

# VÝSKUM NOVÝCH METÓD IDENTIFIKÁCIE AKTÍVNYCH CHROBAČIAROV A OHODNOCOVANIA PREDISPOZÍCIE SMREKOVÝCH PORASTOV NA NÁLET PODKÔRNEHO HMYZU

Rastislav Jakuš • Miroslav Blaženec • Andrej Majdák • Pavel Mezei  
• Michaela Gondová

## Úvod

Z hľadiska praxe ochrany lesa je dôležitá včasná identifikácia stromov napadnutých podkôrnym hmyzom a ich rýchla asanácia. Vzhľadom k premenlivosti priebehu odumierania stromu po nálete podkôrneho hmyzu, miesta náletu a identifikovateľnosti jednoznačných znakov náletu, môže byť včasná identifikácia naletených stromov problematická aj pre odborníka s niekoľkoročnou praxou vo vyhľadávaní aktívnych chrobačiarov. Pri vyhľadávaní a asanácii aktívnych chrobačiarov sa vyskytujú tri hlavné chyby:

- Prvou, z hľadiska ochrany lesa najzávažnejšou chybou je ne-identifikácia aktívneho chrobačiara a jeho ponechanie bez asanácie. Takýto strom umožní ďalšie rozmnožovanie podkôrneho hmyzu a tým ďalšie odumieranie porastu.
- Druhou je ťažba a asanácia stromov so zmenami vo farbe ihličia a prípadne s výskytom smolenia, na ktorých sa nevyskytuje podkôrny hmyz. Takáto ťažba je z hľadiska ochrany lesa kontraproduktívna. Okolité stromy sa náhle vystavia slnečnému žiareniu a zbytočne sa otvoria porasty. To urýchli rozpad porastov spojeným účinkom vetra a podkôrneho hmyzu. Ťažba takýchto stromov je aj ekonomicky nevýhodná. Tieto stromy sa môžu zregenerovať, rásť a produkovať ďalej drevo. Ťažba takýchto stromov zbytočne zvyšuje náklady na ochranu lesa.
- Tretou chybou je neskorá ťažba napadnutých stromov. Ťažba stromu, ktorý už opustil podkôrny hmyz je z hľadiska ochrany lesa skôr kontraproduktívna, podobne ako v predchádzajúcom prípade. V určitých prípadoch môže tento druh ťažby poškodiť bioregulačný komplex podkôrneho hmyzu. V tomto prípade je však kľúčové ekonomické hľadisko. V prípade, že sa takýto strom z lesa neodstráni, postupne klesá jeho ekonomická hodnota.

Okrem klasického vizuálneho vyhľadávania, možno na vyhľadávanie aktívnych chrobačiarov použiť služobného psa, alebo v budúcnosti aj nové technológie na báze termokamery alebo infračervených a hyperspektrálnych senzorov.

Ďalšou významnou oblasťou, dôležitou pre plánovanie opatrení ochrany lesa je zisťovanie predispozície porastov, zvlášť porastových stien na nálet podkôrneho hmyzu. Na predisponované miesta je následne potrebné sústrediť monitoring náletu. Mapovanie predispozície porastov na nálet je dôležité pri plánovaní a optimalizácii ochranných opatrení.

Na zisťovanie predispozícií porastov na nálet podkôrneho hmyzu možno použiť podobné technológie, ako pri vyhľadávaní aktívnych chrobačiarov – termokamery infračervené a hyperspektrálne senzory. Na mapovanie porastov, porastových stien, vývratov a zlomov, vo vzťahu predispozícií porastov možno použiť laserový scanner.

## Vizuálne hodnotenie náletu

Existujúce stupnice vizuálneho hodnotenia smreka (UN-ECE 1998, POLÁK *a kol.*, 2007) sú zamerané na hodnotenie jeho zdravotného stavu a sú použiteľné aj na hodnotenie stromu odumierajúceho po nálete podkôrneho hmyzu. Tieto stupnice však nezohľadňujú špecifické zmeny na korune a kmeni stromu po nálete podkôrneho hmyzu a ani ich nie je možné funkčne použiť pri vykonávaní opatrení v praktickej ochrane lesa proti podkôrnemu hmyzu. Na druhej strane *Kľúč na výber stromov na sanitárnu ťažbu* (JAKUŠ *a kol.*, 2008) je pomerne hrubý a neumožňuje presnú identifikáciu aktívnych chrobačiarov.

Od roku 2009 vyvíjame novú stupnicu na hodnotenie koruny a kmeňa smreka vo vzťahu k náletu lykožrúta smrekového (*Ips typographus*) a s ním asociovaných druhov podkôrneho hmyzu. Metodika bola súbežne vyvíjaná a testovaná v lokalite Smrčina (NP Šumava) a na LHC Michalová (Slovenské rudohorie). Počas pilotného hodnotenia stromov v NP Šumava (roky, 2009, 2010, 2011) sme používali viac stupníc, ktoré opisovali nálet v štádiách zvlášť pre nálet na jar, v lete a na jeseň, vrátane postupného náletu počas 2 rokov. Pri pilotných hodnoteniach v LHC Michalová (rok 2012) sme zistili, že štádia odumierania stromu nie je možné používať. Zmeny na korune sa vyvíjali nezávisle na zmenách kmeňa. V roku 2012 sme vytvorili aktuálnu verziu stupnice (tab. 1, JAKUŠ *a kol.*, 2013), v ktorej sa nezávisle posudzuje stav koruny, kmeňa a viditeľné znaky náletu. Na základe týchto prvotných stupníc sa strom klasifikuje vo vzťahu k náletu lykožrúta smrekového. Posledná verzia stupnice by mala byť použiteľná vo všetkých podmienkach výskytu smreka. Možnosti jej praktického použitia je však treba ďalej testovať.

Tabuľka 1. Experimentálna stupnica hodnotenie zmien koruny a kmeňa smreku po nálete lykožrúta smrekového (na základe: JAKUŠ *a kol.*, 2013)

Koruna		Kmeň		Viditeľné znaky náletu		Klasifikácia	
0	Bez zmien farby a štruktúry	0	Bez znakov náletu na kmeni	0	Bez náletu	0	Bez náletu
1	Prvé zmeny farby ihlič	1	Smolenie bez jednoznačných znakov náletu	1	Sporný	1	Sporný
2	<i>Blednutie + opad:</i> – dochádza k blednutiu a opadu ihličia – nedochádza k žltnutiu ani hnednutiu	2	<i>Odlúpnuté šupinky:</i> – v hornej časti kmeňa sú vidieť odlúpnuté šupinky	2	<i>Neúspešný nálet:</i> – zaliate čerstvé závrtvy	2	<i>Hranica jednoznačného náletu:</i> – istota 100 % asanácie
3	<i>Žltnutie + opad:</i> – prejavuje sa žltnutie alebo hnednutie celej alebo časti koruny (pri postupnom 2-ročnom nálete) – defoliácia do 75 %	3	<i>Odlúpnutá kôra:</i> – v hornej časti kmeňa vidno odlúpnuté časti kôry	3	<i>Čerstvý nálet:</i> – čerstvé závrtvy, svetlé piliny (vrátane pilín na pate kmeňa)	3	<i>Efektívna zóna:</i> – možnosť 100 % asanácie
4	<i>Hnednutie + výrazný opad:</i> – výrazné žltnutie alebo hnednutie koruny – môžu sa vyskytovať aj zelené ihličie – defoliácia 50 – 90 %	4	<i>Odlúpnuté pásy kôry:</i> – hlavne v strednej a hornej časti koruny	4	<i>Starý nálet:</i> – sú viditeľné závrtvové otvory (nie výletové) bez prítomnosti pilín, ojedinele tmavé piliny	4	<i>Hranica asanácie s vplyvom na lykožrúta:</i> – asanácia má minimálny alebo žiadny vplyv na lykožrúta
5	<i>Bez ihličia:</i> – defoliácia 95 – 100 % – väčšina ihlič je hnedá	5	Väčšina kmeňa je bez kôry	5	Prítomnosť výletových otvorov na kôre alebo opadaná kôra	5	Asanácia bez vplyvu na lykožrúta
6	Sterilný suchý strom	6	Sterilný suchý strom	6	Sterilný suchý strom		

Farebné zóny (odtiene šedej) slúžia na výslednú „klasifikáciu“ hodnoteného stromu.

## Použitie služobného psa

Na identifikáciu stromov obsadených lykožrútom smrekovým možno použiť služobného psa. V podmienkach Švédska bol použitý nemecký ovčiak. Po tréningu na špeciálnej platforme a terénnom výcviku so syntetickým feromónom dokázal identifikovať čerstvý nálet v lesných vo vzdialenosti od 0,5 do 150 m (SCHLYTER, JOHANSSON, 2010).

## Použitie pozemnej termokamery

Na základe predchádzajúcich prác možno predpokladať, že termokamerou možno efektívne skúmať tepelné charakteristiky stromov v rôznom fyziologickom stave a tak určovať ich kondíciu a zdravotný stav. Princíp je v tom, že v zdravom strome funguje transpiračný prúd, ktorý strom ochladzuje. Vo fyziologicky oslabenom,

alebo v strome obsadenom podkôrnym hmyzom, je transpiračný prúd narušený, čo sa prejavuje v prehrievaní stromu. Uvedené javy je možné použiť na vyhľadávanie stromov predisponovaných na nálet podkôrneho hmyzu alebo aktívnych chrobačiarov, na ktorých ešte nevidno zmeny farby ihličia (BLAŽENEC *a kol.*, 2013).

Pilotné testovanie termokamery v roku 2000 v podmienkach NP Šumava a testy termokamier v podmienkach Školského lesného podniku v Kostelci nad Černými lesy (2011) a LHC Michalová (2012) ukázalo reálny potenciál použitia termokamier v tejto oblasti. Problémom je však pomerne veľká variabilita tepelných podmienok v porastoch v priestore a čase. Termokamery bude možné efektívne používať pravdepodobne len pri maximálnej tepelnej záťaži porastov, to znamená popoludní počas jasného dňa. Ďalšou, pomerne vážnou limitáciou sú technické možnosti termokamier (výdrž batérie, presnosť a rozsah merania).

## Použitie leteckých infračervených snímok

Použitie klasického infračerveného leteckého snímkovania je často obmedzené vhodným počasím. Vzhľadom k cene a obmedzeniam sa snímkuje obyčajne raz za rok. Výsledné mapy sú použiteľné hlavne na mapovanie náletu v danom roku. Jedným z čiastočných riešení tohto problému je použitie malého robotického bezpilotného lietadla (UAV) vybaveného

jednoduchou infračervenou kamerou (WHALIN, 2012). Táto technológia bola experimentálne použitá Švédskou pôdohospodárskou univerzitou na monitoring náletu lykožrúta na smrekové porasty (SmartPlanes, 2006). V ich prípade zalietavali výskumné plochy 3-krát za sezónu. Nevýhodou použitia infračervenej kamery je nedostatočné rozlíšenie zdravotného stavu smreka, a nedostatočné, prípadne neskoré rozlíšenie medzi zdravými stromami a stromami obsadenými podkôrnym hmyzom (ARNBERG, WASTENSON, 1973).

## Pozemné laserové scanovanie porastových stien

Pozemný laserový scanner umožňuje presné mapovanie porastových stien na veľkých holinách, alebo z protisvahu. Čerstvé porastové steny, ktoré vznikli pôsobením vetra, náhodnou alebo plánovanou ťažbou sú v závislosti od ich orientácie voči slnku viac, alebo menej predisponované na nálet podkôrneho hmyzu. Dôležitý parameter pre určenie predispozície smreka na nálet podkôrneho hmyzu je dĺžka (geometria) koruny (JAKUŠ *a kol.*, 2011).

Prvé pilotné použitie pozemného laserového scanneru z dlhým dosahom snímania (Ilris HD – Optech) v podmienkach LHC Michalová v rokoch 2011 a 2012 potvrdilo možnosti mapovania porastových stien smrekových porastov touto technológiou. Ďalšie zvýšenie použiteľnosti informácií získaných laserovým scanovaním je modelovanie tepelnej záťaže porastov. V súčasnosti však neexistuje použiteľný softvér, ktorý by to umožňoval.

## Použitie UAV

V súčasnosti používané alebo testované metódy na identifikáciu aktívnych chrobačiarov a na zisťovanie predispozície porastov na nálet podkôrneho hmyzu neumožňujú rýchle a dostatočne kvalitné zhodnotenie aktuálneho stavu na väčších plochách. To spôsobuje zvlášť veľké problémy pri vykonávaní ochranných opatrení proti podkôrnemu hmyzu v smrekových porastoch pri jeho väčšom premnožení. Hlavnou limitáciou použitia malých bezpilotných lietadiel (UAV) je ich nosnosť. Malé lietadlá nemôžu niesť zariadenia na presnejšie mapovanie zdravotného stavu lesa (scanery), ktoré sú pomerne ťažké.

Naše riešenie spočíva v použití automatického bezpilotného vrtuľníka (s väčšou nosnosťou) vybaveného sadou scannerov (laserový, hyperspektrálny, teplotný a infračervený) na operačné zisťovanie zdravotného stavu lesa.

## Záver

Opisované metódy a technológie sú v štádiu vývoja. Použitie novej hodnotiacej stupnice a služobných psov pri vyhľadávaní aktívnych chrobačiarov je pomerne málo náročné na zdroje. Použitie týchto metód je reálne v blízkej budúcnosti. Mapovanie lesných porastov pomocou leteckých laserových scannerov je technológia, kto-

rá postupne prichádza aj na Slovensko. Pozemný laserový scanner alebo scanovanie porastov pomocou bezpilotného vrtuľníka predstavuje operačný doplnok k tejto technológii. Na zavedenie termokamier a hyperspektrálnych scannerov do praxe ochrany lesa je potrebný ďalší vývoj.

## Podakovanie

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: *Prognosticko-informačné systémy pre zvýšenie efektívnosti manažmentu*, ITMS: 26220220109, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

- ARNBERG, W., WASTENSON, L., 1973: Use of aerial photographs for early detection of bark beetle infestations of spruce. *Ambio*, 2: 77-83.
- BLAŽENEC, M., MAJDÁK, A., JAKUŠ, R., GONDOVÁ, M., 2013: Porovnanie priebehu teplôt kmeňa a koruny dospelých smrekov na porastovej stene a vo vnútri. In: HNILÍČKA, F. (ed.): *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin*, zborník referátov Praha 13. – 14. 2 2013, s. 21-24.
- JAKUŠ, R., ČABOUT, V., KUKLA, J., KULLA, L., BLAŽENEC, M., 2008: Hromadné odumieranie nepôvodných smrečín severného Slovenska [online]. Zvolen: Ústav ekológie lesa SAV, 2008. (E-ekológia lesa, odborné ekologické publikácie; 3). <http://www.savzv.sk>. ISSN 1337-7655. ISBN 978-80-969525-8-8.
- , EDWARDS-JONÁŠOVÁ, M., CUDLÍN, P., BLAŽENEC, M., JEŽÍK, M., HAVLÍČEK, F., MORAVEC, I., 2011: Characteristics of Norway spruce trees (*Picea abies*) surviving a spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak. *Trees - Struct. Func.*, 25, p. 965-973.
- , CUDLÍN, P., BLAŽENEC, M., BRENKUS, T., 2013: Hodnotenie koruny a kmeňa smreka vo vzťahu k náletu lykožrúta smrekového (*Ips typographus*). In: HNILÍČKA, F. (ed.): *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin* zborník referátov, Praha 13. – 14. 2. 2013, s. 51-54.
- POLÁK, T., CUDLÍN, P., MORAVEC, I., 2007: Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains. *Trees*, 21: 23-35.
- SMARTPLANES, 2006: ASA wind throw and insect attack. [online] [cit. 10. 1. 2013] Dostupné na internete: <http://www.smartplanes.se/2006/09/asa-wind-throw-and-insect-attack/>
- SCHLYTER, F., JOHANSSON, A., 2010: Detection dog recognize pheromone from spruce bark beetle and follows it to source: a new tool from chemical ecology to forest protection. The 26th Annual Meeting of International Society of Chemical Ecology, Tours, France, 2010 July 31 – August 04.
- UN-ECE, 1998: Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 4th edn. UN/ECE, Hamburg, Geneva.
- WHALIN, B., 2012: Unmanned Aircraft Systems' Remote Sensing Technology Used Against Bark Beetles in National Forests. [online] [cit. 10. 1. 2013]. Dostupné na internete: <http://www.suasnews.com/2012/02/11985/unmanned-aircraft-systems%E2%80%99-remote-sensing-technology-used-against-bark-beetles-in-national-forests/>

**Ing. Rastislav Jakuš, PhD.**

Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, SK – 960 53 Zvolen, e-mail: [jakus@savzv.sk](mailto:jakus@savzv.sk)