

# ČIASTKOVÉ VÝSLEDKY ANALÝZY ODCHYTU LYKOŽRÚTA SMREKOVÉHO DO FEROMÓNOVÝCH LAPAČOV V TICHEJ A KÔPROVEJ DOLINE ZA OBDOBIE 2006 A 2007

Christo Nikolov • Ján Ferenčík • Jozef Vakula • Marcel Dubec • Juraj Galko  
• Andrej Gubka • Andrej Kunca • Michal Lalík • Slavomír Rell • Milan  
Zúbrik

**Nikolov, Ch., Ferenčík, J., Vakula, J., Dubec, M., Galko, J., Gubka, A., Kunca, A., Lalík, M., Rell, S., Zúbrik, M.: Partial results of analysis of European spruce bark beetle captures to pheromone traps in Ticha and Kôprova valley in period 2006 and 2007.** APOL, 2022, vol. 3, no. 2, p. 246–253.

**Abstract:** The flight activity of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*) is related to the response to pheromones and abiotic and biotic conditions.

In 2006 ( $n=216$ ) and 2007 ( $n=290$ ), pheromone-baited traps were used to monitor the population dynamics of *Ips typographus* in High Tatra National Park.

This study aims to present the partial results of an exploratory analysis of selected factors affecting the number of beetles caught in pheromone traps. The best explanation of the variation in trap catches was found in the first year of the study (2006, two years after windthrow), when the bark beetle population density was relatively low. The most significant explanatory variable affecting the number of trapped beetles was the duration of incoming solar radiation. In the second year (2007), the area of infested trees and trap distance to these trees were the most significant variables, but the explained variation was very low.

**Key words:** *Ips typographus*; pheromone traps

## Úvod

Lykožrút smrekový už niekoľko rokov patrí medzi najškodlivejších činiteľov v lesoch Slovenska. Premnoženie obyčajne nasleduje po extrémnych udalostiach, ako sú veľké veterné smršte. Po kalamiťe z roku 2004 sa podkôrny hmyz na mnohých miestach premnožil až po hornú hranicu lesa. Vývoj populácie podkôrneho hmyzu odrážal kombináciu viacerých nepriaznivých faktorov, najmä prítomnosť množstva nespracovaného kalamitného dreva, existenciu rozptýlenej kalamity v okolitých porastoch ako aj následné klimaticky priaznivé roky pre vývoj.

Šírenie lykožrúta smrekového je úzko spojené s reakciou na feromóny (Schlyter 1992; Zolubas & Byers 1995; Byers et al. 1998, Byers 2012). Feromónové lapače sa v súčasnosti využívajú na kontrolu a monitoring výskytu podkôrneho hmyzu pred objavením sa viditeľných príznakov poškodenia v sledovanej oblasti. Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov výrazne závisí od prírodného prostredia a podmienok, ako je teplota, expozícia, oslnenie, prítomnosť okolitých padnutých, polámaných a oslabených stromov (Lausch et al. 2011; Lobinger 1995; Mezei et al. 2012; Wermelinger 2004; Wulder et al. 2006).

Viacero autorov sa zaoberalo účinnosťou feromónových lapačov pri odchyte lykožrúta smrekového (Dimitri et al. 1992; Lobinger & Skatulla 1996; Duelli et al. 1997; Wichmann & Ravn 2001). Podľa Lobinger & Skatulla (1996) účinnosť lapačov na zachytenie populácie hmyzu je len okolo 3% a pri vysokej hustote rozmiestnenia lapačov 10% z celkovej hustoty populácie (Weslien & Lindelöw 1990; Lobinger & Skatulla 1996; Wermelinger 2004). V práci Wichmann & Ravn (2001) sú spomenuté čiastkové nepublikované výsledky výskumu, kde vyhodnotili účinnosť lapačov na odchyt celkovej lokálnej populácie podkôrneho hmyzu medzi 2 – 45%. Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov nekoreloval s hustotou napadnutých stromov. Autori zhodnotili efekt lapačov ako ochranného opatrenia za veľmi limitovaný.

Proces šírenia podkôrneho hmyzu je ovplyvnený množstvom faktorov. V práci prezentujeme čiastkové predbežné výsledky vyhodnotenia vplyvov vybraných premenných na veľkosť odchyty lykožrúta smrekového do feromónových lapačov. Cieľom práce bolo zistiť závislosti medzi charakteristikami prostredia (miesto inštalácie pasce) a počtom odchytených chrobákov. Na základe získaných výsledkov načrtnúť všeobecné odporúčania pre prax. Práca prezentuje čiastkové výsledky výskumu, použité štatistické metódy dávajú základný prehľad o vplyve vybraných faktorov na veľkosť odchyty. Výsledky práce budú neskôr doplnené o údaje z viacerých lokalít a rokov sledovania na ktoré budú aplikované pokročilejšie štatistické modely.

## Metodika

### Skúmané územie

Skúmané územie leží v Tatranskom národnom parku v ochrannom obvode Podbanské. Sem spadajú maloplošné chránené územia, národná prírodná rezervácia (ďalej NPR) Tichá a Kôprová dolina, časť Važeckej doliny a prírodná rezervácia Machy. Počiatočná populácia podkôrneho hmyzu pred kalamiťou z roku 2004 bola v študovanom území nízka, skoro žiadna. Ohniská lykožrútovej kalamity z leteckých snímok neboli zaznamenané. Prevažná časť skúmaných porastov je v piatom stupni ochrany, manažment bol povolený len v južnej časti územia.

### Feromónové lapače

Na území kalamitiska boli za účelom monitoringu lykožrútovej kalamity v rokoch 2005 – 2009 inštalované feromónové lapače podľa normy STN 48 2711 „Ochrana lesa proti hlavným druhom podkôrneho a drevokazného hmyzu na ihličnatých drevinách“. Použité boli nárazové štrbinové (Theysohn) a nárazové bariérové (Ecotrap) lapače, v ktorých boli použité odparníky Pheroprax A a IT Ecolure. Lapače boli vyprázdňované v intervale 7 – 14 dní. Počet odchytených lykožrútov bol zistený na základe vzťahu 1 ml = 40 ks lykožrútov (STN 48 2711). Počty lapačov a ich rozmiestnenie boli navrhnuté v spolupráci ŠL TANAP a Lesníckeho výskumného ústavu Zvolen (Zúbrik et al. 2005; Vakula et al. 2007). V predkladanej práci boli spracované údaje z odchyty za roky 2006 a 2007.

**Tabuľka 1.** Počet a typ lapačov a feromónov použitých pri odchyte

**Table 1.** Number and type of pheromone-traps and pheromone attractants used

Lapač	2006		2007	
	Odparník			
	IT Ecolure	Pheroprax	IT Ecolure	Pheroprax
Ecotrap	43	30	53	34
Theysohn	91	52	122	81

Pre potreby odvodenia faktorov vplyvajúcich na odchyt do feromónových lapačov bolo vytvorených niekoľko digitálnych vrstiev. Použité boli dostupné abiotické charakteristiky stanovišta umiestnenia lapača a vzdialenosti potenciálneho zdroja podkôrneho hmyzu od inštalovaných lapačov.

Pozície jednotlivých lapačov z GPS boli zaznamenávané v súradnicovom systéme WGS 1984. Formuláre odchyty obsahovali údaje o lokalite, v ktorej bol lapač umiestnený, číslo najbližšieho dielca a čiastkovej plochy porastu, číslo lapača, typ lapača, typ feromónového odparníka, dátum inštalácie odparníka, dátum kontroly, ukončenie obdobia a počet kusov odchytených jedincov lykožrúta smrekového za jednotlivé roky. Pred uvedeným spracovaním údajov boli odstránené lapače, ktorých doba inštalácie nebola konzistentná s hlavnou skupinou lapačov (boli umiestnené kratšie, alebo začiatok a koniec inštalácie boli výraznejšie posunuté).

Pre získanie ďalších charakteristík umiestnenia lapačov, dôležitých z hľadiska šírenia podkôrneho hmyzu, boli vygenerované charakteristiky stanovišta jednotlivých lapačov. Použitý bol Digitálny Model Reliéfu úrovne 3 (DMR-3), čo predstavuje digitálny súbor informácií o výškových údajoch terénu z územia Slovenskej republiky, ktoré sú reprezentované maticou výškových údajov terénu vo vzťahu k definovanému polohovému a výškovému systému.

Jednotlivé charakteristiky stanovišť boli z DMR vygenerované priestorovými analýzami v prostredí ArcGIS, nástrojom Spatial Analyst. Jedná sa o nasledovné charakteristiky:

- Nadmorská výška (m n. m.)
- Sklon georeliéfu (°)
- Potenciálna solárna radiácia (WH/m<sup>2</sup>) – oslnenie reliéfu – bolo kvantifikované prostredníctvom rastrovej vrstvy globálneho slnečného žiarenia /resp. slnečnej radiácie/, predstavujúcej množstvo dopadajúceho slnečného žiarenia (priameho plus difúzneho) vyjadreného v WH/m<sup>2</sup> a rastrovej vrstvy dĺžky trvania dopadajúceho slnečného žiarenia, uvedená vrstva predstavuje:
- Potenciálnu dĺžku oslnenia georeliéfu (hod.).

Rastrové vrstvy ostatných dvoch uvedených charakteristík boli počítané pre obdobie 15. apríl – 15. september (153 dní) aproximujúce letovú aktivitu podkôrneho hmyzu. Výpočet prebiehal v 7 dňových intervaloch s 0,5 hodinovými rozstupmi v rámci dňa s parametrami priepustnosti atmosféry a difúznej zložky žiarenia aproximujúcimi podmienky jasnej oblohy. Z uvedeného vyplýva, že vypočítané charakteristiky nereflektujú vplyv počasia za uvedené obdobie. Z rastrov slnečnej radiácie boli nástrojom zonálnej štatistiky vyextrahované sumárne štatistické informácie o slnečnej radiácii na jednotlivých plochách a na miestach lapačov.

Ďalej boli počítané vzdialenosti a rozloha potenciálneho zdroja podkôrneho hmyzu vplývajúce na veľkosť odchyty do feromónových lapačov. Ako potenciálne ohnisko šírenia lykožrúta smrekového boli použité nasledovné digitálne vrstvy, ich rozloha a vzdialenosť lapača od nich.

- Nespracovaná vetrová kalamita
- Výskyt ohnísk (chrobačiarov) z predošlého roku umiestnenia lapača
- Chrobačiare z roku umiestnenia lapača
- Vzdialenosť porastových stien od lapača.

## Štatistické metódy

Pre zistenie základného vplyvu prostredia na veľkosť odchyty na základe vyššie opísaných premenných bol použitý regresný model, konkrétne metóda krokovej viacrozmernej lineárnej regresie v programe R s použitím balíka “MASS” (Venables & Ripley 2002). Najvhodnejší model bol vybraný pomocou Akaikeho informačného kritéria (AIC). V konečnej fáze program vygeneroval kombináciu a počet premenných tak, aby bol model čo najrobustnejší a najviac zachytil vysvetlenú variabilitu. Výsledkom je jeden model pre daný súbor údajov zvolený ako najlepší podľa stanovených kritérií. Medzi premenné, ktoré vstupovali do interakcie sme zaradili rozlohu a vzdialenosť polygónov nespracovanej vetravej kalamity, chrobačiarov z roku inštalácie lapača a z roku pred inštaláciou lapača. Pre zhodnotenie miery kvality modelu bol použitý upravený koeficient determinácie (Adjusted R-Square), ktorý odstraňuje problém s rastúcou hodnotou koeficientu determinácie  $R^2$  pri rastúcom počte premenných a umožňuje porovnať modely s rôznym počtom parametrov.

**Tabuľka 2.** Premenné vstupujúce do modelu závislosti odchyty lykožrúta smrekového do feromónových lapačov

**Table 2.** Variables used in the model to estimate the relation of trap captures of European spruce bark beetles

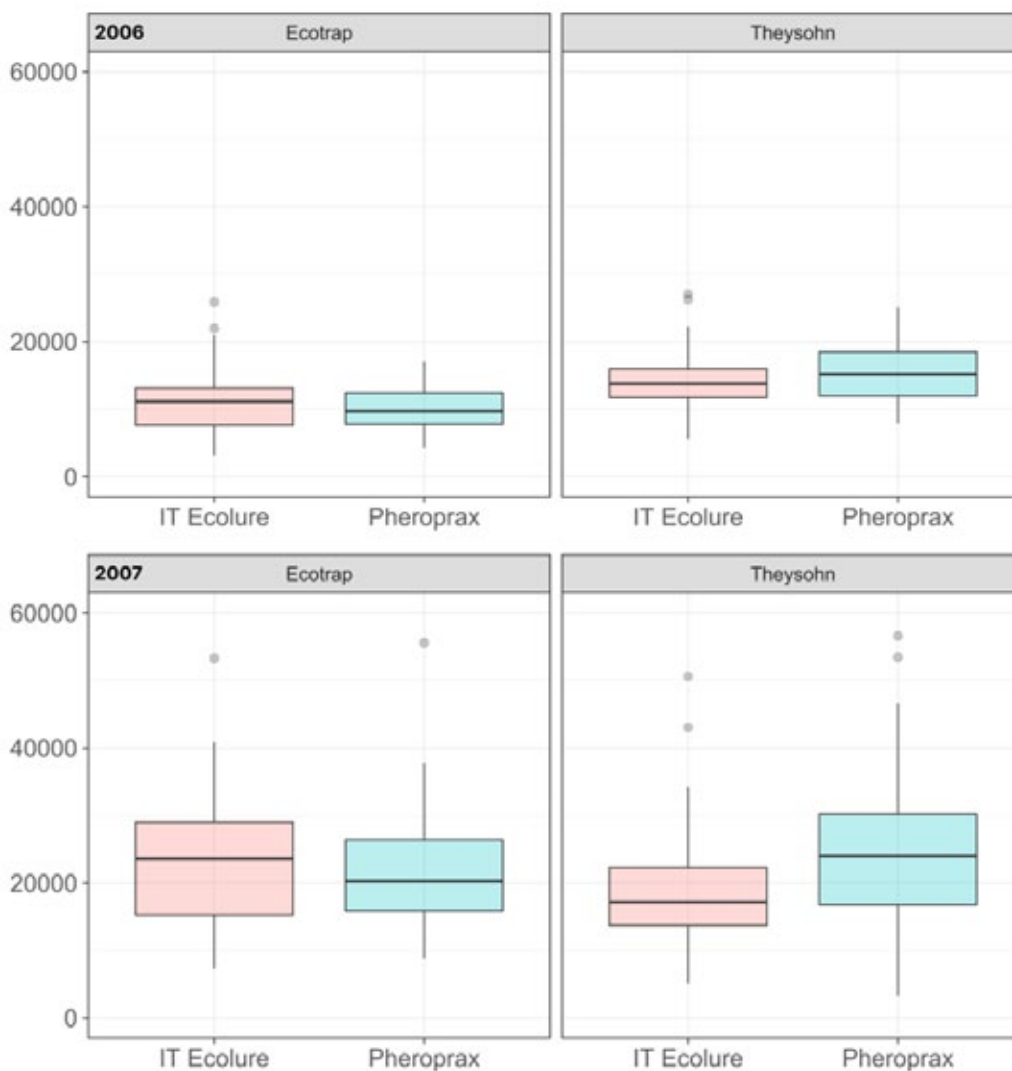
Premenná	Katégoria premennej	Opis premennej	Jednotky	Zdroj	Skratka
Závislá	Biologické	Počet odchytených jedincov do feromónových lapačov	ks	Záznamy ŠL – TANAP	y
Nezávislá	Biologické/štruktúrne údaje	Vzdialenosť k nespracovanej vetravej kalamite	m	ortofotomapy (2005)	nesp_dist
		Rozloha nespracovanej vetravej kalamity	m <sup>2</sup>	ortofotomapy (2005)	nesp_area
		Vzdialenosť k chrobačiarom z roku inštalácie lapača	m	ortofotomapy (2005 – 2007)	chr_dist
		Rozloha chrobačiara z roku inštalácie lapača	m <sup>2</sup>	ortofotomapy (2005 – 2007)	chr_area
		Vzdialenosť k chrobačiarom z predošlého roka	m	ortofotomapy (2005 – 2007)	CHpre_dist
		Rozloha chrobačiara z predošlého roka	m <sup>2</sup>	ortofotomapy (2005 – 2007)	CHpre_area
		Vzdialenosť k porastovej stene	m	JPRL	por_dist
	Počet dní lapača v teréne	deň	Záznamy ŠL – TANAP		
	Klimatické	Potenciálna solárna radiácia	Wh/m <sup>2</sup>	DMR 3, ArcGis 10, model	solrad
		Potenciálna doba slnečného svitu	h	DMR 3, ArcGis 10, model	soldur
Topografické	Sklon	°	DMR 10 m	slope	
	Nadmorská výška	m	DMR 10 m	alt	

Zdroj: DMR, NLC.

## Výsledky

Priemerne sa v roku 2006 chytilo do lapača ( $n = 216$ ) približne 12 tisíc jedincov. Odchyt bol vyšší do lapačov typu Theysohn, tento rozdiel však nebol signifikantný. Signifikantné neboli ani rozdiely v odchytach podľa typu odparníka.

V roku 2007 sa priemer odchytených jedincov na lapač ( $n = 290$ ) v Tichej a Kôprovej doline zvýšil na viac ako 22 tisíc. Signifikantné rozdiely v odchytach medzi druhmi lapačov s rôznymi typmi odparníkov neboli zaznamenané.



**Obrázok 1.** Veľkosť odchytov lykožrúta smrekového do feromónových lapačov za roky 2006 a 2007  
*Figure 1.* European spruce bark beetle captured in pheromone traps in 2006 and 2007

### Významné faktory vplývajúce na veľkosť odchytu

Model použitý pre lapače umiestnené v skúmanej časti územia v roku 2006 objasnil 57 % variability ( $\text{Adj. } R^2 = 0,57$ ) a do výpočtu bolo zahrnutých 6 premenných (tab. 3), Medzi vysoko významné premenné patrili potenciálna dĺžka oslnenia georeliéfu ( $p < 0,001$ ), počet dní umiestnenia lapača ( $p < 0,001$ ) nadmorská výška ( $p < 0,001$ ) a sklon ( $p < 0,001$ ), Ako významnú premennú model identifikoval vzdialenosť nespracovanej vetrovej kalamity ( $p < 0,001$ ) a mierne významnú vzdialenosť od chrobačiarov vzniknutých rok pred inštalovaním lapača ( $p = 0,0146$ ), Odchyt do feromónových lapačov

pozitívne ovplyvnili nasledovné premenné: vzdialenosť od nespracovanej vetrovej kalamity, potenciálna dĺžka oslnenia, sklon georeliéfu a vzdialenosť lapačov od ohnisk lykožrúta – chrobačiarov z predošlého roka inštalácie lapača, Negatívne vplyvajúce premenné: počet dní umiestnenia lapača v teréne a nadmorská výška,

V roku 2007 model aplikovaný na lapače rozmiestnené v skúmanom území objasnil 16 % celkovej variability (Adj,  $R^2 = 0,16$ ) a do výpočtu zahrnul 7 premenných, Z toho medzi vysoko významné premenné model identifikoval rozlohu chrobačiarov vzniknutých rok pred inštalovaním lapača ( $p < 0,001$ ) a ich rozlohu ( $p < 0,001$ ) a interakciu medzi nimi ( $p < 0,001$ ), Medzi mierne významné premenné zapojené do procesu modelovania patria: počet dní umiestnenia lapača ( $p = 0,0229$ ), rozloha nespracovanej vetrovej kalamity ( $p = 0,033$ ) a vzdialenosť lapačov od chrobačiarov vzniknutých v roku inštalovania lapača ( $p = 0,0237$ ). Nevýznamnú premennú vstupujúcu do modelu predstavovala potenciálna dĺžka oslnenia georeliéfu ( $p = 0,1457$ ). Najvýznamnejšia premenná ovplyvňujúca odchyt do feromónových lapačov v roku 2007 bola rozloha chrobačiarov z predchádzajúceho roka inštalácie lapača,

Odchyt do feromónových lapačov pozitívne ovplyvnili rozloha a vzdialenosť od chrobačiarov z predchádzajúceho roka inštalácie lapača, počet dní umiestnenia lapača, rozloha nespracovanej vetrovej kalamity, potenciálna dĺžka oslnenia georeliéfu,

Negatívne vplyvajúce premenné: vzdialenosť lapačov od chrobačiarov z roka inštalácie lapača a interakčný efekt rozlohy chrobačiarov z predošlého roka inštalácie lapača a vzdialenosti lapača od nich.

**Tabulka 3.** Premenné a ich významnosť vstupujúce do regresného modelu

*Table 3. Variables and their significance in the regression model*

Premenná	2006	2007
(Intercept)	***	—
nesp_dist	**	x
nesp_area	x	*
ch_dist	x	*
ch_area	x	x
CHprev_dist	*	***
CHprev_area	x	***
por_dist	x	**
soldur	***	-
slope	***	*
altit	***	x
days	***	*
CHprev_dist:CHprev_area	x	***
nesp_area:nesp_dist	x	x
ch_dist:ch_area	x	x

Úroveň významnosti premennej – kódy: \*\*\*\*, významná premenná = 0.001 \*\*\*, mierne významná premenná 0.01 \*\*, slabo významná premenná 0.05 \*, nevýznamná premenná použitá v modeli = 0.1 '—', premenná nepoužitá v modeli = 'x'. Skratky premenných sú vysvetlené v tabuľke 1.

## Diskusia

Množstvo odchytých chrobákov do feromónových lapačov závisí od správnosti ich inštalácie a výberu vhodného stanovišťa. V predkladanej práci prezentujeme faktory, ktoré ovplyvnili počet odchytých lykožrútov v lapačoch v rokoch 2006 a 2007 v Tichej a Kôprovej doline.

Poznanie správania sa lykožrúta smrekového je dôležité pre výber vhodných premenných (faktorov) pri zostavovaní modelu. Od tohto kroku závisí presnosť a správnosť výsledku analýzy. Príprava a výber vhodného súboru údajov je často diskutovanou problematikou.

Pre účely vyhodnotenia vplyvu vybraných faktorov bolo potrebné ich konvertovať do podoby premennej vstupujúcej do procesu modelovania. Zjednodušenie niektorých faktorov prevodom do digitálnej formy môže niesť určitý podiel chyby pri konečnom výsledku procesu. Absencia niektorých údajov (zrážky, teplota v jednotlivých častiach územia), významne vplyvujúcich na šírenie sa podkôrneho hmyzu, môže znižovať celkovú kvalitu a presnosť analýzy. Ďalšiu nevýhodu nášho prístupu vidíme v aplikácii modelu. Ten môže byť použitý len na jednotlivé časti územia v jednotlivých rokoch. Čiastkové výsledky neumožňujú časopriestorové korelácie vplyvu jednotlivých premenných, nakoľko model pre každú časť územia v jednotlivých rokoch pri výpočtoch na základe kombinácií a AIC kritéria vybe-

ral najvhodnejší súbor premenných a z neho vypočítal objasnenú variabilitu. Toto môže viesť k skresleniu významu jednotlivých premenných medzi rokmi v jednotlivých skúmaných územiach. Proces modelovania bol ovplyvnený aj niekoľkými chybami pri zbere údajov. Medzi množstvom lapačov, ktoré boli vyhodnocované, mohlo mať vplyv na odchyt niekoľko faktorov. Jedným z faktorov je samotná inštalácia odparníkov, ktorá má vplyv na veľkosť odchytu, nesprávne otvorenie, či už nadmieru (rýchle vyprchanie aktívnej látky), prípadne nedokonalé otvorenie tiež výrazne ovplyvní počet odchytených jedincov. Ďalej samotný odber hmyzu z lapačov a meranie počtu odchyteného hmyzu môže byť spojené s chybami.

V skúmanej časti územia model v roku 2006 objasnil 57% variability. Do procesu bolo zapojených 6 premenných. S rastúcou vzdialenosťou lapačov od nespracovanej vetrovej kalamity a chrobačiarov z predošlého roka rástol počet odchytených jedincov lykožrúta smrekového. Toto môže byť spôsobené tým, že prevažná časť nespracovanej vetrovej kalamity a susediacich chrobačiarov sa nachádzala vo vyšších nadmorských výškach v zatienennej časti Tichej a Kôprovej doliny. Všeobecne táto časť územia je chladnejšia, čo môže vplývať aj na šírenie hmyzu (Wulder 2006). K uvedeným predpokladom sa pripája aj skutočnosť, že na modelovacom procese sa podieľali významne potenciálna doba oslnenia georeliéfu (pozitívne) a nadmorská výška (negatívne). Predpokladáme, že tieto dve premenné najviac ovplyvnili výskyt a šírenie lykožrúta v roku 2006 v skúmanom území.

Vysvetlená variabilita závislej premennej v roku 2007 oproti roku 2006 rapídne klesla. Výsledný model nebol významný. Toto je pravdepodobne spôsobené správaním sa podkôrneho hmyzu pri premnožení, kedy v miere stromu a porastu je ovplyvnené hlavne susednými ohniskami a nereflektuje abiotické a biotické faktory prostredia. Odchyt do lapačov pozitívne ovplyvnila rozloha chrobačiarov z predošlého roka inštalovania lapača a interakcia rozlohy a vzdialenosti.

Veľkosť odchytu jedincov medzi jednotlivými rokmi sledovaného obdobia korešpondoval s veľkosťou poškodenej plochy v danom roku.

### **Odporúčania pre prax pri inštalácii feromónových lapačov na monitoring podkôrneho hmyzu**

Na základe získaných teoretických poznatkov na použitie feromónových lapačov navrhujeme nasledovné opatrenia pre zefektívnenie ich využitia:

- V prípade výskytu vetrovej, snehovej alebo inej kalamity, po ktorej zostane v poraste drevná hmota atraktívna pre podkôrny hmyz, umiestniť lapače v blízkosti tejto poškodenej hmoty.
- Sústrediť lapače na miesta k aktívnym stojacim chrobačiarom pred vyrojením podkôrneho hmyzu a nepoužívať feromónové lapače v blízkosti zdravých porastov.
- Umiesťovať lapače na miesta s vyšším stupňom solárnej radiácie
- V prípade plošného poškodenia porastu prvý a druhý rok po vetrovej kalamite umiestniť lapače ďalej od porastových stien smerom k nespracovanej hmote.
- Odporúčame kratší interval výmeny odparníka, hlavne v dobe pred začiatkom masívneho rojenia podkôrneho hmyzu.

K dispozícii je väčšie množstvo údajov z odchytoch do feromónových lapačov z viacerých častí územia TANAP-u. Tieto údaje sú postupne spracovávané a budú vyhodnotené v rozsiahlejšej štúdií. Na základe výsledkov budú doplnené aj odporúčania pre prax k inštalácii feromónových lapačov.

**Podakovanie:** Práca vznikla vďaka finančnej podpore v rámci projektov APVV-19-0116 a APVV-19-0119, APVV-21-0131 financovaných agentúrou APVV a projektu „PROMOLES“ – projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301). Práca ďalej vznikla vďaka finančnej podpore z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF) pre projekt č. 313011X531 „Rozvoj biologickej a biotechnickej orientovaných systémov ochrany lesov pred domácimi a nepôvodnými (inváznymi) organizmami“ a vďaka projektu realizovaného s finančnou podporou Ministerstva obrany Slovenskej republiky. Táto publikácia vznikla vďaka podpore zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja a pre projekt Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov

za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov (FOMON) č. p. 313011V465 a operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Centrum excelentnosti lesnícko-drevárskeho komplexu LignoSilva; (kód ITMS: 313011S735).

## Literatúra

- Byers, J. A., 2012: Estimating insect flight densities from attractive trap catches and flight height distributions. *Journal of Chemical Ecology*, 38: 592–601.
- Dimitri, L., Gebauer, U., Lösekrug, R., Vaupel, O., 1992: Influence of mass trapping on the population dynamic and damage-effect of bark beetles. *J. Appl. Entomol.*, 114: 103–109.
- Duelli, P., Zahradnik, P., Knizek, M., Kalinova, B., 1997: Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone trap. *J. Appl. Entomol.*, 121: 297–303.
- Ferenčík, J., 2008: Kalamity a zdravotný stav lesov Tatranského národného parku. In: Koreň, M. (ed.): Šesťdesiat rokov Tatranského národného parku, Tatranská Lomnica, p. 77–80.
- Ferenčík, J., 2011: Podkôrníkovité (Coleoptera: Scolytidae) – dôležitý deštruenti lesa v pokalamitnom vývoji vo Vysokých Tatrách. *Štúdie o Tatranskom národnom parku*, 10(43): 257–268.
- 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. *Forest Ecology and management*, 261: 233–245.
- Lindelöw, A., Schroeder, M., 2001: Spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.), in Sweden, monitoring and risk assessment. *J. For. Sci.*, 47: 40–42.
- Lobinger, G., 1995: Einsatzmöglichkeiten von Borkenkäferfallen. *Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge*, 50: 198–201.
- Lobinger, G., Skatulla, U., 1996: Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmerverhalten von Borkenkäfern. *Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz*, 69: 183–185.
- 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. *Ann. For. Res.*, 55(2): 243–253.
- 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.
- 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 treep. *Agricultural and Forest Entomology*, 4: 47–56.
- Vakula, J., Zúbrik, M. et al., 2007: Projekt ochrany lesa na území TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004 pre štátne a neštátne subjekty. Realizačný projekt pre rok 2007. Zvolen, Národné lesnícke centrum, 80 p.
- Venables, W. N., Ripley, B. D., 2002: *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Wermeilinger, B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, *Forest Ecology and Management*, 202: 67–82.
- Weslien, J., Lindelöw, Å., 1990: Recapture of marked spruce bark beetles (*Ips typographus*) in pheromone traps using area-wide mass trapping. *Can. J. For. Res.*, 20: 1786–1790.
- Wichmann, L., Ravn, H. P., 2001: The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIP. *For. Ecol. Manag.*, 148: 31–39.
- Worrell, R., 1983: Damage by the spruce bark beetle in south Norway 1970 – 80, A survey, and factors affecting its occurrence., Report of the Norwegian Forest Research Institute, 38.6, Norsk Institutt for skogforskning, 34 p.

- Wulder, M. A., White, J. C., Bentz, B., Alvarez, M. F., Coops, N. C., 2006: Estimating the probability of mountain pine beetle red-attack damage. *Remote Sens. Environ.*, 101: 150–166.
- Zach, P., Kršiak, B., Kulfan, J., 2008: Vetrové kalamity v smrekových lesoch a premnoženia lykožrúta smrekového *Ips typographus*. Zvolen, Ústav ekológie lesa SAV, p. 6–4. Dostupné na <http://www.savzv.sk>
- Zolubas, P., Byers, J. A., 1995: Recapture of dispersing bark beetle *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) in pheromone-baited traps: regression models. *J. Appl. Entomol.*, 119: 285–289.
- Zúbrik, M. et al., 2005: Projekt ochrany lesa na území ŠL TANAP-u po vetrovej kalamite zo dňa 19. 11. 2004. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 50 p.
- 

#### Adresa:

Ing. Christo Nikolov, PhD., Ing. Jozef Vakula, PhD., Ing. Marcel Dubec, Ing. Juraj Galko, PhD.,  
Ing. Andrej Gubka, PhD., Ing. Michal Lalík, Ph.D., Ing. Andrej Kunca, PhD., Ing. Slavomír Rell, PhD.,  
Ing. Milan Zúbrik, PhD.  
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Lesnícka 11, SK – 969 01 Banská Štiavnica,  
e-mail: [christo.nikolov@nlcsk.org](mailto:christo.nikolov@nlcsk.org)

Ing. Ján Ferenčík, PhD  
Správa Tatranského národného parku so sídlom v Tatranskej Lomnici, Tatranská Lomnica 66, SK – 059 60 Vy-  
soké Tatry