

# ANALÝZA KALAMITY LYKOŽRÚTA SMREKOVÉHO VO VYSOKÝCH TATRÁCH ZA ROKY 2005 – 2009 VO VZŤAHU K PORASTOVÝM CHARAKTERISTIKÁM

Christo Nikolov, Michal Bošela, Jozef Vakula, Ján Ferencčík, Andrej Kunca

## Úvod

Súčasný stav smrekových porastov je na rozsiahlych územiach Slovenska kritický. Dochádza k ich postupnému rozpadu, ktorý je zapríčinený synergickým pôsobením abiotických škodlivých činiteľov ako sú novodobé klimatické zmeny, dlhodobo pôsobiace antropogénne činitele a z toho vyplývajúca zvýšená aktivita podkôrneho hmyzu a hubových patogénov napádajúcich stromy a porasty (v zmysle prác NOVOTNÝ *et al.* 2004, HLÁSNY *et al.* 2009).

Podkôrny a drevokazný hmyz (najmä lykožrút smrekový) sa stal za posledné roky (2008 – 2010) najvýznamnejšou skupinou škodlivých činiteľov na Slovensku (KUNCA *et al.* 2011). Najčastejšou príčinou premnoženia podkôrneho hmyzu sú vetrové kalamity, na ktorých sa hmyz premnoží najskôr ako sekundárny škodlivý činiteľ a následne sa aktivizuje ako primárny škodca (WERMELINGER 2004). Po veternej kalamite z roku 2004 sa vo Vysokých Tatrách premnožili tri druhy podkôrneho hmyzu, lykožrút smrekový, lykožrút lesklý a lykožrút smrečinový. Lykožrút smrekový (*Ips typographus*) je považovaný za najnebezpečnejší kambiofágnny hmyz v ihličnatých lesoch v palearktickom regióne (CHRISTIANSEN a BAKKE 1988). Územie Vysokých Tatier je vysoko zastúpené smrekom obyčajným s nevyrovnanou vekovou štruktúrou, kde prevažujú staršie porasty. Tieto podmienky, spolu s vetrovou kalamitou a celkovým oslabením, vytvorili vhodný podklad pre nástup a šírenie podkôrneho hmyzu, hlavne lykožrúta smrekového, nakoľko je známe, že tento druh napáda najmä porasty s vekom nad 60 rokov (NOVOTNÝ, ZÚBRIK *et al.* 2004).

Na vývoj populácie lykožrúta smrekového vplyva rad faktorov. Pre šírenie lykožrúta okrem iného zohráva dôležitú úlohu predispozícia porastu na danom stanovišti. Napríklad stromy smreka v zmiešaných porastoch sú menej náchylné pre napadnutie lykožrútom ako čisté monokultúry smreka (BAIER *et al.* 2002). Vo všeobecnosti je známe, že lykožrút napáda najmä stromy, ktoré sú už napadnuté iným primárnym škodlivým činiteľom (LINDELÖW *et al.* 1992, TUNSET *et al.* 1993). Avšak BYERS (1996) na základe počítačových simulácií poukázal na to, že lykožrút napáda všetky stromy, popri ktorých prelieta, bez ohľadu na ich súčasný zdravotný stav. Taktiež je z literatúry zrejmé, že lykožrút preferuje porasty na južných expozíciách a osvetlené stromy, najmä po bezprostrednom zvýšení solárnej radiácie (LOBINGER, SKATULLA 1996, JAKUS 1998). Taktiež nadmorská výška a obsah pôdnych živín, ako dusík, fosfor a horčík, majú významný vplyv na odolnosť smreka a úroveň aktivity lykožrúta (NEF 1994, DUTILLEUL *et al.* 2000).

Cieľom tohto príspevku je analýza hlavných porastových faktorov, pri ktorých sa predpokladá, že podmieňujú šírenie lykožrúta smrekového v oblasti Tatranského národného parku (ďalej TANAP).

## Materiál a metodológia

### Záujmové územie

Záujmové územie sa nachádza v TANAP-e. Jedná sa o ochranné obvody (OO) Podbanské, Štrbské Pleso, Vyšné Hágy, Smokovce, Tatranská Lomnica, Kežmarské Žľaby. Toto územie obhospodarujú ŠL TANAP-u a mnoho neštátnych subjektov. Záujmové územie tvoria predovšetkým porasty so zastúpením smreka nad 25 %.

### Materiál

Rozloha hodnotených porastov závisela na veľkosti snímaného územia. Snímkovanie sa vykonávalo len raz do roka koncom vegetačného obdobia v mesiacoch september a október, zmeny stavu lesa bolo možné hodnotiť len v ročných intervaloch (2005 – 2009).

Na dokumentáciu vzniku a vývoja kalamity podkôrneho hmyzu boli použité digitálne vrstvy vytvorené metódou manuálnej interpretácie a porovnávania leteckých snímok s vysokým priestorovým rozlíšením v oblasti viditeľného a infračerveného spektra elektromagnetického žiarenia. Kartografické znázornenie postupu rozpadu smrekových porastov zachytáva predovšetkým hynutie spôsobené podkôrnym hmyzom, hoci tento proces je dôsledkom komplexu faktorov (najmä huby, sucho, imisie), ktorých podiel na škodách je však pri porovnaní s podkôrnym hmyzom zanedbateľný. Jednotlivé vrstvy vytvorili zamestnanci NLC a zamestnanci Štátnych lesov – TANAP-u. Podrobnejší popis vzniku jednotlivých digitálnych vrstiev napadnutých porastov, ako aj parametre leteckých snímok, uvádza práca NIKOLOV, BARKA *et al.* (2010).

Vytvorené vrstvy boli následne prekryté vrstvami vybraných charakteristík skúmaného územia za účelom získania základných porastových a topografických charakteristík jednotlivých polygónov.

Jednotlivé polygóny boli rozdelené podľa príslušnosti k jednotlivým jednotkám priestorového rozdelenia lesa (ďalej len JPRL). K týmto polygónom boli priradené údaje ako zastúpenie smreka, vek porastu, stredná výška a hrúbka a hustota porastu vyjadrená jeho zakmenením z digitálnej vrstvy JPRL.

Pre získanie topografických údajov pre jednotlivé polygóny odumretých porastov v dôsledku napadnutia lykožrútom smrekovým bol použitý digitálny model reliéfu (DMR) s rozlíšením 30 metrov (zdroj: ZM SR 1 : 50 000).

Ako potenciálne množstvo potravy pre lykožrúta bola použitá vrstva JPRL s údajmi o zastúpení smreka v porastoch a ich vývojového štádia s platnosťou LHP od roku 1997 do roku 2007. Na začiatku skúmaného obdobia bola od východiskovej vrstvy JPRL odčítaná digitálna vrstva veternej kalamity z roku 2004. Táto vrstva slúžila ako východisková. Pre každý ďalší rok bola vytvorená vrstva potenciálneho zdroja potravy odčítaním napadnutých a vyťažených porastov z predošlého roka.

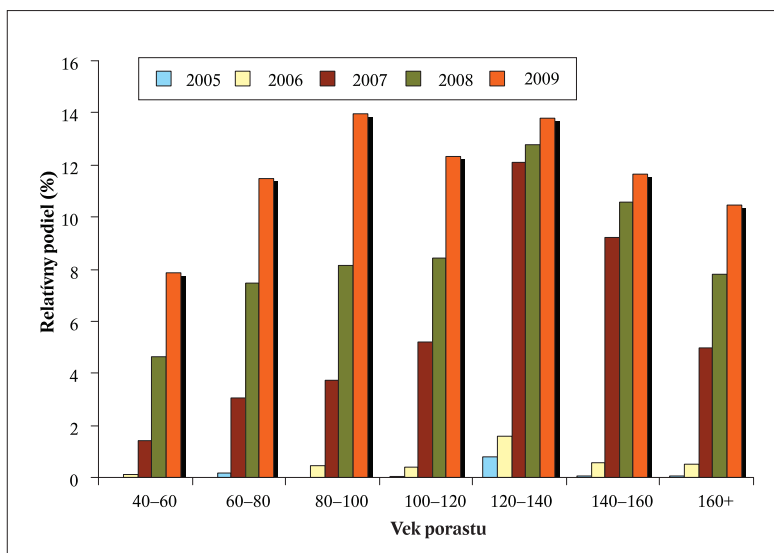
## Metódy

Cieľom bola základná analýza faktorov prostredia potenciálne vplyvujúcich na šírenie lykožrúta smrekového v Tatrách. Išlo najmä o porastové charakteristiky ako stredná hrúbka, stredná výška a vek, ktoré reprezentujú rastovú fázu porastu, zakmenenie, ktoré vyjadruje hustotu porastu a zastúpenie smreka. Pre polygóny reprezentujúce skupiny odumretých stromov sa pre každý rok skúmaného obdobia vytvorili kategórie porastových charakteristík na základe rozdelenia početností. Kategórie porastových charakteristík sa vytvorili aj pre územie reprezentujúce potenciálny zdroj potravy pre lykožrúta v danom roku. Následne sa vypočítali podiely výmery poškodenej časti územia pre každú kategóriu porastových veličín k potenciálnej výmere smrekových porastov v danej kategórii v každom roku. Tieto podiely pre každý rok slúžili pre sledovanie vývoja kalamity pre rôzne porastové charakteristiky.

Údaje boli analyzované v prostredí GIS ESRI© ArcGIS 9.3 a v programe Microsoft Office Excel 2007.

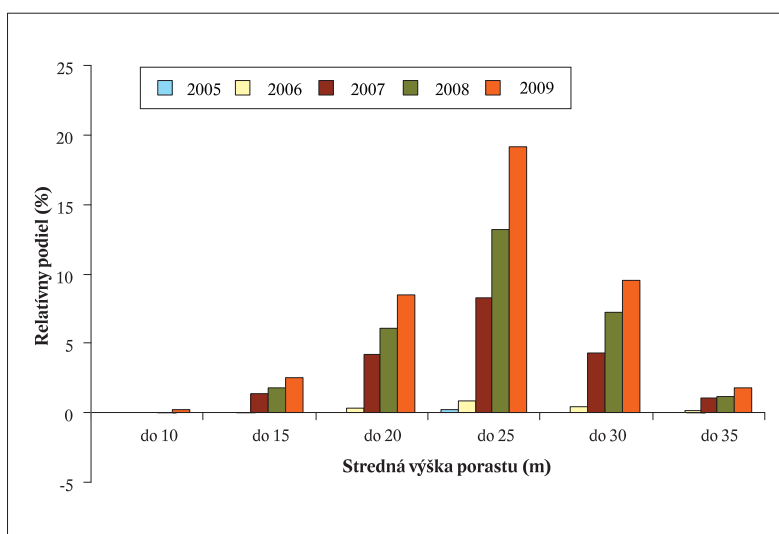
## Výsledky

Podľa výsledkov výskumov, realizovaných v ostatnom období je zrejmé, že vývojové fázy porastu majú významný vplyv na pravdepodobnosť jeho napadnutia lykožrútom smrekovým. Preto sa aj prezentované hodnotenie zameriava na vývoj šírenia lykožrútovej kalamity v rôznych vývojových fázach porastu. Prvou veličinou, ktorá definuje vývojovú fázu, je vek porastu. Pre tento účel bol použitý stredný vek porastu, ktorý bol prevzatý z údajov programu starostlivosti o lesy (po starom lesný hospodársky plán). Následne boli vytvorené vekové triedy, pre ktoré bola vypočítaná výmera poškodenej časti porastov. Skúmanou veličinou pre analýzy bol podiel tejto výmery v danej vekovej triede a v danom roku k potenciálnej výmere tej ktorej kategórie v danom roku. Výsledky sú zobrazené na obrázku 1. Celkový vývoj kalamity od roku 2005 bol veľmi dynamický. Kým v roku 2005 bol podiel poškodenej výmery lesa k potenciálu iba niekoľko percent až niekoľko desiatín percenta (celkovo 0,12 %), v roku 2009 to už bolo takmer 12 % z potenciálnej výmery. Pokiaľ ide o vekové triedy, tak na začiatku roku 2005 bol najvyšší podiel poškodených porastov vo vekovej triede 120 – 140 rokov. Podobne to bolo aj v roku 2006. Aj v roku 2007 bol najväčší podiel poškodených porastov v tejto vekovej triede, avšak v uvedenom roku nastal dynamický nárast poškodenia smrekových porastov. V roku 2008 sa nárast poškodenia v tejto vekovej triede spomalil, naproti tomu sa výrazne zvýšilo poškodenie v mladších vekových triedach. Stále je však najväčší podiel poškodených porastov vo vekovej triede 120 – 140, resp. 140 – 160 rokov. V roku 2009 nastal obrat a výrazne sa zvýšilo napadnutie porastov v mladších vekových triedach a najvyšší podiel poškodenia sa vyskytol vo vekovej triede 80 – 100 rokov. Taktiež sa zvýšil podiel poškodenia aj v porastoch vo veku 50 – 60 rokov. Podobné výsledky zaznamenali GRODZKI *et al.* (2006) pri analýzach intenzívnej lykožrútovej kalamity v slovenských a poľských Tatrách v rokoch 1993 až 1998.



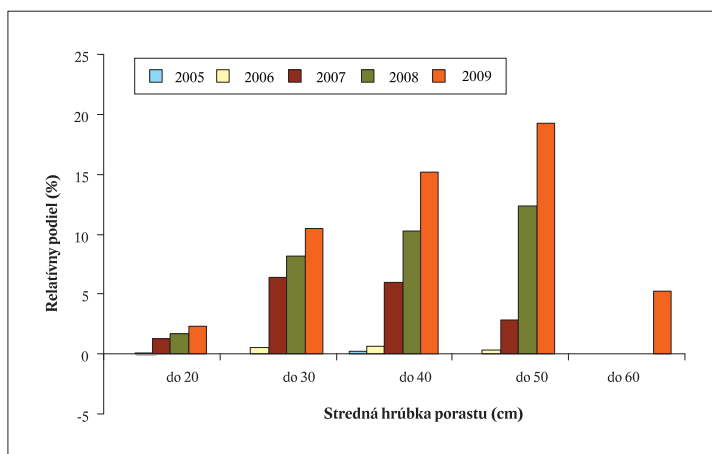
**Obrázok 1.** Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa vekových tried porastu

Podobná analýza bola uskutočnená aj s ohľadom na strednú porastovú výšku (obr. 2). Podobne ako vek porastu aj stredná výška charakterizuje jeho fázu vývoja. Avšak na rozdiel od veku, táto odráža aj kvalitu stanovišťa, to znamená, že v tom istom veku môže mať porast rôznu výšku na rozdielnom stanovišti. V prípade strednej výšky porastu najväčší podiel poškodených porastov bol zaznamenaný pri strednej výške od 20 do 25 m. Vývoj od roku 2005 do roku 2009 prebiehal rovnako, to znamená, že najčastejšie napádanými porastmi boli porasty so strednou výškou 20 – 25 m. Pritom lykožrút takmer vôbec nenapádal porasty so strednou výškou do 10 m a len veľmi málo poškodzoval porasty so strednou výškou od 10 do 15 m.

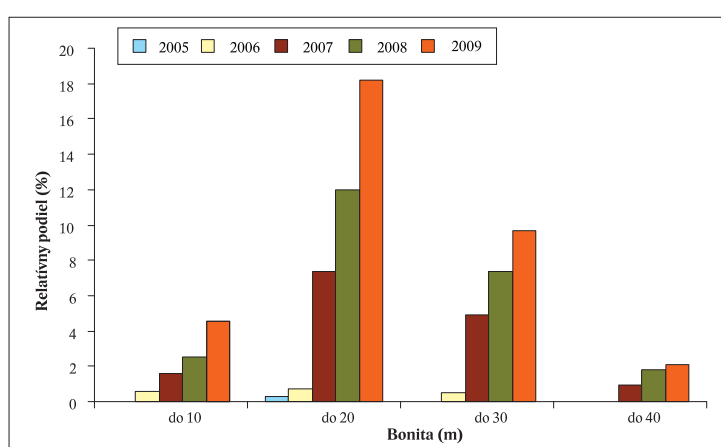


**Obrázok 2.** Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa strednej výšky porastu

Pri strednej hrúbke bol vývoj poškodenia porastov lykožrútom mierne odlišný od strednej výšky, keď v roku 2007 boli poškodzované hlavne porasty so strednou hrúbkou 20 – 30 cm, v roku 2008 a 2009 lykožrút najčastejšie napádal porasty so strednou hrúbkou 40 – 50 cm (obr. 3). Pri porovnaní s vývojom so strednou výškou to naznačuje, že sa lykožrút postupne presúval do porastov s väčšou strednou hrúbkou, avšak s nižšou strednou výškou. Toto potvrdzuje aj ďalší obrázok (obr. 4), kde je zobrazený vývoj poškodenia s bonitou porastu. Najčastejšie boli poškodzované porasty s bonitou od 10 do 20 m a len veľmi slabo porasty s bonitou od 30 do 40 m. V priestorových súvislostiach tak bonita smreka postupne klesá s pribúdaním nadmorskej výšky, to znamená šírenie sa lykožrúta v tomto smere.

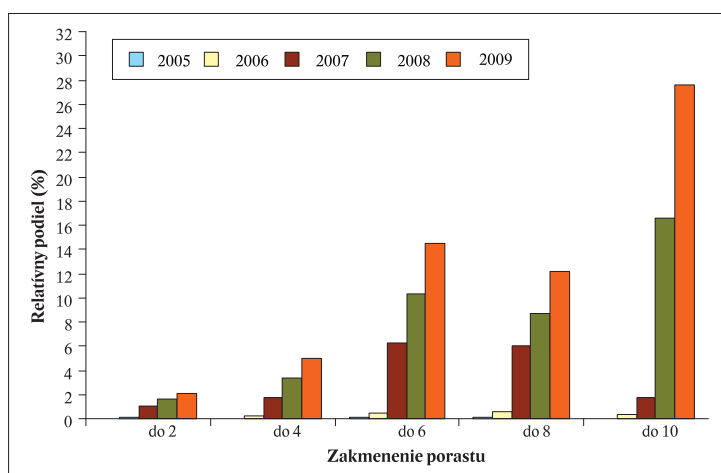


Obrázok 3. Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa strednej hrúbky porastu



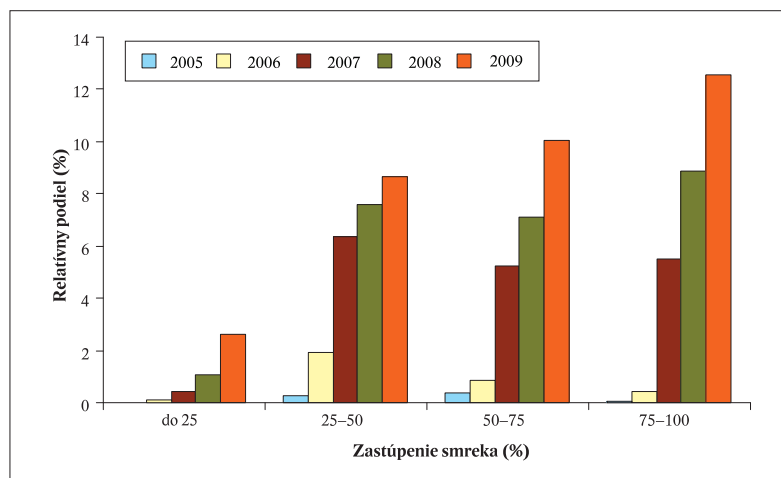
Obrázok 4. Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa bonity porastu

Taktiež z literatúry je známe, že častejšie sú napádané porasty husté až veľmi husté. Napr. SEIDL *et al.* (2008) zahrnuli do svojho modelu pre hodnotenie pravdepodobnosti napadnutia porastu lykožrútom smrekovým aj hustotu porastu vyjadrenú zakmenením. Preto nás zaujímal vplyv zakmenenia porastov na šírenie lykožrúta. Z obrázku 5 vyplýva, že najčastejšie napádané sú porasty husté až veľmi husté so zakmenením viac ako 6 (najviac je pri porastoch so zakmenením blížiacim sa 10).



Obrázok 5. Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa zakmenenia porastu

Podobne bol analyzovaný vývoj lykožrútovej kalamity vplyvom zastúpenia smreka v porastoch. Z obrázku 6 je zrejmé, že najmenej je smrek napádaný pri jeho zastúpení do 25 %. Avšak už pri jeho zastúpení nad 25 % sa významné zvyšuje predispozícia smreka voči napadnutiu lykožrútom.



Obrázok 6. Šírenie lykožrútovej kalamity od roku 2005 do roku 2009 podľa zastúpenia smreka

## Záver a diskusia

V práci boli vyhodnocované údajové databázy, získané z leteckého monitoringu postihnutých oblastí vetrovou a následne lykožrútovou kalamitou. S niekoľkoročným odstupom bola uskutočnená analýza hlavných porastových faktorov, ktoré sa významne podieľajú na šírení sa lykožrúta smrekového v oblasti TANAP-u. Pre potreby prezentovaných analýz boli v prostredí GIS spracované priestorové údaje odumretých plôch (polygónov) v dôsledku napadnutia lykožrútom smrekovým za roky 2005 – 2009. Ďalej boli tieto plochy prekrývané porastovými a topografickými charakteristikami. Úlohou bolo vytvoriť konzistentnú časopriestorovú sériu vhodnú pre prezentované analýzy. Následne sa vhodnými metódami štatistických analýz hodnotil vplyv jednotlivých porastových charakteristík na distribúciu lykožrúta smrekového v uvedenom období.

Z výsledkov je zrejmé, že vývojové fázy porastu majú významný vplyv na pravdepodobnosť jeho napadnutia. Väčšiu časť obdobia kalamity podkôrneho hmyzu (2005 – 2008) boli napádané porasty vo veku 120 – 160 rokov. V roku 2009 sa výrazne zvýšilo napadnutie porastov v mladších vekových triedach a najvyšší podiel poškodenia sa vyskytol vo vekovej triede 80 – 100 rokov. V prípade strednej výšky porastu boli najčastejšie napádané porasty so strednou výškou 20 – 25 m. Pritom lykožrút takmer vôbec nenapádal porasty so strednou výškou do 10 m a len veľmi málo poškodzoval porasty so strednou výškou od 10 do 15 m. Vývoj poškodenia porastov lykožrútom z hľadiska strednej hrúbky bol odlišný v roku 2007, kedy bol zaznamenaný najväčší nárast poškodenej plochy. Lykožrút sa postupne presúval do porastov s väčšou strednou hrúbkou, avšak s nižšou strednou výškou. Toto zistenie bolo potvrdené aj pri vývoji poškodenia v súvislosti s bonitou, keď najčastejšie boli poškodzované porasty s bonitou od 10 do 20 m a len veľmi slabo porasty s bonitou od 30 do 40 m. V priestorových súvislostiach bonita smreka postupne klesá s pribúdaním nadmorskej výšky, čo korešponduje aj so šírením lykožrúta. Pri hodnotení poškodenia porastov podkôrnym hmyzom sa z hľadiska zakmenenia ukázalo, že najčastejšie napádané sú porasty husté až veľmi husté so zakmenením viac ako 6 a najviac napadnuté je evidovaných pri porastoch so zakmenením blížiacim sa k 10. Z výsledkov analýzy vývoja lykožrútovej kalamity logicky vyplynulo, že s vyšším zastúpením smreka stúpa aj jeho poškodenie, aj keď v roku 2006 a 2007 bola najviac napádaná trieda so zastúpením 25 – 50 %.

Nadobudnuté poznatky sú významné z hľadiska poznania dynamiky šírenia populácie lykožrúta smrekového vo vzťahu k porastovým charakteristikám a do istej miery je možné ich zovšeobecniť pri návrhoch manažmentu horských oblastí v našich podmienkach, postihnutých vetrovými kalamitami. Zároveň sme si vedomí určitých nedostatkov. Nami použité metódy len z časti zachytávajú priestorovú distribúciu skúmaných porastových charakteristík. Množstvo a distribúcia materiálu vhodného pre napadnutie podkôrnym hmyzom sa medzi jednotlivými rokmi menilo vplyvom postupujúcej lykožrútovej kalamity a aj s množstvom vyťaženej plochy napadnutých stromov. Otázka je, čo ovplyvní správanie sa podkôrneho hmyzu, ľahko dostupná ponuka menej kvalitnej potravy, alebo sa rozhodne prekonať väčšiu vzdialenosť za kvalitnejším zdrojom, prípadne aké ďalšie faktory môžu ovplyvniť jeho správanie? Pre hlbšiu analýzu by bolo vhodné využiť pokročilejšie geoštatistické techniky pri hodnotení

a modelovaní priestorového šírenia podkôrneho hmyzu vo Vysokých Tatrách. Ďalej by bolo vhodné postup rozšíriť o väčšie množstvo premenných a o ďalšie charakteristiky vplývajúce na náchylnosť napádania porastov lykožrútom smrekovým.

## Podakovanie

Táto práca vznikla realizáciou projektu Centrum excelentnosti biologických metód ochrany lesa (ITMS: 26220120008) na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

- BAIER P., FÜHRER E., KIRISITS T., ROSNER S., 2002: Defence reactions of Norway spruce against bark beetles and the associated fungus *Ceratocystis polonica* in secondary pure and mixed species stands. In: *For. Ecol. Manag.*, vol. 159: 73–86.
- BYERS J.A., 1996: An encounter rate model of bark beetle populations searching at random for susceptible host trees. In: *Ecol. Model.*, vol. 91: 57–66.
- COELN M., NIU Y., FÜHRER E., 1996: Entwicklung von Fichtenborkenkäfern in Abhängigkeit von thermischen Bedingungen verschiedener montaner Waldstufen (Coleoptera: Scolytidae). In: *Entomol. Gener.*, vol. 21: 37–54.
- GRODZKI W., JAKUŠ R., LAJZOVÁ E., SITKOVÁ Z., MACZKA T., ŠKVARENINA J., 2006: Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* [L.] (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in Tatra Mts. in Poland and Slovakia. In: *Annals of Forest Science*, vol. 63: 55–61.
- HLÁSNY T., KULLA L., BUCHA T., KONÓPKA J., 2009: Súčasný stav a prognózy hynutia smrečín na Slovensku. Zvolen : NLC - LVÚ Zvolen, 12 s.
- JAKUŠ R., 1998: Types of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). In: *Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz.*, vol. 71: 41–49.
- , GRODZKI W., JEŽÍK M., JACHYM M., 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* [L.] outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. Proceedings: Ecology, Survey and Management of Forest Insects. USA: USDA Forest Service, General technical report GTR-NE-311, p. 25–32.
- KUNCA A. *et al.*, 2011: Problémy ochrany lesa v roku 2010 a prognóza na rok 2011. In: *Aktuálne problémy v ochrane lesa 2011*, zborník referátov z medzinárodnej konferencie Aktuálne problémy v ochrane lesa 2011, (v tlači).
- LINDELÖW Å., RISBERG B., SJÖDIN K., 1992: Attraction during flight of scolytids and other bark- and wood-dwelling beetles to volatiles from fresh and stored spruce wood. In: *Can. J. For. Res.*, vol. 22: 224–228.
- NIKOLOV, CH., BARKA I., FERENČÍK J., HLÁSNY T., VAKULA J., ZÚBRÍK M., KUNCA A., KONÓPKA B., 2010: Využitie geografických informačných systémov a diaľkového prieskumu Zeme pre hodnotenie zmien stavu lesa po roku 2004 vo Vysokých Tatrách. In: KONÓPKA B. (ed.): *Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi*. Zvolen : Národné lesnícke centrum, 2010, s. 96–106, ISBN 978-80-8093-124-7.
- , 2010: Časopriestorová kvantifikácia šírenia lykožrúta smrekového po rozsiahlej vetrovej kalamite vo Vysokých Tatrách. Projekt dizertačnej práce. Zvolen : Lesnícka fakulta TU Zvolen, 44 s. (nepubl.).
- NOVOTNÝ J., ZÚBRÍK M. *et al.*, 2004: Biotický škodcovia lesov Slovenska. Bratislava : Polnochem, a. s., 208 s. ISBN 80-969093-2-0.
- SEIDL R., SCHELHAAS M.-J., LINDNER M., LEXER M.J., 2009: Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. In: *Regional Environmental Change*, vol. 9: 101–119.
- TUNSET K., NILSON A.C., ANDERSEN J., 1993: Primary attraction in host recognition of coniferous bark beetles and bark weevils (Col., Scolytidae and Curculionidae). In: *J. Appl. Entomol.*, vol. 115: 155–169.
- WERMELINGER B., SEIFERT M., 1998: Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* [L.] (Col., Scolytidae). In: *J. Appl. Entomol.*, vol. 122: 185–191.
- , SEIFERT M., 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. In: *Ecol. Entomol.*, vol. 24: 103–110.
- , 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202, p. 67–82.