jedinki *T. formicarius* nije uočen kod navedenih koncentracija konidiospora (Steinwender i dr., 2010). Veliki nedostatak metode je neselektivnosti gljive prema ostalim skupinama prirodnih neprijatelja i neciljanim skupinama subkortikalne faune.

### 7.11. Sanacija žarišta napada smrekovih potkornjaka

U Hrvatskoj nedavna istraživanja prezimljavanja smrekovog pisara (Hrašovec i dr., 2011) polučila su da 50 % populacije u vršnoj zoni Zavižana, odnosno 40 % populacije u Štirovača zimuje u šumskoj stelji. U provedenom istraživanju u smrekovim sastojinama na najnižoj nadmorskoj visini 5,08 % do 23,52 % populacije napušta stabla tijekom zime. Kako je riječ o najstarijim populacijama (Stauffer i dr., 1999), a time i najplastičnijima (Hrašovec i dr, 2011) populacije smrekovog pisara prilagodile su se zimskim temperatura koje vladaju na različitim nadmorskim visinama jer udio imaga koji zimuje pod korom stabla raste s padom nadmorske visine.

Na neki način ovo istraživanje upotpunilo je vertikalni gradijent prezimljavanje smrekovog pisara koji je veoma važan zbog planiranja mjera sanacije žarišta napada ovog štetnika. Očigledno je najbolje vrijeme sanacije žarišta u sastojinama na višim nadmorskim visinama rana jesen, dok znatan dio populacije potkornjaka nije napustio stabla. Ukoliko se zakasni, dobri rezultati sanacije na nižim nadmorskim visinama mogu se postići i zimskom ili ranom proljetnom sječom, dok će ova sječa na višim nadmorskim visinama polučiti slabiji rezultat.

Sva napadnuta stabla (lovna stabla, napadnuta dubeća stabla, napadnute vjetroizvale) potrebno je ukloniti iz sastojine dok je kora u čvrstom kontaktu s deblom. Ako infestacija nije prepoznata u tom trenutku i stabla nisu posječena do proljeća znatan broj pokornjaka će ostati u sastojini s otpalom korom (Dworschak i dr., 2014). Ukoliko su potkornjaci napustili stablo u kojem su se razvili, kontraproduktivno je posjeći takva stabla u što kraćem vremenskom roku iz razloga što su potkornjaci napustili stablo, a sječom će se ubiti brojne predatorske muhe i parazitoidi koji napuštaju stablo kasnije (Wermelinger i dr., 2012) i uništiti će se važno stanište saproksiličnih kukaca (Kausrud i dr., 2012).

S druge strane, nameće se pitanje utjecaja osušenih grupa stabala na mortalitet živih dubećih stabala. Grupe vjetrom izvaljenih stabala, ne veće od 20 stabala ne uzrokuju značajniji mortalitet dubećih stabla u sastojini (Ericsson i dr., 2008), odnosno mali iznos (manji od 5 m<sup>3</sup>) oštećenih smrekovih stabla ne uzrokuje mortalitet stabala u sastojini (Peltonen, 1999; Hedgren i dr., 2003). Grupe napadnutih stabla koje ne uzrokuju značajan mortalitet ostalih dubećih stabla predstavljaju važno stanište saproksiličnih kukaca. Povećanje udjela mrtvog drva kao staništa saproksiličnih kukaca u sastojinama važno je sa stajališta povećanja bioraznolikosti i do sada je uvelike dokumentirano (Samuelsson i dr., 2004; Jonsell i dr., 1998; Kausrud i dr., 2012; Eslamifar, 2011; Wermelinger i dr., 2002; i brojni drugi).

Nakon sanitarnih sječa prva stabla koja bivaju napadnuta su stabla na novoizloženom rubu šume zbog povećane sunčeve insolacije (Kautz i dr., 2013; Mezei i dr., 2011) koja za posljedicu ima povećanu emisiju primarnih atraktanata (Baier & Bader, 1997) ili terpena i feromona (Zumr, 1985). Na novoformiranom rubu sastojine stabla su jako osjetljiva na snažne udare vjetra što u pravilu dovodi do velikog broja vjetroizvala (Esseen, 1994; Peltonen, 1999). Korištenjem barijera feromonskih klopki opremljenih s različitim feromonskim pripravcima na novonastalim rubovima može se postići redukcija usmrćenih stabala napadom smrekovog pisara i do 87 % (Jakuš, 1998). Ova metoda sprečava širenje ruba nastalog sječom odumrlih stabala prema unutrašnjosti šume. Metoda je i više nego primjenjiva unutar nacionalnih parkova gdje sanitarna sječa nije dozvoljena.

## 8. ZAKLJUČCI

Tijekom trogodišnjeg istraživanja razvojnoga ciklusa, prezimljavanja i prostorne distribucije smrekovih potkornjaka (*I. typographus* i *P. chalcographus*) u smrekovim šumama Like došlo se do sljedećih zaključaka:

1. Smrekov pisar je bivoltna ili polivoltna vrsta u smrekovim šumama na nižim nadmorskim visinama, a na višim nadmorskim visinama univoltna ili bivoltna vrsta, ovisno o vremenskim prilikama.
2. Proljetno rojenje smrekovog pisara na nižoj nadmorskoj visini odvija se uglavnom sredinom svibnja, a na višim početkom lipnja. Od sredine srpnja do početka kolovoza zamijećeno je ljetno rojenje smrekovog pisara na nižoj nadmorskoj visini i početkom kolovoza na višim nadmorskim visinama.
3. Kod svake glavne generacije smrekov pisar razvija barem jednu sestrinsku generaciju.
4. Stadij jaja traje relativno kratko, uglavnom oko tjedan dana. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 30 dana, najčešće između 21 i 25 dana. Na višoj nadmorskoj visini stadij ličinke traje nešto duže od 22 do 36 dana. Stadij kukuljice bez obzira na nadmorsku visinu u pravilu traje jedan do dva tjedna.
5. Potpuni razvoj smrekovog pisara od jaja pa do izlaska novih kornjaša traje na nižim nadmorskim visinama između 42 i 68 dana, a na višim između 50 i 72 dana.
6. Šesterozubi smrekov potkornjak je univoltna i bivoltna vrsta u smrekovim šumama i na nižoj i na višoj nadmorskoj visini, ovisno o vremenskim prilikama.
7. Proljetno rojenje šestozubog smrekovog potkornjaka na nižoj nadmorskoj visini odvija se uglavnom od sredine svibnja do sredine lipnja, a na višim od kraja svibnja do sredine lipnja. Od sredine srpnja do sredine kolovoza zamijećeno je ljetno rojenje šestozubog smrekovog potkornjaka na nižoj nadmorskoj visini, dok na višoj nadmorskoj visini nije zabilježen razvoj ljetne generacije potkornjaka na lovnim stablima. Ljetna generacija



ovog potkornjaka zabilježana je u hrpama grana, ali ne i u ovršcima stabala što je vjerovatno posljedica različitih mikrostanišnih uvjeta.

8. Kod osnivanja proljetnih generacija šesterozubi smrekov potkornjak osniva barem jednu sestrinsku generaciju.
9. Razvojni stadij jaja je jako kratak, uglavnom manje od tjedan dana. Stadij ličinke na nižoj nadmorskoj visini traje od 14 do 49 dana, dok na višoj između 20 i 48 dana. Stadij kukuljice traje između jedan i dva tjedna bez obzira na nadmorsku visinu.
10. Potpuni razvoj šesterozubog smrekovog potkornjaka od jaja do izlaska novih kornjaša traje između 35 i 70 dana na nižoj nadmorskoj visini, a na višoj nadmorskoj visini od 50 do 84 dana.
11. Galerije sestrinskih generacije obje vrste karakteriziraju jednostruki hodnici bez bračne komorice.
12. Smrekov pisar kolonizira dijelove lovnih stabla s debljom korom, dok šesterozubi smrekov potkornjak uglavnom kolonizira gornje dijelove stabala s tankom korom.
13. Šesterozubi smrekov potkornjak je „satelit“ vrsta smrekovog pisara koja se prilagodila na različite načine: vjerovatno detektira feromone agregacije smrekovog pisara ili pojedinu komponentu kao kairomon; feromonima agregacije djeluje repelentno na smrekovog pisara; zbog male veličine tijela iskorištava dostupan materijal koji zbog tanke kore i floema siromašnog šećerima ne može iskoristiti smrekov pisar te koristi lenticle kao otvorene ulaze kroz deblju koru stabala.
14. Unatoč odstupanjima koje Phenips model ne može predvidjeti (efekt zasjenjivanja, izloženost kore sunčevoj radijaciji, početak razvoja sestrinskih generacija koji je uvjetovan gustoćom napada i temperaturom floema te temperatura floema i zraka u vrijeme skraćivanja fotoperioda) model se može primjeniti za predviđanje napada i razvoja smrekovog pisara, pogotovo u sastojinama u kojima se može očekivati povećanje voltinizma i povećani rizik od epidemija smrekovog pisara jer su podignute izvan optimalnog područja rasprostranjenosti smreke.

15. Većina populacije smrekovog pisara leti na male udaljenosti (do 200 m), a tek manji dio populacije (manje od 5 %) je sposoban za let na udaljenosti veće od 1 km, vjerovatno uz pomoć vjetra.
16. Povećani opseg ljudskih aktivnosti u intenzivno gospodarenim šumama (uklanjanje vjetroizvala, snjegoloma, stabala stradalih od gljiva uzročnika truleži korijena te stabala oštećenih djelovanjem različitih biotskih i abiotskih čimbenika) te smanjenje ljudske aktivnosti u vidu uklanjanja stabala pogodnih za razvoj unutar nacionalnog parka vjerovatno utječu na migracije i prostornu disperziju jedinki smrekovog pisara između gospodarskih šuma i šuma posebne namjene, a time i na dužinu leta.
17. Uočene su dvije niše zimovanja smrekovog pisara - pod korom napadnutih stabla (76,48 do 94,92 %) i u šumskoj stelji (5,08 do 23,52 %). Snižanjem nadmorske visine povećava se udio zimujućih imaga pod korom napadnutih stabla – od vršne zone Zavižana (50 %), preko Štirovača (60 %) do najniže nadmorske visine sa smrekovim sastojinama u g.j. Žitnik (76,48-94,92 %).
18. Niska gustoća napada smrekovog pisara, odnosno mali broj galerija po m<sup>2</sup> kore (27-117) nužno ne znači veliki uspjeh reprodukcije izražen brojem kćeri (♀) u odnosu na majku (♀) – 0,51 do 4,17 (♀/♀).
19. Nizak uspjeh reprodukcije posljedica je visoke stope smrtnosti svih uočenih stadija zbog povećane gustoće ličinki predatora, ali i zbog nemogućnosti prezimljavanje predadultnih stadija (L<sub>3</sub> ličinka, kukuljica) na niskim temperaturama tijekom zimskih mjeseci.
20. Većina mužjaka smrekovog pisara (74,17 %) kopulira s dvije ženke što je svojevrsna prilagodba izbjegavanju unutarvršne kompeticije između ličinki.
21. Sanitarnu sječū kao mjeru sanacije žarišta napada smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka potrebno je provoditi u ranu jesen na višim nadmorskim visinama, odnosno tijekom zime ili rano u proljeće na nižim nadmorskim visinama.

22. Mokre i suhe naletno barijerne crne Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke mogu se s gotovo jednakom učinkovitošću i selektivnošću koristiti u monitoringu populacija smrekovih potkornjaka. Ovim istraživanjem odbačena je mogućnost bijega smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka nakon što upadnu u lovnu posudu Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke.
23. Mokre i suhe klopke naletno barijerne crne Theysohn<sup>®</sup> feromonske klopke na sve tri testirane pozicije (sastojina, rub sastojine, čistina) pokazale su jednaku učinkovitost lovljenja jedinki smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka.
24. Monitoring populacija smrekovih potkornjaka (smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka) moguće je provoditi s testiranim naletno barijernim feromonskim klopkama (crna Theysohn<sup>®</sup>, smeđa WitaTrap<sup>®</sup>, multi funnel WitaTrap<sup>®</sup>), dok bijelu WitaTrap<sup>®</sup> i cross Witaprall<sup>®</sup> „Ecco“ feromonsku klopku treba izbjegavati zbog signifikantno smanjene učinkovitosti i vidno drukčijeg trenda ulova.
25. Za vrstu predatora *T. formicarius* selektivnije vrste feromonskih klopki su crna Theysohn<sup>®</sup> i smeđa WitaTrap<sup>®</sup> zbog oblika lovne posude iz kojih vrsta može pobjeći te klopka cross Witaprall<sup>®</sup> „Ecco“ zbog mreže između lovne posude i križnog dijela klopke. Kod upotrebe manje selektivnih multi funnel feromonskih klopki treba pokušati povećati selektivnost upotrebom mreže na zadnjem lijevku ili izradom otvora pri samom vrhu lovne boce, slično kao u istraživanjima s vrstom *I. sexdentatus*.
26. Predatorska vrsta *N. elongatum* ne može pobjeći iz lovnih posuda smeđe WitaTrap<sup>®</sup>, crne Theysohn<sup>®</sup> ili multi funnel WitaTrap<sup>®</sup> feromonske klopke. Selektivnost feromonskih klopki treba pokušati povećati upotrebom mreže unutar feromonskih klopki iznad lovnih kontejnera, odnosno na zadnjem lijevku multi funnel feromonskih klopki.
27. Prilikom proreda ili dovršene sječe u kulturama, odnosno preborne sječe u prirodnim sastojinama smreke potrebno je uspostaviti šumski red slaganjem grana u hrpe s debljim dijelom grane prema sredini hrpe. Na ovaj način reducira se broj ubušenih potkornjaka (prvenstveno šesterozubog smrekovog potkornjaka); grane i ovršci posječenih stabla ne ometaju razvoj mladog naraštaja; stvara se povoljno stanište za saproksilične kukce i povećava se bioraznolikost.

28. Otkoravanje panjeva kao mehaničku mjeru unutar sustava integrirane zaštite šuma od potkornjaka nije potrebno provoditi jer mali broj potkornjaka kolonizira panjeve i uspijeva dovršiti svoj razvoj. S druge strane ovom mehaničkom mjerom direktno se povećava opasnost od truleži korijena ostalih, neposječenih dubećih stabala u sastojini te se nepovoljno utječe na stanište saproksiličnih kukaca, posebice onih vrsta koje za odlaganje jaja trebaju sloj kore.

---

## 9. LITERATURA

1. Abgrall, J. F. & Juvy, B. 1993. Incidence de la température sur le développement du typographe, *Ips typographus* L. (Coleoptère, Scolytidae) en zones montagneuses. Journal of Information Technology. Cemagref. 90, 1-7.
2. Abgrall, J. F. & Schvester, D. 1987: Observation sur le piégeage de *Ips typographus* L. après chabalis. Revue Forestière Française. 39, 359-377.
3. Abrahamsson, M.; Jonsell, M.; Niklasson, M.; Lindbladh, M. 2009: Saproxylic beetle assemblages in artificially created high stumps of spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pendula/pubescens*) – does the surrounding landscape matter?. Insect Conservation and Diversity. 2, 284-294.
4. Abrahamsson, M. & Lindbladh, M. 2006: A comparison of saproxylic beetle occurrence between man-made high and low stump of spruce (*Picea abies*). Forest Ecology and Management. 226, 230-237.
5. Andebrandt, O. 1985: Dispersal of re-emerged spruce bark beetles, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae): a mark–recapture experiment. Zeitschrift für Angewandte Entomology. 99, 21-25.
6. Andebrandt, O. 1986: A model for temperature and density dependent reemergence of the bark beetle *Ips typographus*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 40, 81-88.
7. Andebrandt, O. 1988: Survival of parent and brood adult bark beetle, *Ips typographus*, in relation to size, lipid content and re-emergence or emergence day. Physiological entomology. 13, 121-129.
8. Andebrandt, O. 1989: Reemergence and second brood in the bark beetle *Ips typographus*. Holarctic Ecology. 12(4), 494-500.
9. Andebrandt, O. 1990: Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. Ecological Entomology. 15, 1-8.
10. Andebrandt, O. & Löfqvist, J. 1988: Relation between first and second brood production in the bark beetle *Ips typographus* (Scolytidae). Oikos, 53, 357-365.
11. Andebrandt, O.; Schlyter, F.; Birgersson, G. 1985: Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*. Oikos. 45, 89-98.
12. Annala, E. 1969: Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). Annales Entomologici Fennici. 6, 161-208.

13. Annala, E. 1971: Sex ratio in *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). *Annales Entomologici Fennici*. 37, 7-14.
14. Arthofer, W. 2005: Mitochondrial and Nuclear Markers for Analyzing the Phylogeography of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae): Development, Applications and Pitfalls. Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Forstentomologie, Forstpatologie und Forstschutz, Department für Wald und Bodenwissenschaften. Doctoral thesis, p.121.
15. Austarå, Ø. & Midtgaard, F. 1986: On the longevity of *Ips typographus* L. adults. *Journal of Applied Entomology*. 102, 106-111.
16. Austarå, Ø.; Pettersen, H.; Bakke, A. 1977: Bivotanism in *Ips typographus* in Norway and winter mortality in second generation. *Medd. Norweg. Inst. Skogforsk.* 33, 269-281.
17. Avtzis, D. N.; Arthofer, W. & Stauffer, C. 2008: Sympatric occurrence of diverged mtDNA lineages of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytinae) in Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*. 94, 331-340.
18. Avtzis, D. N., Arthofer, W.; Stauffer, C.; Avtzis, N. & Wegensteiner, R. 2010: *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytinae) at the southernmost borderline of Norway spruce (*Picea abies*) in Greece. *Entomologia Hellenica*. 19, 3-13.
19. Avtzis, D. N. & Arvanopoulos, F. A. 2011: Host Tree and Insect Genetic Diversity on the Borderline of Natural Distribution: a Case Study of *Picea abies* and *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytinae) in Greece. *Silva Fennica*. 45(1), 157-164.
20. Baier, P. & Bader, R. 1997: Gehalt und Emission von Monoterpenen der Fichtenrinde und deren Bedeutung für die Primärattraktion von Borkenkäfern (Coleoptera: Scolytidae). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*. 11, 639-643.
21. Baier, P.; Führer, E.; Kirisits, T.; Rosner, S. 2002: Defense reaction of Norway spruce against bark beetle and the associated fungus *Ceratocystis polonica* in secondary pure and mixed species stands. *Forest Ecology and Management*. 159, 73-86.
22. Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A. 2006: Modeling phenology and risk assessment of outbreaks of the European spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in a mountainous region. IUFRO Working Party. 7.03.10. Proceedings of the Workshop. Gmunden, Austria. p. 35-44.

23. Baier, P.; Pennerstorfer, J.; Schopf, A. 2007: PHENIPS – A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*. 249, 171-186.
24. Baier, P.; Pennerstorfer, J. & Schopf, A. 2009: Online-monitoring of the phenology and the development of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae). *Mitteilungen der Deutschen Gessellschaft für Allgemeine und Angewadte Entomologie*. 17, 155-158.
25. Bakke, A. 1981: Inhibition of the response in *Ips typographus* to aggregation pheromone: field evaluation of verbenone and ipsenol. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 92, 172-177.
26. Bakke, A. 1981: Pheromones and traps as part of integrated control of the spruce bark beetle. Some results from control program in Norway in 1979 an 1980. *Reports of the Norwegian Forest Research Institute*. 5/81, p. 39.
27. Bakke, A. 1983: Host tree and bark beetle interaction during the mass outbreak of *Ips typographus* in Norway. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 96, 118-125.
28. Bakke, A.; Austarå, Ø. & Pettersen, H. 1977: Seasonal flight activity and attack pattern of *Ips typographus* in Norway under epidemic conditions. *Meddelelser fra norsk institutt for skogforskning*. 33(6), 257-268.
29. Bakke, A.; Frøyen, P.; Skatebøl, L. 1977: Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften*. 64, 98-99.
30. Bakke, A. & Kvamme, T. 1981: Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*. 7, 305-312.
31. Bakke, A.; Saether, T. & Kvamme, T. 1983: Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus*. Pheromone and trap technology. *Reports of the Norwegian Forest Research Institute*. 38.3, p. 35.
32. Bednarz, B. & Kacprzyk, M. 2012: An Innovative Method for Sex Determination of the European Spruce Bark Beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae). *Entomologia Generalis*. 34 (1-2), 111-118.
33. Bennett, R. B. & Borden, J. H. 1971: Flight arrestment of tethered *Dendroctonus pseudotsugae* and *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae) in response to olfactory stimuli. *Annals of the Entomological Society of America*. 64, 1273-1286.
34. Benz, G.; Bovey, P.; Junod, P. 1986: On the specific attraction of the males of the six toothed spruce bark beetle, *Pityogenes chalcographus* (L.) to a mixture of synthetic pheromones of the eight – toothed spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera:

- Scolytidae). *Experimentia* (Basel). 42(3), 325-326
35. Berec, L.; Doležal, P., Hais, M. 2013: Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. *Forest Ecology and Management*. 292, 1-9.
  36. Bertheau, C.; Bankhead-Dronnet, S.; Martin, C.; Lieutier, F.; Roux-Morabito, G. 2012: Lack of genetic differentiation after host range extension argues for the generalist nature of *Pityogenes chalcographus* (Curculionidae: Scolytinae)
  37. Bertheau, C.; Salle, A.; Roux-Morabito, G.; Garcia, J.; Certain, G. & Lieutier, F. 2009: Preference-performance relationship and influence of plant relatedness on host use by *Pityogenes chalcographus* L. *Agricultural and Forests Entomology*. 11, 389-396.
  38. Berymann, A. A. 1972: Resistance of Conifers to Invasion by Bark Beetle-Fungus Associations. *BioScience*. 22, 598-602.
  39. Biermann, G. 1977: On the overwintering of the engraver beetle, *Ips typographus* (L.) in soil litter (Coleoptera:Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 84, 59-74.
  40. Birgersson, G.; Byers, J. A.; Bergström, G. & Löfqvist, J. 1990: Production of pheromone components, chalcogran and methyl (E, Z)-2,4-decadienoate, in spruce engraver *Pityogenes chalcographus*. *Journal of Insect Physiology*. 36(4), 391-395.
  41. Borden, J. H. & Lacey, T. 1985: Semiochemical-based manipulation of the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopkins – a Component of logepole pine silviculture in the Merrit timber supply area of British Columbia. *Journal of Applied Entomology*. 99, 139-145.
  42. Borowski, A. & Podlaski, R. 2011: Statistical evaluation of *Ips typographus* population density: a usefull tool in protected areas and conservation-oriented forestry. *Biodiversity and Conservation*. 20, 2933-2951.
  43. Botterweg, P. F. 1982: Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat-content. *Journal of Applied Entomology*. 94, 466-489.
  44. Botterweg, P. F. 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, 47-55.
  45. Bouget, C. & Duelli, P. 2004: The effects of windthrown on the forests insects communities: a literature review. *Biological Conservation*. 118, 281-299.



46. Byers, J. A. 1984: Nearest neighbor analysis and simulation of distribution patterns indicates an attack spacing mechanism in the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology*. 13, 1191-1200.
47. Byers, J. A. 1993: Avoidance of competition by spruce bark beetle *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*. *Experientia*. 49, 272-275.
48. Byers, J. A. 1995: Host Tree Chemistry Affecting Colonization in Bark Beetles, p. 154-213. In: *Chemical Ecology of Insects*. Edited by: Cardé, R. T. & Bell, W. J. Chapman and Hall, New York.
49. Byers, J. A.; Anderbrant, O.; Löfqvist, J. 1989a: Effective attraction radius: a method for comparing species attractants and determining densities of flying insects. *Journal of Chemical Ecology*. 15(2), 749-765.
50. Byers, J. A.; Birgersson, G.; Löfqvist, J.; Appelgren, M. & Bergström, G. 1990: Isolation of pheromone synergists of bark beetle, *Pityogenes chalcographus*, from complex insect-plant odors by fractionation and subtractive-combination bioassay. *Journal of Chemical Ecology*. 16, 861-876.
51. Byers, J. A.; Birgersson, G.; Löfqvist, J.; Bergström, G. 1988: Synergistic pheromones and monoterpenes enable aggregation and host recognition by the bark beetle. *Naturwissenschaften*. 75, 153-155.
52. Byers, J. A.; Lanne, B. S.; Schlyter, F.; Löfqvist, J. & Bergström, G. 1985: Olfactory recognition of host-tree susceptibility by pine shoot beetles. *Naturwissenschaften*. 72, 324-326.
53. Byers, J. A.; Zhang, Q. H.; Schlyter, F.; Birgersson, G. 1998: Volatiles from non host birch trees inhibit pheromone response in spruce bark beetles. *Naturwissenschaften*. 85, 557-561.
54. Carlsson, T. 1983: Estimating the number of spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) emerging through the same exit hole; a factor of importance for population estimates. Division of Forest Entomology. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
55. Cheraghian, A. 2013: Eight-toothed spruce bark beetle *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) Coleoptera: Scolytidae. A Guide for Diagnosis & Detection of Quarantine Pests. Islamic Republic of Iran. Ministry of Jihad-e-Agriculture Plant Protection Organization. Bureau of Plant Pest Surveillance and Pest Risk Analysis.
56. Chinellato, F.; Faccoli, M.; Marini, L.; Battisti, A. 2013: Distribution of Norway spruce bark and wood boring beetles along Alpine elevation gradients. *Agricultural and Forest Entomology*. 16(2), 111-118.

57. Christiansen, E. 1985a: *Ceratocystis polonica* inoculated in Norway spruce: Blue staining in relation to inoculum density, resinosis and tree growth. *European Journal of Forest Pathology*. 15, 160-167.
58. Christiansen, E. 1989: Bark beetles and air pollution. *Medd. Nisk.* 42(1), 101-107.
59. Christiansen, E. & Bakke, A. 1988: The spruce bark beetle of Eurasia. p. 479-503. In: *Dynamics of Forests Insect Populations. Patterns, Causes, Implications*. Edited by: Berryman A. A. Plenum Press. New York-London, p. 603.
60. Christiansen, E. & Horntvedt, R. 1983: Combined *Ips/Ceratocystis* attack on Norway spruce and defense mechanisms of the trees. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 96, 110-118.
61. Christiansen, E.; Waring, R. H. & Berryman, A. A. 1987: Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. *Forest Ecology and Management*. 22, 89-106.
62. Cleary, M. R.; Arhipova, N.; Morrison, D. J.; Thomsen, I. M.; Sturrock, R. N.; Vasaitis, R.; Gaitnieks, T.; Stenlid, J. 2013: Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management*. 290, 5-14.
63. Coeln, M.; Niu, Y.; Fuhrer, E. 1996: Temperature-related Development of Spruce Bark Beetles in Montane Forests Formations (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologica Generalis*. 21, 37-54.
64. Čavlović, J. 2010: Prva nacionalna inventura šuma Republike Hrvatske. Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva, suizdavač Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. 91-102.
65. Denno, R. F.; McClure, M. S. & Ott, J. R. 1995: Interspecific interactions in phytophagous insects: competition reexamined and resurrected. *Annual review of entomology*. 40, 297-331.
66. Dimitri, L.; Gebauer, U.; Lösekrug, R.; Vaupel, O. 1992: Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark-beetles. *Journal of Applied Entomology*. 114, 103-109.
67. Doležal, P.; Habuštova, O.; Sehnal, F. 2007: Effects of photoperiod and temperature on the rate of larval development, food conversion efficiency and imaginal diapause in *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*. 53, 849-857.
68. Doležal, P.; Husáková, J.; Sehnal, F. 2009: Effect of temperature on the termination of imaginal diapause in the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) hibernating under the

- bark or in the litter. p. 50-55. In: Kunca, A.; Zúbrik, M. (Eds.): Insects and Fungi in Storm Areas. Proceeding of the IUFRO WP: Methodology of forest insects and disease survey in Central Europe. Štrbské Pleso. Slovakia.
69. Doležal, P. & Sehnal, F. 2007: Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. Journal of Applied Entomology. 131(3), 165-173.
  70. Drumont, A.; Gonzales, R.; Windt, N.; Grégoire, J. C.; Proft, M.; Seutin, E. 1992: Semiochemicals and the integrated management of *Ips typographus* (L.) (Col. Scolytidae) in Belgium. Journal of Applied Entomology. 114, 333-337.
  71. Drvodelić, D.; Oršanić, M.; Roje, V.; Tepšić, M. 2014: Morfološke značajke klijanaca obične smreke (*Picea abies* L., H. Karst.) u različitim ph otopinama. Šumarski list. 7-8; 397-406.
  72. Dubbel, V. 1993: Überlebensrate von Fichtenborkenkäfern bei maschineller Entrindung. Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge. 48, 359-360.
  73. Dubbel, V.; Kerck, K.; Sohr, M.; Mangold, S. 2009: Influence of trap color on the efficiency of bark beetle pheromone traps. Journal of Applied Entomology. 99(1-5), 59-64.
  74. Duelli, P.; Studer, M.; Näf, W. 1986: Der Borkenkäfer flug außerhalb des Waldes. Journal of Applied Entomology. 102(2), 139-148.
  75. Duelli, P., Zahradnik, P.; Knižek, M.; Kalinova, B. 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. Journal of Applied Entomology. 121, 297-303.
  76. 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.
  77. Eidmann, H. 1992: Impact of bark beetles on forests and forestry in Sweden. Journal of Applied Entomology. 114, 193-200.
  78. Elliot, W. J.; Hromnak, G.; Fried, J. & Lanier, G. N. 1979: Synthesis of multistriatin enantiomers and their action on *Scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae). Journal of Chemical Ecology. 5, 279-287.
  79. Ericsson M.; Neuvonen, S.; Roininen, H. 2008: *Ips typographus* (L.) attack on patches of felled trees: „Wind-felled“ vs. cut trees and the risk of subsequent mortality. Forest Ecology and Management. 225, 1336-1341.

80. Eslamifar, S. 2011: Deadwood in piles or distributed: Does it make any difference to saproxylic beetles? Master Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Department for Ecology. p. 17.
81. Esseen, P. A. 1994: Tree mortality patterns after experimental fragmentation of an old-growth conifers forest. *Biological Conservation*. 68, 19-28.
82. FAO, 2010: Global Forest Resources Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163. FAO Rome.
83. Faccoli, M. 2002: Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Journal of Pest Science*. 75, 62-68.
84. Faccoli, M. 2009: Effect of Weather on *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae) Phenology, Voltinism and Associated Spruce Mortality in the Southeastern Alps. *Environmental Entomology*, 38(2), 307-316.
85. Faccoli, M. 2015: European bark and ambrosia beetles: types, characteristics and identification of mating systems. *WBA handbook*, 5. Verona. 1-160.
86. Faccoli, M. & Bernadinelli, I. 2011: Breeding performance of the second generation in some bivoltine populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae) in the south-eastern Alps. *Journal of Pest Science*. 84, 15-23.
87. Faccoli, M. & Bernardinelli, I. 2014. Composition and Elevation of Spruce Forests Affect Susceptibility to Bark Beetle Attacks: Implications for Forests Management. *Forests*. 5, 88-102.
88. Faccoli, M. & Buffo, E. 2004: Seasonal variability of sex ratio in *Ips typographus* (L.) pheromone traps in multivoltine population in the southern Alps. *Journal of Pest Science*. 77, 123-129.
89. Faccoli, M. & Stergulc, F. 2004: *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. *Journal of Applied Entomology*. 128, 307-311.
90. Faccoli, M. & Stergulc, F. 2006: A practical method for predicting the short-time trend of bivoltine populations of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 130, 61-66.
91. Faccoli, M. & Stergulc, F. 2008: Damage reduction and performance of mass trapping devices for forest protection against spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae, Scolytinae). *Annals of Forest Science*. 65, 309p1-309p9.

92. Foit, J. 2012: Felling date effects the occurrence of *Pityogenes chalcographus* on scots pine logging residues. *Agricultural and Forest Entomology*. 14(4), 383-388.
93. Fora, C. G.; Lauer, K. F.; Damianov, S. 2007: Research Regarding the Biology of the Pest *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) in the Nadrag – Padeș Area (Timiș County). *Research Journal of Agricultural Science*. 39 (1), 431-438.
94. Forrse, E. & Solbreck, S. 1985: Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 100, 47-57.
95. Franceschi, V. R.; Krekling, T.; Berymann, A. A. & Christiansen, E. 1998: Specialized phloem parenchyma cell in Norway spruce (Pinaceae) bark are an important site of defense reactions. *American Journal of Botany*. 85, 601-615.
96. Franceschi, V. R.; Krokene, P.; Christiansen, E.; Krekling, T. 2005: Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetle and other pests. *New Phytologist*. 167(2), 353-375.
97. Franceschi, V. R.; Krokene, P.; Krekling, T.; Berryman, A. A. & Christiansen, E. 2000: Phloem parenchyma cells are involved in local and distant defense responses to fungal inoculation or bark beetles attack in Norway spruce (Pinaceae). *American Journal of Botany*. 87, 314-326.
98. Francke, W. 1977: 2-ethyl-1,6-dioxapiro[4,4]nonane, principal aggregation pheromone of *Pityogenes chalcographus* (L.). *Naturwissenschaften*. 64, 590-591.
99. Franklin, A. J. & Grégoire, J. C. 1999: Flight behaviour of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in an environment without pheromones. *Annals of Forest Science*. 56, 591-598.
100. Furuta, K. 1989: A comparison of endemic and epidemic populations of the spruce beetle (*Ips typographus japonicus* Nijima) in Hokkaido. *Journal of Applied Entomology*. 107, 289-295.
101. Führer, E., 1981: Jahreszeitliche Qualitätsschwankungen des Fichtenbastes (*Picea excelsa* Link) als Brutsubstrat für den Borkenkäfer *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 91, 74-83.
102. Führer, E.; Hausmann, B.; Wiener, L. 1993: Brutaumdifferenzierung zwischen *Ips typographus* und *Pityogenes chalcographus* an Fichtenstämmen in ihrer Beziehung zu Monoterpenmustern. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*. 8, 491-495.

103. Galko, J.; Gubka, A.; Vakula, J.; Brutovský, D. 2010: Comparison of catches of the spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) (Coleoptera: Scolytidae) in pheromone traps of Canadian and European production. *Forestry Journal*. 56(4), 337-347.
104. Galko, J.; Vakula, J.; Gubka, A.; Rell, S.; Nikolov, C. 2012: Catches of the European spruce bark beetle to different types of pheromone traps in Tatranská Javorina – preliminary results 2012. 5<sup>th</sup> Windstorm Research, Proceedings from the Scientific International Seminar. Tatranská Lomnica. 23-24.11.2012. p. 27-28.
105. Glavaš, M. 1999: Gljivične bolesti šumskoga drveća. Sveučilišni udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Poglavlje: *Heterobasiodion annosum* (Fr.) Bref. – truležnica korijena. p. 227.
106. Gonthier, B.; Brun, F.; Lione, G. & Nicolotti, G. 2012: Modeling the incidence of *Heterobasidium annosum* butt rots and related economic losses in alpine mixed naturally regenerated forests or northern Italy. *Forest Pathology*. 42(1), 57-68.
107. 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 the storm felling. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 15, 542-549.
108. Goyer, R. A., Lenhard, G. J.; Strom, B. L. 2004: The influence of silhouette color and orientation on arrival and emergence of *Ips* pine engravers and their predators in loblolly pine. *Forest Ecology and Management*. 191, 147-155.
109. Grégoire, J. C. & Evans, H. F. 2004: Damage and control of BAWBILT organisms—an overview, p. 23, 24. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire J. C. & Evans, H. F. London, UK. Kluwer Academic Publisher, p. 569.
110. Grégoire, J. C., Raty, L.; Drumont A. & De Windt, N. 1997: Pheromone mass trapping: does it protect windfalls by *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). p. 1-8. In: *Proceedings: Integrating cultural tactics into the management of bark beetles and reforestation pests*. USDA Forest Service General Technical Report NE-236.
111. Greig, B. J. W. 1984: Management of East England pine plantations affected by *Heterobasidium annosum* root rot. *European Journal of Forest Pathology*. 14, 392-397.
112. Gries, G. 1985: Zur Frage der Dispersion des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). *Journal of Applied Entomology*. 99 (1-5), 12-20.
113. Grodzki, W. 1997: *Pityogenes chalcographus* – an indicator of man-made changes in Norway spruce stand. *Biologia (Bratislava)*. 52, 217-220.

114. Grodzki, W. & Kosibowicz, M. 2015: An attempt to use the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in forests protection against the bark beetle *Ips typographus* (L.) in the field. *Leśne Prace Badawcze/Forest Research Papers*. 76(1), 5-17.
115. Grodzki, W.; Starzyk, J.R.; Kosibowicz, M. 2014: Variability of selected traits of *Ips typographus* (L.) (Col.: Scolytinae) populations in Beskid Żywiecki (Western Carpathians, Poland) region affected by bark beetle outbreak. *Folia Forestalia Polonica*. 56(2), 79-92.
116. Grüne, S. 1979: *Hanbuch zur Bestimmung der europäischen Borkenkäfer. Brief Illustrated Key to European Bark Beetles*. Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg. p. 182
117. Gutowski, M. J. & Krzysztofiak, L. 2005: Directions and intensity of migration of the spruce bark beetle and accompanying species at the border between reserves and managed forests in north-eastern Poland. *Ecological Questions*. 6, 81-92.
118. Hagler, R. J. & Jackson, C. G. 2001: *Methods for Marking Insects: Current Technologies and Future Prospects*. *Annual Review of Entomology*. 46, 511-543.
119. Hansen, E. M.; Bentz, B. J. 2003: Comparison of reproductive capacity among univoltine, semivoltine, and re-emergence parent spruce beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Canadian Entomologist*. 135, 697-712.
120. Hansen, E. M.; Bentz, B. J.; Munson, S.; Vandygriff, J. C. & Turner, D. L. 2006: Evaluation of funnel traps for estimating tree mortality and associated population phase of spruce beetle in Utah. *Canadian Journal of Forest Research*. 36, 2574-2584.
121. Harding, S.; Lapis, Eb; Bejer, B. 1986: Observation on the activity and development of *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae) in stands of Norway spruce in Denmark. *Journal of Applied Entomology*. 102, 237-244.
122. Harding, S. & Ravn, H. 1985: Seasonal activity of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in Denmark. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 99(1-5), 123-131.
123. Hedgren, P. O., 2002: *Dead Wood Retention and the Risk of Bark Beetle Attack*. Swedish University of Agricultural Sciences. Doctoral thesis, p. 20.
124. Hedgren, P. O. 2004: The bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.) (Scolytidae) in living trees; reproductive success, tree mortality and interaction with *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*. 128, 161-166.
125. Hedgren, P. O. & Schroeder, L. M. 2004: Reproductive success of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and occurrence of associated species: a comparison between standing beetle-killed trees and cut trees. *Forest Ecology and management*. 203, 241-250.

126. Hedgren, P. O.; Schroeder, L. M.; Weslien, J. 2003: Tree killing by *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at stand edges with and without colonized felled spruce trees. *Agricultural and Forest Entomology*. 5, 67-74.
127. Hedgren, P. O.; Weslien, J.; Schroeder, L. M. 2003: Risk of attack by the bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.) on living trees close to colonized felled spruce trees. *Scandinavian Journal for Forest Research*. 18, 39-44.
128. Heidger, C. A. 1994: Die Ökologie und Binomie der Borkenkäfer-Antagonisten *Thansimus formicarius* L. (Cleridae) und *Scoloposcelis pulchella* (Anthocoridae): daten zur Beurteilung ihrer prädatorischen Kapazität und der Effekte beim Fang in Pheromonfallen. PhD thesis, Philipps-University Marburg.
129. Helland, I. S.; Andebrant, O. & Hoff, J. M. 1989: Modelling bark beetle flight: a review. *Holarctic Ecology*. 12, 427-431.
130. Hrašovec, B.; **Kasumović, L.**; Franjević, M. 2011: Prezimljavanje smrekovog pisara (*Ips typographus* L.) u smrekovim šumma sjevernog Velebita. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 32, 211-222.
131. Hudgins, J. W.; Krekling, T.; Franceschi, V. R. 2003b: Distribution of calcium oxalate crystals in the secondary phloem of conifers: a constitutive defense mechanism? *New Phytologist*. 159, 677-690.
132. Hulcr, J.; Pollet, M.; Ubik, K.; Vrkoč, J. 2005: Exploitation of kairomones and synomones by *Medetera* spp. (Diptera: Dolichopodidae), predators of spruce bark beetles. *European Journal of Entomology*. 102, 655-622.
133. Hulcr, J.; Ubik, K.; Vrkoč, 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.
134. Inouye, M. 1963: Details of bark beetle control in the storm-swept areas in the natural forest of Hokkaido, Japan. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 51, 160-164.
135. Isaia, G. & Paraschiv, M. 2011: Research concerning the effect of synthetic pheromones on *Pityogenes chalcographus* L. in Braşov county. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. 4(53), 55-60.
136. Isomäki, A. & Kallio, T. 1974: Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Acta Forestalia Fennica*. 136. 1-25.



137. Jactel, H. 1991: Dispersal and flight behaviour of *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Scolytidae) in pine forests. *Annals of Forests Science*. 48, 417-428.
138. Jactel, H. & Lieutier, F. 1987: Effects of attack density on fecundity of the Scots pine beetle *Ips sexdentatus* Boern (Col.: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 104, 190-204.
139. Jakuš, R. 1998: A method for the protection of the spruce stands against *Ips typographus* by the use of barriers of pheromone traps in north-east Slovakia. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 71, 152-158.
140. Jakuš, R. 1998: Patch level variation on bark beetle attack (Col., Scolytidae) on snapped and uprooted trees in Norway spruce primeval natural forest in endemic condition – effects of host and isolation. *Journal of Applied Entomology*. 122, 409-421.
141. Jakuš, R. 1998: Types of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forests stands affected by air pollution, bark beetle outbreak, and honey fungus (*Armillaria mellea*). *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 71(3), 41-49.
142. Jarošík, V. & Honěk, A. 2007: Sexual differences in insect development time in relation to sexual size dimorphism. p. 205-211. In: *Sex, size and gender roles*. Edited by: Fairbairn, D.; Blanckenhorn, W.; Szekely, T. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
143. Johnson, M. A. & Croteau, R. 1987: Biochemistry of Conifer Resistance to Bark Beetles and their Fungal Symbionts. *Ecology and Metabolism of Plant Lipids*. Edited by: G. Fuller, W. D. Nes. ACS Symposium Series N° 325. Washington DC: American Chemical Society.
144. Jonsell, M. 2008: Saproxylic beetles species in logging residues: which are they and which residues do they use? *Norwegian Journal of Entomology*. 55, 109-122.
145. Jonsell, M. & Hansson, J. 2011: Logs and stumps in clearcuts support similar saproxylic beetle diversity: implications for bioenergy harvest. *Silva Fennica*. 45(5), 1053-1064
146. Jonsell, M.; Weslien, J.; Ehnström, B. 1998: Substrate requirements of red listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation*. 7, 749-764.
147. Jönsson, A.; Appelberg, G.; Harding, S. & Bähring, 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.

148. Jönsson, A.; Harding, S.; Barring, L. & Ravn, H. 2007: Impact of climate change on the population dynamics of *Ips typographus* in southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*. 146(1-2), 70-81.
149. Jurc, M.; Perko, M.; Džeroski, S.; Demšar, D. & Hrašovec, B. 2006: Spruce bark beetles (*Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, Col: Scolytidae) in the Dinaric mountain forests of Slovenia: Monitoring and modeling. *Ecological Modeling*. 194, 219-226.
150. 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.
151. Kacprzyk, M. & Bednarz, B. 2015: The occurrence of bark beetle on cut Norway spruce branches left in managed stands relative to the foliage and bark area of the branch. *Journal of Forest Research*. 20, 143-150.
152. Kacprzyk, M. & Bednarz, B. 2015: The Possibilities of Six-toothed Bark Beetle (*Pityogenes chalcographus* L.) (Coleoptera, Scolytinae) Sex Identification Based on Adults' Biometric Characteristic. *Journal of Entomological Research*. 17(1), 71-82.
153. **Kasumović, L.**; Hrašovec, B.; Jazbec, A. 2016: Učinkovitost suhих i mokrih naletno barijernih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki u lovu smrekovih potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L./Efficiency of dry and wet flight barrier Theysohn<sup>®</sup> pheromone traps in catching the spruce bark beetle beetles *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L., Šumarski list, u tisku.
154. Kausrud, K.; Okland, B.; Skarpass, O.; Grégoire, 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.
155. Kautz, M.; Dworschak, K.; Gruppe A.; Schopf, R. 2011: Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestation in epidemic and non-epidemic conditions. *Forest Ecology and Management*. 262, 598-608.
156. Kautz, M.; Schopf, R.; Obser, J. 2013: The „sun effect“: microclimatic alterations predispose forest edges to bark beetle infestations. *European Journal of Forest Research*. 132, 453-465.
157. Kenis, M.; Wermelinger, B.; Grégoire, J. C. 2004: Research on parasitoids and predators of Scolytidae in living trees in Europe-a review, p. 237-290. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire J. C. & Evans, H. F. London, UK. Kluwer Academic Publisher, p. 569.

158. Kinzer, G. W.; Fentiman, Jr.; Page, A. F.; Foltz, R. L.; Vité, J. P. & Pitman, G. B. 1969: Bark beetle attractants: identification, synthesis and field bioassay of a new compound isolated from *Dendroctonus*. *Nature*. 211, 475-476.
159. Kirkendall, L. R. 1983: The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 77, 293-352.
160. Klauser, O. 1954: Ein Beitrag zur Kenntnis des Kupferstechers *Pityogenes chalcographus* L., p. 285-299. In: Die Grosse Borkenkäferkalmität in Südwestdeutschland 1944-1951. Edited by: Wellenstein, G. Forstschutzstelle Südwest, Ringingen.
161. Klimetzek, D. & Vite, J.P. 1989: Tierische Schaedlinge. Schmit – Vogt, H.: Die Fichte. II/2: 40-482.
162. Kolk, A. & Starzyk, J. R. 1996: The Atlas of Forests Insects Pests (Atlas szkodliwych owadów lesnych). Polish Research Forests Institute. Multico Warszawa, p. 705.
163. Komonen, A.; Schroeder, L. M. & Weslein, J. 2011: *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology*. 135, 132-141.
164. Korhonen, K.; Delatour, C.; Greig, B. J. W. & Schönhar, S. 1998: Silvicultural control. pp. 283-313. In: *Heterobasiodion annosum*: Biology, ecology, impact and control. Edited by Woodward, S.; Stendlin, J.; Kajalainen, R. & Hüttermann, A. CAB International, Wallington, Oxon, UK.
165. Košťal, V.; Doležal, P.; Rozsypal, J.; Moravcova, M.; Zahradníčková, H.; Šimek, P. 2011: Physiological and biochemical analysis of overwintering and cold tolerance in the two Central European populations of the spruce bark beetle, *Ips typographus*. *Journal of Insect Physiology*. 57, 1136-1146.
166. Košťal, V.; Zahradníčková, P.; Šimek, P.; Zelený, J. 2007: Multiple component system of sugars and polyols in the overwintering spruce bark beetle, *Ips typographus*. *Journal of Insect Physiology*. 53, 580-586.
168. Kretschmer K. 1990: The effect of carrion smell on the catching – efficiency of spruce bark beetle traps. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 63, 46-48.
167. Kreutz, J.; Vaupel, O.; Zimmermann, G. 2004: Efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against spruce bark beetle, *Ips typographus* L. in the laboratory under various conditions. *Journal of Applied Entomology*. 128 (6): 384-389.

168. Krieger, Ch. 1998: An overview of bark beetle control methodologies. *Manage Notes*. 17, 1-8.
169. Kritsch, P. 2005: Geschwisterbruten beim Buchdrucker, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). Diploma Thesis. University of Natural Resources and Applied Life Sciences. Vienna, p.72.
170. Krokene, P. 1996: The role of blue-stain fungi in tree-killing by bark beetles. Doctor scientiarum thesis. Norsk institut for bioøkonomi. University Oslo. p. 142.
171. Krokene, P. 2015: Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles, p.181. In: *Bark beetles – biology and ecology of native and invasive species*. Edited by: Vega, F. E. & Hofstetter, R. W. Elsevier. United Kingdom, p. 613.
172. Krokene, P. & Solheim, H. 1996: Fungal associates of five bark beetle species colonizing Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*. 26, 2115-2122.
173. Lange, H.; Økland, B. & Krokene, P. 2006: Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetles under climate change. *International Journal of Complex Systems in Science*. 1648, 1-10.
174. Långström, B. 1983a: Life cycles and shoot feeding of the pine shoot beetles. *Studia Forestalia Suecica*. 163, 1-29.
175. Långström, B. & Hellqvist, C.; Ericsson A. & Gerf, D. 1992: Induced defense reaction in Scot pine following stem attacks by *Tomicus piniperda* L. *Ecography*. 15, 318-327.
176. Långström, B.; Lindelöw, Å; Schroeder, L. M.; Björklund, N. & Öhrn, P. 2009: The spruce bark beetle outbreak in Sweden following the January-storms in 2005. and 2007, p. 13-19. In: *Insects and Fungi in Storm Areas*. Edited by: Kunca, A. Z. Proceedings of the IUFRO Working Party 7.03.10 Methodology of Forests Insects and Disease Survey in Central Europe from the workshop.
177. Lekanden, B.; Bejer-Peterson, B.; Kangas, E.; Bakke, A.: 1977: The distribution of bark beetles in the Nordic countries. *Acta Entomologica Fennica*. 32, 1-36.
178. Lidhe, A. & Lindelöw, Å. 2004: Cut high stumps of spruce, birch, aspen and oak as breeding substrate for saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management*. 203, 1-20.
179. Lieutier, F. 1992: Les réactions de défense des conifères et stratégies d'attaques de quelques Scolytides européens. *Mémoires de la Société Royal Belge d'Entomologie*. 35, 529-539.
180. Lieutier, F. 1993: Induced defense reaction of conifers to bark beetle and their associated *Ophiostoma* species. In *Ceratocystis and Ophiostoma*. Taxonomy, Ecology, and Pathogenicity. M. J. Wingfield, K. A. Seifert, J. F. Weber (Eds.). Saint Paul: APS Pr.

181. Lieutier, F.; Garcia, J.; Romary, P. & Yart, A. 1995: Wound reaction of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to attacks by *Tomicus piniperda* L. and *Ips sexdentatus* Beorn. (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 119, 591-600.
182. Lindbladh, M. & Abrahamsson, M. 2008: Beetle diversity in high stumps from Norway spruce thinning. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 23, 339-347.
183. Lindbladh, M.; Abrahamsson, M.; Seedre, M.; Jonsell, M. 2007: Saproxylic beetles in artificially created high stumps of spruce and birch within and outside hotspot areas. *Biodiversity and Conservation*. 16, 3213-3226.
184. Lindelöw, Å & Schroeder, L. M. 2001: Spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) in Sweden: monitoring and risk assessment. *Journal of Forest Science*. 47, 40-42.
185. Lindelöw, Å. & Weslien, J. 1986: Sex-specific emergence of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) and flight behaviour in response to pheromone sources following hibernation. *Canadian Entomologist*. 118, 59-67.
186. Lobinger, G. 1994: Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Fichtenborkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anzeiger für Schädlingskunde*. 67(1), 14-17.
187. Lobinger, G. 1996: Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) in Southern Bavaria. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 69, 51-53.
188. Logan, J. A.; Régnière, J. & Powell, J. A. 2003: Assessing the impacts of global warming on forest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 1, 130-137.
189. Lombandero, M. J.; Ayres, M. P.; Ayres, B. D.; Reeve, J. D. 2000: Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*. 29, 421-432.
190. Löyttyniemi, K.; Heliovara, K. & Repo, S. 1988: No evidence of population pheromone in *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae): a field experiment. *Annales Entomologici Fennici*. 54, 93-95.
191. Lukášová, K. & Holuša, J. 2015: Comparison of pathogens infection level in *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae) beetles sampled in pheromone traps and at place of overwintering. *Acta Parasitologica*. 60(3), 462-465.
192. Maceljiski, M.; Uščuplić, M.; Cvjetković, B.; Krnjajić, Đ., 1983: Integralna zaštita. Jugoslovensko savjetovanje o primjeni pesticida. Zbornik radova. Neum, 677-712.
193. Martin, A.; Etxebeste, I.; Perez, G.; Alvarez, G.; Sánchez, E. & Pajares, J. 2013: Modified pheromone traps help reduce bycatch of bark-beetle natural enemies.

- Agricultural and Forest Entomology. 15, 86-97.
194. Martinek, V. 1956: Beitrag zur Erklärung des Problems Geschwisterbrut beim Fichtenborkenkäfer *Ips typographus* L. Sammlung der CSSR Akadem. – Landwirtsch. Wissenschaften. Lesninctvi. 29, 615-644.
195. Martinek, V. 1957: Zur frage der sogenannten Geschwisterbrut beim Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus* L.) in Gebirgs – und Hügellgebieten. Sammlung der CSSR Akadem. – Landwirtsch. Wissenschaften. Lesninctvi. 3, 721-722.
196. Matić, J.; Skenderović J. 1992: Uzgajanje šuma. Ur. Rauš., Đ., Šume u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP „Hrvatske šume“ p.o. Zagreb, str. 105-108.
197. Mayyasi, A. M.; Coulson, R. N.; Foltz, J. L.; Hain, F. P. & Martin, W. C. 1976: Functional description of with-tree larval and progeny adult populations of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). Canadian Entomologist. 108, 363-372.
198. Mezei, P.; Jakuš, R.; Blaženec, M.; Belánová, S.; Šmídt, J. 2011: Population dynamics of spruce bark beetle in nature reserve in relation to stand edges conditions. Folia Oecologica. 38(1), 73-79.
199. Mezei, P.; Jakuš, R.; Blaženec, M.; Belánová, S.; Šmídt, J. 2012: The relationship between potential solar radiation and spruce bark beetle catches in pheromone traps. Annales of Forest Research. 55(2), 243-252.
200. Mihajlović, Lj. 2008: Suzbijanje sipaca, p. 467; Feromonske klopke p. 468. In: Šumarska entomologija. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet. Sveučilišni udžbenik. p. 877.
201. Mills, N. J. 1986: A preliminary analysis of the dynamics of within tree population of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). Journal of Applied Entomology. 102, 402-416.
202. Montano V.; Bertheau, C.; Doležal, P.; Krumböck, S.; Okrouhlík, J.; Stauffer, C., Moodley, Y. 2016; How different management strategies affect *Ips typographus* L. dispersal. Forest Ecology and Management. 360, 195-204.
203. Moser, C. J.; Konrad, H.; Blomquist, S. R.; Kirisits, T. 2010: Do mites phoretic on elm bark beetles contribute to the transmission of Dutch elm disease? Naturwissenschaften. 97 (2), 219-227.
204. Mulock, P. & Christiansen, E. 1986: The threshold of successful attack by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment. Forest Ecology and Management. 14, 125-132.

205. Müller, M. M.; Heinonen, J.; Korhonen, K. 2007: Occurrence of *Heterobasiodion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *Forest Pathology*. 37, 374-386.
206. Müllick, D.B. 1977: The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding, insect, and pathogen attack. *Recent advances in phytochemistry*. 11, 359-441
207. Němec, V.; Zumr, V.; Stary, P. 1993: Studies on the nutritional state and the response to aggregation pheromones in the bark beetle, *Ips typographus* (L.), (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 116, 358-363.
208. Netherer, S. 2003: Modelling of bark beetle development and of site- and stand-related predisposition of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) – a contribution to risk assessment. Phd thesis. University of Natural Resources and Applied Life Sciences. Vienna. p. 98.
209. Netherer, S.; Gasser, G.; Schopf, A. & Stauffer, C. 2001: Untersuchungen über die Bereitschaft Geschwisterbrutanlage des Buchdruckers *Ips typographus* (Coloptera, Scolytidae) aus verschiedenen Höhenstufen/Variability in the establishment of sister broods by *Ips typographus* (Coloptera, Scolytidae) from sites of different elevation. *Centralblatt für gesamte Forstwesen/Austrian Journal of Forest Science*. 118(4), 163-174.
210. Netherer, S. & Pernerstorfer, J. 2001: Parameters relevant for modelling the potential development of *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Integrated Pest Management Reviews*. 6, 177-184.
211. Nicolotti, G. & Gonthier, P. 2005: Stump treatment against *Heterobasiodion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea* stands in the western Alps. *Forest Pathology*. 35(5), 365-374.
212. Nillsen, A. C. 1978: Development of bark fauna in plantation of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in north Norway. *Astarta*. 11, 151-169.
213. Nordenhem, H. 2009: Age, sexual development, and seasonal occurrence of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Journal of Applied Entomology*. 108 (1-5), 260-270.
214. Nourteva, M. & Laine, L. 1968: Über die möglichkeiten der insekten las überträger des Wurzelschwamms (*Fomes annosus*) Fr. (Cke.)/ On possibilities of pests as vectors of root rot (*Fomes annosus*) Fr. (Cke.). *Annales Entomologici Fennici*. 34, 113-135.
215. Ols, C.; Victorsson, J.; Jonsell, M. 2013: Saproxylic insect fauna in stumps on wet and dry soil: Implications for stump harvest. *Forest Ecology and Management*. 290, 15-21.

216. Oršanić, M., 2001: Strukturne osobine i dinamika šumskih sastojina obične smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na sjevernom Velebitu. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, p. 150.
217. Öhrn, P. 2012: The spruce bark beetle *Ips typographus* in a changing climate – effects of weather conditions on the biology of *Ips typographus*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology. Master thesis. p. 27.
218. Örlander, G. & Nilsson, U. 1999: Effects of Reforestation Methods on Pine Weevil (*Hylobius abietis*) – Damage and Seedling Survival. Scandinavian Journal of Forests Research. 14(4), 341-354.
219. Paine, T. D.; Raffa, K. F.; Harrington, T. C. 1997: Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. Annual Review of Entomology. 42, 179-206.
220. Pan, Y.; Birsdey, R. A.; Philips, O. L.; Jackson, R. B. 2013: The structure, distribution, and biomass of the world's forests. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 44, 593-62.
221. Paynter, E.; Andebrant, O. & Schlyter, F. 1990: Behavior of Male and Female Spruce Bark Beetles *Ips typographus* on the Bark of Host Trees During Mass Attack. Journal of Insect Behavior. 3(4), 529-543.
222. Peltonen, M. 1999: Windthrow and dead-standing trees as bark breeding material at forest-clearcut edge. Scandinavian Journal for Forest Research. 14, 505-511.
223. Pernek, M. 2000: Feromonske klopke u integralnoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka. Rad Šumarskog instituta. Jastrebarsko. 35(2): 89-100.
224. Pernek, M. 2002: Analiza biološke učinkovitosti feromonskih pripravaka i tipova klopki namijenjenih lovu potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). Rad Šumarskog instituta. Jastrebarsko. 37(1), 61-83.
225. Pernek, M. 2007: Utjecaj entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* na mortalitet jelovih potkornjaka *Pityokteines spinidens* i *Pityokteines curvidens*. Rad šumarskog instituta. Jastrebarsko. 42 (2): 143-153.
226. Pernek, M.; Dimitros, N. A.; Hrašovec, B.; Diminić, D.; Wegensteiner, R.; Stauffer, C.; Cognato, A.I. 2008: Novel morphological and genetic markers for the determination of three European *Pityokteines* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) species. Periodicum Biologorum. 110, 329-334.
227. Pernek, M.; Hrašovec, B.; Župančić, M. 2001: Analiza prostornog odaziva označenih jedinki smrekinog pisara (*Ips typographus* L.) na izvor sintetičkog agregacijskog



- feromona. Rad šumarskog instituta. Jastrebarsko. 36(2): 127-137.
228. Pernek, M. & Lacković, N. 2011: Uloga jelovih krivozubih potkornjaka u sušenje jele i mogućnosti primjene feromonskih klopki za njihov monitoring. Šumarski list, posebno izdanje, 114-121.
229. Pernek, M.; Matošević, D.; Hrašovec, B. 2006: Istraživanje feromona i klopki za prognozu jelovog potkornjaka *Pityokteines curvidens* German (Coleoptera: Scolytidae). Rad šumarskog instituta. Jastrebarsko, posebno izdanje (9), 213-222.
230. Persson, L.G. 1981: Barkborrnarnas förekomst i energiesortiment. Specialarbeten 15. Norra Skogsinstitutet. Swedish University of Agricultural Sciences, 1-19.
231. Persson, Y.; Ihrmark, K.; Stedlin, J. 2011: Do bark beetles facilitate the establishment of rot fungi in Norway spruce? Fungal Ecology. 4, 262-269.
232. Persson, Y.; Vasaitis, R.; Långström, B.; Öhrn, P.; Ihrmark, K.; Stenlid, J. 2009: Fungi Vectored by the Bark Beetle *Ips typographus* Following Hibernation Under the Bark of Standing Trees and in the Forest Litter. Fungal Microbiology. 58, 651-659.
233. Pfeffer, A. 1995: Zentral – und westpaläarktische Borken – und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologia, c/o Naturhistorisches Museum Basel, p. 310.
234. Piri, T. & Valkonen, S. 2013: Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. Canadian Journal of Forest Research. 43, 872-877.
235. Poolak, L. 1975: Overwintering of spruce bark beetle (*Ips* spp.). Metsanduslikud Urimused. 12, 315-325.
236. Pope, D. N.; Coulson, R. N.; Fargo, W. S.; Gagne, J. A. & Kelly, C. W. 1980: The allocation process and between-tree survival probabilities in *Dendroctonus frontalis* infestation. Researches on population Ecology. 22, 197-210.
237. Postner, M. 1974: Scoloytidae (=Ipidae), Borkenkäfer. In: Die Forstschädlinge Europas. Edited by: Schwenke, W., Payer, Berlin. Band 2, pp. 334-482.
238. Poutu, A. & Anilla, E. 2010: Kirjanpainajalla kaksi sukupolvea kesällä. Metsätieteen aikakauskirja. 4, 521-523.
239. Raffa, K. F.; Aukema, B. H.; Bentz, B. J.; Carroll, A. L.; Hicke, J. A.; Turner, M. G.; Romme W.H. 2008: Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. Bioscience. 58 (6): 501-517.

240. Raty, L.; Drumont, A.; Windt, N.; Grégoire, J. C. 1995: Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? *Forest Ecology and Management*. 78, 191-205.
241. Ravn, H. P. 1985: Expansion of the populations of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) and their local dispersal following gale disaster in Denmark. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 99, 26-33.
242. Redfern, D. B. & Stenlid, J. 1998: Spore dispersal and infection. p. 105-124. In: *Heterobasiodion annosum: Biology, ecology, impact and control*. Edited by: Woodward, S.; Stenlid, J.; Kajalainen, R. & Hüttermann, A. CAB International, Wallington, Oxon, UK, p. 589.
243. Rosner, S. & Führer, E. 2002: The significance of lenticels for successful *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae) invasion of Norway spruce trees [*Picea abies* (Pinaceae)]. *Trees*. 16, 497-503.
244. Ross, D. W. & Daterman, G. E. 1995: Response of *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae) and *Thanasimus undatulus* (Coleoptera: Cleridae) to traps with different semiochemicals. *Journal of Economic Entomology*. 88, 106-111.
245. Ross, D. W. & Daterman, G. E. 1997: Using pheromone-baited traps to control the amount and distribution of tree mortality during outbreaks of the Douglas-fir beetle. *Forest Science*. 43, 65-70.
246. Ross, D. W. & Datermann, G. E. 1998: Pheromone baited traps for *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae): influence of selected release rates and trap designs. *Journal of Economic Entomology*. 91, 500-506.
247. Rubner, K. 1932: Das ursprüngliche Areal der Fichte in Europa. *Beihefte Botanischen Centralblatt*. 49, 396-407.
248. Safranyik, L.; Linton, D. A.; Silversides, R.; McMullen, L. H. 1992: Dispersal of released mountain pine beetles under the canopy of a mature longpole pine stand. *Journal of Applied Entomology*. 113, 441-450.
249. Salom, S. M. & McLean, J. A. 1989: Influence of wind on the spring flight of *Trypodendron lineatum* in second growth coniferous forests. *Canadian Entomologist*. 121, 109-120.
250. Samuelsson, J.; Gustafsson, L.; Ingelög, T. 1994: Dying and dead Trees-a review of their importance for biodiversity. Swedish Threatened Species Unit, Uppsala.

251. Sauvard, D. 1989: Capacités de multiplication de *Tomicus piniperda* L. (Coleoptera: Scolytidae). Effets de la densité d'attaque. *Journal of Applied Entomology*. 108, 164-181.
252. Sauvard, D. 2004: General biology of bark beetles., p. 64., 77. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Edited by: Lieutier, F.; Day, R.; Battisti, A.; Grégoire, J. C. & Evans, H. F. London, UK, Kluwer Academic Publisher, p. 569.
253. Schlyter, F. & Andebrant, O. 1989: Mass attack of trees by *Ips typographus* induced by sex-specific pheromone: a model of attack dynamics. *Holarctic Ecology*. 12, 415-426.
254. Schlyter, F.; Birgersson, G.; Byers, J. A.; Bakke, A. 1992: The aggregation pheromone of *Ips duplicatus* and its role in competitive interactions with *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Chemoecology*. 3, 103-112.
255. Schlyter, F. & Cederholm, I. 1981: Separation of the sexes of living spruce bark beetles, *Ips typographus* (L.), (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 92(1), 1-112.
256. Schlyter, F.; Löfqvist, J.; Byers, J. A. 1987: Behavioural sequence in the attraction of the bark beetle *Ips typographus* to the pheromone sources. *Physiological Entomology*. 12, 185-196.
257. Schlyter, F. & Zhang, Q.-H. 1995: Testing avian polygyny hypotheses in insects: harem size distribution and female egg gallery spacing in *Ips* bark beetles. *Oikos*. 76, 57-69.
258. Schlyter, F.; Zhang, Q.-H.; Liu, G.-T; Ji, L.-Z. 2001: A successful case of pheromone mass trapping of the bark beetle *Ips duplicatus* in a forest island, analysed by 20-year time-series data. *Integrated Pest Management Reviews*. 6, 185-196.
259. Schlyter, P.; Andebrant, O.; Harding, S.; Ravn, H. 1984: Offspring per emergence hole at different attack densities in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 97, 244-248.
260. Schmid, J. M. 1977: Guidelines for minimizing spruce bark beetle populations in logging residues. Fort Collins (CO): USDA For. Serv. Res. Pap. RM – 185, 8 p. Rocky Mt. For. and Range Exp. Stn., Fort Collins, Colo. 80521.
261. Schopf, A. 1985: Zum Einfluss der Photoperiode auf die Entwicklung und Kältresistenz des Buchdruckers, *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). *Anz. Schädlingskde, Pflanzensch, Umweltsch*. 58, 73-75.

262. Schopf, A. 1989: Die Wirkung der Photoperiode auf die Induktion der Imaginaldiapause von *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomologie*. 107, 275-288.
263. Schroeder, L. M. 1990: Duct resin flow in Scot pine to the attack of the bark beetle *Tomicus piniperda* L. (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 109, 105-112.
264. Schroeder, L. M. 2001: Tree mortality by the bark beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. *Integrated Pest Management Reviews*. 6, 169-175.
265. Schroeder, L. M. 2013: Monitoring of *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus*: influence of trapping site and surrounding landscape on catches. *Agricultural and Forest Entomology*. 15, 113-119.
266. Schroeder, L. M. & Lindelöw, Å. 2002: Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees. *Agricultural and Forest Entomology*. 4, 47-56.
267. Schroeder, L. M.; Weslien, J.; Lindelöw, Å, Lidhe, 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, 21-30.
268. Schwerdtfeger, E. 1929: Ein Beitrag zur Fortpflanzungsbiologie des Borkenkäfers *Pityogenes chalcographus* L. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 15, 335-427.
269. Sierota, Z., 2013: *Heterobasidion* root rot in forests of former agricultural land in Poland: Scale of treat and prevention. *Scientific Research and Essays*. 8(47), 2298-2305.
270. Silverstein, R. M.; Brownlee, R. G.; Bellas, T. E.; Wood, D. L., & Browne, L. E. 1968: Brevicommin: principal sex attractant in the frass of the female western pine beetle. *Science*. 159, 889-891.
271. Sinclair, W. A. 1964: Root- and Butt-Rot of Conifers by *Fomes annosus*, with Special Reference to Inoculum Dispersal and Control of the Disease in New York. Mem. Cornell University of Agriculture Experimental Station. pp. 54.
272. Sittichaya, W. 2005: Untersuchungen über das Geschwisterbrutverhalten des Kupferstechers, *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Forstentomologie, Forstpatologie und Forstschutz. Diploma thesis.

273. Skogsstyrelsen, 2009: Stubskörd – kunskapssammanställning och Skogsstyrelsens rekommendationer. Meddelande 4-2009. Swedish Forestry Agency. Jönköping (in Sweden).
274. Skrzecz, I. 1996: Impact of *Phlebia gigantea* (Fr.) Donk on the colonization of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stumps by the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.). *Folia Forestalia Polonica*. 38, 89-101.
275. Solla, A. & Gil, L. 2003: Evaluating *Verticillium dahliae* for biological control of *Ophiostoma novo-ulmi* in *Ulmus minor*. *Plant Pathology*. 52 (5), 579-585.
276. Starzyk, J.R., Graboń, K.; Hałdaś, E. 2000: Cambio- and xylophagus insects in spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands of the Upper San River Valley in the Bieszczady Mountain National Park (Eastern Carpathians). *Scientific papers of the Agricultural University of Cracow. Forestry*. 29, 57-73.
277. Stauffer, C.; Lakatos, F.; Hewitt, G. M. 1999: Phylogeography and postglacial colonization routes of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae). *Molecular Ecology*, 8(5), 763-773.
278. Steinwender, B. M.; Krenn, H. W. & Wegensteiner R. 2010: Different effects of the insectpathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota) on the bark beetle *Ips sexdentatus* (Coleoptera: Curculionidae) and on its predator *Thanasimus formicarius* (Coleoptera: Cleridae). *Journal of Plant Diseases and Protection*. 117(1), 33-38.
279. Stenlid, J. 1987: Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forests Research*. 2, 187-198.
280. Storer, A. J. & Speight, M. R. 1996: Relationships between *Dendroctonus micans* Kug. (Coleoptera: Scolytidae) survival and development and biochemical changes in Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst., phloem caused by mechanical wounding. *Journal for Chemical Ecology*. 22, 559-573.
281. Strom, B. L.; Goyer, R. A.; Shea, P. J. 2001: Visual and olfactory disruption of orientation by the western pine beetle to attractant-baited traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 100, 63-67.
282. Svensson, L. 2007: Övervakning av insektangrepp. Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag. Meddelande 1-2007. skogsstyrelsens förlag, Jönköping, pp 143.
283. Thalenhorst, W. 1958: Grundzüge der Populationsdynamik des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. Frankfurt: Schrift. Forstl. Fal., Univ. Göttingen, Band 21.

284. Thor, M. 2005: *Heterobasidion* Root Rot in Norway Spruce. Modelling Incidence, Control Efficacy and Economic Consequences in Swedish Forestry. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. pp. 49.
285. Vakula, J.; Sitkova, Z., Galko, J.; Gubka, A.; Zubrik, M.; Kunca, A.; Rell, S. 2014: Impact of irrigation on the gallery parameters of spruce bark beetle (*Ips typographus* L., Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Lesnický časopis – Forestry Journal*. 60, 60-66.
286. Victorsson, J. & Jonsell, M. 2013: Ecological traps and habitat loss, stump extraction and its effects on saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management*. 290, 22-29.
287. Vukelić, J. & Rauš, Đ. 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb, sveučilišni udžbenik, 310 str.
288. Wagner, T. L.; Feldman, R. M.; Gagne, J. A.; Cover, J. D.; Coulson, R. N. & Schoolfield, R. M. 1981b: Factors affecting gallery construction, oviposition, and reemergence of *Dendroctonus frontalis* in the laboratory. *Annals of the Entomological Society of America*. 74, 255-273.
289. Weber, T. 1987: Can bark beetles be controlled efficiently by applications of pheromone traps? *Allgemeine Forstzeitschrift*. 42, 87-89.
290. Wegenstener, R. 1992: Untersuchungen zur Wirkung von *Beauveria bassiana* Arten auf *Ips typographus* (Col., Scolytidae). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*. 8, 104-106.
291. Wermelinger, B. 2002: Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*. 126, 521-527.
292. Wermelinger, B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*. 202, 67-82.
293. Wermelinger, B.; Duelli, P. & Obrist, M. K. 2002: Dynamics of saproxylic beetles (Coleoptera) in windthrown areas in alpine spruce forests. *Forests, Snow and Landscape research*. 77 (1/2), 133-148.
294. Wermelinger, B.; Epper, C.; Kenis, M.; Ghosh, S. & Holdenrieder, O. 2012: Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. *Journal of Applied Entomology*. 136(3), 212-224.
295. Wermelinger, B. & Seifert, M. 1998: Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 122, 185-191.

296. Wermelinger, B. & Seifert, M. 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and analysis of the potential population growth. *Ecological Entomology*. 24, 103-110.
297. Weslien, J. 1992: Monitoring *Ips typographus* (L.) populations and forecasting damage. *Journal of Applied Entomology*. 114, 338-340.
298. Weslien, J. 1992: The arthropod complex associated with *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae): species composition, phenology, and impact on bark beetle productivity. *Entomologica Fennica*. 3, 205-213.
299. Weslien, J. 1994: Interactions within and between species at different densities of the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 71, 133-143.
300. Weslien, J.; Annala, E.; Bakke, A.; Bejer, B.; Eidmann, H. H.; Narvestad, K.; Nikula, A. & Ravn, H. P. 1989: Estimating Risk for Spruce Bark Beetle (*Ips typographus* L.) Damage Using Pheromone-baited Traps and Trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 4, 87-98.
301. Weslien, J. & Lindelöw, Å. 1989: Trapping a local population of spruce bark beetle *Ips typographus* (L.): population-size and origin of trapped beetles. *Holarctic Ecology*. 12, 511-514.
302. Weslien, J. & Lindelöw, Å. 1990: Recapture of marked bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. *Canadian Journal of Forest Research*. 20, 1786-1790.
303. Weslien, J. & Regnander, J. 1990: Colonization densities and offspring production in the bark beetle *Ips typographus* L. in standing spruce trees. *Journal of Applied Entomology*. 109, 358-366.
304. Weslien, J. & Schroeder, L. M. 1999: Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged stands. *Forest Ecology and Management*. 115, 267-275.
305. Wichmann, H.E. 1967: Die Wirkungsbreite des Ausstoßreflexes bei Borkenkäfer. *Journal of Pest Science*. 40, 184-187.
306. Wild, M. 1953: Die Entwicklung des grossen Fichtenborkenkäfer *Ips typographus* L. im Hochschwarzwald (1000-1200 m.ü.M.) und ihre Abhängigkeit vom Klima 1947-1950. *Berichte des Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg*. pp. 121-176.

307. Wood, D. 1982: The role of pheromones, allomones and kairomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annual Review of Entomology*. 27, 333-342.
308. Woodward, S.; Stenlid, J.; Kajalainen, R. & Hüttermann, A. 1998: *Heterobasiodion annosum*: Biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallington, Oxon, UK, pp. 589.
309. Yde-Andersen, A. 1962: Seasonal incidence of stump infection in Norway spruce by airborne *Fomes annosus* spores. *Forest Science*. 8(2), 98-103.
310. Ząbecki, W. . & Kacprzyk, M. 2007: A potentiality of using spruce branches in the forest after incidental cutting to attract *Pityogenes chalcographus* (L.). *Beskydy*. 20, 185-192.
311. Zahradníková, M. 2014: Attempt of define morphological parameters enabling sex determination of *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using PCA and CLU. *Journal of Forest Science*. 10, 401-405.
312. Zeniauskas, R. & Gedminas, A. 2010: Insects Infesting Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) Branches in Clear-cuts and Adjacent Stands. *Baltic Forestry*. 16(1), 93-101.
313. Zhang, Q. H.; Byers, J. A.; Schlyter, F. 1992: Optimal attack density in the larch bark beetle, *Ips cembrae* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 29, 672-678.
314. Zhang, Q. H.; Jakuš, R.; Schlyter, F.; Birgersson, G. 2003: Can *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Scolytidae) smell the carion odours of the dead beetles in pheromone traps? Electrophysiological analysis. *Journal of Applied Entomology*. 127, 185-188.
315. Zhang, Q. H.; Schlyter, F.; Anderson, P. 1999: Green leaf volatiles interrupt pheromone response of spruce bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology*. 25, 2847-2861.
316. Zolubas, P. & Byers, J. A. 1995: Recapture of dispersing bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) in pheromone baited traps: regression models. *Journal of Applied Entomology*. 119, 285-289.
317. Zúbrik, M.; Raši, R.; Vakula, J.; Varínsky, J.; Nikolov, C.; Novotný, J. 2008: Bark beetle (*Ips typographus* L., *Pityogenes chalcographus* L., Col.: Scolytidae) pheromone traps spatial distribution optimisation in central Slovakian mountains. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*. 54(3), 235-248.



318. Zumr, V. 1982b: Hibernation of spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) in soil litter in natural and cultivated *Picea* stands. Acta Entomologica Bohemoslovaca. 79, 161-166.
319. Zumr, V. 1985: Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a ochrana proti němu. [Biology and ecology of spruce bark beetle and its control]. Academia, Nakladatelství ČSAV, Prague, p. 127.
320. Zumr, V. 1992: Attractiveness of Introduced Conifers to Xylophagous Beetles and Their Acceptance. Journal of Applied Entomology. 113, 233-238.
321. Zumr, V. 1992: Dispersal of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col. Scolytidae) in spruce woods. Journal of Applied Entomology. 114 (1-5), 348-352.
322. Zumr, V. & Soldán, T. 1981: Reproductive cycles of *Ips typographus*, *I. amitinus* and *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera: Scolytidae). Acta Entomologica Bohemoslovaca. 78, 280-289.

\*

1. Program gospodarenja za g.j. Štirovača (2009.– 2018.). Odjel za uređivanje šuma UŠP Gospić.
2. Program gospodarenja za g.j. Žitnik (2007.–2016.). Odjel za uređivanje šuma UŠP Gospić.
3. Šumskogospodarska osnova područja (2006. – 2015.). Hrvatske šume d.o.o., Direkcija Hrvatskih šuma Zagreb, Služba za uređivanje šuma.

\*\*

Internet

<http://www.euforgen.org>

<http://www.forestryimages.org>

<http://www.fv01.dial.pipex.com/suntimes.htm>

<http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5462972> i [5462973](http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5462973)

<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr>

## ŽIVOTOPIS



Luka Kasumović rođen je 01. veljače 1986. u Gospiću i jedno je od dvoje djece Marka i Vesnice Kasumović. Osnovnu školu završio je u Perušiću. 2000. godine upisuje opću gimnaziju u Gospiću koju završava s odličnim uspjehom. 24. lipnja 2003. dodijeljena mu je diploma za osvojeno prvo mjesto na županijskom natjecanju županije Ličko-senjske iz kemije. Godine 2004. upisuje Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Na četvrtoj godini studija dobiva nagradu fakulteta za najboljeg studenta svoje generacije. Diplomski rad piše kod prof.dr.sc. Borisa Hrašovca pod nazivom: „Prezimljavanje i populacijska dinamika smrekovog pisara (*Ips typographus* L.) na području sjevernog Velebita“. Diplomirao je 08. rujna 2009. godine obranivši gore navedeni rad. Od stranih jezika govori engleski jezik. Svakodnevno radi u programima kao što su Corel, Photoshop, AutoCad, ArcView GIS te u programskom paketu Microsoft Office. Od 9. svibnja 2010. do 1. prosinca 2015. zaposlen u UŠP Gospić gdje radi kao taksator na Odjelu za uređivanje šuma. Izradio je osnovu gospodarenja za g.j. Lisac–Staparua, programe gospodarenja za g.j. Kosurina–Bogunica, Ivčević kosa, Vidovača, Kriva draga–Baćinovac i Trovrh–Mirkača. 8. travnja 2011. godine upisuje doktorski studij na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu smjer Urbano šumarstvo, zaštita prirode, uređivanje i zaštita šuma kod prof.dr.sc. Borisa Hrašovca. U okviru projekta Europske unije - Pathway Evaluation and Risk Pest Management in Transport (PERMIT) dobiva stipendiju i znanstveno usavršavanje od mjesec dana u Švedskoj (Uppsala) u ustanovi Swedish University of Agricultural Sciences Department of Ecology. Domaćin i voditelj usavršavanja bio mu je dr. Åke Lindelöw, jedan od najpriznatijih entomologa u cijeloj Europi. Sudjelovao je na međunarodnim usavršavanjima u okviru projekta PERMIT u Sarajevu (Bosna i Hercegovina), Sękocin Storyu (Poljska) te Estorilu (Portugal). U koautorstvu je objavio dva znanstvena rada (a1 i a2) i jedan a1 rad kojemu je autor. U obliku predavanja i postera sudjeluje na 5 međunarodnih i 2 domaća znanstvena skupa. Lista objavljenih radova, održanih predavanja i postera na međunarodnim i domaćim znanstvenim skupovima te domaćim stručnim skupovima u nastavku.

**Objavljeni znanstveni radovi A1 kategorije:**

1. **Kasumović, L.**; Hrašovec, B.; Jazbec, A. 2016: Učinkovitost suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn<sup>®</sup> feromonskih klopki u lovu smrekovih potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L./Efficiency of dry and wet flight barrier Theysohn<sup>®</sup> pheromone traps in catching the spruce bark beetles *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L. Šumarski list, u tisku.
2. Hrašovec, B., **Kasumović, L.**; Milivoj, F. 2011: Prezimljavanje smrekova pisara (*Ips typographus* L.) u smrekovim šumama sjevernog Velebita/Overwintering of Eight Toothed Spruce Bark Beetle (*Ips typographus* L.) in Spruce Forests of North Velebit. Croatian Journal of Forest Engineering. 33(1), 211-222.

**Objavljeni znanstveni radovi A2 kategorije:**

1. Vusić, D.; Zečić, Ž.; Pandur, Z.; **Kasumović, L.**; Šegota, D. 2013: Pridobivanje drva u smrekovoj kulturi – Sortimentna ili stablovna metoda/Harvest in Spruce Forest Plantation - Assortment or Full Tree Method. Nova mehanizacija šumarstva. 34, 1-10.

**Održana predavanja na međunarodnim znanstvenim skupovima:**

1. **Kasumović, L.** 2013: Problematika uspostave šumskog reda u smrekovim šumama Like. X. simpozij o zaštiti bilja. Društvo za zaštitu bilja u Bosni i Hercegovini. Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
2. **Kasumović, L.**:Problems of setting up a forests order in spruce forests of Lika. Meeting of Forest Protection & Phytosanitary. Bundesamt für Wald (BFW) - Institut für Waldschutz. Vienna, Austria.
3. **Kasumović, L.** 2014: *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L. – the most important spruce pests in Croatia. Swedish Landscape University, Department for Ecology. Uppsala, Sweden.
4. **Kasumović, L.** 2014: New aspects important for „management“ of bark beetles in spruce forests of Lika. University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Department of Forest and Soil Sciences, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection (IFFF). Vienna, Austria.

5. **Kasumović, L.** 2015: Comparison of efficiency and selectivity of different flight barrier pheromone traps. Witasek scientific exchange. Feldkirchen, Austria.

#### **Predavanja na domaćim znanstvenim skupovima:**

1. **Kasumović, L.** 2014: Prezimljavanje smrekovog pisara (*Ips typographus* L.) u smrekovim šumama Like i odraz na mogućnost njegova suzbijanja. 58. seminar biljne zaštite. Hrvatsko društvo biljne zaštite. Opatija, Hrvatska.

2. **Kasumović, L.** 2015: Invazivne vrste kukaca u Europi. 59. seminar biljne zaštite. Hrvatsko društvo biljne zaštite. Opatija, Hrvatska.

#### **Poster na međunarodnim znanstvenim skupovima:**

1. Hrašovec, B.; **Kasumović, L.**; Milivoj, F. 2014: Overwintering of Eight Spruce Bark Beetle (*Ips typographus* L.) in spruce Forests of North Velebit. EU Cost Action FP 1002 Pathway Evaluation and Risk Pest Management in Transport (PERMIT) – Final Meeting European Cooperation in Science and Technology. Estoril, Portugal.

#### **Predavanje na domaćem stručnom skupu:**

1. **Kasumović, L.** 2014: Prezimljavanje smrekovog pisara (*Ips typographus* L.) u šumama Like i odraz na mogućnost njegova suzbijanja. Komora inženjera i tehničara šumarstva – stručno usavršavanje. Gospić, Hrvatska.