

# VYBRANÉ PRIESTOROVÉ ASPEKTY NOVODOBÉHO ODUMIERANIA SMREKOVÝCH PORASTOV V OBLASTI KYSÚC

Tomáš Hlásny, Marek Turčáni

## Úvod

Novodobé odumieranie smrečín (NOS) sa v poslednom období stalo javom s významnými ekologickými a ekonomickými dôsledkami. Z tohto dôvodu bolo riešených niekoľko projektov zameraných na analýzu kauzálneho aspektu tohto javu, predikciu jeho ďalšieho vývoja, rozbor ekonomických dôsledkov rozpadu smrekových porastov, ako aj na návrh manažmentu postihnutých území. K najvýznamnejším projektom zameraným na túto problematiku patrí projekt APVT riešený Ústavom ekológie lesa Slovenskej akadémie vied „Analýza príčin a návrh opatrení proti hromadnému odumieraniu smrečín v pohraničných oblastiach severného Slovenska“ a projekt „Rekonštrukcia nepôvodných spoločenstiev postihnutých zmenou prírodných podmienok (najmä klímy) na stabilnejšie ekosystémy“, riešený Národným lesníckym centrom, z ktorého vybrané výsledky budú prezentované v tomto príspevku.

NOS nastolilo množstvo odborných otázok, na ktoré musí vedecká komunita určitým spôsobom reagovať. Z lesníckeho hľadiska sú najvýznamnejšími otázkami, ktoré je nevyhnutné zodpovedať, **príčiny** odumierania porastov v postihnutých územiach, ktorých poznanie tvorí predpoklady pre efektívny odhad rizík a optimálne návrhy hospodárenia v ďalšom období. Táto problematika je v súčasnosti riešená na úrovni jednotlivých stromov a porastov, kde sú hodnotené fyziologické príčiny odumierania, a na úrovni regiónu, kde je analyzovaná priestorová štruktúra jednotlivých symptómov hynutia a sú identifikované environmentálne premenné, ktoré vysvetľujú priestorovú variabilitu tohto javu. Tieto podklady sú, spolu so zámermi lesného hospodára, základným rámcom pri vytváraní modelov hospodárenia a definovaní cieľovej výstavby lesných porastov.

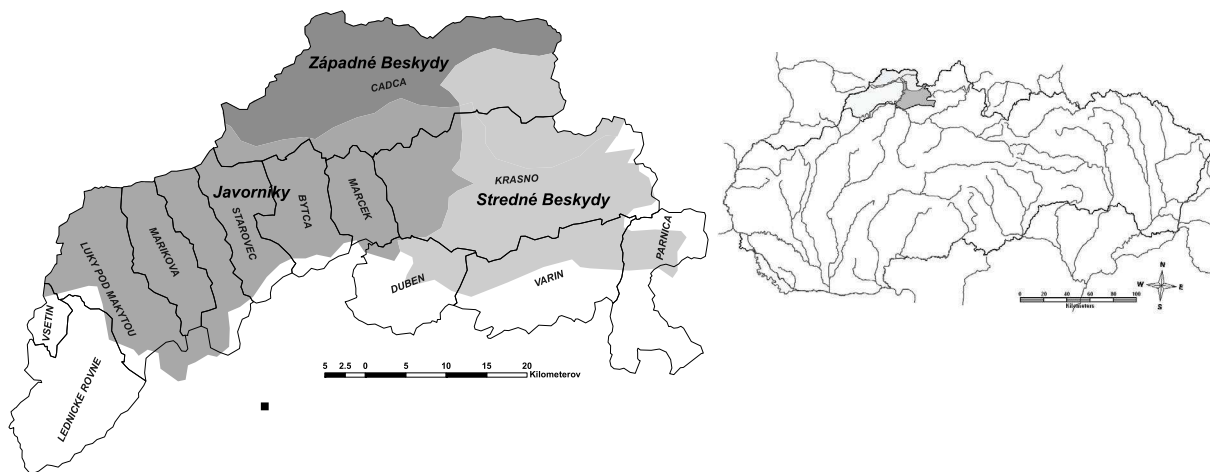
V príspevku sa venujeme vybraným aspektom odumierania smrekových porastov na regionálnej úrovni. Geoštatistickými metódami sme hodnotili priestorovú štruktúru defoliácie a poškodenia kmeňa hnilobou, a tieto ukazovatele celkového zdravotného stavu sme vzťahli na celé územie. V ďalšom období budú obdobným spôsobom hodnotené zvyšné parametre (vplyv podkôrneho hmyzu, dopady znečistenia ovzdušia... a ďalšie). Získané informácie tvoria významné východisko pre hodnotenie príčin odumierania porastov, v závislosti na komplexe podmienok prostredia. Tento krok je algoritmicky relatívne náročný a v príspevku sa mu nebudeme venovať. Niektoré aspekty tejto problematiky sú spracované v práci HLÁSNY *a kol.* (2006).

## Podkladové materiály a metodika

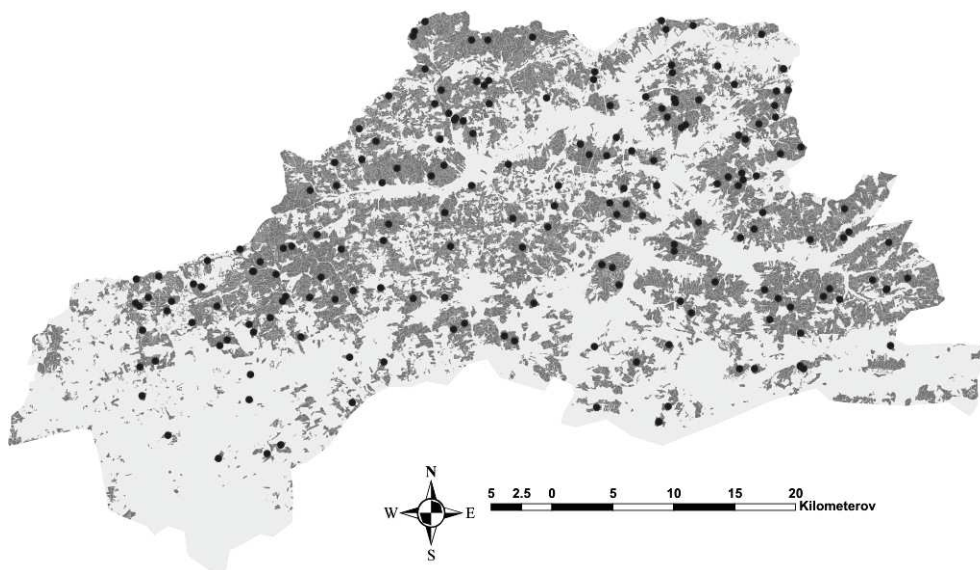
Výskum bol realizovaný v oblasti Kysúc, v lesných oblastiach Javorníky, Západné Beskydy a západné časti Stredných Beskýd, ktoré úplne alebo čiastočne zahŕňajú lesné hospodárske celky Všetín, Lúky pod Makytou, Mariková, Starovec, Papradno, Bytča, Marček, Duben, Varín, Párnica, Krasno, Čadca a Lednické Rovne. Veľkosť územia je 1 800 km<sup>2</sup>. Prevýšenie je od 260 m n. m. v juhozápadnej časti územia pri Váhu do 1 236 m n. m. v severovýchodnej časti územia vo Veľkej Rači (obr. 1).

Ako primárny podkladový materiál sme použili výsledky terestrického zisťovania zdravotného stavu porastov v záujmovom území na 180 výskumných plochách, ktorých rozloženie je uvedené na obrázku 2. Na každej ploche bolo hodnotených 25–30 stromov. Poškodenie jednotlivými škodlivými činiteľmi sa zaznamenávalo pri úrovňových a nadúrovňových stromoch, so sociologickým postavením 1, 2 a 3, defoliácia na úrovňových a nadúrovňových stromov s postavením 1 a 2. Ďalšie informácie o výberovom dizajne a dizajne výskumnej plochy sú uvedené v práci HLÁSNY *a kol.* (l.c.). Zaznamenávané bolo relatívne široké spektrum údajov, zdravotný stav bol charakterizovaný

defoliáciou a poškodením jednotlivými antropogénnymi, biotickými a abiotickými činiteľmi. Defoliácia bola hodnotená vizuálnym posúdením, s presnosťou na 5 %. Poškodenie kmeňa hnilobou bolo hodnotené v stupňoch “žiadne (0)”, “nízke (1)”, “stredné (2)” a “silné (3)”. Spracovávané údaje vyjadrujú priemerné hodnoty poškodenia za výskumnú plochu, počítané ako aritmetický priemer intenzity poškodenia zaznamenaný na jednotlivých stromoch.



Obr. 1 Zaujímavé územie s jednotlivými orografickými celkami a jeho prekrytie s LHC/LUC. Vpravo poloha územia v rámci Slovenska



Obr. 2 Rozmiestnenie výskumných plôch v záujmovom území. Tmavo sú vyznačené porasty so zastúpením smreka nad 50 %

K hodnoteniu priestorovej štruktúry uvedených údajov je možné zvoliť väčšie množstvo prístupov. Vzhľadom na distribúciu zdrojových údajov a ich bodovú lokalizáciu (sumárna hodnota za výskumnú plochu je vzťahovaná k jej geometrickému strediu) sme použili nástroje geoštatistiky. V prvom kroku sme vykonali tzv. *analýzu priestorovej závislosti* získaných údajov, ktorá patrí k základným prístupom k analýzám priestorových javov, pri ktorých možno predpokladať určitý stupeň spojitosti. Zjednodušene povedané, získané informácie hovoria, nakoľko je možné predpokladať, že v území v okolí výskumnej plochy sú hodnoty, napr. defoliácie, korelované s hodnotou defoliácie meranej na výskumnej ploche, a ako sa tento vzťah s narastaním vzdialenosti od plochy v rozličných smeroch vyvíja. Dôležité odvodené informácie sú miera spojitosti hodnoteného javu, prítomnosť diskontinuit,

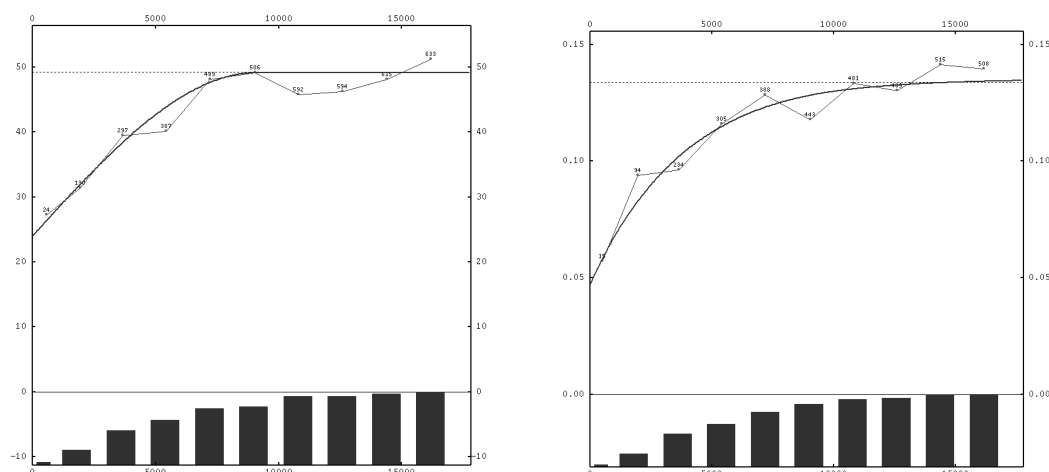
celková priestorová variabilita a pod. Podrobný popis tejto problematiky bol u nás publikovaný v práci HLÁSNY (2005). Tieto parametre teda významným spôsobom ovplyvňujú možnosť aplikovať ich do priestorových modelov a následne do modelov hospodárenia.

V ďalšom kroku riešenia boli vytvorené priestorové modely defoliácie a poškodenia kmeňa hnilobou. Použitá bola metóda ordinálneho krigingu, ktorej popis je uvedený napr. v prácach ISAAKS a SRIVASTAVA (1989), WACKERNAGEL (1998) a ďalších. Týmto spôsobom sme získali pre každú lokalitu v záujmovom území hodnotu daného faktora, čo je vyjadrené formou máp (obr. 4 a 5).

## Výsledky

V prvom kroku boli z bodového poľa hodnôt defoliácie a poškodenia kmeňa hnilobou odvodené tzv. variogramy, čiže grafy vyjadrujúce priestorovú variabilitu, alebo naopak mieru spojitosti uvedených premenných (obr. 3).

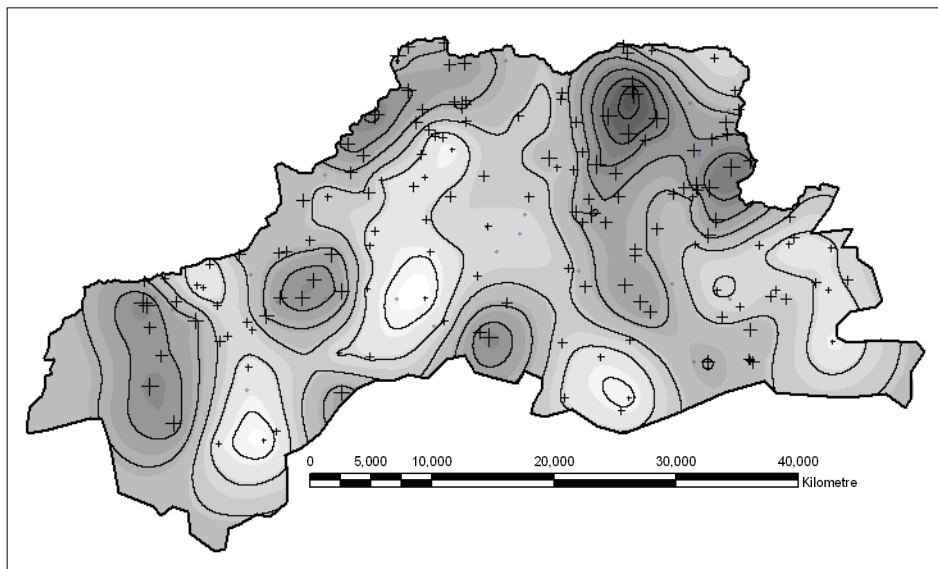
*Poznámka: Dôležitou odvodenou informáciou je hodnota vzdialenosti v metroch na x-ovej osi, pri ktorej sa nárast hodnôt variogramu stabilizuje. Táto hodnota vyjadruje vzdialenosť medzi výskumnými plochami, za ktorou sú na nich namerané hodnoty, napr. defoliácie, na sebe nezávislé. Čím je táto vzdialenosť väčšia, tým je jav spojitější. Naopak, ak by bol priebeh variogramu konštantný pri všetkých vzdialenostiach, znamenalo by to náhodnosť javu v priestore a tým malú možnosť vytvárať zovšeobecnené návrhy opatrení pre lesného hospodára.*



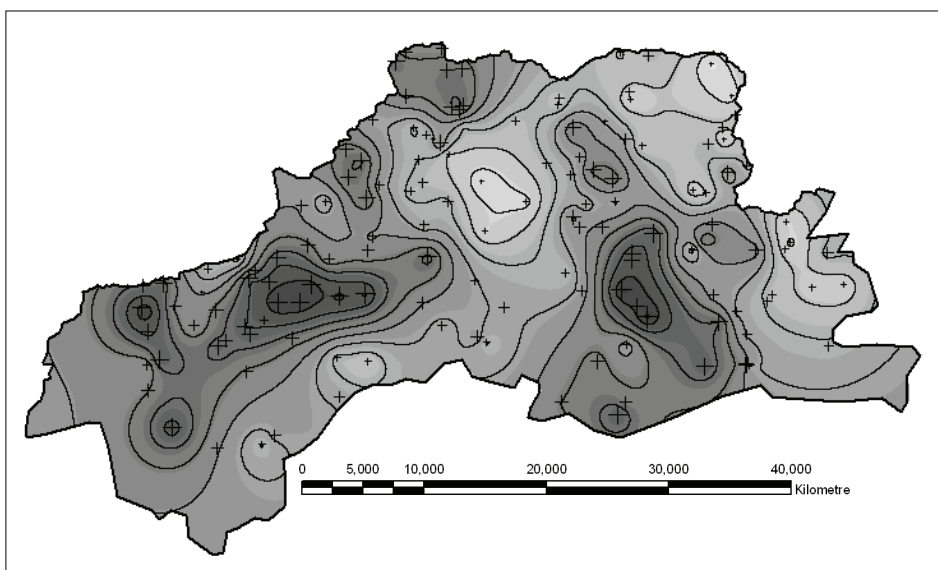
Obr. 3 Variogramy defoliácie a poškodenia kmeňa hnilobou. Stĺpcový graf v spodnej časti vyjadruje počet hodnôt použitých pre výpočet zodpovedajúcej hodnoty variancie

Ako vidno na obrázku 3, hodnoty defoliácie a poškodenia kmeňa hnilobou vykazujú relatívne vysoký stupeň priestorovej závislosti (spojitosti). Priebeh variogramov zreteľne indikuje spojitú správanie obidvoch javov, pričom uvedená prahová hodnota je v prípade defoliácie dosiahnutá pri približne 9 000 metroch, zatiaľ čo v prípade hniloby kmeňa pri viac ako 12 kilometroch. Interpretácia tohto javu je samozrejme otázkou mierky v akej tieto javy skúmame. Pri priamom pohľade na porast z menšej vzdialenosti je pozorovateľná určitá mozaikovitosť rozpadu a náhodné odumieranie jedincov alebo menších skupín. Naopak, v menšej mierke je možné pozorovať určité makroštruktúry a trendy, ktorých prítomnosť odráža aj pozvoľný nárast hodnôt uvedených variogramov. Tieto tzv. mikrovariability pod prahom pozorovania (variabilita, ktorú nie je možné zachytiť štruktúrou výskumných plôch) sa na priebehu variogramu prejavili tým, že variogram vo svojom začiatku neprechádza nulou, ale už pri malých vzdialenostiach medzi výskumnými plochami sú pozorovateľné významné rozdiely medzi zistenými hodnotami. Pri obidvoch javoch teda existuje na prvý pohľad zistiteľná premenlivosť v rámci porastov či skupín stromov, ale miera defoliácie či hniloby vykazuje pomerne značnú mieru podobnosti v rámci väčších území.

Uvedené informácie – analytické potvrdenie priestorovej závislosti (spojitosti) uvedených parametrov a vyjadrenie jej charakteru pomocou variogramov – poskytujú východisko pre výpočet hodnotených parametrov v rámci celého záujmového územia. Táto tzv. predikcia je samozrejme spojená s určitou chybou, ktorú je možné, napr. pre potreby manažmentu rizík v jednotlivých častiach záujmového územia, relatívne spoľahlivo vypočítať. Výsledky sú uvedené v obrázkoch 4 a 5.



Obr. 4 Priestorová distribúcia hodnôt defoliácie. Poloha symbolov vyjadruje polohy výskumných plôch, ich veľkosť intenzitu meranej veličiny



Obr. 5 Priestorová distribúcia intenzity poškodenia kmeňa hnilobou

Z uvedených máp vidieť, že defoliácia aj poškodenie kmeňa hnilobou vykazujú zreteľne interpretovateľnú priestorovú štruktúru a je možné vymedziť územia, v ktorých tieto parametre presahujú určité kritické hodnoty. Najvýznamnejším prínosom je však možnosť konfrontovať odvodené modely s podmienkami prostredia v prostredí GIS a určiť premenné, ktoré so zistenou priestorovou štruktúrou korešponujú.

Z priestorovej distribúcie defoliácie (obr. 4) vyplýva, že jej vysoké hodnoty sú prevažne sústredené do vyšších nadmorských výšok. Zároveň sa oblasť maximálnych hodnôt prekrýva s územím

intenzívnych prejavov NOS. Zatiaľ však nie je možné posúdiť, či tento jav príčinne prispieva k prejavom NOS, alebo naopak, je ich dôsledkom. To bude predmetom ďalšieho podrobného výskumu. Vzhľadom na vysoký stupeň priestorovej závislosti defoliácie môžeme predpokladať, že ho ovplyvňuje priestorovo široko rozšírený faktor – ako napríklad počasie, či znečistenie ovzdušia. Vzhľadom na fakt, že presne nepoznáme mechanizmus vzniku hodnotenej defoliácie, je však zhodnotenie podstaty týchto mechanizmov značne obtiažne.

V prípade priestorovej distribúcie intenzity poškodenia kmeňa hnilobou existuje niekoľko „centier“ v ktorých sa tento fenomén prejavuje výraznejšie. Tieto oblasti sú všeobecne mimo dosahu hraníc s Poľskom, kde sa nachádzajú najvyššie pohoria s maximálnou snehovou pokrývkou. Vzhľadom

na mechanizmus akým hniloba infikuje kmeň (mechanickým poškodením kmeňa, koreňových nábehov či koreňov) môžeme predpokladať, že k vysokej miere priestorovej závislosti významne prispieva lesná zver. Je to jednak faktor pôsobiaci na veľkom území a jednak preferujúci určité biotopy v dosahu poľnohospodárskej krajiny a mimo oblastí s najvyššou snehovou pokrývkou. Ku priestorovej závislosti hniloby samozrejme prispievajú aj samotné huby spôsobujúce hnilobu kmeňa. V oblastiach s vysokým počtom napadnutých stromov je pravdepodobnosť prenosu infekcie na ďalšie stromy vyššia ako v oblastiach s nízkym infekčným potenciálom. Priestorová distribúcia intenzity poškodenia kmeňa hnilobou sa líši od priestorového rozšírenia NOS a tento faktor pravdepodobne nie je pri NOS kľúčový. Uvedené závery sú však len indikatívne a ich potvrdenie vyžaduje ďalší výskum príčin NOS na úrovni jedincov, porastov, ako aj regiónu.

## Vyhodnotenie a záver

K riešeniu problematiky hynutia smrekových porastov je možné zvoliť viacero prístupov. V použitom riešení ho vnímame ako priestorový proces, kontrolovaný určitou (zatiaľ z väčšej časti neznámou) kombináciou abiotických, biotických a antropogénnych faktorov. Jednotlivé škodlivé činitele a symptómy odumierania vykazujú špecifickú priestorovú štruktúru, ktorá je výsledkom odoziev na tieto faktory. Na úrovni realizovaných priestorových analýz však nie je možné porozumieť mechanizmom ktoré ich spôsobujú. Takýto prístup ale môže významným spôsobom naznačiť na zákonitosti rozšírenia symptómov poškodenia porastov a následne generovať hypotézy ktoré je možné overiť pomocou manipulovaných pokusov. V príspevku sme analyzovali priestorovú distribúciu defoliácie a hniloby kmeňov. Zatiaľ čo výsledky hodnotenia defoliácie porastov naznačujú na súvis s NOS, centrá s vyššou intenzitou hniloby kmeňa nekorešponujú s oblastami intenzívnych prejavov NOS.

Realizované analýzy preukázali, že obidva študované parametre majú výrazne spojené priestorové správanie čo naznačuje, že ich generujú faktory pôsobiace na veľkom priestore. V prípade defoliácie je možný vplyv znečistenia ovzdušia, v prípade hniloby kmeňa zasa nepriaznivý vplyv lesnej zveri a zvýšený infekčný tlak samotných húb spôsobujúcich hnilobu.

Význam priestorových analýz pre správne strategické rozhodnutia možno dokumentovať na príklade analýzy hniloby: Výsledky naznačili, že dopad (vzdialenosť na ktorú je intenzita hniloby priestorovo závislá) hniloby na lesné porasty nie je iba lokálny, ale existencia infikovaných porastov ovplyvňuje aj značné územie v ich okolí. Ak by bolo zámerom konverzie takto poškodených porastov zvýšenie ich ekologickej stability, opatrenia by sa museli vykonávať v širšom kontexte a nie iba v samotnom infikovanom území, čo môže podstatne ovplyvniť modely hospodárenia a cieľové drevinové zloženie na výrazne väčšom území ako sa doteraz predpokladalo.

Predložený príspevok je iba prvým krokom na ceste za využitím priestorových analýz pri zlepšení manažmentu lesných porastov. Veríme však že aplikácia geoštatistických metód aj v ochrane lesa môže významným spôsobom pomôcť ku zefektívneniu obranných postupov proti abiotickým, biotickým a antropogénnym faktorom.

## **Použitá literatúra**

- HLÁSNY, T. 2005: Geoštatistický koncept priestorovej závislosti pre geografické aplikácie. *Geografický časopis*, 57(2): 97 – 115.
- HLÁSNY, T., KOREŇ, M., TURČÁNI, M., JIŘINA, M. 2006: Neural network based system to model Global Change impacts on forest ecosystems health status at a regional scale, *In* PRIWITZER, T. *et al.* (Eds.): *Climate Change – Forest Ecosystems and Landscape*, (v tlači).
- ISAACS, H., E., SRIVASTAVA, R., M. 1989: *Introduction to applied geostatistics*. Oxford, Oxford University Press, 630 pp.
- WACKERNAGEL, H. 1998: *Multivariate geostatistics*. Berlin, Springer, 389 pp.

---

### **RNDr. Tomáš Hlásny, PhD.**

*Národné lesnícke centrum – LVÚ Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: hlasny@nlesk.org*

### **Ing. Marek Turčáni, PhD.**

*Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta lesnická a environmentální, Kamýcká 129, CZ-165 21 Praha - Suchbátka, e-mail: turcani@fle.czu.cz*

---