

# UČINKOVITOST SUHIH I MOKRIH NALETNO BARIJERNIH THEYSOHN® FEROMONSKIH KLOPKI U LOVU SMREKOVIH POTKORNJAKA *Ips typographus* L. I *Pityogenes chalcographus* L.

## EFFICIENCY OF DRY AND WET FLIGHT BARRIER THEYSOHN® PHEROMONE TRAPS IN CATCHING THE SPRUCE BARK BEETLES *Ips typographus* L. AND *Pityogenes chalcographus* L.

Luka KASUMOVIĆ<sup>1</sup>, Boris HRAŠOVEC<sup>2</sup>, Anamarija JAZBEC<sup>2</sup>

### Sažetak

Istraživanjem učinkovitosti suhih i mokrih Theysohn® naletno barijernih feromonskih klopki došlo se do novih spoznaja značajnih za monitoring populacija smrekovih potkornjaka – *Ips typographus* i *Pityogenes chalcographus*. Tijekom 2014. godine 12 mokro-suhih parova crnih Theysohn® naletno barijernih feromonskih klopki postavljeno je u dvije g. j. UŠP Gospić na različitim nadmorskim visinama. Šest parova klopki postavljeno je u g.j. Žitnik na 500 metara nadmorske visine, a preostalih šest na nadmorskoj visini od 1100 metara u g.j. Štirovača u blizini nacionalnog parka Sjeverni Velebit. Između testiranih klopki nije utvrđena statistički značajna razlika broja ulovljenih potkornjaka, iako je suha feromonska klopka ulovila veći broj jedinki smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka. Mokra i suha feromonska klopka pokazale su jednaku selektivnost prema predatorskoj entomofauni – *Thanasimus formicarius* i *Nemozoma elongatum*. U suhim feromonskim klopka utvrđena je redukcija broja ulovljenih potkornjaka djelovanjem predatora. Kod vrste *T. formicarius* uočena je mogućnost bijega iz suhih feromonskih klopki. Rezultati provedenog istraživanja omogućuju racionalniji pristup monitoringu populacija smrekovih potkornjaka sustavom suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn feromonskih klopki.

**KLJUČNE RIJEČI:** *Thanasimus*, *Nemozoma*

### UVOD INTRODUCTION

Potkornjaci su grupa kukaca koja obuhvaća gotovo 6.000 vrsta i s obzirom na način života moguće ih je podijeliti na dvije osnovne grupe (Faccoli, 2015; Kirkendall i dr., 2015). Prvu grupu čine potkornjaci koraši koji razvijaju svoje hodnike pod korom i iz njihovih ulaznih otvora sipi pilovina

smeđe boje. Drugu grupu čine potkornjaci drvaši koji su tehnički štetnici i svoje hodnike izgrizaju u drvu te iz njihovih ulaznih otvora sipi pilovina bijele boje. Smrekov pisar (*Ips typographus* L.) i šesterozubi smrekov potkornjak (*Pityogenes chalcographus* L.) spadaju u potkornjake koraše koji razvijaju hodnike pod korom i hrane se tankim slojem floema. Smrekov pisar i šesterozubi smrekov potkornjak dvije su najčešće vrste potkornjaka koje dolaze u smrekovim šu-

<sup>1</sup> Luka Kasumović, dipl. ing. šum., Kvarte 106, 53202 Perušić, kasum5@net.hr

<sup>2</sup> prof. dr. sc. Boris Hrašovec, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, bhrasovec@sumfak.hr

<sup>2</sup> prof. dr. sc. Anamarija Jazbec, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb, ajazbec@sumfak.hr

mama. Dok se smrekov pisar smatra najvažnijim štetnikom smreke u Europi (Christiansen & Bakke, 1988; Wermelinger, 2004; Wermelinger i dr., 2012; Persson i dr., 2009; Vakula i dr., 2014; Gutowski & Krzystofiak, 2005; Andebrandt, 1985; Montano i dr., 2016; i brojni drugi), šesterozubi smrekov potkornjak također može uzrokovati značajne štete (Grégoire & Evans, 2004; Schroeder, 2013). Uglavnom napadaju fiziološki oslabljena stabla nakon ledoloma, snjegoloma, vjetroloma ili dugotrajnih suša (Gutowski & Krzystofiak, 2005; Lindelöw & Weslien, 1986; Weslien & Lindelöw, 1990). U gradaciji ove dvije vrste su sposobne iz tipičnih sekundarnih prerasti u primarne štetnike i usmrtni potpuno zdrava stabla (Schroeder & Lindelöw, 2002; Hedgren & Schroeder, 2004; Faccoli & Bernadinelli, 2011; Wermelinger, 2004; Eriksson i dr., 2008; Hedgren, 2004; i brojni drugi). Upravo zbog sposobnosti prerastanja u primarne štetnike potreban je konstantan monitoring stanja populacija.

Monitoring stanja populacija potkornjaka sustavom klopki opremljenih feromonskim pripravcima svojevrsna je dopuna uzgojno-tehničkim i mehaničko-tehničkim mjerama u sustavu integrirane zaštite šuma od potkornjaka. Integrirana je zaštita sustav koji kombinira sve raspoložive metode zaštite bilja u cilju sprječavanja ekonomskih šteta i što manje onečišćenje okoliša te što niži utrošak energije (Maceljski i dr. 1983). Feromonske klopke se po načinu rada mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: doletne i naletne ili barijerne (Pernek, 2000).

Bakke i dr. (1977) navode tri komponente koje su važne u sastavu agregacijskog feromona smrekovog pisara: (S)-cis-verbenol, ipsenol i 2-metil-3-buten-2-ol. Populacijski ili agregacijski feromon privlači i mužjake i ženke. Feromon je važan dio olfaktorne komunikacije između jedinki potkornjaka.

Smreka luči različite hlapljive supstance – primarne atraktante ili kairomone (alfa pinen, limonen, mirken, delta karen i dr.) na koje reagiraju samo mužjaci (Schylter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000; Lukášová & Holuša, 2015). Mužjaci „pioniri“ privučeni hlapljivim supstancama ubušuju se u stabla smreke i uglavnom bivaju ubijeni zbog obilnog lučenja smole. Međutim, kako raste broj napada tako opada količina izlučene smole po ulaznoj rupi i naposljetku potkornjaci uspijevaju savladati obranu stabla domaćina. Mužjaci izgrizaju bračnu komoricu i luče agregacijske feromone koji privlače i mužjake i ženke (Schylter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000). Kada poraste konkurencija u stablu opada razina lučenja agregacijskih feromona, a istodobno raste razina lučenja antiagregacijskih feromona (Schylter & Andebrandt, 1989; Pernek, 2000). Uloga antiagregacijskih feromona je usmjeravanje napada nadolazećih jedinki potkornjaka na stabla u blizini. Upravo zbog lučenja antiagregacijskih feromona jako rijetko se u šumama smreke javljaju pojedinačna suha stabla, već se suha stabla javljaju u manjim grupama ili u skupinama (Klimetzek & Vite 1989. prema Pernek, 2000; Schylter & Andebrandt, 1989).

Na tržištu se danas mogu naći različite izvedbe feromonskih klopki koje opremljene s feromonskim pripravcima čine vrlo učinkovit sustav integrirane zaštite šuma od potkornjaka. U šumarstvu Hrvatske u zaštiti šuma od smrekovih potkornjaka uglavnom se koristi naletno barijerna feromonska klopka Theysohn® (THEYSOHN Kunststoff GmbH, J. F. Kennedy Straße 50, 38228 Salzgitter, Niedersachsen, Deutschland). Za privlačenje jedinki smrekovog pisara u feromonskim klopama koristi se pripravak Pheroprax® (BASF Aktiengesellschaft, Unternehmensbereich Pflanzenschutz, 67056 Ludwigshafen, Deutschland), a za privlačenje jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka koristi se pripravak Chalcoprax® (BASF Aktiengesellschaft, Unternehmensbereich Pflanzenschutz, 67056 Ludwigshafen, Deutschland).

Za vrste roda *Tomicus* primijećeno je da mogu pobjeći iz suhe naletno barijerne feromonske klopke nakon što upadnu u lovnu posudu (Hrašovec & Pernek, neobjavljeni rezultati). Mokra feromonska klopka polučila je bolje rezultate monitoringa krivozubih jelovih potkornjaka (*Pityokteines sp.*) (Pernek i dr., 2006; Pernek & Lacković, 2011). Ovim istraživanjem nastoji se dobiti uvid o mogućnostima primjene suhe i mokre feromonske klopke za monitoring populacija smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka.

## PODRUČJE I METODE ISTRAŽIVANJA AREA AND METHODS OF RESEARCH

Pokus je postavljen u smrekovim šumama Like u proljeće 2014. godine. Za pokus su odabrana dva žarišta napada smrekovih potkornjaka, jedno na području srednjeg Velebita na višoj nadmorskoj visini u g.j. „Štirovača“ i jedno na nižoj nadmorskoj visini u g.j. „Žitnik“. Visinska razlika između pokusnih ploha je gotovo 500 metara. Pokusna ploha na području g.j. „Štirovača“ postavljena je u neposrednoj blizini nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“.

U pokusu su korištene naletno barijerne Theysohn® feromonske klopke crne boje opremljene s feromonskim pripravcima Pheroprax® i Chalcoprax®. Na obje pokusne plohe uspostavljen je istovjetan način monitoringa populacije smrekovih potkornjaka pomoću dvije vrste feromonskih klopki – suhih i mokrih Theysohn® klopki. Klasične suhe Theysohn® feromonske klopke modificirane su u mokre na način da su otvori na dnu lovne posude začepljeni sa silikonom, a sa strane pri samom vrhu lovne posude napravljeni su otvori koji su prekriveni s mrežicom sitnog oka za preljevanje viška vode iz lovne posude. Korišteno je više slojeva mrežice sitnog oka kako bi se spriječio gubitak ulova iz lovne posude, pogotovo kod vrste šesterozubi smrekov potkornjak. U lovnoj posudi mokrih feromonskih klopki korištena je voda bez dodataka.

Na terenu su postavljene ukupno 24 feromonske klopke, od čega polovica suhih, a polovica mokrih. Klopke su na terenu postavljene u parovima. Dakle, ukupno šest suho-mo-



**Slika 1.** Modificirana mokra naletno barijerna crna Theysohn® feromonska klopka s mrežicom na lovnoj posudi. Detalj prikazuje dno lovne posude koje je začepljeno silikonom

**Fig. 1.** Modified wet Theysohn® flight barrier pheromone trap with plastic net on the side of plastic container. Detail shows the bottom of collecting box with holes sealed with silicone.

krih parova klopki postavljeno je za smrekovog pisara i šest suho-mokrih parova klopki za šesterozubog smrekovog potkornjaka. Od ukupno navedenih 12 suho-mokrih parova klopki, šest je postavljeno je u g.j. „Žitnik“ na nižoj nadmorskoj visini, a šest u g.j. „Štirovača“ na višoj nadmorskoj visini. Od šest suho-mokrih parova klopki u pojedinoj g.j. tri su namijenjena lovljenju smrekovog pisara, a tri lovljenju šesterozubog smrekovog potkornjaka.

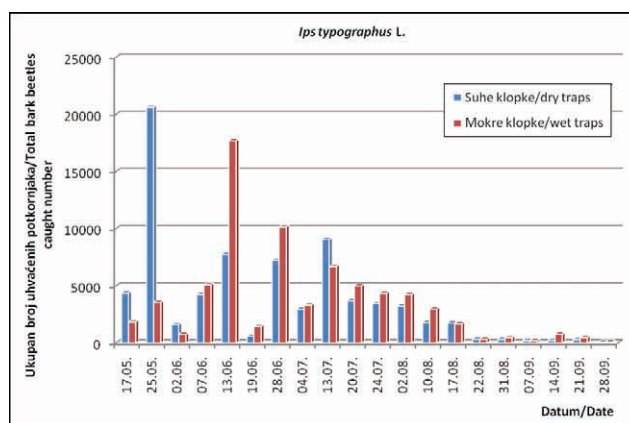
Istraživanje je započelo 17. svibnja i trajalo je do kraja vegetacijskog perioda, odnosno do 28. rujna. Lovne posude feromonskih klopki praznjene su svakih osam dana. Tijekom 2014. godine ukupno je obavljeno 20 tjednih sakupljanja iz 24 feromonske klopke. Ukupno je analizirano 480 tjednih ulova, pola iz suhih, a pola iz mokrih feromonskih klopki. Ulovi su do trenutka pregleda čuvani u 60 % etanolu. Osim dvije vrste potkornjaka, smrekovog pisara i šesterozubog smrekovog potkornjaka prilikom analize ulova brojane su i evidentirane predatorske vrste *Thanasimus formicarius* L. i *Nemozoma elongatum* L. Svi ulovi su prebrojani i evidentirani po datumima sakupljanja.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Analizom ulova feromonskih klopki izbrojano je 145.206 jedinki smrekovog pisara, od čega 73.994 jedinke u suhim

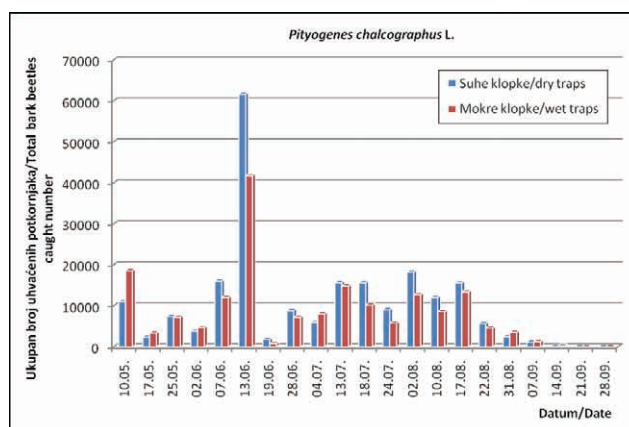
klopkama, a preostalih 71.212 jedinki u mokrim klopkama. Ukupno je izbrojano 394.096 jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka, od čega 214.950 jedinki u suhim klopkama i 179.146 jedinki u mokrim klopkama.

Ukupno je uhvaćeno 150 jedinki vrste *Thanasimus formicarius* L. i 118 jedinki vrste *Nemozoma elongatum* L. Od 150 jedinki vrste *T. formicarius*, 47 jedinki uhvaćeno je u suhim klopkama, a 103 jedinke u mokrim klopkama. 72 jedinke vrste *N. elongatum* uhvaćeno je u suhim klopkama, a 46 jedinki u mokrim klopkama.



**Slika 2.** Usporedba ukupnih ulova suhih i mokrih feromonskih klopki na obje pokusne plohe za vrstu potkornjaka *Ips typographus*

**Fig 2.** Total catches comparison in dry and wet pheromone traps on both experimental plots for bark beetle species *Ips typographus*

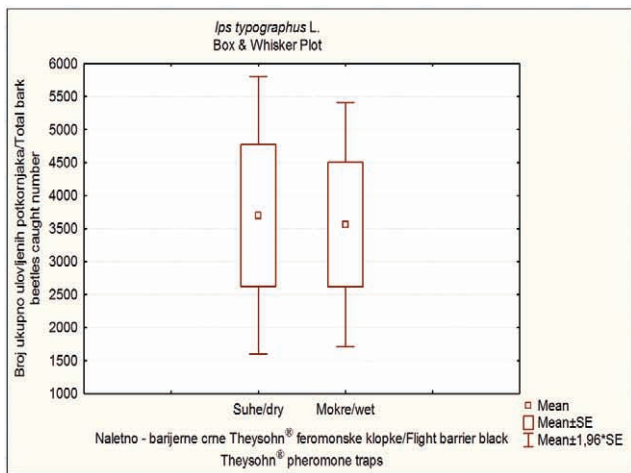


**Slika 3.** Usporedba ukupnih ulova suhih i mokrih feromonskih klopki na obje pokusne plohe za vrstu potkornjaka *Pityogenes chalcographus*

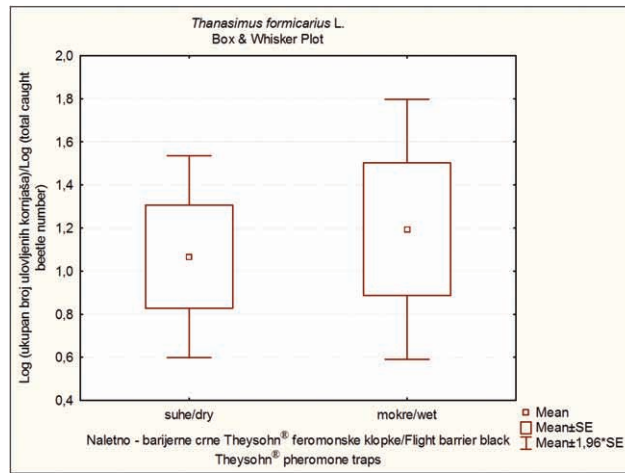
**Fig 3.** Total catches comparison in dry and wet pheromone traps on both experimental plots for bark beetle species *Pityogenes chalcographus*

**Tablica 1.** T-test ukupnih ulova vrste potkornjaka *Ips typographus* u suhim i mokrim naletno barijernim Theysohn® feromonskim klopkama  
**Table 1.** T-test of total catches for bark beetle species *Ips typographus* in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps

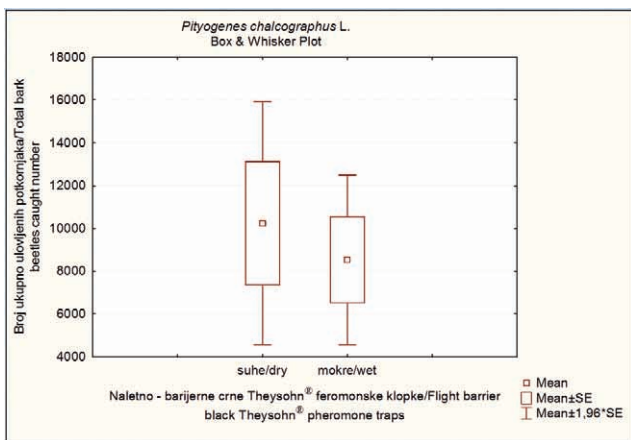
T - test for Independent Samples											
Note: Variables were treated as independent samples											
Group 1 vs. Group 2	Mean	Mean	t - value	df	p	Valid N	Valid N	Std. Dev.	Std. Dev.	F - ratio	p
	Group 1	Group 2				Group 1	Group 2				
Suhe/dry vs. mokre/wet	3699,700	3560,600	0,097306	38	0,922995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



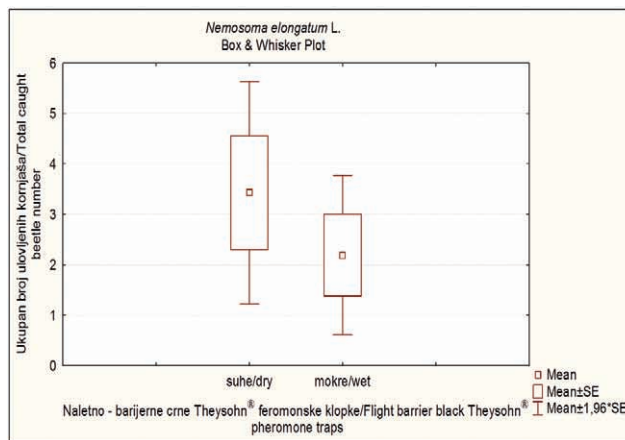
**Slika 4.** Grafički prikaz ukupnih ulova suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn® feromonskih klopki za vrstu potkornjaka *Ips typographus*  
**Figure 4.** Total catches graphic display in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps for bark beetle species *Ips typographus*



**Slika 6.** Grafički prikaz ukupnih ulova suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn® feromonskih klopki za predatorsku vrstu kornjaša *Thanasimus formicarius*  
**Figure 6.** Total catches graphic display in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps for predator beetle species *Thanasimus formicarius*



**Slika 5.** Grafički prikaz ukupnih ulova suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn® feromonskih klopki za vrstu potkornjaka *Pityogenes chalcographus*  
**Figure 5.** Total catches graphic display in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps for bark beetle species *Pityogenes chalcographus*



**Slika 7.** Grafički prikaz ukupnih ulova suhih i mokrih naletno barijernih Theysohn® feromonskih klopki za predatorsku vrstu kornjaša *Nemosoma elongatum*  
**Figure 7.** Total catches graphic display in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps for predator beetle species *Nemosoma elongatum*

**Tablica 2.** T-test ukupnih ulova vrste potkornjaka *Pityogenes chalcographus* u suhim i mokrim naletno barijernih Theysohn® feromonskim klopka  
**Table 2.** T-test of total catches for bark beetle species *Pityogenes chalcographus* in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps

T - test for Independent Samples											
Note: Variables were treated as independent samples											
Group 1 vs. Group 2	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
Suhe/dry vs. mokre/wet	10235,710	8530,762	0,483005	40	0,631726	21	21	13253,3	9274,287	2,042146	0,118605

**Tablica 3.** T-test ukupnih ulova predatorske vrste kornjaša *Thanasimus formicarius* u suhim i mokrim naletno barijernih Theysohn® feromonskim klopka  
**Table 3.** T-test of total catches for predator beetle species *Thanasimus formicarius* in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps

T - test; Grouping: Klopka											
Group 1: mokre/wet											
Group 2: suhe/dry											
Variable	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
Ln	1,194221	1,066819	0,309027	26	0,759764	16	12	1,231658	0,828332	2,210916	0,188821



**Tablica 4.** T-test ukupnih ulova predatorske vrste kornjaša *Nemozoma elongatum* u suhim i mokrim naletno barijernim Theysohn® feromonskim klopkaTable 4. T-test of total catches for predator beetle species *Nemozoma elongatum* in dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps

T - test for Independent Samples											
Note: Variables were treated as independent samples											
Group 1 vs. Group 2	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		
Suhe/dry vs. Mokre/wet	3,428571	2,190476	0,893529	40	0,376919	21	21	5,163056	3,696201	1,951203	0,143496

## RASPRAVA DISCUSSION

Istraživanje učinkovitosti suhe i mokre naletno barijerne Theysohn® feromonske klopke polučilo je rezultate važne za integriranu zaštitu šuma od smrekovih potkornjaka jer između testiranih klopki nije utvrđena statistički značajna razlika broja ulovljenih jedinki kod obje vrste potkornjaka. Mokra Theysohn® feromonska klopka lovi veći broj krivozubih jelovih potkornjaka (*Pityoketes sp.*) u odnosu na klasičnu suhu Theysohn® feromonsku klopku (Pernek, 2006; Pernek & Lacković, 2011). Miller & Duerr (2008) uspoređivali su ulove u mokim i suhim Lingren® multiple funnel feromonskim klopka. Osim zaključka koja klopka lovi više potkornjaka dugo vremena se postavljalo pitanje eventualnog bijega smrekovih potkornjaka iz feromonske klopke.

Međutim, kako razlika broja ulovljenih potkornjaka nije signifikantna odbačena je mogućnost potencijalnog bijega potkornjaka iz suhih feromonskih klopki. Veći broj jedinki obje vrste potkornjaka ulovljen je u suhim klopka, u kojima dolazi do naknadne redukcije broja ulovljenih jedinki djelovanjem predatora *T. formicarius* i *N. elongatum*.

S druge strane razlog većeg ulova potkornjaka u suhim feromonskim klopka moguć je zbog raspadanja potkornjaka u vodi i nastanka različitih hlapljivih supstanci neugodnog mirisa koje kukci detektiraju. U lovnim posudama mokrih klopki korištena je voda bez dodataka pa se postavlja pitanje koliko dugo jedinke potkornjaka žive prije nego se utope jer je poznato je da kukci plutaju na površini vode zbog površinske napetosti. Ponekad i u suhim feromonskim klopka za vrijeme kišnih dana ima dovoljno vode pri čemu dolazi do raspadanja potkornjaka, ali broj mrtvih potkornjaka gledajući cijelo razdoblje monitoringa neusporedivo je veći u mokrim nego u suhim klopka. Poznato je da akumulirani mrtvi potkornjaci mogu signifikantno reducirati učinkovitost feromonske klopke (Kretschmer, 1990). Velik broj mrtvih potkornjaka reducira učinkovitost klopke i do 50 % (Bakke i dr., 1983) zbog produkcije verbenona i ipsenola (Bakke, 1981), odnosno verbenona i 1-hexanola (Zhang i dr., 2003).

Kombinacijom elektroantennografske i kromatografske detekcije antene živih potkornjaka oba spola vrste *I. typographus* izložene su različitim supstancama koje nastaju raspadanjem

potkornjaka. Analiza je pokazala da antene oba spola reagiraju na 1-hexanol i verbenon, dok dimetil-disulfat, 3-metil-1-butenol, 2,5-dimetil pirazin i izovalerična kiselina nisu uzrokovale podražaj antena. Razlog iz kojeg su mokre feromonske klopke pokazale bolje rezultate monitoringa u prethodnim istraživanjima (Pernek, 2006; Pernek & Lacković, 2011) vjerojatno je posljedica više različitih čimbenika: istraživane su druge vrste potkornjaka (*Pityoketes sp.*), vidno drukčija biologija (vrijeme rojenja, feromonska komunikacija), drukčije sastojinske i vremenske prilike koje uvelike mogu utjecati na ulove feromonskih klopki.

Gledajući broj ulovljenih predatora u odnosu na ukupan broj ulovljenih potkornjaka i suhe i mokre feromonske klopke izuzetno su selektivne. Za obje predatorske vrste (*T. formicarius* i *N. elongatum*) nema statistički značajne razlike broja ulovljenih kornjaša između uspoređivanih feromonskih klopki. Međutim, nije odbačena mogućnost bijega vrste *T. formicarius* iz suhih feromonskih klopki. Nerijetko tijekom istraživanja u lovnim posudama suhih feromonskih klopki pronađeni su ostatci tijela smrekovog pisara (glave), dok predatori *T. formicarius* L. u lovnim posudama nisu uočeni. Vrste *T. formicarius* i *Thanasimus rufipes* Brahm. bile su signifikantno brojnije u feromonskim klopka koje su usmrćivale kukce u odnosu na kontrolne klopke (Müller i dr., 2008). Vrsta *Thanasimus dubius* F. bila je statistički značajno brojnija u mokrim u usporedbi sa suhim Lingren® multiple funnel feromonskim klopka (Miller & Duerr, 2008). Kod vrste *N. elongatum* odbačena je mogućnost bijega iz suhih feromonskih klopki, ali je utvrđena redukcija broja ulovljenih jedinki šesterozubog smrekovog potkornjaka djelovanjem ovog predatora u lovnjoj posudi suhih feromonskih klopki.

U integriranoj zaštiti šuma od smrekovih potkornjaka moguća je upotreba i suhih i mokrih naletno barijernih crnih Theysohn® feromonskih klopki. Manipulacija suhom feromonskom klopkom na terenu te sakupljanje i analiza suhih uzoraka znatno je lakša.

## ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Autori se zahvaljuju Marku Kasumoviću bacc. oec., Tajani Akmačić mag. iur. i Martini Dasović bacc. admin. public.

na bezuvjetnoj pomoći prilikom sakupljanja uzoraka na terenu i analizi uzoraka u laboratoriju. Posebne zahvale rukovoditelju Odjela uređivanja šuma UŠP Gospić Ivici Serdaru, dipl. ing. šum. na bezuvjetnoj pomoći i podržci pri postavljanju pokusa.

## LITERATURA REFERENCES

- 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.
- 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 and 1980. Reports of the Norwegian Forest Research Institute. 5/81, p. 39.
- Bakke, A.; Froyen, L.; Skattebol, L. 1977: Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften*. 64, 98–99.
- 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.
- 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.
- 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.
- Faccoli, M. 2015: European bark and ambrosia beetles: types, characteristics and identification of mating systems. WBA handbook, 5. Verona. p. 160.
- 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.
- Grégoire, J. C. & Evans, H. F. 2004: Damage and control of BAW-BILT organisms – an overview, p. 23. 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.
- Gutowski, M. J. & Krzysztofak, 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.
- 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.
- 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.
- Kirkendall, L. R.; Biedermann, P. H. W.; Jordal, B. H. 2015: Evolution and diversity of Bark and Ambrosia Beetles, p. 85. In: Bark beetles – biology and ecology of native and invasive species. Edited by: Fernando E. Vega & Richard W. Hofstetter. Elsevier. United Kingdom. p. 620.
- Klimatzek, D. & Vite, J. P. 1989: Tierische Schaedlinge. Schmit – Vogt, H.: Die Fichte. II/2: 40–482.
- Kretschmer, K. 1990: The effect of carrion smell on the catching – efficiency of spruce bark beetle traps. *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 63, 46–48.
- Lindelöw, Å. & Weslien, J. 1986: Sex-specific emergence of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) and flight behavior in response to pheromone sources following hibernation. *Canadian Entomologist*. 118, 59–67.
- 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.
- Maceljiski, M.; Uščuplić, M.; Cvjetković, B.; Krnjajić, Đ.; 1983: Integralna zaštita. Jugoslevensko savjetovanje o primjeni pesticida. Zbornik radova. Neum, 677–712.
- Miller R. D. & Duerr A. D.; 2008: Comparison of Arboreal Beetle Catches in Wet and Dry Collection Cups with Lindgren Multiple Funnel Traps. *Journal of Economic Entomology*. 101(1), 107–113.
- Montano V.; Bertheau, C.; Doležal, P.; Krumböck, S.; Okrouhlik, J.; Stauffer, C.; Moodley, Y. 2016: How different management strategies affect *Ips typographus* L. dispersal. *Forest Ecology and Management*. 360, 195–204.
- Müller, M.; Schua, A.; Kotte, S. & Vetter, S. 2008: The really frequency of Ant Beetles, *Thanasimus formicarius*, *Thanasimus rufipes*, *Thanasimus pectoralis* (Cleridae) and bark beetles (Scolytidae) in bark beetle traps. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung/ German Journal of Forest Research*. 179, 51–56.
- Pernek, M. 2000: Feromonske klopke u integralnoj zaštiti smrekovih šuma od potkornjaka. Rad Šumarskog instituta. Jastrebarsko. 35(2): 89–100.
- Pernek, M. & Lacković, N.; 2011: Uloga jelovih krivozubih potkornjaka u sušenje jela i mogućnosti primjene feromonskih klopki za njihov monitoring. *Šumarski list, posebno izdanje*, 114–121.
- 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.
- Persson, Y.; Vasaitis, R.; Långström, B.; Öhrn, P.; Ihrmark, K.; Stenlid, J. 2009: Fungi Vected by the Bark Beetle *Ips typographus* Following Hibernation Under the Bark of Standing Trees and in the Forest Litter. *Fungal Microbiology*. 58, 651–659.
- 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.
- 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.
- Schylter, F. & Andebrandt, O. 1989: Mass attack of trees by *Ips typographus* induced by sex-specific pheromone: a model of attack dynamics. *Holarctic Ecology*. 12, 415–426.
- 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.
- Wermelinger, 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. Forest Ecology and Management. 202, 67–82.
  - Wermelinger, B.; Epper, C.; Kenis, M.; Ghosh, S. & Holdener, O. 2012: Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. Journal of Applied Entomology. 136(3), 212–224.
  - 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.
  - 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.

## Abstract

Efficiency of dry and wet flight barrier Theysohn® pheromone traps in catching the spruce bark beetles *Ips typographus* L. and *Pityogenes chalcographus* L.

Eight toothed spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) and six toothed spruce bark beetle (*Pityogenes chalcographus* L.) are most imported pests of mature spruce forests in whole Europe. When the populations are low they usually attack the trees which are weakened by snow, wind, highlight or some other biotic or abiotic factors. When the populations increase higher they can attack and kill living standing trees and thus become primary pests. Monitoring of populations with pheromone traps is an important tool in integrated forests protection. During the last two decades the foresters in Croatia mainly use the classic black Theysohn® flight barrier pheromone traps for monitoring of spruce bark beetle populations in spruce forests.

The aim of the study was to investigate is there any significant difference in catches between dry and wet flight barrier pheromone traps, is there any possibility that bark beetles can escape from pheromone traps after they fall down in plastic box at the bottom of pheromone traps, and is there any difference in selectivity of compared traps to predator species (*Thanasimus formicarius* L., *Nemozoma elongatum* L.).

In 2014. a field experiment was set up in spruce stands in two sites, one in higher elevation and one in lower elevation. In each site three black Theysohn® flight barrier pheromone traps using water in collecting box were compared with three traps with dry boxes, for each bark beetle species. The holes on the bottom of collecting boxes on wet traps were sealed with silicone. Also new made holes at the side of collecting boxes were covered with plastic net to stop the loss of captured bark beetles with water overflow. The traps were loaded with pheromone lures – Pheroprax® lure for *I. typographus* and Chalcoprax® for *P. chalcographus*.

Totally for each species were set up six pairs of dry-wet pheromone traps, three pairs on lower and three pairs on higher elevation.

The experiment started 17<sup>th</sup> of May and was finalized in the last week of September. The traps were emptied every eight days. The caught beetles were kept in 60% ethanol until the moment when they were determined and counted. Except the two main bark beetle species, also the predator species *T. formicarius* and *N. elongatum* were counted. In total 73.994 specimens of *I. typographus* were caught in dry, and 71.212 specimens in wet traps. In dry traps 214.950 specimens of *P. chalcographus* were caught, and 179.146 specimens in wet traps. There was no significant difference between dry and wet pheromone traps for both bark beetle species. It can be concluded easily that *I. typographus* and *P. chalcographus* could not escape from traps after they fall down in collecting box at the bottom of traps, what isn't case with *Tomicus* species (Hrašovec & Pernek, unpublished results).

In both case bigger number of bark beetles (no statistically significant) were caught in dry traps. The reason may be the production of 1-hexanol and verbenon in wet traps. More dead bark beetles was found in wet pheromone traps what is logical because after they fall down in plastic hunting box which is full of water they get drown after some time, what is no case with bark beetles in dry pheromone traps. Increasing the number of dead beetles can reduce the efficiency of pheromone traps (Kretschmer, 1990; Bakke et al, 1983). The smell of dead bark beetles significantly reduce the efficiency of pheromone traps, but in the moment it wasn't known which component were responsible for it. Lower efficiency of pheromone traps is consequence of production 1-hexanol and verbenon from dead bark beetles (Zhang et al., 2003).

Pernek (2006), Pernek & Lacković (2011) had a better monitoring results of silver fir bark beetle species (genus *Pityokteines*) with wet traps compared to dry traps. The classic black Theysohn® traps were used like in this experiment. The reason why the wet pheromone traps had shown a better results in previous research (Pernek, 2006; Pernek & Lacković, 2011) probably is consequence of different factors: biology and pheromone communication, swarming time, weather conditions and different type of stands. All this factor could have a important impact on pheromone trap catches.

There is no significant difference in selectivity of compared traps to predators. The dry pheromone traps catch less individuals of *T. formicarius* L. and more individuals of *N. elongatum* compared to wet traps. It had been observed the escape possibility of *T. formicarius* from dry traps. During the analysis of some samples just the eaten bark beetles had been found in dry traps, and there wasn't any *Thanasimus* specimens. *N. elongatum* couldn't escape from dry traps, and there was some reduction of caught six tooth bark beetles in dry pheromone traps by this predator.

The results support the use of both type of traps in monitoring of spruce bark beetle species. Although, dry trap setting in the field, collecting and analyzing of dry catches is much easier.

---

**KEY WORDS:** monitoring, *Thanasimus*, *Nemozoma*