

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

Lana Bogojević, Dora Gortan, Antonia Iveković, Jelena Keser

**POJAVA ŽARIŠTA POTKORNJAKA I PROSTORNA
DINAMIKA POPULACIJE NAKON SANITARNIH SJEČA U
PREBORNIM SASSTOJINAMA**

ZAGREB, 2019

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za zaštitu šuma i lovno gospodarenje Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Milivoja Franjevića te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2018./2019.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA.....	3
3. MATERIJALI I METODE.....	5
3.1. MATERIJALI	5
3.1.1. Globalni pozicijski sustav (GPS)	5
3.1.2. Naletno – barijerne klopke s pripadajućim atraktivnim sredstvom	6
3.1.3. Laserski daljinomjer	9
3.2. METODE	11
4. REZULTATI.....	13
5. RASPRAVA SA ZAKLJUČCIMA.....	17
6. ZAHVALE	23
7. POPIS LITERATURE	24
8. SAŽETAK	28
9. SUMMARY	29
10. ŽIVOTOPIS	30

1. UVOD

U posljednjih nekoliko desetljeća učestalost šteta od nevremena i klimatskih ekstrema u Europskim šumama četinjača povećala se jačinom i učestalošću. Štete se najviše odnose na dvije gospodarski i ekološki važne vrste *Picea abies* L. - obična smreka i *Abies alba* Mill. - obična jela. U Republici Hrvatskoj šumama četinjača gospodari se preborno, a obična smreka i obična jela ekonomski i ekološki predstavljaju najznačajnije vrste četinjača u gospodarskim šumama. Preborna šuma je trajna šuma s neprestanim nejednoličnim sklopom, u kojoj se pridobivanje, pomlađivanje i njega obavlja stablimičnim odabiranjem, uglavnom istodobno i na istoj površini. Preborna šuma bolje od ikoje gospodarske šume štiti tlo, usporava otjecanje vode, dobro održava biogenocenotsku ravnotežu i povećava estetski izgled krajolika. Štete koje nastaju od posljedica klimatskih ekstrema i nevremena pogoduju razvoju populacije potkornjaka koji kao sekundarni štetnici nalaze povoljne uvjete za svoj razvoj i nagli porast populacije. Gradacije potkornjaka nastaju obično u razdoblju od jedne do tri godine nakon nevremena, primjerice vjetroizvala, snjegoloma i ledoloma. Nakon nestanka oslabjelih i porušenih stabala nakon nevremena koja su bila pogodna za razvoj, potkornjaci u idućim godinama napadaju zdrava stabla i ugrožavaju zdravstveno stanje prebornih sastojina. U gospodarskim šumama mjere zaštite šuma od potkornjaka s ciljem sprječavanja gradacije populacije potkornjaka i smanjenja populacije svode se na dva tipa sječa. Prvi tip su sanacijske sječe koje se odnose na uklanjanje izvaljenih i oštećenih stabala unutar dvije godine od nevremena, a drugi tip, na koji je ujedno i dan određeni naglasak u ovom projektu, su sanitarne sječe. One se odnose na uklanjanje dubećih stabala koja su napadnuta od potkornjaka s ciljem smanjenja brojnosti populacije potkornjaka. Navedena stabla trebaju biti uklonjena nedugo nakon napada potkornjaka i početka razvoja potomstva potkornjaka. U razdoblju između 31. siječnja 2014. i 6. veljače 2014. na području Uprave šuma podružnice Delnice zabilježene su štete kao posljedica ledene kiše koja je oštetila šume na površini od oko 43 000 ha. Porast populacije potkornjaka na području UŠP Delnice koji je nastao kao posljedica ove vremenske nepogode doveo je do proglašenja elementarne nepogode 2016. godine zbog gradacije populacije potkornjaka i širenja ovog štetnika na gospodarske (državne), ali i privatne šume koje

nisu bile zahvaćene elementarnom nepogodom. Zbog navedenog negativnog utjecaja gradacije potkornjaka mjere zaštite šuma provode se s ciljem očuvanja preborne strukture šuma i svih ekonomskih i ekoloških prednosti koje ima ovaj tip gospodarenja šumama. Nastanak novih žarišta potkornjaka na području UŠP Delnice nakon sanacija i sanitarnih sječa koje se provode od nevremena 2014. godine, ali i proglašenja elementarne nepogode 2016. godine predstavlja jedinstvenu priliku za proučavanje prostorno-vremenske dinamike populacije potkornjaka i razvoj strategija u integriranoj zaštiti šuma od potkornjaka.

2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA

Nastanak novih žarišta potkornjaka na području UŠP Delnice nakon sanacija i sanitarnih sječa koje se provode od nevremena 2014. godine, predstavlja i podlogu za razumijevanje zakonitosti prostorno-vremenske dinamike populacije potkornjaka i mehanizme odabira pogodnih stabala nakon sanacije i sanitarnih sječa na najnižoj organizacijsko operativnoj razini (odjel/gospodarska jedinica) kod suzbijanja potkornjaka na aktivnim žarištima. Šumarska operativa i gospodarenje prebornim sastojinama imaju koristi od boljeg razumijevanja osnovnih zakonitosti gradacije potkornjaka u područjima vjetroizvala ili drugih vremenskih nepogoda. Da bi se zaustavile ili spriječile gradacije potkornjaka na područjima vjetroizvala, snjegoloma i drugih vremenskih nepogoda potrebno je znati kako zaustaviti gradaciju potkornjaka u samom začetku. Ponekad broj stabala koje ubiju smrekovi potkornjaci tijekom gradacije bude više puta veći od broja stabala koja su stradala od vremenskih nepogoda koje uzrokuju gradaciju potkornjaka (Nikolov et al., 2014), dok s druge strane učinkovito gospodarenje i integrirana zaštita šuma uspješno ograničava povećanje stabala ubijenih od potkornjaka nakon vremenskih nepogoda (Kärvemo et al., 2014a). Prema dosadašnjim istraživanjima gradacije potkornjaka uzrokuju nepravilna žarišta odumrlih stabala kroz šumski krajolik, zbog širenja svake generacije potkornjaka na nova stabla (Worrell, 1983; Kautz et al., 2011; Kärvemo et al., 2014b). Udaljenost širenja za smrekove potkornjake je često opadajuća s protokom vremena od početka gradacije (Helland et al., 1989; Schlyter, 1992; Skarpaas and Økland, 2009). Slične zakonitosti su zamijećene za udaljenosti starih i novih žarišta smrekovih potkornjaka u različitim dijelovima Europe, dok je većina novih žarišta potkornjaka bila zabilježena unutar 500 m od prošlogodišnjih žarišta (Wichmann and Ravn, 2001; Kautz et al., 2011; Stadelmann et al., 2014). S pozicije gospodarenja šumom i zaštite šuma površina novih žarišta je isto važna iako broj novih žarišta značajno opada s udaljenosti. Nejasno je kako se veličina žarišta odnosi na udaljenost za prošlogodišnje žarište. Za pretpostaviti je da se površina žarišta smanjuje s povećanjem udaljenosti s obzirom na smanjenje broja potkornjaka povećanjem udaljenosti od starog žarišta. Ipak istraživanja smrekovih potkornjaka u južnoj Njemačkoj ne pokazuju takvu zakonitost s obzirom na površinu žarišta (Kautz et al., 2011). Na lokalnoj razini od gradacije potkornjaka se generalno smatra funkcijom karakteristike sastojine i lokalnog pritiska potkornjaka (Shore and

Safranyik, 1992; Lausch et al., 2011; Stadelmann et al., 2013b; Withrow et al., 2013; Kärverno et al., 2014b). Proces nastanka novih žarišta do danas još nije u potpunosti shvaćen iako postoji brojna literatura koja uključuje pokuse i terenska istraživanja, a ukazuje da prostorni raspored žarišta u najvećoj mjeri ovisi o karakteristikama ponašanja potkornjaka tj. raspršivanju i kolonizaciji, odabiru pogodnog domaćina uvjetima u sastojini i kemijskoj interakciji između potkornjaka i stabla (Netherer and Nopp-Mayr, 2005; Boone et al., 2011; Zhao et al., 2011; Schiebe et al., 2012; Hilszczanski et al., 2006).

Naglasak ovog projekta usmjeren je na običnu smreku i dvije vrste potkornjaka *Ips typographus* L. smrekin pisar i *Pityogenes chalcographus* L. šesterozubi smrekin potkornjak kao najznačajnije čimbenike odumiranja stabala u Europi i Hrvatskoj. S obzirom na navedeno ovaj projekt ima tri osnovna cilja:

1. Utvrditi prostornu dinamiku populacije potkornjaka na najnižoj organizacijsko operativnoj razini za potrebe šumarske prakse (sanacija posljedica vremenskih nepogoda i zaštite šuma od gradacije potkornjaka drvaša) u prebornim sastojinama
2. Uspostaviti korelaciju između površine saniranih žarišta i udaljenosti od prethodnih žarišta napada potkornjaka s obzirom na prostornu dinamiku populacije potkornjaka nakon sanacija i sanitarnih sječa u prebornim sastojinama
3. Utvrditi ekološke i stanišne čimbenike koji su presudni za formiranje novih žarišta nakon sanacija i sanitarnih sječa u prebornim sastojinama

3. MATERIJALI I METODE

3.1. MATERIJALI

Za terenska istraživanja i uspostavljanje monitoringa potkornjaka na odabranim žarištima te realizaciju projekta bila je potrebna slijedeća oprema:

1. GPS uređaj
2. Naletno-barijerne klopke s pripadajućim atraktivnim sredstvom
3. Laserski daljinomjer

3.1.1. Globalni pozicijski sustav (GPS)

Globalni pozicijski sustav (akronim GPS) je satelitski radionavigacijski sustav za određivanje položaja na Zemlji ili u njezinoj blizini. Sustav omogućuje korisniku određivanje svih triju koordinata njegova trenutnog položaja u jedinstvenom svjetskom (globalnom) koordinatnom sustavu. Globalni položajni sustav čine: skupina umjetnih satelita u orbitama oko Zemlje koji stalno odašilju kodirane radiosignale s podacima o svojem trenutnom položaju i vremenu odašiljanja (satelitski segment sustava), zemaljske postaje koje preciznim mjerenjima utvrđuju položaj satelita i prate njihov rad (kontrolni segment) te prijarnici korisnika koji, najčešće u kompaktnom kućištu, sadržavaju antenu, radioprijamnik i računalo (korisnički segment). Danas je u najširoj civilnoj uporabi NAVSTAR/GPS (engl. *Navigation System with Time and Ranging / Global Positioning System*, najčešće samo GPS), američki sustav koji je, prvotno za vojne potrebe, razvilo Ministarstvo obrane SAD-a. Satelitski segment toga sustava sastoji se od 24 umjetna satelita, ravnomjerno raspoređena u 6 orbitalnih ravnina, koji svakih 12 sati obiđu Zemlju na udaljenosti od približno 20 200 kilometara. GPS je postao široko korištena pomoć u navigaciji širom svijeta i koristan alat za izradu karata, zemljišnu izmjeru, trgovinu, znanstvene svrhe, praćenje i nadzor. Također predstavlja i glavno uporište transportnih sustava širom svijeta, osiguravajući navigaciju za avijaciju, kopnene i pomorske operacije. Pomoć u katastrofama i usluge hitnih službi ovise o GPS-u u smislu lokacijskih i vremenskih mogućnosti nužno potrebnih u njihovim misijama spašavanja života. Precizno vrijeme koje pruža GPS olakšava svakodnevne

aktivnosti poput bankarstva, funkcioniranja mobilnih telefona pa čak i nadzor nad električnom mrežom. Poljoprivrednici, geodeti, geolozi i nepregledno mnoštvo drugih stručnjaka obavljaju svoj posao učinkovitije, sigurnije, ekonomičnije i preciznije koristeći besplatne i dostupne signale GPS-a.

Shodno tomu, u projektu se GPS uređaj koristio za prikupljanje podataka na terenu vezanih uz lokaciju i prostorni raspored. Upotrebom GPS sustava odredile su se površine na kojima su provedene ili planirane sanitarne sječe. Korišten je GPS uređaj Garmin, serija Oregon 600 koji ima 3-inčni zaslon osjetljiv na dodir čitljiv i na sunčevoj svjetlosti s dvostrukom orijentacijom te mogućnošću korištenja karata. Također sadrži osnovnu kartu svijeta s osjenčanim reljefom te kompas s tri osi sa sensorima za brzinu i barometarski visinomjer. Napaja se pomoću dvostrukog baterijskog sustava - 2 AA baterije ili opcionalnom unutarnjom punjivom NiMH baterijom (izvor: <https://buy.garmin.com/hr-HR/HR/p/113532>).



Slika 1. GPS uređaj

3.1.2. Naletno – barijerne klopke s pripadajućim atraktivnim sredstvom

Cilj klopki je taj da na osnovu atraktivnost sredstva u klopku privuče i zadrži imaga u svrhu monitoring populacije potkornjaka i vremenske aktivnosti tj. početka rojenja.

Pojam feromonske klopke obično se odnosi na smrekove potkornjake. Razlog tome je što je prvu praktičnu primjenu imao baš feromon smrekinog potkornjaka (*Ips typographus* L.), sintetiziran krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Vrlo brzo nakon uspješnog testiranja, primjenjivan je pripravak Pheroprax i u našoj šumarskoj operativi. Tadašnja metoda bila je brzo prihvaćena i priznata u praksi. Ona je trebala zamijeniti vrlo skupu i napornu metodu lovnih stabala. Sa feromonom su se nudila različita rješenja klopke u koje se hvatao potkornjak. Najčešće se koristila plastična cijev poznata pod imenom Bakkeova klopka. Kasnije se sve više koristila barijerna klopka.

Kad se smrekova šuma nalazi u ravnoteži, štete od potkornjaka su neznatne. Opasnost nastaje kad je klima pogodna za razvoj populacije (suho i toplo vrijeme), zatim kad ima dostatnog materijala pogodnog za razvoj (velik broj fiziološki oslabljenih stabala zbog žege, onečišćivanja i sl.) ili kad su veće količine dijelova smrekinog stabla ili neke druge četinjače s korom u šumi (posljedica npr. vjetroizvala, vjetrolomova, snjegolomova, ledolomova, loša šumska higijena). Kad se poklope ovi čimbenici nastaje predispozicija velikog napada potkornjaka. U uvjetima ravnoteže u šumi, normalna abundanca potkornjaka "zadovoljava" se sa oskudnom ponudom, a stablo fiziološki reagira jakim smoljenjem kojim se brani od napada. Kad dođe do poremećaja potkornjaci reagiraju velikim povećavanjem populacije. Parazitski kompleks često u takvim uvjetima ne može pratiti ovako nagli razvoj. Radi se o eksploziji populacije potkornjaka koja stvara veliki pritisak na smrekovu šumu. Velik broj jedinki tada se pokušava ubušiti u zdravo stablo smreke. Smreka se brani smoljenjem, ali s vremenom toliko oslabi da neminovno "gubi bitku". Svako stablo u koje su se uspjeli ubušiti potkornjaci osuđeno je na smrt, jer praviljenjem hodnika prekinuto je kolanje sokova. Često, kod jakih napada, vidimo smreku s koje je otpala kora, a u krošnji je još zelena. To nam govori koliko brzo ide taj razvoj populacije. U ovoj fazi čovjek nema kontrolu nad potkornjakom, tim više što se simptomi tek napadnutog stabla vrlo teško očituju, a tu je izvor daljnjeg širenja zaraze. Danas na tržištu nalazimo različite proizvođače feromonskih pripravaka ili dispanzera. Kemijskim se sastavom feromonskog pripravka nastoji što je više moguće oponašati prirodan spoj. Istovremeno sa sintezom prvog feromona, krenuli su pokušaji pronalazjenja najboljeg oblika i veličine klopke. Ponuđena su mnoga dizajnerska i strukturalna rješenja. Sva rješenja možemo podijeliti u dvije glavne grupe: doletna i

naletna ili barijerna klopka. Osnovna je razlika u principu lovljenja. Dok na doletnu klopku (obično cjevastog oblika) potkornjak mora sletjeti i potražiti otvor kako bi ušao i pao u klopku, na barijernu on nalijeće, udara i pada u nju. Vjerojatnost ulova potkornjaka u barijernu klopku znatno je veća, jer nema čimbenika traženja ulaza koji može utjecati na kvantitativni ulov. Vrijeme od slijetanja na klopku do trenutka ulaza dovoljno je da kukac promijeni cilj i odleti dalje (Pernek, M., 2000).

U našim naletno – barijernim klopkama pratio se i bilježio broj smrekinog pisara (*Ips typographus* L.) i malog šesterozubog smrekinog potkornjaka (*Pityogenes chalcographus* L.). Ove dvije vrste vrlo često dolaze zajedno predstavljajući kukce sekundarne štetnosti, što znači da napadaju fiziološki oslabljena stabla. Ističu se i po tome što imaju sposobnost vrlo brzog razvoja populacija u kratkom vremenu (eksplozija populacije) te sposobnost prelaska u primarnog štetnika što rezultira vrlo neugodnim posljedicama (Pernek, M., 2000). Korištene su naletno barijerne Theysohn feromonske klopke crne boje opremljene s feromonskim pripravcima Ipsowit i Chalcoprax. Chalcoprax je feromon koji se koristi za privlačenje malog smrekinog potkornjaka na način da se jedna ampula postavi u klopku pri temperaturi 14 – 16 stupnjeva Celzijevih prije početka rojenja. Djelovanje jedne ampule traje 15 – 24 tjedna, ovisno o vremenskim uvjetima.



Slika 2. Naletno – barijerna klopka



Slika 3. i 4. Ampule Chalcopraxa



Slika 5. i 6. Feromon Ipsowit

3.1.3. Laserski daljinomjer

Uređaj smo koristili za mjerenje udaljenosti, visina te vertikalnih i horizontalnih kuteva. Pomoću laserskih daljinomjera mjerili smo udaljenost napadnutih stabala od potkornjaka od područja sanacija i sanitarnih sječa.

Visoka preciznost mjerenja, minimalna veličina daljinomjera i jednostavna upotreba osnovne su karakteristike ručnog laserskog daljinomjera. Digitalnim tragačem zrake brzo se i jednostavno pronalazi cilj uz mogućnost primjene digitalnog povećanja (engl. zoom) s nitnim križem (osobito važno pri mjerenju velikih udaljenosti i za rad po suncu). Ručni laserski daljinomjer u sebi ima ugrađen inklinometar, te se može mjeriti i nagib postavljanjem instrumenta na podlogu. Ugrađena libela omogućava horizontiranje instrumenta, a samim time i lasersku zraku u prostoru. Različiti

proizvođači ručnih laserskih daljinomjera u svojim specifikacijama navode različite tehničke podatke za različite tipove daljinomjera. Kod starijih tipova daljinomjera doseg mjerenja dužine do ciljne točke bio je od 30 cm do 100 m, s mjernom nesigurnošću od ± 3 mm, dok se danas modernim laserskim daljinomjerima dužina može izmjeriti od 5 cm do 200 m, s mjernom nesigurnošću $\pm 1,5$ mm. Vrijeme mjerenja dužine je od 0,4 do 4 s. Širina laserskog snopa je između 6 mm i 60 mm ovisno o udaljenosti do ciljne točke. U novijim daljinomjerima ugrađena je tzv. Power Range tehnologija koja omogućava mjerenje dužine do 100 m bez ciljne ploče. Izvor napajanja može biti kabel za punjenje struje akumulatora ili, najčešće, baterije od 1,5 V. Dimenzije ručnog laserskog daljinomjera variraju od modela do modela (npr. 102x58x33 mm), a masa im je između 0,36 kg, pa sve do laganih 0,16 kg. Ručni laserski daljinomjeri su, u velikoj mjeri, zamijenili dosadašnje geodetske mjerače relativno malih udaljenosti kao što su mjerna vrpca, dvometar i sl. Upotreba ručnih laserskih daljinomjera našla je primjenu u raznim strukama kao što su šumarstvo, geodezija, građevina, arhitektura, itd. Ručni laserski daljinomjer primjenjuje se za:

- mjerenje dužine
- mjerenje visine
- mjerenje nagiba
- izračun površine
- izračun volumena (Lasić, Z., 2008).

Za potrebe ovog projekta korišten je uređaj Vertex III, instrument za mjerenje visina, udaljenosti, vertikalnih kutova, nagiba i trenutačne temperature, a sastoji se od mjerne jedinice i transpondera (odašiljača). Iako se može koristiti i bez transpondera, najbolju učinkovitost postiže uz korištenje istog. Pri izmjeri, transponder odašilje instrumentu zvuk pod kutem od 60° . Vertex ima mogućnost izmjere šest različitih visina po objektu izmjere bez potrebe ponavljanja procedure. Tijekom izmjere udaljenosti, Vertex koristi ultrazvučne valove te na temelju brzine prolaska vala zrakom određuje udaljenost. Prije početka uporabe instrumenta potrebno je isti kalibrirati zbog ovisnosti brzine kretanja ultrazvučnih valova o temperaturi zraka, zračnoj vlazi te tlaku zraka. Kalibrira se na način da se Vertex i transponder postave na udaljenost od 10 metara pri čemu Vertex odredi brzinu zvuka pri trenutnim uvjetima te ju preračuna u udaljenost od 10 metara. Također je potrebno Vertex 15 minuta prije početka uporabe izložiti terenskim uvjetima pri kojima će raditi. Način

izmjere je jednostavan: transponder se postavlja na stablo na visinu koju smo prethodno unijeli u visinomjer. Mjeritelj vizira u transponder i drži tipku dok ne dobije potvrdu očitavanja kuta i udaljenosti (2–3 sekunde) zatim vizira na predmet izmjere i drži pritisnutu tipku dok ne dobije potvrdu očitavanja kuta. Izmjerena visina prikaže se na zaslonu. (izvor: <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/200504810.pdf>)



Slika 7. Vertex III

3.2. METODE

Za ostvarivanje ciljeva i dobivanje rezultata predviđen je niz terenskih istraživanja i uspostavljanje monitoringa potkornjaka na odabranim žarištima potkornjaka na način:

1. Na području NPŠO Zalesina Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu odabrati pokusne plohe koje predstavljaju sanirana žarišta s ciljem utvrđivanja početnih točaka gradacije i prostorne dinamike populacije potkornjaka

2. Na području NPŠO Zalesina Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu analizirati udaljenost stabala koja su predviđene za sanitarne sječe zbog napada potkornjaka od starih žarišta s ciljem utvrđivanja prostorne dinamike populacije potkornjaka na novim žarištima i načina odabira stabala nakon sanacija i sanitarne sječe

3. Na području NPŠO Zalesina Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pratiti rezultate monitoringa potkornjaka na odabranim pokusnim plohama i na aktivnim žarištima napada potkornjaka

Eksperimentalni dio istraživanja će se obaviti uporabom mjerne opreme dva laboratorija Šumarskoga fakulteta:

- Laboratorija za patologiju drveća

Za utvrđivanje prostorne dinamike populacije potkornjaka iz stavke 1. kao polazne točke koristile su se površine na kojima su provedene sanacije i sanitarne sječe, upotrebom GPS sustava odredile se se površine na kojima je provedena sanacija ili sanitarne sječe i kartirala njihova međusobna udaljenost. Predviđena je nabava 2 GPS uređaja.

Za potrebe stavke 2. i 3. istraživanja krajem zime postavile su se naletno - barijerne klopke s atraktivnim sredstvima za potrebe otkrivanja početka aktivnosti potkornjaka i praćenje sezonske dinamike tj. početka aktivnosti pojedine generacije. Za potrebe monitoringa populacije potkornjaka i vremenske aktivnost tj. početka rojenja pojedine generacije potkornjaka predviđena je nabava 50 naletno-barijernih klopki s pripadajućim atraktivnim sredstvima. Ulovi iz naletno - barijernih klopki analizirati će se u Laboratoriju za patologiju drveća Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Za stavku 3. istraživanja u tekućoj sezoni terenskog istraživanja na dubećim stablima tražili su se simptomi napada potkornjaka početkom proljeća (kraj ožujka/travanj ovisno o vremenskim prilikama) i mjerile udaljenosti do ruba najbližih površina sanacija ili sanitarnih sječa. Za određivanje udaljenosti napadnutih stabala od područja sanacija i sanitarnih sječa koristio se laserski daljinomjer, a predviđena je nabava 2 uređaja, s pripadajućom opremom. Upotrebom GPS sustava odredit će se površine na kojima se planira provedena sanacija ili sanitarne sječe i kartiranjem njihov međusobni prostorni raspored.

4. REZULTATI

Prvim izlaskom na teren početkom svibnja (3. i 4.5.2018.), nakon odabiranja pokusnih ploha, utvrđena su djelomično sanirana žarišta potkornjaka. Nakon sječe napadnutih stabala, šumski red nije uspostavljen od strane izvođača radova i nezaštićeni trupci su ostavljeni u sastojini. Također, u to vrijeme utvrđen je početak rojenja.



Slika 8. Djelomično sanirano žarište potkornjaka u gospodarskoj jedinici Sunger

Idući izlazak na teren bio je zakazan dva tjedna kasnije, sredinom svibnja, kada je uočeno prvo ubušivanje potkornjaka u sastojini na području gospodarske jedinice Lučice. Izmjerena je udaljenost od 48.33 m od ruba saniranog žarišta do napadnutog stabla, što odgovara jednoj do jednoj i pol visini srednjeg sastojinskog stabla.



Slika 9. Izmjerena je udaljenost od 48,33 m od ruba saniranog žarišta do zaraženog stabla na području gospodarske jedinice Lučice

Početak lipnja (4. i 5.6.2018.) pronađena su tri napadnuta stabla čija je udaljenost bila unutar 6 m od ruba sanitarne sječe na području gospodarske jedinice Sunger. U istoj gospodarskoj jedinici pronađene su ličinke prve generacije *Ips typographus*.



Slika 10. Ličinke prve generacije su uočene početkom lipnja

Tada je predloženo Upravi šuma Delnice prekrivanje ostavljenih trupaca STORANET mrežom čija je svrha zaštita sastojine od daljnjeg širenja potkornjaka s posječenih trupaca. Od kraja lipnja do sredine srpnja na terenu je situacija ostala gotovo nepromijenjena. Trupci su samo djelomično uklonjeni iz sastojine, a dio zaraženih trupaca na kojima su zabilježeni adulti prve generacije ostavljen je ispred vanjskog ruba sastojine.



Slika 11. Ostavljeni trupci izvan vanjskog sastojinskog ruba saniranog žarišta

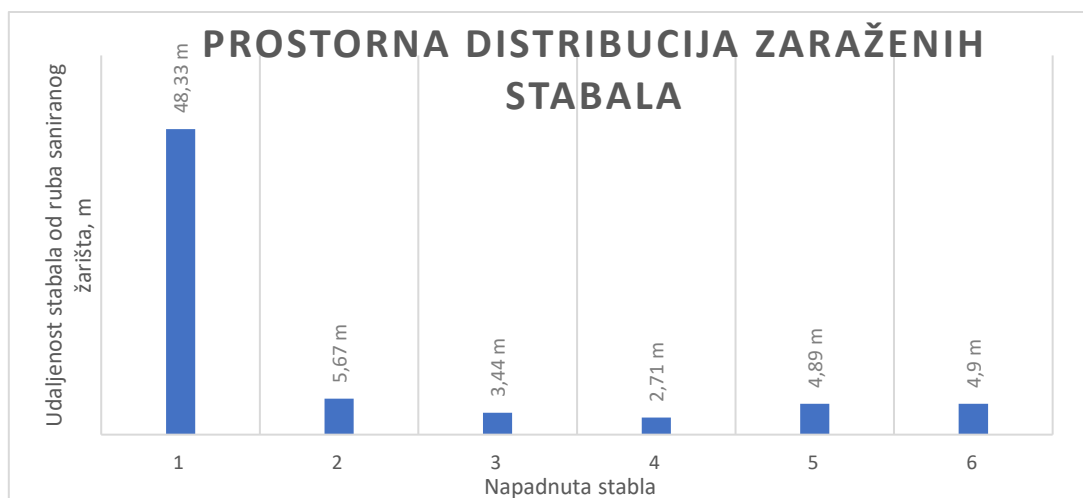


Slika 12. Na istom trupcu je praćen razvoj prve generacije *Ips typographus*. Posljednjim otvaranjem 18.7.2018. (lijevi dio slike) pronađeni su adulti prve generacije

Posljednje terensko istraživanje izvršeno je 31.8.2018. kada su pronađena dva napadnuta stabla s potpuno zdravom krošnjom na kojima su se nalazile ličinke prve generacije. Udaljenost tih stabala je bila unutar šest metara od ruba sanitarne sječe kao i prethodno pronađena stabla.



Slika 13. Napadnuta stabla s ličinkama druge generacije potpuno zdravih krošnja



Graf 1. Prostorna distribucija zaraženih stabala u odnosu na sanirana žarišta

5. RASPRAVA SA ZAKLJUČCIMA

Sve klimatske promjene kojima svakodnevno svjedočimo, dovele su do značajnog porasta broja potkornjaka što za posljedicu ima povećanje oštećenosti drvene mase, odnosno sve veći gubitak drvene mase izražen u kubicima.

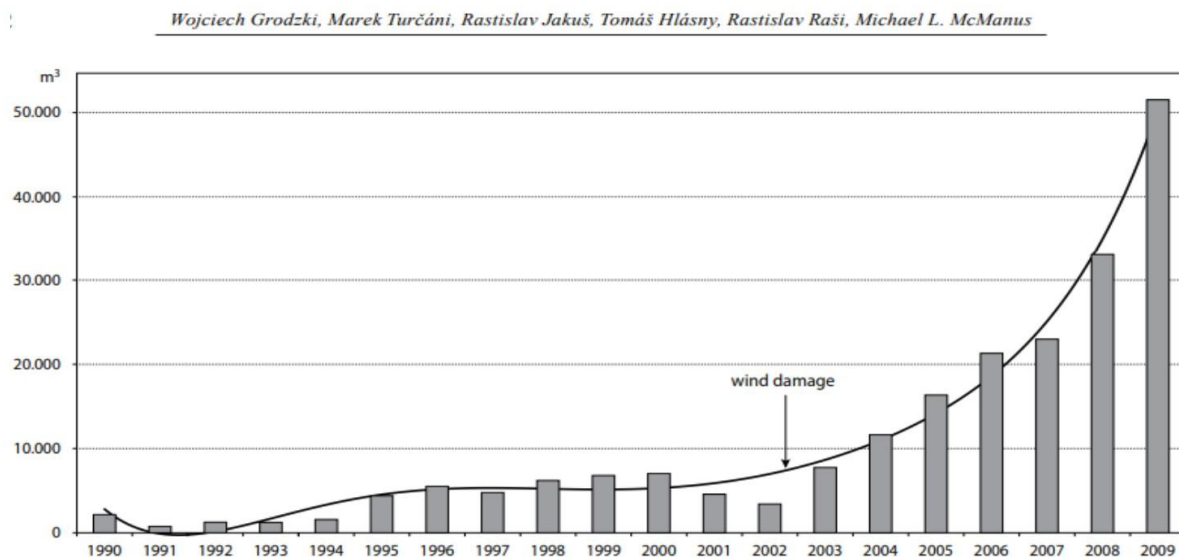


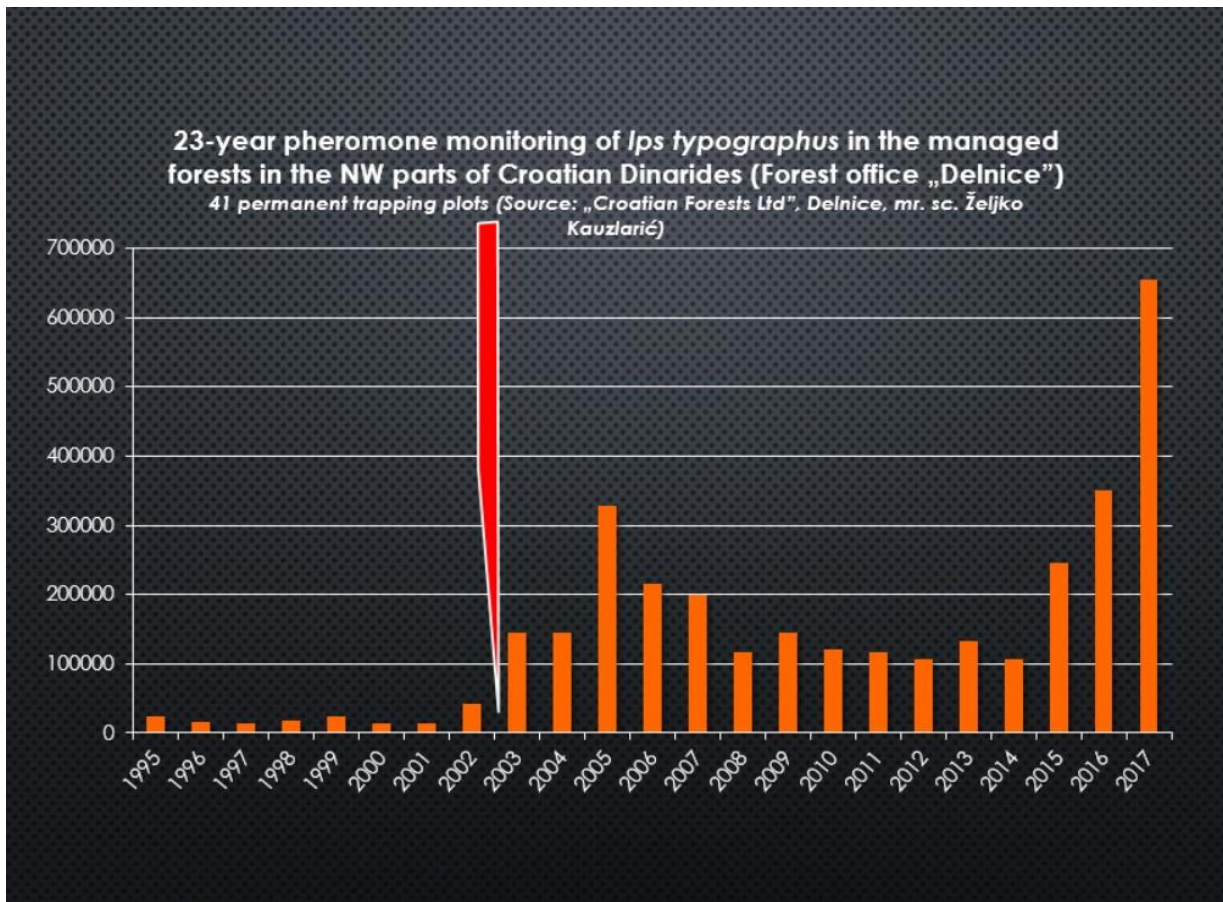
Fig. 6. Volume of trees infested by bark beetles in TPN (Poland) in 1990-2009, prior to and after wind damage (marked by arrow) in 2002

Graf 2. Volumen zaraženog drveća koji su prouzročili potkornjaci od 1990. do 2009. godine u Poljskoj

Kao prikaz koliko klimatske promjene i nevremena mogu utjecati na populaciju potkornjaka, a njihov porast na gubitak drvene mase, spomenut ćemo situaciju u Poljskoj. Naime, na grafu možemo pratiti dva stanja. Jedno od 1990. do 2002. gdje vidimo da je situacija potkornjaka pod kontrolom i nema prevelikog gubitka u volumenu i drugo, gdje nakon vjetroloma u 2002. godini dolazi do značajnog rasta populacije potkornjaka i porasta u broju zaražene drvene mase svake godine sve više dok konačno ne dosegne broj od nešto više od 50 000 m³.

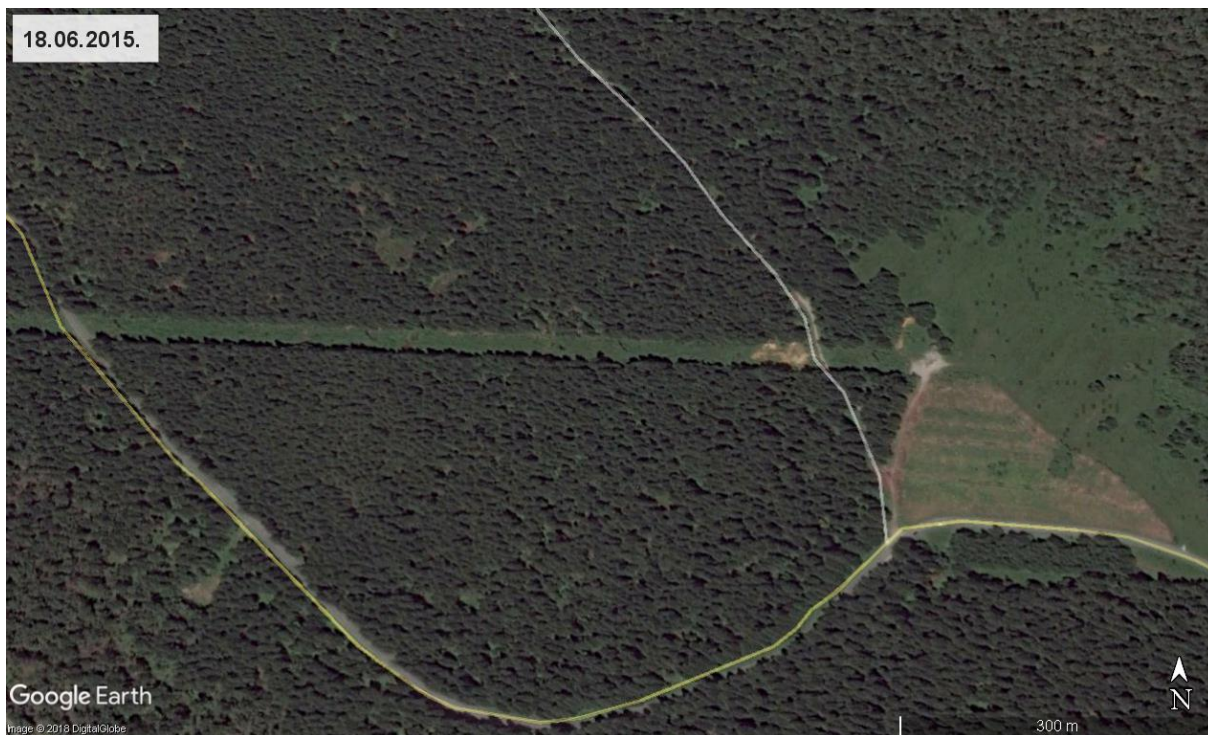
Od 1995. do 2017. godine u sjeverozapadnom području hrvatskih Dinarida, točnije u UŠP Delnice, vrši se monitoring vrste *Ips typographus* pomoću feromonskih klopki. Na temelju tog monitoringa, uočilo se znatan porast broja populacije potkornjaka od

2002. godine što se može pripisati upravo prethodno spomenutim klimatskih promjenama te pojavom snjegoloma, vjetroloma i sličnih ekscesa.



Graf 3. Prikaz ulova potkornjaka u feromonskim klopka od 1995. do 2017. godine na 41 stalnoj lovnoj lokaciji na području SZ dijela Dinarida u UŠP Delnice (Izvor: mr. sc. Željko Kauzlarić)

Istraživanje ovog projekta bilo je fokusirano na lokacijama gospodarskih jedinica Sunger i Lučice u UŠP Delnice gdje se već nekoliko godina za redom, točnije od nevremena 2014. godine kada je proglašena i elementarna nepogoda, primjećuju problemi uzrokovani potkornjacima te se u svrhu rješavanja istih vrše sanitarne i sanacijske sječe.



Slika 14. Stanje na terenu dana 18.06.2015. u G.J. Sunger kao posljedica djelovanja potkornjaka nakon nevremena



Slika 15. Stanje na terenu dana 29.06.2016. u G.J. Sunger kao posljedica djelovanja potkornjaka nakon nevremena



Slika 16. Stanje na terenu dana 20.06.2017. u G.J. Sunger kao posljedica djelovanja potkornjaka nakon nevremena



Slika 17. Stanje na terenu dana 29.06.2016. u G.J. Lučice kao posljedica djelovanja potkornjaka nakon nevremena



Slika 18. Stanje na terenu dana 11.10.2017. u G.J. Lučice kao posljedica djelovanja potkornjaka nakon nevremena

Čimbenici koji su doveli do stanja rezultata ovog projekta bili su redom; ledena kiša 2014. godine na području Gorskog kotara koja je prvenstveno bila uzrok proglašenju elementarne nepogode na tom području i ujedno dovela do povoljnih uvjeta za ekspanziju populacije potkornjaka, nepovoljni vremenski uvjeti u vidu suzbijanja potkornjaka (sušna razdoblja pogodovala su uspješnom širenju potkornjaka), izvale jelovih stabala koje su se desile 2017. godine također su omogućile širenje napada, a na sam rezultat u godini provođenog projekta utjecao je i povećan broj kišnih dana u proljetnim i ljetnim mjesecima 2018. godine.

Na temelju prethodno navedenih činjenica mogu se izdvojiti slijedeći zaključci:

1. S obzirom da je sva dostupna radna snaga Hrvatskih šuma d.o.o bila usmjerena na rješavanje prethodnih problema, primjerice na sanaciju šteta izazvanih ledenom kišom na području od približno 43 000 ha i/ili sanaciju šteta od izvala jelovih stabala u obujmu od 700 000 m³, izostala je pravovremena reakcija na novim žarišnim točkama potkornjaka

2. Oborena stabla naposljetku su se pokazala kao lovna stabla za potkornjake i poslužila kao savršeno mjesto („plodno tlo“) za razvoj sljedećih generacija potkornjaka
3. Zbog nepredvidljivih vremenskih uvjeta koji su vladali na terenu za vrijeme istraživanja i provođenja projekta kao što je povećan broj kišnih dana u proljetnim i ljetnim mjesecima 2018. godine, nije prikupljen dovoljan broj podataka

6. ZAHVALE

Zahvaljujemo se Ministarstvu znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske i Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na financijskoj potpori bez koje se ovaj projekt ne bi mogao provesti. Također, želimo zahvaliti Upravi šuma Delnice i Hrvatskim šumama d.o.o. na potpori prilikom terenskih istraživanja, a posebice mr. sc. Željku Kauzlariću i dipl. ing. silv. Andreji Ribić. Hvala Šumarskom fakultetu na ustupljenoj opremi i prof. dr.sc. Borisu Hrašovcu što nam je ustupio svoja istraživanja i prikupljene podatke. Na kraju, posebno se želimo zahvaliti mentoru doc. dr. sc. Milivoju Franjeviću koji nas je vodio i usmjeravao tokom cijeloga projekta.

7. POPIS LITERATURE

1. Boone, C.K., Aukema, B.H., Bohlmann, J., Carroll, A.L., Raffa, K.F., 2011. Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density: a basis for positive feedback in eruptive species. *Can. J. For. Res. –Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 41, 1174–1188.
2. Brus, D.J., Hengeveld, G.M., Walvoort, D.J.J., Goedhart, P.W., Heidema, A.H., Nabuurs, G.J., Gunia, K., 2012. Statistical mapping of tree species over Europe. *Eur. J. For. Res.* 131, 145–157.
3. Franceschi, V.R., Krokene, P., Christiansen, E., Krekling, T., 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytol.* 167, 353–375.
4. Grégoire, J.-C., Evans, H.F., 2004. Damage and control of Barkbait organisms – an overview. In: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C., Evans, H.F. (Eds.), *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, A Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 19–37.
5. Helland, I.S., Anderbrant, O., Hoff, J.M., 1989. Modelling bark beetle flight: a review. *Hol. Ecol.* 12, 427–431.
6. Hilszczanski, J., Janiszewski, W., Negrón, J., Munson, S.A., 2006. Stand characteristics and *Ips typographus* (L.) (Col., Curculionidae, Scolitinae) infestation during outbreak in northeastern Poland. *Folia Forestalia Polonica*, 53–64.
7. Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Gregoire, J.C., Erbilgin, N., Stenseth, N.C., 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biol. Rev.* 87, 34–51.

8. Kautz, M., Dworschak, K., Gruppe, A., Schopf, R., 2011. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *For. Ecol. Manage.* 262, 598–608.
9. Kärvmö, S., Rogell, B., Schroeder, M., 2014a. Dynamics of spruce bark beetle infestation spots: importance of local population size and landscape characteristics after a storm disturbance. *For. Ecol. Manage.* 334, 232–240.
10. Kärvmö, S., Van Boeckel, T.P., Gilbert, M., Grégoire, J.-C., Schroeder, M., 2014b. Large-scale risk mapping of an eruptive bark beetle – importance of forest susceptibility and beetle pressure. *For. Ecol. Manage.* 318, 158–166.
11. Kautz, M., Dworschak, K., Gruppe, A., Schopf, R., 2011. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *For. Ecol. Manage.* 262, 598–608.
12. Krokene, P., 2015. Conifer defense and resistance to bark beetles. In: Vega, F.E., Hofstetter, R.W. (Eds.), *Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier Academic Press, San Diego, pp. 177–207.
13. Kunca, A., Findř o, S., Galko, J., Gubka, A., Kařtier, P., Konôpka, B., Konôpka, J., Leontovycř, R., Longauerová, V., Nikolov, C., Novotnyř , J., Vakula, J., Zúbrik, M., 2012. Problémy ochrany lesa v roku 2011 a prognôza na rok 2012 (Problems of forest protection in 2011 and the forecast for year 2012). In: Kunca, A. (Ed.), *Aktuálne problémy v ochrane lesa*, pp. 5–11.
14. Lausch, A., Fahse, L., Heurich, M., 2011. Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: a long-term quantitative landscape-level analysis. *For. Ecol. Manage.* 261, 233–245.
15. Lima, S.L., Zollner, P.A., 1996. Towards a behavioral ecology of ecological landscapes. *Trends Ecol. Evol.* 11, 131–135.

16. Morales, J.M., Ellner, S.P., 2002. Scaling up animal movements in heterogeneous landscapes: the importance of behavior. *Ecology* 83, 2240–2247.
17. Netherer, S., Nopp-Mayr, U., 2005. Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management – rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification. *For. Ecol. Manage.* 207, 99–107.
18. Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., Pennerstorfer, J., Rosner, S., Kikuta, S., Schume, H., Schopf, A., 2015. Do waterlimiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytol.* 205, 1128–1141.
19. Nikolov, C., Konopka, B., Kajba, M., Galko, J., Kunca, A., Jansky, L., 2014. Post-disaster forest management and bark beetle outbreak in Tatra National Park, Slovakia. *Mountain Res. Dev.* 34, 326–335.
20. Økland, B., Krokene, P., Lange, H., 2012. Effects of climate change on the spruce bark beetle. *ScienceNordic* January 27, 2012, 1–5.
21. Økland, B., Bjørnstad, O.N., 2006. A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* 87, 283–290.
22. Pernek, M., 2000: Feromonske klopke u integralnoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka, *Rad. Šumar. inst.* 35 (2): 89–100, Jastrebarsko
23. Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J., Schuck, A., 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biol.* 9, 1620–1633.
24. Schiebe, C., Hammerbacher, A., Birgersson, G., Witzell, J., Brodelius, P.E., Gershenson, J., Hansson, B.S., Krokene, P., Schlyter, F., 2012. Inducibility of chemical defenses in Norway spruce bark is correlated with unsuccessful mass attacks by the spruce bark beetle. *Oecologia* 170, 183–198.

25. Schlyter, F., 1992. Sampling range, attraction range, and effective attraction radius: estimates of trap efficiency and communication distance in coleopteran pheromone and host attractant systems. *J. Appl. Entomol.* 114, 439–454.
26. Shore, T.L., Safranyik, L., 1992. Susceptibility and risk rating systems for the mountain pine beetle in lodgepole pine stands. In: Information Report BC-X 336. Pacific and Yukon Region. Forestry Canada, Victoria, British Columbia, pp. 1–12.
27. Stadelmann, G., Bugmann, H., Wermelinger, B., Meier, F., Bigler, C., 2013b. A predictive framework to assess spatio-temporal variability of infestations by the European spruce bark beetle. *Ecography* 36, 1208–1217.
28. Stadelmann, G., Bugmann, H., Wermelinger, B., Bigler, C., 2014. Spatial interactions between storm damage and subsequent infestations by the European spruce bark beetle. *For. Ecol. Manage.* 318, 167–174.
29. Skarpaas, O., Økland, B., 2009. Timber import and the risk of forest pest introductions. *J. Appl. Ecol.* 46, 55–63.
30. Wichmann, L., Ravn, H.P., 2001. The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *For. Ecol. Manage.* 148, 31–39.
31. Withrow, J.R., Lundquist, J.E., Negrón, J.F., 2013. Spatial dispersal of Douglas-fir beetle populations in Colorado and Wyoming. *ISRN For.* 2013. Article ID 542380, 10 pages.
32. Worrell, R., 1983. Damage by the spruce bark beetle in south Norway 1970–80: a survey, and factors affecting its occurrence. *Meddelser fra Norsk Institutt for Skogforskning, Norwegian Forest Research Institute* 38, 1–34.

8. SAŽETAK

Lana Bogojević, Dora Gortan, Antonia Iveković, Jelena Keser

Pojava žarišta potkornjaka i prostorna dinamika populacije nakon sanitarnih sječa u prebornim sastojinama

U posljednjih nekoliko desetljeća učestalost šteta od nevremena i klimatskih ekstrema u Europskim šumama četinjača povećala se jačinom i učestalošću. U Republici Hrvatskoj šumama četinjača gospodari se preborno, a *Picea abies* L. - obična smreka i *Abies alba* Mill. - obična jela ekonomski i ekološki predstavljaju najznačajnije vrste četinjača u gospodarskim šumama. U razdoblju između 31. siječnja 2014. i 6. veljače 2014. na području Uprave šuma podružnice Delnice zabilježene su štete kao posljedica ledene kiše koja je oštetila šume na površini od oko 43 000 ha. Porast populacije potkornjaka koji je uslijedio na tom području doveo je do proglašenja elementarne nepogode 2016. zbog gradacije populacije potkornjaka i širenja ovog štetnika. Nastanak novih žarišta potkornjaka na UŠP Delnice nakon sanacija i sanitarnih sječa koje se provode od nevremena 2014. predstavljaju priliku za proučavanje prostorno-vremenske dinamike populacije potkornjaka i razvoj strategije u integriranoj zaštiti šuma. Fokus ovog projekta usmjeren je na običnu smreku i dvije vrste potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. Prilikom terenskih istraživanja u periodu svibnja 2018. na području dva sanirana lokaliteta G.J. Lučice i G.J. Sunger UŠP Delnice, uočen je određen broj oborenih stabala koja su se potom pokazala kao lovna stabla za potkornjake. Zabilježen je napad prve generacije na tim stablima, ali zbog broja ostavljenih stabala i nepravovremene sanacije istih, postoji opasnost od napada druge generacije na okolna dubeća stabla.

Ključne riječi: obična smreka, potkornjak, UŠP Delnice, sanitarne sječe, prostorno – vremenska dinamika, lovna stabla

9. SUMMARY

Lana Bogojević, Dora Gortan, Antonia Iveković, Jelena Keser

The emergence of new focal points and spatial dynamics of bark beetle population after sanitation cuts in uneven – aged forests

In recent decades, the frequency of severe weather and damages from climatic extremes in European forests of conifers has increased with strength and frequency. In the Republic of Croatia, uneven-aged management is common for forests of conifers, and *Picea abies* L. - *common spruce* and *Abies alba* Mill. – silver fir are economically and ecologically the most important types of conifers in the forests. Between January 31, 2014 and February 6, 2014, in the area of FA Delnice, damage was caused as a result of ice rains which damaged the forest area of about 43,000 ha. The increase in the number of bark beetles population that followed in this area led to the proclamation of the elemental disaster in 2016 due to gradation of the bark beetle population and the spread of this pest. The emergence of new focal points in the FA Delnice after the sanitary measures have been taken, is an opportunity to study the spatial dynamics of the bark beetle population and the development of a strategy in integrated forest protection. The focus of this project is on ordinary spruce and two species of bark beetles *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L. During field research in May 2018 in the area of two remediated sites of FMU Lučice and FMU Sunger FA Delnice, a number of fallen trees was observed after winter and they represented hunting trunks. First-generation swarming and attack on these trees left surrounding forest without attack but those trees if not taken from forest, debarked or protected with nets represent danger to forest.

Key words: common spruce, *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus*, bark beetle outbreaks

10. ŽIVOTOPIS

Lana Bogojević

Rođena sam u Požegi 14. siječnja 1995. godine gdje sam završila osnovnu školu i jezičnu gimnaziju. 2013. godine upisala sam Šumarski fakultet u Zagrebu, preddiplomski studij Šumarstvo, a 2017. stječem naziv univ. bacc. ing. silv. Te iste godine upisujem diplomski studij Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem. Akademске godine 2017./2018. sudjelujem u studentskom projektu „Žarišta potkornjaka“ Šumarskog fakulteta. U listopadu 2018. godine, na znanstvenom skupu PEFOSS 2018 u Sarajevu prezentiram rezultate prethodno spomenutog projekta na engleskom jeziku. Bila sam član AIESEC-a u kojem sam sudjelovala u projektu Discover Zagreb. U srpnju i kolovozu 2018. godine obavljala sam stručnu praksu u Irskoj. Trenutno sam studentica druge godine diplomskog studija i sudjelujem na studentskoj razmjeni Erasmus + na Sveučilištu u Padovi.

Dora Gortan

Rođena sam u Rijeci 31. kolovoza 1995. godine gdje sam završila osnovnu školu i opću gimnaziju. 2014. godine upisujem Šumarski fakultet u Zagrebu, preddiplomski studij Šumarstvo, a 2017. stječem naziv univ. bacc. ing. silv., te iste godine upisujem diplomski studij Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem. U akademskoj godini 2017./2018. sudjelujem u studentskom projektu „Žarišta potkornjaka“ Šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu. Također sudjelujem na znanstvenom skupu PEFOSS 2018 u Sarajevu (10. – 12. listopada 2018.) gdje prezentiram rezultate prethodno navedenog projekta na engleskom jeziku. U listopadu 2018. godine dobitnica sam i Dekanove nagrade. Trenutno sam studentica druge godine diplomskog studija Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem na Šumarskom fakultetu sveučilišta u Zagrebu.

Antonia Iveković

Rođena 15. lipnja 1994. godine u Zagrebu. 2013. godine završila Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga, smjer prirodoslovna gimnazija. 2013. upisala Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu te završila preddiplomski studij 2017. sa zvanjem

univ.bacc.ing.silv. Tijekom studiranja sudjelovala na projektu ŽaP te sa istim sudjelovala na znanstvenom skupu PEFOSS u Sarajevu (10.-12. listopada 2018.). Također sudjelovala na skupu biljne zaštite u Opatiji (5.- 8. veljače 2019.) Trenutno studentica pete godine na smjeru Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem.

Jelena Keser

Rođena sam 15. srpnja 1994. godine u Zagrebu. Završila sam Osnovnu školu Eugena Kvaternika u Rakovici i srednju školu u Slunju, smjer opća gimnazija. Po zvanju sam sveučilišna prvostupnica (baccalaurea) inženjerka šumarstva. Trenutno studiram na diplomskom studiju, smjer Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem. Sudjelovala sam na Međunarodnom simpoziju „Čovjek – šuma – nauka“ (PEFOSS 2018) u Sarajevu. Tijekom fakulteta radila sam preko student servisa razne studentske poslove.