



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

54, Suppl. 1

2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Editori:

Ing. Martin Lieskovský, PhD.
doc. Dr. Ing. Viliam Pichler
doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.

Posudzovatelia:

PaedDr. Imrich Šuba
Ing. Miroslav Ondruš, PhD.
RNDr. Zdeno Kostka, PhD.
Ing. Bc. Ľuboš Halvoň
Ing. Marián Radocha, CSc.
Ing. Ján Refka
Ing. Pavol Kráľ

Ing. Benjamín Jarčuška, PhD.
Ing. Slavomír Findo CSc.
MVDr. Pavel Forejtek, CSc.
Ing. Miloš Gejdoš, PhD.
Ing. Jozef Tajboš, CSc.
Ing. Marián Böhmer, PhD.

Redakčná rada Acta Facultatis Forestalis Zvolen:

doc. Dr. Ing. Viliam Pichler
doc. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
doc. Ing. Jaroslav Kmeť, PhD.
prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
doc. Ing. Jozef Suchomel, CSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 54, Suppl. 1 2012

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, IČO 00397440

Vydanie I. – december 2012

Rozsah 183 strán, 11,59 AH, 11,75 VH

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 23. 1 2012, číslo EP 182/2012

Periodikum s nepravidelnou periodicitou

Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Veselovská, A.: Vyhodnotenie pobytových znakov vlka dravého (<i>Canis lupus</i>) v CHKO Poľana	7
Evaluation of the residential character wolf grey (<i>Canis lupus</i>) on transects in CHKO Poľana	7
Ivan, M., Rajský, D.: Fibropapilomatóza jeleňovitých na Slovensku so zameraním na srnca lesného (<i>Capreolus capreolus</i>) a jeleňa lesného (<i>Cervus elaphus</i>)	27
Fibropapillomatosis of Cervids in Slovakia with a focus on roe deer (<i>Capreolus capreolus</i>) and red deer (<i>Cervus elaphus</i>)	27
Martináková, M., Martinák, M.: Krátkodobé zmeny vegetácie jedľovo-bukových prírodných lesov v NPR Padva	37
Short-term changes in the vegetation of fir-beech natural forests in the Padva reserve	37
Hanzelová, M., Hríbik, M., Perháčová, Z.: Mikrobiologická charakteristika snehovej pokrývky v Nízkyh Tatráh v oblasti Chopku	55
Microbiological characteristics of snow cover Low Tatras Mts	55
Đuriš, M., Lukáčik, I.: Výšková a hrúbková štruktúra duba cerového (<i>Quercus cerris</i> L.) v spoločenstvách lesostepného charakteru	69
The height and diameter structure of <i>Quercus cerris</i> L. in forest steppe communities	69
Špišák, J.: Skladba porastov v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec	81
Composition of forest stands located in 1 st buffer zone of the Klenovec water reservoir	81
Zrak, J.: Hrúbkové a výškové zloženie pralesa s dominanciou buka v NPR Skalná Alpa	91
Diameters and heights of beech in measured dominated part of old-growth forest Skalná Alpa	91
Soľanka, J.: Vyhотовovanie pravých ortofotomáp zo snímkov s rôznym prekrytom	101
True orthophotomap creation from images with different overlap	101
Allman, M.: Zmeny v koncentrácii CO ₂ v pôde spôsobené harvesterovou technológiou po ťažbe bukovej kalamity	111
Changes in soil CO ₂ concentration caused by harvester technology in beech stand salvage felling	111

Ďurán, I., Juško, V.: Optimalizácia prístupnosti lesa lesnou cestnou sieťou v LHC Nižná Slaná	125
Optimalization of forest access by forest road network in forest management unit Nižná Slaná	125
Jančoškova, Z., Halaj, D.: Riadenie lesných podnikov pomocou marketingových rozhodovacích modelov	139
Management of forest enterprises by marketing decision models	139
Schlosserová, D., Bondarev, A.: Genetická premenlivosť populácie vlka dravého na Slovensku, Ukrajine, Bosne a Hercegovine a Rusku	149
Genetic variability population of gray wolf in Slovakia, Ukraine, Bosnia and Herzegovina and Russian	149
Kurčíková, M.: Identifikácia hraníc a klasifikácia lesných pozemkov s využitím DPZ.....	159
Identification of the boundaries and classificationh of the forest land using remote sensing	159
Nurieva, E., Nikitin, Y.: Inteligentý diagnostický systém mechatronických modulov.....	173
Intelligent diagnostic system of mechatronic modules	173
Lozhkina, A., Glazyrin, V., Nikitin, Y.: Ergatické systémy mechatronických vozidiel	177
Ergatic systems of mechatronic vehicles control	177

VYHODNOTENIE POBYTOVÝCH ZNAKOV VLKA DRAVÉHO (*CANIS LUPUS*) V CHKO POĽANA

Alexandra VESELOVSKÁ

Veselovská, A.: Evaluation of the residential character wolf grey (*Canis lupus*) on transects in CHKO Poľana. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 7–25.

The aim of this work was to evaluate the spatial activity and ecology of wolf grey (*Canis lupus*) depending on natural conditions and anthropogenic influences by recording the residential character of strips of variable width in the selected area CHKO Poľana. Research was realized from October 2010 to March the 2012. Each transect had a length of 1 km and represent a different type of terrain and land. There were conducted 59 errands in total, while in 21 cases, were found residential signs. The main task was to determine, which of the transect was the most preferred and which parts were most used. During first winter C transect that led through the forest and provide a good view of the stream was the most used. In second winter was most used transect D, which it led along the seed racks and place of the winter concentrations game. Change of transects of use was due to anthropogenic activities, which was conducted from autumn 2011 across the transect C. Transect A, which led through the pasture was used in minimum, because of bad options shelter. The most often used places were coppice with impassable terrain and steep slopes. Wolves liked visited wooded site with a good possibility of hiding and good view. It was Confirmed that wolves frequently used trodden forest ways. The most common activity was the search for food. They regularly went to control holes, stream and views.

Key words: grey wolf, transect, footprint

1 ÚVOD A CIEĽ

Vlk dravý (*Canis lupus*) je naša najväčšia psovité šelma. Tento vrcholový predátor je pôvodný a typický druh karpatských biocenóz. Obýva lesnaté vyššie pohoria na severe a severovýchode Slovenska.

Predačným tlakom vlka na veľké kopytníky sa výrazne selekčným účinkom uskutocňuje kolobeh hmoty a energie, zároveň zabezpečuje významné vedľajšie účinky na vekovú, sexuálnu štruktúru populácii koristi na dostatočnú promiskuitu, odstraňovanie genetických izolácií, rozptyl, zdravotný a konštitučný stav zveri (VOSKÁR, 1993).

Vplyv vlčej populácie na voľne žijúcu zver má z ekologického a ekonomického hľadiska veľký význam. Musíme si tiež uvedomiť, že spôsobuje značné škody na hospodárskych zvieratách a raticovej zveri. Populácia vlka sa udržiava z dlhodobého hľadiska na vyrovnanej hladine a dokonca sa rozširuje na územie Čiech a Maďarska. Hlavnou náplňou práce bolo zaznamenať a vyhodnotiť nájdené pobytové znaky vlka dravého (*Canis lupus*) na vybranom území CHKO Poľana, konkrétne v oblasti Mačinová a Chrapková na štyroch vybraných transektoch. Každý z transektov reprezentoval iný typ krajiny. Cieľom práce bolo vyhodnotiť zaznamenané stopové dráhy na jednotlivých transektoch z hľadiska preferencie za jednotlivé roky. Zistiť pravdepodobné dôvody využívania jednotlivých transektov, alebo faktory ktoré mohli pravdepodobne ovplyvniť ich využívanie a navzájom

porovnať jednotlivé tranzekty. Následne určiť, ktoré z porastov, kde boli nájdené stopové dráhy boli najviac využívané za jednotlivé roky. Ďalej bolo potrebné zistiť počet jedincov v jednotlivých stopových dráhach, aký druh pohybu využívali a v akých situáciách. Poslednou úlohou bolo zhodnotiť na základe nájdených stopových dráh činnosti ktoré vykonávali a akým druhom pohybu sa najčastejšie pohybovali.

2 PROBLEMATIKA

2.1 Pohyb a aktivita

Rytmus biologickej aktivity vlka je sezónne diferencovaný a podmienený mnohými faktormi ako sú sociálne postavenie jedinca, rozmnožovacie cykly, klimatické podmienky, miera prenasledovanosti, kvantita a dostupnosť potravinových zdrojov. V ročnom cykle rozoznávame dve rôzne fázy, a to usadlé a migrujúce. Pohybová aktivita sa tiež líši v letnom období a zimnom období. Usadlí, život začína pred okotením mláďat. Vtedy sa zdržiavajú v blízkosti brloha. Počas tohto obdobia nezavýjajú, aby neprezradili miesto uloženia mláďat, loviť chodia do okolia, ale nie príliš vzdialeného od brlohu. Ak sa blízko nory začnú zdržovať ľudia, okamžite prenášajú vlčatá na bezpečnejšie miesto. Reprodukujúci pár obyčajne prejde za noc 4 až 13 km. Na začiatku leta opúšťajú brloh a zdržujú sa okolo „táborísk“. Postupne ako mladé odrastajú, sa ich pobyt na jednom mieste skracuje. V Auguste strieda rodina ležovisko každé 2 dni. Vlaňajšie vlčatá sa zdržujú v širšom okruhu teritória svorky ale komunikujú spolu hlasovo. Na konci jesene sa svorka opäť združuje. Vráti sa aj roztratené vlaňajšie, niekedy aj staršie odrastené už dospelé potomstvo. Vtedy sa začína migrujúca fáza.

Počas zimy prejdú dlhé trasy za potravou. Svorka prejde za noc aj niekoľko km. V teplom letnom období opúšťajú brloh večer a do rána sa vrátia späť alebo na iné podobné miesto (HELL a kol., 2001).

Cez teplé dni sa ochladzujú na pôde z ktorej pred tým odstránili hrabanku a odhrabali vrchnú časť pôdy. Svorka dosahuje najvyššieho výkonu v počte 6 až 7 zvierat, a preto vznik väčších svoriek v najmä zimnom období má hlavne sociálne dôvody. V zime sa vlci túľajú dlho a nemusia sa vrátiť na to isté miesto. Ak nie sú vyrušované, sú aktívne aj cez deň. Pri presunoch radi využívajú vyšliapané cestičky, poľovnícke chodníčky, železničné trate a zamrznuté vody. Pravidelne obchádzajú krmoviská jelenej zveri, kde je ich najväčšia koncentrácia, ich pohyb je významne ovplyvnený terénom a výškou snehovej pokrievky.

Pohyb je ovplyvnený prevažne sezónnymi zmenami početnosti a distribúciou jelenej zveri (FINĐO, CHOVANCOVÁ, 2005).

Vlci majú vytvorenú akúsi vlčiu cestnú sieť. Sú to zaužívané trasy, po ktorých prechádzajú pri vyhľadávaní koristi. Dĺžka trás závisí od populačnej hustoty, dostupnosti koristi a miery antropizovanosti.

Podľa spôsobu pohybu rozoznávame vlčí krok alebo klus, cval a plný cval. Pri kluse je jeho rýchlosť okolo 8 km/hod. a jeho stopová dráha je podobná liščeji ale odlišuje sa veľkosťou a nepravidelnými vzdialenosťami medzi jednotlivými stopami. V kluse zanecháva svorka s pravidla jednu stopu lebo zadný vlk stúpa presne do stopy predného vlka, takže sa zdá ako by tade prešiel iba jeden vlk. Stopa sa zvykne rozchádzať pri potokoch, v zákrutách (keď si zadné jedince chcú skrátiť cestu), pri solitérnych stromoch, kríkoch, hraničných kopcoch alebo pri kadáveroch. Plným cvalom sa vlci pohybujú pri prenasledovaní koristi, úteku alebo pri hre. Pri rýchlom cvale vyvinú rýchlosť 55 až 70 km/hod. ale len na kratší čas (HELL a kol. 2001).

Vlk má telo a nohy prispôsobené na prekonávanie dlhých vzdialeností a rôznych prekážok. Vďaka stavbe svojich nôh sa môže pohybovať aj v skalnatom teréne dokonca aj v strmom. Dokáže vyskočiť do výšky, preliezť prekážku a plávať.

2.2 Domovský okrskok

Vlk prežíva tam, kde je dostatok väčších lesných komplexov a kde je frekvencia čo najmenšia. Brlohy, ktoré si zakladajú sú na miestach ktoré sú pre ľudí ťažko prístupné. Oblubujú najmä chránené miesta ako husto zarastené údolia, kotliny, strže, rozsiahle zárasty černíčím, malinčím a vysokými trávami, a však vždy v blízkosti vody. Z pohľadu priestorového využitia územia je populácia vlkov organizovaná teritoriálnym spôsobom. Podstata teritorializmu je spravidla obrana potravných zásob pred jedincami prípadne skupinami toho istého druhu. Územie obývané vlkami sa delí na domovské okrsky (home range) z ktorých každý obýva skupina jedincov. Domovský okrskok tvorí oblasť kde vlky žijú, lovia rozmnožujú sa alebo migrujú za potravou alebo sexuálnym partnerom.

Centrum tvorí jadrová zóna, ktorú tvoria spravidla tiché miesta, s riedkym alebo žiadnym osídlením, celoročnou lesníckou činnosťou a turizmom. Preteká cez ne vodný tok a väčšinou sa prekrývajú najmä so zimnými stanovišťami jelenej zveri (FINĐO, CHOVANCOVÁ, 2005).

Hranice susedných teritórií vlky rešpektujú a dávajú si pozor, aby nevnikli do cudzej oblasti. Takto sa pozdĺž stretov dvoch hraníc vytvárajú nárazníkové zóny. Tam vlky lovia len ojedinele, preto je pre zver bezpečnejšie sa zdržiavať v tejto zóne ako v centre vlčieho teritória. Veľkosť závisí od viacerých faktorov. Najprv je to veľkosť a stabilita vlčej svorky, potom je to dostupnosť, hustota a kvalita potravy hlavne dominantnej, ktorou je u nás jelenia a diviacia zver. Ďalšie faktory sú hustota ľudskej populácie, členitosť terénu, lesnatosť prostredia, prítomnosť vody, ročné obdobie, klimatické podmienky (CHOVANCOVÁ, 1995).

Počas zimného obdobia je životný priestor svorky väčší, lebo sa presúvajú za potravou a sexuálnymi partnermi. V lete je teritórium omnoho menšie, lebo sa zdržiavajú v blízkosti brlohu s potomstvom alebo neskôr táboriska. S telemetrických meraní pani Chovancovej, ktoré sa uskutočnili v roku 1994 na území TANAP-u môžeme konštatovať, že veľkosť domovského okrsku sledovanej svorky bola cca 18 000 ha. Všeobecne je veľkosť teritória od niekoľko desiatok metrov po 13 km² (Aljaška). Solitárne vlky nemajú svoje stále územie, ale pohybujú sa v cudzích alebo neobsadených teritóriách.

Hranice domovského okrsku si vlci pravidelne starostlivo značkujú, aby bolo jasné komu patrí. Robia to pachom, močom, trusom ale aj obtieraním. Využívajú priánálne žľazy tela, ktoré vylučuje silnú pachovú značku. V pachovej značke nájde cudzí vlk dôležité informácie ako pohlavie jedinca, čerstvosť a stav. Teritórium si vyznačujú aj hlasovými prejavmi. Výtím oznamujú svoju prítomnosť v oblasti a svoje nároky na danú oblasť (HELL a kol., 2001).

Za najvýznamnejšie hraničné prechody vlkov možno pokladať predovšetkým horské hrebene, lesné cesty, chodníky, zväznice upravované turistické chodníky.

2.3 Spôsob a stratégia lovu

Zmysel a účelnosť predačného účinku vlka spočíva v princípe výberu koristi s minimálnou stratou energie a s minimálnym rizikom poranenia (VOSKÁR, 1993).

Vlky lovia najmä v lete individuálne, ale najčastejšie lovia vo svorkách. Taktika a stratégia lovu závisí od mnohých faktorov. Výber ovplyvňuje druh koristi, či je osamotená alebo v čriede, konfigurácia terénu, poveternostné a meteorologické podmienky ako sneh, dážď, hmla (HELL a kol., 2001).

Svorka môže loviť v úzkej spolupráci členov, ktorý majú rozdelené úlohy a sú dokonale organizovaní. Keď sa svorka za súmraku chystá na lov, ako prvé vstanú zo svojich ležovísk mladé vlky ktoré začnú prejavovať nepokoj. Keď vstane vedúci vlk a vlčica je to signál na odchod. Zo začiatku si členovia svorky vykonávajú telesné potreby, teda idú chaoticky vybiehať a zaostávajú. Neskôr sa usporiadajú do husieho pochodu. Idú tak, aby bola zabezpečená čo najväčšia bezpečnosť a včasné spozorovanie potencionálnej koristi. V hlbokom snehu sa tak zjednoduší prechod pre slabšie jedince. Skúsená a ostražitá vlčica ide ako prvá, za ňou idú tohtoročné alebo vlašajšie mláďatá a na konci starý vlk. Vlci idú jeden za druhým pričom zadný jedinec vždy stúpa do šľapají predchádzajúceho. Pri nájdení stôp je preto náročné zistiť koľko členov mala svorka. Možno je to len pri prenasledovaní koristi alebo na zákrutách, kde si posledné jedince skracujú cestu a vybočujú z radu (SLÁDEK, HELL, 1974).

Svoju korisť nachádzajú najčastejšie pomocou čuchu, podľa Mecha až v 82 % prípadoch. Najčastejšie zavetrením alebo priamym nájdeným stopy a jej následným sledovaním. Keď putujúca svorka začíti pach, zastane a všetci členovia sa snažia lokalizovať zdroj pachu. Keď ho objavia snažia sa priblížiť čo najbližšie k vyhliadnutej koristi. Čím bližšie sú, tým sú viac rozrušenejší, ich pohyby sú rýchlejšie a kývajú chvostmi (HELL a kol., 2001).

Svorka môže loviť v úzkej spolupráci jej členov, ktorí majú rozdelené úlohy a sú vysoko organizovaní. Poznáme niekoľko spôsobov lovu. Pri vyhovujúcich podmienkach svorka usporiada nadhánku, najmä pri čriede kopytníkov výnimočne aj na zajace. Mladé vlky plnia úlohu honcov, kým staršie plnia funkciu poľovníkov. Sú ukryté na pozíčne výhodnom mieste a čakajú na vystrašenú utekajúcu zver (TEREN, 1987).

Pri diviačej zveri využívajú odlákaciu taktiku. A to tak, že jeden vlk zaútočí na vodiacu diviačicu, ktorá sa snaží ochrániť seba a čriedu. Zatiaľ čo druhý vlk využije chvíľku zmätku a „ukradne“ jedno z diviáčat. Vlky veľmi dobre využívajú aj prírodné pasce ako útesy, bralá, kamenisté strmé svahy, zamrznuté plochy alebo húštiny z ktorých nemá obeť kde ujsť. Na Slovensku, najmä v zime, jeleňa zaženú do úzkej rokliny, väčšinou tam kde je potok (HELL a kol., 2001).

Často sa lov podľa Mecha (1970) rozdeľuje na 2 fázy. Prvá fáza je testovacia, kedy jedinca oddeleného od stáda alebo samotára prebehnú – otestujú. Ak sa pri úniku prejaví jeho zlý zdravotný stav ako chrčaním, krívaním, kašľaním prešiel testom. Potom nastane druhá fáza vlastného lovu (VOSKÁR, 1993).

Menšie zvieratá ako ovce, mláďatá jelenej zveri, srnky, zabíjajú jedným zahryznutím do zátylku alebo do stehna. Väčšiu korisť ako napríklad jeleňa sa počas lovu snažia zhodiť na zem opätovne ho hryzú do bokov alebo stehien, takže dochádza k masívnym podkožným krvácaninám. Ak korisť leží na zemi je často usmrtená zahryznutím do hrdla. Vlčie pazúry nie sú vtáhovateľné, a preto sú tupé a nedokážu preniknúť srstou (KACZENSKÝ a kol., 1999).

Podľa výskumu VOSKÁRA (1993), kde posudzoval zvyšky koristi (chrup, stav a akosť parožia, vek), potvrdil 65 % koristi hendikepovanej. Vo zvyšku percent je zahrnutá korisť ktorá mohla byť podľa dobrej kvality parožia postrieľaná a nedohľadaná na poľovačke, alebo aj zdravá zver ulovená vlkami v nejakej pozíčne nevýhode (sneh, terén). Výrazne

prevažoval lov mláďat (80 %) u diviakov a podľa opotrebovania ratic a nájdených zvyškov bol výrazne preferovaný lov samíc (70 %). MECH uvádza že zo 100 útokov je 95–97 útokov neúspešných, a teda len 3 až 5 úspešných. Táto úspešnosť závisí tiež od množstva koristi, druchovej diverzity alebo podľa toho či je územie novo obsadené vlkami. Na základe týchto výsledkov teda môžeme konštatovať, že výskum potvrdil selektívny a sanitárny účinok vlčej populácie. Ulovenú zver vlky skonzumujú takmer úplne, ak samozrejme neboli pri konzumácii vyrušení. VOSKÁR uvádza príkladný postup konzumácie, ktorý osobne pozoroval. Najprv je otvorený hrudný kôš a brušná dutina, skonzumované pľúca, srdce, pečeň, svalovina končatín a trupu hornej časti tela. Plný bachor zostal neroztrhaný a odtiahnutý asi 4 m od kadávera. Pri druhej návšteve vlci skonzumovali zvyšok trupu aj s hlavou a končatinami okrem hrubých kostí zadných končatín s raticami. Pri treťom návrate asi po 3 dňoch, boli zlikvidované zvyšky. Ako posledný bol roztrhnutý a skonzumovaný bachor, na mieste ostal len jeho obsah. Úplnú konzumáciu obetí potvrdil aj rozbor vzoriek trusu. V ňom sa pravidelne objavovali ratice kopytníkov, zuby, články prstov, kostná drť a chrupavky kĺbov veľkých šeliem (VOSKÁR, 1993).

2.4 Potrava

Vlk ako predátor je typický oportunist, jeho potrava silne závisí od okolia a podmienok v ktorých sa nachádza. Podľa Okarmu, ktorý spracoval literárne údaje o potravinovej ekológii vlka takmer z celého sveta, môžeme konštatovať, že potrava vlka závisí od biocenózy v ktorej žije a od potravných zdrojov ktoré mu môže poskytnúť. Pritom záleží nielen na hojnosti príslušného druhu koristi, ale aj od jej veľkosti t. j. či mu môže poskytnúť dostatok potravy. Výdaj energie ktorá je potrebná na ulovenie koristi a získanie potravy musí byť menšia ako energia ktorú skonzumovaním koristi získa. Tiež by lov nemal byť potencionálne veľmi nebezpečný, lebo každé poranenie môže spôsobiť neschopnosť získať potravu inde (HELL a kol., 2001).

Potravná ekológia vlka bola u nás spracovaná pomocou rozborov žalúdkov a pomocou koprologických analýz. BRTEK a VOSKÁR (1987) sa venovali koprologickým analýzám, pričom mali k dispozícii 165 vzoriek koristi z celého areálu rozšírenia vlka na Slovensku. Potvrdili, že dominantnou potravou vlka v slovenských Karpatoch sú divo žijúce kopytníky, a to raticová a čierna zver. Tiež to, že vlci jednoznačne uprednostňujú pri love veľkú čriedovú korisť, ktorá im poskytuje veľké množstvo mladých, neskúsených z energetického hľadiska ľahšie dostupných zvierat z jednej čriedy. Sviňa divá mala zastúpenie v 45,5 % vzoriek. To, že dáva prednosť mladším a neskúseným jedincom potvrdil aj nález, až 80 % vzoriek svine divej tvorili mladé jedince. Jeleň mal zastúpenie 23,3 %. Pomerne nízke percento podielu srnčej zveri (iba 5,5 %) ako koristi vlkov svedčí o tom, že vlk ako predátor pôsobí len na časť srnčej populácie, ktorá žije v lesných ekosystémoch, pretože veľká časť bola vytlačená premnožujúcou sa jeleniu zver do agrocenóz. Veľký podiel potravy vlka tvorili hospodárske zvieratá (11,6 %) z čoho ovce 3,7 % a domáce alebo túlavé psy 7,9 %. Túlavé psy sú z poľovníckeho hľadiska nežiaduce v lesnom ekosystéme. Spôsobujú veľké škody strhávaním raticovej zveri ktorú väčšinou ani neusmrťia ale spôsobia jej vážne poranenia. Preto treba poukázať na to, že vlk ako predátor plní významnú úlohu pri decimovaní túlavých psov. Vysoké zastúpenie mala aj liška a to 10,4 %, ktorá je hlavný prenášač besnoty (VOSKÁR, 1993).

HELL a kol. (2001) spochybňujú niektoré percentuálne zastúpenia, čo odôvodňujú tým, že je vylúčené, aby naše vlky lovili viac lišok a psov (18,3 %) ako srnčej zveri (5,5 %).

Vyšetrili 205 vlčích žalúdkov a ich výsledky sa líšili od výsledkov Brteka a Voskára (1987), najmä v zastúpení srnčej zvery. Diviak bol nájdený v 21,4 % žalúdkov, jeleň v 31,2 % a srnčia zver v 40,9 %, čo je oveľa viac ako 5,5 % zistených pri koprologických výskumoch. Hospodárske zvieratá boli nájdené v 4,2 % vzoriek. Skoro v 1 % žalúdkov sa nachádzali hraboše a myši. Zajace boli zastúpené len v 0,5 % vzoriek, podiel ovocia bol 1 %. Treba podotknúť, že počas tohto výskumu bola diviacia zver postihnutá KMO, takže bola pre vlka ľahšie dostupná. Výsledky HELLA a kol. (2001) sa skoro zhodujú s výsledkami Find'u. Potvrdil, že hlavnou korisťou vlka v Karpatoch sú jeleňovití 58 %, čierna zver tvorila 35 % a iné 7 %. Výsledky spracoval na základe rozboru 65 vlčích exkrementov.

Podľa JEDRZIEWSKEHO a kol. (1992), ktorý robil výskum potravy vlkov v Bialwiežskom pralese. Pomocou analýz 144 kusov vlčích exkrementov. Dokázalo sa, že počas leta je zastúpenie diviacej zvery o 14,8 % vyššie ako v zime, kedy tvorili 29 % potravy. Jeleň bol v lete zastúpený v 31,8 % a počas zimy v 29 % žalúdkov. V exkrementoch sa našli aj vtáky, obojživelníky, korytnačky, zajace a rastliny. V zime dokonca aj psík medvedíkovitý. Z týchto výskumov teda vyplýva, že vlk získava pre seba z kopytníkov až 99,9 % potrebnej biomasy. Sú to hlavne jelenia a diviacia zver a na treťom mieste srnčia zver. Veľký podiel potravy tvoria tiež lišky a túlavé psy. Musím tiež pripomenúť, že vlky s obľubou konzumujú aj kadávery zvierat a to najmä na jeseň a v zime, teda plnia aj sanitárnu funkciu.

Veľmi zaujímavý mi pripadal aj nález pri rozbere vzoriek (BRTEK, VOSKÁR, 1987), ktorý preukázal, že mnohé z nich obsahovali igelitové vrecká, celofány, staniolové fólie, v ktorých sa zrejme nachádzali zvyšky potravín od turistov (VOSKÁR, 1993).

3 METODIKA

Výskum prebiehal od októbra 2010 do marca 2012 vo vybranej oblasti CHKO Poľana. Použitá bola nepriama metóda zisťovania početnosti podľa pobytových znakov na vzorkových pásoch.

Pri líniovej metóde sa použijú pásy variabilnej šírky na ktorých sú registrované všetky pobytové znaky bez ohľadu na vzdialenosť od línie ktorou pozorovateľ prechádza. Metóda má uplatnenie pri vzácnych druhoch alebo druhoch s veľkou únikovou vzdialenosťou (KROPIL, 1998).

V roku 2010 boli vyznačené tranzekty, vybrané na základe predošlých pozorovaní a po konzultácii s riaditeľkou CHKO Poľana Ing. Vladimírou Fabríciusovou. Tieto línie boli prechádzané minimálne raz za týždeň od jesene do jari, kedy bola najväčšia pravdepodobnosť nájdenia pobytových znakov. Tranzekty boli vybrané tak, aby sa dali prejsť v relatívne najkratšom čase a aby reprezentovali rôzne typy krajiny. Dĺžka každého tranzektu bola 1 km. Tranzekt A reprezentoval pasienok alebo lúku. Tranzekt B bol lokalizovaný na rozhraní lúky a lesa s výhľadom na lúku. Tranzekt C viedol lesnou cestou aktívne využívanou lesnými robotníkmi s výhľadom na potok. Tranzekt D bola cesta vedúca ku kŕmnému zariadeniu, pastvine, kde sa koncentroval, zver počas zimy a výhľad na skalách. Celkovo bolo vykonaných 59 pochôdzok, pričom v 21 prípadoch sa našli hľadané pobytové znaky. Na zvolených trasách sa zaznamenávali pobytové znaky, a to konkrétne srst', exkrementy, stopy. Následne sa vykonala ich fotodokumentácia a lokalizácia na porastovej mape, kde sa zaznamenával počet jedincov, smer pohybu, spôsob pohybu, pravdepodobné dôvody pohybu a zvláštne okolnosti. Ak sa našiel kadáver zveri bol fotograficky zdokumentovaný a ak to bolo možné bol zaznamenaný druh koristi, pohlavie, vek. Každá stopová dráha bola zaznamenaná do porastovej mapy získanej z lesníckeho geoinformačného systému. Tie boli následne vyhodnocované a sumarizované do vhodného celku. Každéj stopovej

dráhe bol priradený kód pre väčšiu prehľadnosť, ktorý vyjadroval deň, mesiac, rok, miesto nálezu a jedinca. Tieto údaje sa spracovali do tabuliek a tie sa následne spracovali do grafov. Informácie o etológii a ekológii boli získané z knižných publikácií, vedeckých zborníkov a časopisov, vyhladaných v lesníckej a drevárskej knižnici a krajskej knižnici Ľudovíta Štúra vo Zvolene. Informácie o sčítaní veľkých šeliem boli získavané zo správy CHKO Poľana a Národného lesníckeho centra.

3.1 Opis transektov

Vybraná oblasť sa nachádza na strednom Slovensku na severozápadnom okraji Slovenského stredohoria, konkrétne na území chránenej krajinskej oblasti biosférickej rezervácie Poľana s rozlohou 21 360 ha. Dominantou tejto oblasti je vyhasnutá sopka, ktorá sa radí medzi najväčšie vyhasnuté sopky v Európe. Les tu pokrýva takmer 85 % územia. Typickými spoločenstvami Poľany sú rozsiahle komplexy bučín, jedľových bučín, a sutinových lesov s jedľou, bukom, brestom, jaseňom, javorom a lipou. Často majú pralesovitý charakter. Najvyššie polohy zaberá vrcholová smrečina. Bolo tu zistených viac ako 1 200 druhov rastlín. Vďaka rozmanitosti rôznych typov prostredí sa tu vyskytuje aj množstvo živočíšnych druhov. Transekty sa nachádzajú v juhozápadnej časti Poľany, v oblasti Chrapková a Mačinová.

Transekt A

Celkovo je priamy, vedie cez pasienok alebo nekosenú lúku, kde sa časť roka pasie dobytok. Poskytuje minimálnu možnosť úkrytu. Občasne vedie popri okraji porastu. Turisti ho využívajú minimálne, skôr je využívaný pre lesnú alebo poľnohospodársku techniku. Počas zimy tu nie je odhrnutý sneh. Chodníčky vytvorené zverou sa udržiavajú minimálne lebo tu vznikajú vysoké záveje. Začiatočný bod transektu sa nachádza 185m na JV od horárne Kalamárka, medzi storočnou smrekovou bučinou a sedemdesiatpäť ročnou bukovo-jedľovou smrečinou (porast 60 a 61b). Pokračuje JV smerom 125 m stále medzi porastmi 60 a 61b, až vyúsťuje na pasienok a ide 140m popri poraste 60. Ďalších 325 m vedie po lúke. Popri okraji šesťdesiatročnej smrekovej bučiny (porastu 62) vedie 100 m. Posledných 270 m vedie po lúke na ktorej občasne rastú solitérne stromy.

Transekt B

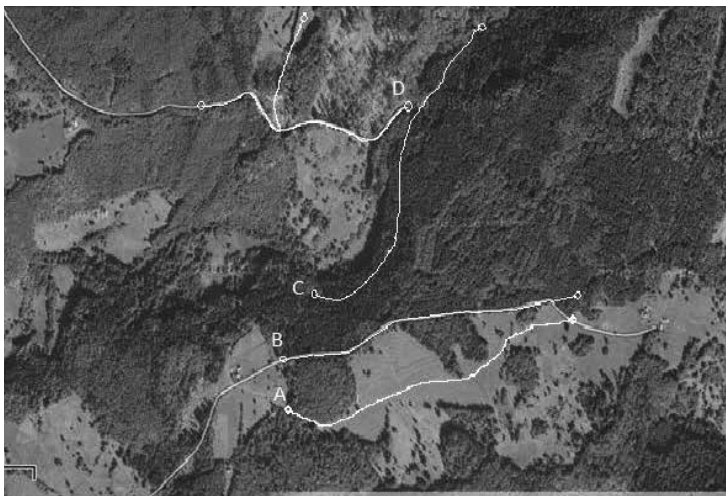
Vedie po turistickej trase, ktorá vedie popri lese a cez les, poskytuje dostatok úkrytu ale aj dobrý rozhľad na vedľajšiu lúku. Je plne využívaná cez leto pešími turistami, cez zimu len veľmi sporadicky. V priebehu prvej zimy bola väčšinou neodhrnutá bez vyšliapaného chodníka. Počas druhej zimy boli pravidelne vytvorené koľaje lesnými mechanizmami, ktoré tu zväžali drevnú hmotu. Začiatočný bod sa nachádza 170 m po turistickej trase (lesná cesta) na severovýchod od horárne Kalamárka pri okraji smrekovej bučiny (porastu 61b). Ďalej vedie lesom 225 m na rozmedzí spomínanej smrekovej bučiny a bukovo-jedľovej smrečiny (porastu 61b a 61a). Nasledujúcich 170 m vedie po lesnej ceste južným okrajom porastu 61a, kde sa naskytuje výhľad na pasienok. Potom prechádza 260 m cez šesťdesiatročnú smrekovú bučinu (porast 62) a ďalších 150 m po južnom okraji smrečiny (porastu 63a), kde sa opäť naskytuje výhľad na lúku. Posledných 200 m vedie rozmedzím porastu už spomínanej smrečiny a osemdesiatročnej bukovej smrečiny (porasty 63a a 530).

Tranzekt C

Vedie po lesnej ceste cez porast popri potoku vzdialeného asi 60 m až 10 m, pričom okolitý svah má strmý sklon. Poskytuje možnosti úkrytu ale aj dostatočný výhľad na potok, kde sa zver chodí pravidelne napájať. Využívaný je lesnými robotníkmi a lesnou technikou. Na prvých dvoch tretinách tranzetu boli v priebehu celého obdobia vytvorené koľaje po automobiloch a lesných mechanizmoch. Záverečná tretina tranzektu ide po zväžnici tesne popri potoku, kde počas prvej zimy neboli vyšliapané koľaje, no počas druhej zimy tam boli vytvorené dráhy od bežiek. Počas druhej zimy bola na tomto tranzekte uskutočnená ťažba, a zaznamenaný zvýšený počet turistov najmä na bežkách. Začiatkový bod sa nachádza vo vzdialenosti 430 m od horárne Kalamárka po lesnej ceste smerom na severovýchod. Od začiatočného bodu vedie 340 m cez deväťdesiatpäťročnú jedľovú smrečinu (porastom 420), a 200 m cez rovnako starú smrečinu (porastom 80), nasledujúcich 175 m tiež cez smrečinu (porast 79a). Z juhovýchodnej strany je obklopená skalnými útvarmi, bralami a balvanmi, ktoré poskytovali možný úkryt. Tranzekt potom prechádza z lesnej cesty na zväžnicu, ktorá vedie asi 300 m medzi deväťdesiatpäťročnou smrečinou v ktorej sa nachádzajú početné balvany a skaly a stodeväťdesiatročnou smrekovo-jedľovou bučinou (porastmi 419a a 406).

Tranzekt D

Vedie lesnou cestou ku kfmnemu zariadeniu a lúke kde sa koncentruje najmä počas zimy vysoká zver. Pokračuje smerom do dediny Iviny, pričom po ceste je skalné bralo s rozsiahlym výhľadom. Začiatkový bod je na zákrute lesnej cesty, 300 m pred koncom tranzektu C. Od začiatočného bodu vedie 150 m po lesnej ceste popri potoku až ku kfm-



Obrázok 1: Vyznačené tranzekty

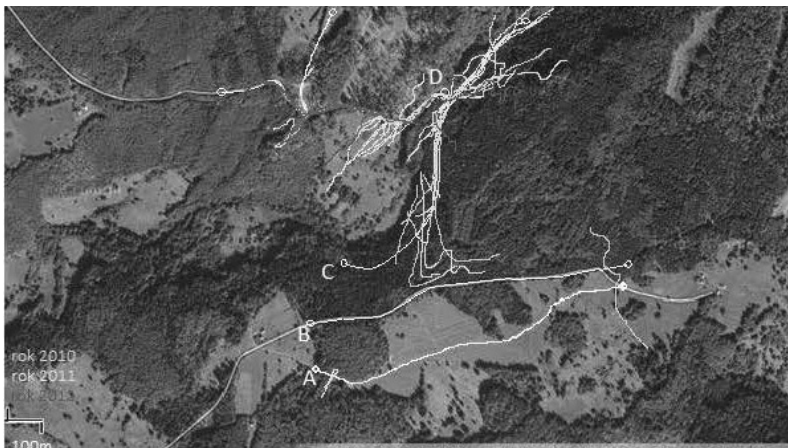
Picture 1: Marked transects on the map

nemu zariadeniu. Z tohto miesta je rozhľad na pastvinu pod kfmnym zariadením kde sa koncentruje vysoká zver počas zimy. Tranzekt pokračuje 200 m po ceste pričom z juhu je ohraničený lúkou a zo severu bukovým nárastom. Toto miesto slúži ako sklad dreva. Ďalej vedie 115 m popri poraste 108, tu sa rozdeľuje a jedna časť vedie 150 m

popri sedemdesiatročnej smrekovej bučine (porast 107d) a ďalších 200 m popri päťdesiatročnej bučine porast 107a. Druhá časť vedie 235 m na sever popri pätnásťročnej bučine (porast 107e).

4 VÝSLEDKY

Terénne práce prebiehali v termíne od 6. 10. 2010 do 9. 3. 2012. Celkovo bolo uskutočnených 59 pochôdzok z toho v 21 prípadoch sa našli hľadané pobytové znaky. Konkrétne sa našli stopové dráhy, 3 kusy exkrementov a 3 kadávery ktoré bolo možné identifikovať a niekoľko rôznych kostí z kadáverou neznámych zvierat. Na obrázku č. 2 sú zaznamenané nájdené stopové dráhy. Modrou farbou sú zakreslené stopy nájdené v roku 2010. Žltou farbou sú zakreslené dráhy nájdené v roku 2011 a červenou farbou sú zaznamenané dráhy nájdené v roku 2012.



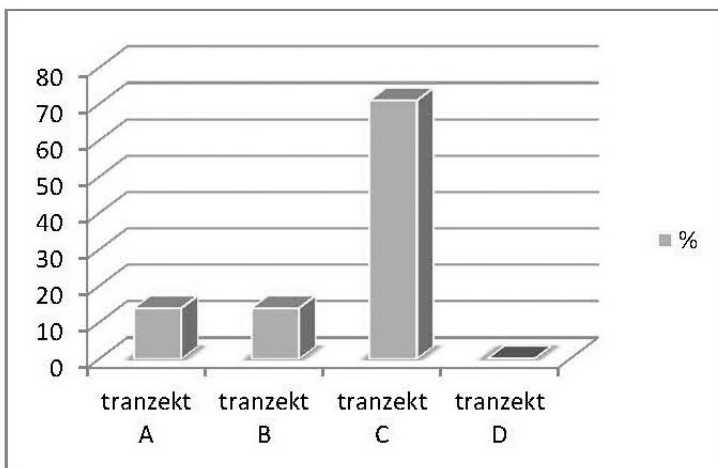
Obrázok 2: Zaznamenané stopové dráhy podľa jednotlivých rokov

Picture 2: Recorded route of footprints by individual years

Dňa 2. 12. 2010 bol nájdený zvyšok kadáveru jelenčat'a, konkrétne panvová kosť, lebka, ratica a sánky (obr. č. 4). Predpokladám, že kadáver bol asi 2 až 3 dni starý. Na tomto mieste bol tiež nájdený približne 2 roky starý kadáver jelenice (podľa chrupu starej približne 7–8 rokov), konkrétne stavce, lebky, sánka a lebka diviaka bližšie neidentifikovateľná. Toto miesto chodili vlci pravidelne navštevovať ešte dlhšiu dobu.

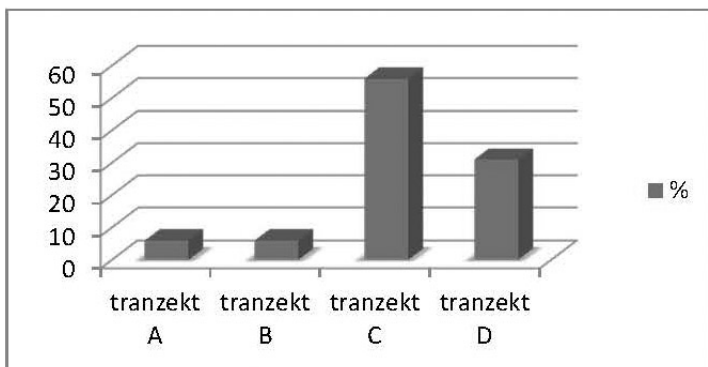
4.1 Vyhodnotenie jednotlivých transektov na základe preferencie

Po vyhodnotení zápisov v tabuľke číslo 6 (viď. prílohy), môžeme konštatovať že v roku 2010 sa najviac zaznamenaných stopových dráh (až 71,4 %) nachádzalo na transekte C, z čoho môžeme usúdiť že zo všetkých transektov sa nachádzal v oblasti, ktorá bola najviac preferovaná. Transekt A a B boli využívané vyrovnané ale v oveľa menšej miere (iba 14 %). Keďže transekt A sa nachádza na otvorenej ploche kde dochádza takmer stále k tvorbe vysokých závejov, čo mohlo ovplyvniť výsledok. Na transekte D neboli zaznamenané žiadne stopové dráhy v roku 2010.



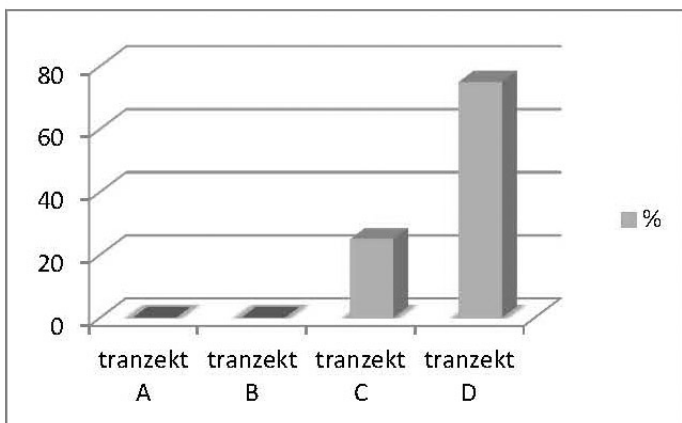
Obrázok 3: Preferencia jednotlivých tranzektov v roku 2010
 Picture 3: Preferences of individual transects in 2010

V roku 2011 bol najpreferovanejší opäť tranzekt C (56 %). Tranzekt D bol tiež často preferovaný (až 31 %) . Keď si to porovnáme s rokom 2010, tak sa jeho preferencia rapidne zvýšila, pravdepodobne to bolo spôsobené ukončením ťažbových procesov, ktoré sa na časti tohto tranzektu vykonávali počas roku 2010. Tranzekt A a B boli opäť využívané len minimálne.



Obrázok 4: Preferencia jednotlivých tranzektov v roku 2011
 Picture 4: Preferences of individual transects in 2011

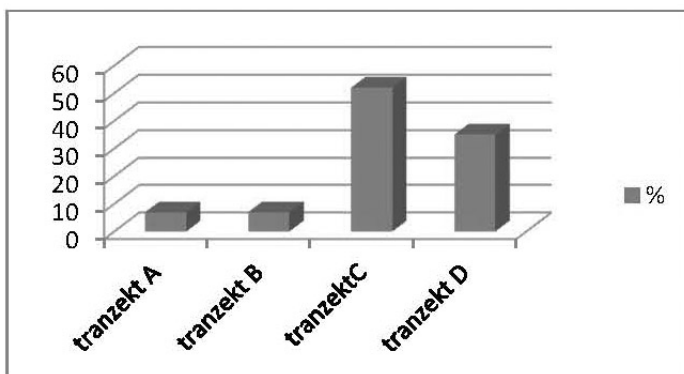
V roku 2012 bol tranzekt C využívaný oproti minulým rokom v menšej miere (25 %) a to pravdepodobne z dôvodu antropogénnej činnosti ktorá sa vykonávala na tomto tranzekte. V prvej tretine tranzektu to bola ťažbová činnosť a na celej dĺžke tranzektu to bol zvýšený výskyt turistov, nielen peších ale hlavne na bežkách, oproti minulým rokom. Naproti tomu výskyt stopových dráh na tranzekte D sa opäť zvýšil až na 75 %. Tranzekt A a B neboli využívané vôbec a to hlavne z dôvodu zväžania drevnej hmoty po celom tranzekte B.



Obrázok 5: Preferencia jednotlivých tranzektov v roku 2012

Picture 5: Preferences of individual transects in 2012

Za celé pozorované obdobie môžeme konštatovať, že oblasť tranzektu C bola najpreferovanejšia, aj keď v poslednom roku výrazne klesla pravdepodobne z dôvodu už spomínanej antropogénnej činnosti, konkrétne ťažby drevnej hmoty a turistom (peších aj na bežkách). Naproti tomu využívanie oblasti tranzektu D stúpa, a to najmä z dôvodu kŕmneho zariadenia na tomto tranzekte, dobrému výhľadu a hlavne ukončeniu ťažbovej činnosti, ktorá pravdepodobne odrádzala vlkov.



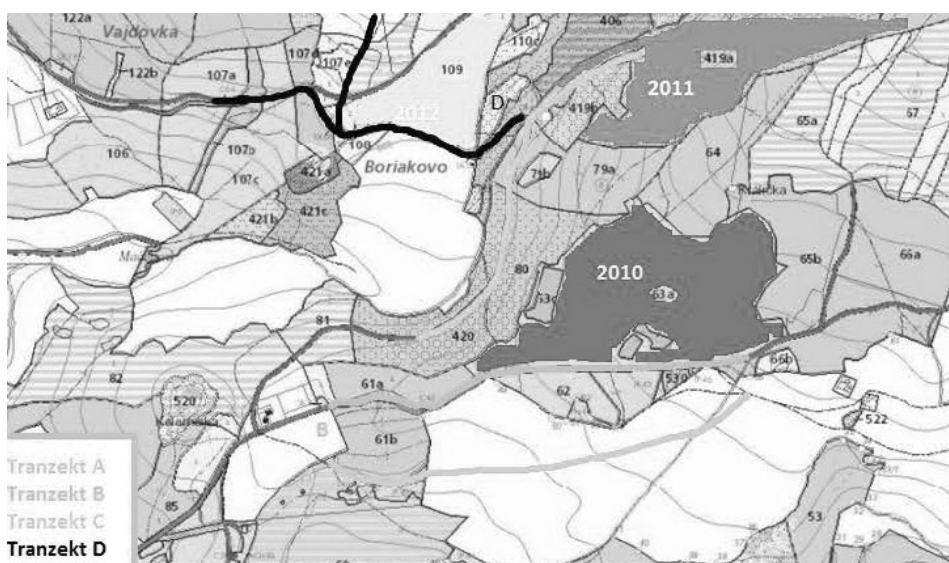
Obrázok 6: Preferencia jednotlivých tranzektov za celé sledované obdobie

Picture 6: Preferences of individual transects for the whole period

4.2 Vyhodnotenie porastov

V roku 2010 sa najčastejšie vyskytovali zaznamenané stopové dráhy v poraste č. 63a (obr. č. 3, červená farba), ktorý je tvorený smrekovcovou smrečinou a zakmenením 0,75, väčšinu tohto porastu tvorí nepriechodný terén. Často preferované boli tiež porasty 419a, 419b, teda smrečiny s nepriechodným terénom. Bolo to hlavne z dôvodu kadáveru

jelenčaťa, ktorý sa tu nachádzal a bol často navštevovaný nielen vlkami ale aj liškami. Často navštevované boli aj porasty 420 a 80 tvorené smrečínami so strmým sklonom a terénom priechodným len za určitých klimatických podmienok. Porast 419a bol najvyužívanejší v roku 2011 (zelená farba). Nárast s pionierskymi drevinami, ktorý sa nachádza nad transektom D, teda porast 109 bol najvyužívanejší v roku 2012 (žltá farba). Poskytoval nielen dobrý rozhľad na lúku, kde sa počas zimy koncentrovala zver a kŕmne zariadenie ale aj dobrý úkryt. V roku 2010 keď prebiehala ťažba drevnej hmoty, tu nebola zaznamenaná žiadna stopová dráha. V roku 2011, keď sa ukončila ťažba, sa tu vyskytli 2 stopové dráhy a v roku 2012 to bol porast s najvyšším počtom stopových dráh. Celkovo môžeme konštatovať, že najpreferovanejšie miesta migrácie boli zalesnené s vysokým zakmenením so strmým sklonom a väčšinou nepriechodným terénom. Vlci tiež pomerne často využívali lesné cesty a zväžnice, ale len v čase keď neboli intenzívne navštevované ľuďmi.

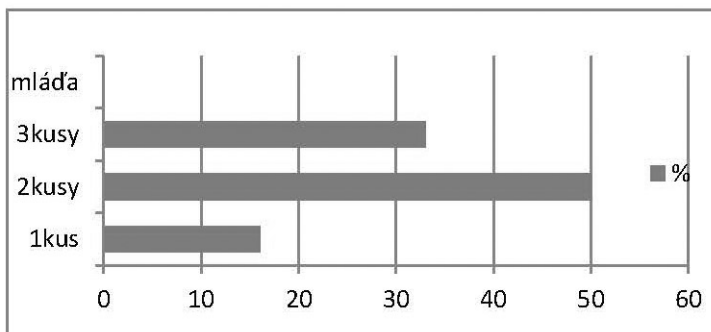


Obrázok 7: Porasty s najčastejším výskytom stopových dráh za jednotlivé roky
Picture 7: Coppice with the most frequent occurrence of trace paths for individual years

4.3 Percentuálne zastúpenie počtu kusov v jednotlivých stopových dráhach v jednotlivých rokoch

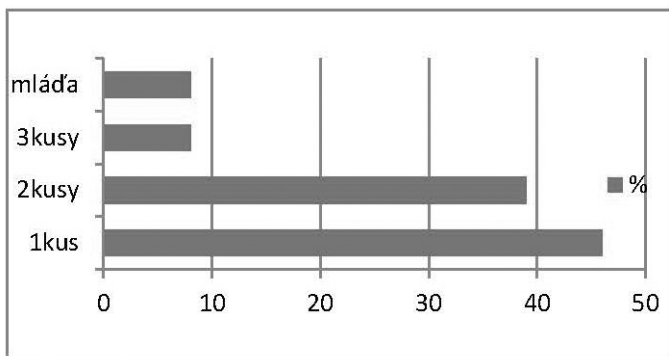
Pri zaznamenávaní stopových dráh vlka dravého je ťažké určiť počet jedincov ktorí túto dráhu vytvorili, väčšinou totiž čiarujú (obr. 3), teda kladú končatiny do stopy predchádzajúceho jedinca, čím vzniká dojem stopy jedného jedinca. Je potrebné sledovať dráhu až kým nedôjde k prezradeniu členov napríklad na zákrute, pri hraničných stromoch či kameňoch alebo kadáveroch. Taktiež je problematické určiť mladé jedince lebo ich stopy sú ľahko mýliteľné s liškou.

Po vyhodnotení zápisov do tabuľky č. 7, môžeme konštatovať, že v roku 2010 bolo najviac zaznamenaných stopových dráh zložených z 2 jedincov (50 %). Jedna tretina stopových dráh bola vytvorená tromi jedincami (33,3 %).



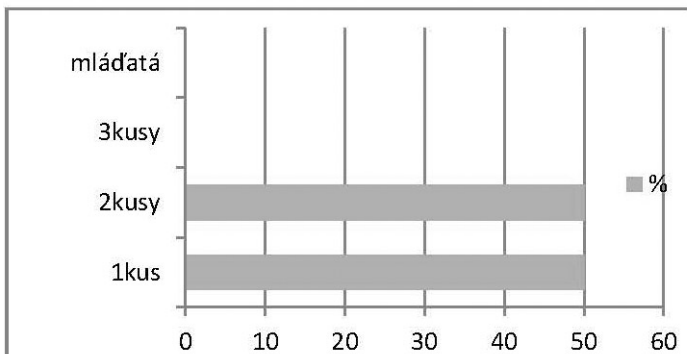
Obrázok 8: Percentuálne zastúpenie počtu kusov v jednotlivých stopových dráhach v roku 2010
 Picture 8: The percentage of the number of pieces in each trace paths in 2010

V roku 2011 bolo najviac stopových dráh tvorených jedným členom (46 %). Viac ako tretina dráh bola vytvorená dvoma členmi (39 %). Mladý jedinec bol zaznamenaný rovnako ako 3 členné svorky v 7,7 % prípadov.



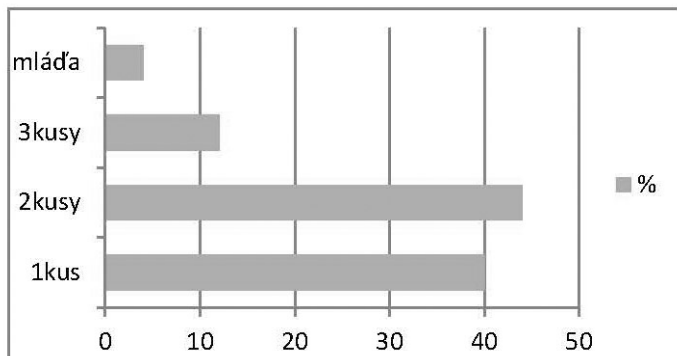
Obrázok 9: Percentuálne zastúpenie počtu kusov v jednotlivých stopových dráhach v roku 2011
 Picture 9: The percentage of the number of pieces in each trace paths in 2011

V roku 2012 boli zaznamenané stopové dráhy tvorené jedným (50 %) alebo dvoma (50 %) jedincami.



Obrázok 10: Percentuálne zastúpenie počtu kusov v jednotlivých stopových dráhach v roku 2012
 Picture 10: The percentage of the number of pieces in each trace paths in 2012

Za celé sledované obdobie môžeme skonštatovať, že najviac jedincov v stopovej dráhe boli 3 kusy. Najčastejšie boli stopové dráhy tvorené dvoma jedincami.

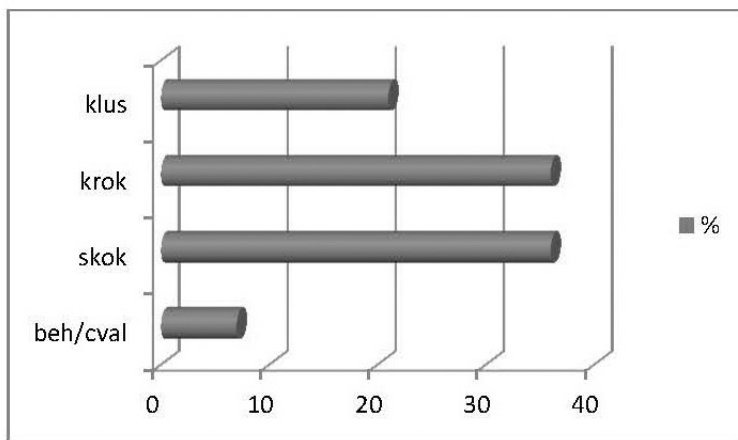


Obrázok 11: Percentuálne zastúpenie počtu kusov v jednotlivých stopových dráhach za celé sledované obdobie

Picture 11: The percentage of the number of pieces in each trace paths for the whole period

4.4 Vyhodnotenie druhu pohybu

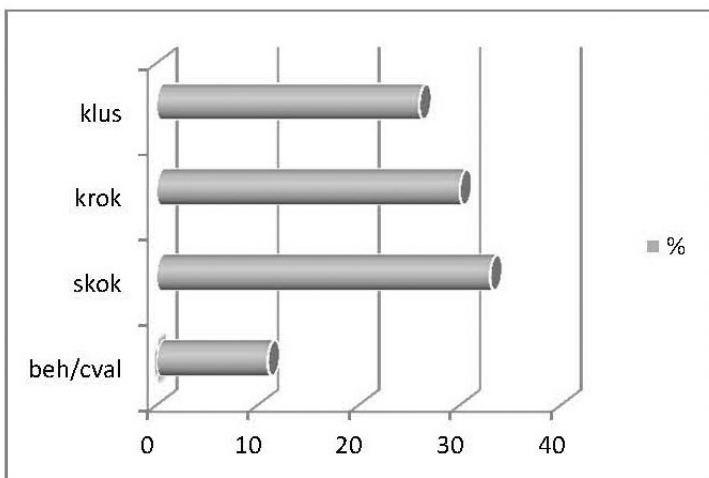
Zaznamenaný druh pohybu bol vyhodnotený do tabuľky 8.V roku 2010 mal v zaznamenaných dráhach najvyššie zastúpenie skok (36 %) a krok (36 %). Klus bol zastúpený v 3 prípadoch (21,4 %) a beh len v jednom prípade.



Obrázok 12: Druh pohybu v zaznamenaných jednotlivých stopových dráhach v roku 2010

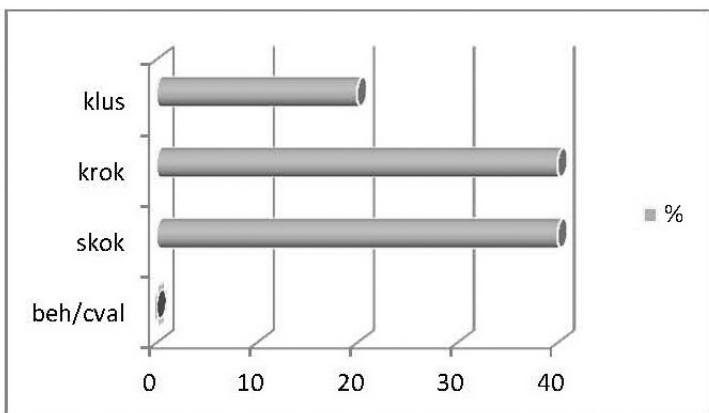
Picture 12: Type of motion recorded in individual trace routes in 2010

V roku 2011 mal opäť najvyššie zastúpenie krok (29,3 %) a skok (33,3 %). Beh alebo cval mal zastúpenie 11,1 %. Bolo to spôsobené tým, že boli zaznamenané tri útoky počas ktorých využil tento pohyb.



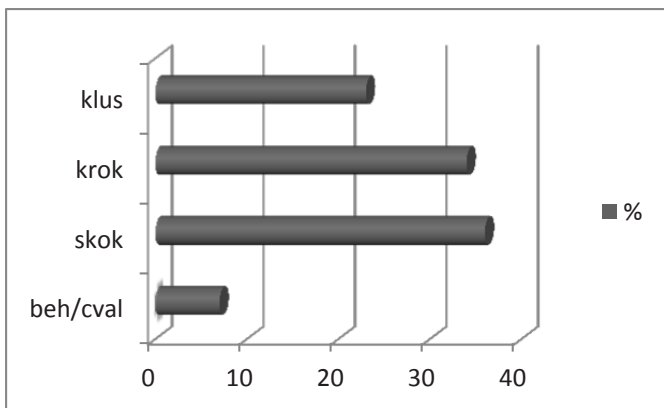
Obrázok 13: Druh pohybu zaznamenaný v jednotlivých stopových dráhach v roku 2011
 Picture 13: Type of motion recorded in individual trace routes in 2011

V roku 2012 bol skok a krok zaznamenaný vyrovnane, a to v 40 %. Klus bol zaznamenaný v 20 % a beh nebol zaznamenaný.



Obrázok 14: Druh pohybu zaznamenaný v jednotlivých stopových dráhach v roku 2012
 Picture 14: Type of motion recorded in individual trace routes in 2012

Po vyhodnotení celého obdobia môžem potvrdiť že krok a skok bol najčastejšie využívaný druh pohybu (spolu takmer 80 %). Klus bol využívaný v 20 % a beh – plný cval (7 %) takmer len pri útoku, čím sa potvrdilo citované tvrdenie HELLA (2001), že plný cval používajú len pri útoku, úniku alebo pri hre.

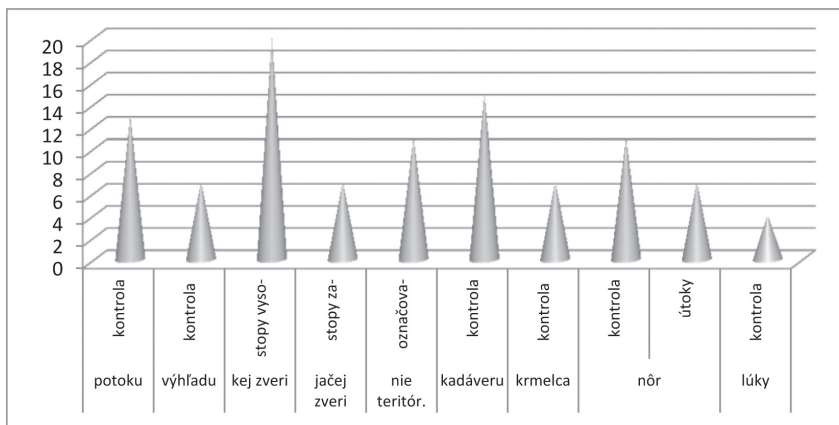


Obrázok 15: Druh pohybu zaznamenaný v jednotlivých stopových dráhach za celé sledované obdobie

Picture 15: Type of motion recorded in individual trace routes for the whole period

4.5 Vyhodnotenie činnosti na základe stopových dráh

Najčastejšia činnosť bola podľa získaných údajov stopovanie a prenasledovanie vysokej zveri, teda hľadanie si potravy, konkrétne jelenej zveri (takmer 20 %), ktorá patrí medzi hlavnú potravu vlkov. Zastúpené bolo aj sledovanie zajačej zveri a to v 7 %. Medzi veľmi časté činnosti patrila tiež kontrola potoka z vyvýšených miest (13 %) a kontrola kadáveru uhynutého jelenčafa (dôvod smrti nie je známy, lebo z kadáveru ostala len srst', lebka, sánky a panvová kosť obr. č. 4, č. 5, č. 6), pravdepodobne ju však usmrtili vlky. Na mieste tohto kadáveru bola však ešte skôr nájdená asi 2 až 3 roky stará lebka (obr. č. 7), sánky a časť stavcov po asi 7–8-ročnej jelenici a diviakovi, ktorý sa nedal bližšie určiť. K tomuto kadáveru sa počas zimy 2011 pravidelne vracali. K častým činnostiam tiež patrilo obchádzanie a kontrolovanie nôr (11 %) pod skalnými útvarmi a balvanmi. Značkovanie teritória bolo tiež veľmi časté (11 %). K ďalším činnostiam patrilo kontrolovanie výhľadov a lúk. Zaznamenané boli 3 neúspešné útoky na jeleniu zver.



Obrázok 16: Vyhodnotenie činnosti za celé sledované obdobie

Picture 16: The assessment of activity for the whole period

5 ZÁVER A DISKUSIA

Veľmi dôležité pri zaznamenávaní pobytových znakov, konkrétne stopových dráh, je rozlíšenie stopy vlka od rovnako veľkého psa. Musíme si teda všímať nielen tvar, veľkosť a drobnosti v odtlačku stopy ale aj celkový dojem ktorý vytvára jeho pohyb. Podľa HELLA a kol. (2001) vlk čiaruje, teda zadný jedinec vkladá laby do stôp pred ním idúceho jedinca. Vytvára sa teda dojem akoby stopy vytvoril jeden jedinec, pričom daným miestom mohlo prejsť niekoľko vlkov. Vo výskume sa ukázalo, že vlci čiarovali pravidelne a ich stopy sa rozchádzali len pri prudkej zmene smeru, pri značení teritória, pri útoku alebo pri konzumovaní kadáveru.

V problematike kde je rozobraný pohyb a aktivita vlkov je spomenutá citácia od VOSKÁRA (1993) a to, že vlky radi využívajú vyšliapané lesné cestičky a poľovnícke chodníčky. Táto citácia bola potvrdená a to konkrétne na tranzekte C, ktorého časť viedla po lesnej ceste a časť po zväžnici a tranzekte D, ktorý viedol po lesnej ceste. V roku 2011 bol tranzekt C veľmi často využívaný na presun, avšak pred neprehľadnými zákrutami jedinci zišli z cesty a opäť sa na ňu vrátili až po skončení zákruty. Tento postup obchádzania zákruty využívali pravidelne. V roku 2012 sa však situácia markantne zmenila. Na prvých dvoch tretinách tranzektu totiž nebola zaznamenaná žiadna stopová dráha, čo keď si porovnáme s rokom 2011, kedy bol tranzekt C najvyužívanejší na celej svojej dĺžke je veľký rozdiel. Bolo to pravdepodobne z dôvodu antropogénnej činnosti, ktorá tu bola vykonávaná. V prvej tretine tranzektu to bola intenzívna ťažbová činnosť a na celom tranzekte zvýšená turistická aktivita či už na bežkách alebo pešou formou. Tvrdenie od HELLA (2001), že svorku alebo jej čerstvé stopy môžeme pozorovať na tých istých lokalitách sa potvrdilo. Vlci totiž pravidelne využívali niektoré prechody počas sledovaných rokov. Označovanie hraníc a prechodov je dôležitou činnosťou nielen pre označenie teritória, ale aj ako komunikačný prostriedok. VOSKÁR (1993) tvrdí, že vlci zvyknú značkovať aj veci, ku ktorým nemajú vytvorenú dôveru ako LKT alebo kopy sena. Toto tvrdenie sa ukázalo ako pravdivé lebo navožené kopy dreva boli starostlivo značkované. Že pachové značenie teritória má veľký význam, sa ukázalo aj vo výsledkoch ohľadom činnosti, lebo po zhodnotení činnosti vyšlo najavo že 11 % činnosti tvorilo značenie územia. Potvrdila sa citovaná informácia z výskumu FINDA a CHOVANCOVEJ (2005) spomínaná v problematike o tom, že krmoviská jelenej zveri sú často obchádzané a kontrolované vlkami. Pri zhodnotení činnosti sa ukázala kontrola krmelca ako jedna z pravidelných činností, ktorú vlci vykonávali. Ako už bolo spomenuté v problematike, pri vlkoch rozoznávame štyri druhy pohybu a to chôdza, klus, skok a cval (beh). Pri vyhodnotení získaných údajov sa ukázalo, že počas celého sledovaného obdobia vlky najčastejšie používali chôdzu (40 %) a skok (40 %). To sa však nestotožňuje s tvrdením HELLA (2001), ktorý uvádza že najčastejšie sa vlci pohybujú pomocou klusu. Klus bol zaznamenaný len v 20 %. Výskum bol však robený v zimnom a jesennom období a preto je pochopiteľné, že pohyb vo vysokej snehovej prikrývke je iný ako počas vegetačného obdobia. Skok bol často využívaný hlavne z dôvodu vysokej snehovej pokrývky a nerovnosti terénu, konkrétne skál a balvanov ktoré sa vyskytovali na miestach kde boli zaznamenané pobytové znaky. Naproti tomu sa potvrdilo tvrdenie HELLA a kol. (2001), že beh, teda plný cval využívajú pri prenasledovaní koristi, útoku, hre či v rizikových situáciách. Beh bol totiž zaznamenaný v roku 2010 len v jednom prípade a to 25. 11. 2010, kedy dva jedince migrovali z porastu 63 a do porastu 53 cez tranzekt A, ktorý sa nachádza na otvorenom priestranstve, neposkytuje možnosť úkrytu a teda aj prechod je značne rizikový z dôvodu možného odhalenia. V roku 2011 bola opäť

spomínaná citácia od HELLA a kol. potvrdená a to z dôvodu, že beh zaznamenaný v troch prípadoch a to vždy pri útoku na zver. Všetky tri útoky sa uskutočnili na tranzepte D, ktorý poskytoval dobré podmienky na lov teda dobrý prehľad z chráneného miesta, konkrétne drevnej hmoty za krmelcom. Ani jeden z útokov nebol úspešný.

Po vyhodnotení zaznamenaných stopových dráh od októbra 2010 do marca 2012 môžeme konštatovať, že v prvom roku bol najpreferovanejší C tranzept, zatiaľ čo tranzept D nebol využívaný vôbec, pravdepodobne z dôvodu ťažby drevnej hmoty, ktorá prebiehala na tomto tranzepte. Tranzept A a tranzept B boli využívané minimálne. V roku 2011 bol opäť najvyužívanější tranzept C. Tranzept A a tranzept B boli opäť využívané minimálne. Situácia sa zmenila na tranzepte D, kde sa začal zvyšovať počet zaznamenaných stopových dráh a to pravdepodobne z dôvodu ukončenia ťažbovej činnosti na tomto tranzepte. V roku 2012 sa výrazne zvýšila návštevnosť tranzeptu D a markantná zmena nastala na tranzepte C, kde sa počet zaznamenaných stopových dráh výrazne znížil a to pravdepodobne z dôvodu začatia ťažby drevnej hmoty v prevej tretine tranzeptu a zvýšenia turistického ruchu na celej dĺžke tranzeptu. Za celé sledované obdobie môžeme konštatovať, že medzi najvyužívanějšíe tranzepty patrili tranzept C, z dôvodu dobrej konfigurácie terénu, ktorý poskytoval výhľad na neďaleký potok a dobrú možnosť úkrytu. Tranzept D bol tiež atraktívny najmä preto že poskytoval možnosť nenápadnej kontroly kŕmneho zariadenia a lúky na ktorej prebiehala zimná koncentrácia zveri. Na tomto tranzepte boli zaznamenané aj tri neúspešné útoky na jeleniu zver. Tranzept A nebol využívaný takmer vôbec, a to hlavne z dôvodu, že neposkytoval žiaden úkryt a nachádzal sa na otvorenej ploche, kde bola vysoká možnosť odhalenia. Tranzept B bol využívaný minimálne, pravdepodobne z dôvodu turistického ruchu, ktorý tu prebiehal. Celkovo môžeme zhrnúť že návštevnosť jednotlivých tranzeptov bola pravdepodobne ovplyvnená koncentrovaním raticovej zvery, terénymi podmienkami a antropogénnou činnosťou. V roku 2010 sa najčastejšie vyskytovali stopové dráhy v poraste č. 63a, ktorý je tvorený smrekovcovou smrečinou s vysokým zakmenením a neprechodným terénom. V roku 2011 bolo najviac stopových dráh zaznamenaných v poraste č. 419a, ktorý bol tvorený smrečinou v neprechodnom teréne. Porast 109, ktorý tvoril bukový nárast s kríkovitou vegetáciou bol najpreferovanejší v roku 2012 a to z dôvodu výborných podmienok kontroly a možnosti lovu na lúke, ktorá sa nachádzala pod porastom. Môžeme teda zhodnotiť, že vlci preferovali porasty s vysokým zakmenením v neprechodnom teréne a s pozitívnymi výhodami. Skúmané stopové dráhy boli najčastejšie vytvorené dvoma jedincami a najvyšší zaznamenaný počet jedincov bol tri kusy. Druh pohybu zaznamenaný v jednotlivých stopových dráhach bol najčastejšie skok a krok. Beh bol použitý v roku 2010 len v jednom prípade, pri prechode cez tranzept A. V roku 2011 bol použitý v troch prípadoch, vždy pri útoku na jeleniu zver na tranzepte D. Všetky tri útoky boli neúspešné. Hlavná činnosť ktorej sa venovali bolo hľadanie potravy a to najčastejšie formou stopovania jelenej zveri v menšej miere aj zajačej zveri. Pravidelne chodili kontrolovať nory, brlohy, potôčik kde sa zver chodila napájať, kŕmne zariadenie a skaly, ktoré umožňovali výhľad na celú dolinu. K častejšiemu patrilo aj značkovanie teritória. Počas celého obdobia boli zaznamenané tri útoky na jeleniu zver a to v roku 2011 na tranzepte D. Bol tiež nájdený čerstvý jelenčat'a, ku ktorému sa pravidelne vracali. Celkovo môžeme konštatovať, že vlci s obľubou využívali lesné cesty no pred neprehľadnými zákrutami z nich schádzali. Používali tiež vyšliapané chodníčky a zväžnice.

Jedným z nástrojov pri úspešnom manažovaní vlka dravého je hodnotenie priaznivého stavu druhu, pri ktorom je potrebné do budúcnosti zabezpečiť aktualizáciu poznatkov

o populácii, biotope či potencionálnom alebo reálnom ohrození druhu. Výsledky získané vyhodnotením pobytových znakov v tejto práci by mohli k tomu dopomôcť. Treba však zdôrazniť, že takýto výskum je potrebné robiť na väčšom území.

6 Literatúra

- CHOVANCOVÁ, B. 1995. Ohrozuje vlk kamzíka? In Tatry. 1995, roč. 34, č. 4, 12–14 s.
- FINDO S., CHOVCANOVÁ, B. 2005. Nové poznatky o priestorovej aktivite a potrave vlkov na Slovensku. In *Ochrana a obhospodarovanie šeliem na Slovensku*. Výskumný ústav živočíšnej výroby, s. 97–103.
- HELL P., SLÁDEK J. 1974. *Trofejové šelmy Slovenska*. Bratislava: Príroda, 1974. 84–113 s.
- HELL, P. – SLAMEČKA, J. – GAŠPARÍK, J. 2001. *Vlk v slovenských Karpatoch a vo svete*. Bratislava: PaRPRESS. 2001. 19–131 s. ISBN 80-88789-65-6.
- KACZENSKÝ, P. a kol. 1999. Kto to bol? Banská Bystrica: SAŽP-COPAK. 1999, 13–133 s.
- KROPIL, R., 1998, *Lesnícka zoológia: Návod na cvičenia*. Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene. 1998, 112 s. ISBN 80-228-1080-0.
- VOSKÁR, J. 1993. Ekológia vlka obyčajného a jeho podiel na formovaní a stabilite karpatských ekosystémov na SR. In *Ochrana prírody*. 1993, 243–273 s.
- www.mapy.azet.sk
- lvu.nlcsk.org/lgi

Adresa autora:

Bc. Alexandra Veselovská
Katedra ochrany lesa a poľovníctva
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: xveselovska@gmail.com

Vyhodnotenie pobytových znakov vlka dravého (*Canis lupus*) v CHKO Poľana

Abstrakt

Cieľom práce bolo vyhodnotiť priestorovú aktivitu a ekológiu vlka dravého (*Canis lupus*) v závislosti od prírodných podmienok a antropogénnych vplyvov pomocou zaznamenávania pobytových znakov na pásoch variabilnej šírky vo vybranej oblasti CHKO Poľana. Výskum sa realizoval od októbra 2010 do marca 2012. Každý transekt mal dĺžku 1 km a zastupoval iný typ terénu a krajiny. Celkovo bolo vykonaných 59 pochôdzok pričom v 21 prípadoch sa našli hľadané pobytové znaky. Hlavnou úlohou bolo zistiť ktorý z transektov najviac preferujú pri migrácii. Počas prvej zimy bol najvyužívanejší C transekt, ktorý viedol lesom a poskytoval dobrý výhľad na potok. V druhej zime bol najvyužívanejší D transekt, ktorý viedol popri krmelci a mieste zimnej koncentrácie zverí. Zmenu využívania transektov bola pravdepodobne spôsobená vplyvom antropogénnej činnosti, ktorá bola vykonávaná od jesene 2011 na celom transekte C. Transekt A ktorý viedol cez pasienok nebol takmer vôbec využívaný pravdepodobne z dôvodu minimálnej možnosti úkrytu. Jedince najčastejšie využívali porasty s neprechodným terénom a strmým sklonom. Potvrdilo sa, že často využívajú odhrnuté alebo vychodené lesné cesty. Ich najčastejšou činnosťou bolo hľadanie potravy. Pravidelne chodili kontrolovať potok, nory, krmelce, výhľady.

Kľúčové slová: vlk dravý, transekt, stopy

FIBROPAPILOMATÓZA JELEŇOVITÝCH NA SLOVENSKU SO ZAMERANÍM NA SRNCA LESNÉHO (*CAPREOLUS CAPREOLUS*) A JELEŇA LESNÉHO (*CERVUS ELAPHUS*)

Mojmír I V A N – Dušan R A J S K Ý

Ivan, M., Rajský, D.: Fibropapillomatosis of Cervids in Slovakia with a focus on roe deer (*Capreolus capreolus*) and red deer (*Cervus elaphus*). Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 27–35.

The paper deals with the occurrence of the tumour disease of fibropapillomatosis of Cervidae in Slovakia with special emphasis on the roe-deer (*Capreolus capreolus*) and red-deer (*Cervus elaphus*). The very first case of fibropapillomatosis in Slovakia was documented in Senica in 1998. From the place of initial occurrence, the disease expanded to the south-east direction. During the years of 1998–2010, together 472 cases of fibropapillomatosis were evaluated. In the certain hunting grounds of Slovakia, the disease strikes 5–10% of roe-deer population and, thus, it signalizes severe management problem that needs to be cope with using special measures including intensive monitoring. The very first case of fibropapillomatosis of red-deer in Slovakia was documented in 2009. For red-deer population is a disease currently reported from 12 district of Slovakia. The diagnosis can be made by macroscopic and microscopic examination. In spite of the acceptance of its virus origin, it is necessary to point out that all aspects of etiology of fibropapillomatosis of Cervidae have not been explicitly clarified so far. The paper also completes recent knowledge of the disease distribution area within Slovakia and, moreover, it contributes to the studies of fibropapillomatosis of Cervidae in the context of the game hygiene.

Key words: *Fibropapillomatosis*, Cervidae, Roe deer, Red deer disease

1 ÚVOD

Otázky týkajúce sa zdravotného stavu hlavných poľovnícky obhospodarovaných druhov zveri sú v súčasnom období vysoko aktuálne. Na Slovensku je problematika chorôb zveri pomerne dobre preštudovaná. Medzi najmenej preskúmané choroby rati-covej zveri v našich podmienkach zaraďujeme nádorové ochorenia medzi ktoré patrí aj fibropapilomatóza. Informácie o jej výskyte pri čeľadi *Cervidae* boli v našich podmienkach len veľmi sporadické, prípadne chýbali. Špeník (1977) poukazuje na papilomatózu u kamzíkov a ojedinelé prípady ochorenia aj pri jeleňoch. Lešník a Vrtiak (1979) v monografii o nádorových ochoreniach zvierat uvádzajú fibromatózu jeleňov ako infekčné nádorové ochorenie, ktoré sa vyskytuje prevažne na krku a hlave, ale je pomerne zriedkavé. Zároveň citujú niektorých zahraničných autorov. V zahraničí je táto problematika viac diskutovaná. Zahraniční autori popisujú výskyt fibrómov, papilómov, alebo fibropapilómov pri rôznych druhoch cervidov, konkrétne pri jelienkovi bielochvostom (*Odocoileus virginianus*; SHOPE a kol., 1958); LANCASTER a SUNDBERG, 1982), jelienkovi ušatom, (*Odocoileus hemionus*; LANCASTER a SUNDBERG, 1982), jelienkovi čiernochvostom (*Odocoileus hemionus*; SUNDBERG a LANCASTER, 1988), pri losovi európskom (*Alces a. alces*,

MORENO-LOPEZ a kol., 1981), sobovi arktickom (*Rangifer caribou*, MORENO-LOPEZ a kol., 1987), jeleňovi lesnom (*Cervus elaphus*; Moar a Jarrett, 1985; Sundberg, 1987; Erdélyi a kol., 2008), srncovi lesnom (*Capreolus capreolus*; Takács a Nagy-Bozsoki, 1998; Erdélyi a kol., 2008).

Medzi prvými zdokumentovanými prípadmi fibropapilomatózy na Slovensku bol srnec z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji. Postupne pribúdali nálezy v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Ojedinelý výskyt v okrese Myjava v Trenčianskom kraji je z roku 2007 a z roku 2008 z Rimavskej Soboty v Banskobystrickom kraji. Pozvoľna pribúdali ďalšie prípady avšak jednalo sa o sporadický výskyt ochorenia, ktorý nevzbudzoval obavy. Pôvodná nákazová situácia sa od roku 2007 začala dramaticky zhoršovať. Začali pribúdať hlásenia o uhynutej a ulovenej zveri, ale tiež priame pozorovania potvrdené fotografiami. Podozrenie na možný výskyt fibropapilomatózy pri srnčej zveri bolo vyslovené aj v Košickom kraji. V súčasnom období je nákaza pri srnčej zveri hlásená z poľovných revírov v 31 okresoch na Slovensku, a stáva sa vážnym chovateľským problémom (Rajský a kol., 2011).

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

Nádor je abnormálna hmota tkaniva, ktorá rastie (bujnie) a jeho rast je v porovnaní s normálnym tkanivom nekoordinovaný. Ciberej a kol., (2001) uvádza, že vplyvom znečistenia životného prostredia dochádza k zvýšenej frekvencii výskytu nezhubných alebo zhubných nádorov zveri. Hell a Garaj (2004) vo svojej práci upozornili, že v dôsledku nepriaznivých antropogénnych zmien životného prostredia sa v poslednom období častejšie vyskytujú u zveri aj nádorové choroby. FIGURA a kol. (2010) poukazujú na výskyt a lokalizáciu nádorov na tele infikovaných jedincov srnčej zveri (lesná ekoforma) v lužných lesoch inundančného územia Dunaja a Moravy, čiastočne aj v oblasti rieky Malý Dunaj. Rajský a kol. (2010) poukazuje na výskyt fibropapilomatózy aj pri jelenej zveri v niektorých okresoch Slovenska.

Prvým zdokumentovaným prípadom u nás bol spomenutý nález nádorov pri srncovi lesnom z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji vyhodnotený v Štátnom veterinárnom ústave v Bratislave histologicky ako fibróm (RAJSKÝ, ŽÚREK, ŠTEFÁNIK, 1998) a neskôr túto diagnózu potvrdili pri srnčej zveri aj v Bratislavskom a Nitrianskom kraji (MYDLO, KANTÍKOVÁ, 2007).

Podľa Sundberga, Nielsena (1981) fibrómy predstavujú časté kožné novotvary jeleňovitých. Pri zástupcoch čeľade *Cervidae* v USA boli popísané minimálne v štátoch Kentucky, Michigan, New York, Virginia, Wisconsin, Arizona, Pensylvánia a Wyoming, a v Kanade v provincii Ontário. V štáte New York v roku 1962 pri prieskume fibromatózy v populácii jelienka bieločvostého ju diagnostikovali pri 2,1 % vyšetrených samcov a 0,4 % samic. U európskych jeleňovitých ich uvádzajú vo Veľkej Británii, Nemecku, Škótsku a Švédsku. Fibrómy pri cervidoch boli diagnostikované ako osifikujúce fibrómy, fibrosarkómy, neurofibrómy, fibropapilómy a papilómy. Podľa citovaných autorov veľké ulcerované fibrómy neboli pozorované často.

Fibropapilomatózu pri amerických druhov jeleňovitých popisuje aj Warts a kol. (2002), ako kožné fibrómy, ktoré sú nápadné, najmä keď sa vyskytujú vo veľkých počtoch.

Vo švédskej populácii európskych losov (*Alces alces*) sa často vyskytujú kožné bradavice, ktoré boli morfológicky charakterizované ako fibropapilómy alebo fibrómy. V zriedkavých prípadoch bolo zistené, že európske losy, majúce kožné tumory, taktiež majú po-

četné, korálkam podobné fibromatózne tumory v pľúcach. Pľúcne tumory s podobným výzorom boli taktiež popísané u jelenka bielochvostého. Avšak, etiológia fibrómov pľúc nebola objasnená (MORENO-LÓPEZ a kol., 1986). V Maďarsku Takács a kol., (1998) zistili pri srnčej zveri v inundačnom území rieky Tisza novotvary popísané ako dermatofibrómy, lokalizované na hlave, lopatke a stehne. Biotop tejto zveri predstavovali brehové porasty. Histopatologické vyšetrenie nádorov poukazovalo na fibróm.

Predilekčným miestom nádorov pri srnčej zveri býva hlava, krk, brucho a končatiny, častejšie ich vnútorná strana. Veľkosť tumorov udávajú autori najčastejšie od 3 do 5 cm, vyskytujú sa však aj nádory o veľkosti 10–15 cm. Početnosť nádorov býva spravidla menej ako 10, avšak nie sú výnimkou ani jedinci, ktorí majú na tele aj viac ako 150 novotvarov. Boli potvrdené správy o viac než 200 fibrómoch na jednom jeleňovi.

Fibrómy pri jeleňovi môžu byť ojedinelé alebo mnohopočetné. Ťažko infikovaný jeleň ich môže mať 25 alebo viac. Príležitostne, pri viacnásobných infekciách sú tieto tak početné a tesne vedľa seba, že sa spájajú do jednej veľkej hmoty (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Posudzované nádory pri srnčej zveri boli na povrchu svetlé, alebo sivo až čierne sfarbené. Na reznej ploche nádoru je typické biele, alebo ružové jadro. Konzistencia bola elastická až tuhá. Nádorové uzly boli dobre ohraničené, bez infiltrácie okolitých tkanív. Chirurgicky sú ľahko odstrániteľné. Po stiahnutí celej kože z uloveného jedinca srnčej zveri nebolo možné na svalovine známkou fibromatózneho nálezu makroskopicky detekovať. Typický nádor je nezarastený s hladkým povrchom, ktorý je krytý hladkým verukóznym epitelom. Epiderma je väčšinou pigmentovaná, ale na povrchu väčších nádorov sa často vyskytujú poranenia epidermy, erózie, hnisavé procesy resp. odumierania. Na základe histopatologického vyšetrenia sa dá konštatovať, že hlavnú časť nádoru tvorí hmota kolagénnych vlákien (CSICSAY, 2010).

Kožné bradavice u losov boli charakterizované ako fibropapilómy a fibrómy. Fibropapilómy sú fibroplastické tumory pokryté zdrsnenou, pigmentovanou epiteliálnou vrstvou, zatiaľ čo fibrómy pozostávajú takmer výlučne z fibromatózneho tkaniva s tenkou epiteliálnou vrstvou, alebo bez nej. Častice papilomavírusu sa zisťujú len vo vysoko keratinizovanej epiteliálnej vrstve, zatiaľ čo z fibrómov neboli izolované žiadne vírusové partikuly (MORENO-LÓPEZ a kol., 1986).

Rod *Papillomavirus* zahŕňa asi 100 sérotypov ľudských papilomavírusov (HPV), 6 sérotypov hovňatých papilomavírusov (BPV), ale aj papilomavírusy jeleňov (DPV alebo vírus fibromatózy jeleňov), papilomavírus európskych losov (EEPV), sobov (RePV) a iné. Fylogenetická analýza zaraďuje všetky známe papilomavírusy cervidov do rodu delta – papilomavírusov, spolu s hovňatým papilomavírusom typ 1 a 2 (BPV1 a BPV2). Hlavnou charakteristikou delta-papilomavírusov je, že indikujú vývin kožných fibropapilómov a fibrómov (SUNDBERG, LANCASTER, 1988).

Na vírusový pôvod ochorenia poukazujú aj experimenty Sundberga a kol. (1985), ktorí opísali úspešný prenos kožných fibrómov na 7 jeleníkov bielochvostých intradermálnou a subkutánnou inokuláciou, ako aj vtieraním preparátu do vytetovaných miest. O'Banion, Sundberg (1987) opisujú pokus, kedy úspešne preniesli kožné fibrómy dospelého jeleníka bielochvostého na 5 mladých jedincov.

V Škótsku opísali Moar a Jarett (1985) u jeleňa lesného fibropapilóm, z ktorého bol izolovaný papilomavírus. Vírus bol príbuzný hovňatému papilomavírusu typ 1 (BPV1), alebo typ 2 (BPV2). Ako tiež uvádzajú v prehľade o fibromatóze jeleňovitých Sundberg a Nielsen (1981) podobnosti medzi hovňatou papilomatózou a fibromatózou cervidov

poukazujú na spoločnú alebo podobnú etiológiu. Podľa Kocsnera (2001) imunohistochemické štúdie týchto nádorov pri srnčej zveri poukázali na prítomnosť papilomavírusového antigénu. Je známe, že fibrómy (fibropapilómy) pri jeleňoch sú spôsobované vírusmi a vírusový pôvod sa preukazuje aj u tumorov kože iných cervidov.

Zistenie Erdélyia a kol. (2008) potvrdzujú pri srnčej zveri v Maďarsku testovanej polymerázovou reťazovou reakciou fibromatózu papilomavírusového pôvodu (fibropapilomatózu). Fylogenetická analýza a súhlasné patologické nálezy naznačujú aj príslušnosť pôvodcu ochorenia pri jelenej zveri – vírusu (CePV1) do rodu Delta papilomavírusov. Hlavnou charakteristikou Delta papilomavírusov je, že indikujú vývin kožných fibropapilómov a fibrómov (Sundberg a Lancaster, 1988). Moreno-López a kol. (1986) preukázali, že kožné tumory u európskych losov sú spôsobené novo objaveným papilomavírusom (EPPV).

Fibropapilómy sa môžu pokusne preniesť votrením tkaniva nádoru do skarifikovanej kože vnímavého jedinca. Ako sa prenos uskutočňuje v prírode nie je známe. Zrejme aj prostredníctvom kontaktu porušenej kože s infekčným materiálom, buď z infikovaného zvieratá, alebo kontaminovanej vegetácie, s ktorou prišlo do styku. Skutočnosť, že incidencia je vyššia medzi samcami, poukazuje na to, že súboje sú prostriedkom rozširovania sa ochorenia. Aj hryzúci hmyz by mohol byť zodpovedný za prenos, keďže mnoho vírusov sa prenáša týmito vektormi (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Skutočnosť, že ochorenie sa častejšie zisťuje pri samcoch vnímavých cervidov potvrdzujú aj iní autori. Rajský a kol. (2009) vyhodnotili v období rokov 1998–2009 331 prípadov fibromatózy pri srnčej zveri, z ktorých bolo 280 srncov a 51 sfn. Rovnakú skutočnosť konštatuje aj Erdélyi (2010). Nie je známe že by ochorenie bolo infekčné pre ľudí (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

3 MATERIÁL A METÓDY

Za účelom zhodnotenia výskytu a plošnej distribúcie fibropapilomatózy jeleňovitých so zameraním na srnčiu a jeleniu zver vo vybranej oblasti Slovenska v rámci tejto práce sme spracovali výsledky dotazníkovej akcie vykonávanej v rokoch 2008–2009 v rámci monitoringu fibropapilomatózy orgánmi Štátnej veterinárnej a potravinovej správy SR s organizáciami Slovenského poľovníckeho zväzu (RAJSKÝ, ŽÚREK, DEDÍK, KERTÉSZ, MIHOLICS, LORINČÁK, SOKOL, MAŠLEJ, 2009).

Dotazník bol určený užívateľom poľovných revírov v kraji Bratislava, Trnava a Nitara. Predmetom dotazníka boli údaje: okres, názov a užívateľ poľovného revíru, prvý pozorovaný výskyt fibropapilomatózy v revíri – rok, kalendárny mesiac, druh raticovej zveri, pohlavie, odhadnutý vek, počet nádorov na jednom jedincovi zveri (nad 10 mm), veľkosť nádorov – priemer (najväčší a najmenší novotvar), stav (úhyn, odstrel, odchyt zveri), údaj o prípadnom potvrdení fotodokumentáciou, resp. zakonzervovanou vzorkou, iné súvisiace údaje).

Výsledky boli doplneným vlastným dotazníkovým prieskumom v rokoch 2010 a 2011 v okresoch Dunajská Streda, Komárno a Zvolen.

Okrem dotazníkovej akcie prebiehal vo vybraných revíroch v postihnutých okresoch intenzívny monitoring zdravotného stavu zveri na úrovni poľovníckeho terénu.

Pri klinickej diagnostike nádorov sa vychádzalo s anamnestických údajov o pozorovaniach živej srnčej zveri s výskytom nádorových zmien a rozboru a vyhodnotenia fotografického dokumentačného materiálu a videozáznamov získaných od poľovníckych

organizácií (OkO SPZ, RgO SPZ, užívateľov poľovných revírov) a regionálnych a kraj-
ských veterinárnych a potravinových správ.

Vlastné pozorovania v teréne sa vykonávali v poľovných revíroch v okresoch Brati-
slava mesto, Dunajská Streda a Zvolen.

Príklad dotazníka zaslaného poľovníckym hospodárom revírov v okrese Zvolen:
NÁDOROVÉ OCHORENIA ZVERI – informačný lístok (okres: Zvolen)
(platí pre dohodnutých užívateľov poľovných revírov a okresy)

1. Užívateľ poľovného revíru: _____
2. Katastrálne územie: _____
3. Prvý pozorovaný výskyt v revíri – (rok): _____
4. Ďalšie výskyty – do termínu 1. 4. 2011: _____
5. Druh raticovej zveri: srnčia, jelenia, danielia, muflonia, diviacia (**podčiarknuť**)
6. Iné druhy zveri: druh _____
7. Pohlavie (zisteného prípadu): SAMEC – SAMICA (**podčiarknuť**)
8. Odhadnutý vek (zisteného prípadu): _____
9. Kalendárny mesiac (zisteného prípadu): _____
10. Odhadnutý počet nádorov na jednom zvierati: _____
11. Veľkosť nádorov (priemer v cm): _____
12. Stav: ÚHYN – ODSREL – ODCHYT (**podčiarknuť**)
13. Bola vyhotovená fotodokumentácia: ÁNO – NIE (**podčiarknuť**)
14. Iné súvisiace údaje (môže doplniť užívateľ poľovného revíru)
–
–
–

Najnovší – aktuálne nahlasovaný výskyt (od 1. 4. 2011)
(ak sa jedná o nahlásenie „ďalšieho“ prípadu v revíri – bod: 3 a 4 sa už nevyplní)

Dátum nálezu:

Vystavil:

Poznámka:

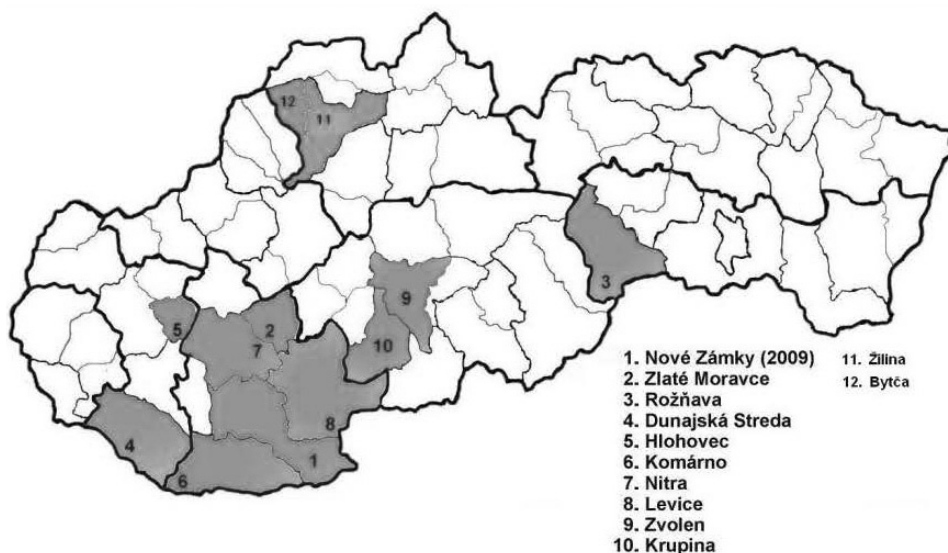
- Informačný lístok sa vyplňa pre každý (jednotlivý) prípad zistenia nádorových zmien
- Prípady možno oznámiť priamo: **0904/151 007 (Ing. Mojmír Ivan)**
E-mail: mojoivan@azet.sk

4 VÝSLEDKY



Obr. 1. Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 2011 (RAJSKÝ a kol., 2011)
 Fig. 1. Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 2011 (RAJSKÝ a kol., 2011)

V období rokov 1998 až 2011 bolo vyhodnotených pri srnčej zveri 472 prípadov fibropapilomatózy. Z tohto súboru bolo 369 srncov a 103 sŕn. Prvý odborné zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v okrese Senica, jednalo sa o srnca druhej vekovej triedy. Postupne pribúdali ďalšie hlásenia ďalších prípadov tohto ochorenia v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Tendencia šírenia nákazy bola juhovýchodným smerom. Ojedinelý výskyt ochorenia bol následne v okrese Myjava v Trenčianskom kraji. Podozrenie z výskytu tohto ochorenia v oblastiach východného Slovenska vyslovil Juriš (1997) v podmienkach okresu Trebišov. Od roku 2006 však šírenie fibropapilomatózy nabralo dramatický priebeh. Z miest pôvodného výskytu ochorenia (juhozápadné Slovensko) sa nákaza postupne šírila severovýchodným smerom a v roku 2008 bola zaznamenaná už aj v Rimavskej Sobote v Banskobystrickom kraji. V súčasnom období je nákaza pri srnčej zveri hlásená z 31 okresov na Slovensku. Zároveň zo všetkých okresov na území Slovenskej republiky hraničiacich s Českou republikou Rakúskom pri rieke Morava a okresov hraničiacich s Rakúskom a Maďarskou republikou pri rieke Dunaj. Okrem okresu Rožňava bolo ochorenie hlásené zo všetkých okresov hraničiacich s Rakúskom a Maďarskou republikou (suchá hranica). V okrese Rožňava však bola fibropapilomatóza potvrdená pri jeleňovi lesnom. Nakoľko grafické vyhodnotenie plošnej distribúcie nákazy na Slovensku poukazuje, že infekcia sa šíri pozdĺž riek (Morava, Dunaj, Malý Dunaj, Váh, Hron) stáva sa reálnou hrozbou už aj pre podhorské revíry.



Obr. 2. Súčasné rozšírenie fibropapilomatózy v populácii jelenej zveri na Slovensku

Fig. 2. The current occurrence of fibropapillomatosis of red-deer population in Slovakia

Pri jelenej zveri je ochorenie hlásené v súčasnosti z 12 okresov Slovenska. V období rokov 2009–2012 bolo vyhodnotených 23 prípadov fibropapilomatózy jelenej zveri. V súbore pozitívnych jedincov bolo 6 jeleňov a 17 jeleníc. Prvý odborné zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy u jeleňa lesného na Slovensku bol v roku 2009 v okrese Nové Zámky (KRAJNIAK, 2009). Jednalo sa o ročnú jeleničku s makroskopicky zistiteľnými nádorovými zmenami. V nasledujúcom období bola fibropapilomatóza pri jelenej zveri na Slovensku diagnostikovaná v ďalších rokoch (okrem uvedeného okresu Nové Zámky), postupne aj v okresoch Zlaté Moravce, Rožňava, Dunajská Streda, Nitra, Levice, Hlohovec, Komárno, Zvolen a Krupina. Pozoruhodný je prípad z okresu Zvolen pochádzajúci z revíru Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene. Daný revír bol intenzívne monitorovaný z dôvodu podozrenia na výskyt fibropapilomatózy. V máji roku 2011 bol pozorovaný v tomto revíri dvojročný jeleň s fibropapilómom v oblasti slabín. Fotodokumentácia však nebola vyhotovená a rovnako absentovali aj laboratórne vyšetrenia. Následne bola v septembri ulovená jelenička so solitárnym fibropapilómom nachádzajúcim sa na stehne. Jelenička bola ulovená v lokalite Pólová (južná časť Kremnických vrchov). V súčasnosti je v tomto revíri sledovaný starší jeleň s veľkým fibropapilómom stopkovito prichyteným na kožu v oblasti brucha. Daný revír môžeme považovať za vyložene horský, čo je výnimka nakoľko všetky ostatné prípady boli hlásené z nížinných oblastí. Úplnou senzáciou sú posledné dva prípady ochorenia, ktoré pochádzajú z okresov severného Slovenska. Jedná sa o okresy Žilina a Bytča. Aj tieto prípady dokazujú, že fibropapilomatóza už v súčasnosti nie je iba problémom južných oblastí Slovenska.

Fibropapilomatóza sa týmto stáva celoslovenským problémom v poľovníckom manažmente nielen srnčej, ale aj jelenej zveri. Neodkladnosť riešenia zdôrazňujú taktiež aktuálne požiadavky užívateľov poľovných revírov, orgánov Slovenského poľovníckeho zväzu a Slovenskej poľovníckej komory na veterinárny servis, nakoľko z hľadiska poľovníckeho manažmentu je srnčia zver v podmienkach Slovenska najpočetnejším

a najrozšírenejším druhom raticovej zveri. Rozšírenie ochorenia v populáciách jeleňa lesného by tento problém len prehĺbilo. Vychádzajúc z vyhodnotenia súčasnej epizootologickej situácie v rozšírení fibropapilomatózy pri srnčej a jelenej zveri, možno vysloviť vážny prognostický predpoklad o potenciálnom prelomení medzidruhovej bariéry aj voči populácii daniela škrvritého *Dama dama* na Slovensku.

5 ZÁVER

Fibropapilomatóza cervidov patrí k najmenej preskúmaným chorobám raticovej zveri z čeľade jeleňovitých na Slovensku. V práci je poukázané na výskyt a plošnú distribúciu tohto ochorenia. Prvýkrát bola na našom území zdokumentovaná v roku 1998 u srnca lesného v okrese Senica. Z miesta iniciálneho výskytu malo ochorenie tendenciu sa šíriť smerom severovýchodným. Súčasná situácia a hlavne smer šírenia nákazy do podhorských oblastí naznačuje, že fibropapilomatóza postihuje takmer všetky najproduktívnejšie oblasti s chovom srnčej zveri a oprávňuje zdôrazniť nepriaznivú prognózu ochorenia. Okrem srnčej postihuje u nás fibropapilomatóza aj jeleniu zver. Prvý prípad ochorenia jelenej zveri je z roku 2009 a v súčasnosti je nákaza pri jelenej zveri hlásené z 12 okresov Slovenska, včítane chovateľských oblastí pre jeleniu zver v podhorských a horských revíroch. Podľa dostupných literárnych zdrojov nebol popísaný prenos tohto ochorenia na človeka.

V problematike šírenia a nákazy zostávajú napriek intenzívnemu štúdiu nezodpovedané otázky. Kontrola ochorenia si vyžaduje súčinnosť užívateľov poľovných revírov, orgánov štátnej správy poľovníctva a orgánov veterinárnej starostlivosti.

6 Literatúra

- CIBEREJ, J. a kol.: Starostlivosť o zver a choroby zveri. PaRPRESS, Bratislava, 2001, 203 s.
- CSCISAY, P. (2010): Fibromatóza cervidov – priebeh a dôsledky pri poľovnom obhospodarovaní srčej zveri v okrese Dunajská Streda. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 2010. 42 s.
- ERDÉLYI, K. (2010): Fibropapillomatosis of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Hungary. Thesis of Ph.D. dissertation. Szent István University. 21. p.
- ERDÉLYI, K., BÁLINT, Á., DENCŐ, L., DÁN, Á., URSU, K. (2008): Characterisation of the first complete genome sequence of the roe deer (*Capreolus capreolus*) papillomavirus. *Virus Research*, 135 (2) 307–311. p.
- FIGURA, A. – LIPTAI, Š. – CSCISAY, P. – GYORI, A. – NÉMETH, T. – JEMALA, M. – ŠEVČÍK, J. (2010): Charakteristická lokalizácia nádaru v tvárovej oblasti pri fibropapilomatóze srnčej zveri (lesná ekoforma) v inundancii Dunaja a rieky Moravy. In Zborník referátov a abstraktov zo VII. Žitnoostrovského odborného seminára v Báci, 14. mája 2010, s 106, ISBN 978-80-89418-07-7.
- KOCSNER, T. (2001): Az ozek borfibromatózisa. Szakállatorvosi szakdolgozat. Budapest.
- LANCASTER, W. D. – SUNDBERG, J. P. (1982): Characterization of papillomaviruses isolated from cutaneous fibromas of white-tailed deer and mule deer. *Virology*, 123 (1) 212–216. p.
- LEŠNÍK, F., VRTIAK, O. J.: Nádorové ochorenia zvierat. Príroda, 1979: 143–144.
- MOAR, M. H. – JARRET, W. F. (1985): A cutaneous fibropapilloma from a red deer (*Cervus elaphus*) associated with a papillomavirus. *Intervirology*, 24 (2) 108–118. p.
- MORENO-LOPEZ, J. – ALOHA, H. – ERIKSSON, A. – BERGMAN, P. – PETTERSON, U. (1987): Reindeer papillomavirus transforming properties correlate with a highly conserved E5 region. *Journal of Virology*, 61 (11) 3394–3400. p.
- MORENO-LOPEZ, J. – MORNER, T. – PETTERSON, U. (1986): Papillomavirus DNA associated with pulmonary fibromatosis in European elks. *Journal of Virology*, 57 (3) 1173–1176. p.
- RAJSKÝ, D. – RAJSKÝ, M. – KROPIL, R. – IVAN, M. – GARAJ, M., ml. (2011): Najnovšie doplnky ku geografickej distribúcii fibropapilomatózy v populáciách Srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a Jeleňa lesného (*Cervus*

- elaphus*) na Slovensku. In: Zborník referátov a posterov z III. ročník medzinárodnej konferencie „Významné aspekty v chove jeleňovitých 2011“. Intenzívne chovy jeleňovitých zvernice a farmy. Nitra. 116–120 s.
- RAJSKÝ, D., DANIHEL, Ľ., ŠIŠOVSKÝ, V., LEBOCKÝ, T., KANTÍKOVÁ, M., SOKOL, PLIEŠOVSKÝ, J., JURIS, P., MRAČKO, I. (2009A): Fibromatóza cervidov – etiológia, výskyt a plošná distribúcia na Slovensku. *Slovenský veterinársky časopis*, 34 (1) 45–49.
- RAJSKÝ, D., GARAJ, P.: Veterinárna starostlivosť o zver. TU Zvolen, 2008, 215 s.
- RAJSKÝ, D., PLIEŠOVSKÝ, J., SOKOL, J., LEŠNÍK, F., ERDÉLYI, K., DANIHEL, Ľ., JURIS, P., GARAJ, P. (2009b): Aktuálne problémy zdravia jeleňovitých na Slovensku so zameraním na fibromatózu (fibropapilomatózu) u srnčej zveri. Výživa a veterinárna problematika chovu jeleňovitých, Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Nitra, 12. 11. 2009. p. 44–57.
- SHOPE, R. E. (1955): An infectious fibroma of deer. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 56: 793–802.
- SUNDBERG, J. – LANCASTER, W. D. (1988): Deer papillomaviruses. *Developments in Veterinary Virology*, 6, 279–291. p.
- SUNDBERG, J. P. (1987): Papillomavirus infections in animals. In: Syrjanen, K., Gissmann, L., Koss, L.: *Papillomaviruses and Human disease*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. 40–103. p.
- SUNDBERG, J. P., NIELSEN, S. W.: Deer Fibroma: A Review. *Can. Vet. J.*, 22, 1981: 385–388 s.
- ŠPENÍK, M.: Choroby poľovnej zveri. *Príroda*, 1977: 194–195.
- TAKÁCS, A. – NAGY-BOZSOKI, J. (1998): Fibromatosis magyarországi elofordulása az oz (*Capreolus capreolus*) borében nagyalföldi ózálományokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 120 (7) 431–433. p.
- WARTS, D. a kol.: Cutaneous Fibromas in Deer: A closer Look. *Wildlife Issues*, 3: 1–2, 2002.
-

Adresa autora:

Ing. Mojmír Ivan

doc. MVDr. Dušan Rajský, PhD.

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: mojoivan@azet.sk

rajskyd@orangemail.sk

Fibropapilomatóza jeleňovitých na Slovensku so zameraním na srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a jeleňa lesného (*Cervus elaphus*)

Abstrakt

Práca poukazuje na výskyt nádorového ochorenia fibropapilomatózy jeleňovitých na území Slovenska so zameraním sa na srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a jeleňa lesného (*Cervus elaphus*). Prvý zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v okrese Senica. Z miesta iniciálneho výskytu sa ochorenie šírilo juhovýchodným smerom. V období rokov 1998–2011 bolo vyhodnotených 472 prípadov fibropapilomatózy srnčej zveri. V niektorých revíroch Slovenska ochorenie zasiahlo 5–10 % (20) srnčej zveri a je signalizované ako závažný chovateľský problém, ktorého riešenie si vyžaduje intenzívny monitoring a prijatie mimoriadnych opatrení. Prvý prípad u jelenej zveri bol zaznamenaný v roku 2009. Pri jelenej zveri je ochorenie v súčasnosti hlásené z 12 okresov Slovenska. Diagnóza je stanovená makroskopickým a mikroskopickým vyšetrením. Napriek akceptovaniu vírusového pôvodu je potrebné upozorniť, že v etiológii fibropapilomatózy jeleňovitých neboli doposiaľ jednoznačne objasnené všetky aspekty. Práca dopĺňa súčasné poznatky o plošnej distribúcii ochorenia na území Slovenska a je príspevkom k štúdiu fibropapilomatózy cervidov aj vo vzťahu k hygiene zveriny.

Kľúčové slová: fibropapilomatóza, jeleňovité, srnec lesný, jeleň lesný, ochorenie

KRÁTKODOBÉ ZMENY VEGETÁCIE JEDĽOVO-BUKOVÝCH PRÍRODNÝCH LESOV V NPR PADVA

Marta MARTINÁKOVÁ – Michal MARTINÁK

Martináková, M., Martinák, M.: Short-term changes in the vegetation of fir-beech natural forests in the Padva reserve. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 37–54.

This study contributes to understanding the dynamics of natural fir-beech forests in Padva national nature reserve, on dolomitic bedrock at an altitude of 895–1 050 m a.s.l. Repeated sampling after 6 years was carried out on the series of 9 research plots representing all three basic developmental stages of natural forest. Each plot of 400 m² contained parallel transects divided into two hundred 0.25 m² subplots, on which frequencies of herb species and number of tree rejuvenation were recorded. Dendrometric characteristics of woody species were recorded, too. The aim of the study was to characterize the rate of changes in herb layer during six years period and to find out its dependence on the changes in tree layers characteristics. Direct gradient analysis (RDA) and MonteCarlo permutation test were used to explain the variability of herb layer. Spearman rank correlation coefficient was applied to find the relationship between the changes in herb layer and tree layers. Changes were specific to each plot or developmental stage. According to the results of indirect gradient analysis (PCA), herb layer changed the most markedly in the stage of disintegration, these plots approached the plots in the stage of growing or optimum. Total herb frequencies and tree rejuvenation abundance decreased on all plots except for the stage of growth. The most considerable decline of tree rejuvenation was recorded in the stage of disintegration, where a great number of young trees grew into upper layer. Then the frequencies of most herbs decreased. Similarly, the frequencies of most herb species decreased as a response to increased dendrometric values, except for *Mycelis muralis* and *Tithymalus amygdaloides*.

Key words: vegetation dynamics, fir beech forests, herb layer, dolomites

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Cyklický charakter vývoja klimaxového lesa bol popísaný na základe zmien štruktúry stromovej zložky fytocenózy (LEIBUNDGUT 1959, malý vývojový cyklus – KORPEL 1989). Vývojové štádiá (a vrámci nich vývojové fázy) sú maloplošne mozaikovo rozmiestnené na ploche, čím vytvárajú textúru prírodného lesa (OLDEMAN 1990 in GILG 2004, MICHAL 1999). V zmiešaných stredoeurópskych lesoch sa striedajú na plochách 200–700 m² (LEIBUNDGUT 1959, MAYER *et al.* 1979 in KORPEL 1989). Lesný ekosystém je tým stabilnejší, odolnejší a jeho vývojová dynamika vyrovnannejšia, čím je striedanie jednotlivých vývojových fáz na menších plochách (KORPEL 1989). Zmeny v priestorovom usporiadaní a druhovom zložení v procese dynamiky prírodného lesa sa týkajú aj bylinnej zložky, silne viazanej na zložku stromovú. Zákonitosti zmien bylinnej synúzie však dostatočne popísané neboli. UJHÁZY *et al.* (2005) zdokumentoval závislosť vývoja bylinnej zložky od vývoja dominantných stromov, a to na základe porovnávania paralelných plôch v rôznych vývojových štádiách. Výsledky boli doplnené aj opakovaným štúdiom tých istých trvalých plôch (UJHÁZY *et al.* 2007, UJHÁZY *et al.* 2009). Mnohé druhy prechádzajú

celým vývojovým cyklom, niektoré sa objavujú až v štádiu optima alebo rozpadu, pričom jednotlivé vývojové štádiá sa odlišujú skôr zmenou početnosti a pokryvnosti druhov ako druhovou skladbou. K najvýraznejšiemu rozvoju bylinnej etáže dochádza počas relatívne krátkeho obdobia v porastových medzerách (po rozpade starej generácie stromov) a ešte pred jej zapojením novou generáciou ku koncu štádia rozpadu (UJHÁZY *et al.* 2005). Naopak, byliny sú najviac potlačené pri maximálnej hustote mladých stromov, na počiatku štádia dorastania, kedy je rovnako potlačená aj obnova stromov. Nepotvrdil sa predpoklad najväčšej konkurencie (resp. inhibície bylín stromami) pri maximálnej produkcii stromov (UJHÁZY 2010). Väčšina druhov však na nárast dendrometrických veličín reaguje znížením pokryvnosti. Charakter zmien je špecifický pre rôzne lesné spoločenstvá (napr. štádium optima slt *Fagetum pauper* je druhovo chudobné, porovnateľne so štádiom dorastania slt *Fagetum typicum* (UJHÁZY *et al.* 2007).

Cieľom práce je prispieť k objasneniu procesov vegetačnej dynamiky vrámci malého vývojového cyklu prírodných lesov. Naším zámerom bolo charakterizovať zmeny bylinnej zložky v krátkodobom časovom horizonte (6 rokov) na príklade jedľovo-bukových lesných spoločenstiev NPR Padva.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika územia

NPR Padva, založená v roku 1972 na výmere 325,46 ha je súčasťou NP Veľká Fatra. Geologické podložie tvoria dolomity a vápence. Na území Padvy sa podľa BUBLINCA, PICHLERA (2001) vyvinuli rôzne pôdne typy rendzín a kambizemí. Pre výskum bola vybratá severozápadná časť rezervácie s relatívne menej členitým reliéfom, kde v porastoch prevažuje buk. V tejto časti je hlavný hrebeň doliny rozčlenený na pravidelne sa striedajúce hrebienky a dolinky. V závislosti od reliéfu sa striedajú druhovo bohatšie trávnaté typy fytocenóz s chudobnejšími bylinnými typmi na tiennych svahoch a v dolinkách. Sú to porasty s najvyšším zastúpením buka a početnou prímесou smreka, jedle a javora horského.

Sledované fytocenózy sú podľa súčasnej typologickej mapy zaradené do slt *Fageto-Abietum* a lesného typu 6208 vápencová nitrofilná buková jedlina vst. Podľa JANEKA (2006) však toto zaradenie nezodpovedá skutočnosti, fytocenózy patria do 5. vegetačného stupňa, edaficko-trofického radu B/D, ktorý však súčasným klasifikačným systémom nie je definovaný.

Dizajn výskumných plôch

V roku 2005 JANEK (2006) založil v chudobnejších bylinných fytocenózach subjektívnym výberom 9 výskumných plôch tak, aby boli 3-krát zachytené všetky tri základné vývojové štádiá pralesa v zmysle KORPEEA (1989) – dorastanie, optimum a rozpad. Príslušnosť k jednotlivým štádiám bola hodnotená na základe štruktúry porastu drevín na ploche a v jej tesnej blízkosti (*sensu* KORPEE 1989) a podľa stupňa vývoja bylinnej synúzie (*sensu* UJHÁZY, KRIŽOVÁ 2004). Kritériom výberu plôch bolo zachovanie rovnorodosti podmienok prostredia (SV expozícia, sklon svahu 30–35°, nadmorská výška 895–1 050 m. n. m., typologická zhodnosť fytocenóz).

Každá plocha má výmeru 400 m², tvar plôch je štvorcový s rozmermi 20 × 20 m, prípadne obdĺžnikový 25 × 16 m. Všetky plochy sme v lete 2011 obnovili podľa nákresov,

dendrometrických meraní (ONDRUŠ 2010) a rohových kolíkov v teréne a uskutočnili sme na nich opakované merania v letnom aspekte v júli, približne v rovnakom termíne ako merania z roku 2005.

Podľa metodiky UJHÁZY, KRIŽOVÁ (2004) sme na každej ploche pomocou pásiem vyznačili sériu rovnobežných transektov širokých 0,5 m. Vzájomné rozostupy medzi transektami boli 4 m a vzdialenosť od prvej strany plochy 1,5 m. Transektory boli rozdelené na štvorce veľkosti $0,5 \times 0,5$ m (s výmerou $0,25 \text{ m}^2$), teda na každú plochu pripadá 200 štvorcov.

Zber a spracovanie údajov

Na plochách sme vyhotovili fytocenologické zápisy a zmerali hrúbku (priemerku), výšku a výšku nasadenia koruny (digitálnym výškomerom Vertex Laser) stromov hrubších ako 7 cm (vo výške 1,3 m), podľa druhu dreveniny. Na každej ploške (štvorec $0,5 \times 0,5$ m) v rámci transektov boli zaznamenané prítomnosť (nie početnosť) bylinných druhov a výskyt druhov drevín aj s ich početnosťami podľa vrstiev. Takto získané údaje z transektov sme využili na výpočet frekvencií bylín (resp. rozdielu vo frekvenciách za 6 rokov) a aj pri opakovanom výskume umožňujú presnejšie sledovanie zmien druhov podrastu ako subjektívne odhady pokryvností. Na účely porovnania miery zmien vo frekvenciách bylín a dendrometrických veličín sme na základe získaných údajov pre každú plochu vytvorili rovnaké premenné (charakteristiky stromovej zložky) ako použil vo svojej práci JANEK (2006).

Závislosť frekvencie druhov bylín od charakteristík drevenovej zložky sme vyhodnocovali v programe Statistica® pomocou Spearmanovho korelačného koeficientu. Pri zisťovaní miery zmien fytocenóz sme využili zhlukovú analýzu v programe Syn-Tax 2000 (PODANI 2001) – beta flexibilnú metódu s koeficientom – 0,25. Pre posúdenie podobnosti sme využili Wishartov index (*Similarity ratio*). Na vyhodnotenie miery a smeru zmien sme využili nepriamu lineárnu PCA analýzu hlavných komponentov v programe CANOCO (TER BRAAK, ŠMILAUER 1998). Ako druhové dáta sme použili hodnoty frekvencií bylinných druhov bez transformácie. Podľa usporiadania plôch na základe frekvencií druhov sme mohli vyhodnotiť mieru a smer zmien medzi dvoma obdobiami. Z metód priamej gradientovej analýzy sme použili lineárnu RDA analýzu v programe CANOCO. Na vysvetlenie vzťahu dendrometrických veličín a celkovej variability v bylinnej etáži sme v rámci RDA analýzy využili Monte Carlo permutačný test. Významnosť každej dendrometrickej premennej sme testovali samostatne, s počtom permutácií 999. Analýzy PCA a RDA boli vykonané spolu pre dáta z roku 2005 a 2011 (teda 18 zápisov). Hodnoty ekočísiel pre jednotlivé druhy sú uvádzané na základe práce ELLENBERG *et al.* (1992).

Názvy rastlinných druhov v práci sú zjednotené podľa práce MARHOLD, HINDÁK eds. (1998). Druhy *Gymnocarpium robertianum* a *Gymnocarpium dryopteris* sme v analýzach zlúčili ako *Gymnocarpium* sp., takisto druhy *Dryopteris carthusiana* a *Dryopteris dilatata* uvádzame vo forme agregátu *Dryopteris carthusiana* agg. Skratky taxónov sú odvodené z troch začiatočných písmen rodového a druhového latinského názvu.

VÝSLEDKY

Dynamika drevinovej zložky

Drevinová zložka sledovaných fytocenóz je tvorená hlavne bukom, na všetkých plochách je zastúpený i smrek, na siedmich plochách jedľa a s výnimkou troch plôch štádia rozpadu pristupuje aj javor horský. Rovnako v zmladení výrazne dominuje buk, menej javor horský, hlavne vo vrstve 5_{1b} . Miestami sa vyskytujú smrek, jedľa, jarabina vtáčia a jarabina mukyňa, jaseň štíhly. Zo semenáčikov sú to predovšetkým smrek, jedľa, javor horský a jarabina.

Pri porovnaní plôch za šesťročné obdobie (tab. 1) zaznamenávame pokles celkového zmladenia stromov, a to na základe údajov z transektov i fytocenologických zápisov. Početnosť jedincov poklesla na všetkých plochách okrem plôch 8 a 9 v štádiu dorastania, no najvýraznejšie na plochách 1, 3 a 6 v štádiu rozpadu. Početnosť buka sa v oboch vrstvách 5_{1b} a 5_{1a} znížila, mnoho jedincov dorástlo do vrstvy 4 (nad 130 cm). Na týchto troch plochách početnosť javora horského v prízemnej vrstve do 25 cm (5_{1b}) klesla, naopak vo vrstve do 130 cm (5_{1a}) vzrástla, no na ostatných plochách klesla. U jaseňa sme zaznamenali výrazný pokles vo vrstve 5_{1a} na všetkých troch plochách (5, 6 a 7) jeho výskytu. Zaujímavý je úbytok semenáčikov smreka na všetkých plochách, no naopak značný nárast vo vrstve 5_{1b} . Rozdiely v prízemnej vrstve zmladenia možno vysvetliť pravdepodobne i semennými rokmi dospelých stromov, keďže (takmer) na všetkých plochách pozorujeme nasledovný jav - v rámci jednej vrstvy (5_{1b}) početnosť jedincov javora horského a buka klesla, no u smreka a jedle sa zvýšila.

Najvýraznejšiu zmenu vo vrstve 4 (mladé stromy nad 130 cm) pozorujeme na plochách č. 1, 3 a 6 v štádiu rozpadu. Vrstva 4 je tu tvorená hlavne bukom s malou prímесou jedle a smreka. Na týchto plochách sa niekoľkonásobne zvýšili počty jedincov stromov, zisťované na transektoch a prepočítané na celú plochu, na ostatných plochách (s výnimkou 5) neboli transektami zachytené. Takisto sa zvýšila ich subjektívne odhadovaná pokrývnosť priemerne z 10 % na 54 %.

Počet stromov vyšších vrstiev (1–3) ostáva rovnaký na šiestich plochách. Na ploche č. 2 vypadol jeden smrek z vrstvy 4, na ploche č. 7 jeden buk z vrstvy 2, na ploche č. 8 dva jedince buka z vrstvy 4. Hodnota celkovej kruhovej základne stúpla na všetkých plochách, priemerne o 8,32 %. Suma výšok hrubiny v priemere stúpla o 4,34 %, na ploche 8 mierne poklesla. Pokles sumy výšok o 0,57 % máme zaznamenaný aj na ploche 1, no počet stromov ostáva rovnaký, ide teda o chybu merania, nevieme však v ktorom roku. Zápoj na plochách štádia rozpadu ostáva rovnaký, príp. stúpol, na ostatných plochách štádia optima a dorastania poklesol. Nakoľko však ide o hodnotu subjektívne odhadnutú, v každom roku iným autorom, nemôžeme tejto zmene prikladať veľký význam.

Tab. 1: Porovnanie vybraných dendrometrických charakteristík (premenných). *Údaje o zmladení sú získané z transektov a prepočítané na celú plochu 0,04 ha (vynásobené ôsmimi). Pre buk prepočítané nie sú.

Tab. 1: Comparison of selected dendrometric characteristics (variables). *Data by trees rejuvenated on are obtained of transects and converted for the entire area of 0.04 hectares (multiplied by eight). The data for beech is not calculated.

premenná	plocha rok	8	9	4	2	5	7	6	1	3
		dorastanie		optimum				rozpad		
Počet jedincov v 4	2005	0	0	0	0	16	0	128	40	32
	2011	0	0	0	0	0	0	312	408	648
Počet stromov hrubiny	2005	22	22	22	19	20	18	10	8	6
	2011	20	22	22	18	20	17	10	8	6
Kruhová základňa (m)	2005	1,431	1,631	1,811	1,224	1,764	1,881	1,221	0,419	0,828
	2011	1,468	1,787	1,997	1,275	1,885	1,909	1,496	0,460	0,891
Suma výšok hrubiny (m)	2005	511,6	631,9	510,6	355,9	527,3	542,1	314,1	140,2	165,3
	2011	504	645,2	558	373,3	565,4	558,6	343,7	139,4	173,8
Počet jedincov v 51	2005	1296	152	1864	1904	4904	5232	3904	5344	4304
	2011	1480	544	1600	1832	4512	4456	3024	4200	2616
Početnosť jh 51b	2005	1184	32	832	728	1640	2136	776	1976	712
	2011	1064	408	664	448	1672	1824	720	1224	560
Početnosť sm 51b	2005	0	0	0	16	0	0	24	64	0
	2011	160	24	112	96	56	128	40	88	80
Početnosť jd 51b	2005	16	16	32	64	56	104	88	32	16
	2011	112	56	48	136	48	200	104	24	16
Početnosť bk 51b*	2005	12	12	73	96	188	193	126	196	128
	2011	5	2	68	89	188	212	60	78	32
Početnosť bk 51a*	2005	0	1	49	37	190	154	242	203	314
	2011	2	1	29	53	144	67	203	271	205
Zápoj	2005	95	90	95	95	80	85	35	35	45
	2011	85	75	80	85	80	80	50	35	45

Namiesto pôvodných troch plôch (4, 8, 9) považujeme za plochy štádia dorastania len dve. Plochu 4 zaraďujeme skôr k štádiu optima. Avšak aj tieto plochy sú v pokročilej fáze, z hľadiska vertikálnej výstavby sú blízko štádia optima. Chýbajú tu jedince vrstvy 4 a počet stromov hrubiny je vzhľadom k štádiu optima takmer vyrovnaný.

Tieto dve plochy sa od ostatných odlišujú v charakteristikách zmladenia drevín. Početnosť jedincov vo vrstve 5_{1a} a 5_{1b} spolu vzrástla, na ploche 9 dokonca viacnásobne. Aj napriek tomuto vzrastu, početnosť ostáva stále nižšia ako na plochách v štádiu optima (a samozrejme aj rozpadu). Vrstva 5_{1a} je prítomná len v minimálnej miere. Vrstva 5_{1b} je tvorená hlavne javorom horským, buk je zastúpený len v omnoho menšom počte, oproti roku 2005 zníženom. Väčšiu početnosť dosahujú smrek a jedľa.

Dynamika bylinnej zložky

Pomerne presne môžeme sledovať dynamiku bylinnej zložky porovnaním frekvencií druhov, keďže každá hodnota je získaná na základe údajov o výskyte na 200 štvorcoch vrámci jednej plochy. Rovnakým spôsobom sme získali údaje o zmladení drevín, kde sme navyše zaznamenávali aj ich početnosť.

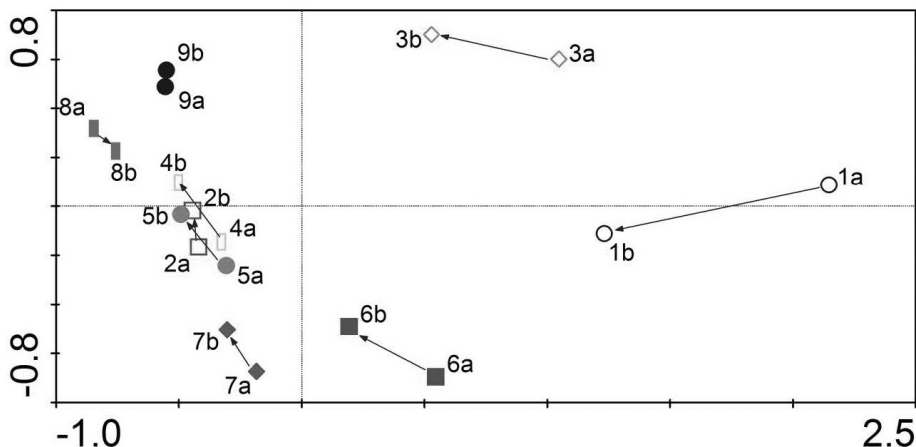
V roku 2011 sme v zápisoch zaznamenali 74 druhov bylín na všetkých plochách, z nich sme na tranzektoch zachytili 54 druhov. V roku 2005 to bolo 64 druhov v zápisoch a 52 na tranzektoch. Za sledované obdobie je na tranzektoch zachytených celkovo 62 druhov, pričom vrámci bylinnej synúzie sme hodnotili aj druhy *Daphne mezereum*, *Rubus idaeus* a *Vaccinium myrtillus*. Osem druhov sme zachytili tranzekdami na ôsmich alebo deviatich plochách v obidvoch rokoch. Tieto druhy (*Viola reichenbachiana*, *Prenanthes purpurea*, *Polygonatum verticillatum*, *Polystichum aculeatum*, *Oxalis acetosella*, *Mycelis muralis*, *Mercurialis perennis*, *Dentaria bulbifera*) sprevádzajú celý vývojový cyklus, no v štádiu rozpadu sú ich frekvencie najvyššie. 25 druhov sa vyskytovalo na piatich a viac plochách. Hodnoty frekvencií sa pohybujú v rozpätí 0,5–62 %, u väčšiny druhov sú však nízke. Najvyššiu hodnotu (62 %) dosiahol druh *Mercurialis perennis* v roku 2005. V roku 2011 bola druhom s najvyššou frekvenciou (46 %) *Dentaria bulbifera*.

Tab. 2: Zmena súčtov frekvencií druhov bylín na jednotlivých plochách.

Tab. 2: Change of sums of herb frequency on particular plots.

plocha	8	9	4	2	5	7	6	1	3
	dorastanie		optimum				rozpad		
2005	28,0	84,0	101,0	94,5	116,5	109,0	236,0	446,0	294,5
2011	40,5	84,5	66,5	72,5	73,0	101,5	195,5	363,5	209,5
% rozdiel	44,6	0,6	–34,2	–23,3	–37,3	–6,9	–17,6	–18,5	–28,9

Za sledované obdobie súčty frekvencií všetkých druhov bylín poklesli takmer na všetkých plochách, výnimku tvoria plochy v štádiu dorastania č. 8, kde stúpili a č. 9 kde ostali na rovnakej úrovni (tab. 2). Síce u väčšiny druhov frekvencie poklesli, zaznamenáme niekoľko druhov, u ktorých stúpili na viacerých plochách. Z druhov s vysokou stálosťou je to *Mycelis muralis*, a tiež *Viola reichenbachiana* v štádiu dorastania a na dvoch plochách štádia optima. Zaujímavým prípadom je aj *Prenanthes purpurea*, ktorého frekvencie v štádiu rozpadu stúpili (priemerne o 29 %), no na všetkých ostatných plochách klesli.



Obr. 1: Zmeny na jednotlivých plochách podľa PCA analýzy na základe frekvencií bylín. Zobrazené sú prvé dve osi variability. Za číslom plochy je uvedené poradie v čase: a – 2005, b – 2011.

Fig. 1: Changes on particular plots according to PCA analysis according to frequencies of herb. The first two axes of variability are displayed. Year of sampling is coded as follows: a – 2005, b – 2011.

K zníženiu frekvencií na všetkých plochách došlo aj u geofytov ako *Epipactis helleborine*, *Lilium martagon* bol v roku 2005 zachytený na deviatich plochách, v roku 2011 už len na piatich, a aj na týchto frekvencie poklesli. Naopak, oproti roku 2005 bol na ploche 1 zachytený *Cypripedium calceolus* (len s nízkou frekvenciou 0,5 %). Podobne aj druh *Neottia nidus-avis* dosahuje nízke frekvencie (0,5–1), no v každom roku sa vyskytol na úplne odlišných plochách. U týchto druhov môže ísť o krátkodobé medziročné fluktuácie. Rovnako terofyt *Geranium robertianum* na ploche 9 v roku 2005 nebol zachytený a v roku 2011 sme ho zachytili s frekvenciou 5 %.

Celková zmena bylinnej zložky fytocenóz

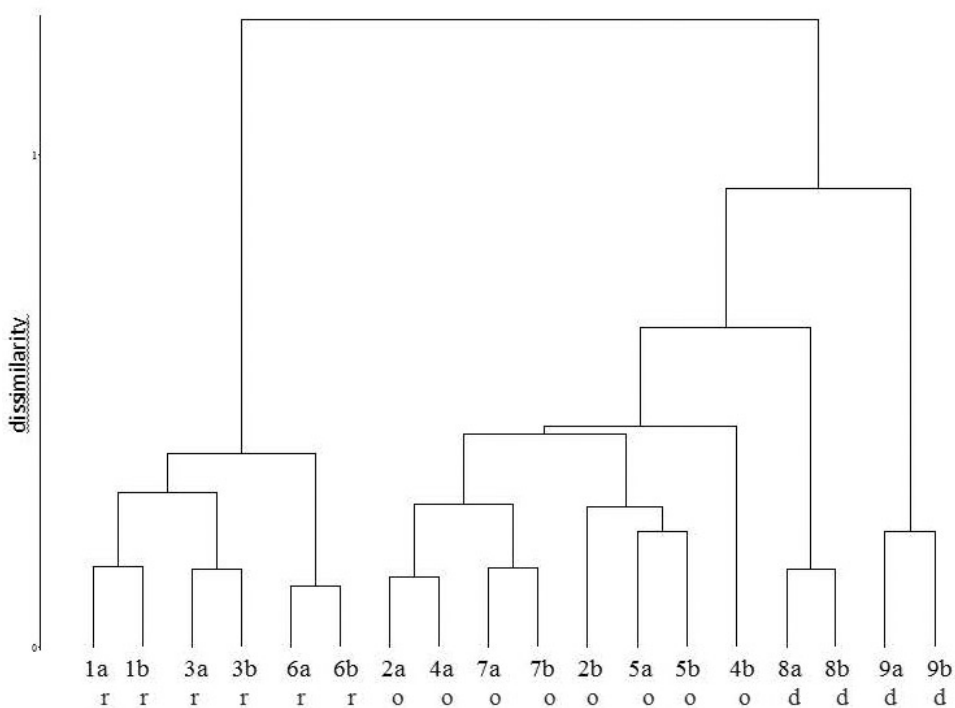
Smerovanie a miera zmien je znázornené v grafe nepriamej gradientovej analýzy (PCA, obr. 1). Vodorovná os vyjadruje gradient od druhovo bohatých fytocenóz s vysokými frekvenciami bylín v štádiu rozpadu (plochy 1, 3 a 6) po chudobnejšie fytocenózy štádia optima a rozpadu, ktoré sú si vzájomne podobnejšie. Zmeny sú najvýraznejšie v štádiu rozpadu, všetky tri plochy sa posunuli smerom k štádiu optima príp. dorastania. Zmeny v štádiu optima sú podobne smerujúce, na všetkých plochách frekvencie bylín poklesli. Najmenej výrazné sú zmeny v štádiu dorastania, plocha 8 sa mierne priblížila k plochám štádia optima.

Tab. 3: Porovnanie frekvencií vybraných bylinných druhov na jednotlivých plochách.

Tab. 3: Comparison of frequencies of selected herbaceous species on particular plots.

druh	plocha	8	9	4	2	5	7	6	1	3
	rok	dorastanie		optimum				rozpad		
<i>Prenanthes purpurea</i>	2005	4	5	10	10	8,5	7	6	10,5	3,5
	2011	3,5	4,5	8,5	1,5	3	3,5	9,5	12	4
<i>Polygonatum verticillatum</i>	2005	4	2	11	15,5	15	11	20	17,5	5
	2011	8,5	2	2	1	2	17	12,5	18,5	4,5
<i>Mycelis muralis</i>	2005	2	14	1,5	1,5	9	1	6,5	13,5	15
	2011	3	25	3	5,5	8	4,5	8,5	21	11
<i>Lilium martagon</i>	2005	2	0,5	8	5,5	2,5	3	3,5	2	1
	2011	1		1,5	0,5	0	0,5		1	
<i>Epipactis helleborine</i>	2005	0,5	2	0,5	3,5	4		2	2	2,5
	2011	0,5	1		3	0,5		1	1	1,5
<i>Dryopteris filix-mas</i>	2005	1,5	2		0,5			6	4	5
	2011	0,5			2,5	0,5	1,5	4	4,4	4,5
<i>Athyrium filix-femina</i>	2005		1,5		2		2	0,5	5,5	4
	2011		0,5	0,5	1	0,5		1	7	3
<i>Oxalis acetosela</i>	2005	10	19	21	24	32	41,5	56	42	38
	2011	13,5	18	1,5	15,5	22	28	43	43	38,5
<i>Viola reichenbachiana</i>	2005	2		24,5	19,5	22	37,5	42,5	57,5	21,5
	2011	4		25,5	24,5	19,5	35	33,5	42,5	2,5
<i>Polystichum aculeatum</i>	2005		4	0,5	0,5	0,5	0,5	5	7,5	9,5
	2011		4,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	9,5	6,5
<i>Dentaria bulbifera</i>	2005		5	10,5	4,5	0,5	0,5	5,5	46	43
	2011	1	7	11	4,5		1,5	1	46	29,5
<i>Mercurialis perennis</i>	2005		9,5	2,5	2	6	1	22	62	37
	2011	0,5	8	2,5	4,5	5		12,5	6	31
<i>Senecio ovatus</i>	2005				0,5	3,5	0,5	1	0,5	1,5
	2011			0,5	0,5	0,5	1	0,5	2,5	2
<i>Tithymalus amygdaloides</i>	2005					1		3	5	3
	2011				2	1	0,5	12,5	17,5	2
<i>Asplenium viride</i>	2005		0,5					0,5	2	4
	2011		0,5					1	2	3
<i>Tussilago farfara</i>	2005								27,5	2
	2011								6,5	1,5

Mieru zmien fytoocenóz vyjadrenú na pomocou indexu podobnosti môžeme vidieť na obr. 2. Na väčšine plôch sa opakované záznamy najviac podobajú predchádzajúcim na tej istej ploche, rozdiely medzi plochami sú teda väčšie ako rozdiely v čase. Výnimku tvoria plochy 2 a 4 štádia optima, v teréne ležiace v tesnej blízkosti, ktoré sa v roku 2005 vzájomne najviac podobali, no v roku 2011 sa plocha 2 podobala skôr záznamom na ploche 5. Opakovaný záznam na ploche 4 sa podobá ostatným plochám optima len na vyššej úrovni. Dendrogram takisto ukazuje podobnosť jednotlivých plôch. Na najvyššej úrovni nepodobnosti jasne oddelil tri plochy štádia rozpadu od ostatných plôch, optimum a dorastanie sú si aj podľa tejto analýzy podobnejšie. Na vyššej úrovni nepodobnosti sú oddelené plochy dorastania – 8 a 9. Na základe tejto analýzy sa žiadna plocha nezmenila do takej miery, aby prešla do iného štádia.



Obr. 2: Zmeny frekvencií bylin na plochách (logaritmicke transformovaných) podľa Wishartovho indexu. Za číslom plochy je uvedené poradie v čase: a – 2005, b – 2011. Vývojové štádiá – r: rozpad, o: optimum, d: dorastanie.

Fig. 2: Changes of herb frequencies according to Wishart index. Year of sampling is coded as follows: a – 2005, b – 2011. Development stages – r: disintegration, o: optimum, d: growing.

Niektoré zmeny sú špecifické pre každú plochu resp. spoločné pre plochy rovnakého vývojového štádia. Zaznamenali sme skupinu druhov, vyskytujúcich sa len v štádiu rozpadu: *Tussilago farfara*, *Epilobium montanum*, *Cirsium erisithales*, *Calamagrostis varia*, *Brachypodium sylvaticum*. Ďalšie druhy – *Gymnocarpium dryopteris*, *Fragaria vesca*, *Cystopteris fragilis* sa síce nachádzajú aj na niektorých ostatných plochách (len s nízkymi frekvenciami 0,5–1), no v štádiu rozpadu dosahujú výrazne vyšších frekvencií. Pokles frekvencií bylín môže byť odpoveďou na niekoľkonásobne zvýšený počet stromov vo vrstve 4 (mladé stromy nad 130 cm). Tento vzťah s druhmi *Tussilago farfara* a *Calamagrostis varia* sa preukázal ako signifikantný na základe Spearmanovho korelačného koeficientu. Opačne reaguje *Prenanthes purpurea*, spolu s *Tithymalus amygdaloides* sú to jedny z mála druhov, ktorých frekvencie v štádiu rozpadu stúpili. Zaujímavý je veľmi výrazný pokles frekvencií tieňomilného druhu *Mercurialis perennis* (ekoindex 2 k faktoru svetla) na všetkých plochách štádia rozpadu – v priemere o 50 %. (Štatisticky významná nám vyšla jeho pozitívna korelácia s nárastom počtu buka vo vrstvách 1 a 2). Rovnako poklesli ďalšie tieňomilné druhy *Brachypodium sylvaticum*, *Dentaria bulbifera* (ekoindex 3). Na základe tejto zmeny by sme mohli konštatovať, že „presun“ jedincov z vrstvy 5_{1a} do vrstvy 4 má za následok zlepšenie svetelných pomerov pre byliny. Na druhej strane sme však zaznamenali aj pokles frekvencií svetlomilných druhov ako *Tussilago farfara* (ekoindex 8),

Calamagrostis varia, *Poa stiriaca* (ekoindex 7). U viacerých druhov je vývoj frekvencií bylín na rôznych plochách v rámci štádia rozpadu opačný. Dôvodom týchto protichodných reakcií bylín môže byť nerovnomernosť zmladenia na ploche a jeho ďalší vývoj.

Vzťah bylinnej a drevinovej zložky na základe paralelných plôch

Vzťah medzi dendrometrickými charakteristikami a celkovou variabilitou bylinnej etáže ukazuje výsledok permutačného testu (tab. 4). Podľa týchto výsledkov najvýraznejší vplyv na bylinnú synúziu majú dendrometrické charakteristiky vyjadrujúce množstvo biomasy vyšších stromových vrstiev na ploche (počet stromov hrubiny a suma ich výšok, celková kruhová základňa, početnosť buka ako hlavnej dreviny). Rovnako i zápoj, aj keď ide o subjektívne odhadovanú veličinu. Výraznejší vplyv sa preukázal aj u vrstvy stromov 5_{1a} (25–130 cm). Značný nárast vo vrstve 4 ovplyvnil byliny menej výrazne. Vplyv pokryvnosti sa ukázal významný, no pri počte stromov významný nie je. Vplyv na celkovú variabilitu bylín je nižší pravdepodobne preto, že stromy vrstvy 4 sa nachádzali len na štyroch plochách, početnejšie len na troch plochách rozpadu. Napriek tomu predpokladáme, že na plochách rozpadu má výrazný nárast ich početnosti a pokryvnosti za následok zhoršenie svetelných pomerov pre byliny (príp. aj väčšej kompetície v pôdnom priestore) a tým aj pokles ich frekvencií. Podľa tohto testu dreviny prízemnej vrstvy do 25 cm (5_{1b}) nemajú na byliny výraznejší vplyv.

Tab. 4: Percento celkovej variability bylín vysvetlenej jednotlivými premennými samostatne (marginálny vplyv) podľa Monte Carlo testu v rámci analýzy RDA.

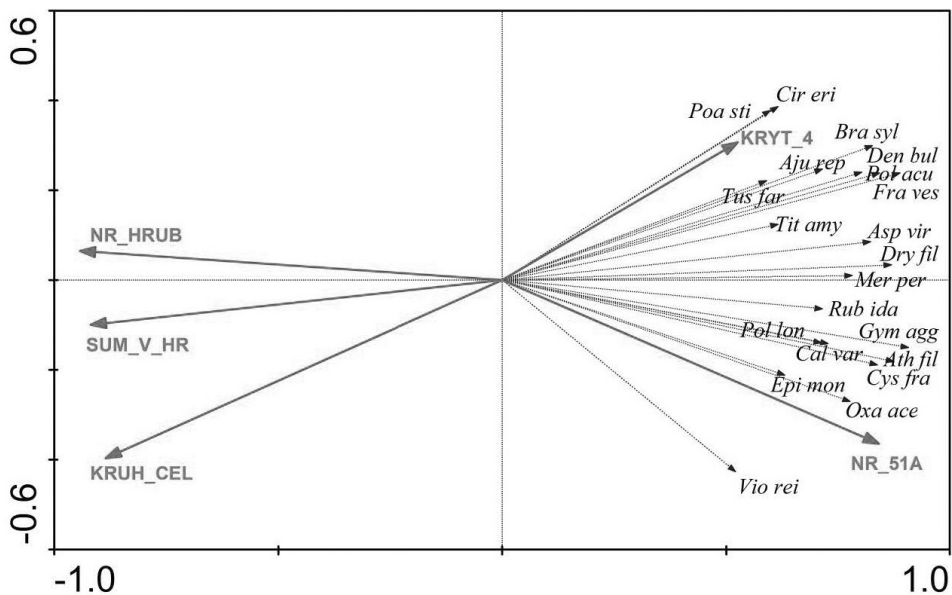
Tab. 4: Percentage of total variability of herbs explained by individual variables separately (marginal effect) by Monte Carlo test within the RDA analysis.

premenná	označenie	vplyv (%)	p
zápoj	ZAPOJ	48	0,001
počet stromov hrubiny	NR_HRUB	47	0,001
suma výšok hrubiny	SUM_V_HR	45	0,001
počet stromov buka	NR_BK	43	0,001
celková kruhová základňa	KRUH_CEL	42	0,001
pokryvnosť vrstiev 1 a 2	KRYT_1_2	42	0,001
početnosť buka v 5_{1a}	NR_BK5A	40	0,001
počet stromov v 5_{1a}	NR_51A	38	0,001
početnosť smreka 5_{1a}	NR_SM5A	38	0,002
výška nasadenia koruny	Inas	38	0,002
kruhová základňa buka	KRUH_BK	36	0,001
počet bk vo vrstvách 2 a 3	NR_BK23	35	0,001
dĺžka koruny	Idk	35	0,001
početnosť buka v 51	NR_BK51	34	0,001
počet bk vo vrstvách 1, 2, 3	NR_BK123	34	0,001
pokryvnosť 5_{1a}	KRYT_5A	26	0,002
pokryvnosť 51	NR_51	26	0,001
počet stromov v 5	NR_5	26	0,002

Pokračovanie Tab. 4
Continued Tab. 4

premenná	označenie	vplyv (%)	p
pokryvnosť vrstiev 5 ₁	KRYT_51	22	0,014
počet bk vo vrstve 3	NR_BK3	21	0,016
počet bk vo vrstve 2	NR_BK2	20	0,015
početnosť smreka	NR_SM	20	0,013
počet bk vo vrstvách 3, 4	NR_BK34	17	0,031
počet bk vo vrstvách 1, 2	NR_BK12	17	0,029
pokryvnosť vrstvy 4	KRYT_4	17	0,033
počet stromov vrstvy 4	NR_4	14	0,07

Na vysvetlenie variability zloženia bylinnej synúzie sme v rámci RDA analýzy použili niekoľko premenných najviac vplývajúcich na jej celkovú variabilitu (obr. 3). Väčšina druhov sa sústreďuje v pravej polovici diagramu, a teda ich početnosť sa zvyšuje s počtom stromov vo vrstve 5_{1a} a pokryvnosťou vrstvy 4. Tieto premenné sú charakteristické pre plochy v štádiu rozpadu, kde sa po odumretí a padnutí stromov objavuje na rozdiel od ostatných plôch vyššia početnosť stromov vrstvy 5_{1a}, ktoré neskôr prerastajú do vrstvy 4.



Obr. 3: Ordinácia bylinných druhov podľa frekvencií pomocou priamej gradientovej analýzy (RDA). Zobrazené sú druhy s najvyššou váhou a najtesnejšou väzbou na vybrané premenné.

Fig. 3: Ordination of herbs according to frequencies using by direct gradient analysis (RDA). Only species with the highest weight and the closest linking of selected variables are displayed.

Vplyv zmien dendrometrických veličín na bylinnú synúziu

V tabuľke (tab. 5) uvádzame signifikantné korelácie ($p \leq 0,05$) medzi rozdielmi vo frekvenciách bylín a dendrometrickými charakteristikami na základe Spearmanovho poradového korelačného koeficientu (R). Podľa tohto výsledku môžeme vidieť, že viaceré bylinné druhy negatívne reagujú na zvýšenie hodnôt premenných popisujúcich množstvo biomasy na ploche. Na zvýšenie počtu jedincov stromov vo vrstve 4 reagovali druhy *Calamagrostis varia* a *Tussilago farfara* znížením frekvencií, opačne reagovali *Oxalis acetosella* a *Prenanthes purpurea*. Zaznamenávame aj významné korelácie medzi početnosťou zmladenia rôznych drevín vrstvy 5_{1b} a niektorými bylinnými druhmi. Nepredpokladáme, že jedince prízemnej vrstvy zmladenia výraznejšie priamo ovplyvňujú byliny, skôr ide o podobnú reakciu na nárast dendrometrických charakteristík vyšších stromových vrstiev.

DISKUSIA

Diferenciácia vývojových štádií

Na našich plochách sme v štádiu rozpadu transektami zachytili 53 druhov, v štádiu optima 38 a v štádiu dorastania 34 druhov. Bylinná vrstva je najlepšie rozvinutá (čo sa týka počtu druhov aj ich početnosti) v štádiu rozpadu, no postupne, s nárastom zmladenia stromov (hlavne s posunom buka z vrstvy 5_{1a} do vrstvy 4) sa frekvencie prevažnej väčšiny druhov znižujú. Pokles pokryvnosti bylinnej etáže pripisujú prudkému rozvoju zmladenia stromov aj ŁYSIK (2008) v spoločenstvách kvetnatých bukových lesov v poľských Karpatoch a MOORE, VANKAT (1986) v bukovo-javorových lesoch v juhozápadnej časti Ohia. Podľa UJHÁZYHO (2010) pôsobí inhibične na byliny až odrastajúce zmladenie drevín vyššie ako 1,3 m (vrstva 4), po vytvorení súvislej vrstvy. Podobný vývoj bol popísaný aj v slt *Fagetum typicum* v Badínskom pralese (UJHÁZY *et al.* 2007), kde k najväčšiemu rozvoju bylinnej synúzie dochádza v porastových medzerách, no rozmach zmladenia stromov byliny potláča. V pokročilej fáze štádia rozpadu frekvencie bylín prudko klesnú a v štádiu dorastania mnohé druhy vymiznú. V tomto spoločenstve je však bylinná synúzia dobre rozvinutá už v štádiu optima a jednotlivé štádiá sa odlišia skôr hodnotami frekvencií ako druhovým zložením, čo sa v našom prípade nepotvrdilo.

Tab. 5: Vybrané signifikantné korelácie ($p \leq 0,05$) medzi rozdielmi vo frekvenciách bylín a dendrometrickými charakteristikami (R: Spearmanov poradový korelačný koeficient).

Tab. 5: Selected significant correlations ($p \leq 0.05$) between differences in frequencies of herbs and dendrometric characteristics (R: Spearman's rank correlation coefficient).

dendrometrická veličina	bylinný druh	R	P
celková kruhová základňa	<i>Epipactis helleborine</i>	-0,758	0,0180
suma výšok hrubiny	<i>Dentaria bulbifera</i>	-0,678	0,0448
suma výšok hrubiny	<i>Polygonatum verticillatum</i>	-0,717	0,0298
suma výšok hrubiny	<i>Polystichum aculeatum</i>	-0,676	0,0458
počet stromov hrubiny	<i>Cystopteris fragilis</i>	-0,701	0,0353
počet stromov hrubiny	<i>Dentaria bulbifera</i>	-0,671	0,0478
počet stromov hrubiny	<i>Epipactis helleborine</i>	-0,850	0,0037

Pokračovanie Tab. 5
Continued Tab. 5

dendrometrická veličina	bylinný druh	R	P
zápoj	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	-0,858	0,0031
zápoj	<i>Dentaria bulbifera</i>	-0,705	0,0338
zápoj	<i>Viola reichenbachiana</i>	-0,758	0,0180
pokryvnosť vrstiev 1, 2 spolu	<i>Calamagrostis varia</i>	-0,707	0,0330
pokryvnosť vrstiev 1, 2 spolu	<i>Tussilago farfara</i>	-0,730	0,0255
pokryvnosť vrstiev 1, 2 spolu	<i>Vaccinium myrtillus</i>	-0,731	0,0252
pokryvnosť vrstiev 1, 2, 3 spolu	<i>Maianthemum bifolium</i>	-0,730	0,0255
pokryvnosť vrstiev 1, 2, 3 spolu	<i>Poa stiriaca</i>	-0,837	0,0049
pokryvnosť vrstiev 1, 2, 3 spolu	<i>Neottia nidus-avis</i>	0,695	0,0377
pokryvnosť vrstiev 1, 2, 3 spolu	<i>Tithymalus amygdaloides</i>	0,717	0,0297
počet jedincov v 4	<i>Calamagrostis varia</i>	-0,800	0,0096
počet jedincov v 4	<i>Tussilago farfara</i>	-0,775	0,0142
pokryvnosť vrstvy 4	<i>Oxalis acetosella</i>	0,717	0,0298
pokryvnosť vrstvy 4	<i>Prenanthes purpurea</i>	0,728	0,0262
počet jedincov v 4	<i>Prenanthes purpurea</i>	0,798	0,0100
počet jedincov 51a	<i>Aruncus vulgaris</i>	-0,703	0,0346
počet jedincov 51a	<i>Paris quadrifolia</i>	-0,730	0,0255
počet jedincov 51b	<i>Campanula trachelium</i>	-0,677	0,0450
počet jedincov 51b	<i>Dentaria enneaphyllos</i>	-0,703	0,0347
počet jedincov 51b	<i>Geranium robertianum</i>	0,730	0,0255
počet jedincov 51b	<i>Tussilago farfara</i>	0,707	0,0330
počet jedincov 51b	<i>Viola reichenbachiana</i>	0,667	0,0499
počet jedincov 51b	<i>Calamagrostis varia</i>	0,730	0,0255

Zachytili sme viacero druhov vyskytujúcich sa len v štádiu rozpadu. Sú to druhy svetlomilné – *Tussilago farfara* (ekoindex 8), kalcifilné – *Cirsium erisithales*, *Calamagrostis varia*, ale aj mezotrofný mezofyt *Brachypodium sylvaticum* (KRIŽOVÁ, NIČ 2002) a *Epilobium montanum*. Napriek tomu v štádiu rozpadu v porastových medzerách rastie množstvo druhov prítomných počas celého vývojového cyklu, a teda aj v zapojenom lese, pričom v štádiu rozpadu dosahujú najvyšších frekvencií, čo je v súlade so zisteniami aj v rôznych iných lesných spoločenstvách (MOORE, VANKAT 1986, UJHÁZY *et al.* 2007, UJHÁZY 2010). V Padve sú takýmito druhmi bučínové druhy *Viola reichenbachiana*, *Dentaria bulbifera*, podhorské euryekné *Prenanthes purpurea*, *Oxalis acetosella*, *Polygonatum verticillatum* a eutrofné *Polystichum aculeatum* druhy, nitrofilný druh *Mercurialis perennis*, mezotrofný mezofyt *Mycelis murali* a paprade *Dryopteris filix-mas*, *Athyrium filix-femina*.

V Badínskom pralese sa *Viola reichenbachiana* v štádiu dorastania vôbec nevyskytovala, v Padve na jednej ploche s nízkou frekvenciou. V štádiu rozpadu rovnako ako aj v Dobročskom a Badínskom pralese značne poklesla a v štádiu optima narástla alebo

mierne poklesla. Vzhľadom k tomu, že vykazuje signifikantné pozitívne korelácie s početnosťou a pokryvnosťou stromov hlavnej úrovne (aj v našom prípade, s počtom buka vrstvy 1 a 2), UJHÁZY (2010) považuje tento druh za výborný indikátor štádia optima.

Rovnakú príslušnosť k vývojovým štádiám v Padve aj v Badínskom pralesi (UJHÁZY *et al.* 2007) vykazuje *Senecio ovatus*, ktorý v štádiu dorastania chýba v oboch pralesoch a objavuje sa v štádiu optima a rozpadu. Jeho gradáciu po rozpade hlavnej úrovne stromov zachytili aj ŠAMONIL, VRŠKA (2007, 2008 in UJHÁZY 2010) v českých pralesovitých jedľových bučinách. Tento polosvetlomilný, nitrofilný (ELLENBERG *et al.* 1992), humideštruktívny druh sa v sterilnom stave vyskytuje aj v zapojených porastoch, no prudko reaguje na zvýšený svetelný príjem a následný rýchly rozklad humusu, a teda vytvára charakteristickú rúbaňovú vegetáciu (KRIŽOVÁ, NIČ 2002). *Senecio ovatus* je trváci, anemochórny druh (JURKO 1990). Pri maloplošnej mozaike štádií v Badínskom a Dobročskom pralesi sa však anemochórne druhy nemôžu výraznejšie šíriť, a tak sú v porovnaní s veľkoplošnými rozpadmi alebo rúbaňami menej zastúpené (UJHÁZY 2010). Podobne je tomu i v Padve, kde *Senecio ovatus* dosahuje frekvencie 0,5–3,5 %.

Naše výsledky potvrdzujú tvrdenie UJHÁZYHO (2010), že trváce hemikryptofyty (JURKO 1990), najmä paprade sprevádzajú celý vývojový cyklus, no v rozpade, po znížení konkurencie buka a uvoľnení zdrojov výrazne zvýšia biomasu jedincov. V našom prípade boli takýmito druhmi *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Polystichum aculeatum* a *Polystichum lonchitis*.

Plochy optima sa podobajú plochám dorastania, čo potvrdzujú aj výsledky zhlukovej analýzy a PCA analýzy. Určitý vplyv na takéto výsledky však môže mať aj absencia plôch v počiatočnom štádiu dorastania, keďže naše plochy dorastania sú bližšie štádiu optima. Otázne je zaradenie plochy č. 4 do štádia dorastania (JANEK 2006), preto sme ju hodnotili ako plochu štádia optima. Výsledok PCA analýzy poukazuje na jej umiestnenie bližšie k ostatným plochám optima. Podľa dendrogramu sa v roku 2005 na najnižšej úrovni najviac podobala ploche 2 (tieto dve plochy ležia v tesnej blízkosti). Takisto vo viacerých charakteristikách drevinovej zložky sa plocha 4 podobá skôr plochám 2, 5 a 7 v štádiu optima ako plochám 8 a 9 v štádiu dorastania. Napr. počet stromov vrstiev S_{1a} a S_{1b} spolu na plochách 8 a 9 stúpol, kým na ostatných poklesol. Frekvencia druhu *Viola reichenbachiana* dosahuje podobné hodnoty frekvencií ako plochy v optime, no na ploche 9 sa nevyskytuje a na ploche 8 len s nízkou frekvenciou. Tieto rozdiely však môžu byť i dôsledkom polohy plôch – plocha 8 a najmä 9 sú založené vo väčšej vzdialenosti od ostatných plôch.

Dynamika bylinnej synúzie a jej závislosť od stromovej zložky

Potvrdila sa negatívna reakcia väčšiny bylinných druhov na nárast dendrometrických veličín popísaná na základe sledovania paralelných plôch (JANEK 2006). Najtesnejšie štatisticky významné závislosti vykazujú druhy *Dentaria bulbifera*, *Polygonatum verticillatum*, *Polystichum aculeatum*, *Cystopteris fragilis*, *Viola reichenbachiana*, *Calamagrostis varia*, *Tussilago farfara*, *Vaccinium myrtillus*, *Epipactis helleborine*, *Brachypodium sylvaticum*, *Maianthemum bifolium*, *Poa stiriaca*. Naopak, nárastom frekvencií reagovali *Neottia nidus-avis* a *Tithymalus amygdaloides*. Pri hodnotení paralelných plôch sa však ako štatisticky významne negatívne reagujúce druhy ukázali aj *Oxalis acetosella*, *Mercurialis perennis*, *Fragaria vesca*, *Senecio ovatus*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas* a *Gymnocarpium agg.*, čo sú druhy s vyššou stálosťou v rámci celého vývojového cyklu.

Navyše sa ukázali signifikantné korelácie bylín s vrstvou stromov 4 (zmladenie vyššie ako 1,3 m), ktoré v roku 2005 neboli štatisticky významné, keďže vrstva 4 bola len málo rozvinutá. Na nárast početnosti jedincov stromov reagujú poklesom frekvencií svetlomilné druhy *Tussilago farfara* (ekoindex 8), *Calamagrostis varia* (ekoindex 7) a *Athyrium filix-femina*, naopak pozitívne reaguje tieňomilný druh *Oxalis acetosela* (ekoindex 1) a *Prenanthes purpurea*.

Zaujímavý je veľmi výrazný pokles frekvencií druhu *Mercurialis perennis* (priemerne o 50 %) na všetkých plochách rozpadu. Pôvodne dosahovala veľmi vysokých frekvencií (22–62 %), UJHÁZY (2010) pripisuje jej gradáciu v štádiu rozpadu rýchleho vegetatívneho šíreniu podzemnými výbežkami. Postupne so zvýšenou konkurenciou mladých jedincov buka sa jej frekvencie značne znížili. Keďže ide o tieňomilný druh (ekoindex 2), veľkú úlohu pravdepodobne zohráva konkurencia v koreňovom priestore.

Pri porovnaní výsledkov obdobného výskumu v Badínskom pralese na vulkanickom podloží (UJHÁZY *et al.* 2007) a Dobročskom pralese na kryštalinickom podloží (UJHÁZY *et al.* 2009) vidíme určité rozdiely, i keď celkový trend poklesu frekvencií bylín s rastúcimi hodnotami dendrometrických veličín je rovnaký. V Dobročskom pralese bol najvýraznejší pokles frekvencií (priemerne o 27 %) zaznamenaný v štádiu dorastania, bylinná zložka sa ešte prerieduje, nedosiahla teda ešte svojho minima, ktoré vždy nastáva v tomto štádiu. Naopak, naše plochy štádia dorastania sú jediné, kde frekvencie bylín vzrástli a približujú sa k hodnotám štádia optima z roku 2005. Celkové frekvencie bylín v štádiu optima poklesli na všetkých plochách, takisto aj v Dobročskom aj v Badínskom pralese. Vypadnutie jedného stromu vyšších vrstiev (na ploche 2 a 7) nemá na byliny pravdepodobne významný vplyv – medzera je rýchlo zapojená okolitými stromami a neprejaví sa nárastom celkovej frekvencie bylín na ploche. Celkové frekvencie bylín poklesli pravdepodobne vplyvom nárastu hodnôt dendrometrických charakteristík, čo je v súlade so zisteniami v Dobročskom pralese.

Dynamika druhu *Dentaria bulbifera* je odlišná ako v Dobročskom a Badínskom pralese (UJHÁZY *et al.* 2009), kde na nárast dendrometrických veličín reagovala opačne ako väčšina druhov, čiže zvýšením frekvencií bez ohľadu na štádium. Na našich plochách v štádiu optima výraznejšie poklesla a na ostatných plochách reagovala rôzne. V Badínskom a Dobročskom pralese je *Dentaria bulbifera* druhom štádia dorastania, no v Padve výrazne graduje v štádiu rozpadu. Ako druh schopný prežívať v hustých porastoch dorastania popisuje UJHÁZY (2010) aj *Gymnocarpium dryopteris*. V Padve však dosahoval vyšších frekvencií len v rozpadoch (a to na všetkých troch plochách), výnimočne sa vyskytoval v štádiu optima a v štádiu dorastania vôbec nebol zachytený. Môžeme teda konštatovať, že v odlišných ekologických podmienkach (v Padve majú pôdy na dolomitickom podloží vysoký obsah CaCO_3 ; JANEK 2006) majú niektoré druhy bylín iný vývoj v rámci štádií vývojového cyklu. V Padve bol takýmto druhom, reagujúcim zvýšením frekvencií na všetkých plochách *Mycelis muralis*, *Viola reichenbachiana* v štádiu dorastania a na dvoch plochách štádia optima. *Viola reichenbachiana* je bučínový druh, (KRÍŽOVÁ, NIČ 2002), indikátor štádia optima (UJHÁZY 2010). Druhy *Dentaria enneaphyllos* (nitrofilný, typický druh bučín (UJHÁZY 2010)), *Prenanthes purpurea* a *Tithymalus amygdaloides* narástli len v štádiu rozpadu.

Nie všetky zmeny vo frekvenciách však môžeme vysvetliť ako reakciu na zmeny v stromovej vrstve. Príkladom môže byť 100 %-ný nárast frekvencie jednoročného druhu *Geranium robertianum* (prítomný bol len na jednej ploche dorastania 9). Takéto výkyvy frekvencií tohto druhu popisuje aj UJHÁZY *et al.* (2009) a KRÍŽOVÁ (1991 in UJHÁZY *et al.*

2009) a pravdepodobne ide o medziročné fluktuácie. Podobne môžeme vysvetliť aj zmeny frekvencií geofytov *Neottia nidus-avi*, *Epipactis helleborine*, *Cypripedium calceolus*.

ZÁVER

Celkovo sa druhové zloženie výrazne nezmenilo, šesťročné obdobie je krátky úsek celého vývojového cyklu, ktorý na plochách kde je hlavnou drevinou buk trvá 200–250 rokov (KORPEL 1989). Prechody medzi štádiami sú pozvoľné, a tak sme výraznú zmenu štádia za sledované obdobie nezaznamenali. Napriek tomu sme zaznamenali výrazné zmeny vo frekvenciách bylín a početnosti zmladenia drevín a nárast dendrometrických charakteristík stromov vyšších vrstiev. Bylinná vrstva je najlepšie rozvinutá (čo sa týka počtu druhov aj ich početnosti) v štádiu rozpadu, no postupne, s nárastom zmladenia stromov (hlavne s posunom buka z vrstvy 5_{1a} do vrstvy 4) sa frekvencie väčšiny druhov znižujú. Štádium dorastania a optima sú si podobnejšie, druhovo chudobnejšie, bylinná synúzia je tu menej rozvinutá. V štádiu optima sa početnosť bylín znižuje, a naopak v štádiu dorastania narastá. Rovnaký trend vykazuje aj početnosť zmladenia stromov, v štádiu dorastania sa zvyšuje, no ešte nedosiahla hodnôt štádia optima.

Vzťahy medzi bylinami a drevinami sledované na paralelných plochách (JANEK 2006) sa podarilo potvrdiť aj opakovaným štúdiom plôch. Výsledky viacerých štatistických analýz ukazujú závislosť zmien bylinnej synúzie od stromovej zložky. Najvýraznejší vplyv na variabilitu bylinnej zložky majú počet stromov hrubiny, suma ich výšok, kruhová základňa a pokryvnosť, ale aj početnosť zmladenia stromov vrstvy 5_{1a} a na plochách rozpadu stromy vrstvy 4. Prevažná väčšina bylinných druhov reaguje na nárast týchto charakteristík poklesom svojich frekvencií, výnimkou sú druhy *Mycelis muralis*, *Tithymalus amygdaloides*, *Viola reichenbachiana* a v štádiu rozpadu aj *Prenanthes purpurea*. Podobné výsledky priniesol aj výskum v Badínskom a Dobročskom pralese, kde je síce dynamika niektorých bylinných druhov odlišná (napr. *Dentaria bulbifera*).

Na záver treba pripomenúť, že dlhodobé opakované sledovanie založených plôch by umožnilo podrobné popísanie celého vývojového cyklu, predovšetkým zachytenie aj nateraz chýbajúcich fáz (napr. počiatočnú fázu štádia dorastania na súčasných plochách štádia rozpadu) a potvrdenie trendu zmien v bylinnej etáži v závislosti od vývoja stromovej zložky.

Pod'akovanie

Táto štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BUBLINEC, E., PICHLER, V. (eds.) 2001: Slovenské pralesy: Diverzita a ochrana. Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, Zvolen, 200 pp.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. 1992: Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa. *Scr. Geobot.* 18, 258 pp.
- GILG, O. 2004: Forêts à caractère naturel: caractéristiques, conservation et suivi. *Cahiers Techniques de l'ATEN*: 74. ATEN, Montpellier, 96 pp.
- JANEK, P. 2006: Dynamika bylinnej zložky jedľovo-bukových spoločenstiev NPR Padva (Diplomová práca). TU vo Zvolene, 2006, 52 pp.

- JURKO, A. 1990: Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. Príroda, Bratislava, 195 pp.
- KORPEL, Š. 1989: Pralesy Slovenska. Veda, Bratislava, 332 pp.
- KRIŽOVÁ, E., NIČ, J. 2002: Fytocenológia a lesnícka typológia. Návod na cvičenia. LF TU vo Zvolene, Zvolen, 116 pp.
- LEIBUNDGUT, H. 1959: Über Zweck und Methodik der Structur und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 120 (3), p. 111–124.
- ŁYSIK, M. 2008: Ten years of change in ground-layer vegetation of european beech forest in the protected area Ojców National Park (South Poland). *Polish Journal of Ecology* 56 (1), p. 17–31.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (eds.), 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda, Bratislava, 687 pp.
- MÍCHAL, I. 1999: Současné představy o dynamice přírodních lesů. Zprávy České Botanické Společnosti, Praha, 34 (17), p. 47–53.
- MOORE, M. L., VANKAT, J. L. 1986: Responses of the Herb Layer to the Gap Dynamics of a Mature Beech-Maple Forest. *American Midland Naturalist* 115 (2), p. 336–347.
- ONDRUŠ, M. 2010: Dynamika fytocenóz bukových a jedľovo-bukových prírodných lesov (Dizertačná práca). TU vo Zvolene, 161 pp.
- TER BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P., 1998: CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows. Centre of biometry, Wageningen, 353 pp.
- UJHÁZY, K. 2010: Interakcie medzi drevinami a bylinami v procesoch vegetačnej dynamiky. Habilitačná práca. LF TU vo Zvolene, 44 pp.
- UJHÁZY, K., KRIŽOVÁ, E., 2004: Dynamika lesných geobiocenóz Dobročského pralesa. In: Geobiocenologické spisy, svazek č. 9, Sborník příspěvků z mezinárodní konference (15.-16. 8. 2004). MZLU Brno, p. 32–39.
- UJHÁZY, K., KRIŽOVÁ, E., MURÍN, M., ONDRUŠ, M. 2009: Krátkodobé zmeny vegetácie jedľových bučín Dobročského pralesa. *Zprávy České Botanické Společnosti*, Praha, 44, Mater. 24, p. 59–77.
- UJHÁZY, K., KRIŽOVÁ, E., VANČO, M., FREŇÁKOVÁ, E., ONDRUŠ, M. 2005: Herb layer Dynamics of primeval fir-beech forests in the central Slovakia. In: Commarmot, B., Hamor, F. D. (eds). *Natural Forests in the Temperate Zone of Europe - Values and Utilisation* (Proceedings Conference 13-17 October 2003, Mukachevo, Ukraine), Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL, Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve, p. 193–202.
- UJHÁZY, K., KRIŽOVÁ, E., ONDRUŠ, M., VIGODA, M. 2007: Short-term vegetation change in the fir-beech primeval forest (Badínsky prales, Central Slovakia). In: Abrudan, V.I. (ed.), *Forest and Sustainable Development. Proceedings of the biennial international symposium*, Editura Universităţii Transilvania, Braşov, p. 213–218.

Adresa autorov:

Ing. Marta Martináková

Ing. Michal Martinák

Katedra fyto­ló­gie

Lesnícka fakulta

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: marta.miklasova@gmail.com

martinak@vzsl.tuzvo.sk

Krátkodobé zmeny vegetácie jedľovo-bukových prírodných lesov v NPR Padva

Abstrakt

Práca prispieva k poznatkom o dynamike vegetácie prírodných jedľovo-bukových lesov NPR Padva vo Veľkej Fatre, na dolomitickom podloží v nadmorskej výške 895–1 050 m. n. m. Ide o opakovaný výskum po šiestich rokoch na deviatich obnovených paralelných plochách založených tak, aby rovnomerne pokryli všetky tri základné vývojové štádiá prírodného lesa. Každou plochou s výmerou 400 m² prebiehala séria rovnobežných transektov rozdelených na 200 štvorcov s výmerou 0,25 m², na ktorých sme zaznamenávali frekvencie bylinných druhov a početnosti stromov. Zisťovali sme i charakteristiky drevinovej zložky každej plochy. Cieľom práce bolo charakterizovať mieru zmien bylinnej zložky za šesťročné obdobie, zistiť ako súvisia tieto zmeny so zmenami charakteristík stromovej zložky a ako sa odlišujú zmeny v jednotlivých vývojových štádiách. Na vysvetlenie vplyvu stromových charakteristík na variabilitu bylinnej synúzie sme využili priamu gradientovú analýzu (RDA) a MonteCarlo permutačný test. Na posúdenie závislosti zmien bylinnej zložky od zmien stromovej zložky sme použili Spearmanov korelačný koeficient. Prebiehajúce zmeny sú špecifické pre každú plochu, resp. pre vývojové štádium. Zaznamenali sme pokles celkových frekvencií bylín na väčšine plôch, s výnimkou dorastania. Na základe PCA analýzy sa bylinná zložka najvýraznejšie zmenila v štádiu rozpadu, plochy sa posunuli smerom k štádiu dorastania, príp. optima. Početnosť zmladenia stromov poklesla na všetkých plochách okrem dorastania, najvýraznejšie však v štádiu rozpadu, kde mnoho jedincov dorástlo do vrstvy 4, na čo viaceré bylinné druhy reagovali znížením frekvencií, no niektoré zvýšením. Takisto odozvou väčšiny bylín na mierny nárast hodnôt dendrometrických veličín bol pokles ich frekvencií výnimkou sú druhy *Mycelis muralis* a *Tithymalus amygdaloides*.

Kľúčové slová: dynamika vegetácie, jedľové bučiny, bylinná zložka, dolomity, ochorenie

MIKROBIOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA SNEHOVEJ POKRÝVKY V NÍZKYCH TATRÁCH V OBLASTI CHOPKU

Miriam HANZELOVÁ – Matúš HRÍBIK – Zuzana PERHÁČOVÁ

Hanzelová, M., Hríbik, M., Perháčová, Z.: Microbiological characteristics of snow cover in Low Tatras Mts. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 55–68.

Importance of snow as the meteorological and climatic element was recognized in the past. The snow cover affects the biosphere from global measurement to microscopic population which is related with it. Monitoring of hydro-physical properties of snow cover has a long history in Slovakia but the research of snow microbiology didn't develops so much. Therefore at the present we have a lack of the modern information about microorganisms adapted on life in snow (cryoseston). The qualitative and quantitative occurrence of microbial life in our mountains is unknown. Results this work would answer the questions: Is life present at snow cover? What are the differences in snow cover between forested and unforested ecosystems in Nízke Tatry Mts.? Does altitude influence on the presence of snow microorganisms?

We did expedition measurements once a month in winter season at the altitude transect near Chopok in Nízke Tatry Mts. We took samples from the upper layers of snow cover in to the sterile bottles both from forested and unforested area. By microscopic analyzes we confirmed the presence of microbial algae, bacteria and fungi in snow. In our case the altitude doesn't affect the occurrence of microorganisms. We discovered small differences in qualitative presence of bacteria from snow in forested and unforested area. For more information it is necessary to undertake more studies.

Key words: snow, microorganisms, cryoseston, Nízke Tatry Mts.

1 ÚVOD A CIELE

Sneh je významná súčasť kryosféry, ktorá nemalou mierou ovplyvňuje našu planétu, od globálneho meradla až po samotné populácie mikroorganizmov. Vytvára veľmi nehostinné prostredie pre život, podmienky pri ktorých teplota vzduchu kolíše okolo nuly, silná snečná radiácia, striedanie zamŕzania a roztápania povrchu snehovej pokrývky a mnohých ďalších súčasne pôsobiacich stresových faktoroch. No aj napriek tomuto faktu, sa vyvinuli organizmy schopné v ňom prežiť, baktérie, riasy, sinice a niektoré mikroskopické druhy húb tvoria spoločenstvo organizmov nazývané kryosestón. V prírode sú všade prítomné a významne zasahujú do kolobehu látok prostredia, v ktorom žijú. Riasy a sinice predstavujú pionierov života na stanovištiach s extrémnymi životnými podmienkami. Sú nenápadné a preto väčšinou unikajú ľudskej pozornosti (FORT, 1967, LHOTSKÝ – ROSA – HINDÁK, 1974).

V dnešnej dobe sa tejto problematike na Slovensku nevenuje takmer žiadna pozornosť. V Českej republike je tomu inak. Vyšlo mnoho hodnotných článkov od českých autorov zaoberajúci sa problematikou vzťahujúcou sa na domáce pohoria KOCIÁNOVÁ *et al.* (1989), LEDERER – LUKAVSKÝ (2003), NEDBALOVÁ – KOCIÁNOVÁ – LUKAVSKÝ (2008) ale aj zahraničné lokality KOMÁREK – NEDBALOVÁ (2007), NEDBALOVÁ – SKLENÁR (2008),

LUKAVSKÝ – ČEPÁK (2010). Zo zahraničných autorov je v danej problematike významnou osobnosťou Hoham, ktorý napísal mnoho priekopníckych prác v danej problematike. Medzi ďalších nemenej dôležitých bádateľov patria Duval, Hoover, Jones, Margesin, Miteva, Picuta, Pomeroy, Priscu a mnohí ďalší.

Psychrofilné organizmy predstavujú stále zdroj nových ešte nepoznaných druhov. Pri dnešných klimatických zmenách a rapidnom ústupe ľadovcov a snehovej pokrývky sa niektoré druhy časom môžu stať ohrozenými. Pritom je ešte mnoho nezodpovedaných otázok ohľadom ich výskytu, životných cyklov a adaptácií v extrémnych podmienkach. Kryoseston je potenciálne cenný pre človeka, ktorý by sme boli napríklad schopní využiť v biotechnológiách alebo modelových situáciách, pretože tieto organizmy sa dokázali prispôbiť životu na hranici fyziologických možností, ktoré sú podobné podmienkam vyskytujúcich sa napríklad na Marse (HOHAM – DUVAL, 2001, NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007).

V tejto práci sa venujeme problematike výskytu mikroorganizmov v snehovej pokrývke v Nízkych Tatrách v okolí Chopku a vplyvu faktorov ako sú nadmorská výška, priebeh zimného obdobia a vplyv lesného porastu.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

Ľudia si od nepamäti všímali svoje okolie, extrémne alebo nezvyčajné úkazy si zaznamenávali. Za prvú písomnú zmienku o farebnom snehu pokladáme dielo Meteorologika od Aristotelesa. Objaviteľské cesty počas novoveku priniesli veľa nových záznamov o výskyte sfarbeného snehu (NOVIS, 2002, SEGAWA *et al.*, 2005, NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007, NEDBALOVÁ – SKLENÁR, 2008, UETAKE *et al.*, 2010, LUKAVSKÝ – ČEPÁK, 2010).

Farebná škála snehových polí je dosť široká, od žltej, zelenej, cez červenú, ružovú až po modrú, hnedú a čiernu. Spočiatku ľudia verili, že zafarbený sneh je božie varovanie, alebo že na danom mieste vychádzajú na povrch rudné žily. Neskôr sa domnievali, že tento jav je spôsobený fyzikálnym zapríčinením ako napríklad odrazom oblohy, alebo prítomnosťou kozmického prachu či splaveninami a minerálmi z pôdy. O miestach s výskytom červeného snehu vznikali povesti o „krvavom daždi“, alebo že príčinou bola tragická nehoda ľudí. Až časom, keď sa zdokonalil mikroskop, mohli vedci určiť pravú príčinu farby snehu (JANZA, 1956). Žltý a čierny sneh bol zapríčinený prítomnosťou minerálneho prachu, ktorý sa vetrom dostal do atmosféry a pri tvorbe snehových vločiek poslužil ako kondenzačné jadro (BIALOŽESKIJ, 1953). Žltohnedý povlak na povrchu snehu môže byť taktiež peľ zo smreku či borovice (LEDERER – LUKAVSKÝ, 2003). V roku 1896 švajčiarsky algológ R. Chodat mikroskopovaním prišiel na to, že červené sfarbenie je spôsobené intenzívnym rastom mikroorganizmov. Nórsky bádateľ N. Wille v roku 1903 identifikoval, prvý a najčastejšie sa vyskytujúci druh v červenom snehu, bičíkovca *Chlamydomonas nivalis* (NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007). Dnes je fenomén červeného snehu vo svete známy ako „red snow“ alebo „melónový sneh“. Hnedé sfarbenie ľadových kryh v Antarktíde zapríčiňuje výskyt rozsievok. Dokonca v takom množstve, že v 1 m³ polárneho ľadu bolo nájdených 1 kg čerstvej hmoty rozsievok (FOTT, 1967, BETINA – NEMEC, 1977), vo Vysokých Tatrách hnedý sneh pozoroval a analyzoval Hindák (HINDÁK, 1969).

Kryoseston

Mikroskopické organizmy žijúce v snehu a na povrchu ľadu nazývame kryofyta. Právě kryofyta, ktorých teplotné optimum je $0\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ich existencia je závislá na takomto prostredí nazývame kryofilné druhy. Kryoseston je výraz, ktorým Neumann (1931) pomenoval takéto spoločenstvo (FOTT, 1967, KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007). Ešte predtým, v roku 1902, Schmidt-Nielsen pomenoval termínom psychrofilné („cold loving“ „milujúce chlad“) baktérie schopné rásť pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dneska by sme ich mohli definovať ako organizmy schopné rásť pri nízkych až mínusových teplotách a neschopnosť rastu s absenciou metabolickej aktivity pri teplotách vyšších ako $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Riasy sa nikdy nevyvíjajú v čerstvo napadnutom snehu. Priaznivé podmienky pre ich rozvoj nastávajú až na jar alebo v lete na starom zfirnovatenom snehu (FOTT, 1967). Preto je ich výskyt bežný vo vysokých horách ako sú Alpy, Tatry, kde sneh pretrváva na určitých lokalitách po celý rok (LEDERER – LUKAVSKÝ, 2003). Premnoženie kryofilných organizmov následne vedie k zafarbeniu snehu. V červenom snehu riasy dosahujú až 700 krát väčšej hojnosti v porovnaní s bielym snehom. Baktérie dosahujú len jednu tretinu až jednu osminu množstva v bielom snehu oproti červenému snehu (THOMAS, 1994). Koncentrácia kryofilných druhov v sfarbenom snehu môže dosiahnuť 10^3 až 10^5 buniek mL^{-1} roztopeného snehu (MARGESIN – MITEVA, 2011). KOMÁREK – NEDBALOVÁ (2007) uvádzajú až 10^6 buniek mL^{-1} . Farba snehu a jej intenzita je závislá od druhu kryosestónu a od jeho veku. Najznámejšia je červená forma snehu, ktorá je spôsobená prítomnosťou červených karotenoidov najmä xantofylom astaxantínom (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007).

Z taxonomického hľadiska sa v snehovej pokrývke nachádza široké spektrum organizmov: sinice (*Cyanobacteria*), panciernatky (*Dynophyta*), kryptomonády (*Cryptophyta*), žltohnedé riasy (*Chrysophyceae*), rozsievky (*Bacillariophyceae*), žltozelené riasy (*Xanthophyceae*), ale najmä zelené riasy (*Chlorophyta*). Za pravé snežné riasy môžeme označiť pomerne malú časť predstaviteľov zelených rias s prevahou bičkovcov najmä *Chlamydomonas*, *Chloromonas*, *Chlainomonas* (*Chlamydomonadales*) a nepohyblivé druhy z rodov *Raphidonema* a *Koliella* (z čeľade *Trebouxiophyceae*) (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007, NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007).

Druhy, ktoré majú vyššie teplotné optimum nad $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ale dokážu prežiť na snehu aj keď to pre nich nepredstavuje ideálne prostredie k rastu, nazývame psychrotrofné alebo psychrotolerantné. Optimálna teplota pre ich metabolizmus je v rozmedzí $10\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nevyskytujú sa v takých hojných koncentráciách, ktoré by mohli viesť k sfarbeniu snehu, sú to len sprievodné druhy (napr. *Stichococcus*, *Chlorella vulgaris*) (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007). Okrem siníc, rias, rozsievok, húb tu žijú zástupcovia baktérií, vírusov, vírníkov, a pomaliiek, hlíst, hmyzu, pavúkov, roztočov, vtákov a väčších cicavcov (BARRY *et al.* 2007, HOHAM, 1989).

Spoločenstvo kryosestónu je úzko špecializovaná skupina organizmov. V prírode sú všade prítomné a významne zasahujú do kolobehu látok prostredia, v ktorom žijú. Význam siníc a rias spočíva v ich úlohe ako pionierov života na stanovištiach s extrémnymi životnými podmienkami. Sú producentmi kyslíka a organickej hmoty, ktorá je potravou alebo zdrojom výživy heterotrofným organizmom (FOTT, 1967, LHOTSÝ – ROSA – HINDÁK, 1974).

Životné podmienky

Menované mikroorganizmy sú schopné prežívať v drsných mrazivých podmienkach kryosféry, kde voda je väčšinu času v tuhej forme. Rozmiestnenie snežných rias v celosvetovom meradle nie je dodnes poriadne preskúmaná. Dominantne sa vyskytujúce druhy v snehovej pokrývke sú však považované za kozmopolitné druhy (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007). Kryoseston sa v skrytej forme vyskytuje pomerne hojne, ale zreteľne viditeľné prejavy sa vyskytujú menej často (LEDERER – LUKAVSKÝ, 1993). Sezónne zmeny sú viditeľné najmä na intenzite zafarbenia snehovej pokrývky, len zriedka boli zistené kvalitatívne zmeny v zložení jednotlivých druhov v snehových poliach (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007).

Svetlo nie je iba nevyhnutný zdroj energie pre autotrofné organizmy, ale jeho intenzita, spektrálne zloženie a fotoperiodita ovplyvňujú životné cykly snežných rias (HOHAM – DUVAL, 2001). Väčšina kryofilných rias sa sústreďuje pod povrchom snehovej pokrývky, zrejme kvôli ochrane pred slnečným žiarením, UV žiarením a teplotnými výkyvmi (MITEVA, 2008, LEDERER – LUKAVSKÝ, 2003).

Teplota v roztápajúcom sa snehu dosahuje hodnoty okolo 0–10 °C. Ak teplota klesne pod nulu, kryofilné riasy reagujú a prechádzajú do kľudových štádií. V laboratórnych podmienkach dosahovali najväčšiu intenzitu rastu pri teplotách 5–10 °C, niektoré druhy dokonca pri 1 °C. Sú pomerne dobre adaptované na život pri nízkych teplotách (LEDERER – LUKAVSKÝ, 2003). S teplotou súvisí aj obsah tekutej vody v snehovej pokrývke, čo ako sa zdá, predstavuje jeden z kľúčových faktorov vplývajúcich na rast snežných rias (NEDBALOVÁ – KOCIÁNOVÁ – LUKAVSKÝ, 2008, SEGAWA *et al.*, 2005). Obsah vody v snehu je dôležitý ako prostredie pre transport živín, rast rias a ich pohyblivosť (JONES, 1999).

Starý sneh býva väčšinou špinavý, počas zimy sa na povrchu snehovej pokrývky zachytávajú zrážky, prach, ktorý obsahuje baktérie, vírusy, huby, prvoky, peľové zrná, semená rastlín, časti rastlín a hmyzu, ktoré sú vetrom prenášané na veľké vzdialenosti z miest ich vzniku. Tieto látky sú významným zdrojom živín pre mikroorganizmy. Kvalita a kvantita materiálu prenášaného vetrom vytvára rôznorodé podmienky v snežných ekosystémov, ktoré predstavujú dynamické živinové a mikrobiálne rezervoári (MITEVA, 2008, LEDERER – LUKAVSKÝ, 2003, HOHAM – DUVAL, 2001). Koncentrácia živín v povrchovej vrstve snežného poľa s kvetom spôsobeným druhom *Koliella tatrae* analyzovanej z Vysokých Tatier môže dosiahnuť porovnateľných koncentrácií ako koncentrácie látok v eutrofických vodách (KOMÁREK – NEDBALOVÁ, 2007).

Adaptácie na nepriaznivé podmienky

Jednou z účinných životných stratégií ako prežiť nepriaznivé podmienky je komplikovanosť životných cyklov týchto organizmov, ktorá sa však nemusí byť vyvinutá pre všetky druhy kryosestonu.

Riasy majú mnoho adaptačných mechanizmov vďaka ktorým dokážu úspešne prežiť jednotlivé fázy ich životného cyklu počas relatívne krátkeho času topenia snehu. Mnohé zo snežných rias majú bičíky, ktorými sa môžu pohybovať za živinami a vyhľadávať miesta s optimálnym slnečným žiarením (HOHAM, 1989, NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007). Fyziologické zmeny rias zahŕňajú ďalšie účinné adaptácie napríklad prítomnosť enzýmov, ktoré povoľujú optimálny rast aj pri nízkych teplotách, odolnosť voči neustálemu striedaniu topenia a zamŕznania snehovej pokrývky najmä na nezatienených lokalitách. Bola taktiež

zistená zvýšená koncentrácia nenasýtených mastných kyselín, ktoré zabezpečujú fluiditu membránových lipidov počas nízkych teplôt (NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007).

Nápadná je akumulácia karotenoidov (najmä astaxantínu) v bunkách. Toto je príčinou silného červeného sfarbenia snehu. Astaxantín má viacero ochranných funkcií v bunke. Pôsobí ako pasívny filter, čím chráni bunku pred následkom nadmernej intenzity krátkovlnného viditeľného a ultrafialového žiarenia. Je taktiež antioxidantom, čiže chráni pred nepriaznivými účinkami voľných radikálov, ktoré môžu vznikáť pri strese vystavenia sa nadmernému žiareniu. A do tretice zvyšuje odolnosť buniek voči mrazom. Keď je obsah astaxantínu v bunke vyšší, znižuje sa obsah vody, čím sa znižuje pravdepodobnosť vzniku ľadových kryštálov, ktoré by mohli bunku poškodiť (HOHAM, 1993, NEDBALOVÁ – LUKAVSKÝ, 2007).

3 METODIKA PRÁCE A METÓDY SKÚMANIA

Charakteristika skúmaného územia

Tatry tvoria výraznú prírodnú prekážku pre prúdenie vlhkého vzduchu. Tieto oblasti sú najvlhšie a najchladnejšie kúty Slovenska. Sú charakteristické vysokým priemerným ročným úhrnom zrážok 900 až 1 600 mm, vo Vysokých Tatrách až cez 2 000 mm za rok (FAŠKO – ŠŤASTNÝ, 2002). Priemerná ročná teplota vzduchu pre Nízke aj Vysoké Tatry je 0–2 °C, pričom v januári priemerná teplota vzduchu klesá na –6 °C až –10 °C (ŠŤASTNÝ – NIEPLOVÁ – MELO, 2002). Veľká časť zrážok počas roka preto padá vo forme snehu. Slovensko spadá do atlanticko-kontinentálnej oblasti, pre Tatry je charakteristické drsné horské podnebie (POLČÁK – HLÁSNY, 2002). Priemerná rýchlosť vetra dosahuje v zime vyššie rýchlosti v porovnaní s letným obdobím (LAPIN – TEKUŠOVÁ, 2002), čo vedie k snežnému driftu na hrebeňoch pohorí. Snehová pokrývka vo vyšších častiach Tatier nastupuje už okolo 21. 9. a končí zhruba 1. 6. Priemerné maximálne výšky snehovej pokrývky sa pohybujú okolo 200 cm (KONČEK – BRIEDOŇ, 1964).

Na skúmanom tranzekte v Nízkych Tatrách sa vďaka rozdielnej nadmorskej výške nachádzajú odlišné vegetačné stupne. Väčšina lesných porastov v tranzekte meraní je ochranných.

Odber vzoriek a mikrobiologická analýza snehu

Vzorky určené na mikrobiologickú analýzu sme odoberali z vrchných častí snehovej pokrývky (z hĺbky maximálne do 20 cm) do sterilných fliaš s objemom 100 ml. Vzorky z Nízkych Tatier z oblasti Chopku sme odoberali taktiež v mesačnom intervale (december–apríl) každých 100 výškových metroch tranzektu ako na voľnej ploche tak aj v lese. Na porovnanie vzoriek les – voľná plocha sme odoberali vzorky z voľných plôch s rovnakou nadmorskou výškou a expozíciou.

Vzorky sme odoberali aj vo Vysokých Tatrách, ale na rozdiel od Nízkych Tatier vzorky boli odoberané len jednorázovo v letných mesiacoch z viacerých dolín (Zlomiskovej, Bielovodskej, Velickej, Veľkej a Malej Studenej doliny).

Odobrané vzorky sme čo najskôr transportovali do laboratória a uchovávali v chladničke pri teplote 4 °C. Analýzy sme vykonávali najneskôr do 24 hodín od zberu v mikrobiologickom laboratóriu KBVE Technickej univerzity vo Zvolene. Ak to nebolo možné, vzorky sme fixovali Lugolovým roztokom. Cieľom mikrobiologického rozboru snehu

bolo získanie kvalitatívnych a kvantitatívnych údajov o prítomnosti mikroorganizmov. Využívali sme pritom mikroskopické a kultivačné metódy.

Pri mikroskopických metódach sme vzorky roztopeného snehu najprv zcentrifugovali. Počet otáčok a dobu centrifugácie sme stanovili na základe normy STN 75 7711 (2000) na 10 ml vzorky po 5 min $\times$ 2 000 otáčok pri polomere rotora 0,08 m) (HLÚBIKOVÁ, 2007), tým sme zvýšili koncentráciu mikroorganizmov, vytvorili sme preparáty a pozorovali pomocou mikroskopu Olympus BX40. Pomocou softwaru Quick Photo Micro 2.2 sme vytvárali obrazovú dokumentáciu zaznamenaných mikroorganizmov.

Pracovný postup kultivačnej metódy:

Pri kultivačných metódach sme postupovali podľa noriem noriem STN ISO 83 0531.

- Na dno označenej sterilnej Petriho misky sme naliali 15–20 ml roztopeného a na +45 °C ochladeného kultivačného média Nutrient agar No. 2.
- Na stuhnutý agar v Petriho miske sme napipetovali príslušný objem vzorky (1 ml roztopeného snehu). Hneď po napipetovaní vzorky do misky sme ju hneď uzavreli.
- Pre rovnomerné rozptýlenie mikroorganizmov po celej ploche misky sme objem vzorky krúživým pohybom premiešali.
- Vzorky sme kultivovali v termostate INCUCCELL pri 20 °C $\pm$ 1 °C počas 72 hodín $\pm$ 1 hodina.
- Z nárastov kolónií na Petriho miskách sme vyhotovili mikroskopické preparáty.

Na vyhodnotenie a interpretáciu výsledkov kultivačných analýz sme použili program Microsoft Excel a štatistický program Štatistika 6.0. Shapiro-Wilkovým testom sme na 5 % hladine významnosti najskôr overili normálové rozdelenie nameraných údajov, následne na to sme podľa vhodnosti použili buď to párový T-test pre závislé vzorky, alebo T-test pre dva nezávislé výbery.

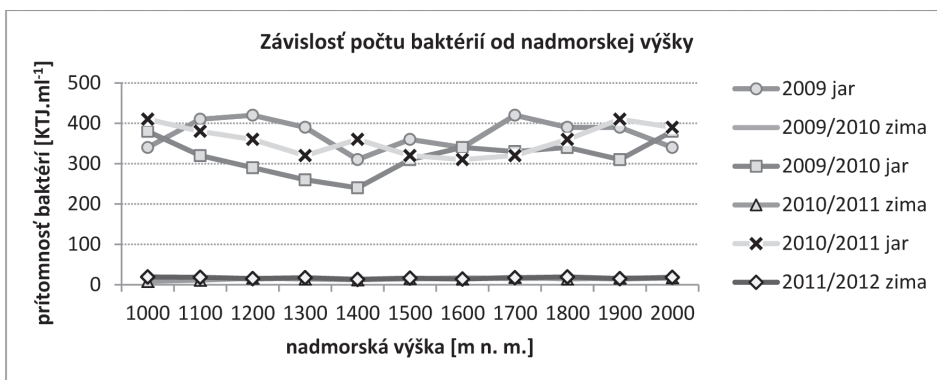
4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

V práci sme dokázali prítomnosť rôznych skupín mikroorganizmov vo vzorkách snehu. Tento fakt potvrdzuje aj mnoho ďalších prác zaoberajúcich sa touto problematikou (viď kap. Rozbor problematiky). Nami analyzované vzorky pochádzali z povrchu snehovej z výškového transektu v Nízkych Tatrách odobraných zo zimných období 2009 (len z apríla), 2009/2010 (december až apríl), 2010/2011 (december až apríl) a 2011/2012 (december až február). Pre názornejšie zobrazenie problematiky sme jednotlivé merania rozdelili na zimné a jarné obdobie, ktoré sa vyznačujú rôznym priebehom počas a snehových charakteristík. Kultivačnými metódami vzoriek snehu sme zisťovali kvantitatívne zastúpenie psychrofilných baktérií.

Vplyv nadmorskej výšky

Z doteraz uskutočnených kultivačných analýz vykonaným počas 3 zimných sezón sa nám nepotvrdila hypotéza závislosti početnosti kolónií baktérií od rastúcej nadmorskej výšky. Uvedený fakt je zobrazený na Obr. č. 1., kde vidíme, že jednotlivé krivky nenaznačujú žiadne trendy. Údaje z kultivácií zo zimného obdobia sú vyrovnané v celom výškovom transekte. Hodnoty získané z jarných vzoriek dosahujú väčšie výkvy v početnostiach kolónií baktérií, no nevyjadrujú závislosť od nadmorskej výšky. Zahraničné štúdie však potvrdzujú opak (MARGESIN – MITEVA, 2011, TAKEUCHI, 2001). Po väčšine ide ale o výskumy na ľadovcoch pri ktorých výškové rozdiely dosahujú oveľa

väčšie výškové rozpätie ako tomu bolo pri našich analýzach (od 1 000 m n. m. po 2 000 m n. m.).



Obr. č. 1.: Zobrazenie závislosti počtu baktérií zo vzoriek z Nízkyh Tatier od nadmorskej výšky
Fig. 1.: Dependence on the number of bacteria from snow samples collected in the Low Tatras along the altitudinal gradient

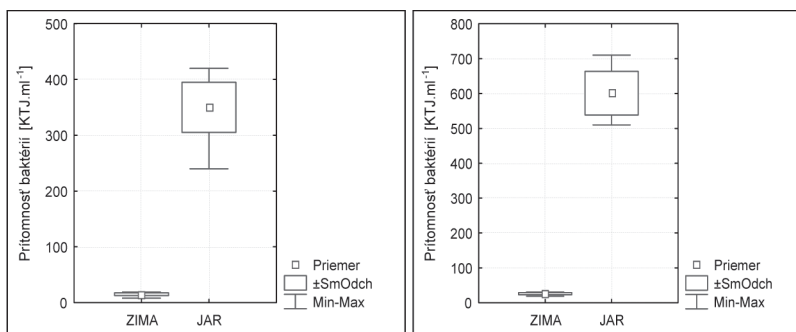
S narastajúcou nadmorskou výškou sa menia podmienky prostredia (najmä teplota, množstvo snehovej pokrývky, intenzita slnečného žiarenia, množstvo minerálnych častíc). Výskum SEGAWA *et al.* (2010) potvrdil závislosť medzi početnosťou baktérií a nadmorskou výškou (s narastajúcou nadmorskou výškou klesala početnosť baktérií, pričom v stredných polohách bol zaznamenaný mierny nárast). Autori sa domnievajú, že v nižších polohách je väčší prísun organického materiálu, ktorý sem bol doviaty vetrom a splavený z vyšších častí ľadovca. Pripúšťajú však aj možnosť, že zistená zvýšená početnosť baktérií v stredných polohách mohla byť ovplyvnená väčšou početnosť snežných rias (staršie štúdie potvrdzujú vzťah medzi prítomnosťou snežných rias a baktérií) (THOMAS, 1994). Kľúčové faktory, ktoré vplyvajú na početnosť rias sú intenzita svetla a množstvo snehovej pokrývky. Početnosť baktérií je závislá najmä od prísunu organického materiálu.

O vplyve nadmorskej výšky na výskyt snežných rias svedčia aj ich adaptačné mechanizmy. Bol zistený vyšší obsah astaxantínu u *Chlamydomonas nivalis*, ktorý sa vyskytuje vo vyšších nadmorských výškach pri porovnaní s druhom *Chloromonas nivalis*, čo mu umožňuje lepšiu ochranu proti ničivým účinkom vyššej intenzity slnečného žiarenia. Sfarbenie snehu, spôsobené týmto druhom, je tmavo červené, zatiaľ čo druh *Chloromonas nivalis* sfarbuje sneh skôr do oranžova (REMIAS *et al.*, 2010). Preferencia vyšších nadmorských výšok druhom *Chlamydomonas nivalis* v porovnaní s inými druhmi potvrdzujú aj ďalšie práce NEDBALOVÁ – KOCIÁNOVÁ – LUKAVSKÝ (2008), TAKEUCHI (2001).

Vplyv priebehu času

Priemerné hodnoty počtu kolónií baktérií zistených v povrchových vrstvách snehovej pokrývky zo zimného obdobia z voľnej plochy z Nízkyh Tatier sa pohybovali v rozmedzí $1,2\text{--}1,7 \times 10^2 \text{ KTJ.ml}^{-1}$. V jarnom snehu priemerné hodnoty na voľných plochách dosahovali viditeľne vyššie hodnoty $2,9\text{--}3,95 \times 10^2 \text{ KTJ.ml}^{-1}$, v lesnom poraste jarné hodnoty priemerne dosahovali až $576\text{--}650 \times 10^2 \text{ KTJ.ml}^{-1}$. Namerané údaje z kultivácií

baktérii zo snehovej pokrývky z jednotlivých období viacerých rokov sú zobrazené na Obr. č. 1. Zahraničné práce uvádzajú, že v topiacom sa snehu horských oblastí sa nachádza 3×10^3 buniek.ml⁻¹ až 4×10^5 buniek.ml⁻¹ (AMATO *et al.*, 2007). Z Obr. č. 2. je taktiež zreteľne jasná rádoovo rozdielna početnosť baktérii v zimnom a jarnom období ako na voľnej ploche tak aj v lesnom poraste. Údaje z výsledkov kultivačných analýz baktérii pre zobrazenie rozdielnej početnosti baktérii medzi obdobiami boli spracované párovým T-testom pre závislé vzorky a na hladine významnosti 5 % sa významne odlišujú ($p < 0,001$).



Obr. č. 2.: Zobrazenie rozdielnej početnosti baktérii zo snehu v Nízkych Tatrách v zimnom a jarnom období VP (vľavo), Les (vpravo)

Fig. 2.: Different concentration of bacteria in snow samples from The Low Tatras in winter and spring in open air (left) and forest (right)

Domnievame sa, že kľúčovú rolu rozdielnej početnosti kolónií baktérii v zimnom a jarnom snehu zohráva vyšší obsah tekutej vody v snehu a taktiež väčšia dostupnosť živín potrebných pre rast baktérii. Potvrďuje to aj viacero zahraničných prác (AMATO *et al.*, 2007, SEGAWA *et al.*, 2005, HOHAM – DUVAL, 2001). Voda (v kvapalnom skupenstve) ovplyvňuje rast a rozmnožovanie mikroorganizmov. Jarné zvýšenie teplôt vzduchu spôsobuje roztápanie snehu, následne na čo sa živiny stávajú dostupnejšími pre mikroorganizmy. AMATO *et al.* (2007) pri výskume snehu pokrývajúceho ľadovec na Svalbarde zistili, že v celom profile snehovej pokrývky z jednej sezóny je početnosť baktérii s malými odchýlkami konštantná. Ak sa však pod takýmto snehom vyskytuje snehová pokrývka ešte z predchádzajúcej sezóny, je viditeľná oveľa vyššia koncentrácia baktérii v jej povrchovej vrstve, v porovnaní s dolnou vrstvou snehu z tohtoročnej sezóny. Čo svedčí o fakte, že v jarnom a letnom období dochádza k hojnejšiemu zastúpeniu baktérii v povrchových vrstvách snehových polí.

Vplyv lesného porastu

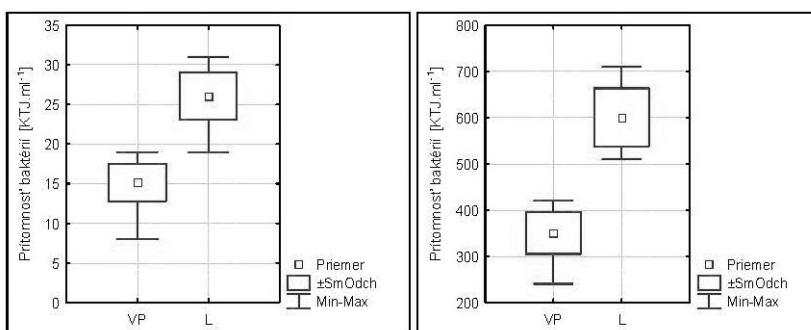
Porovnanie počtu kolónií baktérii medzi lesným porastom a voľnou plochou je zobrazené na Obr. č. 3. a Obr. č. 4. Jednotlivé stĺpce predstavujú súčet kolónií baktérii z nadmorských výšok od 1 000 do 1 500 m osobitne z jednotlivých období pre voľné plochy a lesné porasty. Pozorujeme hojnejšie zastúpenie kolónií baktérii v lesnom poraste ako na voľnej ploche a to vo všetkých sezónach počas ktorých boli vzorky z Nízkych Tatier odoberané.



Obr. č. 3.: Porovnanie počtu kolónií baktérií vo vzorkách snehu z Nízkyh Tatier z voľnej plochy a lesného porastu

Fig. 3.: Different concentration colonies of bacteria in snow samples from The Low Tatras in open air and forest areas (yellow = open air, green = forest)

Taktiež na Obr. č. 4. je vidieť rozdiel pri porovnaní početnosti kolónií baktérií na lesných a nelesných plochách. Údaje z kultivačných analýz použité na zobrazenie rozdielnej početnosti baktérií v snehu z Nízkyh Tatier boli testované T-testom pre dva nezávislé výbery na hladine významnosti 5% a signifikantne sa medzi sebou odlišujú ($p < 0,001$). Priemerné hodnoty v zimnom období na voľnej ploche dosahovali hodnoty 15 KTJ.ml⁻¹ a v lesnom poraste 26 KTJ.ml⁻¹, v jarnom období sú hodnoty rádovo vyššie a to na voľnej ploche 350 KTJ.ml⁻¹ a v lesnom poraste 601 KTJ.ml⁻¹. Z uvedených hodnôt vyplýva, že na voľných plochách sa nachádza zhruba o polovicu menej baktérií ako v lese či už v zimnom alebo jarnom období. Les vytvára pravdepodobnejšie vhodnejšie podmienky pre prežitie mikroorganizmov. Intenzita slnečného žiarenia je menšia, čím dochádza k menším denným teplotným výkyvom, čím sa v lesnom poraste vytvára stabilnejšie prostredie (Hríbik – Škvarenina – Kyseľová, 2008, Hríbik – Škvarenina, 2006, Pecušová – Holko, 2002, Hoham – Duval, 2001). Taktiež je tu vyšší prísun živín, zabezpečený opadom stromov, alebo efektívnym vyčesávaním elementov z ovzdušia korunami stromov (Hríbik, 2006).



Obr. č. 4.: Zobrazenie rozdielnej početnosti baktérií zo snehu v Nízkyh Tatrách na voľnej ploche a v lesnom poraste pre zimné obdobie (vľavo), pre jarné obdobie (vpravo)

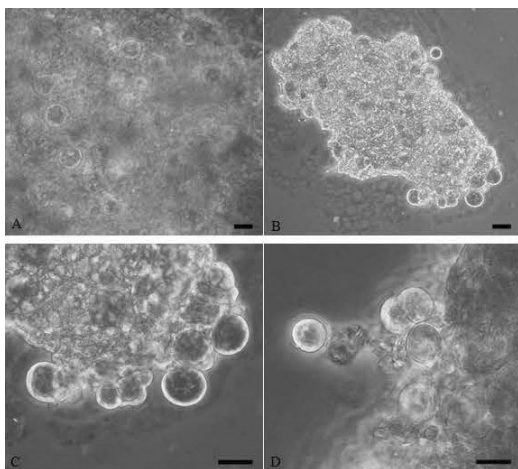
Fig. 4: Different concentration colonies of bacteria in snow samples collected in The Low Tatras in open air and forest in winter (left), in spring (right)

Výsledky mikroskopických analýz

Všetky odobrané vzorky či už z Nízkych Tatier, ale aj Vysokých Tatier, boli analyzované pre nás dostupnou mikroskopickou metódou, použitím mikroskopu Olympus BX40 pri zväčšení 15×40 . Zaradenie jedincov do druhov je však obtiažne, pretože ich životný cyklus je veľmi zložitý. Jeden druh prechádza viacerými životnými fázami. Z toho dôvodu boli v minulosti niektoré zo štádií považované za samostatné druhy. V dnešnej dobe sa už takmer všetky analýzy uskutočňujú na základe genetických analýz.

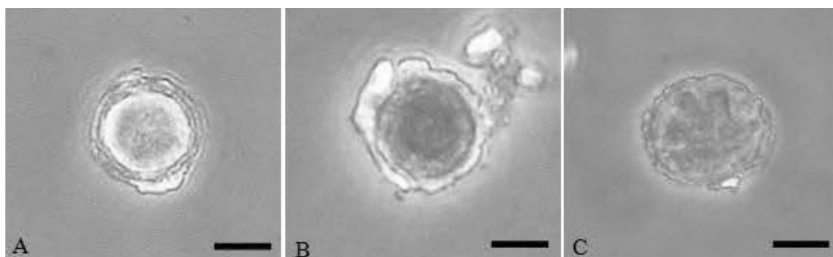
Prevažná časť pozorovaných mikroorganizmov boli zástupcovia zelených rias a baktérií (viď Obr. č. 5., 6., 7., 8.). Domnievame sa, že zistené jedince nami najčastejšie zistených rias patrili do rodov *Chlamydomonas* a *Chloromonas*. Väčšina zistených mikroorganizmov pochádzala zo vzoriek snehu z Vysokých Tatier, najmä preto, že boli odoberané v letnom období, kde pôsobili vhodnejšie podmienky pre ich rast. Boli taktiež druhovo rôznorodejšie v porovnaní so vzorkami z Nízkych Tatier.

Pri analýzach zimných vzoriek snehu z Nízkych Tatier dominovali baktérie, v menšej miere boli zastúpené riasy. Vo vzorkách snehu z jari z Nízkych Tatier a z leta z Vysokých Tatier bola početnosť rias výrazne väčšia v porovnaní so zimným obdobím, no neprevýšila početnosť baktérií.



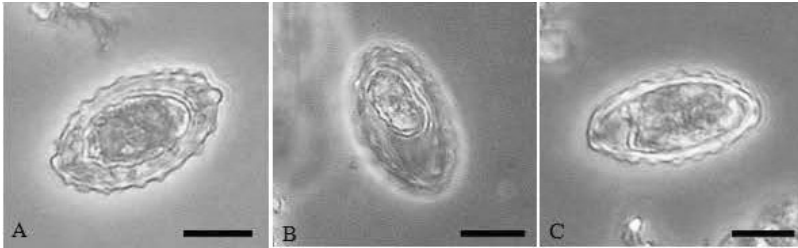
Obr. č. 5.: *Chlamydomonas* sp. (mierka 25 μm) (A-D) NT – zimný aj jarý sneh)

Fig. 5.: *Chlamydomonas* sp. (scale bar = 25 μm) (A-D) snow samples collected in The Low Tatras in winter and spring



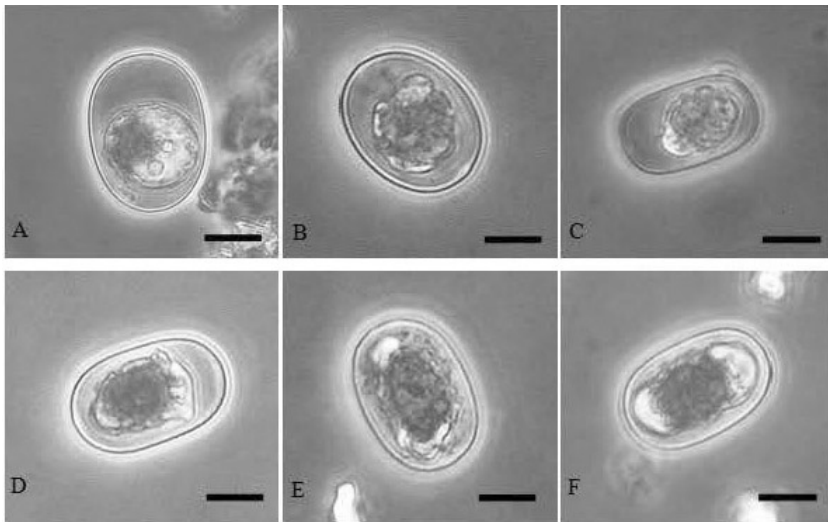
Obr. č. 6.: *Chlamydomonas nivalis* – (mierka 10 μm ; A-B) VT – letný sneh; C) NT – jarý sneh)

Fig. 6.: *Chlamydomonas nivalis* (scale bar = 10 μm) snow samples collected A-B) in The High Tatras in summer; C) in The Low Tatras in spring



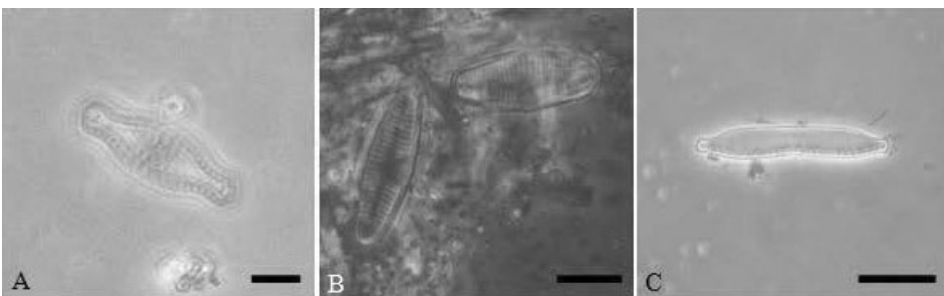
Obr. č. 7.: *Chlorophyta* (mierka 10 μm ; A-C) VT – letný sneh

Fig. 7.: *Chlorophyta* (scale bar = 10 μm) A-C) snow samples collected in The High Tatras in summer



Obr. č. 8.: *Chlamydomonas* sp. (*Chlorophyta*) (mierka 10 μm ; A-C) VT – letný sneh, D-F) NT – jarný sneh)

Fig. 8.: *Chlamydomonas* sp. (*Chlorophyta*) (scale bar = 10 μm) snow samples collected A-C) in The High Tatras in summer; D-F) in The Low Tatras in spring



Obr. č. 9.: *Bacillariophyceae* (mierka 20 μm), A) *Navicula capitata* (VT – letný sneh), B) *Navicula* sp. (NT – jarný sneh), C) *Hantzchia amphioxys* (VT – letný sneh)

Fig. 9.: *Bacillariophyceae* (scale bar = 20 μm), A) *Navicula capitata* (snow samples collected in The High Tatras in summer); B) *Navicula* sp. (snow samples collected in The Low Tatras in spring); C) *Hantzchia amphioxys* (snow samples collected in The High Tatras in summer)

5 ZÁVER

Snehová pokrývka predstavuje dôležitú súčasť prírody, na ktorú pôsobí množstvo vplyvov, ktoré následne vytvárajú jej špecifické črty. Cieľom našej práce bola analýza mikrobiologického zloženia snehovej pokrývky. Expedičnými meraniami uskutočňujúcimi sa v pravidelných mesačných intervaloch sme odoberali vzorky snehu z povrchových vrstiev a merali základné hydrofyzikálne vlastnosti v oblasti Chopku v Nízkych Tatrách na výškovom tranzekte od 1 000 m n. m. do 2 000 m n. m. Naším výskumom sme potvrdili výskyt mikroskopických rias, siníc, baktérií, húb a roztočov vo vrchných vrstvách snehovej pokrývky.

- Mikroskopicky sme analyzovali povrchové vrstvy snehu z Nízkych Tatier od zimných po jaré obdobia (od decembra do apríla), a zvyšky snehovej pokrývky nachádzajúcich sa v letnom období vo Vysokých Tatrách. mesiacoch (vo Vysokých Tatrách). Dokázali sme výskyt baktérií, rias, siníc a mikroskopických húb. V letnom snehu z Vysokých Tatier bola zistená väčšia prítomnosť snežných rias v porovnaní so vzorkami z Nízkych Tatier s jarným a zimným snehom. Nepodarilo sa nám však všetky nájdené jedince zatriediť do druhov. Jedným z príčin sú komplikované životné cykly mikroorganizmov žijúcich v snehu.
- Z kultivačných analýz snehu odobratého v Nízkych Tatrách vyplýva, že v jarnom snehu sa nachádza výrazne väčšie množstvo baktérií ako v zimnom snehu. Pri porovnaní vzoriek z lesného porastu a voľnej plochy bola zaznamenaná väčšia početnosť v lese. Zdá sa preto, že lesný porast poskytuje vhodnejšie podmienky pre život mikroorganizmov. Na rozdiel od zahraničných štúdií sa nám nepotvrdila závislosť medzi početnosťou baktérií a nadmorskou výškou.

6 Použitá literatúra

- BARRY, R.G. et al. 2007. Snow. In. *Global Outlook for Ice and Snow*. Norway: Birkeland Trykkeri, 2007. p. 39–60.
- BETINA, V. – NEMEC, P. 1977. *Všeobecná mikrobiológia*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1977. 477 s.
- BIALOŽESKII, G.V. 1953. *Sneh a ľad*. 1. vyd. Martin: Vydavateľstvo OSVETA, 1953. 53 s.
- FAŠKO, P. – ŠŤASTNÝ, P. 2002. Priemerné úhrny zrážok. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2002. ISBN 80-88833-27-2, s. 99.
- FOTT, B. 1967. *Sinice a řasy*. 2. vyd. Praha: Academia, 1967. 520 s. ISBN 21-078-67.
- HINDÁK, F. 1969. Brownish snow in the High Tatras. In *Biológia* (Bratislava). 1969, vol. 24, no. 1, p. 80–85.
- HLÚBIKOVÁ, D. 2007. Počítanie cyanobaktérií a rias na komôrke. In *Zborník z hydrobiologického kurzu 2007*. Bratislava: Slovenská vodohospodárska spoločnosť ZSVTS pri VÚVH, 2007. ISBN 978-80-89062-52-2, s. 4–10.
- HOHAM, R.W. 1989. Snow microorganisms and their interaction with the environment. In *Western Snow Conference*, Ft. Collins, Colorado. 1989. online] [cit. 2012-04-03]. Dostupné na <http://www.westernsnowconference.org/proceedings/pdf_Proceedings/1989%20WEB/HohamSnowMicroorganismsEnvironment.pdf>.
- HOHAM, R.W. – DUVAL, B. 2001. Microbial ecology of snow and freshwater ice with emphasis on snow algae. In *Snow ecology: An Interdisciplinary Examination of Snow-Covered Ecosystems*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. ISBN 0-521-58488-3, p. 168–228.
- <http://lvu.nlcsk.org/lgis/>
- <http://maps.google.com/>
- JANZA, L. 1956. Farebné snehy vo Vysokých Tatrách. In *Krásy Slovenska* (Bratislava). 1956, roč. 33, č. 6, s. 209–210.
- JONES, H.G. 1999. The ecology of snow-covered systems: a brief overview of nutrient cycling and life in the cold. In *Hydrological processes*. 1999, vol. 13, p. 2135–2147.

- KOCIÁNOVÁ, M. a kol. 1989. Nové nálezy barevného snehu v Krkonoších. In *Opera Corcontica*. 1989, roč. 26, s. 151–158.
- KOMÁREK, J. – NEDBALOVÁ, L. 2007. Green cryosestic algae. In *Algae and Cyanobacteria in extreme environment*. Netherlands: Springer, 2007. ISBN 978-1-4020-6111-0, p. 321–342.
- KONČEK, M. – BRIEDOŇ, V. 1964. *Sneh a snehová pokrývka na Slovensku*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1964. 76 s.
- LAPIN, M. – TEKUŠOVÁ, M. 2002. Rýchlosť a smer vetra a inverznosť územia. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 2002. ISBN 80-88833-27-2, s. 100.
- LEDERER, F. – LUKAVSKÝ, J. 2003. Řasy *Šumavy*. [online] [cit.2012-04-02]. Dostupné na <http://www.sinicearasy.cz/files/Lederer_Lukavsky_2003.pdf>.
- LHOTSKÝ, O. – ROSA, K. – HINDÁK, F. 1974. *Súpis siníc a rias Slovenska*. Bratislava: Veda, 1974. 202 s.
- LUKAVSKÝ, J. – ČEPÁK, V. 2010. Cryoseston in Stara Planina (Balkan) Mountains, Bulgaria. In *Acta Bot. Croat.* ISSN 0365-0588, 2010, vol. 69, no. 2, p. 163–171.
- MARGESIN, R. – MITEVA, V. 2011. Diversity of psychrophilic microorganisms. In *Research in Microbiology*. [online]. 2011. [cit.2012-04-06]. Dostupné na <<http://php.scripts.psu.edu/users/v/i/vim1/MargesinMitevaReview2011.pdf>>.
- MITEVA, V. 2008. Bacteria in Snow and Glacier Ice. In *Psychrophiles: from biodiversity to biotechnology*. New York : Springer Verlag, 2008. p. 31–50.
- NEDBALOVÁ, L. – LUKAVSKÝ, J. 2007. Kdýž sniž zčervená, aneb co (ne)víme o snežných řasách. In *Živa*. 2007, č. 3, s. 104–107.
- NEDBALOVÁ, L. – KOCIÁNOVÁ, M. – LUKAVSKÝ, J. 2008. Ecology of snow algae in the Giant Mts. In *Opera Corcontica*. 2008, vol. 45, p. 59–68.
- NEDBALOVÁ, L. – SKLENÁŘ, P. 2008. New records of snow algae from the Andes of Ecuador. In *Arnaldia*. ISSN 1815-8242, 2008, vol. 15, no. 1, p. 17–20.
- NOVIS, P.M. 2002. New records of snow algae for New Zealand, from Mt Philistine, Arthur's Pass National Park. In *New Zealand Journal of Botany*. [online]. 2002, vol. 40, p. 297/312. [cit. 2012-04-05]. Dostupné na <<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/0028825X.2002.9512789>>.
- POLČÁK, N. – HLÁSNÝ, T. 2002. Mapa podnebia Európy. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 2002. ISBN 80-88833-27-2, s. 94.
- STN 75 7711: 2000. Kvalita vody. Biologický rozbor. Stanovenie biosestónu.
- STN ISO 83 0531: 1978. Mikrobiologický rozbor povrchovej vody.
- SEGAWA, T. et al. 2005. Seasonal change in bacterial flora and biomass in mountain snow from the Tateyama Mountains, Japan, analyzed by 16S rRNA gene sequence and real-time PCR. In *Applied and environmental microbiology*. [online]. 2005, vol 71, no 1, p. 123-130 [cit. 2012/04-04]. Dostupné na <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC544271/>>
- ŠĽASTNÝ, P. – NIEPLOVÁ, E. – MELO, M. 2002. Priemerné teploty vzduchu. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 2002. ISBN 80-88833-27-2, s. 98.
- UETAKE, J. et al. 2010. Communities of algae and cyanobacteria on glaciers in west Greenland. In *Polar Science*. [online]. 2010, vol. 4, p. 71-80. [cit. 2012-04-04]. Dostupné na <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1873965210000101>>.
- TAKEUCHI, N. 2001. The Altitudinal distribution of snow algae on an Alaska Glacier (Gulkana Glacier in the Alaska Range). In 58th Eastern Snow Conference, Ottawa, Ontario, Canada. 2001.
- THOMAS, W.H. 1994. Tioga pass revisited: interrelationships between snow algae and bacteria. In *Western Snow Conference*, Santa Fe, New Mexico, 1994. [online] [cit. 2012-04-02]. Dostupné na <http://www.westernsnowconference.org/proceedings/pdf_Proceedings/1994%20WEB/Thomas,TiogaPassRevisited.pdf>

Adresa autora:

Bc. Miriam Hanzelová¹

Ing. Matúš Hríbik, PhD.²

Ing. Zuzana Perháčová, PhD.¹

¹Katedra biológie a všeobecnej ekológie

Fakulta ekológie a environmentalistiky

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

²Katedra prírodného prostredia

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

Mikrobiologická charakteristika snehovej pokrývky v Nízkych Tatrách v oblasti Chopku

Abstrakt

Význam snehu ako meteorologického a klimatického prvku sa už v minulosti uznával a vyzdvihoval. Snehová pokrývka ovplyvňuje biosféru od globálneho meradla až po mikroskopické populácie organizmov na ňu viazané. Sledovanie hydrofyzikálnych vlastností snehovej pokrývky má na Slovensku dlhú históriu. Výskumu mikrobiologických vlastností sa však nevenovala toľká pozornosť a tak v súčasnosti cítiť absenciu novodobých poznatkov o mikroorganizmoch adaptovaných na život v snehovej pokrývke (kryosestón). Veľkou neznámou je kvalitatívny a kvantitatívny výskyt mikrobiálneho života v extrémnych podmienkach našich hôr. Výsledky ponúkanej práce, by aspoň rámcovo mali zodpovedať tieto otázky: Vyskytuje sa život v snehovej pokrývke? Aké sú rozdiely medzi lesnými a nelesnými ekosystémami v Nízkych Tatrách? Ako ovplyvňuje zmena nadmorskej výšky výskyt rôznych foriem života v snehu?

Expedičné merania uskutočňujeme raz do mesiaca na výškovom tranzekte Srdiečko – Dereše v Nízkych Tatrách. Vzorky snehu odoberáme z povrchu snehovej pokrývky do sterilných nádob z lesných porastov a voľnej plochy. Mikroskopickou analýzou sme zatiaľ potvrdili prítomnosť mikroskopických rias, baktérií a húb a taktiež malé rozdiely v kvalitatívnom zastúpení rias v lesnom poraste v porovnaní s voľnou plochou. Objasnenie celej problematiky však potrebuje ešte ďalšie podrobné výskumy.

Kľúčové slová: sneh, mikroorganizmy, kryosestón, Nízke Tatry

VÝŠKOVÁ A HRÚBKOVÁ ŠTRUKTÚRA DUBA CEROVÉHO (*QUERCUS CERRIS* L.) V SPOLOČENSTVÁCH LESOSTEPNÉHO CHARAKTERU

Marian ĎURIŠ – Ivan LUKÁČIK

Ďuriš, M., Lukáčik, I., The height and diameter structure of *Quercus cerris* L. in forest steppe communities. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 69–79.

The submitted paper deals with the evaluation of thermophilic forest steppe communities located in Krupinská planina and Strážovské Mts. Four permanent research plots (PRP) were established. The forest-steppe localities are usually found on the sunlit slopes of dry and warm regions, most frequently on dolomite and limestone bedrock. For arborescent species, we measured basic dendrometrical features (DBH, height and height of crown base) with their subsequent statistical evaluation. The significance of differences among localities for species *Quercus cerris* L. as a model example was evaluated by using of single-factor ANOVA. According to results of analysis, we can state the significant differences among average heights of trees. The differences among average diameters and height of crown base were not statistically significant. The similarity of locations was also assessed using Duncan's test. The test results showed homogeneity of tree heights and heights of crown bases on PRP 1 and PRP 3. Results of the homogeneity tests point on the statistical differences among average tree heights on PRP 1 and PRP 4.

Key words: forest steppe communities, *Quercus cerris* (L.), the height and diameter structure

ÚVOD A CIEĽ PRÁCE

Teplomilné zmiešané dubové lesy submediteránne (zväz *Quercion pubescentis – petraeae*) majú svoje vývojové centrá na Balkánskom polostrove a v južnom Francúzsku. Za útočisko treba považovať aj polostrov Krym vo východnom Stredomorí. Na svoje súčasné stanovištia sa rozšírili počas postglaciálu tvz. brezovo-borovicovej a borovicovo-lieskovej doby. Pred zásahom človeka mali väčšiu rozlohu a siahali viac na sever a do vyšších polôh ako dnes. Neskorší postupný rozvoj mezofilných dubovo-hrabových a bukových lesov spôsobil, že ustúpili na extrémne stanovištia, kde sa zachovali dodnes (KRIPPEL 1986).

Ich súčasné drevinové zloženie je výsledkom šírenia drevín a kompetície medzi jednotlivými druhmi. Pred začiatkom pôsobenia človeka sa na každom type stanovišťa nachádzal len jeden typ klimaxového lesa. V oblastiach narušených rôznymi škodlivými činiteľmi bol klimaxový les často sprevádzaný jeho nižšími vývojovými štádiami. Súčasný lesný porasty sú oproti tomuto stavu podstatne rozmanitejšie, ich druhové zloženie a štruktúra významne závisia aj od činnosti človeka.

Cieľom predkladanej práce bolo zhodnotiť a podrobne popísať zloženie spoločenstiev lesostepného charakteru Krupinskej planiny. V ďalšom zmerať základné taxáčno – dendrometrické charakteristiky hlavnej dreviny (*Quercus cerris* L.) (výška, výška nasadenia koruny, hrúbka $d_{1,3}$), posúdiť jeho vertikálne rozvrstvenie a v konečnom dôsledku komplexne analyzovať hrúbkovú a výškovú štruktúru predmetného taxónu.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Vznik a výskyt xerothermných biotopov na Slovensku je podmienený predovšetkým polohou krajiny na rozhraní dvoch regiónov, horského karpatského bioregiónu a nížinného panónskeho boiregiónu (Eupannonicum a Matricum). Hlavným faktorom sú geomorfologické podmienky, ktoré spolu s priaznivou expozíciou vytvorili základ pre formovanie špecifických teplomilných spoločenstiev. Ďalším podstatným faktorom vzniku xerothermných biotopov je činnosť človeka. Podľa podmienok vzniku môžeme preto vylíšiť pôvodné a druhotné xerothermné biotopy. Pôvodné xerothermné biotopy vznikli na prirodzene otvorených stanovištiach postupným prenikaním teplomilných druhov rastlín a živočíchov, z južného predhoria Západných Karpát do konca posledného zaľadnenia. Druhotné xerothermné biotopy sú výsledkom ľudských aktivít v prírode v dlhodobom časovom horizonte (ŠOMŠÁK, HÁBEROVÁ 1979).

Na území Slovenska sú rozšírené na rôznych alkalických a neutrálnych podkladoch, ako sú vápence, dolomity, andezity, spraše, vápnaté bridlice, zlepenca a pod. Na extrémnych formách reliéfu, akými sú chrbty a hrebene hôr, prudké, na juh exponované svahy, sa vyvíjajú pôdy typu rendzín (na karbonátoch) a typu rankrov (na andezitoch), ktoré bohaté na bázy sú dobre zásobené humusom a sú skeletnaté. Na vápencoch a dolomitoch zasahujú tieto lesy v podobe enkláv hlbšie do karpatských pohorí a vystupujú až do nadmorskej výšky 500 m n. m., ojedinele aj vyššie. Na neutrálnych horninách, andezitoch sú na našom území rozšírené najmä v južných oblastiach (napr. Kováčovské kopce, Krupinská planina, Slanské vrchy, Vihorlat). U nás tvoria trvalé edaficky podmienené spoločenstvá v dubovom lesnom vegetačnom stupni.

Charakteristika skúmaného územia

Územie Krupinskej planiny leží v subprovincii Vnútrotných Západných Karpát, v oblasti Slovenské stredohorie. Patrí k najzachovalejším a najrozsiahlejším pozostatkom sopečných tabúl v rámci sopečných štruktúr.

Územie je zaujímavé z hľadiska stupňa vývoja jednotlivých geomorfologických foriem. Meandrujúce toky riek dali základ pre vznik údolných nív, kde sa na strmých svahoch a terasách vytvorili postupne lesostepné spoločenstvá, v ktorých sa vyskytujú viaceré zriedkavé a chránené druhy rastlín a živočíchov.

Z pôdných druhov majú najväčšie zastúpenie hlinité pôdy so stredným obsahom skeletu, ilovito-hlinité a piesočnato-hlinité pôdy. Väčšina pôd je slabo skeletnatá. Typologicky sú zastúpené najmä kambizeme nasýtené, väčšie rozšírenie majú najmä aj ilimerizované pôdy a ilimerizované pôdy oglejené, ktoré spolu s oglejenými pôdami tvoria charakteristické súbory pôdných typov (KOLEKTÍV 2001).

Charakter lesných porastov určujú dominantné druhy stromovej vrstvy. Ide o *Quercus cerris*, *Quercus petraea*, pristupuje *Quercus dalechampii*, *Quercus virgiliana*, *Quercus pubescens*, *Acer platanoides*, *Sorbus torminalis* a *Cerasus mahaleb*.

Kríkovitá vrstva je len čiastočne vyvinutá, keď sa sporadicky *Ligustrum vulgare*, *Rosa canina* a *Crataegus sp.*

Bylinná a trávnu synúziu reprezentujú druhy teplomlné ako napr. *Poa nemoralis*, *Campanula persicifolia*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Genista tinctoria*, *Lembotropis nigricans*, *Symphytum tuberosum*, *Melica nutans*, *Stachys recta*, *Trifolium alpestre* a mnoho ďalších (DAROLA et al. 1984).

MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Výber a zakladanie plôch

Materiál pre predkladanú prácu sa získal v orografickom celku Krupinská planina, kde sme založili 4 trvalé výskumné plochy (TVP) o rozlohe 50×50 m (0,25 ha).

Výber plôch sa uskutočnil na základe vlastných pochôdzok priamo v teréne a dostupných informácií od pracovníkov Obvodného úradu životného prostredia vo Veľkom Krtíši a z poznatkov pracovníkov Odštepného závodu (OZ) Levice. Trvalé výskumné plochy boli založené tak aby boli súvislé a čo najlepšie reprezentovali lesostepný charakter vyskytujúcich sa spoločenstiev.

V rámci každej plochy sa urobil jej popis, ktorý obsahoval údaje o odštepnom závoде, lesnom hospodárskom celku, expozícii, sklone terénu, nadmorskej výške, umiestnení, veľkosti a charaktere plochy (zastúpení drevín, kríkovitá zložka porastu).

Meranie taxačno-dendrometrických veličín

Na každej TVP sme merali:

- hrúbku kmeňov $d_{1,3}$ – v cm, s presnosťou na 0,1 cm, ktorá sa merala dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením podľa platných pravidiel priemerkovania (ŠMELKO 2000). Na založených plochách sa merali jedince s minimálnym priemerom $d_{1,3}$ 0,5 cm,
- výšku stromov – v m, s presnosťou na 0,1 m,
- výšku nasadenia korún – v m, s presnosťou na 0,1 m.

Výšky stromov a výšky nasadenia koruny bola meraná pomocou výškomernej laty a ultrazvukovým výškomerom VERTEX III.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Základné údaje o založených plochách

TVP 1 Čebovská lesostep

Plocha sa nachádza v dieľci 456, v lesnom hospodárskom celku (LHC) Čebovská bukovina, ktorý patrí pod Odštepný závod (OZ) Levice. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 320 m. Svah je juhozápadne orientovaný so sklonom 20 %. Vek porastu je 100 rokov. Veľkosť plochy je 50×50 m (0,25 ha).

Zastúpenie drevín:

Quercus cerris 80 %, *Quercus pubescens* 10 %, *Quercus dalechampii* 5 %, *Acer campestre* 5 %.

Kríkovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Ligustrum vulgare*.

TVP 2 Dedinská hora

Plocha sa nachádza v dieľci 1355 a v LHC Nová Ves, ktorý patrí pod OZ Krupina, v nadmorskej výške 240 m. Svah je orientovaný juhovýchodne so sklonom 30 %. Vek porastu je 75 rokov. Veľkosť plochy je 50 × 50 m (0,25 ha).

Zastúpenie drevín:

Quercus cerris 80 %, *Quercus petraea* 10 %, *Acer tataricum* 5%, *Carpinus betulus* 5%, *Quercus pubescens* +, *Sorbus torminalis* +.

Kríkovitý podrast:

Juniperus communis, *Acer tataricum*, *Cornus mas*, *Rosa canina*.

TVP 3 Beluj

Plocha sa nachádza v LHC Plášťovce, v dieľci 596, ktorý patrí pod OZ Levice. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 246 m n. m. Svah je južne orientovaný so sklonom 60 %. Vek porastu je 120 rokov. Veľkosť plochy je 50 × 50 m (0,25 ha).

Zastúpenie drevín:

Quercus pubescens 74 %, *Acer campestre* 9 %, *Quercus cerris* 8 %, *Pyrus pyraeaster* 6 %, *Acer tataricum* 3 %.

Kríkovitý podrast:

Prunus spinosa, *Rosa canina*, *Crataegus sp.*

TVP 4 Medovarce

Plocha sa nachádza v LHC Plášťovce, v dieľci 1000, ktorý patrí pod OZ Levice. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 330 m n. m. Svah je južne orientovaný so sklonom 50 %. Vek porastu je 75 rokov. Veľkosť plochy je 50 × 50 m (0,25 ha).

Zastúpenie drevín:

Quercus cerris 47 %, *Acer tataricum* 30 %, *Quercus pubescens* 10 %, *Pyrus pyraeaster* 7 %, *Acer campestre* 3 %.

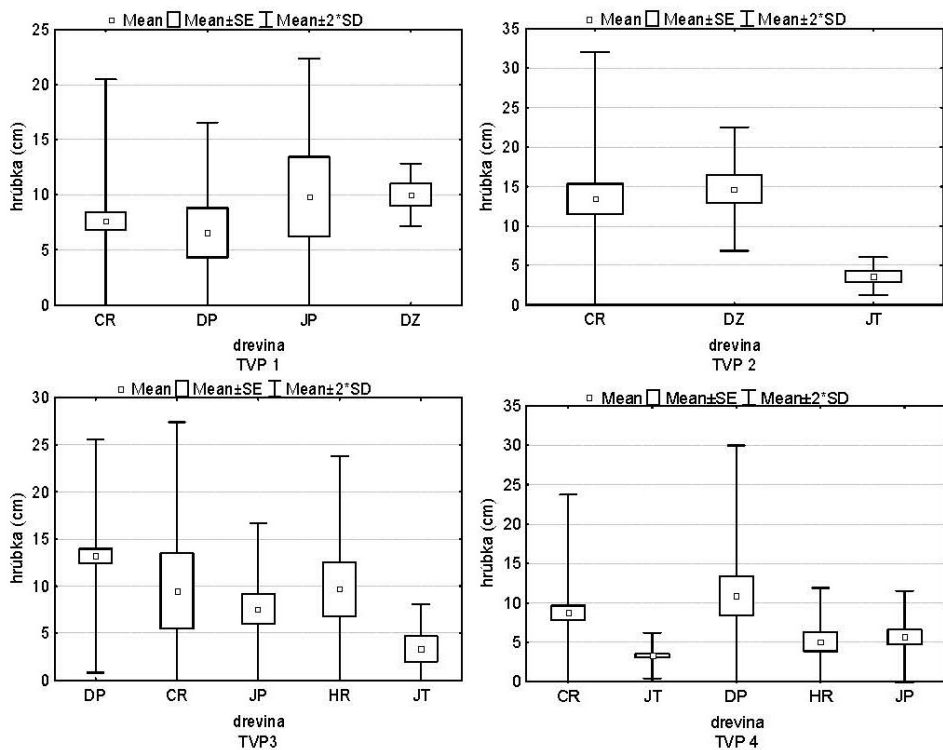
Kríkovitý podrast:

Prunus spinosa, *Ligustrum vulgare*, *Juniperus communis*, *Cornus mas*, *Rosa canina*, *Crataegus sp.*

Hodnotenie dendrometrických charakteristík

Hrúbka kmeňov

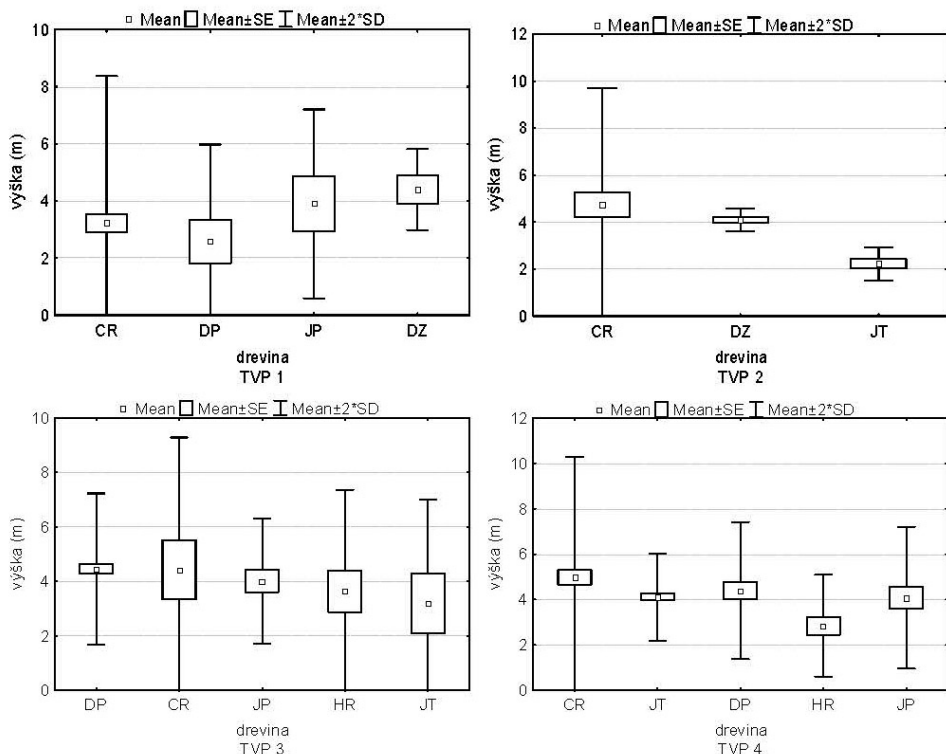
Na všetkých založených TVP bol spoločne sa vyskytujúcou drevinou *Quercus cerris*, keď bol dominantný na TVP 1, TVP 2 a TVP 4. Na TVP 3 mal najväčšie percentuálne zastúpenie *Quercus pubescens*, keď *Quercus cerris* mal zastúpenie 8 %. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ *Quercus cerris* v orografickom celku Krupinská planina sa pohybovala v rozpätí 7,6 cm (TVP 1) až 13,4 cm (TVP 2), keď variabilita hrúbky na TVP 1 bola 84,2 %. Na TVP 4 Medovarce bola priemerná hrúbka 8,7 cm s variačným rozpätím 85,84 %.



Obr. 1 Charakteristika variačného rozpätia hrúbky drevín na založených TVP
 Fig. 1 The variation characteristics of tree diameter according to tree species and PRP

Výška stromov

Výšky stromov hodnotených drevín sú typické pre lesostepné spoločenstvá, keď sa pohybovali v rozpätí 0,25 m až 11,7 m. Priemerná výška dominantného *Quercus cerris* sa pohybovala od 3,2 m (TVP 1) po 4,9 m (TVP 4). Na TVP 2 bola priemerná výška duba cerového nameraná 4,7 m a na TVP 3 priemerné výšky duba cerového variovali okolo 4,4 m. Priemerné výšky ostatných hodnotených drevín (*Acer campestre*, *Quercus petraea*, *Acer tataricum*, *Pyrus communis*) sa pohybovali v rozpätí 2,1–4,4 m.

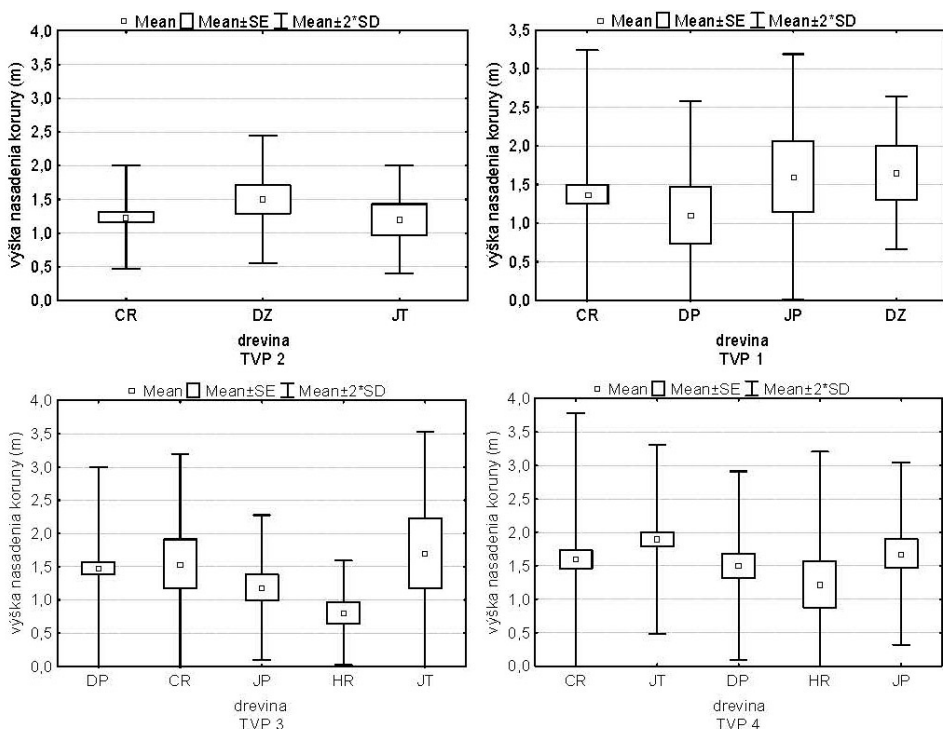


Obr. 2 Charakteristika variačného rozpätia výšky drevín na založených TVP
Fig. 2 The variation characteristics of tree height according to tree species and PRP

Výška nasadenia koruny

Aj priemerné výšky nasadenia korún poukazujú na typický charakter lesostepných spoločenstiev, keď koruny drevín vyskytujúcich sa na založených TVP sú väčšinou netvárne a nízko nasadené. Priemerná výška nasadenia korún *Quercus cerris* bola na všetkých založených plochách okolo 1,5 m.

Na TVP 1 výšky nasadenia korún sprievodných drevín boli v celku vyrovnané, pohybovali sa od 1,1 m *Quercus dalechampii* do 1,6 m *Acer campestre*. Výška nasadenia korún na TVP 2 pri *Quercus petraea* bola 1,5 m a pri *Acer tataricum* 1,2 m. V priemere najnižšie výšky nasadenia korún boli zaznamenané na TVP 3, kde sa pohybovali od 0,8 *Pyrus pyrastra*, do 1,8 m *Acer tataricum*. Na TVP 4 sa výška nasadenia korún prevládajúcich drevín pohybovali v rozpätí 1,3 m (*Pyrus communis*) do 1,9 m (*Acer tataricum*).



Obr. 3 Charakteristika variáčného rozpätia výšky nasadenia korún drevín na založených TVP
Fig. 3 The variation characteristics of height of crown base according to tree species and PRP

Výsledky analýzy variancie duba cerového

Jedinou drevinou vyskytujúcou sa na všetkých trvalých výskumných plochách bol *Quercus cerris*, významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie a otestovala sa Duncanovým testom.

Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú hrúbku *Quercus cerris* vyplynulo, že faktor plochy nemá štatisticky významný vplyv na túto veličinu, pretože priemerná hrúbka stromov nadobúda na všetkých založených plochách podobné hodnoty. Zistené rozdiely majú vzhľadom na nízku vnútrodrohovú variabilitu preto len náhodný charakter. Z tohto dôvodu nebolo potrebné tieto rozdiely testovať Duncanovým testom.

Z priemernej výšky stromov *Quercus cerris* je evidentný vplyv rozdielnej lokality. Z výsledkov analýzy variancie vyplýva, že faktor plochy má štatisticky významný vplyv na priemernú výšku stromov. Podľa výsledkov Duncanovho testu (tab. 1) existuje z hľadiska priemernej výšky významný rozdiel medzi TVP1 a TVP4. Ostatné TVP tvoria homogénne skupiny.

Tab. 1 Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú výšku *Quercus cerris* na založených plochách

Table. 1 The results of Duncan's test (homogeneous groups) of *Quercus cerris* (Willd.) average height

Názov plochy Plot ID	Homogénna skupina Homogenous group	
	1	2
TVP 1	A	
TVP 2	A	B
TVP 3	A	B
TVP 4		B

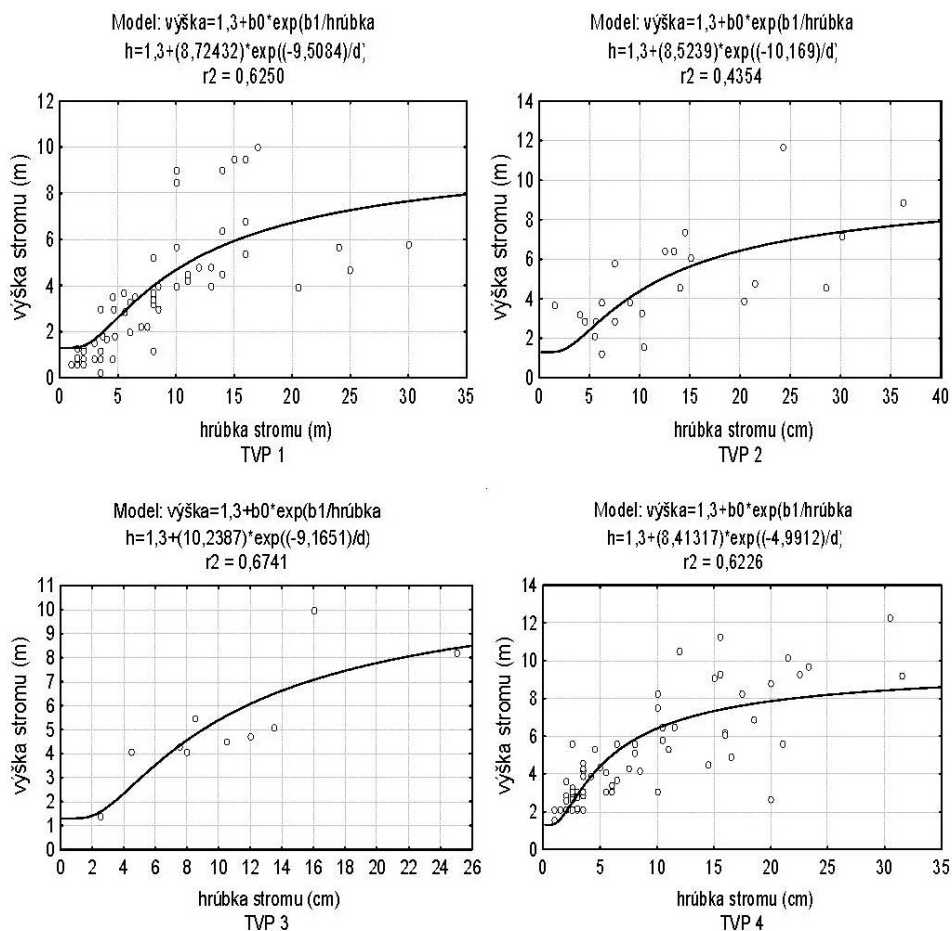
Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú výšku nasadenia korún *Quercus cerris* podobne ako pri priemernej hrúbke vyplynulo, že faktor plochy nemá štatisticky významný vplyv na túto veličinu, keď priemerná výška nasadenia koruny stromov nadobúda na všetkých založených plochách podobné hodnoty. Z tohto dôvodu nebolo potrebné zistené rozdiely testovať Duncanovým testom.

Závislosť výšky stromov od hrúbky

Aj závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ sa na každej TVP vypočítala len pre *Quercus pubescens*. Na vyrovnanie tejto závislosti sa použila Michajlovova funkcia v tvare:

$$\text{výška} = 1,3 + a \cdot e^{(b/\text{hrúbka})}$$

Z výsledkov vyplynulo, že na založených plochách (TVP 1, TVP 2 a TVP 3) ide o tesnejšie závislosti s podielom vysvetlenej variability 62,5 % a 67,4 %, v porovnaní s TVP 2, kde je podiel vysvetlenej variability 43,5 %. Z priebehov výškových kriviek vidieť, že na TVP 1 pri hrúbke 35 cm dosahuje vyrovnaná výška stromov hodnoty 8 m, na TVP2 približne 11 m, na TVP3 5,5 m a na TVP4 hodnoty okolo 6 m. Uvedené závislosti sú podľa jednotlivých plôch uvedené na obrázku 3.



Obr. 3 Závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ *Quercus cerris* na založených TVP
 Fig. 3 Relationship among tree height and stem diameter (DBH) of *Quercus cerris* (Willd.) on PRP

DISKUSIA A ZÁVER

Cieľom predkladanej práce bolo získať a spracovať dostupné informácie o zložení, rastových vlastnostiach a vzájomných závislostiach teplomilných spoločenstiev lesostepného charakteru s osobitým zreteľom v orografickom celku Krupinská planina. Pre splnenie cieľov práce boli v predmetnej oblasti založené štyri trvalé výskumné plochy (TVP). Všetky plochy boli založené na strmých, vypuklých kamenistých svahoch s južne orientovanou expozíciou. Pôdy sú zrnitostne ľahké, presýchavé, minerálne chudobné, čo podmieňuje aj zloženie vyskytujúcich sa fytoocenóz.

Dominantnou drevinou a spoločne sa vyskytujúcou na všetkých založených plochách bol dub cerový (*Quercus cerris*), okrem TVP 3, kde prevládala dub plstnatý (*Quercus pubescens*), ktorý je najtypickejšou drevinou spoločenstiev lesostepného charakteru podľa viacerých autorov (PAGAN 1996, MAGIC 2000, BENČAĽ 2005, LUKÁČIK 2006 a iní). Je to výrazne slnná drevina, ktorá dobre rastie v riedkych, presvetlených porastoch, ktoré sú vo väčšine prípadov viazané na pôdy vznikajúce na karbonátových horninách dobre zásobných bázami (horčík, vápnik), ktoré najmä počas vegetačného obdobia trpia nedostatkom vlahy (POŽGAJ 1985).

Pri hodnotení variability *Quercus cerris* sme merali taxačno-dendrometrické veličiny (hrúbku, výšku stromov a výšku nasadenia koruny). Všetky merané znaky dosahovali veľkú premenlivosť, pričom najviac premenlivým znakom sa ukázala hrúbka stromov na jednotlivých trvalých výskumných plochách. Je to pravdepodobne zapríčinené tým, že hrúbkový rast duba cerového ale aj iných spoločných drevín vyskytujúcich na extrémne teplých (južných) expozíciách, v spoločenstvách lesostepí nenadobúda také hodnoty ako v zapojených porastoch. Pri výške stromov duba cerového bola premenlivosť na založených plochách menšia. Ako uvádza PAGAN (1996) dub cerový dorastá do výšky 20–30 m. Rozpätie výšok na založených plochách dosahovalo hodnoty 0,5–11,7 m, čo je samozrejmé, pretože výškový rast duba cerového v spoločenstvách lesostepí nedosahuje také hodnoty ako v zapojených porastoch. K podobným výsledkom pri iných slnných drevinách dospeli i ďalší autori (GUBKA 1997, BUGALA 2009, BUGALA, PITNER 2010, SANIGA *et al.* 2011), ktorý uvádzajú, že výšková diferenciácia v zmiešaných spoločenstvách drevín dosahuje vyššie hodnoty ako pri rovnorodých porastoch slnných drevín.

Priemerná výška nasadenia korún všetkých plôch je okolo 1,5 m, čo je v úzkej súvislosti s charakterom stanovišťa. Najväčšia variabilita všetkých znakov bola na ploche Čebovská lesostep I. čo mohlo byť spôsobené najväčšou vekovou rozrôznenosťou porastu, ale aj osobitými stanovištnými a klimatickými podmienkami. Variabilita závislosti výšky stromov od hrúbky kolísala v rozpätí od 43,5 % až 67,4 %, kde ide o stredne tesné závislosti. Ostatné dreviny boli na jednotlivých plochách registrované len ako prímes, preto ich nebolo možné štatisticky otestovať a vyhodnotiť.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BENČAĽ, T., 2005: Dendrológia. Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene, 205 s.
- Bugala, M., 2009: Rozbor kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a zdravotný stav prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* (L.) Moench.) v Levočských vrchoch. In: Štefančík, I., (eds.): Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. NLC, Zvolen, s. 149–157.
- BUGALA, M., PITNER, J., 2010: Analýza štruktúrálnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. In: *Acta Facultatis Forestalis* 52 (1), Zvolen, s. 43–54.
- DAROLA, J., 1984: Projekt na vyhlásenie chráneného územia Čebovská lesostep. Banská Bystrica, Krajské stredisko štátnej pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody, 12 s.
- ĎURIŠ, M., LUKÁČIK, I., 2010: Lesostepné spoločenstvá vo vybranej oblasti Krupinskej planiny. *Acta facultatis forestalis*, 52, Suppl.1, Zvolen, s. 71–87.
- GUBKA, K. 1997: Vplyv expozície na štruktúru ochranných lesov na lokalite Podurch (OLZ Smolenice). *Acta Facultatis Forestalis* Zvolen, XXXIX, s. 107–118.
- KOLEKTÍV 2001: Lesný hospodársky plán. LHC Plášťovce. Všeobecná časť.

- LUKÁČIK, I., 2006: Dub plstnatý (*Quercus pubescens* Willd.) v Malých Karpatoch. In Stabilizace funkcií lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Opočno: VÚLHM VS. s. 39–47.
- MAGIC, D., 2000: Premennivosť dubov a niektoré ich nové taxóny na Slovensku. In: Lipták, I., Lukáčik, I. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: Arboréta – premenlivosť a introdukcia drevín. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 27–37.
- PAGAN, J., 1999: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene, 378 s.
- POŽGAJ, J., 1985: K voprosu izučeniya duba pušistogo (*Quercus pubescens* Willd.) v Slovaki, *Folia dendrologica* 12, s. 43–66.
- SANIGA, M., BALANDA, M., KUCBEL, S., JALOVÍAR, P. 2011: Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. Polish Journal of Ecology 59 (4): 381–389.
- STANOVÁ, V., VALACHOVIČ, M., 2002: Katalóg biotopov Slovenska. Bratislava. Inštitút aplikovanej ekológie pre Štátnu ochranu prírody SR, 225 s.
- ŠOMŠÁK, L., HÁBEROVÁ, I. 1979: Die Waldgesellschaften des Silica Plateaus. Biologická príručka Slovenskej Akadémie Vied. Bratislava, 25: s. 5–89.
-

Adresa autorov:

Ing. Marian Ďuriš
doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.
Lesnícka fakulta
Katedra pestovania lesa
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: durism@centrum.sk
lukacik@vsld.tuzvo.sk

Výšková a hrúbková štruktúra duba cerového (*Quercus cerris* L.) v spoločenstvách lesostepného charakteru

Abstrakt

V predkladanej práci sú hodnotené spoločenstvá lesostepného charakteru, ktoré sa nachádzajú v orografickom celku Krupinská planina, kde boli založené štyri trvalé výskumné plochy (TVP). Skúmané lokality patria k lesostepným spoločenstvám, ktoré sa zaraďujú medzi najxerofilnejšie dubové lesy, vyskytujúce sa na slnných expozíciách, v teplých a suchých oblastiach, najčastejšie na karbonátoch a bázických horninách. Na založených plochách sa pri drevinách stromovitého vzrastu merali základné taxačno-dendrometrické veličiny (hrúbka, výška stromov a výška nasadenia koruny), ktoré sa vyhodnotili aj štatisticky. Významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie na príklade duba cerového (*Quercus cerris* L.). Z výsledkov vyplynulo, že výška stromov sa medzi jednotlivými TVP štatisticky významne odlišuje (na 95 % hladine významnosti). Rozdiely v priemerných hrúbkach a výškach nasadenia korún jedincov (*Quercus cerris* L.) neboli štatisticky významné. Okrem toho sa Duncanovým testom testovala podobnosť jednotlivých lokalít. Výsledky testu poukázali, že existuje z hľadiska priemernej výšky významný rozdiel medzi TVP 1 a TVP 4.

Kľúčové slová: lesostepné spoločenstvá, *Quercus cerris* (L.), výšková a hrúbková štruktúra

SKLADBA PORASTOV V I. OCHRANNOM PÁSME VODÁRENSKEJ NÁDRŽE KLENOVEC

Jozef ŠPIŠÁK

Špišák, J.: Composition of forest stands located in 1st buffer zone of the Klenovec water reservoir. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 81–90.

Submitted paper is aimed on the analysis of recent stand structure of forest located in 1st buffer zone of the Klenovec water reservoir (WR). Data collection was performed on 4 permanent research plots, tree of them were established in Norway spruce stand, one in broadleaved part. For each PRP we measured the basic dendrometrical parameters as well as structural indexes. The analysis confirmed the significant tree height leveling (homogeneity) of the spruce stands. Through the evaluation of stand density index, we found out the average or good water protection effect of researched stands. The analysis of tree diameter structure by using of Földner index proved from low till medium differentiation of researched forest stands. Evaluation of spatial structure through the Clark-Evans index have pointed on fact that the autochthonous broadleaved stands located in 1st buffer zone shows tendency to clumping while the spruce stand manifests addiction to homogenous spatial distribution.

Key words: 1st buffer zone, *Picea abies* (L.) Karst., structural indexes

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Je všeobecne známe, že narastajú problémy so zabezpečovaním pitnej vody. Väčšinou sa potreba vody rieši výstavbou vodárenských nádrží na akumuláciu povrchovej vody. V lesoch povodí vodárenských nádrží je preferovaná vodohospodárska funkcia pred funkciou produkčnou, čo obzvlášť platí pre lesy v I. ochrannom pásme (OP) vodných zdrojov. Je potrebné si uvedomiť dôležitosť ich ochrany, pretože svojim pôsobením priamo vplývajú na zabezpečenie výdatnosti, akosti a zdravotnej nezávadnosti povrchového vodného zdroja.

Pri výchove porastov v I. OP je potrebné usmerňovať ich štruktúru tak, aby v maximálnej možnej miere zabezpečovali vodoochrannú, protieróznú, desukčnú, infiltračnú a zrážkotvornú funkciu (KANTOR 1993). Tieto funkcie môžu plniť zdravé a stabilné porasty s vhodným drevinovým zložením a štruktúrou (GUBKA 1995; 1997). To možno zabezpečiť len prostredníctvom koncepčných hospodárskych opatrení s následným vytváraním žiadúcej diferencovanej štruktúry. Aby bolo možné takýto postup aj prakticky realizovať, je treba zistiť súčasnú štruktúru predmetných porastov. Na tento účel nám poslúžia okrem analýzy základných porastových charakteristík ako je početnosť hrúbka a výška na jednotlivých trvalých výskumných plochách (TVP) aj štruktúralne indexy. Na kvantifikovanie ochranného pôsobenia porastov sa použil index porastovej denzity (REINECKE 1933), na hrúbkovú analýzu porastov index hrúbkovej diferenciácie (FÜLDNER 1995) a na priestorové usporiadanie porastov Index agregácie (CLARK, EVANS 1954); (KUCBEL 2011).

Kvôli nepriaznivému stavu porastov v ochranných pásmach I. stupňa vodárenských nádrží je v dnešnej dobe potrebné venovať sa ich pestovnému usmerňovaniu, aby plnili

všetky funkcie, ktoré sa od nich vyžadujú (GUBKA 2002, 2011). Najvyššiu funkčnú účinnosť majú lesné ekosystémy, ktoré si dlhodobo zachovávajú vyváženú porastovú štruktúru, tak aby dochádzalo k čo najmenším zmenám.

Cieľom predkladanej práce je zistiť súčasný stav a vybrané znaky štruktúry porastov I. ochranného pásma (OP) VN Klenovec. Na základe analýzy biometrických znakov, navrhnúť vhodné opatrenia na zabezpečenie funkčnej účinnosti predmetných porastov.

2 CHARAKTERISTIKA SKÚMANÉHO ÚZEMIA

Vodárenská nádrž (VN) Klenovec bola vybudovaná v rokoch 1968 až 1974. Povodie VN a jej prítokov leží v orografickej sústave Slovenského Rudohoria, geomorfologickom celku Veporské vrchy. Najvyšším bodom v skúmanej oblasti je Klenovský Vepor (1 338 m n. m.) a najnižším miestom je ústie Klenovskej Rimavy do VN Klenovec (377,2 m n. m.). Vodná nádrž Klenovec a jej prítoky sa nachádzajú v povodí SVP-IX-Hron (JAKUBIS, TRNAVSKÝ 2000).

Najteplejším mesiacom je júl s priemerom teplôt 19 °C a najchladnejším je január, v ktorom teploty klesajú na úroveň -2,18 °C. Priemerné ročné teploty dosahujú hodnoty 9,18°C a priemerné teploty vo vegetačnom období 14,25 °C. Najmenej zrážok je v mesiaci január, v priemere 40,34 mm a najviac v júni, priemerne 111,68 mm. Priemerný mesačný úhrn zrážok dosahuje 68,22 mm a priemerný ročný úhrn je 818,66 mm (zdroj SHMÚ).

Zastúpená je tu jediná skupina lesných typov *Fagetum pauper* nst., ktorá predstavuje v I. OP základnú fytocenózu. Avšak táto základná fytocenóza sa zachovala len vo zvyškoch pôvodných porastov ktoré sa nachádzajú popri bočných prítokoch nádrže. V ostatných porastoch tvorených nepôvodným smrekom je vzhľad bylinnej sinúzie značne odlišný (Nič, TÓBIS 2012).

3 MATERIÁL A METODIKA

V pravobrežnej strane I. ochranného pásma VN Klenovec bola založená séria trinástich trvalých výskumných plôch (TVP) o veľkosti 30 × 30 metrov (900 m²), vzdialenosť medzi nimi je cca 200 metrov. Vytýčenie jednotlivých TVP bolo prispôbené terénnym podmienkam a na ich umiestnenie malo hlavný vplyv šírka I. ochranného pásma (hranicu ochranného pásma tvorí štátna cesta). V rámci tejto práce sú analyzované TVP III, TVP VI, TVP IX a TVP XI, ktoré sa nachádzajú v dielcoch 29, 30, 31a a 31b. Výber trvalých výskumných plôch je účelový, s cieľom zachytiť aktuálny stav smrekových porastov a taktiež aj stav zvyškov pôvodných výmladkových listnatých porastov nachádzajúcich sa v I. ochrannom pásme. Postupnosť číslovania plôch je smerom od priehradného múru proti prúdu.

Fixácia plôch sa v teréne vykonala pomocou kolíkov (na štyroch rohoch plochy) a označením stromov bielou farbou, ktoré sa nachádzajú mimo plochy po obvode TVP.

Na TVP sa merali nasledovné dendrometrické charakteristiky:

a) Na živých stromoch:

- hrúbka stromov vo výške 1,3 m s presnosťou na 1 mm, od hrúbky 2 cm,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia korún stromov s presnosťou na 0,5 m,
- biosociologické postavenie, podľa stromových tried (modifikovaná stupnica podľa POLANSKÉHO 1955 in. SANIGA 2007),

b) Na odumretých stojacich stromoch:

- hrúbka stromov vo výške 1,3 m s presnosťou na 1 mm, od hrúbky 2 cm,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- všetky suché jedince boli zaradené do piatej stromovej triedy.

Na výpočet objemu jedincov boli použité rovnice pre výpočet objemu stromu s kôrou z objemových tabuliek podľa PETRÁŠA, PAJTÍKA (1991) Všetky TVP sa vytyčovali a zameriavanie pozície stromov a okrajov ich korún sa realizovalo pomocou technológie Field-Map (BALANDA 2008). Takto získané údaje sa použili pri kvantifikácii základných porastových charakteristík a pri vypočítaní jednotlivých štruktúrnych indexov.

Vzhľadom na to, že vertikálna štruktúra porastov na jednotlivých TVP (okrem TVP IX) je výrazne nivelizovaná, sa na jej analýzu nepoužili indexy, ale na vyjadrenie stupňa vertikálnej diferencovanosti porastov bola z hodnôt výšky jednotlivých jedincov vypočítaná smerodajná odchýlka a variačný koeficient. Pre charakteristiku priestorovej a hrúbkovej štruktúry porastov na jednotlivých TVP boli využité nasledovné štruktúrne indexy:

Index hrúbkovej diferenciácie (FÜLDNER 1995) kvantifikuje vzájomné relácie hrúbok susedných stromov v poraste. Index dosahuje hodnotu 0 v prípade, že všetky jedince majú rovnakú hrúbku a so stúpajúcou hrúbkovou diferenciáciou sa limitne blíži k hodnote 1. Hodnota indexu hrúbkovej diferenciácie je podľa viacerých autorov (FÜLDNER 1995) klasifikovaná do niekoľkých tried. Pri analýze bola použitá jemnejšia päťstupňová klasifikácia podľa AGUIRRE *et al.* (1998 in. BUGALA, PITNER 2010), tj. nízka diferenciácia (0,0–0,2), mierna diferenciácia (0,2–0,4), zreteľná diferenciácia (0,4–0,6), silná diferenciácia (0,6–0,8) a veľmi silná diferenciácia (0,8–1,0).

Index agregácie (CLARK, EVANS 1954) popisuje charakter priestorového rozdelenia jedincov po ploche. Na vylúčenie vplyvu okrajového efektu bol pre výpočet hodnoty indexu agregácie na jednotlivých TVP použitý upravený algoritmus s korektúrou podľa DONELLYHO (1978 in. PRETZSCH 2002). Hodnoty indexu agregácie sa nachádzajú v teoretickom rozpätí od 0 (jedince sústredené v jednom bode) po 2,1491 (pravidelné hexagonálne rozmiestnenie). Z hľadiska interpretácie výsledkov je rozhodujúca hodnota 1, ktorá charakterizuje náhodné rozdelenie. Štatistickú významnosť rozdielu vypočítanej hodnoty indexu od náhodného rozdelenia (hodnota 1) sme testovali t testom, ktorá má štandardizované normálne rozdelenie.

Index porastovej denzity (SDI) (REINEKE 1933) hodnota indexu udáva početnosť jedincov na hektár, ktorú by daný porast dosahoval pri strednej hrúbke 25 cm. SDI sa využíva aj ako relatívna charakteristika miery ochranného pôsobenia lesa proti zosúvaniu a padaniu kameňov (súčasť protizosuvnej funkcie). BRASSEL *et al.* (1999 in. KUCBEL 2011) kvantifikujú ochranné pôsobenie pri hodnote SDI pod 400 ako nízke, 400–800 priemerné, 800–1 200 dobré a nad 1 200 veľmi dobré. Nakoľko tento index vychádza iba z hektárového počtu a strednej hrúbky porastu a neberie do úvahy špeciálne požiadavky kladené na lesy v I. ochrannom pásme vodárenských nádrží, nemôžeme ho považovať za smerodajný, ale len ako pomocný ukazovateľ.

4 VÝSLEDKY

Lesný porast nachádzajúci sa na TVP III je tvorený smrekom obyčajným s 90 % zastúpením, zvyšok predstavuje duglaska tisolistá. Plocha TVP je zaburinená kvôli zníženému zakmeneniu porastu. Je to spôsobené dlhodobým atakom škodlivých činiteľov (hmyzích) a následným vyťažením odumretých a poškodených jedincov. O tom vypovedá

aj nízka početnosť stromov na ploche (488 ks.ha⁻¹), čo je v porovnaní s ostatnými plochami najmenšia zistená početnosť (Tab. 1).

Tab. 1: Početnosť, kruhová základňa a zásoba podľa stromových tried

Tab. 1: Stem number, basal area and stem volume according to tree classes

Stromová trieda	N		G		V	
	ks.ha ⁻¹	%	m ² .ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%
TVP III						
1	78	15,9	5,80	20,9	72,22	22,0
2	333	68,3	19,06	68,6	225,89	68,9
3	67	13,7	2,49	9,0	27,44	8,4
4	11	2,3	0,44	1,6	2,11	0,6
5	0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Spolu	488	100,0	27,79	100,0	327,67	100,0
TVP VI						
1	133	16,2	8,57	22,7	103,00	23,7
2	633	77,0	27,81	73,8	318,00	73,2
3	56	6,8	1,30	3,5	13,56	3,1
4	0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
5	0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Spolu	822	100,0	37,68	100,0	434,56	100,0
TVP IX						
1	89	5,9	10,17	23,9	110,03	29,1
2	611	40,4	23,39	54,9	206,80	54,7
3	356	23,5	4,48	10,5	40,15	10,6
4	333	22,1	1,28	3,0	5,03	1,3
5	122	8,1	3,32	7,8	16,02	4,2
Spolu	1 511	100,0	42,64	100,0	378,03	100,0
TVP XI						
1	89	9,8	8,17	18,9	119,61	19,0
2	589	64,6	29,42	68,1	437,47	69,3
3	156	17,1	2,75	6,4	46,06	7,3
4	11	1,2	0,04	0,1	0,25	0,0
5	67	7,3	2,83	6,5	27,58	4,4
Spolu	911	100,0	43,21	100,0	630,96	100,0

Na prvú stromovú triedu (str. tr.) pripadá necelých 16 % počtu stromov. Najvyššie zastúpenie sa zistilo pri druhej str. tr. 68,3 %. V tretej str. tr. sa nachádza 13,7 % stromov a najmenej jedincov sa nachádza v štvrtej str. tr. (2,3 %). Piata str. tr. nie je na tejto TVP zastúpená. Rozdelenie zásoby a kruhovej základne po stromových triedach je podobné.

V 1. str. tr. sa nachádza 20,87 % kruhovej základne a 22,04 % objemu, v 2. str. tr. sa nachádza zhruba rovnaký podiel (cca 68 %) kruhovej základne aj objemu a v 3. str. tr. je to 8,96 % kruhovej základne a 8,38 % objemu. Zastúpenie počtu, kruhovej základne a objemu v 4. str. tr. je zanedbateľné. Piata str. tr. nie je na tejto ploche zastúpená (tab. 1). TVP VI je tvorená výlučne smrekom s 822 jedincami na hektár. Najviac stromov, až 77 % sa nachádza v úrovni, teda v 2. str. tr. Druhá najpočetnejšia je 1. str. tr. so 16,2 % jedincov a najmenej stromov (6,8 %), sa nachádza v 3. str. tr. Stromové triedy 4 a 5 na tejto ploche absentujú. Rozdelenie kruhovej základne a objemu je podobné ako pri TVP III. Na 1. str. tr. pripadá 22,7 % kruhovej základne a 23,7 % objemu, na úrovňové stromy pripadá 73,8 % kruhovej základne a 73,2 % objemu. Zastúpenie objemu a kruhovej základne v 3. str. tr. je okolo 3 % (tab. 1). Drevinové zloženie porastu na TVP IX je značne odlišné od ostatných plôch vzhľadom na to, že plocha sa nachádza pri bočnom prítoku nádrže a zachovali sa tu zvyšky pôvodných porastov. Porast je tvorený hrabom (51 %), jelšou (28 %) a ostatnými listnatými drevinami (21 %), vtrúsene sa tu nachádza aj smrek, avšak iba v 4. str. tr. Na tejto TVP sa nachádza najväčší počet stromov (1511 ks. ha⁻¹) zo sledovaných TVP. V 1. str. tr. sa nachádza len 5,9 % stromov, ale až 23,9 % kruhovej základne a 29,1 % zásoby. Podobne ako pri predchádzajúcich TVP aj tu je najpočetnejšia 2. str. tr. (40,4 % počtu stromov, 54,9 % kruhovej základne a 54,7 % zásoby). Na tejto TVP sa zistil najvyšší podiel suchých jedincov (5. str. tr.) a to až 8,1 % (tab. 1). Lesný porast nachádzajúci sa na TVP XI je tvorený výlučne smrekom a nachádza sa tu 911 ks.ha⁻¹. Početnosť kruhová základňa a objem sú rozdelené v rámci jednotlivých stromových tried obdobne ako pri TVP III a VI, rozdiel oproti spomínaným TVP je v tom že sa tu nachádzajú aj suché jedince (7,3 %). najviac zastúpená je 2. str. tr. (64,6 % počtu stromov, 68,1 % kruhovej základne a 69,3 % objemu). Početnosťou druhá v poradí je 3. str. tr. (17,1 %), avšak objemom tvorí iba 7,3 % a kruhovou základňou 6,4 %. Zastúpenie 4. str. tr. je zanedbateľné (Tab. 1).

Na TVP III dosahuje variačný koeficient výšky hodnotu 10,5 %, to znamená, že hodnoty výšok jednotlivých jedincov varirujú v rozmedzí 10,5 % okolo priemeru. Na základe tejto hodnoty je možné považovať porast na TVP III za výškovo málo diferencovaný. Výška väčšiny jedincov sa pohybovala okolo priemeru 25 m $\pm$ 2,6, čo predstavuje najvyššiu zistenú priemernú výšku. Variačný koeficient hrúbok na tejto TVP má hodnotu 17,7 %, to znamená malú hrúbkovú diferenciáciu na tejto ploche. Priemerná hrúbka je 26,5 cm $\pm$ 4,4 (Tab. 2). Variabilita výšok a hrúbok na TVP VI je najmenšia zo všetkých sledovaných TVP. Variačný koeficient výšok dosiahol hodnotu 6,8 %, priemerná výška je 24 m $\pm$ 1,6 a takisto aj rozpätie výšok je na tejto ploche najmenšie. Obdobný stav je aj pri posudzovaní variability hrúbok v poraste na TVP VI, kde sa zistil najnižší variačný koeficient (16,5 %), hrúbky varirujú okolo priemernej hrúbky, ktorá predstavuje hodnotu 23,8 cm $\pm$ 4,0 (Tab. 2).

Tab. 2 Základné charakteristiky výškovej a hrúbkovej štruktúry jednotlivých TVP
 Tab. 2 Basic characteristics of the height and diameter structure of individual PRP

TVP	Počet (ks/ha)	Rozpätie výšok (m)	Priemerná výška (m)	Var. koef. (%)	Rozpätie hrúbok (cm)	Priemerná hrúbka (cm)	Var. koef. (%)
III	489	11–28,1	25±2,6	10,5	17,8–37,5	26,5±4,4	17,7
VI	822	20–26,6	24±1,6	6,8	14,9–33	23,8±4,0	16,5
IX	1 511	2,1–28	15,2±6,2	40,9	3,3–50,1	16,3±9,6	63,4
XI	911	8,3–33,4	24,6±4,8	19,5	6,7–40	23,6±6,7	27,2

Z plôch s dominanciou smreka má najväčšiu rozrôznenosť výšok a hrúbok TVP XI a taktiež sa tu zistilo najväčšie výškové aj hrúbkové rozpätie. Variačný koeficient výšok dosahuje hodnotu 19,6 %, no napriek tomu môžeme považovať porast za výškovo nivelizovaný. Priemerná výška na tejto TVP je 24,6 m ± 4,8. Pri posudzovaní variability hrúbok sa zistil podobný stav ako pri variabilite výšok, variačný koeficient predstavuje hodnotu 27,2 %, priemerná hrúbka 23,6 ± 6,7. Na základe toho môžeme konštatovať, že variabilita hrúbok na tejto ploche je, podobne ako pri ostatných smrekových plochách, malá, avšak dosahuje najvyššie zistené hodnoty zo súboru TVP s dominanciou smreka. Úplne odlišná je situácia na TVP IX, čiže na listnatej ploche, kde sa zistila priemerná výška 15,2 ± 6,2 a hrúbka 16,3 ± 9,6 čo predstavuje najnižšie namerané hodnoty, avšak najvyššie hodnoty smerodajnej odchýlky zo sledovaných plôch. Lesný porast na tejto TVP má najväčšiu variabilitu výšok zo skúmaných plôch, reprezentovanú variačným koeficientom 40,9 %. Na základe toho môžeme charakterizovať porast ako výrazne výškovo diferencovaný. Variačný koeficient hrúbok (63,4 %) vypovedá o značnej hrúbkovej diferenciácii porastu (Tab. 2).

Priemerná hodnota Földnerovho indexu na TVP III vypočítaná na základe tzv. štruktúrnej štvorice je 0,16 (tab. 3), t.j. priemerný rozdiel v hrúbkach v rámci štyroch susediacich jedincov v poraste je 16 %. Táto hodnota poukazuje na nízku hrúbkovú rozrôznenosť v poraste, čoho dôkazom je aj variačný koeficient hrúbok, ktorý na tejto ploche nadobúdala hodnotu 17,7 % (tab. 2). Podrobnejší rozbor hrúbkovej diferenciácie medzi centrálnym stromom a jeho prvým (T1), druhým (T2), resp. tretím (T3) najbližším susedom uvádza tabuľka 3, pričom získané výsledky potvrdzujú nízky stupeň hrúbkovej diferenciácie. Hodnoty indexu od prvého k tretiemu susediacemu stromu sú rovnaké, čo poukazuje na vysokú tendenciu vytvárania hrúbkovo homogénnych skupín. Skoro identická je situácia pri hrúbkovej diferencovanosti na TVP VI, kde sa zistila priemerná hodnota Földnerovho indexu 0,17, čo tiež charakterizuje porast ako veľmi málo hrúbkovo rozrôznený (variačný koeficient hrúbok 16,5 %). V rámci tzv. štruktúrnej štvorice je tak priemerný rozdiel hrúbok 17 %, čo je hodnota veľmi blízka k hodnote na TVP III. Podrobnejšiu analýzu indexu hrúbkovej diferenciácie medzi centrálnym stromom a jeho prvým (T1), druhým (T2), resp. tretím (T3) najbližším susedom uvádza tabuľka 3. Hodnota indexu hrúbkovej diferenciácie, ktorá sa zistila na TVP XI je v porovnaní s ostatnými plochami tvorenými smrekom najvyššia (0,26). Poukazuje to na mierny stupeň hrúbkovej diferenciácie. Podobne ako v pri TVP III a TVP VI hodnoty indexov T 1–T 3 sú prakticky totožné. To znamená, že hrúbkový rozdiel medzi centrálnym stromom a jeho tromi najbližšími susedmi je minimálny (tab. 3). Značnú odlišnosť oproti predchádzajúcim TVP vykazuje hrúbková štruktúra na TVP IX, kde priemerná hodnota Földnerovho indexu nadobúda hodnotu 0,42. Táto hodnota poukazuje na zreteľnú hrúbkovú diferenciáciu porastu a to poukazuje na

skutočnosť, že predmetná plocha má najvyššiu hrúbkovú rozrôznenosť pomedzi všetkých skúmaných TVP. Priemerný rozdiel v hrúbkach štyroch najbližších stromov je na úrovni 42 %, čo je medzi skúmanými TVP najvyššia hodnota. Podobný výsledok prezentuje aj variačný koeficient hrúbok (63,4 %), ktorý na tejto ploche rovnako nadobúda najvyššiu hodnotu spomedzi hodnotených TVP (Tab. 3).

Na TVP III dosahuje hodnota porastovej denzity hodnotu 549, čo je hodnota pre porast s priemerným ochranným pôsobením. Táto hodnota je najnižšia zo sledovaných porastov, čomu nasvedčuje aj najnižší počet stromov na ploche (488 ks.ha⁻¹). Index porastovej denzity na TVP VI má hodnotu 777, na základe ktorej môžeme konštatovať priemerné protierózne pôsobenie porastu. Medzi TVP so smrekovým drevinovým zložením dosahuje najvyššiu hodnotu indexu porastovej denzity TVP XI (884). Na základe toho môžeme konštatovať, že lesný porast na TVP XI má dobrú funkčnú účinnosť, čo potvrdzuje aj najvyššia hustota porastu (911 ks.ha⁻¹) zo smrekových TVP. Najvyššia hodnota tohto indexu sa zistila na TVP IX. Výrazný vplyv má na to aj najvyššia zistená hustota (1 511 ks.ha⁻¹), na základe čoho dosiahol porast hodnotu indexu porastovej denzity 967, čo predstavuje hodnotu pre dobré protierózne pôsobenie (Tab. 3).

Na TVP III dosahuje index agregácie hodnotu 1,21, čo poukazuje na tendenciu k pravidelnému usporiadaniu jedincov na ploche, avšak pri testovaní pomocou *t*-testu (hodnota *t*-testu 2,46) sa zistil štatisticky málo významný rozdiel oproti náhodnému rozdeleniu (Tab. 3). Index agregácie dosahuje na TVP VI hodnotu 1,32 (najvyššia zistená hodnota zo všetkých skúmaných plôch), na základe čoho môžeme konštatovať, že rozmiestnenie stromov na ploche má tendenciu k pravidelnému rozmiestneniu. Túto skutočnosť potvrdzuje aj testovanie významnosti rozdielu, kde sa zistil štatisticky vysoko významný rozdiel pri porovnaní rozmiestnenia jedincov s náhodným rozdelením. Z porovnania rozmiestnenia stromov na TVP XI s náhodným usporiadaním prostredníctvom Clark-Evansovho indexu je možné identifikovať miernu tendenciu k pravidelnému usporiadaniu (hodnota indexu 1,10), index tu dosahuje najnižšiu zistenú hodnotu zo smrekových TVP. Rozdiel oproti náhodnému rozdeleniu sa však potvrdil ako štatisticky nevýznamný (hodnota *t*-testu 1,66) (Tab. 3). Preto môžeme plošnú distribúciu stromov na ploche charakterizovať ako rozmiestnenie približujúce sa k náhodnému rozdeleniu. Na TVP IX dosahuje index agregácie najnižšiu zistenú hodnotu 0,63, na základe ktorej je možné horizontálne usporiadanie stromov v poraste identifikovať ako hľúčkovité. Potvrdzuje nám to aj vysoko signifikantný rozdiel, zistený pri štatistickom testovaní, v porovnaní náhodným (Poissonovým) rozdelením (hodnota *t*-testu je -7,86) (Tab. 3).

Tab. 3 Hodnoty štruktúrálnych indexov na jednotlivých TVP

Tab. 3 Values of structural indexes on individual experimental plots

Index		TVP III	TVP VI	TVP IX	TVP XI
Füldner	T1	0,16	0,17	0,39	0,26
	T2	0,16	0,16	0,42	0,26
	T3	0,16	0,17	0,46	0,27
	priemer	0,16	0,17	0,42	0,26
SDI		549	777	967	884
Clark Evans	hodnota	1,21	1,32	0,63	1,10
	t-test	2,46	4,93	-7,86	1,66

5 DISKUSIA A ZÁVER

Priaznivé pôsobenie lesných porastov v povodiach vodárenských nádrží je v značnej miere ovplyvnené ich štruktúrou a zdravotným stavom. Iba stabilné porasty s vhodnou štruktúrou môžu v dostatočnej miere plniť od nich požadované funkcie. V našom prípade sa jedná predovšetkým o vodohospodársku a vodoochrannú funkčnú účinnosť. Súčasný stav porastov nachádzajúcich sa v I. OP vodárenskej nádrže Klenovec je v značnej miere nevyhovujúci (GUBKA 2002; ŠPIŠÁK, PITTNER 2011), čo je spôsobené predovšetkým zanedbaním pestovnej starostlivosti. Porasty v I. OP vodárenskej nádrže Klenovec sú v porovnaní s porastmi v I. OP vodárenskej nádrže Málinec a Hriňová (GUBKA 2011; GUBKA 2012) staršie, a preto je aj ich štruktúra značne odlišná a tiež ich stav je najkritickejší.

Predmetné smrekové porasty sú v značnej miere výškovo nivelizované, o čom napovedajú aj nízke hodnoty variačného koeficienta (TVP III 10,5 %, TVP VI 6,8 %, TVP XI 19,5 %). Tento stav je spôsobený predovšetkým tendenciou smreka tvoriť vertikálne nivelizovanú výstavbu, ktorú SANIGA, BALANDA (2008), KUCBEL (2006) a iní, z poznatkov o prírodných lesoch v štádiu optima, považujú za najlabilnejšiu. Variačné koeficienty hrúbok smrekových porastov dosahujú hodnoty: TVP III 17,7 %, TVP VI 46,5 %, TVP XI 27,2 %. O hrúbkovej štruktúre vypovedá aj Földnerov index, ktorý nadobúda na TVP III hodnotu 0,16, na TVP VI 0,17, čo svedčí o nízkej hrúbkovej diferenciácii porastov. Na TVP XI sa zistila hodnota 0,26, na základe čoho môžeme konštatovať, že porast je mierne hrúbkovo diferencovaný. Výrazne odlišnú štruktúru majú porasty na TVP IX, hodnota variačného koeficienta výšok je 40,9 % a hrúbok 63,4 %. Je teda zrejmé, že lesný porast na TVP IX je v značnej miere výškovo aj hrúbkovo diferencovaný a jednotlivé stromy nedosahujú takých dimenzií ako na ostatných plochách (priemerná výška je $15,2\text{ m} \pm 6,2$ a priemerná hrúbka $16,3\text{ cm} \pm 9,6$). Index hrúbkovej diferenciácie nadobúda priemernú hodnotu 0,42, čo je hodnota pre zreteľne diferencované porasty. Jedná sa zvyšky pôvodných porastov, ktoré sa zachovali v okolí bočných prítokov na strmých svahoch. Tieto porasty sú tvorené listnatými drevinami, prevažne hrabom a jelšou, avšak toto drevinové zloženie je v značnej miere nevyhovujúce. Aj keď VALTÝNI (1995) pripúšťa primiešanie listnatých drevín do 20 až 30 %, nie je vhodné aby sa výlučne listnaté porasty nachádzali na väčších plochách, ako je to viditeľné v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec.

Index agregácie (CLARK, EVANS 1954) nadobúda pri smrekových plochách hodnoty (TVP III 1,21; TVP VI 1,32; TVP XI 1,0), na základe ktorých môžeme konštatovať tendenciu porastov vytvárať pravidelné usporiadanie jedincov na ploche (TVP VI), respektíve blížiť sa svojim rozmiestnením k náhodnému rozdeleniu (TVP III a TVP XI). Pri výskume prirodzených smrekových lesov sa zistilo, že smrek má tendenciu vytvárať porasty blížiace sa svojou horizontálnou štruktúrou k náhodnému rozdeleniu (KUCBEL 2011; KUCBEL *et. al* 2008). Na TVP IX je naopak tendencia k vytváraniu hlúčikov (hodnota indexu agregácie 0,63). Je to spôsobené tým, že na TVP sa nachádzajú výmladkové jedince hraba a jelše. Potvrdzuje to aj výskum horizontálnej štruktúry jelše lepkavej (BUGAL, PITTNER 2010).

Jednotlivé TVP nadobúdajú hodnoty indexu porastovej denzity (REINECKE 1933) 549 (TVP III), 777 (TVP VI), čo predstavuje hodnoty pre priemerné ochrannú (protieróznú) funkciu, 884 (TVP XI) a 967 (TVP IX), čo je hodnota pre dobré protierózne pôsobenie. Avšak pre potreby vodoochranného a vodohospodárskeho pôsobenia porastov je potrebné vnímať aj iné faktory vyplývajúce z viacerých prác (KOLEKTÍV 1982; ZELENÝ 1969; SLODI-

ČÁK *et al.* 2010). Na základe doteraz získaných poznatkov je možné konštatovať, že TVP III vzhľadom na nízku hustotu a zdravotný stav jedincov (ŠPIŠÁK, PITTNER 2011) neplní v dostatočnej miere požadované funkcie. Pri TVP VI a TVP XI sa pri udržaní súčasného stavu a pri vhodnej starostlivosti predpokladá dostatočná funkčná účinnosť. Lesný porast na TVP IX je z pohľadu špecifických požiadaviek najmenej vhodný a požaduje sa pri ňom aspoň čiastočná zmena drevinového zloženia, aby bol porast funkčne účinný.

Na základe získaných poznatkov, informácií z literatúry a aj zo skúseností z iných vodárenských nádrží je možné odporučiť nasledovné opatrenia:

- diferencovaným prístupom vychovávať porasty na základe ich aktuálneho stavu, za účelom zvýšenia statickej stability porastov,
- odstrániť z I. OP všetky silno poškodené a odumreté jedince a dôsledne dodržiavať porastovú hygienu,
- znížiť výchovnými opatreniami na dlhšiu dobu zápoj porastov (ideálny zápoj pre tieto porasty je nad 0,8),
- výchovné a obnovné postupy realizovať šetrne, aby nedošlo k poškodeniu okolitých stromov,
- pri obnove porastov klásť dôraz na drevinové zloženie budúceho porastu (okrem smreká vysádzať aj spevňujúce dreviny),
- venovať zvýšenú pozornosť následnej generácii a včas usmerňovať ich rast a štruktúru.

Ak chceme udržať vodoochrannú a vodohospodársku funkciu skúmaných porastov, musíme ich začať čo najskôr pestovne usmerňovať tak, aby sme zvýšili jeho statickú stabilitu a funkčnú účinnosť.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry VEGA projekt č. 1/0809/09.

6 Použitá literatúra

- BALANDA, M., 2008: Charakteristika metodického postupu pri hodnotení štruktúry, Textúry, diverzity a regeneračných procesov prírodného lesa v NPR Hrončeský Grúň. Acta Fac. For. L 1, Zvolen, s. 85–96.
- BUGALA, M., PITTNER, J., 2010: Analýza štruktúrálnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. Acta Fac. For. 52 (1), Zvolen, s. 43–54.
- CLARK, P. J., EVANS, F. C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations, *Ecology*, 35 (4): 445–453.
- FÜLDNER, K., 1995: Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern, Dissertation Forstliche Fakultät Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, 146 p.
- GUBKA, K., 1995: Stav porastov a odporúčané výchovné opatrenia v I PHO vodárenskej nádrže Hriňová. Acta Fac. For., Zvolen 47, s. 75–83.
- GUBKA, K., 1997: Optimalizácia výchovy lesných porastov s vodohospodárskou funkciou. TU Zvolen, ZS E6, 2–25 s.
- GUBKA, K., 2002: Štruktúra a výchovné opatrenia v smrekovom poraste so západnou expozíciou v I. PHO vodárenskej nádrže Klenovec. Acta Fac. For., Zvolen 44, s. 59–70.
- GUBKA, K., 2011: Súčasný stav mladého smrekového porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a menících se podmínkách prostředí, VÚLHM Strnady, 173–184.
- GUBKA, K., 2012: Diferencovaná štruktúra brehového porastu vodárenskej nádrže Hriňová. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží, TU Zvolen, s. 23–34.
- JAKUBIS, M., TRNAVSKÝ, P., 2000: Výskum prítokov vodárenskej nádrže Klenovec z hľadiska stupňa ustálenosti korýt. Acta Fac. For., XLII, Zvolen, 355–366 s.
- KANTOR, P., 1993: Zásady pěstování lesů v povodí plánované vodárenské nádrže Tichý Potok (Levočské pohorie). In: Lesnictvo a výskum v meniacich sa ekologických a ekonomických podmienkach v SR, LVÚ Zvolen, 93–102 s.

- KOLEKTÍV 1982: Metodické pokyny MLVH SSR z 13. augusta 1982 č. 6184/82-5/161-160. Postup pri obhospodarovani lesov v ochranných pásmach vodných zdrojov.
- KUCBEL, S., 2006: Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkyh Tatier. Dizertačná práca, Zvolen, 108 p.
- KUCBEL, S., VENCÚRIK, J., JALOVIAR, P., KURIŠ, P., 2008: Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese Nízkyh Tatier. Acta Fac. For., L, č. 2, s. 57–65.
- KUCBEL, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkyh Tatier, TU Zvolen, 138 p.
- NIČ, J., TÓBIS, Š., 2012: Ekologicko-typologická charakteristika lesných spoločenstiev v ochrannom pásme I. stupňa vybraných vodárenských nádrží. In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží, TU Zvolen, s. 81–88.
- PETRÁŠ, R., PAJTIK, J., (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37, (1), s. 49–56.
- PRETZSCH, H., 2002: Grundlagen der Waldwachstumsforschung, Parey Buchverlag, Berlin, 414 pp.
- REINEKE, L.H., 1933: Perfecting a stand density index for even-aged forests, Journal Agric. Res. 46: 627–638.
- SANIGA, M., 2007: Pestovanie lesa. LF TU Zvolen. 247 s.
- SANIGA, M., BALANDA, M., 2008: Dynamics of tree species composition and characteristics of available space utilization in the natural forest of the National Nature Reserve Hrončokovský grúň. *Journal of Forest Science* 54(11): p. 497–508.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., NAVRÁTIL, P., 2010: Výchova porostů v ochranných pásmach vodních zdrojů. Lesnícký průvodce č.1, VÚLHM, Strnady, 31 s.
- ŠPIŠÁK, J., PITTNER, J., 2011: Analýza štruktúry lesných porastov v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec. In: KACÁLEK, D., JURÁSEK, A., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., (eds.): Proceedings of Central European Silviculture, 12th International Conference, s. 161–172.
- VALTÝNI, J., 1995: Základy hydrológie a lesníckej hydrológie. TU Zvolen, 102 s.
- ZELENÝ, V., 1969: Perspektivita členění vodohospodářských účinků lesů vzhledem k vzrůstající potřebě vody. Lesnická práce, 48, č. 2, 76–78 s.
-

Adresa autora:

Ing. Jozef Špišák

Katedra pestovania lesa

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovenská Republika

e-mail: spisak@vsld.tuzvo.sk

Skladba porastov v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec

Abstrakt

Cieľom tohto príspevku je analýza súčasného stavu porastu v ochrannom pásme I. stupňa vodárenskej nádrže (VN) Klenovec. Vlastné merania sa uskutočnili na 4 trvalých výskumných plochách založených v smrekových porastoch a 1 trvalej výskumnej ploche založenej v listnatom poraste. Pre každú TVP boli kvantifikované hodnoty základných porastových veličín ako aj viacerých štruktúrnych indexov. Z analýzy nameraných údajov sa zistila výrazná výšková nivelizácia smrekových porastov. Pri hodnotení porastov pomocou indexu porastovej denzity sa zistili priemerné až dobré parametre ich ochranného pôsobenia. Analýza hrúbkovej štruktúry pomocou Földnerovho indexu poukázala na nízku až strednú hrúbkovú diferenciáciu skúmaných porastov. Z hodnotenia priestorovej štruktúry pomocou Clark-Evansovho indexu vyplýva že pôvodné listnaté porasty nachádzajúce sa v I. ochrannom pásme majú tendenciu k vytváraniu hlúčikov a smrekové porasty majú tendenciu k pravidelnému rozmiestneniu.

Kľúčové slová: I. ochranné pásmo, smrek obyčajný, štruktúrne indexy.

HRÚBKOVÉ A VÝŠKOVÉ ZLOŽENIE PRALESA S DOMINANCIOU BUKA V NPR SKALNÁ ALPA

Jozef Z R A K

Zrak, J.: Diameters and heights of beech in measured dominated part of old-growth forest Skalná Alpa. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 91–100.

This paper deals with the analysis of height and diameter structure. The beech dominated part of old-growth forest Skalná Alpa was analysed. Data was collected from three PRP with total size 2.5 ha. Permanent research plots were established in *Fac*, *Fac* hum and *FP* forest plant communities. Results show that average tree DBH are lower in compared with beech old-growth forests in Slovakia. The tree distribution on research plots is random. DBH distribution showed significant differences. The beech height growth is determined by hight altitude. Old-growth forest Skalná Alpa is tended to height diferenciation.

Key words: beech, NNR Skalná Alpa, old-growth, diameter, height

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Buk lesný sa na Slovensku vyskytuje od 200 m n. m. až po 1 400 m n. m. Porasty vytvára od 2. až po 6. lvs., pričom na niektorých miestach a za určitých podmienok tvorí hornú hranicu lesa. Maximálnu hornú hranicu stromového výskytu dosahuje buk lesný práve na vápencových lokalitách Veľkej Fatry (BLATTNÝ, ŠTASTNÝ 1959). Buk má v 4. lvs svoje produkčné aj ekologické optimum (KRIŽOVÁ 1995). V týchto podmienkach sa nachádzajú typické bukové pralesy ako napr. Badín, Havešová, Stužica, s charakteristickým priebehom vývojového cyklu a štruktúrou. Takéto pralesy sú už viac ako 40 rokov predmetom výskumu (KORPEL 1989; SANIGA, SCHÜTZ 2001, SANIGA, 2002; SANIGA, KLIMAŠ 2004; KUCBEL *et al.* 2012). Pralesy 6. lvs sú na Slovensku tvorené prevažne drevinovou zmesou smrek, jedľa, buk a majú charakteristický priebeh vývojového cyklu ako aj štruktúru výrazne odlišnú od bukových pralesov (KORPEL 1989; KORPEL, SANIGA 1995). Pralesy s dominanciou buka nachádzajúce sa v 6. lvs, najmä pre ich sporadický výskyt a nedostupnosť, neboli tak intenzívne skúmané.

Môžeme predpokladať, že ich štruktúra bude determinovaná dominanciou buka a extrémnymi klimatickými podmienkami. Výsledná štruktúra bude pravdepodobne odlišná od pralesov nachádzajúcich sa v rastovom optime buka, ako ja od pralesov tvorených karpatskou zmesou, nachádzajúcich sa v 6. lvs.

Štruktúra porastu je tradične reprezentovaná popisom porastu prostredníctvom základných dendrometrických veličín (napr. KORPEL 1989, SANIGA 1995, RÉH 1999, OHEIMB *et al.* 2005). Základným znakom pri popise štruktúry pralesov v Európe je rozdelenie hrúbkových početností jedincov (napr. KORPEL 1989, LEIBUNGUT 1993, SANIGA 2002, SANIGA *et al.* 2011, KUCBEL 2011). Tradične sa zvykla hrúbková štruktúra pralesa popisovať klesajúcou krivkou tvaru „J“, avšak, novšie výskumy potvrdili, že vhodnejšou alternatívou je použitie kombinácie viacerých funkcií ako napr. Weibullova sedemparametrická

funkcia (ZHANG *et al.* 2001, KUCBEL *et al.* 2012). Grafické metódy (rozdelenia početností) zvyčajne nie sú schopné detailne popísať rozdiely v štruktúre. Preto sa navrhlo množstvo kvantitatívnych metód. Najčastejšie používanými kvantitatívnymi metódami sú indexové metódy (PITTNER, SANIGA 2008; BUGALA, PITTNER 2010). Často využívané sú napr.: index agregácie (CLARK, EVANS 1954), Giniho koeficient vertikálnej diferenciácie porastu (DIXON *et al.* 1987) a Földnerov index hrúbkovej diferenciácie (FÜLDNER 1995).

Cieľom práce je:

- analyzovať hrúbkovú a výškovú štruktúru pralesa s dominanciou buka v NPR Skalná Alpa,
- overiť, či rovnako ako v bukových pralesoch 4. lvs je empirické rozdelenie hrúbkových početností zhodné s Weibullovou 7-parametrickou funkciou,
- popísať štruktúru pralesa prostredníctvom indexov a výsledky porovnať s výsledkami z bukových pralesov.

2 CHARAKTERISTIKA VÝSKUMNÉHO OBJEKTU

Skalná Alpa (1 463,2 m n. m.) je jedným s vrchov orografického celku Veľká Fatra. Nachádza sa na 48°58'58.11" severnej šírky a 19°11'27.68" východnej dĺžky v Žilinskom kraji, v okrese Ružomberok, v katastri obce Liptovská Osada a Ľubochňa. Za NPR bola vyhlásená v roku 1964 s výmerou 67,46 ha (VYSKOT 1981). Neskôr v roku 1993 bola rozšírená na súčasných 524,55 ha. Geologické podložie je tvorené vápencami a dolomitmi. Z pôdných typov prevažuje rendzina hnedá a rendzina typická, vyskytujú sa taktiež hnedé lesné pôdy (VESTENICKÝ, VOLOŠČUK 1986). KORPEL (1989) uvádza v NPR Skalná Alpa nasledovné drevinové zloženie: SM 65 %, JD 10 %, BK 20 %, JH 5 %. Tie-to porasty patriace do skupín lesných typov *Fageto-Aceretum humile*, a *Abieto-Fagetum*, prechádzajú v siedmom lesnom vegetačnom stupni do prestarnutých porastov patriacich do slt *Fageto-Picetum* a *Acereto-Picetum* (KORPEL 1989). SANIGA M., SANIGA MIR. (2004) uvádzajú pre NPR Skalná Alpa nasledovné klimatické charakteristiky: priemerná ročná teplota 4 °C, úhrnné ročné zrážky 1 000 až 1 200 mm, z toho 400–450 mm vo vegetačnej dobe, priemerný počet letných dní v roku s teplotou nad 25 °C je 20 a priemerný počet mrazových dní v roku je 170.

3 METODIKA

Dáta boli zozbierané na troch trvalých výskumných plochách (TVP) s celkovou výmerou 2,5 ha. TVP sa nachádzajú vedľa seba v nadmorskej výške 1 150 m n. m. na severovýchodnom a severnom svahu so sklonom 30°. Samotnému založeniu TVP predchádzal fytocenologický prieskum. TVP 1 bola založená v slt *F4c*, TVP 2 v slt *F4c hum* a TVP 3 v slt *FP*. Medzi jednotlivými TVP sa nachádzajú 50 m široké izolačné pásy. Pôdnym typom je rendzina typická. Okrem buka sa na drevinovom zložení porastu TVP podieľa javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.), smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), jedľa biela (*Abies alba* Mill.) a jarabina mukyňová (*Sorbus aria* L.). Pričom posledné tri dreviny sa nachádzajú len ako jednotlivá prímies. V bylinnom kryte prevládajú vysoké byliny. Dominujú horské druhy a pristupujú kalcifity a subalpínske druhy. Vyskytuje sa napr.: *Allium ursinum*, *Corthusa mathioli*, *Soldanella carpathica*, *Mercurialis perennis*, *Dentaria* sp., *Veratrum album*, *Sanicula europaea*, *Oxalis acetosella* a iné. Výskum bol vykonaný na troch trvalých výskumných plochách. Prvé

dve o rozmeroch 150×50 m (0,75 ha), a tretia 200×50 m (1,00 ha). Výskumné plochy boli založené v časti pralesa NPR Skalná Alpa s dominanciou buka, vymerané pomocou technológie Field-Map a stabilizované pomocou drevených kolíkov. Plochy boli orientované dlhšou stranou po vrstevnici. Každá plocha bola rozdelená kvôli lepšej orientácii na 12 čiastkových plôch o výmere 25×25 m.

Na TVP 1 až 3 boli zmerané výšky a hrúbky jedincov hrubších v $d_{1,3}$ ako 2 cm. Meranie hrúbok sa vykonávalo dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením, podľa všeobecných zásad priemerkovania (ŠMELKO 2000) s presnosťou na 1 mm. Meranie výšok sa vykonávalo pomocou výškomeru VERTEX III s presnosťou na 0,5 m. Pri jedincov tenších v $d_{1,3}$ ako 5 cm, rastúcich spravidla vo veľkej hustote sa vykonávalo meranie výšok pomocou výškomernej laty. Hrúbky boli zaradené do 4 cm hrúbkových stupňov. Jedince boli roztriedené do vrstiev pralesa na základe ich výšky. Vrstvy pralesa boli definované na základe tretín hornej výšky pralesa vypočítanej ako 10 % najvyšších stromov.

Hrúbková štruktúra skúmanej plochy bola analyzovaná pomocou Földnerovho indexu hrúbkovej diferenciácie FÜLDNER (1995). Rozdelenie hrúbkových početností bolo vyrovnané exponenciálnou funkciou, Weibulovou trojparametrickou funkciou a bimodálnou sedemparametrickou Weibullovou funkciou (ZHANG *et al.* 2001) v programovom balíku R-software. Pri testovaní zhody empirického rozdelenia početností so zvoleným teoretickým bol použitý χ^2 test. Rozdiely v hrúbkach drevín medzi jednotlivými plochami navzájom bol testovaný jednofaktorovou analýzou variancie. Rozmiestnenie stromov v pralese bolo hodnotené prostredníctvom Clark-Evansovho indexu agregácie (CLARK, EVANS 1954) pomocou programu BWINPro. Vertikálnu diferencovanosť porastu, sme hodnotili pomocou Giniho indexu výškovej diferenciácie (G) (DIXON *et al.* 1987), podľa vzorca:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (2i - n - 1) h_i}{\sum_{i=1}^n h_i (n - 1)}$$

h_i – výška i-teho jedinca,

n – počet jedincov,

i – poradie jedinca pri vzostupnom usporiadaní.

Na výpočet sa použil program MS Excel. V lesníckom výskume ho na charakterizovanie vertikálnej štruktúry porastu použil (LATHAM *et al.* 1998). Hodnota Giniho koeficientu sa teoreticky pohybuje v intervale od 0 do 1. Hodnota 0 predstavuje výškovo úplne nivelizovaný porast, a hodnota 1 reprezentuje stav, pri ktorom všetky jedince okrem jedného majú nulovú výšku. Na hodnotenie vertikálnej diferencovanosti KUCBEL (2006), použil škálu, kde sa porast s $G \geq 0,370$ považuje za výškovo diferencovaný, a výškovo nivelizovaný porast je ak $G \leq 0,270$.

4 VÝSLEDKY

Drevinové zloženie

V drevinovom zložení pralesa (tab. 1) na TVP 1 dominuje buk lesný 95,2 % podielom z celkového počtu jedincov a 92,4 % podielom na objeme. Ako prímies sa vyskytuje javor horský a smrek obyčajný. Na TVP 2 taktiež početne aj objemovo dominuje buk lesný.

Tab. 1: Drevinové zloženie pralesa v NPR Skalná Alpa podľa počtu a objemu ($d_{1,3} > 4$ cm)

Tab. 1: NPR Skalná Alpa old-growth tree species composition, according to number and volume (DBH > 4 cm)

Drevina	BK	JH	SM	Spolu	BK	JH	SM	Spolu:
	Ks (ks.ha ⁻¹)				V (m ³ .ha ⁻¹)			
TVP 1	360	14	4	378	313,41	10,02	15,73	339,16
%	95,2	3,7	1,1	100	92,4	3	4,6	100
TVP 2	470	49	8	527	251,87	45,64	36,53	334,04
%	89,2	9,3	1,5	100	75,4	13,7	10,9	100
TVP 3	491	49	155	695	153,05	19,372	185,29	357,70
%	70,6	7,1	22,3	100	42,8	5,4	51,8	100

drevina – tree species, BK – beech, JH – maple, SM – spruce, spolu – total, ks – number, ks.ha⁻¹ – pc per ha, V – volume, m³.ha⁻¹ – m³ per ha, TVP – PRP

V pralese sa ešte výrazne presadzuje javor horský a smrek obyčajný. Smrek má výrazný podiel len na objemovej produkcii, pričom jeho podiel na počte jedincov je nepatrný. Z ostatných druhov drevín sa na ploche v nepatrnom množstve (4 ks) vyskytujú jaseň štíhly a jarabina mukyňová. Buk lesný je na TVP 3 taktiež dominantnou drevinou svojim podielom na počte a na objeme. Druhou najpočetnejšou drevinou je smrek obyčajný, ktorý však objemovo dominuje. Na TVP 3 sa ešte výrazne uplatňuje javor horský.

Hrúbková štruktúra

Pri hodnotení hrúbok drevín na jednotlivých TVP, výsledky poukázali, že najväčšie dimenzie buka lesného sa vyskytujú na TVP 1 a javora horského na TVP 2 (tab. 2). Testovanie jednofaktorovou analýzou variancie potvrdilo štatisticky významný rozdiel v hrúbkach buka na TVP 1 oproti ostatným TVP. Analýza variancie hrúbok javora horského však potvrdila štatistickú významnosť rozdielov v hrúbkach javora len medzi TVP 2 a 3. Výskyt smreka obyčajného na TVP 1 a 2 možno označiť za sporadický. Nízky počet jedincov, ktoré sa tu nachádzajú (tab. 1), nie je dostatočný pre vyvodzovanie všeobecných záverov. Najhrubší zmeraný strom bol smrek obyčajný s hrúbkou v $d_{1,3}$ 112,3 cm, rastúci na TVP 2.

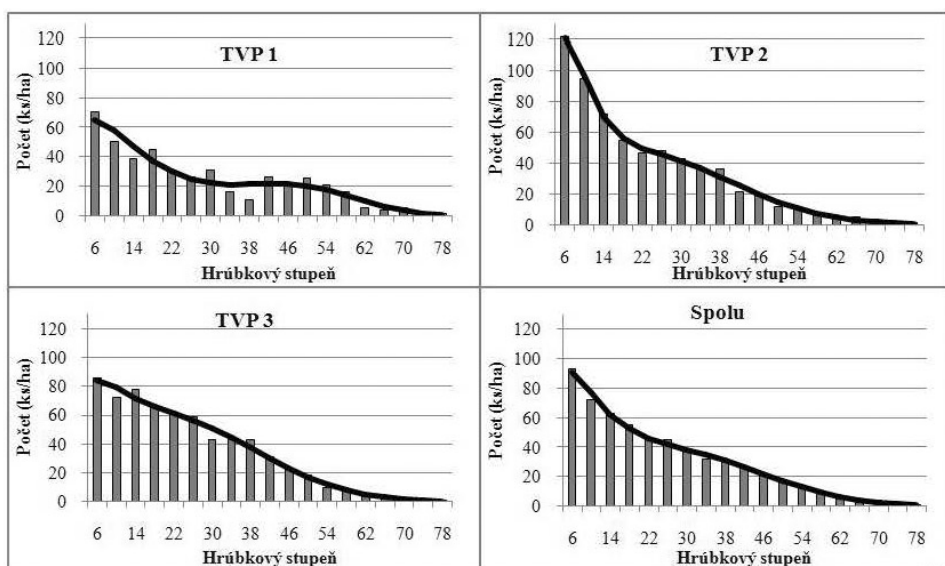
Tab. 2: Popisné charakteristiky hrúbok drevín na jednotlivých TVP NPR Skalná Alpa (údaje v cm)

Tab. 2: Tree diameter characteristics on PRP's in NNR Skalná Alpa (data are in cm)

Plocha	TVP 1			TVP 2			TVP 3		
Drevina	BK	JH	SM	BK	JH	SM	BK	JH	SM
Medián	18,7	27,4	58,8	13,9	29,6	63,4	15,1	21,5	38,7
Modus	2,1	31,1	X	2,3	31,6	X	3,0	16,6	35,7
Ar. priemer	24,0	27,4	55,7	19,0	31,0	61,3	17,8	23,0	37,3
Sm. odchýlka	18,8	6,9	28,5	15,2	10,3	28,8	12,4	8,9	15,7

plocha – plot, TVP – PRP, drevina – tree species, BK – beech, JH – maple, SM – spruce, medián – median, modus – modulus, ar. priemer – average, sm. odchýlka – standard deviation

Rozdelenie hrúbkových početností na TVP 1 má tvar ľavostranne asymetrický, klesajúci (obr. 1). Rozdelenie početností má evidentne dva vrcholy. Prvý v hrúbkovom stupni 6 a druhý zhruba v hrúbkovom stupni 50. Rozdelenie hrúbkových početností bolo porovnávané so 7-parametrickou Weibulovou funkciou. Pri testovaní zhody empirického rozdelenia početností so zvoleným teoretickým (χ^2 testom), sa však nepotvrdila zhoda ($p = 0,0298$). V prípade TVP 2, má rozdelenie hrúbkových početností tvar ľavostranne asymetrickej klesajúcej krivky, s vrcholom v 6 hrúbkovom stupni (obr. 1). Pri porovnávaní rozdelenia s modelovými funkciami (exponenciálnou, Weibullovou 3-parametrickou, Weibullovou 7-parametrickou), testovanie χ^2 testom, potvrdilo zhodu ($p = 0,8141$) len pri poslednej menovanej funkcii.



TVP – PRP, spolu – total, počet – number; ks/ha⁻¹ – pc per ha, hrúbkový stupeň – DBH

Obr. 1: Histogramy rozdelenia hrúbkových početností v NPR Skalná Alpa na jednotlivých TVP a sumárny, vyrovnané bimodálnou sedemparametrickou Weibullovou funkciou

Fig. 1: Tree diameter distributions for each PRP and sum for all PRP's in NNR Skalná Alpa. Distributions are fitted by bimodal 7-parametric Weibull function

Obdobná situácia ako na TVP 2, je aj na TVP 3 (obr. 1). Napriek klesajúcemu tvaru rozdelenia, s vrcholom v hrúbkovom stupni 6, sa pri porovnávaní (χ^2 test) s modelovými funkciami potvrdila štatisticky významná zhoda len pri Weibullovej 7-parametrickej funkcii ($p = 0,9702$). Situácia sa opakuje aj pri pohľade na sumárny histogram rozdelenia hrúbkových početností drevín v pralese, bez ohľadu na TVP (obr. 1). Štatisticky významná zhoda sa potvrdila len pri porovnaní empirického rozdelenia s Weibullovou 7-parametrickou funkciou ($p = 0,6203$).

Najvyššia hodnota indexu hrúbkovej diferenciácie (T3) 4 najbližších susedných stromov, sa dosiahla na TVP 1 (0,541). Hodnota indexu hrúbkovej diferenciácie znamená, že priemerný rozdiel v hrúbkach v rámci štyroch najbližších jedincov na skúmanej ploche, bol viac ako 54 %. Hrúbkovú diferenciáciu praleša na TVP 1 možno označiť za vysokú. Hrúbková diferenciácia na ostatných plochách rovnako, ako aj všetkých TVP spolu, je stredná (tab. 3).

Tab. 3: Hodnoty Földnerovho indexu hrúbkovej diferenciácie pre centrálnu dvojicu až štvoricu na TVP 1 až 3

Tab. 3: Földner diameter differentiation index for central two, three or four trees on PRP 1–3

Plocha	T1	T2	T3
TVP1	0,517	0,537	0,541
TVP2	0,474	0,491	0,480
TVP3	0,419	0,423	0,429
Spolu:	0,423	0,419	0,424

plocha – plot, TVP – PRP, spolu – total

Pri hodnotení agregácie stromov sme použili Clark-Evansov index, s korekciou okrajového efektu podľa Donellyho. Hodnoty Clark-Evansovho indexu agregácie (tab. 4) potvrdili, že rozmiestnenie stromov na všetkých skúmaných plochách pralesa je náhodné. S pomedzi analyzovaných plôch majú stromy na TVP 3 najväčšiu tendenciu k zhľukovaniu.

Tab. 4: Hodnoty Clark-Evansovho indexu agregácie stromov v pralese NPR Skalná Alpa

Tab. 4: Values for Clark-Evans aggregation index in NNR Skalná Alpa old-growth

Plocha	TVP 1	TVP 2	TVP 3	Spolu
Clark-Evans	0,959	0,988	0,823	0,910
Donelly	0,935	0,968	0,807	0,893

plocha – plot, TVP – PRP, spolu – total

Výšková štruktúra porastu

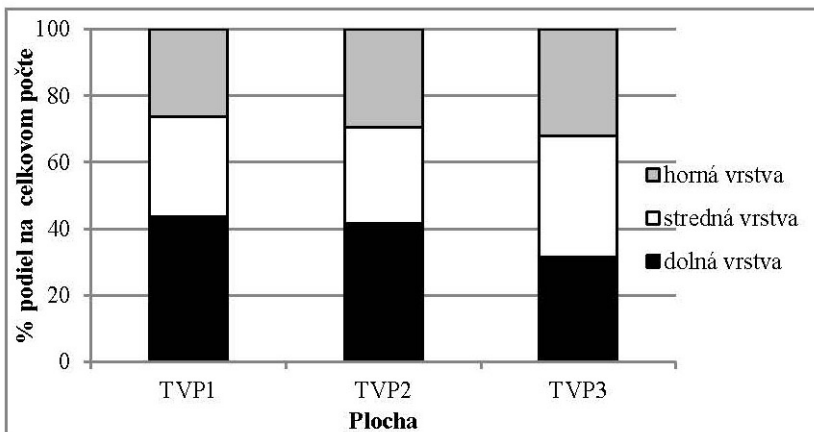
Buk lesný ako hlavná drevina pralesa dosahuje najväčšie výšky na TVP 1 (tab. 5.), kde zároveň početne aj objemovo dominuje (tab. 1). Javor horský dosahuje najväčšie výšky na TVP 2, kde je s pomedzi analyzovaných plôch najpočetnejší. Na TVP 2 dosahuje najväčšie výškové dimenzie aj smrek obyčajný, a to napriek tomu, že jeho výskyt na prvých dvoch plochách len sporadický. Smrek obyčajný dosahuje v pralese najväčšie výšky z pomedzi všetkých drevín. Najvyšší zaznamenaný strom bol smrek obyčajný s výškou 44,2 m.

Tab. 5: Popisné charakteristiky výšok drevín na jednotlivých TVP (údaje v m)

Tab. 5: Tree height characteristics on PRP's in NNR Skalná Alpa (data are in m)

Plocha	TVP 1			TVP 2			TVP 3		
Drevina	BK	JH	SM	BK	JH	SM	BK	JH	SM
Medián	11,2	17,0	26,8	10,3	19,9	28,1	11,2	15,7	22,8
Modus	3,4	15,4	X	3,7	16,5	X	7,5	9,5	27,6
Ar. priemer	13,3	17,3	23,2	12,4	19,6	24,5	12,1	15,6	20,5
Sm. odchýlka	8,9	5,6	11,6	7,9	5,0	12,7	6,4	4,6	7,7
Horná výška	30,3			27,9			27,3		

plocha – plot, TVP – PRP, drevina – tree species, BK – beech, JH – maple, SM – spruce, medián – median, modus – modus, ar. priemer – average, sm. odchýlka – standard deviation, horná výška – upper height



podiel – ratio, plocha – plot, TVP – PRP, horná vrstva – upper layer, stredná vrstva – middle layer, spodná vrstva – lower layer

Obr. 2: Prerozdelenie stromov na jednotlivých TVP pralesa NPR Skalná Alpa do vrstiev

Fig. 2: Tree distribution in to the old-growth layers on PRP's in Skalná Alpa

Prerozdelenie jedincov do jednotlivých vrstiev pralesa je na obr. 2. Najväčší podiel jedincov dolnej vrstvy (43,5 %) je na TVP1, stredná vrstva je zastúpená 30,1 % a horná 26,4 %. Podobná situácia je na TVP 2, kde je podiel dolnej vrstvy podobný (41,6 %). Podiel jedincov strednej a hornej vrstvy je takmer rovnaký (29 a 29,4 %), tieto hodnoty sú blízke hodnote z TVP 1. Mierne odlišná je situácia na TVP 3, kde je dolná vrstva zastúpená 31,4 %, stredná 36,4 a horná 32,2.

Hodnoty Giniho indexu sa na analyzovaných plochách pohybujú od 0,291 (TVP 3), cez 0,345 (TVP 2) po 0,361 (TVP 1). Prales na TVP 1 je výškovo najdiferencovanejší. Najmenej diferencovaný je porast na TVP 3.

5 DISKUSIA

V drevinovom zložení pralesa NPR Skalná Alpa napriek nadmorskej výške 1 150 m n. m. početne aj objemovo dominuje buk lesný. Jeho podiel na drevinovom zložení kolíše v závislosti od stanovišťa od 70 do 95 %. Dôležitá zložka porastu je javor horský s podielom od 4 do 17 %. Smrek obyčajný sa výrazne uplatňuje v slt *FP* (TVP 3), kde je jeho podiel na drevinovom zložení 22 %. Na prvých dvoch TVP podiel smreka osciluje okolo 1 %. Dominancia buka v týchto nadmorských výškach je zapríčinená najmä edafiky. Práve na vápencových lokalitách Veľkej Fatry dosahuje buk lesný hornú hranicu stromového výskytu na Slovensku (BLATTNÝ, ŠTASTNÝ 1959). Práce zaoberajúce sa pralesmi s dominanciou buka nachádzajúcimi sa v 6. lesnom vegetačnom stupni (Ivs) v dostupnej literatúre absentujú. Získané výsledky preto budeme komparovať hlavne s výsledkami z typických bukových pralesov nachádzajúcimi sa v 4. Ivs.

V porovnaní s bukovými pralesmi sú dimenzie jedincov buka v NPR Skalná Alpa menšie. Rozdiely sú z titulu odlišnej klímy a extrémnych podmienok pre buk. Diferencie medzi dimenziami drevín na jednotlivých TVP v NPR Skalná Alpa sú zapríčinené odlišnou kvalitou stanovišťa. Tvar rozdelenia hrúbkových početností sa dá popísať 7-parametrickou Weibulovou funkciou. Testovanie zhody tvaru modelovej funkcie s empirickým

rozdelením sa potvrdilo, s výnimkou TVP 1. Napriek použitiu funkcie, ktorá sa bežne používa na popis tvaru rozdelenia hrúbkových početností pralesov v stredoeurópskych podmienkach, sú evidentné značné rozdiely. V porovnaní s inými pralesmi Slovenska (BALANDA 2010; BUGOŠOVÁ 2011; DANKOVÁ 2012; KUCBEL *et al.* 2012), sú v NPR Skalná Alpa ostatné hrúbkové stupne v pomere k prvým (6., 10.) početnejšie. Dôvodom je, že dreviny rastúce na živnejších stanovištiach vykazujú väčšiu toleranciu na zatienenie ako dreviny na chudobnejších stanovištiach (BAKER 1950; WUENSCHER, KOZLOWSKI 1971). Buk lesný v NPR Skalná Alpa má kvôli extrémnym podmienkam vyššie nároky na svetlo ako vo svojom ekologickom optime. Preto koruny stromov hornej vrstvy nie sú tak nahustené ako v 4. lvs. Koruny stromov sú tiež redšie ako v optime buka. Tieto skutočnosti dávajú predpoklad pre existenciu početnej strednej vrstvy. Horná a stredná vrstva konkurujú jedincom dolnej vrstvy hlavne pohlcovaním disponibilného slnečného žiarenia. Uvedené skutočnosti v spojitosti s prítomnosťou prímеси javora horského, resp. smreka obyčajného spôsobujú, že rozdelenie hrúbkových početností na TVP 2 a 3 má ľavostranne klesajúci tvar. Takýto tvar je najvýraznejší práve na TVP 3, kde sa smrek nachádza v nadúrovni a buk lesný spolu s javorom horským v úrovni a strednej vrstve.

Vysoká úroveň hrúbkovej diferenciácie vyjadrená Földnerovým indexom bola na TVP 1 (0,532). Na TVP 2 a 3 bola zistená stredná hrúbková diferenciácia. Vysoký stupeň hrúbkovej diferenciácie bol zistený aj v NPR Rožok (BUGOŠOVÁ 2011) a Hrončecký grúň (BALANDA 2010). PITTNER, SANIGA (2008) v NPR Nefcerka uvádza hodnoty Földnerovho indexu od 0,19 do 0,56 v závislosti od vývojového štádia.

Clark-Evansov index agregácie potvrdil náhodné rozdelenie stromov na ploche pralesa. Tým sa potvrdili aj výsledky práce BALANDU (2010) a BUGOŠOVEJ (2011). V NPR Nefcerka však PITTNER, SANIGA (2008) uvádza, že so stúpajúcou nadmorskou výškou má smrek ako základná drevina tendenciu ku zhlukovateniu.

Buk lesný nachádzajúci sa v NPR Skalná Alpa dosahuje výrazne menších výšok ako v pralesoch nachádzajúcich sa v bukovom optime (BUGOŠOVÁ 2011; KUCBEL *et al.* 2012). Uvedená skutočnosť sa odráža aj v nižších horných výškach pralesa. Pre porovnanie BUGOŠOVÁ (2011) uvádza v NPR Rožok hornú výšku pralesa až 40,9 m. KUCBEL *et al.* (2012) rozlišuje dve skupiny bukových pralesov, v prvej horná výška nepresahuje 41 m a v druhej skupine pralesov 34 m.

Pri pohľade na prerozdelenie jedincov do vrstiev pralesa je najviac dominantná spodná vrstva (41,6 a 43,5 %) s výnimkou TVP 3, kde prevažuje stredná vrstva (36,4 %). Jedincov nachádzajúcich sa v strednej vrstve je 29 až 36 % a v hornej vrstve 26–32 %. Pri porovnaní s NPR Rožok, kde sa nachádza 60 % a viac jedincov v dolnej vrstve, cca 12 % v strednej a 28 % jedincov v hornej vrstve (BUGOŠOVÁ 2011), je výrazný hlavne malý podiel jedincov dolnej a veľký počet jedincov strednej vrstvy.

Rozdiely v prerozdelení jedincov do vrstiev medzi jednotlivými TVP možno vysvetliť odlišným drevinovým zložením. Na prvých dvoch TVP sa vyskytuje len buk s rôzne veľkou prímесou javora horského, no na TVP 3 sa na drevinovom zložení výrazne uplatňuje aj smrek obyčajný. Jedince smreka majú charakter úrovňových a nadúrovňových jedincov, ktoré ovplyvnili výpočet hornej výšky pralesa. Časť jedincov buka, ktorá by pri absencii smreka (určujúceho hornú výšku) patrila do hornej vrstvy, tak patrí do vrstvy strednej. Keďže 69 % jedincov je sústredených do hornej a strednej vrstvy preto aj hodnoty Giniho indexu výškovej diferenciácie na TVP 3 sú najnižšie. Hodnoty Giniho indexu na ostatných dvoch TVP sa najviac približujú údajom zo štádia dorastania z NPR Rožok ($G = 0,235$). V ostatných štádiách vývojového cyklu pralesa Rožok nadobúda

Giniho index vyššie hodnoty (0,462–0,501) (BUGOŠOVÁ 2011). Môžeme tvrdiť, že prales v NPR Skalná Alpa je v priemere výškovo nivelizovanejší ako prales v NPR Rožok. V porovnaní s pralesom NPR Hrončecký grúň nachádzajúcim sa v 5. lvs na produkčne bohatom stanovišti, kde sa priemerná hodnota Giniho indexu rovná 0,26 (BALANDA 2010), je však NPR Skalná Alpa výškovo diferencovanejšia.

6 ZÁVER

Na základe analýz vykonaných na troch TVP v pralese s dominanciou buka v NPR Skalná Alpa možno vysloviť nasledujúce závery:

- Aj napriek vysokej nadmorskej výške (1 150 m n. m.) je tu buk lesný hlavnou porastotvornou drevinou. Na určitých stanovištiach tvorí takmer rovnorodé porasty.
- Hrúbkové a výškové dimenzie jedincov buka sú oproti pralesom nachádzajúcim sa v rastovom a ekologickom optime buka výrazne nižšie.
- Rovnako ako v bukových pralesoch 4. lvs sa empirické rozdelenie hrúbkových početností štatisticky významne zhoduje s bimodálnou sedemparametrickou Weibullovou funkciou. Napriek zhodnej popisnej funkcii sú však zjavné výrazné disproporcie v pre-rozdelení početností do jednotlivých hrúbkových stupňov.
- Rozmiestnenie stromov po ploche pralesa má náhodný charakter.
- Hrúbková diferenciácia pralesa je stredná.
- Prales má tendenciu k výškovej diferenciácii.

Pod'akovanie

Výskum bol vykonaný s finančnou podporou projektu APVV-0286-10.

7 Literatúra

- BAKER, F. S., 1950: Principles of silviculture, McGraw-Hill, New York.
- BALANDA, M., 2010: *Štruktúra, textúra, diverzita a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v NPR Hrončecký grúň*, Dizertačná práca, TU Zvolen, 118 s.
- BLATNÝ, T., ŠTASTNÝ, T. 1959. Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava.
- BUGALA, M., PITTNER, J., 2010: Analýza štruktúrnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 52 (1), s. 43–54.
- BUGOŠOVÁ, L., 2011: *Štruktúra, textúra, produkcia a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok*. Dizertačná práca, Tu Zvolen, 111 s.
- CLARK, P. J., EVANS, F. C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatian relationship in populations. Ecology, 35, p. 445–453.
- DANKOVÁ, L., 2012: Produkčné pomery a nekromasa pralesa NPR Sitno, unpublished manuscript
- DIXON, P.M., WEINER, J., MITCHEL-OLDS, T., WOODLEY, R. 1987. Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality. In *Ecology*, vol. 68, p. 1548–1551.
- FÜLDNER, K. 1995. *Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz- Mischwäldern*: Dissertation. Göttingen : Forstliche Fakultät Göttingen, Cuvillier Verlag, 146 p.
- KORPEL, Š., 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda: 329 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: Príroda blízke pestovanie lesa. ÚVVP LVM SR Zvolen, 158 p.
- KRIŽOVÁ, E. 1995. *Fytocenológia a lesnícka typológia*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 1995. 203 s.
- KUCBEL, S. 2006. *Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkyh Tatier* : Dizertačná práca. Zvolen: TUZVO, 2006. 108 s.
- KUCBEL, S., 2011: *Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkyh Tatier*, TU Zvolen, 138p.
- KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVIAR, P., VENCURIK, J., 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective, *Forest Ecology and Management*, **264**, pp: 125–133

- LATHAM, P.A., ZUURING, H.R., COBLE, D.W., 1998: A method for quantifying vertical forest structure, *For. Ecol. Manage.* **104**: 157–170.
- LEIBUNGUT, H. 1993. *Europäische Urwälder*. Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft. Bern : Haupt. 1993. 260 p.
- OHEIMB, G., WESTPHAL, CH., TEMPEL, H., HÄRDITLE, W. 2005. Structural pattern of near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*) (Serrahn, North-east Germany). In *For. Ecol. Manag.* 2005, vol. 212, p. 253–263.
- PITTNER, J., SANIGA, M., 2008: A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). *Journal of forest science, Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací*, Vol. 54, no. 12 (2008), p. 545–553.
- RÉH, J., 1999. Štruktúra prírodného bukového lesa v geografickom celku Popriečny. *Folia oecologica*, 26, s. 33–49.
- SANIGA, M. 2002. Štruktúra a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kotlov žľab. In *Štúdie o Tatranskom národnom parku*. 2002, roč. 6, č.39, s. 111–132.
- SANIGA, M., – SANIGA, MIR., 2004: Influence of stand structure on the occurrence of bird communities in the National Reserve Skalná Alpa in the Veľká fatra Mts. *Journal of Forest Science* 50, 219–234.
- SANIGA, M., 1995: Štruktúra, vývoj a rastové procesy prírodného lesa Slaná Alpa. *Ochrana prírody* 13, Banská Bystrica, s. 251–262.
- SANIGA, M., BALANDA, M., KUCBEL, S., JALOVIAK, P., 2011: Cyclic changes in tree diversity of mixed-species forest in Western Carpathians: Role of disturbance and tree regeneration. *Polish journal of ecology* 59/4:381–389
- SANIGA, M., KLIMAŠ, V. 2004: Štruktúra produkčné procesy a regenerácia pralesa Stuzica v 4. lvs. *Acta Facultatis Forestalis, Zvolen*, XLVI, s. 93–104.
- SANIGA, M., SCHUTZ, J. P., 2001: Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. *Journal of Forest Science*, 47, (12), s. 557–565.
- SANIGA, M., SCHUTZ, J. P.: 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia, *Journal of Forest Science*, 48, (12): 513–528.
- ŠMELKO, Š., 2000: Dendrometria, Vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 118 s.
- VESTENICKÝ, K., VOLOŠČUK, I., 1986. Veľká Fatra chránená krajinná oblasť. Bratislava, s. 378.
- VYSKOT, M. (ed.): 1981, Československé pralesy, Praha, Academia, 362 s.
- WUENSCHER, J. E., KOZŁOWSKI, T. T., 1971: The relationship of gas exchange resistance to tree seedlings ecology, *Ecology* **52**, pp. 1016–1023.
- ZHANG, L., J., GOVE J., H., LIU, C., M., LEAK, W.B. 2001. A finite mixture of two Weibull distributions for modeling the diameter distributions of rotatedsigmoid, uneven-aged stands. In *Can. J. For. Res.* 2001, vol. 31. no. 9, p.1654–1659.

Adresa autorov:

Ing. Jozef Zrak

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Hrúbkové a výškové zloženie pralesa s dominanciou buka v NPR Skalná Alpa

Abstrakt

Predkladaná práca sa zaoberá analýzou hrúbkovej a výškovvej štruktúry časti pralesa s dominanciou buka lesného v NPR Skalná Alpa. Výsledky sú vyhodnotené z údajov zozbieraných na troch TVP o celkovej výmere 2,5 ha, založených v sít *Fac*, *Fac hum* a *FP*. Výsledky potvrdili, že hrúbkové a výškové dimenzie jedincov buka sú v porovnaní s pralesom nachádzajúcim sa v rastovom a ekologickom optime buka výrazne nižšie. Rozmiestnenie stromov po ploche pralesa má náhodný charakter. V porovnaní s pralesmi buka v jeho ekologickom optime sa preukázali výrazné diferencie v prerozdelení hrúbkových početností. Výškový rast buka je determinovaný najmä nadmorskou výškou, prales má tendenciu k výškovvej diferenciácii.

Kľúčové slová: buk, NPR Skalná Alpa, prales, hrúbka, výška

VYHOTOVOVANIE PRAVÝCH ORTOFOTOMÁP ZO SNÍMOK S RÔZNYM PREKRYTOM

Jakub SOĽANKA

Soľanka, J.: True orthophotomap creation from images with different overlap. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 101–110.

The availability of digital snapshotting materials makes them a good candidate for further use in the field of forestry, especially in forest management, forestry mapping for map composition, and in the field of geographic information systems. This article deals with examining the possibility of making true orthophotomaps by using digital aerial images with different longitudinal and lateral overlaps. Digital aerial images were used as an experimental material. The images were acquired by UltraCamD digital camera with 80% longitudinal and 30% lateral overlaps and digital camera UltraCam X with 80% longitudinal and 60% lateral overlaps. The processing of the photogrammetric project and the production of digital terrain models were carried out in photogrammetric system INPHO. The final size of the orthophoto image element was selected to 10 cm.

Key words: true orthophoto, digital terrain model, longitudinal overlap, lateral overlap

1 ÚVOD A CIEĽ

Dostupnosť materiálov digitálneho snímkovania, ich predurčuje na ich širšie využitie v lesníctve, najmä v hospodárskej úprave lesov, lesníckom mapovaní pri tvorbe máp a v prostredí geografických informačných systémov (GIS), ale aj v iných lesníckych disciplínach ako sú napríklad lesnícke meliorácie, lesné stavby, lesná ťažba a dopravníctvo a pod. Vysoké geometrické a rádiometrické rozlíšenie, ktorým takéto letecké snímky disponujú im dáva širšie možnosti využitia oproti klasickým analógovým snímkam. Nie len geometrické rozlíšenie, ktoré môže dosiahnuť až 5 cm, ale aj ich spektrálne rozlíšenie, kde sú súčasne zachytené viaceré pásma zo spektra elektromagnetického žiarenia, im dáva širšie možnosti uplatnenia na trhu s podobnými materiálmi.

Postupnou digitalizáciou a automatizáciou procesov pri získavaní leteckých snímok sa dosiahlo racionálnejšie a rýchlejšie získavanie výstupov, akými sú presné digitálne modely terénu (DMT), digitálne ortofotomapy s väčšou rozlišovacou schopnosťou. Do popredia sa tak začali dostávať snímky z ktorých je možné vytvárať multispektrálne syntézy, ktoré je možné využiť aj pri interpretácii objektov, ktoré sú na nich zachytené. V oblasti lesníctva ide predovšetkým o interpretáciu a vytváranie interpretačných kľúčov na zisťovanie druhov drevín, zisťovania zdravotného stavu lesov, určovanie taxačných veličín, zisťovanie vplyvu interpretácie na polohovú presnosť a podobne. (KARDOŠ – ŠADIBOL 2008)

Oblasť lesníckeho mapovania prešla pred niekoľkými rokmi výraznými zmenami. Predovšetkým zavedenie digitálnej fotogrametrie ako rutínnej metódy vyhodnotenia leteckých meračských snímok a široké využívanie metód globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) pri terestrických meraniach posunulo lesnícke mapovanie na kvalitatívne vyššiu úroveň.

Lesnícka prax neustále smeruje k maximálnemu využívaniu metód fotogrametrie a diaľkového prieskumu Zeme (DPZ), čo súvisí predovšetkým so zvýšením hospodárnosti lesníckeho mapovania, uľahčením náročných geodetických prác, najmä v horských oblastiach, ako aj so získavaním väčšieho množstva informácií a najmä údajov, ktoré terénny meraním a prešetrovaním len ťažko, alebo vôbec nemožno zistiť (TOMAŠTÍK 2007).

V súčasnej ére digitálnej fotogrametrie sa čoraz častejšie stretávame s jej výstupnými produktmi, ktorými sú najmä digitálne modely terénu a ortofotosnímky, z ktorých sa postupným mozaikovaním vytvárajú ortofotomapy. Klasické geodetické terestrické metódy na získavanie polohopisných a výškopisných informácií sa uplatňujú najmä pri činnostiach kde sa kladú vysoké požiadavky na presnosť (zameriavanie a vytyčovanie hraníc pozemkov, stavebníctvo a pod.). Fotogrametrické vyhodnotenie leteckých snímok však už dosahuje presnosti, ktoré sú postačujúce pre väčšinu organizácií pracujúcich s priestorovými informáciami (KARDOŠ – CHUDÝ 2008).

V nie tak dávnej minulosti sa začali do popredia dostávať aj práve ortofotosnímky, ako jeden z produktov digitálnej fotogrametrie. Oproti klasickej ortofotosnímke poskytujú predovšetkým v zastavanom území podstatne väčšie možnosti interpretácie a využitia vo viacerých oblastiach národného hospodárstva. Predpokladom do budúcnosti je aj používanie laserového skenovania, ktoré je bežne používané v zahraničí.

Cieľom predkladanej práce je porovnanie pravých ortofotomáp vytvorených z leteckých meračských snímok s rozdielnym pozdĺžnym a priečnym prekrytom a stanovenie veľkosti plôch, ktoré nie je možné po ortorektifikácii na pravých ortofotomapách vyplniť z dôvodu nedostatočného prekrytu. Posúdiť možnosť praktickej tvorby pravých ortofotomáp zo snímok s pozdĺžnym a priečnym prekrytom $80 \times 30 \%$ a $80 \times 60 \%$.

2 EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

2.1 Snímkový materiál

V práci sme použili letecké snímky zo zastavaného územia mesta Zvolen, vyhotovené pomocou dvoch digitálnych kamier. V prvom prípade sa jednalo o digitálnu kameru UltraCam D s rozlíšením $11\,500 \times 7\,500$ pixelov (snímkované v roku 2006). Konštanta fotokamery mala hodnotu 101,40 mm. Pozdĺžny prekryt snímok bol 80% a priečny 30% . V druhom prípade boli snímky vyhotovené pomocou digitálnej kamery UltraCam X s rozlíšením $9\,420 \times 14\,430$ pixelov a konštantou fotokamery 100,50 mm (snímkované v roku 2011). Pozdĺžny prekryt snímok bol 80% a priečny 60% . V oboch prípadoch boli stredy snímok zamerané počas letu pomocou GNSS systému.

K vytvoreniu fotogrametrického projektu zo snímok vyhotovených kamerou UltraCam D sme použili 67 vlícovacích bodov, pri fotogrametrickom projekte za použitia snímok z kamery UltraCam X 91 vlícovacích bodov. Všetky body boli vopred v teréne signalizované a terestricky zamerané pomocou GNSS systému a elektronického tachymetra. Fotogrametrické projekty sme spracovali v pravouhlých súradnicových systémoch WGS-84 / UTM zone 34N a S-JTSK-03.

2.2 Softvérové vybavenie

K vypracovaniu práce sme použili nasledujúce softvérové vybavenie:

1. Fotogrametrický softvér Inpho 5.4.

2. Summit Evolution 6.4 – stereo vyhodnocovací softvér pre letecké snímky.
3. Microstation V8i – CAD prostredie pre Summit Evolution použité na vektorizáciu leteckých snímok.
4. ArcGIS 10 – rozsiahle GIS prostredie použité na určenie výmery polygónov.
5. eCognition – softvér pre objektovo orientovanú analýzu obrazu.

3 ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Ortofotomapa

Ortofotosnímku môžeme charakterizovať ako mierkovo jednotný raster, na ktorom boli digitálnym diferenciálnym prekresľovaním odstránené skreslenia spôsobené perspektívnym skreslením vyplývajúcim z centrálnej projekcie, ktorými sú radiálne posuny a skreslenie objektív kamery.

Ortofotosnímka vzniká procesom diferenciálneho prekresľovania vo fotogrametrickom systéme. Pre diferenciálne prekresľovanie je potrebné mať digitálny výškový model, poznať parametre vonkajšej orientácie leteckých snímok a taktiež je potrebné, aby digitálne snímky boli v súradnicovom systéme (WOLF – DEWITT 2000).

Digitálne diferenciálne prekresľovanie predstavuje postupnú transformáciu každého bodu perspektívne skresleného štvorcového rastra (obrazových elementov) digitálnej snímky do zodpovedajúceho bodu štvorcového rastra ortofotosnímky pomocou perspektívnej priestorovej transformácie s využitím údajov DMT (ŽIHLAVNÍK 2004).

K procesu diferenciálneho prekresľovania snímok je potrebné aby boli snímky správne orientované a bol k dispozícii DMT. V miestach, kde sa DMT nenachádza, zostanú po prekreslení prázdne miesta, prípadne miesta vyplnené príslušnou farbou. Treba pripomenúť, že kvalita výslednej ortofotosnímky silne závisí od kvality použitého DMT.

Je prakticky nemožné používať perspektívne skreslené snímky ako podklad pre analýzy v presných GIS aplikáciách a to najmä kvôli nejednotnej mierke a radiálnym posunom. Nejednotná mierka vyplýva z centrálnej projekcie pri fotografovaní, čo zapríčiňuje, že bližšie objekty ku centru premietania sa javia väčšie ako objekty vzdialenejšie. Radiálne posun predstavuje geometrické skreslenie na leteckých snímkach, ktoré je zapríčinené rôznou výškou terénu a výškou objektov na zemskom povrchu voči centru premietania.

Smerom ku zvýšeniu kvality a presnosti digitálnych ortofotosnímok a ich následnej aplikácii v lesníctve môžu pomôcť práve digitálne snímky a z nich vytvorené ortofotomapy veľkej mierky s vysokou geometrickou presnosťou (5 cm) a rádiometrickou kvalitou (16 bit dynamický rozsah hodnôt pixla). Problematika nakláňajúcich sa objektov (budov a iných vysokých objektov, ako sú stromy, stožiare, komíny, stĺpy a pod.) je tým výraznejšia, čím je mierka snímkovania väčšia. Na snímkach menšej mierky je tento problém možné čiastočne akceptovať. Ak majú byť takéto snímky s väčšou mierkou použité na automatickú segmentáciu a následnú automatizovanú klasifikáciu v objektovo orientovaných software (napr. Definiens) je potrebné aby tieto objekty boli geometricky správne umiestnené na ich pôdoryse. Tento problém rieši vytvorenie pravej ortofotosnímky (KARDOŠ – CHUDÝ 2008).

3.2 Pravá ortofotomapa

Pravá ortofotosnímka tvorí oproti tradičnej ortofotosnímke relatívne nový koncept.

Všeobecne povedané pravá ortofotosnímka je „pravá“ vtedy ak sa pokúša obnoviť všetky skryté objekty. Pravá ortofotosnímka by mala byť založená na digitálnom povrchu terénu, ktorý zahŕňa všetko, čo je viditeľné na zdrojových snímkach. Vytvoriť ale model, ktorý by zahŕňal všetky objekty na snímkach, vrátane vegetácie, ľudí, áut by bolo neskutocné a nákladné. Preto všeobecne povedané pravá ortofotosnímka, je založená na DMT, ktorý obsahuje terén, budovy a mosty. Treba si ale uvedomiť, že pravosť ortofotosnímkov je viac menej záležitosť rozsahu a možnosti jej realizovateľnosti. Stále budú existovať objekty, ktoré nie sú korektne zobrazené (napr. stromy, autá, veľmi malé a menej dôležité objekty). Z toho pohľadu je ideálna pravá ortofotosnímka fikcia (AMHAR – RIES – JANSKA 1998).

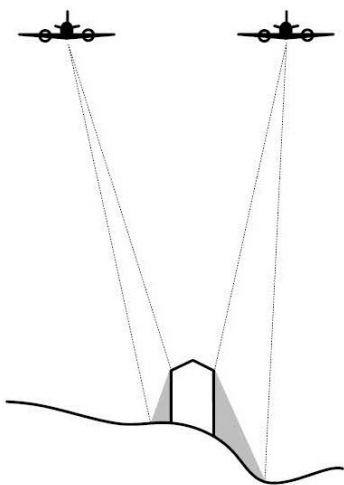
Podľa KUZMIN (2004) „TrueOrtho“ je technika spracovania pre kompenzáciu efektu dvojitého mapovania, pri ktorom vznikajú skryté oblasti. Skryté oblasti je možné vyplniť na základe údajov z prekrývajúcich sa leteckých fotografií, prípadne ich označiť danou farbou.

Problémom, ktorý je spojený s využívaním leteckých ortofotomáp pri aplikáciách v GIS je nesprávne zobrazovanie vysokých objektov na teréne. U týchto objektov centrálné premietanie spôsobuje, že spodný okraj je polohovo správne, zatiaľ čo horný okraj budovy je perspektívne zobrazovaný do priemetu, ktorý je posunutý smerom od stredu premietania (GEODIS BRNO 2008).

Metóda tvorby presných ortofotomáp, založených na modelovaní povrchu pomocou DSM a 3D objektov bola prvý krát predstavená AMHAR *et al.* (1998) a bola nazvaná termínom „true orthophoto“. Prijatím tohto postupu docielime, že nie sú zakryté žiadne časti zemského povrchu vysokými objektami (budovy, lesné porasty) z dôvodu radiálneho skreslenia.

Navyše, ak je tvorba ortofotomáp založená len na základe jednotlivých snímkov, nemôžu byť zakryté oblasti vyplnené; ak sú tieto oblasti modelované len za použitia DTM, obsah ortofotosnímkov je duplicitný. Riešením tohto problému je použitie kombinácie viacerých snímkov z rôznych uhlov pohľadu (obr. 1) a to tak, že ak na výslednej snímke existuje neviditeľná oblasť, môžu byť informácie o danej oblasti získané z iných snímkov.

Existujúca literatúra navrhuje niekoľko riešení tvorby pravých ortofotosnímkov. Tieto riešenia zahŕňajú viacstupňové procesy, kde v prvom kroku je potrebné určiť neviditeľné oblasti pre každú jednu snímku. Detekcia je založená na základe analýzy sledovania perspektívnych lúčov z vrchnej časti povrchu spať do perspektívneho centra. Zakryté oblasti musia zostať prázdne počas celého procesu rektifikácie, aby sa zabránilo zdvojnásobovaniu obrazu na snímkach (BRAUN 2003). V tom prípade môže byť každá rektifikovaná snímka použitá v procese mozaikovania, kde vyplnía skryté oblasti.



Obr. 1: Kombinácia viacerých snímkov pre obnovenie skrytých oblastí

Fig. 1: Combining multiple images for restore hidden areas

V niektorých postupoch uvádzaných v literature sa na tvorbu pravých ortofotomáp používajú rôzne údaje (napr. hustý DSM, TIN, geodatabáza a 3D modely miest). Je možné najst' viacero príkladov napr. v SCHICKLER (1998), DEQUAL – LINGUA (2004), KUZMIN *et al.* (2004), ZHOU (2005), ULM – POLI (2006) a HABIB *et al.* (2007), kde sú prezentované manuálne, poloautomatické a plne automatické metódy tvorby pravých ortofotomáp.

Medzi hlavné výhody použitia pravých ortofotosnímkov podľa NIELSEN (2004) a GEO-DIS BRNO (2008) patria:

- obrysy budov a stiech pri pravých ortofotosníkach zodpovedajú skutočnosti,
- pravé ortofotosnímkové sú výborne použiteľné spolu s DMT pre 3D vizualizácie,
- zviditeľňujú oblasti ktoré na klasických ortofotosníkach nie sú viditeľné čo využijú predovšetkým jednotky krízového riadenia, zdravotná záchranná služba, hasiči, verejná správa a ďalší,
- využitie v presných GIS systémoch, hlavne pri správe mesta, kde perspektívne skreslenie objektov je vážnou prekážkou,
- možnosť prekryť pravé ortofotosnímkové s vektorovými vrstvami (napr. katastrálna vrstva),
- pre kontrolu a detekciu zmien (porovnávaci podklad bude rovnaký a nebude závisieť od pozície kamery pri snímkaní),
- sú vhodným materiálom pre automatickú segmentáciu a automatickú klasifikáciu v objektovo orientovaných softvéroch, pretože objekty sú geometricky správne umiestnené (napr. automatická klasifikácia drevinového zloženia porastov, detekcia odumierania stromov pri hromadnom hynutí smrečín, klasifikácia biotopov atď.),
- využitie v priestorovej úprave lesov v rámci hospodárskej úpravy lesov (identifikácia pozemkov a jednotiek priestorového rozdelenia lesov).

3.2.1 Proces tvorby pravej ortofotomapy

Na tvorbu pravých ortofotosnímkov bolo vyvinutých viacero metód, ktoré sú ale všeobecne postavené na rovnakých pojmoch a princípoch a pozostávajú z týchto krokov:

- prevedenie snímkov na ortogonálnu projekciu pomocou digitálneho modelu terénu, ktorý berie do úvahy náhle zmeny výšok objektov na zemskom povrchu,
- detekcia zakrytých oblastí,
- zlúčenie susedných snímkov za účelom vyplnenia medzier a chýbajúcich častí.

3.2.2 Ortogonálna projekcia pomocou DMT

V prípade, že máme k dispozícii korektný DMT, výškové objekty sú zobrazené na ich korektnej geometrickej pozícii. Môžu však nastať prípady, kedy ani s presným DMT, nie je zaručená pravá ortofotosnímková. V skutočnosti, pokiaľ nie sú skryté oblasti identifikované a korektne opravené, sú medzery vyplnené rovnakým obrazom, čo vedie k zdvojnásobeniu obrazu na snímkach.

3.2.3 Detekcia zakrytých oblastí

K odstráneniu zdvojených obrazov je potrebné identifikovať zakryté oblasti. Detekcia je založená na základe analýzy sledovania perspektívnych lúčov z vrchnej časti povrchu spať do perspektívneho centra. Všeobecne používanou metódou pre analýzu

viditeľnosti je využitie algoritmu Z-Buffer. V tomto algoritme obraz matice s rovnakým rozlíšením ako má snímka, je vytvorený a inicializovaný s preddefinovanou hodnotou pozadia. Každý pixel je naplnený zodpovedajúcou vzdialenosťou Z, ale len v prípadoch ak existujúca hodnota Z je väčšia ako aktuálna. Preto za perspektívne je možné považovať len pixely, ktorých lúče počas návratu do perspektívneho centra nepretínajú iné pixely. Neviditeľné oblasti sú automaticky označené ako časť ortofotosnímkov.

3.2.4 Spájanie a mozaikovanie pravých ortofotomáp

Pri tvorbe ortofotosnímkov majú jednotlivé snímky nedostatky a neposkytujú dostatočné informácie o zakrytých plochách na snímkach. Tieto informácie sú však k dispozícii na príslušných ortofotosníkoch, preto je nevyhnutné ich navzájom pospájať. Jeden zo všeobecne používaných prístupov je využitie zorného uhla. Pri využití tohto prístupu je pixelom nachádzajúcim sa v zakrytých oblastiach priradená prevzatá hodnota zo snímok, kde zodpovedajúci bod má najužší zorný uhol (viewangle) (ETTARID – M^UHANDA – ALOUI 2005).

3.3 Digitálne výškové modely

Jedným z najdôležitejších produktov digitálnej fotogrametrie sú digitálne modely terénu. Možnosť ich produkcie je podmienená existenciou dostatočne spoľahlivého stereomodelu. Z neho potom možno extrahovať okrem polohopisných aj výškopisné dáta, teda tvoriť digitálne modely terénu. Keďže digitálne modely terénu sú nevyhnutné pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní snímok, treba ich vyhotoveniu venovať dostatočnú pozornosť (KARDOŠ 2006).

V oblasti fotogrametrie sa digitálne modely využívajú pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní, kde sa vyžadujú dobré znalosti o geometrickom tvare objektov, ktoré sa nachádzajú na snímkach. Fotografia a vedomosti o tom ako bola kamera počas expozície orientovaná sú postačujúce pre určenie polohy snímok, no nie je možné určiť ako ďaleko sú objekty na snímke vzdialené od kamery. S pomocou modelu terénu a snímok, je možné vzdialenosť určiť na základe pretínania lúčov s modelom.

Digitálne modely tvoria neoddeliteľnú súčasť mnohých geograficky orientovaných aplikácií. Ich výroba je čoraz rýchlejšia a jednoduchšia vďaka stále lepšiemu hardvéru a užívateľsky priateľskému softvéru. Najčastejšie sú DMT používané pre:

- hydrologické modelovanie – vrátane simulácií povodní, vymedzenie a analýzu povodia a kanalizačných sietí,
- modelovanie pôdnej erózie a transport sedimentov,
- vymedzenie a štúdium fyziografických jednotiek,
- ekologické štúdie,
- geomorfologické hodnotenia reliéfu.

4 METODIKA PRÁCE

Základným stavebným kameňom celej práce bola tvorba fotogrametrických projektov v softvéri INPHO, ktorými sa vyriešili úlohy relatívnej a absolútnej orientácie a následne boli snímky blokovo zväzkovo vyrovnané. Editáciou vličovacích bodov sa stereomodely uviedli do požadovanej mierky a orientovali vzhľadom na príslušný geodetický súradnicový systém.

Pri tvorbe pravých ortofotosnímkov bolo nevyhnutné vykonať 3D vektorizáciu výškových objektov na snímkach (strechy budov), pre potrebu odstránenia radiálnych posunov na snímkach. Vektorová vrstva bola doplnená o terénne hrany, ktoré sa použili na spresnenie vygenerovaného DMT. Celá vektorizácia prebiehala na stereo dvojiciach snímkov v softvérovom prostredí Summit Evolution s použitím CAD systému Microstation.

Pred tvorbou DMT sa vykonala kontrola topológie v DTMaster pomocou nástroja Check Objects a prípadné chyby sa spätne opravili. Vykonanie tohto kroku je nevyhnutné pre následné správne generovanie modelov. V prípade, že sa vo vektorovej vrstve nachádzajú chyby, sú prenesené aj do vygenerovaného DMT, prípadne jeho generovanie môžu úplne zmať (vygenerovanie prázdneho modelu, nesprávne výškové umiestnenie bodov atď.).

Digitálny model terénu je nepostrádateľným prvkom pri tvorbe pravých ortofotosnímkov, ktorý sa používa na ich digitálne diferenciálne prekreslenie, čím sa snímka z centrálnej projekcie prekreslí do mierkovo jednotnej ortogonálnej roviny. Postup tvorby DMT pre pravú ortofotosnímkov si však vyžaduje vytvorenie špeciálneho modelu, ktorý bude verne reprezentovať všetky objekty nachádzajúce sa v záujmovom území. V práci bola na domodelovanie objektov použitá 3D vektorová vrstva.

Samotné digitálne diferenciálne prekresľovanie leteckých meračských snímkov prebehlo v module OrthoMaster. Pre tvorbu bolo potrebné použiť 100 % prekryt „orthoareas“, aby sa docielilo vytvorenie ortofotosnímkov zo všetkých vstupujúcich snímkov (viacnásobne z toho istého územia), ktoré sú následne použité pre tvorbu ortofotomozaiky. Tento krok je veľmi dôležitý. V opačnom prípade by nebolo možné vytvoriť pravú ortofotomozaiku. Výsledné ortofotosnímky boli generované s rozlíšením 10 cm.

Výsledné ortofotosnímky sa mozaikovali v module OrthoVista, ktorý slúži na mozaikovanie a rádiometrické korekcie. Pre mozaikovanie je potrebné zvoliť automatické generovanie spojovacích čiar typu „feature detection“, ktoré je špeciálne určené pre tvorbu pravých ortofotomáp. Prípadne je možné spojovacie čiary editovať aj manuálne v module Seam editor.

Po vytvorení výsledných ortofotomozaíok bolo možné vykonať v softvéri eCognition segmentáciu na základe farebnej škály, ktorou sa dosiahlo vytvorenie .shp súboru obsahujúceho polygóny reprezentujúce len nevyplnené plochy (čiernou farbou) na výsledných ortofotomozaikách. Manuálne zvolené segmenty, boli vyexportované do .shp súboru, ktorý bol v ďalšom kroku spracovaný v prostredí ArcGIS 10 a stanovila sa výmera polygónov v m².

5 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

V súčasnosti je trendom vytváranie pravých ortofotomáp a možnosť ich tvorby je už častejšie implementovaná vo fotogrametrických softvéroch. Prvým predpokladom pre správne vytvorené pravej ortofotomapy je mať k dispozícii letecké snímky s vysokým pozdĺžnym a priečnym prekrytom, kde sú objekty zachytené zo všetkých strán.

Hlavným cieľom predkladanej práce bolo stanoviť výmeru nevyplnených častí tzv. skrytých plôch na pravých ortofotomapách spôsobených z dôvodu nedostatočného pozdĺžneho a priečneho prekrytu.

Z dosiahnutých výsledkov (tab. 1) vyplýva, že priečny prekryt 30 % je pre tvorbu pravých ortofotomáp nevhodný a nie je ho možné použiť, ak je potrebné dosiahnuť bezchybnú pravú ortofotomapu. Nevyplnené plochy predstavovali 751,90 m² (2,80 %)

z celkovej výmery snímky, čo sa môže javiť ako bezvýznamné číslo, no v tom prípade pravé ortofotomapy strácajú na význame z dôvodu neposkytnutia vyššej informačnej hodnoty oproti klasickým ortofotomapám. Táto hodnota by samozrejme pri ešte menšom pozdĺžnom a priečnom prekryte bola oveľa väčšia.

Tab. 1: Porovnanie výmery nevyplnených plôch na pravých ortofotomapách

Tab. 1: Comparison of areas of unfilled regions in true orthophotomaps

Kamera	Prekryt [%]	Výmera snímky [m ²]	Výmera nevyp. plôch [m ²]	Výmera nevyp. plôch [%]
UltraCam D	80 × 30	27 232,70	751,90	2,80
UltraCam X	80 × 60	27 232,70	0	0

Naopak pri použití vysokého pozdĺžneho a priečneho prekrytu (80 × 60 %) boli dosiahnuté výborne výsledky, kde finálna pravá ortofotomapa neobsahovala žiadne nevyplnené skryté oblasti. Z výsledkov možno konštatovať, že pre praktickú tvorbu pravých ortofotomáp je potrebné obstarat' digitálne letecké snímky s prekrytom aspoň 80 × 60 %. Tým sa zabezpečí, že objekty sú snímané z viacerých centier a je možné nájsť takú snímku a takú kombináciu, z ktorej sa bude dať doplniť časť, ktorá nie je na inej snímke viditeľná. Túto skutočnosť si je potrebné uvedomiť pred samotnou prípravou snímkovacieho letu.

V zahraničnej literatúre autori NOVAK – ULZ – DORFSTTER – SCHICKOR (2010) odporúčajú pozdĺžny a priečny prekryt až 80 %. Táto skutočnosť sa ale priamo odráža aj v obstarávacej cene leteckých snímkov, preto si je potrebné vopred zvážiť na aký účel majú byť výsledne produkty použité a či sú vynaložené finančné prostriedky na tvorbu pravej ortofotomapy oprávnené.

6 ZÁVER

Súčasnú dobu môžeme charakterizovať aj ako dobu nekončiaceho sa technického a technologického pokroku. Každý rok sme konfrontovaní neustálymi novinkami v oblasti hardvéru a softvéru vo všetkých odvetviach. Oblasť geodézie a fotogrametrie nie je výnimkou. Je nepopierateľné, že nástup nových technológií do oblasti fotogrametrie priniesol obrovský pokrok v kvalite a presnosti vyhodnotenia ako aj racionalizáciu práce. (HALVOŇ 2011) Čoraz väčšie množstvo inštitúcií nachádza uplatnenie pre kvalitné obrazové údaje. Tieto využívajú pri správe miest, nehnuteľností, krízový manažment, záchranné služby a pod. Ortofotomapy sa prekládajú rôznymi vektorovými vrstvami, napr. z katastra nehnuteľností.

Samozrejme porovnanie medzi údajmi z katastra a ortofotomáp je správne len ak všetky vrstvy sú dokonale zosúladené. Toto je v súčasnosti možné vďaka produktom ako sú pravé ortofotomapy.

Radiálne skreslenie, ktoré na leteckých snímkach vytvára efekt tzv. nakláňajúcich sa objektov a ktoré následne vytvárajú tzv. perspektívny tieň je vážnou prekážkou nielen pri prekrývaní vrstiev napr. z katastra nehnuteľností ale aj napr. pri mapovaní krajiny pokrývky, kde výrazné skreslenie môže ovplyvniť výmery pozemkov a tým aj nesprávne hodnotenie krajinných prvkov. Z tohto hľadiska sa pravá ortofotomapa ako produkt foto-

grametrie javí ako vhodný prostriedok ku získavaniu a poskytovaniu polohovo presných údajov. Z hľadiska prácnosti jej spracovania a finančnej náročnosti získavania podkladov je však potrebné zvážiť účel za akým sa bude ortofotomapa využívať. Sú však spôsoby, ktorými je možné znížiť efekt radiálneho skreslenia napr. použitím väčšej výšky letu a kamery s väčšou ohniskovou vzdialenosťou. V súčasnosti, keď sú kladené nároky na geometrickú presnosť leteckých snímok je potrebná menšia výška letu a s použitím veľkoformátových kamier vzniká značné nežiadúce radiálne skreslenie, ktorí sa zväčšuje od hlavného snímkového bodu ku okrajom digitálnej leteckej meračskej snímky.

Z práce SOEANKA (2010) je možné konštatovať, že pravá ortofotomapa poskytuje vyššie možnosti využitia všade tam, kde je potrebné zabezpečiť aby vysoké objekty boli geometricky správne umiestnené, čo nie je dosiahnuteľné pomocou tradičnej ortofotomapy. Podľa prác zahraničných autorov (napr. NOVÁK – ULZ – DORFSTTER – SCHICKOR (2010)) bolo preukázané, že pri použití pravých ortofotosnímkov, sú dosahované lepšie výsledky napríklad pri automatických segmentáciách a klasifikáciách drevinového zloženia v lesných porastoch.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu Centrum excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine. ITMS 26220120069.

6 Literatúra

- AMHAR, F. – JANSÁ, J. – RIES, C. *The generation of true-orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM*. Int Arch Photogrammetry Remote Sens, 1998, 16–22 s.
- AMHAR, F. *The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM*. In GIS-Between Visions and Applications. Stuttgart: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1998, [online]. Dostupné na internete: [cit. 2011-04-18], <<http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/jansa57.pdf>>
- BRAUN, J. In: FRITSCH D, HOBBIIE D (eds) *Aspects on true-orthophoto production*. Proc. of Phot. Week ,03. Wichman, Stuttgart, 2003, 205–214 s.
- DEQUAL, S. – LINGUA, A. *True orthophoto of the whole town of Turin*. Int Arch Photogrammetry Remote Sens 34(5/C15), 2004, 263–268 s.
- ETTARID, M. – M'HAND, A., A. – ALOUI, R. *Digital True Orthophoto Generation*. 2005, [online]. Dostupné na internete: [2011-04-04], <http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts_27/ts27_05_ettarid_etal.pdf>
- HABIB, A. – KIM, E. – KIM, C. *New methodologies for true orthophoto generation*. Photogramm Eng Remote Sens 73(1), 2007, 26–36 s.
- HALVOŇ, Ľ. *Posúdenie presnosti vyhodnotenia leteckých meračských snímok metódami digitálnej fotogrametrie pri lesníckom mapovaní*. Autoreferát dizertačnej práce. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011, 28 s.
- KARDOŠ, M. – CHUDY, F. *Problematika tvorby klasických a pravých digitálnych ortofotosnímkov*. Lesnícka geodézia a fotogrametria: zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 101–111 s.
- KARDOŠ, M. – ŠADIBOL, J. *Farebné digitálne ortofotoplány a ich využitie v lesníctve*. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, L, 2008, č. 2, 131–139 s.
- KARDOŠ, M. *Nové trendy využitia fotogrametrie pri lesníckom mapovaní*. Dizertačná práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 130 s.
- KUZMIN, Y., at al. *Polygon-based True Orthophoto Generation*. Proceeding of the 20th ISPRS congress, 2004.
- NIELSEN, Ø., M. *True orthophoto generation*. Lyngby: Technical University of Denmark, 2004. 126 s. ISSN 1601-233X.
- NOVÁK, H. – ULZ, M. – DORFSTTER, L. – SCHICKOR, J. *Production of True Orthophotos fin Practice and Various Application Possibilities*. Vienna: ISPRS TC VII – Symposium, 2010. 420–423 s.
- SCHICKLER, W. *Operational procedur for automatic true orthophoto generation*. IAPRSSIS 32(4), 1998, 527–532 s.
- SOEANKA, J. *Pravá a tradičná ortofotomapa a ich využitie v lesníckom mapovaní*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011. 58 s.
- TOMAŠTIK, J. *Vplyv interpretácie na polohovú presnosť v lesníckom mapovaní*. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania: zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 50–59 s.

- TrueOrtho*: GeodisBrno. [online]. Brno:Geodis Brno, 2008. Dostupné na internete: [cit. 2011-03-10], <<http://www.geodis.cz/sluzby/trueorto>>
- ULM, K. – POLL, D. *3D city modelling with Cibercity-Modeler*. 1st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing, 2–3 March, Berlin, 2006.
- WOLF, P., R. – DEWITT, B., A. *Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS*. United States of America: R.R Donnelley & Sons Company, 2000. 3. vyd, 608 s. ISBN 0-07-292454-3.
- ZHOU, G. *Urban large-scale orthoimages standard for national orthophoto program*. XXVth IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceeding, 25-29 July, Seoul, Korea, 2005.
- ŽIHLAVNÍK, Š. *Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004. 388 s. ISBN 80-228-1287-0.
-

Adresa autora:

Ing. Jakub Soľanka

Lesnícka fakulta

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: xsolanka@tuzvo.sk

Vyhотовovanie pravých ortofotomáp zo snímkov s rôznym prekrytom

Abstrakt

Dostupnosť materiálov digitálneho leteckého snímkovania, ich predurčuje na ich širšie využitie aj v oblasti lesníctva, najmä hospodárskej úpravy lesov, lesníckeho mapovania pri tvorbe máp a v prostredí geografických informačných systémov. Z pohľadu zastavaných území poskytuje pravá ortofotomapa oproti klasickej väčšie možnosti interpretácie. Práca sa zaoberá posúdením možnosti tvorby pravých ortofotomáp za použitia digitálnych leteckých snímkov s rôznym pozdĺžnym a priečnym prekrytom. Ako experimentálny materiál boli použité digitálne letecké snímky vyhotovené digitálnou kamerou UltraCam D v prirodzených farbách z lokality VŠLP s 80 % pozdĺžnym a 30 % priečnym prekrytom a snímky vyhotovené digitálnou kamerou UltraCam X s 80 % pozdĺžnym a 60 % priečnym prekrytom. Spracovanie fotogrametrického projektu, tvorba digitálnych modelov terénu a ortofotosnímkov prebehlo vo fotogrametrickom systéme INPHO. K tvorbe pravých ortofotomáp bolo nevyhnutné vykonať priestorovú vektorizáciu vysokých objektov (budov), čím sa zaručila vyššia presnosť pravých ortofotomáp. Priestorová vektorizácia objektov bola vykonaná na stereo modely v prostredí Summit Evolution. Finálna veľkosť obrazového prvku bola pri ortofotomapách zvolená na 10 cm.

Kľúčové slová: pravá ortofotosnímkova, digitálny model terénu, pozdĺžny prekryt, priečny prekryt

ZMENY V KONCENTRÁCII CO₂ V PÔDE SPÔSOBENÉ HARVESTEROVOU TECHNOLOGIOU PO ŤAŽBE BUKOVEJ KALAMITY

Michal A L L M A N

Allman, M.: Changes in soil CO₂ concentration caused by harvester technology in beech stand salvage felling. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 111–124.

Forest management experiences an increase in integrated Technologies utilization. Forestry machines cause many changes in soil characteristics, which are visible through the change in soil structure and other features. The evaluation of the effects of heavy machinery movement on the soil gives us objective information on the impacts of these Technologies on the whole environment, above all on the forest soil and its elements. Presently there are methods in development which would assess these impacts objectively. One of them is the concentration of CO₂ in soil air, through which the immediate state of soil compaction can be evaluated. The aim of this paper is to evaluate the results of soil CO₂ measurements, which were carried out after a beech calamity processing in Forest district Smolenice. The machines processing the calamity was a John Deere 1070D ECO III a forwarder and a John Deere 870E. Presented results point to great differences in CO₂ content between the compacted soil and undamaged soil. The values measured in compacted soil in some cases exceeded double the critical CO₂ concentration (greater than 0.6%). The simplicity of the method predetermines it to a more intensive utilization in this field of research.

Key words: integrated Technologies, soil compaction, CO₂ content

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesníctvo a lesné hospodárstvo prešlo v posledných troch desaťročiach intenzívnym vývojom v rôznych oblastiach, predovšetkým však v oblasti vývoja nových ťažbovo-dopravných technológií. Súčasný stav vyžaduje zavádzanie technológií, ktoré dokážu pružne a rýchlo reagovať a zabezpečiť spracovanie drevnej hmoty aj v tých najnáročnejších technicko-hospodárskych podmienkach. V tomto smere sa začínajú od roku 2004 vo väčšej miere uplatňovať aj tzv. integrované technológie (harvestery, procesory). Ich uplatnenie nie je len v porastoch ihličnatých ale po špeciálnej úprave harvesterovej hlavice aj v porastoch listnatých (KONRAD 2005). Vplyv týchto technológií je pozitívne hodnotený najmä z hľadiska produktivity a bezpečnosti práce ktorú zabezpečujú.

Prejazd strojov po povrchu pôdy v lese spôsobuje rad rozličných poškodení, pričom vo veľkej miere dochádza k stláčaniu pôdy a tým následnému zhuťňovaniu pôdných pórov (FRUTIG, FAHRNTL, STETTLER, EGGER, 2007). Následkom týchto vplyvov dochádza k zmene niektorých pôdných vlastností, ovplyvňovaniu koncentrácie pôdneho vzduchu a hromadeniu CO₂ pod povrchom. Problematikou týkajúcou sa poškodzovania lesných porastov a pôd sa zaoberal celý rad autorov (MENG, 1978, RAAB, 2002, ULRICH, 2003, McMAHON, 1995), ktorý definovali druhy poškodení na ostávajúcom poraste a lesnej pôde a vypracovali metódy na zisťovanie a hodnotenie týchto poškodení.

Pri hodnotení vplyvu integrovaných technológií na ostávajúci porast, sa škody pohybujú v intervale 7–10 % (LUKÁČ, 2005). Iní autori ako napr. FERENČÍK, 2009, uvádzajú pri spracovaní ihličnatej prebierkovej kalamity poškodenie až do 25 %, čo sa blíži k hodnotám uvádzaným pri štandardných ťažbovo-dopravných technológiách s dlhým drevom (LKT, UKT). Na hodnotenie poškodenia ostávajúceho porastu a pôdy sa používa veľké množstvo metód. Nás však v tomto smere bude vo väčšej miere zaujímať vplyv týchto technológií na lesnú pôdu. Prejavy účinkov strojov a technológií na lesnú pôdu sa nazývajú ťažbovo-dopravnou eróziou.

Negatívne účinky kolesa na lesnú pôdu majú nasledovné fyzikálno-mechanické prejavy:

- pri mechanickom tlaku kolesa dochádza k intenzívnemu zhutneniu pôdy a stláčaniu pórov, čo nepriaznivo ovplyvňuje ďalšie jej fyzikálno–mechanické vlastnosti,
- ťažbovo-dopravná erózia závisí vo veľkej miere od šírky pneumatiky, hustenia, vlhkostných pomerov, hmotnosti bremena atď,
- ako extrémne deštruktívny faktor sa v tomto smere prejavuje preklz kolies,
- mechanický tlak kolesa sa prejavuje vo veľkej miere najmä na hlbokých pôdach bez skeletu, kde môže dôjsť k výraznému zhutneniu pôdy,
- zaťažením porastovej pôdy podvozkom strojov dochádza k poškodeniu až roztrhnutiu koreňov nachádzajúcich sa v lesnej pôde (NERUDA, 2005 in FERENČÍK, 2009).

Niektorí autori (LUKÁČ, 2005) odporúčajú pre elimináciu škôd dodržať nasledovné opatrenia:

- uprednostniť prevádzku strojov v čase minimálnej vlhkosti v pôde,
- voliť čo najnižší tlak v pneumatikách v súlade s pravidlami bezpečnej práce,
- šírky pneumatík voliť čo najväčšie,
- vhodný je veľký polomer kolies podvozku,
- výber strojov s väčším počtom kolies.

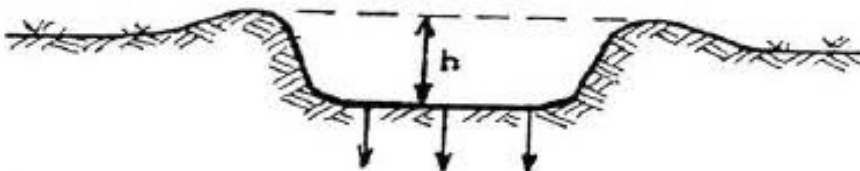
V priebehu času sa vyprofilovalo veľké množstvo metód a klasifikácií, ktorých hlavným účelom je hodnotenie poškodenia na ostávajúcom poraste alebo pôde.

Ako najčastejšie používané metódy sa vyvinuli tri základné metodiky hodnotenia erózie pôdy pod vplyvom ťažbovo-dopravných technológií. Sú to predovšetkým:

1. Nemecká metóda,
2. Metóda Mc Mahona,
3. Fínska metóda.

1. Nemecká metóda, ktorá vznikla na rovine Dolného Saska je charakteristická tým, že vychádza z určitej kategorizácie potenciálneho ohrozenia a dáva návod na konkrétne opatrenia pre prax. Základom merania je kruhová pokusná plocha, pričom meranie sa vykonáva na každej ťažbovej ploche. Táto metóda má niekoľko nevýhod: nezohľadňuje aktuálny obsah vody v pôde, tlak v pneumatikách, tlak na pôdu.

2. Mc Mahonova metóda vznikla na Novom Zélande a jej výhodou je, že má dosť podrobný charakter a je vhodná predovšetkým pre vedecké účely.



Obr. 1 Schéma merania hĺbky koľaje pomocou McMahonovej metódy

Fig. 1 Scheme of measurement according to McMahon

3. Súčasťou hodnotenia pri finskej metóde je zisťovanie škôd na pôde pri kontrole každého ťažbového zásahu. Pri meraní hĺbky koľaje sa neberie do úvahy výška vytlačenej zeminy. Hĺbka sa meria od úrovne pôvodného terénu. Pri hodnotení sa berú do úvahy aj ďalšie okolnosti ako je: vlhkosť, počasie, pôdny typ, technológia a pod.

Tieto metódy by sme mohli zaradiť k metódam, ktoré charakterizujú morfológické zmeny na lesnej pôde spôsobené prejazdom lesníckej mechanizácie. Okrem týchto metód založených na morfológickom hodnotení pôdnych zmien, poznáme aj metódy založené na hodnotení interakcie medzi pojazdným ústrojenstvom lesných strojov a podloží, kde sa tieto stroje pohybujú. Variabilita problematiky v tejto oblasti je veľká a len dobré poznatky vo vedných oblastiach pedológie, chémie, fyziky, terramechaniky, geológie, ťažbovo-dopravných technológií nám dávajú možnosť zhodnotiť konkrétny vplyv technológií na lesnú pôdu. Keďže všeobecné kritériá na objektívne zovšeobecnenie týchto poznatkov prakticky neexistujú, je potrebné pristupovať ku každému hodnoteniu stavu pôdy osobitne.



Obr. 2 Meranie hĺbky koľaje pomocou výtyčky

Fig. 2 Measurement of rut depth

Z hľadiska hodnotenia vplyvu ťažbovo-dopravných technológií na porastovú pôdu sa ako veľmi významná vlastnosť prejavuje zhutnenie pôdy (LÜSCHER, FRUTIG, SCIACCA, SPJEVAK, THEES, 2009). Na toto meranie sa najviac používa prístroj Penetrologger od firmy Eijkelkamp, ktorý meria tlak potrebný na prekonanie odporu penetračného kužľa pri prenikaní do lesnej pôdy, nameraná hodnota sa udáva priamo v MPa. Meranie sa zabezpečuje prostredníctvom ultrazvukových vĺn, ktoré emituje prístroj. Tieto vlny sa odrážajú od pomocnej doštičky, ktorá sa umiestňuje na pôdny povrch. Prístroj umožňuje ukladanie dát do pamäti (FERENČÍK, 2009). Získané údaje sa následne vyhodnocujú a spracovávajú v programoch Eijkelkamp Penetro Viewer, MS Word, Excel, STATISTICA atď.



Obr. 3 Penetrometer od firmy
Eijkelkamp

Fig. 3 Eijkelkamp Penetrometer



Obr. 4 Ovládací panel přístroja

Fig. 4 Control board of device

V prípade, že je skeletnosť pôdy vysoká a nedovoľuje na zmeranie zhutnenia pôdy použiť penetrometer, môže sa ako alternatíva použiť tzv. Kopeckého valčeky, pri ktorých je spôsob merania a vyhodnocovania údajov oveľa náročnejší ako pri predchádzajúcom prístroji. V tomto prípade sa odoberajú pôdne vzorky na zistenie objemovej hmotnosti. Objemovú hmotnosť charakterizujeme ako hmotnosť objemovej jednotky pôdy 1m^3 v prirodzenom uložení, pričom vyjadruje hmotnosť pevných častíc plus plynnú a kvapalnú fázu pôdy vyplňujúcu póry. Vyjadrujeme ju v $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Objemovú hmotnosť rozdeľujeme na *neredukovanú* (β_w) a *redukovanú* (β_d). β_d predstavuje hmotnosť určitej objemovej jednotky pôdy po vysušení vzorky pri teplote 105°C (KINDERNAY, 2010).



Obr. 5 Kopeckého valčeky (zdroj: KINDERNAY, 2010)

Fig. 5 Kopecky's barrels

Zisťuje sa pomocou odobratej neporušenej vzorky pôdy do Kopeckého valčeka známeho objemu (10^5 mm^3 , alebo 100 ml) v prirodzenom uložení. V tomto prípade by sme sa však chceli bližšie zaoberať problematikou hodnotenia zmeny pôdných vlastností pomocou špecifických metód hodnotenia. Do popredia sa v súčasnosti dostávajú metódy, ktoré hodnotia vzťahy medzi zhutnením pôdy a únikom CO_2 z pôdy. CO_2 tvorí plynú zložku pôdy je súčasťou tzv. pôdneho vzduchu. Faktorov, ktoré ovplyvňujú obsah a zloženie vzduchu v pôde je mnoho. Sú to predovšetkým: teplota, vlhkosť, obsah org. hmoty a aktivita mikroorganizmov. Z týchto charakteristík môžeme následne usúdiť, že obsah CO_2 v pôde je ovplyvňovaný mnohými činiteľmi a jeho výdaj počas dňa sa mení. Hromadenie tohto plynu v pôde má nežiadúci vplyv na činnosť mikroorganizmov, rast a vývoj koreňov v lesnej pôde. Tento stav sa môže vo väčšej miere zhoršovať najmä na pôdach s vyšším obsahom ílovitých častíc a zvýšenou mierou pôdnej vlhkosti. Výhodou metód založených na sledovaní koncentrácie CO_2 v pôde je, že môžeme rýchlo a jednoducho posúdiť okamžitý stav zhutnenia pôdy.

Meraním a hodnotením zmeny obsahu CO_2 v pôde pri nasadení integrovaných technológií sa zaoberal kolektív autorov NERUDA, KADLEC, ULRICH, CUDZIK, 2010. Metódami založenými na základe plynovej chromatografie sa zaoberal aj GÜLDNER, 2002.

Predchádzajúci autori dospeli k nasledovným výsledkom:

- vývoj hodnôt CO_2 v pôde počas dňa nie je stabilný ale sa mení,
- zvýšenie pôdnej vlhkosti spôsobuje zvýšenie koncentrácie CO_2 v pôde,
- synchronne zvýšenie pôdnej vlhkosti a teploty spôsobuje nárast koncentrácie CO_2 v pôde,
- za kritickú hodnotu sa považuje koncentrácia 0,6 % a viac.

Metódy hodnotenia obsahu CO_2 v pôde naberajú v súčasnom období na význame a prvé pokusné merania uskutočňujeme aj na Katedre lesnej ťažby a mechanizácie.

2 MATERIÁL A METÓDY

V rámci metodiky by sme chceli popísať technologický postup merania, ktorý sa použil a zhodnotiť technológiu ktorá bola nasadená. V našom prípade išlo o ťažbu bukovej pomiestnej kalamity v predrubných porastoch. Nasadený bol harvesterový uzol John Deere 1070D ECO III a forwarder John Deere 870E. Stroje sa pohybovali po približovacích linkách, pričom pri spracovávaní kalamity museli zachádzať aj mimo pracovných liniek (vzniknutá kalamita nebola orientovaná celoplošne).

GPS súradnice porastov, kde bola technológia nasadená:

- 420: 48°24,92350 N 17°18,89355 E
- 422: 48°24,58142 N 17°18,20310 E

Tab. 1 Základné taxačné údaje o porastoch kde bola technológia nasadená
 Tab. 1 Basic taxation data about stands where the technology was deployed

LZ	Smolenice	
LC	Píla	
Číslo porastu	420	422
Výmera (ha)	6,98	14,61
Vek	55	50
Expozícia	JV	Z
Sklon%	25	15
Zakmenenie	0,8	0,9
Drevina	BK 90 %	BK 95 %
Stredná výška (m)	21	19
Stredná hrúbka (cm)	23	20
Priemerný objem (m ³)	0,39	0,27
Celková zásoba (m ³)	1 592	3 521
Výška ťažby (m ³)	86	620
Sústr. vzdialenosť (m)	350	440
Pôdny typ	kambizem	kambizem

Celý metodický postup spočíval v meraní hodnôt úniku CO₂ z pôdy pri prejazde harvesterového uzla po pracovných linkách. Na meranie sme použili fínsky prístroj VAISALA MI 70 CARBOCAP s meracími sondami CARBOCAP GMP 70, prostredníctvom ktorých sme merali výdaj CO₂. Hodnoty koncentrácie CO₂ boli merané priamo v % s presnosťou merania až na 0,02 %. Prístroj pozostával z riadiacej a pamäťovej jednotky s dvoma káblami o dĺžke 5 metrov, na ktorých konci sa nachádzali snímače s meracími sondami. Tieto sa priamo zapichovali do pôdy a udávali zistené hodnoty koncentrácie CO₂. Prístroj využíva na meranie absorpcie CO₂ infračervený lúč, ktorý sa nachádza priamo v sonde, kde otvory na vonkajšej strane umožňujú priami prístup vzduchu na snímač. Prístroj bol nastavený na meranie v päťsekundových intervaloch, pričom na jedno meranie zaznamenal 12 hodnôt. Údaje boli merané v poraste, koľaji a medzi koľajami. Zistené výsledky sme následne stiahli do počítača a vyhodnotili v softvérových produktoch MS Excel a STATISTICA.



Obr. 6 Prístroj VAISALA MI 70
 CARBOCAP

Fig. 6 VAISALA MI 70
 CARBOCAP device
 (zdroj: www.envco.co.nz)



Obr. 7 Meracia sonda prístroja
CARBOCAP GMP 70

Fig. 7 Measurment probe
CARBOCAP GMP 70
(zdroj: www.envco.co.nz)

Celý metodický postup by sme mohli zhrnúť do nasledovných bodov:

1. určenie počtu skusných plôch na ktorých sa bude meranie uskutočňovať,
2. vlastné meranie hodnôt koncentrácie CO_2 % v poraste, koľaji a medzi koľajami,
3. spracovanie zistených výsledkov v softvérových produktoch.

2.1 Technická charakteristika harvesterového uzla

Tab. 2 Základné technické parametre harvesterového uzla

Tab. 2 Basic parameters of the harvester system

Typ stroja	John Deere 1070 D ECO III	John Deere 810 E
Hmotnosť (kg)	14 700	12 950
Šírka (mm)	2 610	2 480
Dĺžka (mm)	6 820	8 240
Výkon motora (kW)	129	100
Dosah hydr. manipulátora (m)	10,8	9,8
Nosnosť (kg)	—	9 000



Obr. 8 John Deere 1070D ECO III

Fig. 8 John Deere 1070D ECO III

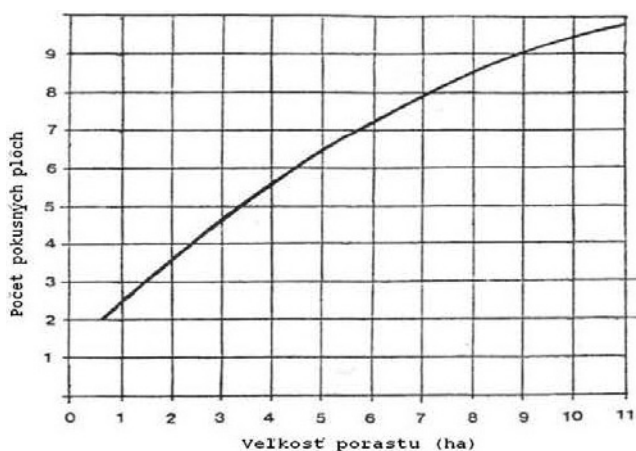


Obr. 9 John Deere 870E

Fig. 9 John Deere 870E

2.2 Pracovný postup

V porastoch kde bola technológia nasadená sa zakladali pokusné plochy v tvare štvorca s rozmermi 20×20 m, ktoré sme umiestňovali na približovacie linky. Pri určovaní ich počtu sme vychádzali z nomogramu, (ULRICH, 2002) pri ktorom počet meracích plôch závisí od veľkosti porastu.



Obr. 10 Ulrichov nomogram na určenie počtu skusných plôch (in FERENČÍK, 2009)

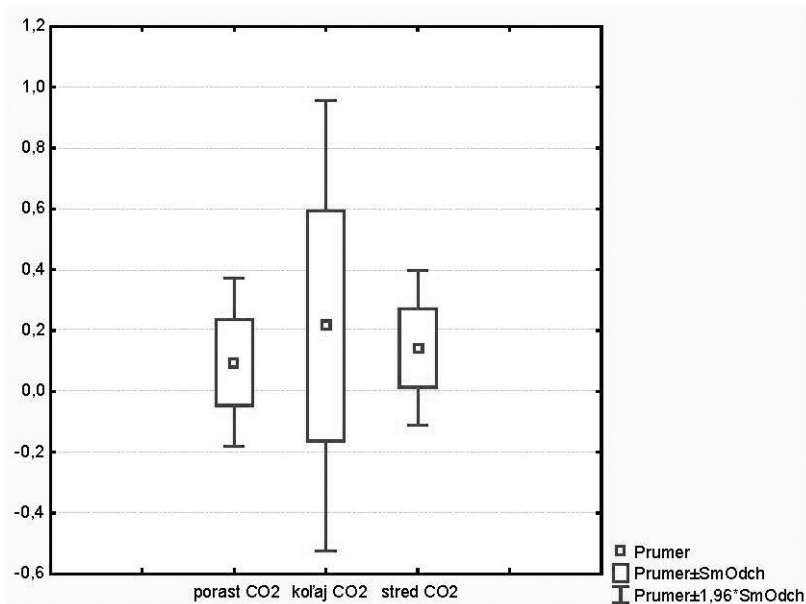
Fig. 10 Ulrich's nomogram for determinig number of sample plots

Na príslušných meracích plochách sme realizovali meranie prístrojom VAISALA MI 70 CARBOCAP, ktorý nám priamo nameral koncentráciu CO_2 v %. Merania sme na každej pokusnej ploche uskutočňovali v koľaji, medzi koľajami a v poraste, ktorý nám slúžil ako kontrolná plocha. Zistené hodnoty sme následne spracovali v programe STATISTICA.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na vyhodnotenie získaného empirického materiálu sme použili štatistické metódy, ktoré nám podávajú ucelenejší pohľad na získanú skupinu údajov. Ako prvé sme vyhodnotili údaje, ktoré boli namerané v poraste č. 422. Počet nameraných hodnôt v tomto prípade bol 180. Počet meracích plôch bol pätnásť. Namerané hodnoty CO_2 v poraste sme pre porovnanie s hodnotami v koľaji a medzi koľajami overili pomocou T-testu, ktorý potvrdil významnejšie rozdiely medzi získanými údajmi. Namerané hodnoty CO_2 na jednotlivých lokalitách (porast, koľaj, stred) sme znázornili v krabicových grafoch.

Z nasledujúceho grafu (Obr. 8) vyplýva, že hodnoty v poraste a medzi koľajami nie sú až tak významne rozdielne, aj keď medzi koľajami boli namerané o niečo vyššie hodnoty. Namerané hodnoty v koľaji sú však vyššie a ich rozpätie z hľadiska smerodajnej odchýlky je oveľa väčšie. Tieto výsledky potvrdili domnienku, že prejazdom strojov po povrchu pôdy dochádza k stláčaniu pórov, ktoré zamedzujú výmene plynov medzi pôdou a prostredím a tým spôsobujú ich hromadenie pod povrchom. Tento proces je do značnej miery ovplyvňovaný štruktúrou pôdy a obsahom ílovitých častíc.



Obr. 11 Krabicový graf znázorňujúci hodnoty CO_2 v poraste koľaji a medzi koľajami

Fig. 11 Box chart depicting CO_2 values in the stand, rut and in between the ruts

Do akej miery ovplyvňuje obsah CO_2 v pôde vlhkosť a aktuálna teplota sme zisťovali pomocou viacnásobnej regresnej analýzy. Tieto údaje sme vyhodnocovali osobitne a to porast, koľaj a stred koľaje. Z nasledujúcej tabuľky vyplýva, pomerne tesná korelácia medzi hodnotami CO_2 (v poraste), vlhkosťou a teplotou. Hodnota korelačného koeficienta v tomto prípade nadobúda vyššiu hodnotu $R = 0,74363470$. Čo predstavuje tesnú závislosť. Koeficient determinácie R^2 sa pohybuje na úrovni 55 %, na základe čoho môžeme povedať, že 55 % variability hodnôt závislého znaku (CO_2) ovplyvňuje znak nezávislý t.j. vlhkosť a teplota.

Tab. 4 Štatisticky významná závislosť hodnôt CO₂ v poraste od nezávislých premenných vlhkosti a teploty

Tab. 4 Statistically significant dependency between CO₂ values in the stand and humidity and temperature

N=180	Výsledky regrese se závislou proměnnou : porast CO2 R= ,74363470 R2= ,55299257 Upravené R2= ,54794164 F(2, 177)=109,48 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,09472					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(177)	p-hodn.
Abs. člen			-5,72827	0,405598	-14,1230	0,000000
porast vlhkost	0,813550	0,061215	0,04654	0,003502	13,2900	0,000000
porast teplota	0,791553	0,061215	0,18110	0,014006	12,9307	0,000000

Z nasledujúcej tabuľky (tab. 5) vyplýva menšia hodnota závislosti pohybujúca sa na úrovni korelačného koef. R = 0,32137107. Koeficient determinácie R² nadobúda v tomto prípade hodnotu na úrovni 10 %, pričom teplota sa v tomto prípade prejavila ako štatisticky bezvýznamný faktor neovplyvňujúci variabilitu hodnôt závislého znaku.

Tab. 5 Viacnásobná regresná analýza závislosti CO₂ v koľaji od nezávislých premenných vlhkosti a teploty

Tab. 5 Multiple regression analysis of CO₂ in the rut dependency on independent variables of humidity and temperature

N=180	Výsledky regrese se závislou proměnnou : koľaj CO2 R= ,32137107 R2= ,10327937 Upravené R2= ,09314693 F(2, 177)=10,193 p<,00006 Směrod. chyba odhadu : ,35987					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(177)	p-hodn.
Abs. člen			-8,70081	2,002441	-4,34510	0,000023
koľaj vlhkost	0,303894	0,071261	0,08805	0,020648	4,26454	0,000033
koľaj teplota	0,090866	0,071261	0,06022	0,047229	1,27512	0,203939

Z hodnôt nachádzajúcich sa v tab.6 môžeme vidieť vyššiu závislosť pohybujúcu sa na úrovni korelačného koef. R = 0,42124834. Koef. determinácie naberá hodnotu na úrovni 17 %. Teplota sa v tomto prípade takisto prejavila ako štatisticky bezvýznamný faktor neovplyvňujúci hodnoty CO₂ (medzi koľajami) v pôde.

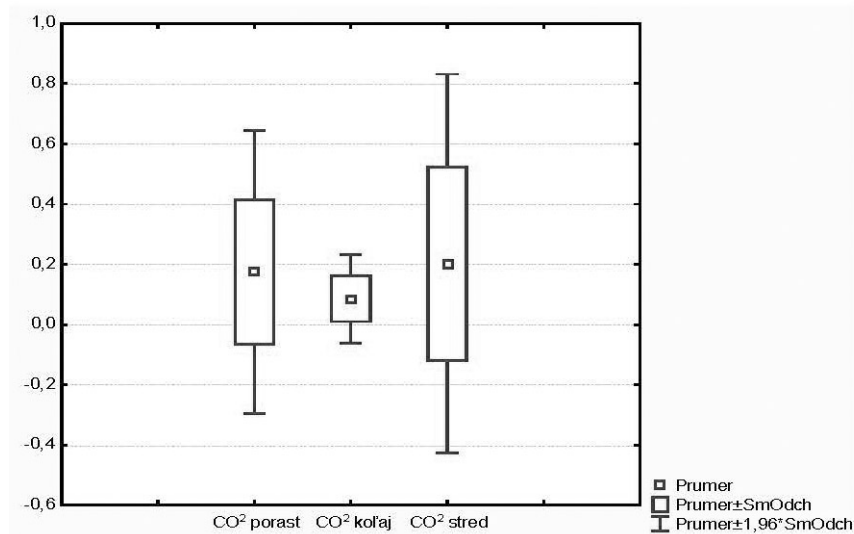
Tab. 6 Viacnásobná regresná analýza závislosti hodnôt CO_2 medzi koľajami od nezávislých premenných vlhkosti a teploty

Tab. 6 Multiple regression analysis of CO_2 in between the ruts dependency on independent variables of humidity and temperature

N=179	Výsledky regrese se závislou proměnnou : stred CO_2 R= ,42124834 R2= ,17745016 Upravené R2= ,16810301 F(2, 176)=18,984 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : ,11817					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(176)	p-hodn.
Abs. člen			-4,01289	0,674391	-5,95039	0,000000
stred vlhkost'	0,431207	0,071021	0,04351	0,007167	6,07153	0,000000
stred teplota	-0,044980	0,071021	-0,01031	0,016285	-0,63333	0,527340

V ďalšom kroku by sme chceli zhodnotiť výsledky z porastu č. 420, ktorý svojimi taxačnými charakteristikami, drevinovým zložením a sklonitostnými podmienkami mal podobné charakteristiky ako predchádzajúci. Svojou výmerou 6,98 ha je však o polovicu menší ako predchádzajúci. To sa prejavilo následne aj v počte skusných plôch, ktorých v tomto prípade bolo 7.

Z údajov CO_2 , ktoré sú znázornené v nasledujúcom grafe vyplýva, že priebeh hodnôt nie je až taký jednoznačný ako v predchádzajúcom prípade, pričom najnižšie hodnoty s najmenším rozptylom boli namerané práve v koľaji.



Obr. 12 Krabicový graf znázorňujúci hodnoty CO_2 v poraste, koľaji a medzi koľajami

Fig. 12 Box chart depicting CO_2 values in the stand, rut and in between the ruts

V tomto prípade sa prejavila aj vyššia variabilita hodnôt v poraste a v strede medzi koľajami. Zistené výsledky sme podrobili aj t-testu, ktorý nám potvrdil, že rozdiely medzi porastom a stredom medzi koľajami sú štatisticky bezvýznamné. Naopak pri porovnaní s hodnotami v koľaji nám vyšli štatisticky významné rozdiely.

Z nasledujúcej tabuľky (tab. 8) môžeme vidieť výsledky viacrozmernej štatistickej analýzy, kde ako závislá premenná vystupujú hodnoty CO_2 namerané v poraste. Hodnota korelačného koeficienta sa v tomto prípade pohybuje na úrovni $R = 0,86865627$, čo môžeme vyhodnotiť ako tesnú závislosť. V tomto prípade sa prejavil významný vplyv vlhkosti a teploty na obsah CO_2 v porastovej pôde.

Tab. 8 Výsledky viacnásobnej regresnej analýzy so závislou premennou CO_2 v poraste
Tab. 8 Outcomes of the multiple regression analysis with dependent variable of CO_2 in the stand

N=72	Výsledky regrese se závislou proměnnou : CO_2 porast R= ,86865627 R ² = ,75456372 Upravené R ² = ,74744962 F(2,69)=106,07 p<0,0000 Směrod. chyba odhadu : ,12047					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(69)	p-hodn.
Abs.člen			-9,39641	0,669028	-14,0449	0,000000
vlhkosť porast%	2,075064	0,142636	0,07074	0,004863	14,5480	0,000000
teplota porast	1,843295	0,142636	0,39584	0,030630	12,9231	0,000000

Pri porovnaní hodnôt z tabuľky 9. môžeme vidieť, že hodnota korelačného koeficienta je v tomto prípade nižšia a pohybuje sa na úrovni $R = 0,41057687$, čo je výrazne menšia hodnota oproti predchádzajúcej. Z hľadiska štatistického vyhodnotenia môžeme povedať, že vlhkosť sa v tomto prípade prejavila ako štatisticky bezvýznamný faktor.

Tab. 9 Výsledky viacnásobnej regresnej analýzy so závislou premennou CO_2 v koľaji
Tab. 9 Outcomes of the multiple regression analysis with dependent variable of CO_2 in the rut

N=71	Výsledky regrese se závislou proměnnou : CO_2 koľaj R= ,41057687 R ² = ,16857336 Upravené R ² = ,14411964 F(2,68)=6,8936 p<,00188 Směrod. chyba odhadu : ,07030					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(68)	p-hodn.
Abs.člen			0,495314	0,882973	0,56096	0,576667
vlhkosť koľaj%	-0,021318	0,168684	-0,001024	0,008101	-0,12638	0,899804
teplota koľaj	-0,426438	0,168684	-0,046751	0,018493	-2,52803	0,013798

Z hodnôt uvedených v nasledujúcej tabuľke (tab. 10) môžeme vidieť, že hodnoty korelačného koeficienta sa pohybujú na podobnej úrovni ako v predchádzajúcom prípade, pričom sa prejavila štatisticky významnejšia závislosť hodnôt CO_2 medzi koľajami od teploty a vlhkosti v pôde.

Tab. 10 Výsledky viacnásobnej regresnej analýzy so závislou premennou CO₂ medzi koľajami
 Tab. 10 Outcomes of the multiple regression analysis with dependent variable of CO₂ in middle
 of the rut

N=72	Výsledky regrese se závislou proměnnou : CO ₂ stred					
	R= ,47875284 R ² = ,22920428 Upravené R ² = ,20686238 F(2,69)=10,259 p<,00013 Směrod. chyba odhadu : ,28616					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(69)	p-hodn.
Abs. člen			-3,86675	2,950460	-1,31056	0,194352
vlhkost' stred%	0,216804	0,107552	0,05863	0,029085	2,01581	0,047716
teplota stred	-0,388597	0,107552	-0,24044	0,066546	-3,61312	0,000570

ZÁVER

Prejazd strojov po lesnej pôde je samozrejmosťou a v súčasnej dobe ešte nie sú vyvinuté ekonomicky efektívne technológie, ktoré by dokázali sústrediť drevnú hmotu alebo vykonávať ťažbové zásahy bez kontaktu s pôdnym povrchom. V tomto prípade sa to netýka technológií založených na báze vzdušnej dopravy dreva (t.j. rôzne druhy vrtuľníkových technológií), ktorých ekonomická náročnosť a rôzne iné vplyvy zabraňujú ich nasadeniu vo veľkej väčšine prípadov. Preto z tohto pohľadu skúmanie a hodnotenie vplyvov technológií na lesný ekosystém má svoje nezastupiteľné miesto. Vyvíjanie nových metód a uplatňovanie nových technológií zisťovania nám môže do budúcnosti podávať nové informácie do akej miery človek svojou činnosťou a vplyvom mechanizácie ovplyvňuje podmienky týkajúce sa pôdných vlastností, rastu koreňov a produkčnej stálosti lesných ekosystémov.

Metóda hodnotenia, ktorú sme použili v tomto prípade je nová ale jej uplatnenie môže do budúcnosti zohrať veľmi dôležitú úlohu pre stanovenie limitov poškodenia lesných pôd ťažbovo-dopravnými technológiami. Pri porovnaní a zhodnotení dosiahnutých výsledkov z prvého porastu (č. 422) môžeme povedať, že sa prejavil štatisticky významný vplyv vlhkosti a teploty v pôde na koncentráciu CO₂ na neporušenej ploche v poraste, čím môžeme potvrdiť výsledky našich kolegov z MZLU, ktorý robili podobný výskum (NERUDA, KADLEC, ULRICH, CUDZIK, 2010). Ďalej môžeme povedať že so stúpajúcim zhutnením pôdy sa vplyv týchto faktorov znižuje a klesá aj hodnota korelačného koeficienta (t.j. hodnoty v koľaji a medzi koľajami). Kritická hodnota koncentrácie t.j. 0,6 % bola v tomto prípade prekročená iba v koľaji, kde bola zaznamenaná aj zvýšená variabilita hodnôt. Pri porovnaní hodnôt v poraste a medzi koľajami neboli zaznamenané až tak významné rozdiely, aj keď medzi koľajami boli namerané vyššie hodnoty, ktoré však neprekročili kritickú hodnotu koncentrácie.

Pri vyhodnotení výsledkov z porastu č. 420 sme nedospeli k až tak jednoznačným výsledkom, čo spôsobilo možno aj to, že rozsah meraní bol v tomto prípade o polovicu menší ako v predchádzajúcom. Potvrdil sa však štatisticky významný vplyv vlhkosti a teploty na koncentráciu CO₂ v pôde pri hodnotách nameraných v poraste. Zaujímavé však bolo, že najnižšia hodnota koncentrácie s najnižšou variabilitou bola v tomto prípade nameraná v koľaji, čo spôsobilo do určitej miery prekvapenie. Tento výsledok však mohol ovplyvniť celý rad faktorov ktorých vplyv nepoznáme (t.j. štruktúra pôdy, zvýšená skeletnosť pôdy v mieste merania, rozsah výberového zisťovania, oveľa menšia výška

ťažby oproti predchádzajúcemu porastu a tým znížený počet prejazdov atď.). Potvrdil sa však aj výsledok z predchádzajúceho porastu a to výrazné zníženie hodnôt korelácie pri zvýšenom zhutnení pôdy.

Použitá literatúra

- EBERHARDINGER, A., PAUSCH, R., Aus Zwei mach Eins., LWF Waldforschung aktuell, 59/2007.
- FERENČÍK, M., 2008 Objektívizácia výrobo-technických parametrov pre využitie integrovaných technológií ťažby dreva na Slovensku, Dizertačná práca. TU vo Zvolene 116 s.
- FRUTIG, F., FAHRNTI, F., STETTLER, A., EGGER, A., Mechanisierte Holzernte in Hanlagen., Wald und Holz 88/2007.
- KINDERNAY, D., 2010 Stanovenie limitov ťažbovo-dopravnej erózie a poškodenia lesa na vybraných stanovištných podmienkach, Dizertačná práca. TU vo Zvolene 129 s.
- KONRAD, P., Optimale Einsatzplanung, Organisation und Kontrolle der vollmechanisierten Holzernte. BFW-Praxisinformation 7/2005, s. 11–13.
- LUKÁČ, T., 2005 Viacoperačné stroje v lesnom hospodárstve, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 137 s. ISBN 80-228-1348-6.
- LÜSCHER, P., FRUTIG, F., SCIACCA, S., SPIJEVAK, S., THEES, O., Physikalischer Bodenschutz im Wald. Merkblatt für die Praxis, Nr. 45, Birmensdorf, Eigenössische Forschungsanstalt WSL, Bern 2009.
- NERUDA, J., KADLEC, J., ULRICH, R., CUDZIK, A., Soil carbon dioxide concentration and efflux changes in ruts after heavy machine passes, FORMEC 2010 Symposium, Padua-Italy, July 2010.
- GÜLDNER, O. Untersuchungen zu Bodenveränderungen durch die Holzernte in Sachsen und Entwicklung eines Konzepts zur ökologisch verträglichen Feinerschliessung von Waldbeständen. In: Tagungsbericht der Sektion Forsttechnik des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten, Sopron, Ungarn, 10 p.
-

Adresa autora:

Ing. Michal Allman

Katedra lesnej ťažby a mechanizácie

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

tel.+ 421 455206832

email: allman.michal@gmail.com

Zmeny v koncentrácii CO₂ v pôde spôsobené harvesterovou technológiou po ťažbe bukovej kalamity

Abstrakt

Lesné hospodárstvo v poslednom období charakterizuje uplatňovanie integrovaných ťažbovo-dopravných technológií vo väčšom meradle. Lesné stroje pri svojom pohybe po povrchu pôdy spôsobujú zmenu množstva vlastností, ktoré sa prejavujú v zmene štruktúry pôdy a ovplyvnia jej ďalšie charakteristiky. Zhodnotenie dopadov pri prejazdoch ťažkej lesníckej mechanizácie po povrchu pôdy, nám podáva objektívne informácie o vplyve týchto technológií na celý environment, predovšetkým však na lesnú pôdu a jej zložky. V súčasnom období sa vyvíjajú metódy, ktoré by dokázali tieto vplyvy zhodnotiť objektívnejšie. Jedným z nich je meranie koncentrácie CO₂ v pôdnom vzduchu, prostredníctvom ktorého môžeme posúdiť okamžitý stav zhutnenia pôdy. Cieľom príspevku je zhodnotiť výsledky merania obsahu CO₂ v pôde, ktoré boli namerané pri spracovávaní bukovej prebierkovej kalamity na LZ Smolenice prostredníctvom harvesterového uzla John Deere 1070D ECO III a forwardera John Deere 870E. Prezentované výsledky poukazujú na výrazné rozdiely v obsahu CO₂ v pôde nezhutnenej v poraste a v pôde zhutnenej prejazdom harvesterového uzla. Takisto boli v zhutnenej pôde namerané hodnoty, ktoré v niektorých prípadoch prekročovali dvojnásobok kritickej koncentrácie CO₂ t.j. viac ako 0,6 %. Jednoduchosť a rýchla aplikovateľnosť použitej metódy predurčuje tento spôsob k hodnoteniu a skúmaniu vplyvov mechanizácie na vlastnosti a štruktúru lesnej pôdy.

Kľúčové slová: integrované technológie, zhutnenie pôdy, obsah CO₂

OPTIMALIZÁCIA SPRÍSTUPNENIA LESA LESNOU CESTNOU SIEŤOU V LHC NIŽNÁ SLANÁ

Ivan ĎURÁN – Vladimír JUŠKO

Ďurán, I. – Juško, V.: Optimization of forest access by forest road network in forest management unit Nižná Slaná. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 125–138.

The paper solves problems of optimization of forest access, evaluation of the current state of access to forest road network in the forest management unit (LHC) Nižná Slaná, evaluation of the situation of forest roads and it also point out possible deficiencies in forest access and propose optimal solutions to improve the situation in the investigated area. In the current forest access was evaluated supplementary indicators of forest road network and the others characteristics of forest roads, to which we include road pavement, longitudinal gradient, stability of cut and fill slopes, erosion occurring on forest roads, forest roads functionality, as well as their another features. Based on the review findings and suggestions, this thesis may improve the future access to the investigated forest area, in forest management unit Nižná Slaná. Own proposals was specified the measures need to be taken to improve the situation in forest access. Total lenght of 53 forest roads is 152.6 km and forest road network density is 24.51 m.ha⁻¹. After realization of plan proposals total lenght of 57 forest roads will be 162.4 km and forest road network density will be 26.10 m.ha⁻¹.

Key words: forest access, forest road, indicators of forest road network, optimization of access, biocorridor

1 ÚVOD A CIEĽ

Lesy sú veľmi dôležitou a nezriedka aj dominantnou zložkou krajiny, v ktorej môžu plniť rôzne prírodné, hospodárske, ale celospoločenské funkcie. Stále viac nadobúdajú na svojom význame, nielen ako zdroj dôležitých surovín, ale tiež ako kľúčový faktor životného prostredia. Už dnes sú na prvom mieste a v budúcnosti tomu tak bude stále výraznejšie, celospoločenské funkcie lesov. Z lesa ako útvaru hospodárskeho, sa stáva útvar vše užitočný. Týmto zmenám a špecifickým podmienkam hospodárenia musí náležite zodpovedať hospodársky spôsob, jeho formy a použitá technológia.

V súčasnom období, v našich podmienkach a pri doterajšej dostupnosti technológií v lesníctve, musíme pripisovať lesnej dopravnej sieti podstatný význam. Cievnou sústavou lesného hospodárstva je lesná dopravná sieť. Po nej je zabezpečovaná doprava pre všetky hlavné činnosti vykonávané v lesnom hospodárstve, ako je ťažba dreva, pestovanie lesa, ochrana lesných porastov, doprava lesných robotníkov na pracoviská a tiež umožňuje využitie lesa na oddych a rekreáciu, či poľovnícke účely.

Trvalé sprístupňovanie lesov sa uskutočňuje primárnou a sekundárnou lesnou cestnou sieťou, budovanou v rámci platnej normy STN 736108 Lesná dopravná sieť, do ktorej zaradujeme lesné odvozné cesty kategórie 1L a 2L, lesné približovacie cesty kategórie 3L a trvalé približovacie cesty. Dočasné sprístupňovanie lesov sa uskutočňuje terciárnou lesnou dopravnou sieťou v rámci technologickej prípravy pracovísk. Dôležitú úlohu

v sprístupnení lesov majú aj verejné komunikácie, resp. cudzie cesty, na ktoré sa napájajú lesné cesty primárnej a sekundárnej lesnej dopravnej siete.

Súčasný stav sprístupnenia lesa, budovanie nových lesných ciest má v dnešnej dobe narastajúcu tendenciu, hlavne kvôli zavádzaniu nových technológií v ťažbe dreva. Súvisí to hlavne s potrebou čo najrýchlejšie a v najlepšej kvalite sprístupniť všetky časti lesa, aby sa v nich mohlo uskutočniť efektívnejšie hospodárenie. V minulosti sa vybuďovalo mnoho lesných ciest, ktoré sú dnes v zlom technickom stave, pretože sa nevenuje dostatočná pozornosť starostlivosti o lesné cesty, predovšetkým prevencii pred vznikom poškodení lesných ciest. Pre vyhovujúce sprístupnenie lesa je veľmi dôležitá nielen kvantita, ale aj kvalita lesných ciest, iba tak dospejeme k dokonalému sprístupneniu našich lesov.

Cieľom práce bola optimalizácia sprístupnenia lesa v LHC Nižná Slaná. Tento cieľ spočíval v zhodnotení súčasného stavu sprístupnenia lesa, zhodnotení stavu lesných ciest na základe jednotlivých kritérií a ukazovateľov a návrhu jednotlivých opatrení pre optimalizáciu a zlepšenie sprístupnenia lesa lesnou cestnou sieťou v záujmovom území LHC Nižná Slaná. Práca sa dotýkala aj tiež sledovania pohybu a migrácie poľovnej zveri po lesnej cestnej sieti, či verejných komunikáciách.

2 MATERIÁL A METÓDY

Riešená problematika je lokalizovaná v LHC Nižná Slaná, ktorý je v správe Lesov SR, š. p., organizačne spadá pod OZ Rožňava, LS Nižná Slaná. Záujmové územie sa nachádza medzi obcami Henckovce – Petrovo – Brdárka – Rejdová – Dobšiná – Vlachovo – Gočovo. Je rozdelené do troch lesných užívacích celkov (LUC): Nižná Slaná – štátne, Nižná Slaná – neštátne, Dobšiná – štátne a 8 lesných oblastí (LO) a celkove má výmeru 6 221,42 ha. Geomorfologicky sa územie nachádza v oblasti Slovenského Rudohoria, západná časť patrí do Stolických vrchov a východná časť zasahuje do Volovských vrchov. Najvyšším bodom je vrch Smrečinka v nadmorskej výške 1 266 m n. m. Hydrologicky územie spadá do povodia rieky Slaná, do ktorej sa vlieva zo záujmového územia množstvo menších bočných prítokov, z ktorých najvýznamnejšími sú potoky Dobšinský, Vlachovský, Kobeliarsky, či Štítnický. Územie je popretkávané množstvom lúk a poľnohospodárskej pôdy, pričom sa tu vyskytujú iba tri súvislejšie úseky lesov. Geologicky územie patrí do severného Gemerika a tvoria ho prevažne metapieskovce, fylity, karbonáty, lydity, zlepenice či bázické metavulkanity, na ktorých sa vytvorili predovšetkým hnedé lesné pôdy – kambizeme, okrajovo rendziny, pararendziny a fluvizeme. Klimatické pomery sú ovplyvnené západným atlantickým prúdením prinášajúcim zrážky a územie patrí prevažne do mierne teplej vlhkej klimatickej oblasti. Lesné porasty sú tvorené predovšetkým bukom a smrekom, okrajovo dubom, jaseňom, borovicou, a to od dubovo-bukového až po lesný vegetačný stupeň kosodreviny pri porastovej zásobe 2 022 807 m³ (ihličnatá hmota – 1 125 289 m³, listnatá – 897 518 m³).

V práci bolo zhodnotené sprístupnenie záujmového územia lesnou cestnou sieťou. Na základe vykonaného terénneho prieskumu a lesníckej evidencie, keď boli zmapované všetky lesné cesty nachádzajúce sa v záujmovom území, zisťovali sa základne ukazovatele a charakteristiky lesnej cestnej siete.

Ako základné kvantitatívne ukazovatele lesnej cestnej siete podľa JURÍKA a kol. (1984) boli výpočtovou metódou na základe dĺžkových charakteristík jednotlivých ciest špecifikované:

– hustota lesných ciest (m.ha⁻¹) vyjadrujúca dĺžku lesných ciest na jednotku lesnej plo-

chy ako dôležitý technicko-ekonomický ukazovateľ kvantitatívnej úrovne dopravného sprístupnenia,

- rozostup ciest (m) vyjadrujúci teoreticky vzájomnú polohu lesných ciest potrebnú na projektovanie dopravy dreva,
- približovacia vzdialenosť teoretická (m) vyjadrujúca kolmú vzdialenosť z ťažiska porastu na cestu v smere približovania, a to buď pre jednosmerné ($1/2$ z rozostupu ciest) alebo obojsmerné približovanie ($1/4$ z rozostupu ciest).

Ako základné charakteristiky lesnej cestnej siete boli špecifikované:

- kategorizácia ciest v zmysle STN 736108 „Lesná dopravná sieť“ rozlišujúca lesné odvozné cesty (1L a 2L) a približovacie cesty (3L + trvalé približovacie cesty (TPC)),
- kryt vozovky lesnej cesty rozlišujúci vozovky bitúmenové, štrkové a zemné (bez vozovky),
- pozdĺžna sklonitosť,
- pozdĺžne a priečne odvodnenie,
- stabilita výkopových a násypových svahov zohľadňujúca technické hľadisko, pri ktorom sa zisťuje poškodenie svahov s dosahom na porušenie lesnej cesty, a estetické hľadisko, pri ktorom sa posudzujú lesné cesty ako krajinotvorný prvok ovplyvňujúci vzhľad krajiny,
- existencia erózných procesov použitím metodiky kategorizácie stupňa poškodenia podľa KLČA, KRÁLIKA (1991),
- funkčnosť lesnej cesty posudzovaním zjazdnosti ciest a tým ich prevádzkovej spôsobilosti,
- využitie lesných ciest špecifikujúce ich zaťaženie intenzitou dopravy,
- údržba lesných ciest špecifikujúca pravidelnosť (periodicitu) starostlivosti o cesty.

Na základe výsledkov terénneho prieskumu a následného zhodnotenia stavu sprístupnenia boli navrhnuté opatrenia. V prípade existujúcich ciest bol navrhnutý systém starostlivosti o ne v závislosti od rozsahu poškodenia, keď pre jednotlivé cesty boli navrhnuté opatrenia podľa metodiky KLČ, KRÁLIK (1991): údržba, oprava, rekonštrukcia alebo asanácia. V lokalitách s nedostatočným sprístupnením boli navrhnuté trasy nových lesných ciest, príp. v lokalitách, kde sú cesty so značným poškodením a následným návrhom na asanáciu, tak boli navrhnuté návrhy trás náhradných ciest. Návrhy umiestnenia nových lesných ciest boli vykonané podľa STN 736108 „Lesná dopravná sieť“, predovšetkým s ohľadom na pozdĺžnu sklonitosť.

Empirický materiál záujmového územia tvorilo celkovo 53 lesných ciest o celkovej dĺžke 152,6 km (tab. 1).

Vizuálnym pozorovaním bol tiež mapovaný pohyb voľne žijúcej zveri, najmä poľovnej, v záujmovom území najmä v súvislosti s cestnými komunikáciami.

Tab. 1 Súčasný stav lesnej cestnej siete v LHC Nižná Slaná

Tab. 1 State of forest road network in LHC Nižná Slaná

č.	Názov LC	Kategória cesty			č.	Názov LC	3L + TPC (km)
		1L (km)	2L (km)	3L (km)			
1	LC Pališov	0,5			28	Hlboké	2,5
2	LC Gregor	2,0			29	Hlboká dolina	1,5
3	LC Stromiš	4,5			30	Štolcová dolinka	2,2
4	LC Chotárna dolka	1,8			31	Poliačky	2,6
5	LC Belákovo – Vlachovo	3,5			32	Katarína	2,9
6	Repiská		4,0		33	Rimperg	3,4
7	Hagny – Zadubová		7,5		34	Stráň	1,2
8	Predné lúky – Biela skala		2,7		35	Hrabinky	1,6
9	Roveň – Rakovec		3,5		36	Plačková lúka	1,2
10	Suchý vrch		2,5		37	Bučina	3,5
11	Hlboké		3,8		38	Mertuchy	2,1
12	Štítnická dolina		2,0		39	Tábla	2,9
13	Katarína – Tri studne		4,2		40	Zadná brezina	1,8
14	Kobeliarovo – Bučina		8,8		41	Za háj	2,8
15	Trostie – Žliabky		3,8		42	Krásna hôrka	1,3
16	Rudné		6,1		43	Michlov	0,8
17	Spálenisko		4,5		44	Nad chotárnou	3,7
18	Klekoš		1,7		45	Vandráková	2,6
19	Za háj		2,5		46	Rinička	3,5
20	Henckovská dolina		2,4		47	Bobotov kopec – Babiná	2,5
21	Kováčová		10		48	Suchý vrch	2,4
22	Mertuchy		2,9		49	Stromiš hrebeň	0,8
23	Ivád'ov			3,0	50	Chotár	0,6
24	Gregor			2,5	51	Šachová	2,0
25	Dubiná			1,0	52	Trostie	1,1
26	Zadubová			4,0	53	Grúň	1,5
27	Repiská			3,0			
Spolu:		12,3	72,9				67,4
Spolu celkom:		152,6					

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Zhodnotenie stavu sprístupnenia záujmového územia

Z terénneho prieskumu a evidencie lesnej cestnej siete vyplýva, že dopravné sprístupnenie záujmového územia LHC Nižná Slaná sa vyznačuje primeranou hustotou ciest. Z celkového počtu 53 lesných ciest o celkovej dĺžke 152,6 km (tab. 1) 9 % tvoria najkvalitnejšie celoročne zjazdne lesné odvozné cesty kategórie 1L, 32 % tvoria lesné odvozné cesty kategórie 2L so sezónnou zjazdnosťou a 59 % tvoria lesné približovacie cesty (3L + TPC). V záujmovom území sa nachádza 5 ciest kategórie 1L o celkovej dĺžke 12,3 km, 17 ciest kategórie 2L o celkovej dĺžke 72,9 km a 31 ciest kategórie 3L + TPC o celkovej dĺžke 67,4 km.

Z hľadiska hodnotenia lesných ciest podľa krytu vozovky v LHC Nižná Slaná je vysoký podiel zemných ciest bez vozovky. Celková dĺžka takýchto ciest je až 110,3 km, čo výrazne presahuje zastúpenie približovacích lesných ciest (3L + TPD). Takýto povrch majú aj niektoré cesty, ktoré sú vedené v evidencii ako odvozné lesné cesty, príp. majú len pomiestne spevnenie. Je to spôsobené predovšetkým vysoko únosným podložím, ktoré je tvorené predovšetkým premenenými horninami s vysokým podielom rudných minerálov, ktoré miestami vystupujú až na povrch, čím vytvárajú únosné skeletnaté podložie. Vysoká únosnosť podložia v kombinácii s nezanedbateľným finančným hľadiskom tu zohrávajú hlavnú úlohu pri výbere a charaktere krytu vozovky lesných ciest. Celoplošnú štrkovú vozovku majú cesty o dĺžke 35,0 km a bitúmenovú vozovku o dĺžke 7,3 km. Tieto kvalitnejšie vozovky majú predovšetkým dolinové cesty, ktoré sú najviac zaťažované a kde je sústredená aj najväčšia intenzita dopravy.

Celkove je hustota lesných ciest 24,51 m.ha⁻¹. Pri posudzovaní hustoty podľa jednotlivých kategórii lesných ciest, cesty kategórie 1L dosahujú hustotu 1,97 m.ha⁻¹, cesty kategórie 2L hodnotu 11,71 m.ha⁻¹ a cesty kategórie 3L hodnotu 10,83 m.ha⁻¹ (tab. 2). Pri porovnaní s celoslovenským priemerom, kde hustota dosahuje 20,2 m.ha⁻¹ (ZELENÁ SPRÁVA, 2011), možno konštatovať, že hustota lesnej cestnej siete v LHC Nižná Slaná je dostačujúca, dokonca prekračuje celoslovenské priemerné hodnoty. Pri posudzovaní podľa jednotlivých kategórii ciest, tak v záujmovom území je nižšia hustota len u odvozných lesných ciest kategórie 1L, čo súvisí aj s už zmienenou vysokou únosnosťou podložia. Vychádzajúc z vypočítanej hustoty ciest, hodnota teoretického rozostupu lesných ciest dosahuje hodnotu 407,99 m a teoretická kolmá približovacia vzdialenosť pri jednostrannom približovaní hodnotu 203,99 m a pri obojstrannom približovaní hodnotu 101,99 m. Celkove možno konštatovať, že jednotlivé ukazovatele sprístupnenia záujmového územia dosahujú uspokojivé hodnoty prevyšujúce celoslovenský priemer. Napriek tomu v niektorých lokalitách sprístupnenie nedosahuje ešte optimálne rozmiestnenie lesných ciest, keď skutočná poloha ciest nepokrýva celé záujmové územie. Úlohou v ďalšej časti práce bolo zmapované existujúce sprístupnenie lesa zoptimalizovať za účelom čo najefektívnejšieho hospodárenia.

Tab. 2 Analýza kategórií ciest
Tab. 2 Analysis of road categories

Kategória cesty	Súčasný stav		Návrhový stav		SR (2010)
	dĺžka	hustota	dĺžka	hustota	hustota
	(km)	(m.ha ⁻¹)	(km)	(m.ha ⁻¹)	(m.ha ⁻¹)
1L	12,3	1,97	23,3	3,74	3,2
2L	72,9	11,71	66,0	10,60	7,4
3L + TPD	67,4	10,83	73,1	11,76	7,9
spolu:	152,6	24,51	162,4	26,10	18,6
cudzie (1L)	–	–	–	–	1,6
spolu celkom:	152,6	24,51	162,4	26,10	20,2

3.2 Zhodnotenie stavu a vybavenia lesných ciest

Z terénneho prieskumu vyplýva niekoľko všeobecných záverov týkajúcich sa základných charakteristik ciest a ich vybavenia. Na základe terénneho posúdenia stability výkopových a násypových svahov lesných ciest možno konštatovať, že väčšina lesných ciest má tieto svahy zastabilizované, pričom úplne stabilné sú svahy na 29 % a čiastočne stabilné svahy sú na 62 % lesných ciest. Je to predovšetkým z dôvodu dávnejšej výstavby väčšiny týchto ciest v záujmovom území, keď väčšinou bylinná či krovitá vegetácia zastabilizovali tieto svahy pred následkami uvoľňovania a následného vypadávania, či vymývania pôdnych častíc eróznou činnosťou. Len 9 % ciest má tieto svahy nestabilné. Prejavuje sa to najmä v strmších terénoch nad 20 %, kde sú väčšie zárezy, najmä výkopových svahoch. Prejavuje sa to najmä v miestach točiek, či umiestnenia priepustov.

Pri hodnotení stavu odvodnenia lesných ciest bol zaznamenaný relatívne nízky podiel lesných ciest, ktoré mali súvislé pozdĺžne odvodnenie vo forme otvorených zemných priekop. Až 61 % ciest nemalo žiadne pozdĺžne odvodnenie, pomiestne sa vyskytovalo na 23 % a len na 16 % ciest sa nachádzalo po celej dĺžke ciest. Samozrejme tu musíme zohľadniť fakt, že v zmysle STN 736108 približovacie lesné cesty nemusia mať a spravidla ani nemajú pozdĺžne odvodnenie. Aj napriek tomuto však vyše tretina odvozných lesných ciest toto odvodnenie nemalo, hoci v zmysle menovanej normy to má byť ich nevyhnutnou súčasťou. Ich absencia zvyšuje eróznou ohrozenosť týchto ciest. Starostlivosť o tieto zariadenia sa v súčasnosti vykonáva len v prípade potreby. To má za následok zarastanie týchto zariadení, ale aj krajníc bylinnou či krovitou vegetáciou, a ich zanášanie alebo erodovanie. Iná situácia je v prípade priečných odvodňovacích zariadení na cestách so štrkovou vozovkou alebo bez vozovky, so zemným povrchom. Na všetkých odvozných cestách s týmto krytom vozovky sa nachádzalo priečne odvodnenie. U približovacích ciest takéto odvodnenie malo vyše 60 % ciest. Toto priečne odvodnenie je predovšetkým vo forme drevených guliačových odrážok, ktoré sú v poslednom období nahrádzané odrážkami vyfrézovanými do dreveného hranola, či guliača. Starostlivosť o tieto priečne odvodňovacie zariadenia je pravidelná, čo má za následok relatívne dobrý stav týchto ciest.

Pri hodnotení výskytu erózie na základe použitej metodiky podľa KLČA, KRÁLIKA (1991) bol hodnotený stav ciest z hľadiska erózných procesov na štrkových vozovkách ciest a cestách so zemným krytom. Kvantifikoval rozsah erózie v závislosti od hĺbky vytvorenej eróznej ryhy na povrchu cesty. Až 58 % ciest o celkovej dĺžke 83,5 km, bolo

vo výbornom až dobrom stave, tzn. hĺbka erózných rýh nepresahovala hodnotu 10 cm. Uspokojivý stav so stredným poškodením vykazovalo 39 % ciest o celkovej dĺžke 56,8 km s hĺbkou poškodenia v rozsahu 10–20 cm. V týchto prípadoch sa prejavili výsledky systematickej starostlivosti o lesné cesty predovšetkým z hľadiska ich ochrany voči eróznym procesom, ako i priaznivé a únosné podložie. Zlý až katastrofálny stav vykazovali iba 3 % ciest o celkovej dĺžke 4,8 km. V týchto prípadoch sa išlo o približovacie lesné cesty s vysokým sklonom (do 20 %) bez odvodnenia alebo s už nefunkčným odvodnením, keď erózne ryhy miestami presahovali aj hĺbku 50 cm. Ide tu už o natrvalo poškodené cesty s vysokým potenciálom pokračovania eróznym procesom. V týchto prípadoch je jediným riešením asanácia týchto ciest, t.j. protierózne zabezpečenie takejto erodovanej plochy a jej opätovné prinavrátenie produkčnej funkcie.

Rozbor lesnej cestnej siete záujmového územia z hľadiska priemernej pozdĺžnej sklonitosti vychádzal zo zatriedenia lesných ciest do 5 tried. Percentuálne zastúpenie jednotlivých tried bolo nasledovné:

- sklon 0–4 % – 29 % ciest,
- sklon 4,1–8 % – 54 % ciest,
- sklon 8,1–12 % – 14 % ciest,
- sklon 12,1–16 % – 2 % ciest,
- sklon 16,1–20 % – 1 % ciest.

Na základe daného zatriedenia možno konštatovať, že väčšina ciest má sklon do 8 %, pričom všetky odvozné lesné cesty (1L a 2L) majú sklon do 10 %. Nadmerný sklon (12,1–20 %) je u troch trvalých približovacích ciest, ktoré sa vyznačujú nadmerným poškodením vodnou eróziou.

Pri hodnotení z hľadiska funkčnosti sa posudzovala prevádzková spôsobilosť a zjazdnosť lesných ciest. Veľmi významnú rolu pri nefunkčnosti lesných ciest zohrávalo predovšetkým poškodenie eróznymi procesmi. Aj výsledky tohto hodnotenia do značnej miery korešpondovali s hodnotením výskytu erózie. V minulom období boli niektoré cesty nezjazdné taktiež z dôvodu zanedbanej údržby, či nevyužívania daných ciest, ktoré v dôsledku toho boli atakované náletom stromovej vegetácie. V súčasnosti je už tento nedostatok odstránený a pravidelnou údržbou sú tieto cesty funkčné a plne zjazdné. Z výsledkov hodnotenia vyplýva, že plne funkčných je 52 % lesných ciest o celkovej dĺžke 79,1 km, čiastočne funkčných a teda ťažšie zjazdných je 34 % ciest o celkovej dĺžke 51,9 km a nefunkčných, teda nezjazdných a neschopných prevádzky v dôsledku poškodení, je 14 % o celkovej dĺžke 21,6 km. Takéto nezjazdné cesty sú nevyužiteľné a vlastne nepotrebné. Je potrebné na nich vykonať k rozsiahlejšie opravy, rekonštrukcie, alebo vypracovať návrhy na ich asanáciu. V budúcnosti je potrebné zabezpečiť nielen dostatočný rozsah sprístupnenia, ale dbať aj na dostatočnú kvalitu lesnej cestnej siete, ktorá umožní zabezpečiť všetky požiadavky lesného hospodárstva na ňu kladené.

Pri hodnotení lesných ciest z hľadiska údržby je pravidelná (bežná) údržba vykonávaná na 46 % lesných ciest, prevažne odvozných, s celkovou dĺžkou 71,3 km, čiastočná a nepravidelná údržba je vykonávaná na 42 % lesných ciest o celkovej dĺžke 63,7 km a neudržiavaných ciest je 12 % o dĺžke 17,6 km. Možno konštatovať, že na väčšine ciest sa plánovite vykonáva údržba, nie však vždy pri aktuálnej potrebe, ktorá napr. nastáva pri eróznym činnostiach v dôsledku náhlych privalových zrážkových udalostí.

Posledným hodnoteným kritériom bolo posúdenie využitia jednotlivých lesných ciest. To záviselo nielen od ich stavu poškodenia a prevádzky schopnosti, ale taktiež od aktuálnej potreby a požiadaviek lesného hospodárstva na sprístupnenie konkrétnych lokalít

v súvislosti s potrebou vykonávania určitých činností. Permanentne využívaných (s intenzitou dopravy vyjadrenou počtom prejazdov štandardizovanou nápravou za 24 hodín – cca 1 ŠN/24 hod.) je 36 % lesných ciest o dĺžke 55 km, občas využívaných je 59 % lesných ciest o dĺžke 90,1 km a nevyužívaných, príp. minimálne využívaných je 5 % ciest o dĺžke 7,5 km. V súčasnosti medzi najviac využívané patria lesné cesty nachádzajúce sa v lokalitách s náhodnými ťažbami, kde sa spracúva rozsiahla podkôrníková a vetrová kalamita.

3.3 Návrh optimalizácie sprístupnenia lesa

Pri návrhu optimalizácie sprístupnenia lesa záujmového územia LHC Nižná Slaná sa vychádzalo zo zhodnotenia špecifik daného územia ako i požiadaviek lesníckej prevádzky (OZ Rožňava) z hľadiska sprístupnenia lesných porastov. Východiskami návrhu optimalizácie bola existujúca lesná cestná sieť a terénna a technologická typizácia územia. Z hľadiska terénnej a technologickej typizácie väčšina záujmového územia spadá do technologického typu č. 2 so sklonovými pomermi do 40 % a traktorovou technológiou sústreďovania dreva. Optimálnemu sprístupneniu lesa sa môžeme priblížiť návrhom vhodných opatrení, ako je zvyšovanie hustoty lesnej cestnej siete vo vyššej kvalite a pravidelnej údržbe. Navrhnuté opatrenia sa týkali starostlivosti o existujúce lesné cesty v závislosti od stupňa poškodenia a prevádzkovej spôsobilosti a návrhu výstavby nových lesných ciest.

Údržba lesných ciest

Pravidelná starostlivosť zabezpečuje udržanie funkčnosti lesných ciest pri minimalizácii rozširovania stupňa poškodenia. Vzhľadom na dobrý súčasný stav na 30 lesných cestách (LC č. 1, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 40, 44, 45, 46, 48) nie je potrebná optimalizácia sprístupnenia, ale iba udržanie tohto stavu pravidelnou bežnou údržbou, príp. drobnými opravami. Na daných cestách v rámci letnej údržby bola navrhnutá pravidelná údržba a čistenie pozdĺžneho a priečného odvodnenia, údržba a čistenie krajníc od vegetácie, udržiavanie stability výkopových a násypových svahov, údržba cestných objektov a bezpečnostných zariadení, ako aj vykonávanie drobných opráv povrchu cesty. V rámci zimnej údržby je potrebné u ciest s celoročnou prevádzkou zabezpečiť predovšetkým ich zjazdnosť v zimnom období.

Opravy lesných ciest

Boli navrhnuté celkovo na 9 lesných cestách (LC), na ktorých sa vyskytovali poškodenia väčšieho rozsahu. Rozsah a druh opráv bol v závislosti od povrchu vozovky.

LC s bitúmenovým krytom:

- opravy na cestách kategórie 1L: č. 2 LC Gregor, č. 4 LC Chotárna dolka a č. 5 LC Belákov – Vlachovo,
- poškodenia vo forme hlbších výtlkov, pomiestnych mozaík trhlín a prelomeného okraja vozovky,
- oprava: vyrezanie poškodených častí, vyplnenie obaľovaným kamenivom, zhutnenie, v prípade prelomeného okraja je potrebné ešte pred výmenou poškodenej časti zvýšiť únosnosť podložia vyplnením kamenivom.

LC so štrkovým krytom:

- opravy na ceste č.14 Kobeliarovo – Bučina (2L),
- poškodenia vo forme vytvorených koľají, poškodenie bezpečnostného zariadenia na priepustoch,
- oprava: doplnenie kameniva a jeho prepojenie s pôvodným materiálom premiešaním recyklačnou frérou, zhutnenie, výmena poškodených kovových zábradlí za drevené.

LC so zemným krytom:

- opravy na cestách 3L – č. 38 Mertuchy, č. 41 Za háj, č. 42 Krásna hôrka, č. 53 Grúň a č. 9 Roveň – Rakovec (2L),
- poškodenia vo forme pomiestne vytvorených koľají a hlbších jám, poškodenie priečneho odvodnenia, rúrového priepustu,
- oprava: čiastočné urovnanie povrchu, vyplnenie koľají a jám kamenivom a ich zhutnenie; výmena poškodených guliačových odrážok odrážkami vyfrézovanými do dreveného guliača; na LC č. 42 oprava poškodeného priepustu a výmena poškodeného kovového zábradlia za drevené.

Rekonštrukcie lesných ciest

Na rekonštrukciu bolo navrhnutých 12 lesných ciest o dĺžke 26,7 km. Dôvody na rekonštrukciu boli predovšetkým v obnove, príp. zmene krytu vozovky z dôvodu zvýšených nárokov na jej únosnosť a intenzitu dopravy a dobudovanie chýbajúceho odvodnenia na zamedzenie pôsobenia erózných procesov. Vo viacerých prípadoch po vykonaní rekonštrukcie je návrh na zmenu kategorizácie príslušných ciest preradením do vyššej kategórie.

LC č. 3 Stromiš – návrh rekonštrukcie a zosilnenia štrkovej vozovky z dôvodu intenzívneho zaťažovania odvozom dreva. Napriek tomu, že ide o cestu 1L, chýba tu pozdĺžne odvodnenie, preto sa navrhuje vybudovanie pozdĺžneho a priečneho odvodnenia a stabilizácia zosúvaním ohrozených výkopových svahov nad rúrovými priepustmi.

LC č. 8 Predné lúky – Biela skala a LC č. 11 Hlboké – návrh rekonštrukcie a zosilnenia štrkovej vozovky, zdôvodnený intenzívnym využívaním cesty, a odvodnenia. V mieste kríženia cesty s Vlachovským potokom u LC č. 8 je potrebné rozobrať existujúci a vybudovať nový priepust nadimenzovaný na potrebný prietok. Po rekonštrukcii cesty budú preklasifikované z kategórie 2L na 1L.

LC č. 17 Spálenisko – potreba rekonštrukcie vyplýva z požiadavky celoročnej zjazdnosti, nakoľko cesta patrí medzi najviac využívané. Bola navrhnutá rekonštrukcia krytu vozovky, a to v dvoch úsekoch: prvý úsek Vlachovo – lesný sklad Hluchá dolina o dĺžke 1,8 km – bitúmenová vozovka, druhý úsek sklad Hluchá dolina – lesný sklad Trojuholník o dĺžke 2,7 km – štrková vozovka. Je potrebné vybudovať odvodnenie a stabilizovať výkopový svah v lokalite Nad studničkou vybudovaním drôtokamenného oporného múra dĺžky 100 m. Cesta bude preradená z kategórie 2L do 1L.

LC č. 24 Gregor a LC č. 35 Hrabinky – vybudovanie štrkovej vozovky a odvodnenie (pozdĺžne a priečne). Cesty po rekonštrukcii budú preradené z 3L do 2L.

LC č. 34 Stráň – návrh na vybudovanie priečneho odvodnenia a pomiestne pozdĺžneho odvodnenia v okolí prameňov a úprava poškodeného zemného povrchu cesty v úseku 150 m z titulu erodujúcich koľají.

LC č. 47 Bobotov kopec – Babiná, č. 49 Stromiš – hrebeň, č. 50 Chotár – cesty kategórie 3L, na ktorých absentuje priečne odvodnenie a vyskytujú sa zosuvy na výkopových

svahoch. Návrh opatrení obsahuje vybudovanie priečného odvodnenia a stabilizáciu ohrozených častí výkopových svahov ozelenením. Na LC č. 49 (počiatočný úsek, dĺžka cca 200 m), sa navrhuje sieť drôtokamenných oporných múrov.

LC 51 Šachová – návrh vybudovania priečného odvodnenia a 2 rúrových priepustov v miestach križovania trasy s potokom s cieľom zamedziť poškodeniu vodnou eróziou.

LC č. 52 Trostie – cesta je atakovaná vodnou eróziou, preto návrh obsahuje vybudovanie priečného odvodnenia, vybudovanie priepustu nad lesným sklodom Lipová studňa, pomiestne vybudovanie pozdĺžneho odvodnenia v lokalite Lipová studňa a úprava zemného povrchu cesty v spodnom úseku LC (dĺžka cca 100 m).

Asanácie lesných ciest

Na asanáciu boli navrhnuté dve cesty: č. 39 Tábla a č. 43 Michlov. Ide o cesty s veľkým sklonom, ktoré sa vôbec nevyužívajú v dôsledku nadmerného poškodenia vodnou eróziou s výskytom erózných rýh hlbších ako 50 cm. Postup pri asanácii:

- odvedenie vody z ohrozených miest,
- výstavba priečných objektov v rýhách – drevených protierózných prehrádzok a ďalších technických opatrení,
- zabezpečenie bylinnej vegetácie a zalesnenie asanovaných miest,
- návrh smerového riešenia (s ohľadom na pozdĺžnu sklonitosť) dvoch nových lesných ciest, ktorými sa nahradia asanované cesty a sprístupnia dané lokality.

Návrh nových lesných ciest

Za základe stanovených požiadaviek bol vykonaný návrh nových ciest, výstavbou ktorých sa zlepši sprístupnenie daného územia. Bolo navrhnutých 6 lesných ciest kategórie 3L o celkovej 11,6 km (tab. 3). Vzhľadom na priaznivé terénne a geologické podmienky a s ohľadom na minimalizáciu nákladov boli navrhnuté iba lesné približovacie cesty, ktoré sú bez vozovky, len so zemným krytom. Ide prevažne o cesty, ktorými sa dopĺňa existujúca sieť v daných lokalitách, alebo sa nahrádzajú asanované cesty. Nie sú to strategicky významné cesty, na ktorých by bola sústredená vysoká intenzita dopravy. V prípade potreby môžu byť v budúcnosti prebudované na odvozné lesné cesty (1L, 2L). Smerové riešenie bolo navrhnuté v cieľom optimálne sprístupniť danú lokalitu s vyrovnaným pozdĺžnym sklonom, ktorý nepresahuje hodnotu 12 %. Polovica ciest je výškovo navrhnutá vo vyšších sklonoch, preto je na nich potrebné vybudovať kvalitné priečne odvodnenie.

Tab. 3 Základné charakteristiky navrhnutých ciest

Tab. 3 Basic characteristics of design roads

Číslo cesty	Typ	Dĺžka (km)	Sklon (%)	Povrch	Odvodnenie
54	3L	1,5	11,5	zemný	priečne
55	3L	2,3	3,0	zemný	priečne, pozdĺžne
56	3L	1,8	3,0	zemný	priečne
57	3L	2,1	7,0	zemný	priečne
58	3L	1,6	11,0	zemný	priečne
59	3L	2,3	10,0	zemný	priečne

LC č. 54 – je navrhnutá na sprístupnenie doliny Hlboké, začína pripojením sa na štátnu cestu I/67 Rožňava – Poprad, kde spôsobom napojenia a spevnenia povrchu cesty musí byť vylúčené riziko vyplavovania sedimentov na štátnu cestu, a končí pripojením sa na poľnú cestu Nad koľajou. Je navrhnuté priečne odvodnenie a premostenie križujúceho potoka pomocou priepustu.

LC č. 55 – ako dolinová cesta vedie od skladu Píla cez dolinu Michlov do doliny Hlboké a napája sa na navrhnutú LC č. 54. Dolinu Michlov sprístupňuje ako náhrada za asanovanú LC č. 43 Michlov. Odvodnenie je navrhnuté priečne, v doline Michlov prechádza cez územie mokrín, tak pomiestne je navrhnuté pozdĺžne odvodnenie, premostenie cez križujúce potoky v dolinách Michlov a Hlboké je riešené priepustmi.

LC č. 56 – je navrhnutá ako hrebeňová cesta sprístupňujúca hrebeň lokality Lipová studňa, a to od lesného skladu Trojuholník po lesný sklad Kuráňová, kde sa napája na cestu č. 21 Kováčová.

LC č. 57 – sprístupňuje lokality Tábla a Zadná Brezina ako náhrada asanovanej LC č. 39 Tábla. Návrh je riešený ako svahová cesta prepájajúca cesty č. 38 Mertuchy a č. 19 Za háj.

LC č. 58 – slúži na sprístupnenie Jedľovej doliny prepojením ciest č. 28 Hlboké a č. 20 Heckovská dolina.

LC č. 59 – prepája odvoznú lesnú cestu č. 8 Predné lúky – Biela skala cez lokalitu Jancová skala s LC č. 46 Rinička.

Realizovaním navrhovaných opatrení smerujúcich k optimalizácii sprístupnenia záujmového územia LHC Nižná Slaná sa pozitívne zmenia základné ukazovatele lesnej cestnej siete (tab. 2). Celková dĺžka lesnej cestnej siete sa zvýši o 9,8 km na celkovú dĺžku 162,4 km pri celkovom počte 57 ciest. Hustota lesnej cestnej siete sa zvýši o 1,59 m.ha⁻¹ na hodnotu 26,10 m.ha⁻¹. Na základe toho teoretický rozstup lesných ciest dosiahne hodnotu 383,14 m, kolmá teoretická vzdialenosť pri jednostrannom približovaní – 191,57 m a pri obojstrannom približovaní 95,78 m. Z kvalitatívneho hľadiska podľa kategorizácie ciest je nárast u odvozných lesných ciest 1L na hodnotu 3,74 m.ha⁻¹ pri celkovej dĺžke 23,3 km, najmä na úkor ciest kategórie 2L, keď niektoré z nich skvalitnením vozovky budú preradené do kategórie 1L. Celkovo pri návrhovej dĺžke odvozných lesných ciest kategórie 2L 66,0 km sa zníži hustota tejto kategórie ciest o 1,11 m.ha⁻¹ na hodnotu 10,60 m.ha⁻¹. U približovacích lesných ciest aj v dôsledku návrhu 6 nových ciest mierne narastie celková dĺžka na 73,1 km, čo zvýši hustotu ciest o 0,93 m.ha⁻¹ na konečnú hodnotu 11,76 m.ha⁻¹.

3.4 Biokoridory v záujmovom území

Lesná cestná sieť LHC Nižná Slaná je intenzívne využívaná aj v rámci poľovníckej činnosti, či už so strany užívateľov poľovníčkových revírov, ale i samotnej zveri. V záujmovom území obhospodarujú prenajaté poľovné revíry poľovnícke združenia (PZ): PZ Jaseňov vrch, PZ Hlboké, PZ Volovec a režijný poľovný revír Lesy SR – PZ Bučina. Územie, kde sa vyskytuje väčšina druhov poľovnej zveri s hlavnou zverou jeleňou, spadá do dvoch poľovníčkových oblastí jelenej zveri – J XV Muránska a J XVI Smolník, ktorých vzájomnú hranicu vymedzuje rieka Slaná. Územie, ktoré je charakteristické popretkávaním lesných plôch s poľnohospodárskou krajinou, je ovplyvňované fragmentáciou, napr. aj z dôvodu existujúcej dopravnej infraštruktúry. Dochádza k rozdrobovaniu prírodných území na viacero menších častí za súčasného zmenšovania pôvodných

biotopov a zväčšovania vzájomnej izolácie areálov, a to či už prírodnými (vodné toky) alebo umelými prekážkami (cesty, železnice). Záujmové územie je významné ako migračný biokoridor niektorých druhov poľovnej zveri, ale aj vtákov či obojživelníkov (napr. biokoridor európskeho významu skokana hnedého). Biokoridor predstavuje priestorovo prepojený súbor ekosystémov spájajúci biocentrá a umožňujúci migráciu a výmenu genetických informácií živých organizmov a ich spoločenstiev. V záujmovom území sú lokálne biokoridory, ktorými sa voľne žijúca zver voľne pohybuje po krajine. Z hľadiska regionálneho významu sa nachádzajú biokoridory predovšetkým v orientácii S–J a V–Z. Nimi zver migruje predovšetkým za potravou zo severných lesnatých území do južných otvorených poľnohospodárskych území, ale taktiež v období ruje. Najvýznamnejší migračný biokoridor v smere V–Z sa nachádza medzi obcami Vlachovo a Dobšiná, ktorý križuje okrem účelových komunikácií, ako sú lesné cesty, predovšetkým verejná komunikácia I/67 (Rožňava – Poprad) a rieka Slaná. V smere S–J je významnou bariérovou prekážkou južne od záujmového územia verejná komunikácia I/50 (v úseku Košice – Rožňava) a železničná trať. Dochádza tu často ku nebezpečným kolíziám medzi migrujúcou zverou a dopravnými prostriedkami, predovšetkým v nočných hodinách. Najnebezpečnejšie sú práve tieto verejné komunikácie s vysokou intenzitou dopravy. V prípade pohybu zveri po lesnej cestnej sieti sú rizika kolízií omnoho menšie, keďže intenzita dopravy po nich, či stres zveri z vyrušovania, sú minimálne. Opatrenia na zamedzenie týchto stretov sa vykonávajú budovaním objektov na zabránenie alebo zníženie rizika vstupu zveri na pozemnú komunikáciu (rôzne formy oplotenia) a migračných objektov umožňujúcich prechod zveri cez komunikáciu (ekodukty, nadchody, podchody, ap.). Na Slovensku sú tieto objekty ojedinelé, začínajú na budovať na nových úsekoch diaľnic (máme postavené 3 ekodukty, 1 podchod pre zver a ďalšie 2 ekodukty sú v štádiu príprav). Na už vybudovanej sieti ciest nie je dostatočne riešená táto problematika z hľadiska defragmentácie krajiny. Dobudovávajú sa na kritických úsekoch diaľnic oplotenia, ktoré riešia zamedzenie vstupu zveri na komunikáciu, neriešia však migráciu. Tento problém sa netýka len diaľnic, ale aj ostatných komunikácií. Jednoduchým riešením na zvýšenie bezpečnosti na cestách aj ochrane zveri je využívanie obmedzenia rýchlosti jazdy a umiestňovanie výstražnej dopravnej značky č. A 18 Zver. Takéto opatrenie je využívané aj v záujmovom území.

4 ZÁVER

Problematika sprístupnenia lesa je v súčasnosti aktuálnou témou a je potrebné jej venovať skutočne veľkú pozornosť, pretože len optimálne sprístupnenie lesov kvalitnou a dostatočne hustou lesnou dopravnou sieťou nám zaručí bezproblémové fungovanie lesného hospodárstva. V dôsledku optimálneho sprístupnenia lesa sa nám skráti približovacia vzdialenosť, čím sa ušetria náklady spojené s približovaním, zrýchli sa odvoz dreva z porastov k spotrebiteľom a zlepši sa sprístupnenie lesa vzhľadom na protipožiarnu ochranu, ktoré je v súčasnom období veľmi aktuálna.

Na plánovité hospodárenie s lesnou cestnou sieťou, či už z hľadiska výstavby alebo starostlivosti o ňu, je potrebné mať potrebné informácie. V našom prípade zber informácií bol založený na terénnych empirických meraniach a vizuálnych pozorovaniach. Systém databázy lesnej cestnej siete v lesnom hospodárstve je prakticky neexistuje, príp. údaje sú neaktualizované. Zdrojom základných informácií v minulosti bol Generálny plán lesnej dopravnej siete, ktorý sa vypracovával v rámci obnovy bývalého lesného hospodárskeho plánu (dnešný PSOL) pre daný lesný hospodársky celok. Vzhľadom k tomu, že v súčas-

nosti je tento plán nepovinnou súčasťou PSoL-u a navyše spoplatnenou službou, tak si ho lesnícke subjekty dávajú vypracovať ojedinele. Na verejné komunikácie na Slovensku od úrovne diaľnic, cez privádzače, rýchlostné komunikácie až po štátne cesty I., II. a III. triedy má Slovenská správa ciest má zriadenú cestnú databanku. Tá je riešená formou špecifického informačného systému modelu cestnej siete (IS MCS), ktorý predstavuje komplexný geografický informačný systém s množstvom aplikačných programov. Pre lesnícke účely TUČEK a kol (2012) navrhli a otestovali na modelovom území metodicky postup podrobného mapovania lesnej cestnej siete pomocou geoinformačných technológií, navrhli a implementovali schému databázy pre evidenciu údajov o lesnej cestnej sieti a odvozných miestach.

Zhodnotením sprístupnenia lesa v LHC Nižná Slaná sme dospeli k záveru, že stav sprístupnenia lesa lesnou dopravnou sieťou na väčšine záujmového územia je vyhovujúci súčasným potrebám hospodárenia. Avšak v budúcnosti bude potrebné vybudovať viacero lesných ciest podľa návrhu v tejto práci, aby sa dosiahlo priblíženie k optimálnemu sprístupneniu vo všetkých častiach LHC Nižná Slaná a zamedzilo sa poškodzovaniu lesných ciest eróziou v dôsledku zlého smerového a výškového vedenia trasy cesty. V súčasnosti je v záujmovom území nízke zastúpenie lesných ciest kategórie 1L ako aj výrazný nepomer medzi kategóriami a krytmi vozoviek týchto lesných ciest. Najvhodnejšou alternatívou je vybudovanie kvalitnejšieho krytu vozovky na existujúcich lesných cestách a ich následné preradenie do vyššej kategórie. V súčasnosti je veľmi potrebné zaoberať sa aj starostlivosťou, údržbou lesných ciest a vykonávaním opráv. Údržba lesných ciest v súčasnosti nie je postačujúca, pričom sa kladie väčší dôraz na množstvo lesných ciest, ako ich kvalitu. Nedostatočná je predovšetkým starostlivosť o odvodnenie, čím dochádza k poškodzovaniu ciest vplyvom vodnej erózie, a tým aj k zhoršeniu ich zjazdnosti, čo má za následok zhoršenie ich prevádzky schopnosti i celkove stavu sprístupnenia.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

5 Literatúra

- JURÍK, L. a kol.: Lesné cesty. Bratislava: Príroda a.s., 1984, 407 s.
- KLČ, P., KRÁLÍK, A.: Katalóg porušení a závad na lesných cestách. Bratislava, Príroda, 1991, 85 s., ISBN 80-07-00273-1.
- STN 736108 – Lesná dopravná sieť.
- TUČEK, J., KOREŇ, M., SMREČEK, R.: Tvorba a využitie databázy lesnej cestnej siete v prostredí geoinformačných technológií. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 58 (1): 45–56, Bratislava, 2012.
- ZELENÁ SPRÁVA: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2010. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 2011.
-

Adresa autora:

Ing. Ivan Ďurán

Ing. Vladimír Juško, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácii

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: ivan.duran349@gmail.com,

jusko@tuzvo.sk

Optimalizácia sprístupnenia lesa lesnou cestnou sieťou v Lesnom hospodárskom celku Nižná Slaná

Abstrakt

Práca je rieši problematiku optimalizácie stavu sprístupnenia lesa, zhodnotenie súčasného stavu sprístupnenia lesa lesnou cestnou sieťou v Lesnom hospodárskom celku (LHC) Nižná Slaná, zhodnotenie stavu lesných ciest, prípadne poukázanie na nedostatky v sprístupnení lesa a návrh optimálneho riešenia na zlepšenie situácie v záujmovom území. Pri mapovaní súčasného stavu sprístupnenia sa zisťovali základné ukazovatele lesnej cestnej siete a ďalšie vlastností lesných ciest, ku ktorým zaraďujeme povrch ciest, pozdĺžny sklon, stabilitu výkopových a násypových svahov, eróziu vyskytujúcu sa na lesných cestách, funkčnosť lesných ciest, ako aj ich ďalšie vlastnosti. Vlastnými návrhmi boli špecifikované opatrenia, ktoré je potrebné uskutočniť na zlepšenie situácie v sprístupnení lesa. Na základe zistených výsledkov a návrhov v tejto práci, možno v budúcnosti zlepšiť situáciu v sprístupnení lesa na záujmovom území v LHC Nižná Slaná. Celková dĺžka 53 posudzovaných ciest bola 152,6 km o hustote lesných ciest 24,51 m.ha⁻¹. Po realizácii navrhovaných opatrení sa zmení celková dĺžka lesných ciest na 162,4 km o počte 57 ciest a hustota lesných ciest sa zlepši na hodnotu 26,10 m. ha⁻¹.

Kľúčové slová: sprístupnenie lesa, lesná cesta, ukazovatele lesnej cestnej siete, optimalizácia sprístupnenia, biokoridor

RIADENIE LESNÝCH PODNIKOV POMOCOU MARKETINGOVÝCH ROZHODOVACÍCH MODELOV

Zuzana J A N Č O Š K O V Á – Daniel H A L A J

Jančoškova, Z., Halaj, D.: Management of forest enterprises by marketing decision models.
Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 139–148.

The research study „The use of decision models for marketing situational analysis“ is focused on practical application of marketing decision models to the data of the branch plant Kriváň, SWOT analysis, ABC analysis and BCG matrix of growth and share. By the results of SWOT analysis we recommended an aggressive strategy – SO. In ABC analysis, we evaluated the structure of turnover and concentration of ranges divided into groups on the total turnover. Using the BCG matrix we analyzed the business portfolio of selected wood assortments and business portfolio of customers. By ABC analysis we found that the greatest benefit to the business is group A, which includes softwood and hardwood cut outs of III. class and quality. The group A achieved the highest volume of sales and delivery. BCG matrix was applied to softwood and hardwood assortments, which achieve the highest sales volume. The most important assortment from softwood and hardwood is cut outs of III. class and quality. The portfolio of both assortments of wood was quite unbalanced. The portfolio of customers was analyzed based on data of five customers of company by BCG matrix. The most important customer with the highest sales is customer 1. The customers' entrepreneurs are stable without major fluctuations. His position in the BCG matrix is the position of stars and moves to the position of cows, which is favourable development for company. This customer is regular and stable asset funds for company. The future development of the other customers (2, 3, and 5) is questionable, because in 2011 they are in position of questions. Their sales volume is significantly lower than the customer 1.

Key words: decésion-making models, strategy, SWOT analysis, ABC analysis, BCG matrix

1 ÚVOD

P. KOTLER (1990, s. 2) definuje marketing ako spoločenský a riadiaci proces, v ktorom jednotlivci a skupiny získavajú prostredníctvom vytvárania a výmeny produktov a hodnôt to, čo potrebujú a chcú. Podnikateľské a marketingové ciele je možné dosiahnuť iba pomocou adekvátnych marketingových nástrojov, resp. marketingových stratégií. Generovanie najlepších obchodných stratégií v medzinárodnom marketingu sa zakladá na smeroch a úlohách z oblasti medzinárodného vedenia podniku. Hľadanie optimálnych stratégií vychádza aj z výsledkov analýz a prognóz, predovšetkým analýza výberu trhu a trhových segmentov. Ako najvhodnejšie sa z praktického hľadiska pri výbere najvhodnejších variantov v marketingovom strategickom procese osvedčili:

- analýza silných a slabých stránok podniku,
- profil trhovej štruktúry a
- portfólio analýza.

Marketing znamená prácu s trhom, ktorou sa uľahčuje výmena s cieľom uspokojiť ľudské potreby a želania. Ak marketér dokáže správne identifikovať potreby zákazníka, vytvorí dobré produkty s optimálnymi cenami, distribúciou a efektívnou propagáciou,

je zrejme, že tento tovar sa bude veľmi ľahko predávať. Marketingoví manažéri sa preto môžu zaoberať nielen hľadaním a zvyšovaním dopytu, ale aj jeho zmenami a redukováním. Marketingový manažment definujeme ako analýzu, plánovanie, realizáciu a kontrolu programov určených na tvorbu, rozvíjanie a udržiavanie prospešných zmien, ktoré sa týkajú cieľových kupujúcich v snahe dosiahnuť ciele organizácie.

Práca sa zaoberá využitím rozhodovacích modelov pre marketingovú situačnú analýzu, ktorá systematicky a dôkladne skúma marketingovú situáciu subjektu na trhu a jeho postavenie v danom prostredí v troch fázach a to: doterajší vývoj, súčasný stav a odhad budúceho možného vývoja, pomocou vybraných marketingových rozhodovacích modelov. V práci sú aplikované vybrané rozhodovacie modely na konkrétny podnik – Lesy SR, Banská Bystrica, š.p. – Odštepný závod Kriváň.

2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom práce je aplikovať vybrané marketingové rozhodovacie modely pre situačnú analýzu štátneho podniku Lesy Slovenskej republiky Banská Bystrica, Odštepný závod Kriváň.

3 METODIKA PRÁCE

Práca bola spracovaná nasledovnými postupmi:

1. Pre spracovanie analýz sme zozbierali teoretické poznatky z odbornej literatúry zaoberajúcej sa danou tematikou:
 - a) Horáková, I. – Marketing v súčasné a svetové praxi,
 - b) Šulek, R. – Marketingové riadenie lesných podnikov,
 - c) Drábek, J., Halaj, D. – Marketingové a investičné rozhodovanie podniku,
 - d) Greppel, E., Paluš, H., Chudovský, D., Šulek, R. – Zhodnotenie drevnej hmoty a marketingové riadenie,
 - e) Czadek, M. – Projektové řízení jako zdroj konkurenceschopnosti v ICT,
 - f) Kotler, P. – Armstrong, G. – Marketing,
 - g) Les & Letokruhy – Obchodná politika a jej vplyv na finančné toky štátneho podniku,
 - h) Samuelson, P. A. – Nordhaus, W. D. – Ekonómia,
 - i) Slávik, Š. – Strategický manažment,
 - j) Strážovská, E. – Vaško, J. – Marketingová analýza v obchode, cestovnom ruchu a službách, časť: Analýza obchodného podnikania.
2. Pre prácu sme vybrali štátny podnik Lesy Slovenskej republiky, š. p., Banská Bystrica. Štátny podnik sme si vybrali z dôvodu ľahšieho získania podkladov potrebných pre vypracovanie marketingových analýz (rozborové štandardy, tržby, dodávky, cenníky).
3. Vypracovali sme dotazník, ktorý sme dali vyplniť kompetentným zamestnancom podniku, ktorí sa zaoberajú obchodnou politikou podniku. Dotazník bol zameraný na zistenie informácií pre vypracovanie SWOT analýzy: informácie o silných a slabých stránkach v štyroch oblastiach (odbyt, financie, výroba a organizácia), informácie o príležitostiach a ohrozeniach z hľadiska trhu, konkurencie, lesného hospodárstva a demograficko-sociálneho vývoja. Štruktúru sortimentov surového dreva sme analyzovali pomocou ABC analýzy. Sortimenty surového dreva sme roztriedili do skupín A, B a C. Vypočítali sme percentuálne zastúpenie jednotlivých ihličnatých a listnatých

sortimentov na celkových tržbách a realizovaných dodávkach za sledované obdobie (2009–2011) a tiež percentuálne zastúpenie jednotlivých skupín. Na základe získaných výsledkov sme zhodnotili jednotlivé skupiny. Vývoj skupín A, B, C pre ihličnaté a listnaté sortimenty sme znázornili graficky.

4. Podnikateľské portfólio podniku jednotlivých sortimentov a odberateľov sme analyzovali BCG maticou rastu a podielu. Z údajov o tržbách podniku sme vypočítali relatívny podiel, mieru rastu trhu a index rastu tržieb ihličnatých a listnatých sortimentov a dvoch najvýznamnejších odberateľov podniku. Výsledky analýzy oboch portfólií sme zobrazili graficky.
5. Výsledky aplikovaných rozhodovacích modelov sme hodnotili so zamestnancom podniku. Na základe interview sme spracovali závery a odporúčania.

4 APLIKÁCIA MARKETINGOVÝCH ROZHODOVACÍCH MODELOV VO VYBRANOM PODNIKU

Pre spracovanie práce sme mali k dispozícii podklady zo štátneho podniku Lesy Slovenskej republiky, Banská Bystrica – odštepný závod Kriváň o jednotlivých sortimentoch a o tržbách od odberateľov za roky 2009–2011. Pri situačnej analýze sme využili metódu SWOT analýzy, ktorá slúži na stanovenie marketingovej stratégie podniku a marketingové rozhodovacie modely ABC analýzu a portfóliovú maticu BCG.

4.1 Lesy Slovenskej republiky, š. p., Banská Bystrica – Odštepný závod Kriváň¹

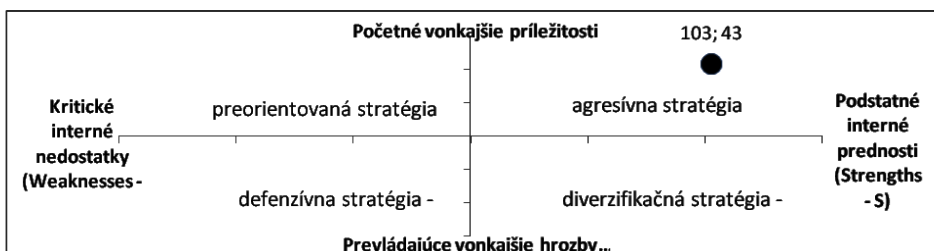
Odštepný závod Kriváň v dnešnej podobe vznikol po reštrukturalizačných zmenách k 1. 1. 2000, kedy došlo k spojeniu OLZ Kriváň a OLZ Lučenec. Hlavnou komoditou v realizácii obchodnej činnosti OZ Kriváň je predaj surového dreva. Prostredníctvom tohto procesu je zabezpečená prevažná časť finančných prostriedkov potrebných nielen na lesnícku prevádzku, jednoduchú reprodukciu, ale i na financovanie ostatných aktivít štátneho podniku (poľovníctvo, investičná činnosť, opravy a údržby ciest, budov, ...). Na trh s drevom ponúkajú guľatinové a vlákňinové sortimenty listnatých a ihličnatých drevín, v súlade s lesným hospodárskym plánom. Hospodárska kríza nemá na podnik veľký vplyv. V súčasnom období je menší problém s predajom buka a z toho dôvodu museli pristúpiť k zníženiu jeho ceny.

4.2 SWOT analýza

Dotazník potrebný na výpočet SWOT analýzy je zameraný na silné a slabé stránky podniku a na ohrozenia a príležitosti na trhu, kde podnik pôsobí.

Na základe vyhodnotenia dotazníka sme vypočítané hodnoty zobrazili na grafe SWOT analýzy.

¹www.lesy.sk



Graf 1: Grafické určenie marketingovej stratégie na základe výsledkov SWOT analýzy
Figure 1: Graphical assessment of the marketing strategy based on SWOT analysis results

Podľa grafického zobrazenia SWOT analýzy sme určili pre podnik „agresívnu stratégiu“. Agresívna stratégia – SO patrí k najatraktívnejším strategickým variantom. Prevažujú v nej sily nad slabosťami a príležitosti nad hrozbami. Podnik by sa mal zamerať na vývoj nových metód, ktoré sú vhodné pre rozvoj silných stránok, aby mohol čo najefektívnejšie využiť príležitosti, ktoré ponúka trh.

OZ Kriváň má dlhoročnú tradíciu v predaji a spracovaní dreva a preto si udržiava svoj stabilný podiel na trhu. O zvýšenie podielu na trhu a zvýšenie výnosov sa podnik snaží prostredníctvom elektronických aukcií dreva a internetových dražieb (aukcie – ponuka fyzicky nepripraveného dreva, v ponuke sa nachádza len stručný opis dreva; dražby – drevo je pripravené, rozložené na ploche – záujemca o drevo zadáva svoju ponuku). Podiel podniku na exporte je pomerne nízky a neplánujú ho ani zvýšiť. Objem exportu je regulovaný Generálnym riaditeľstvom Lesy SR, ktoré ho udržiava na nízkej úrovni. Generálne riaditeľstvo nemá záujem o spracovanie dreva mimo územia SR, pretože by sa zvýšila nezamestnanosť.

4.3 Marketingová analýza štruktúry sortimentov surového dreva

Pre analýzu štruktúry sortimentov surového dreva bola použitá ABC analýza, kde sa jednotlivé sortimenty dreva rozdelili do skupín výrobkov A, B a C.

Štruktúra obratu nám umožňuje zhodnotiť koncentráciu jednotlivých sortimentov zaradených do príslušných skupín A, B a C na celkovom obrate.

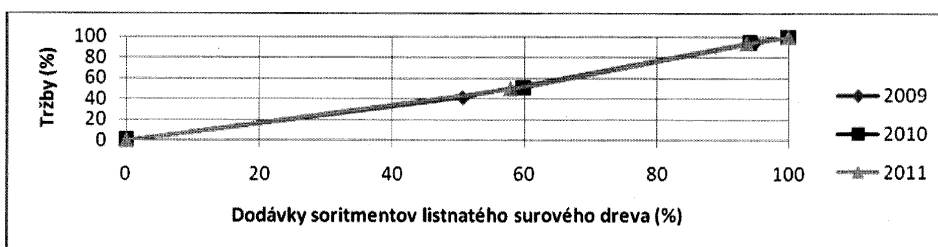
Zo získaných výsledkov z analýzy štruktúry obratu môžeme zhodnotiť jednotlivé skupiny za sledované obdobie nasledovne:

1. Skupina A:
 - do skupiny A sú zaradené výrezy III. triedy akosti,
 - najvyššie percentuálne zastúpenie na tržbách mala skupina A v roku 2011 (70,98 %), kedy sa predalo 99 429 m³ výrezov III. triedy akosti,
 - najnižšie tržby za danú skupinu boli v roku 2009, kde sa predalo len 84 438 m³,
 - od roku 2010 je vývoj tržieb za skupinu A stabilný, bez veľkých výkyvov na objeme tržieb a dodávok.
2. Skupina B:
 - do skupiny B je zaradené vláknovinové drevo a ostatné priemyselné drevo V. tr. akosti,
 - najvyššie percentuálne zastúpenie na tržbách dosiahla skupina B v roku 2009 (31,13 %), kedy sa realizované dodávky dosiahli objem 68 217 m³,

- najnižšie tržby za danú skupinu boli v roku 2011, kde sa predalo len 55 385 m³,
- v dôsledku zvýšenia cien, objem tržieb bol v roku 2011 vyšší o 18 088 €, napriek nižšiemu objemu realizovaných dodávok,
- pri porovnaní rokov 2009 a 2010 sa percentuálne zastúpenie na tržbách znížilo o 5,26 %; percentuálne zastúpenie sa znížilo aj v roku 2011, ale nie tak rapídne (1,83 %).

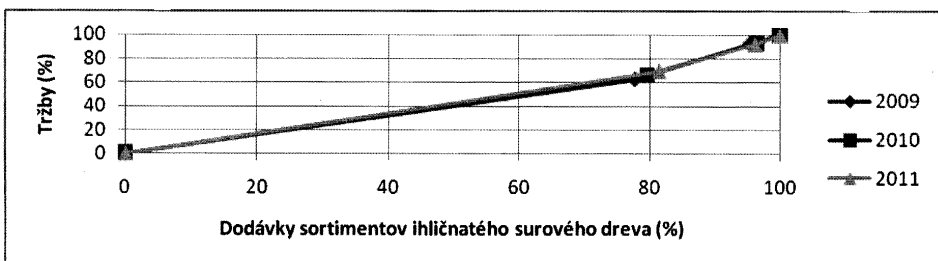
3. Skupina C:

- do skupiny C sú zaradené výrezy I., II. triedy akosti, palivové drevo,
- najvyššie percentuálne zastúpenie na tržbách dosiahla skupina C v roku 2011 (4,98 %), kedy sa realizované dodávky dosiahli objem 11 835 m³,
- najnižšie tržby za danú skupinu boli v roku 2009, kde sa predalo 10 331 m³,
- napriek nižšiemu percentuálnemu zastúpeniu na tržbách v roku 2010 je objem tržieb v porovnaní s rokom 2009 vyšší o 5 337 €,
- vývoj objemu tržieb a realizovaných dodávok tejto skupiny je pomerne stabilný,
- skupina C dosahuje najnižší objem tržieb v porovnaní s ostatnými skupinami.



Graf 2: Analýza štruktúry obratu – listnaté sortimenty surového dreva

Figure 2: Analysis of the turnover – assortment of broadleaves raw timber



Graf 3: Analýza štruktúry obratu – ihličnaté sortimenty surového dreva

Figure 3: Analysis of the turnover – assortment of coniferous raw timber

Grafické znázornenie (graf 2, graf 3) listnatých a ihličnatých sortimentov surového dreva nám zobrazuje, že podiel na tržbách jednotlivých skupín sa výrazne nemenil. Najvyššie zastúpenie na tržbách a dodávkach má v oboch sortimentoch skupina A.

Najnižšie zastúpenie na tržbách má skupina C, do ktorej patria výrezy I. a II. triedy a akosti a listnatého a ihličnatého palivového dreva. Na trhu výrezy I. a II. triedy a akosti patria medzi cenné výrezy, nakoľko ich objem po spracovaní dreva je nízky. Palivové drevo oboch sortimentov patrí medzi vyhľadávané druhy vykurovania. V porovnaní s ostatnými druhmi je kúrenie drevom najlacnejšie.

Na základe ABC analýzy, by mal podnik najväčšiu pozornosť venovať skupine A, ktorú tvoria výrezy III. triedy a akosti. Skupina A dosahuje najvyšší objem tržieb a realizovaných dodávok za celé sledované obdobie.

OZ Kriváň má svoju výrobu zabezpečenú dodávateľským spôsobom a vlastnými zdrojmi. Dodávatelia podniku zabezpečujú ťažbu a sortimentáciu dreva v lese. Po dovoze vyťaženého dreva na expedičné sklady preberajú manipuláciu a spracovanie dreva vlastní zamestnanci podniku. Surové drevo je triedené na základe vonkajších vád (čím viac vád, tým nižšia trieda). Pre triedenie surového dreva do kvalitatívnych tried má podnik vypracované vlastné „Technické podmienky pre dodávky ihličnatého a listnatého dreva v š. p., Lesy Slovenskej republiky“. Vlákňinové a palivové drevo je triedené podľa Slovenských technických noriem. Triedenie do kvalitatívnych tried tiež závisí od správnej manipulácie surových kmeňov.

Podnik neplánuje zvyšovať nízky odbyt sortimentov surového dreva, nakoľko by museli vyťažiť väčší objem dreva a tým by sa znížilo aj speňaženie dreva. Podnik neprodukuje drevo na sklad, keďže sú niektoré dreviny rýchlokazné, celý objem vyťaženého dreva ide priamo na odbyt. Podľa manipulácie s drevom spadá určité percento z vyťaženého dreva do každej skupiny. Podnik má záujem o zvýšenie podielu guľatinových sortimentov, nakoľko guľatina je najviac cenený sortiment (palivové drevo a vlákňina nezodpovedá piliarskej guľatine).

4.4 Analýza podnikateľského portfólia podniku

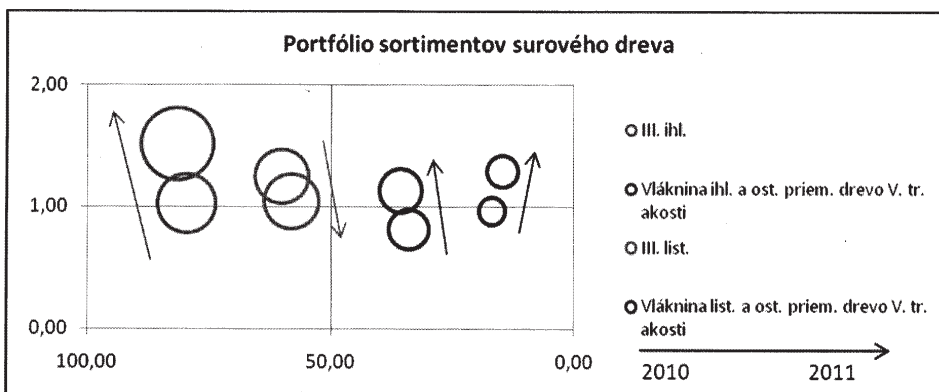
Na zistenie výsledkov BCG matice sme použili údaje o tržbách ihličnatých a listnatých sortimentov, ktoré dosahujú najvyššie tržby a odberateľov za sledované obdobie 2009–2011.

4.4.1 Analýza portfólia sortimentov surového dreva

Výsledky analýzy zobrazujú pozície jednotlivých listnatých a ihličnatých sortimentov surového dreva za sledované obdobie. Sortimenty boli zatriedené podľa veľkosti svojich tržieb v BCG matici rastu a podielu (graf 4). Veľkosť bublín v grafoch zodpovedá veľkosti tržieb sortimentov. Pre analýzu portfólia sortimentov sme vybrali dva druhy z každého sortimentu, ktoré dosahujú najvyšší objem tržieb.

Na základe analýzy jednotlivých sortimentov sa určí možná stratégia podľa ich pozície v BCG matici.

Ihličnaté výrezy III. triedy a akosti predstavujú pre podnik najvyšší objem tržieb a sú veľkým a pravidelným prínosom kladného peňažného toku – pre podnik sú najcennejším sortimentom. Predpokladáme, že objem tržieb bude aj naďalej rásť, nakoľko sa objem tržieb v roku 2011 zvýšil o 1 274 000 €. Podnik by mal udržať tento sortiment v pozícii hviezd alebo sa snažiť o ich posun na pozíciu dojných kráv.



Graf 4: Portfólio sortimentov surového dreva pre roky 2010 a 2011
 Figure 4: Portfólio of the raw timber assortment for years 2010 and 2011

Ihličnatá a listnatá vlákna a ostatné priemyselné drevo V. triedy a akosti sa počas sledovaného obdobia presunuli z pozície strážnych psov do oblasti otáznikov. Ich budúci vývoj je preto otázný. Keďže sa v roku 2011 zvýšila miera rastu ihličnatej vlákny a ostatného priemyselného dreva, môžeme predpokladať, že do budúcnosti sa bude aj naďalej zvyšovať a sortiment sa presunie do pozície otáznikov. Napriek svojej pozícii v BCG matici, dosahuje listnatá vlákna vysoký objem tržieb.

Listnaté výrezy III. triedy a akosti predstavujú pre podnik veľký a pravidelný príнос kladného peňažného toku. Príjem z odbytu tohto sortimentu môže podnik využiť na podporu sortimentov, ktoré sa nachádzajú v pozícii hviezd, otáznikov a psov. Sortiment sa v BCG matici postupne presúva na pozíciu dojných kráv, čo predstavuje priaznivý vývoj.

4.4.2 Analýza portfólia odberateľov surového dreva

Podnik má približne 40 odberateľov. Z toho 15 je centrálnych, ktorí uzatvárajú zmluvu z úrovne generálneho riaditeľstva, zvyčajne na obdobie jedného roka a cca 20–25 regionálnych odberateľov, s ktorými sa uzatvára zmluva na obdobie kvartálu. Podnik vyberá odberateľov na základe platobnej disciplíny, s ktorými majú dlhodobý obchodný vzťah (lehota splatnosti faktúr je od 7 do 45 dní). Na základe skúseností iných lesných závodov si OZ Kriváň vyberá nových odberateľov surového dreva. K obchodnej spolupráci s novými odberateľmi dôjde len za podmienky platby vopred, najneskôr pri odbere drevnej hmoty.

Zo všetkých odberateľov podniku sme vybrali päť, ktorí dosahovali najvyššie tržby.

BCG maticu rastu a podielu je možné pri hodnotení odberateľov použiť na zistenie ich atraktívnosti (graf 5).

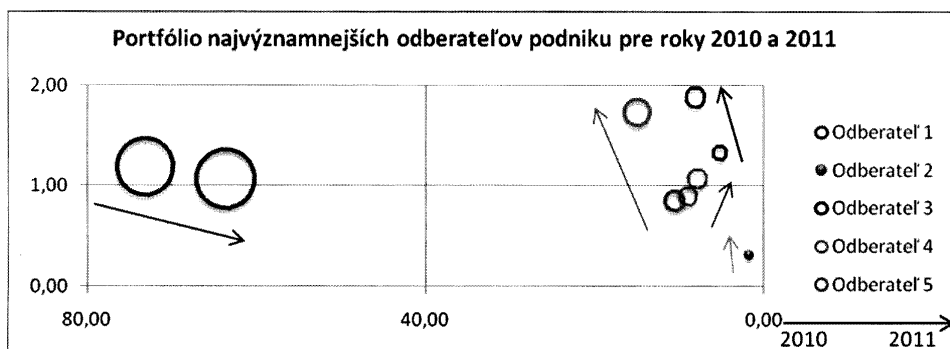
Tab. 1 Charakteristika odberateľov
Table 1 Characteristics of consumers

Odberateľ	zameranie
1	celulózo-papierenský priemysel
2	výroba izolačných materiálov
3	výroba surových a laminovaných drevotrieskových dosák a lepeného dreva
4	výroba stavebného reziva, hranoly, foršne a laty
5	spracovanie drevnej suroviny – dub (letný, zimný)

Výpočtom relatívneho podielu odberateľov vieme určiť silu jednotlivých odberateľov v rámci portfólia podniku.

Najväčšiu silu v portfóliu má odberateľ 1, ktorý v porovnaní s ostatnými odberateľmi dosahuje najvyšší priemer relatívneho podielu na celkových tržbách za sledované obdobie, a to 67,55 %. Druhým najvýznamnejším je odberateľ 4 s priemerným relatívnym podielom 12,96 %. Títo dvaja odberatelia majú najväčšiu silu v rámci analyzovaného portfólia vybraných odberateľov, preto by podnik mal s nimi udržiavať obchodné vzťahy.

Miera rastu tržieb odberateľov vyjadruje ich vplyv na stabilitu a rozvoj portfólia. Index rastu tržieb nám znázorňuje premenlivosť tržieb odberateľov, čo negatívne vplyva na finančnú stabilitu podniku.



Graf 5: Portfólio najvýznamnejších odberateľov podniku
Figure 5: Portfolio of the most significant enterprise consumers

Medzi najvýznamnejších odberateľov OZ Kriváň patrí odberateľ 1 a odberateľ 4. Títo odberatelia dosahujú najvyššie tržby za sledované obdobie.

Odberateľ 1 je najväčším a najvýznamnejším odberateľom podniku. V BCG matici sa nachádza na pozícii hviezd a postupne sa presúva na pozíciu dojných kráv s miernym nárastom objemu tržieb. Pre podnik predstavuje pravidelný vysoký peňažný tok.

Odberateľ 4 je druhým najväčším z vybraných odberateľov podniku. V grafickom zobrazení sa dostal do pozície otáznikov s prudkým nárastom miery rastu trhu a s miernym zvýšením tržieb. Jeho vývoj je priaznivý a je možné, že ak podnik bude udržiavať a rozvíjať vzťahy s týmto odberateľom, môže sa dostať na pozíciu hviezd a neskôr aj dojných kráv. Pre podnik tak bude stabilným prínosom finančných prostriedkov.

Odberateľ 2 nie je v roku 2011 zobrazený na BCG matici, z dôvodu vysokého nárastu indexu tržieb (3,56). Budúci vývoj ostatných odberateľov (2, 3, 5) je otázný, nakoľko sa v roku 2011 nachádzajú v pozícii otáznikov (grag 5).

S vybranými odberateľmi 1–5 má OZ Kriváň uzavreté dlhodobé kontrakty (1 rok a viac).

Pre udržanie si odberateľov, OZ Kriváň im ponúka serióznosť a kvalitu – správne vymanipulované drevo, roztriedené, uskladnené na spevnenej ploche, prístup dopravných prostriedkov na odvozné miesto. Na expedičných skladoch je drevo roztriedené a usporiadané podľa kvalitatívnych tried. OZ Kriváň poskytuje odberateľom rýchlu nakládku. Podnik dodržiava dohodnuté časové termíny s odberateľmi a poskytuje zľavy pri vlastnej nakládke – 1 €/m³. Pre získanie nových odberateľov firma využíva priamy telefonický kontakt, kde si vytipujú konkrétneho odberateľa, ktorého oslovia s ponukou. Odberateľom tiež ponúkajú elektronické aukcie dreva a dražby dreva, ktoré uverejňujú na svojej internetovej stránke. Tento nový spôsob predaja dreva má pozitívny vplyv na celkové dosiahnuté tržby (Lesy&Letokruhy).

5 ZÁVER

Práca je zameraná na praktické využitie marketingových rozhodovacích modelov na poskytnuté údaje z Odštepného závodu Kriváň, SWOT analýzu, ABC analýzy a BCG maticu rastu a podielu.

Podľa výsledkov SWOT analýzy sme odporučili agresívnu stratégiu – SO. Pri ABC analýze sme zhodnotili štruktúru obratu a koncentráciu jednotlivých sortimentov rozdelených do skupín na celkovom obrate. Pomocou BCG matice sme analyzovali podnikateľské portfólio vybraných sortimentov surového dreva a podnikateľské portfólio odberateľov podniku.

ABC analýzou sme zistili, že najväčším prínosom pre podnik je skupina A, do ktorej patria ihličnaté a listnaté výrezy III. triedy a akosti. Skupina A dosahuje najvyšší objem tržieb a realizovaných dodávok.

BCG maticu sme aplikovali na listnaté a ihličnaté sortimenty, ktoré dosahujú najvyšší objem tržieb. Najvýznamnejším sortimentom z ihličnatého a listnatého surového dreva sú výrezy III. triedy a akosti.

Podnikateľské portfólio odberateľov sme analyzovali na základe poskytnutých údajov o piatich odberateľoch podniku prostredníctvom BCG matice. Najvýznamnejším odberateľom podniku s najvyššími tržbami je odberateľ 1. Tržby podnikateľa sú stabilné bez väčších výkyvov. Jeho postavenie v BCG matici sa nachádza na pozícii hviezd a presúva sa na pozíciu dojných kráv, čo predstavuje pre podnik priaznivý vývoj. Odberateľ je pre podnik pravidelným a stabilným prínosom finančných prostriedkov. Budúci vývoj ostatných odberateľov (2, 3, 5) je otázný, nakoľko sa v roku 2011 nachádzajú v pozícii otáznikov. Ich objem tržieb je podstatne nižší ako u odberateľa 1.

6 Použitá literatúra

- CZADEK, M. 2006. *Projektové řízení jako zdroj konkurenceschopnosti v ICT*. 2006. s. 369
- DRÁBEK, J., HALAJ, D. 2010. *Marketingové a investičné rozhodovanie podniku*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. s. 103. ISBN 978-80-228-2197-1.
- GREPPEL, E., PALUŠ, H., CHUDOVSKÝ, D., ŠULEK, R. 2009. *Zhodnotenie drevnej hmoty a marketingové riadenie*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2009. s. 148. ISBN 978-80-8093-094-3.

- HORÁKOVÁ, I. 1992. *Marketing v súčasnej a svetovej praxi*. Praha: Grada Publishing, 1992. s. 364. ISBN 80-85424-88-6.
- KOTLER, P. – ARMSTRONG, G. 1990. *Marketing*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1990. s. 385. ISBN 80-08-02042-3.
- LES&LETOKRUHY, január-február 2012. *Obchodná politika a jej vplyv na finančné toky štátneho podniku*. Bratislava 2012. s. 24–27.
- SAMUELSON, P.A. – NORDHAUS, W.D. *Ekonomia*. 16. vyd. Bratislava: Elita, 2000. 820 s. ISBN 80-8044-059-X.
- SLÁVIK, Š. 1997. *Strategický manažment, Ekonom*. 1997. s. 276. ISBN 80-225-0816-0.
- STRÁŽOVSKÁ, E., VAŠKO, J. 1992. *Marketingová analýza v obchode, cestovnom ruchu a službách, časť: Analýza obchodného podnikania*. Bratislava: VŠE, 1992. s. 180. ISBN 80-22503-60-6.
- ŠULEK, R. 2004. *Marketingové riadenie lesných podnikov*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004. s. 59. ISBN 80-228-1417-2.
-

Adres autorov:

Bc. Zuzana Jančoškova

e-mail: zuzujancoskova@gmail.com

Ing. Daniel Halaj

Katedra ekonomiky a riadenia lesného hospodárstva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: halaj@is.tuzvo.sk

Elektronické zdroje

www.lesy.sk

Riadenie lesných podnikov pomocou marketingových rozhodovacích modelov

Abstrakt

Cieľom práce bolo aplikovať vybrané marketingové rozhodovacie modely pre situačnú analýzu štátneho podniku Lesy Slovenskej republiky Banská Bystrica, Odštepny závod Kriváň. Z marketingových rozhodovacích modelov boli v práci použité SWOT analýza, ABC analýza a BCG matica rastu a podielu. Pomocou SWOT analýzy sme zhodnotili silné a slabé stránky podniku a jeho ohrozenia a príležitosti na trhu. Vyplnením dotazníka kompetentnými zamestnancami podniku sme odporučili podniku tzv. agresívnu stratégiu – SO, kde prevažujú jeho silné stránky a príležitosti na trhu. Pri ABC analýze sme zhodnotili štruktúru a koncentráciu obratu jednotlivých ihličnatých a listnatých sortimentov rozdelených do skupín na celkovom obrate podľa vybranej metodiky. Najväčším prínosom pre podnik je skupina A, do ktorej patria ihličnaté a listnaté výrezy III. triedy akosti ako aj skupina B s listnatou vlákninou. Pomocou BCG matice rastu a podielu sme vyhodnotili stav podnikateľského portfólia podniku v oblasti jeho odberateľov (zákazníkov) a produktov prostredníctvom analýzy pozície piatich najväčších odberateľov podniku a jednotlivých tried sortimentov surového dreva ako strategických podnikateľských jednotiek – SPJ. Záver práce je zameraný na odporúčania pre lesný podnik získané z vyhodnotenia jednotlivých analýz ako aj z diskusie s manažmentom podniku.

Kľúčové slová: rozhodovacie modely, stratégia, SWOT analýzy, ABC analýza, BCG matica

GENETICKÁ PREMENLIVOSŤ POPULÁCIE VLKA DRAVÉHO NA SLOVENSKU, UKRAJINE, BOSNE A HERCEGOVINE A RUSKU

Dušana SCHLOSSEROVÁ – Alexander BONDAREV

Schlosserová D., Bondarev A.: Genetic variability population of gray wolf in Slovakia, Ukraine, Bosnia and Herzegovina and Russian. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 149–157.

The gray wolf and the residents of our forests. After two world wars, the population naturally complement the arrival of immigrants from Ukraine and Poland. Genetic analysis can determine the origin of gray wolves in comparison with other populations and to determine the current status of the population in terms of genetic diversity.

Used the 15 microsatellites markers published, are processed 86 samples from Slovakia, 63 historical (1958–1988), 36 from Bosnia and Herzegovina, 20 from Ukraine and 57 from Russian. By comparing genetic data from the past a present showed that the Slovak population have identical genetic structure. The difference is found only in relation to the geographic location of samples - Eastern Slovakia (NE, E, SE) is genetically different from the rest of territory. In comparison with other countries has shown that most individuals are assigned to the cluster with Russian except central Slovakia. In Slovakia, we have migrants from the east or south (through the Carpathians), which constantly enrich Slovak population.

This publication is the result of the project implementation: Extension of the centre of Excellence Adaptive Forest Ecosystems, ITMS: 26220120049, supported by the Research & Development Operational Programme funded by the ERDF.

Key words: gray wolf, microsatellites, genetic diversity

ÚVOD

Vlk dravý patrí k veľkým šelmám Európy. Typické fyzické a povahové vlastnosti vlka sú zakódované v jeho 78 chromozómoch (WURSTER-HILL & CENTERWALL 1982). Jeho územie sa zmenšovalo už od poslednej doby ľadovej v dôsledku nárastu ľudskej populácie a s tým spojenými ekologickými zmenami v krajine. K najvýraznejšiemu zníženiu početnosti v Európe pravdepodobne došlo v období pred druhou svetovou vojnou. V Európe sa zaviedla úplná ochrana vlkov – status ohrozenosti druhu bol v roku 2005 LR:nt (Lower Risk – menej ohrozený: nt – Near Threatened – takmer ohrozený), v dnešnej dobe je status nižší LR: lc (Lower Risk – menej ohrozený: lc – Least Concern – najmenej ohrozený), zaradenie do medzinárodnej legislatívy: HD2 (príloha 2 Habitats Directive – Smernice Rady 92/43/EHS o chrane biotopov, voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín), HD5 (príloha 5 Habitats Directive – Smernice Rady 92/43/EHS o chrane biotopov, voľne žijúcich živočíchov a voľne rastúcich rastlín), Be2 (príloha 2 Dohovoru o ochrane európsky voľne žijúcich organizmov a prírodných biotopov) a E (Program rady Európy pre ochranu druhov a biotopov Bernskej konvencie), čo sa priaznivo podpísalo na ich početnosti (POLÁK & SAXA 2005, MECH & BOITANI 2010). Vlky sa začali znova šíriť

smerom na západ a na sever. Z Ruska sa vlk rozšíril naspäť do Škandinávie a do strednej Európy cez Karpaty (HELL *et al.* 2001).

Genetická diverzita, ako jedna z troch zložiek biodiverzity (genetická diverzita, druhová diverzita a diverzita ekosystémov), si zaslúži našu pozornosť a ochranu. Genetická a druhová diverzita sa navzájom udržujú. Genetická diverzita je výsledkom hromadenia selektívne neutrálnych mutácií, ktoré neovplyvňujú fitness. Jej zachovanie umožňuje pôsobenie prírodného výberu a tým pádom aj evolučných procesov, ktoré majú obrovský význam v pretrvávanií populácii, čo ako prvý zdôraznil DARWIN (1875). V dnešnej dobe, kedy tlakom ľudskej činnosti a klimatických zmien dochádza k rozsiahlemu vymieraniu druhov (MYERS & KNOLL, 2001), by sa mala medzi prvoradé ciele dostať ochrana biodiverzity. Genetická diferenciacia je genetická premenlivosť medzi jednotlivými populáciami. Týmto spôsobom môžeme zistiť jedinečnosť populácie, a prípadne vypracovať manažment na jej osobitnú ochranu. Taktiež je to dôležitá informácia pri reintrodukčných programoch, kedy zistíme, ktorá populácia sa najviac hodí ako donor nových jedincov (GÖMÖRY 2010)

Genetické prístupy k zodpovedaniu ekologických otázok sa stali efektívnejšie, výkonnejšie a flexibilnejšie. Genetické markéry ako sú aloenzýmy, mikrosatelity, mitochondriálna a sekvencie jadrovej DNA, sa používajú dnes k odhadom množstva ekologických parametrov (napr. veľkosť populácie, častosť migrácie, príbuzenstvo). Medzi najvyužívanejšie jednoznačne patria mikrosatelity kvôli množstvu parametrov, ktoré sa z nich dajú určiť (SELKOE & TOONEN, 2006). Mikrosatelity (STRs – Short Tandem Repeats alebo SSRs – Simple Sequence Repeats) sú sekvencie DNA zložené z opakujúceho sa motívu, najčastejšie tvoreného z 1-6 bp a usporiadaného do bloku nepresahujúceho 150 bp. Vyskytujú sa v genómoch všetkých organizmov a sú súčasťou kódujúcej aj nekódujúcej DNA.

Materiál a metódy

Súbor vzoriek a izolácia DNA

Vzorky boli získané z rôznych krajín – Slovensko, Ukrajina, Bosny a Hercegovina a Rusko (oblasť Altaju) (Obr. 1) a boli rôzneho charakteru (Tab. 1).

Tabuľka 1. Pôvod, druh a počet získaných vzoriek

Table 1. Origin, type and number of samples

krajina	kosti	tkanivo	trus	spolu
Slovensko	18	36	32	86
Slovensko - hist.	63	x	x	63
Rusko	32	25	x	57
Bosna a Hercegovina	29	7	x	36
Ukrajina	x	20	x	20
spolu	142	88	32	262



Obr. 1. Zobrazenie pôvodu vzoriek – hviezdičky

Picture 1. Origin of samples – stars

Tkanivá a trusy boli uložené v 96 % etanole a následné uchované v chlade až do ich izolácie. Vzorky kostí a kože (ruské tkanivá) boli uložené v papierových obálkach pri izbovej teplote.

Izolácia DNA z tkanív sa robila Chelexom a prebiehala podľa protokolu WALSH *et al.* (1991). Kosti sa pred samotnou izoláciou mechanicky rozdrvili na prášok a DNA bola extrahovaná pomocou kitu NucleoSpin Tissue Kit (Macherey-Nagel, Nemecko) podľa protokolu výrobcu. Vzorky trusu sa spracovávali kitom Qiagen Stool MiniKit (Qiagen, Nemecko) podľa návodu výrobcu. DNA extrakt sa prepipetoval do nových mikroskúmaviek a uskladnil sa pri teplote -20°C . Koncentrácia a kvalita DNA bola rôzna – tkanivá mali koncentráciu od $50\text{ ng}\cdot\mu\text{l}^{-1}$, kosti $20\text{--}100\text{ ng}\cdot\mu\text{l}^{-1}$ a trus $5\text{--}80\text{ ng}\cdot\mu\text{l}^{-1}$.

PCR – polymerázová reťazová reakcia a fragmentačná analýza

Podmienky reakcie:

počiatočná denaturácia	95 $^{\circ}\text{C}$ / 15 min
denaturácia	94 $^{\circ}\text{C}$ / 45 s
pripojenie primerov	58 $^{\circ}\text{C}$ / 30 s
elongácia	72 $^{\circ}\text{C}$ / 60 s kroky 2. – 4. opakovať 35–40x
finálna elongácia	72 $^{\circ}\text{C}$ / 10 min

Použila som dva multiplexy, finálna zmes mala objem bol $8\text{ }\mu\text{l}$, ktorá obsahovala $1\text{ }\mu\text{l}$ DNA pri DNA z tkanív a kostí a $2\text{ }\mu\text{l}$ z trusu, $1 \times$ Qiagen Multiplex Kit (Qiagen, Nemecko) a primery o koncentrácii $10\text{ }\mu\text{M}$ podľa Tab. 2

Tabuľka 2. Multiplexy pre PCR
Table 2. Multiplex for PCR

multiplex 1		multiplex 2	
roztoky	objem (μl)	roztoky	objem (μl)
ddH ₂ O	0,2	ddH ₂ O	0,5
Q-solution	0,8	Q-solution	0,8
MasterMix	4,00	MasterMix	4,00
CPH 5	0,08	CPH 2	0,12
CPH 7	0,08	CPH 4	0,20
CPH 8	0,16	CPH 6	0,08
CPH 9	0,16	FH 2088	0,08
CPH 12	0,08	FH2096	0,08
UCB 250	0,08	FH 2137	0,08
UCB 253	0,08	MS34	0,08
FH 2010	0,08		
FH 2145	0,16		
DNA	2,0	DNA	2,0
Celkom	8,0	celkom	8,0

Fragmentačná analýza prebehla v automatickom sekvenátore ABI 3130 (Applied Biosystems, USA). Vyhodnotila sa pomocou softvéru GeneMapper3.7.

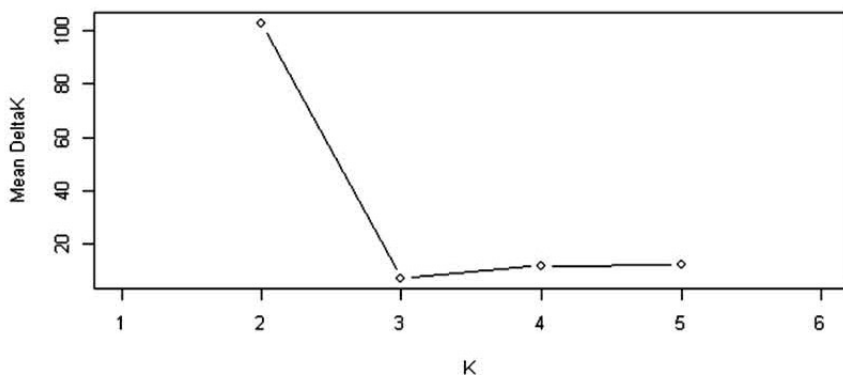
Populačno-genetická analýza

Genotypy jedincov sa podrobili genetickým analýzám. Parametre genetickej diverzity sa stanovili programom POPGENE (YEH *et al.* 1997) a GENEPOP (RAYMOND & ROUSSET 1995). Sledovala sa pozorovaná a očakávaná heterozygotnosť, počet alel na lokus a alelická bohatosť. Na zistenie genetickej štruktúry populácií sa použil program STRUCTURE (PRITCHARD *et al.* 2000), GENELAND (GUILLOT *et al.* 2005) a BAPS (CORANDER *et al.* 2003, 2004), kde sa pri týchto dvoch zadávali aj geografické koordináty. Pri neinvazívnych vzorkách sa použil program RELIOTYPE, ktorý testoval správnosť genotypov.

VÝSLEDKY

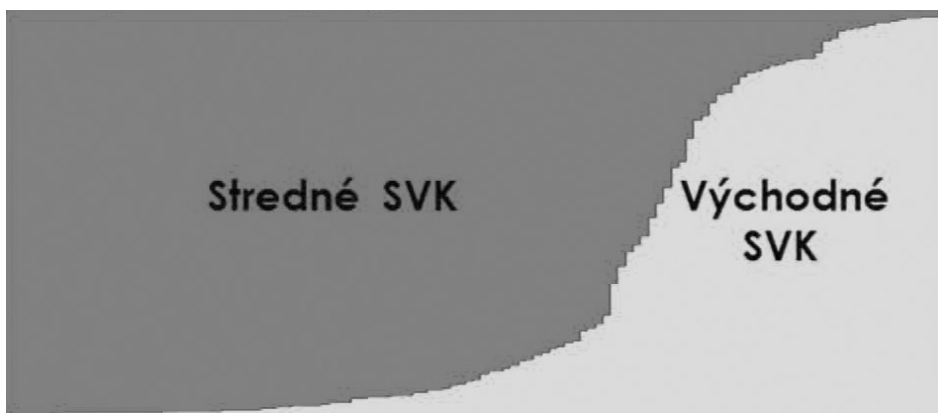
Genetická štruktúra populácie na Slovensku v minulosti a dnes

Porovnávala som populácie z minulosti (63 vzoriek, roky 1958–1988) a zo súčasnosti (86, 2008–2011) programom STRUCTURE. Výsledky ukázali, že populácie boli rovnaké $K = 1$, takže sa tieto dva výbery spojili do jedného a znova sa podrobili analýze, prišlo sa na to, že na Slovensku máme dve geneticky odlišné populácie $K = 2$ (Obr. 2). Po analýze programom Baps a Geneland sa ukázalo, že tieto rozdiely sú medzi dvoma oblasťami Slovenska (Obr. 3).



Obr. 2. Výsledok programu STRUCTURE pre Slovenskú populáciu simulácia Delta K (1 000 000 iterácií po burn-in 200 000 iterácií)

Picture 2. The result of the program STRUCTURE for the Slovak population simulation Delta K (1 000 000 iterations after burn-in iteration 200 000)

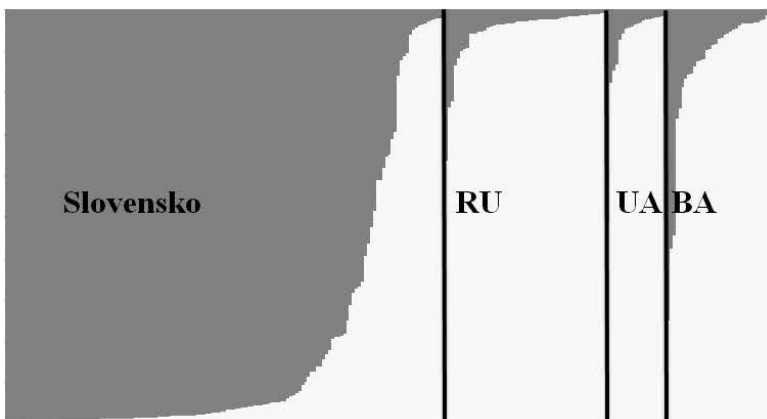


Obr. 3. Grafické zobrazenie programu STRUCTURE pre Slovenskú populáciu (1 000 000 iterácií po burn-in 200 000 iterácií). Červená farba predstavuje genetickú štruktúru nachádzajúcu sa na strednom Slovensku a zelená na východnom

Picture 3. Graphical show of the program STRUCTURE for the Slovak population (1 000 000 iterations after burn-in 200,000 iterations). Red color represents the genetic structure found in central Slovakia and green in the east

Genetická štruktúra vybraných populácií

V tomto prípade som porovnala 149 vzoriek zo Slovenska, 36 z Bosny a Hercegoviny, 20 z Ukrajiny a 57 z Ruska taktiež v programe STRUCTURE. Výsledkom sú 2 geneticky odlišné skupiny, kedy sa znova vyčleňuje stredné Slovensko od ostatných území (Obr. 4).



Obr. 4. Grafické zobrazenie programu STRUCTURE pre Slovenskú, Ruskú, Ukrajinckú a populáciu z Bosny a Hercegoviny (1000000 iterácií po burn-in 200000 iterácií). Červená farba predstavuje genetickú štruktúru nachádzajúcu sa na strednom Slovensku a žltá na východnom Slovensku, Rusku, Ukrajine a Bosne a Hercegovine

Picture 4. Graphical show of the program STRUCTURE for the Slovak, Russian, and Ukrainian and Bosnia and Herzegovina population (1 000 000 iterations after burn-in 200,000 iterations). Red color represents the genetic structure found in central Slovakia and yellow in eastern Slovakia, Russia, Ukraine and Bosnia and Herzegovina

Porovnali sa základné genetické parametre jednotlivých populácií – pozorovaná a očakávaná heterozygotnosť, počet alel na lokus a alelická bohatosť (Tab. 3).

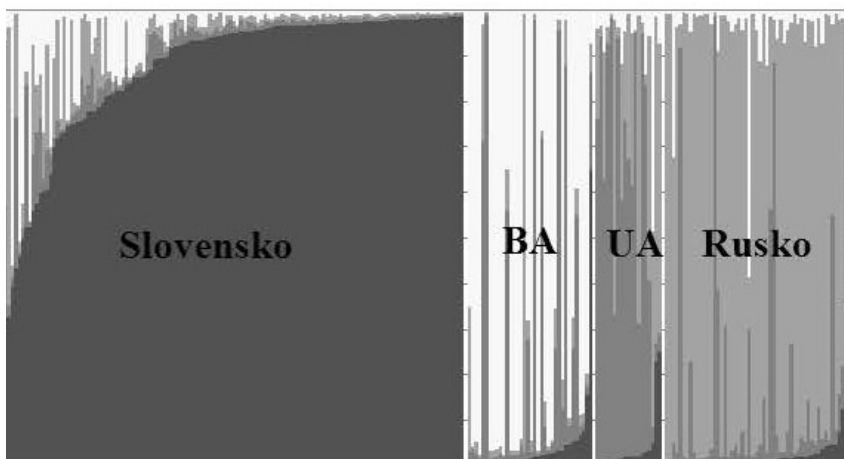
Tabuľka 3. Porovnanie genetických parametrov jednotlivých populácií

Table 3. Comparison of genetic parameters

	Slovensko					Vybrané populácie				
	A	H _o	H _e	F _{is}	Alelická bohatosť	A	H _o	H _e	F _{is}	Alelická bohatosť
UCB250	9	0,6048	0,7301	0,1716	6,549	9	0,6607	0,8288	0,2028	7,627
CPH12	8	0,5833	0,5813	-0,004	4,922	6	0,4082	0,6697	0,3905	5,889
FH2010	6	0,475	0,6221	0,2365	5,243	7	0,5306	0,7628	0,3044	6,503
UCB253	10	0,6532	0,821	0,2043	7,045	11	0,5893	0,739	0,2026	7,606
CPH9	12	0,5645	0,7354	0,2324	7,941	12	0,717	0,8259	0,1319	9,807
CPH7	11	0,4508	0,7573	0,4047	5,746	9	0,6038	0,8136	0,2579	7,308
CPH5	8	0,2764	0,3906	0,2923	4,457	9	0,4545	0,6552	0,3063	7,335
CPH8	7	0,5583	0,6644	0,1597	5,604	9	0,4375	0,8205	0,4668	7,947
FH2145	11	0,4592	0,7966	0,4236	7,905	13	0,5429	0,8539	0,3642	11,178
CPH2	12	0,6855	0,7639	0,1026	7,961	8	0,7321	0,7828	0,0648	6,981
CPH4	8	0,4426	0,5756	0,231	5,528	9	0,5192	0,8706	0,4036	8,693
FH2088	12	0,5897	0,7964	0,2595	8,414	9	0,4259	0,7783	0,4527	6,807
FH2137	13	0,7213	0,8541	0,1555	10,160	14	0,6	0,8936	0,3286	11,882
FH2096	7	0,4016	0,6117	0,3434	4,770	6	0,4259	0,7142	0,4036	4,885
CPH6	9	0,5537	0,7603	0,2717	6,479	9	0,5818	0,8311	0,2999	7,876
priemer	9,73	0,5347	0,6974	0,226	6,5816	9,33	0,5486	0,7893	0,3054	7,888

ZÁVER

Porovnaním populácie vlka na Slovensku v minulosti a dnes vyplynulo, že sa geneticky nezmenila. Avšak pri štruktúrálnej analýze sa zistilo, že populácia na Slovensku je rozdelená na dve na základe geografickej polohy – stredné Slovensko a východné. Toto osobitné postavenie stredného Slovenska sa potvrdilo aj pri porovnaní s populáciami na Ukrajine, v Rusku a Bosne a Hercegovine (pri $K = 4$ Obr. 5).



Obr. 5. Podiel jednotlivých genofondov určených v STRUCTURE pre Slovenskú – fialová farba reprezentuje stredné Slovensko, Ruskú – modrá, Ukrajiniskú – červená a populáciu z Bosny a Hercegoviny – žltá (1 000 000 iterácií po burn – in 200000 iterácií) pre $K = 4$

Picture 5. The proportion of the genetic structure for the Slovak STRUCTURE – purple color represents central Slovakia, Russia – blue, Ukrainian – a red population of Bosnia and Herzegovina – yellow (1 000 000 iterations after burn – in 200,000 iterations) for $K = 4$

Slovenská populácia zo stredného Slovenska sa nachádza v minimálnom zastúpení v ostatných populáciách a časť východné Slovensko je vlastne zmes všetkých ostatných populácií. Je možné vidieť miešanie ruskej a ukrajinskej populácie, ruská populácia minimálne zasahuje do bosnianskej, kde je možné vidieť len miešancov ukrajinskej a ruskej populácie.

Môžeme teda povedať, že prebieha migrácia medzi týmito jednotlivými oblasťami a aj našim východným Slovenskom. Všetky populácie vykazujú nedostatok heterozygotov a tým pádom zníženú genetickú diverzitu. Ostáva teda zistiť, čím je naša populácia zo stredného Slovenska taká jedinečná, keďže nie sú známe žiadne geografické ani iné bariéry, prípadne, či sa podobná genetická štruktúra prejavuje aj v iných okolitých štátoch ako je Poľsko či pobaltské štáty.

Zoznam citovanej literatúry

- CORANDER J., WALDMANN P., MARTTINEN P., SILLANPÄÄ M. J. 2004: baps 2: enhanced possibilities for the analysis of genetic populationstructure. *Bioinformatics* **20**, 2363–2369.
- CORANDER J., WALDMANN P., SILLANPÄÄ M. J. 2003: Bayesian analysis of genetic differentiation between populations. *Genetics* **163**, 367–374.
- DARWIN C. 1875: The variation of animals and plants under domestication, Vol. 2. John Murray, Albermarle Street, London, pp. 495.
- GÖMÖRY D. 2010: Genetika a šľachtenie lesných drevín: Návod na cvičenia Zvolen, SR 2010, pp. 101, <http://www.tuzvo.sk/files/LF-KF/Pedago-Predmety/skripta.genetika.NCV-1.pdf>
- GUILLLOT G., MORTIER F., ESTOUP A. 2005: GENELAND: a computer package for landscape genetics. *Molecular Ecology Notes*, **5** (3), 708–711.
- HELL P., SLAMEČKA J., GAŠPARIK J. 2001: Vlk v slovenských Karpatoch a vo svete. Bratislava, SR 2001, pp. 200.
- MECH L. D. & BOITANI L. (IUCN SSC Wolf Specialist Group) 2010: *Canis lupus*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1.
- MYERS M., KNOLL A. H. 2001: The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **98**, 5389–5392.
- PRITCHARD J. K., STEPHENS M., DONNELLY P. 2000: Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* **155**, 945–959.
- RAYMOND M., ROUSSET F. 1995: GENEPOP Version 1.2: population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* **86**, 248–249.
- SELKOE K. A., TOONEN R. J. 2006: Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters* **9**, 615–629.
- WALSH S. P., METZGER D. A., HIGUCHI R. 1991: Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCRbased typing from forensic material. *Biotechniques* **10** (4), 506–513.
- WURSTER-HILL D.H. & CENTERWALL W.R. 1982: The interrelationships of chromosome banding patterns in canids, mustelids, hyena, and felids. *Cytogenet Cell Genet* **34**, 178–182.
- YEH F. C., YANG R. C., BOYLE T. B. J., YE Z. H., MAO J. X. 1997: POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada.
-

Adresa autorov:

Mgr. Dušana Schlosserová
Katedra fytológie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
e-mail: DusanaSchlosserova@seznam.cz

Alexander Ya Bondarev
Altajská štátna poľnohospodárska univerzita
Celinaja 94
656 922 Barnaul
Rusko

Genetická premenlivosť populácie vlka dravého na Slovensku, Ukrajine, Bosne a Hercegovine a Rusku

Abstrakt

Vlk bol a je stálym obyvateľom našich lesov. Po dvoch svetových vojnách sa jeho populácia prirodzene doplnila príchodom migrantov z Ukrajiny a Poľska. Genetickou analýzou môžeme určiť pôvod vlkov u nás porovnaním s ostatnými populáciami a zároveň aj zistiť súčasný stav populácie z hľadiska genetickej diverzity.

Použilo sa 15 publikovaných mikrosatelitných markerov, spracovalo sa 86 vzoriek zo Slovenska, 63 historických (1958–1988), 36 z Bosny a Hercegoviny, 20 z Ukrajiny a 57 z Ruska. Porovnaním genetických dát z minulosti a dnes sa ukázalo, že slovenské populácie majú zhodnú genetickú štruktúru. Rozdiel nachádzame až pri porovnaní na základe geografickej polohy vzorky – východné Slovensko (SV, V, JV) sa geneticky líši od zvyšku územia. Pri porovnaní s ostatnými štátmi sa ukázalo, že väčšina jedincov sa priradila do klastra s Ruskom okrem stredného Slovenska. Na Slovensku máme migrantov z východu, prípadne juhu (cez Karpaty), ktorí neustále obohacujú slovenskú populáciu.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kľúčové slová: vlk dravý, mikrosatelity, genetická diverzita

IDENTIFIKÁCIA HRANÍC A KLASIFIKÁCIA LESNÝCH POZEMKOV S VYUŽITÍM DPZ

Miriama KURČÍKOVÁ

Kurčíková, M.: Identification of the boundaries and classification of the forest land using remote sensing. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 159–169.

In recent decades the area of forest land has been increasing continuously and is involved mainly in the afforestation of unused agricultural land, conversion of agricultural land covered by forest-tree species (so-called white areas), as well as the gradual matching of records of forest land with land registers in the reconstruction programs of care for the forests. The thesis deals with the possibilities of using modern remote sensing approaches in dealing with the identification and classification of white areas and solving incompatibility between land registers and the actual situation in the field at the boundary of cadastral lands of Sielnica and Sliač - Hájniky. The aim of work was the identification of non-complying land from the current orthophotos of the area and condition of the specific land in the real estate register, the automatic execution of object-oriented classification of forest stands using the software Definiens. Five areas of interest were selected from the non-complying lands. Borders of these areas were focused on photogrammetric stereo models with different geometric resolution, on oblique photos and in the field by using GNSS with RTK methods. This was followed by evaluating ways of identification of borders, their accuracy and the consequent effect on the calculated area. In this aspect, good utility has been demonstrated in the interpretation of border land at the boundaries of forest and agricultural land just from the oblique photos. DTM and DSM from aerial laser scanning data were used to calculate the mean height of stands located in areas of interest. Based on the identified areas and the mean heights, it was proposed reclassification of all five areas of interest in the real estate register and the proposed change was to convert these areas from agricultural land to forest land.

Key words: forest land, white areas, classification, boundary identification, remote sensing

1 ÚVOD A CIEĽ

Lesné pozemky tvoria pozemky, ktoré sa trvalo určili na plnenie funkcií lesov. V katastri nehnuteľností sú tieto pozemky vedené ako druh pozemku „lesný pozemok – kód 10“. Na všetkých takto vedených lesných pozemkoch sa vyhotovujú programy starostlivosti o les. Výmera lesných pozemkov sa od roku 1950 nepretržite zvyšuje. Od roku 1970 sa zvýšila o 4,7 % a v roku 2009 výmera lesných pozemkov prekračuje 2 mil. ha. Na zvyšovaní výmery sa podieľa najmä zalesňovanie poľnohospodárskych nevyužitých pôd, prevod poľnohospodárskych pozemkov pokrytých lesnými drevinami (tzv. biele plochy), ako aj postupné zladžovanie evidencie lesných pozemkov s katastrom nehnuteľností pri obnovách PSL.

Biele plochy vznikajú postupným zarastaním poľnohospodárskej pôdy lesnými drevinami, čím sa výrazne znižujú výmery poľnohospodárskej pôdy, najčastejšie trvalých trávnych porastov. Takto zarastené pozemky je potrebné rekultivovať späť na poľnohospodársku pôdu alebo previesť na lesný pozemok, aby nedochádzalo k nezrovnalostiam v katastri nehnuteľností. Problematikou bielych plôch sa na Slovensku zaoberá už od 80-tych rokov minulého storočia. Dodnes však neexistuje efektívny postup, prípadne metóda

na ich jednoznačnú identifikáciu a jasný kľúč k zaradeniu týchto plôch do lesných pozemkov alebo ponechaniu ako poľnohospodárskej pôdy.

Práca sa zaoberá využitím moderných prístupov diaľkového prieskumu Zeme, digitálnej fotogrametrie a fotointerpretácie k vylišeniu bielych plôch, ich zameraniu a vyhodnoteniu.

2 PROBLEMATIKA

Biele plochy tvoria pozemky porastené lesnými drevinami s charakterom lesného porastu, ktoré sú v katastrálnom operáte vedené ako nelesný pozemok (resp. iný ako lesný pozemok). Predstavujú nezrovnalosti v súboroch geodetických a popisných informácií katastrálneho operátu katastra nehnuteľností v porovnaní so skutočným stavom zisteným v teréne. Z hľadiska hospodárskej úpravy lesa je biela plocha pozemkom, ktorý nie je v katastri nehnuteľností vedený ako lesný pozemok, ale je porastený lesnými drevinami uvedenými v Zozname lesných drevín, ich číselných kódov a skratiek, s charakterom lesného porastu. Skutočný druh pozemku nesúhlasí s druhom evidovaným v katastri nehnuteľností a ide o tzv. nepovolenú zmenu druhu pozemku (TECHNICKÁ PRÍRUČKA HÚL, 2009).

Podľa Technickej príručky HÚL (2009) sú definované kritéria pre potreby rozhodovania o usporiadaní bielej plochy. Pozemok by mal byť porastený lesnými drevinami a zakmenenie dosahuje minimálne šesť desatín plného alebo prirodzeného zakmenenia, pričom samostatné, od lesa oddelené biele plochy musia mať šírku väčšiu ako 20 m s minimálnou výmerou spravidla 0,30 ha.

Biele plochy sú od roku 2010 vylúčené zo zisťovania pri vyhotovovaní PSL a sú predmetom osobitného zisťovania a inventarizácie. V minulosti sa biele plochy označovali na lesníckych mapách ako značka stromčeka s poradovým číslom bielej plochy a údajmi o veku, zakmenení a výmere plochy oddelené pomlčkami.

Problematika bielych plôch sa na Slovensku začala riešiť už od roku 1983 v rámci vyhotovovania vtedajších LHP (súčasných PSL), ale aj za účelom usporiadania a spresnenia skutočnej výmery poľnohospodárskej pôdy. Cieľom bolo zosúladenie evidencie nehnuteľností so skutočným stavom v teréne. Týkalo sa to predovšetkým pozemkov na rozhraní lesa a poľnohospodárskej pôdy. Značná časť bielych plôch bola preradená do vtedajšieho lesného pôdneho fondu (LPF) a ostatné boli po rekultivácii ponechané v poľnohospodárskom pôdnom fonde (PPF) ako poľnohospodárska pôda. Činnosť vyrovnávania hraníc medzi LPF a PPF skončila rokom 1989. Po roku 1990 však výmera bielych plôch začala narastať v dôsledku recesie poľnohospodárskej výroby. V roku 2004 vznikol v súvislosti so vstupom Slovenska do Európskej únie register poľnohospodársky využívannej pôdy, nazývaný LPIS (Land Parcel Identification System). Bol vytvorený Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany prírody. LPIS tvoria pôdne bloky, ktoré predstavujú umelo alebo prirodzene ohraničené poľnohospodársky využívané časti krajiny. Pôdne bloky sa spracovali na základe ortofotomáp z celého územia Slovenska. V roku 2004 bol zistený nesúlad výmer TTP v LPIS s evidenciou TTP v katastri nehnuteľností 37 %. LPIS je priebežne aktualizovaný a najnovšie údaje pochádzajú z roku 2007 (GALVÁNEK – ŽLNKOVANOVÁ, 2008). V súčasnosti sa rozloha bielych plôch stále zväčšuje, čo je aj následkom zníženia výmery poľnohospodárskej pôdy, na ktorú je poskytovaná dotácia. V rámci NIML SR sa zistila výmera lesov na nelesných pozemkoch v rozsahu 275 000 ha a zásoba dreva je 36 mil. m³ (ZELENÁ SPRÁVA, 2009).

3 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Pre riešenie problematiky bielych plôch bolo vybrané záujmové územie v extraviláne obce Sielnica na rozhraní katastrálnych území Sliač – Hájniky a Sielnica. Územie je charakteristické výraznými prechodmi lesných porastov do zatrávenných plôch. V rámci záujmového územia bolo pomocou Lesníckeho geografického informačného systému (LGIS) a následnou rekognifikáciou v teréne vybraných 5 pokusných plôch, ktoré sú porastené lesnými drevinami, ale v katastri nehnuteľností sú vedené ako poľnohospodárska pôda. Na týchto vybraných plochách sa neskôr rôznymi metódami zameriavali lomové body a zisťovali niektoré porastové charakteristiky.

3.1 Identifikácia pozemkov v záujmovom území

Identifikácia nesúladných pozemkov spočívala vo vyhľadaní poľnohospodárskych pozemkov pokrytých lesnými drevinami. Na identifikáciu sa použila katastrálna vrstva selektovaných lesných pozemkov a výsledok z objektovo orientovanej klasifikácie lesných porastov. Selektácia lesných pozemkov v katastrálnej vrstve sa vykonala v programe Kokeš využitím atribútu druhu pozemku získaných z databázy KN.

Objektovo orientovaná klasifikácia lesných porastov bola vykonaná v softvéri Definiens. Úlohou klasifikácie bolo vytriediť plochy, na ktorých sa nachádzajú lesné dreviny a ostatné neporastené plochy. S ohľadom na skreslené výsledky boli neskôr do klasifikácie zahrnuté aj zatienené plochy. Vstupnými údajmi pre klasifikáciu boli multispektrálne a infračervené ortofotomozajky s rozlíšením 1m, vytvorené z orfotónimok zobrazujúcich záujmové územie v jeseni 2011. Dané rozlíšenie sa zvolilo vzhľadom na veľkosť záujmového územia a časovú náročnosť segmentácie pri väčšom rozlíšení.

Klasifikácia pozostávala z dvoch krokov a to viacúrovňovej segmentácie a samotnej klasifikácie metódou najbližšieho suseda. Segmentácia predstavuje základný krok pri objektovo orientovanej klasifikácii a spočíva v rozdelení obrazu na samostatné menšie dielce,



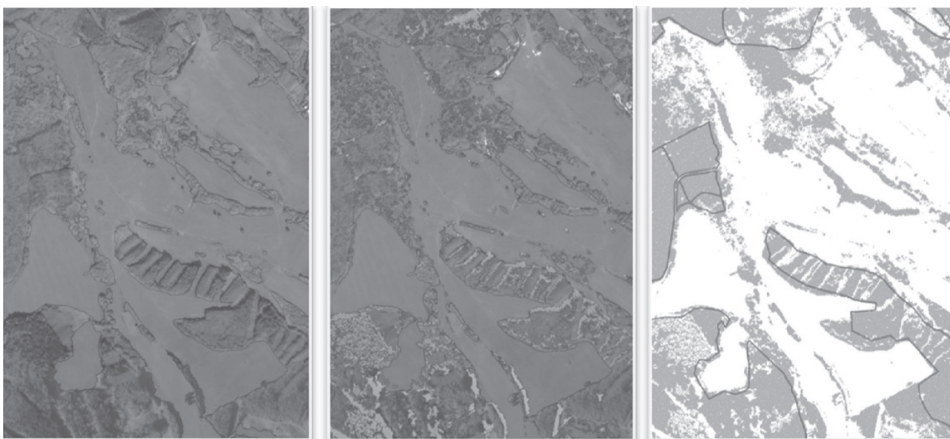
Obr. 1: Záujmové územie s vybranými pokusnými plochami

Zdroj: LGIS, 2012

Fig 1: The area of interest with selected experimental areas

ktoré sa neskôr triedia a zoskupia sa do klasifikačných tried. Výsledkom klasifikácie bolo roztriedenie plôch na les, ostatné plochy a tieň.

Samotná identifikácia nesúladných pozemkov sa vykonala v programe ArcGIS vyselektovaním lesných pozemkov z výsledku identifikácie a ich prekrytím s katastrálnou vrstvou obsahujúcou hranice lesných pozemkov. Výsledok identifikácie priniesol grafické vyjadrenie lesných porastov nachádzajúcich sa v celom záujmovom území (obr. 3). Hranice lesných pozemkov jasne identifikujú porasty uvádzané v katastri nehnuteľností. Všetky ostatné lesné porasty sa nachádzajú na poľnohospodárskej pôde a dochádza tak k nesúladu v evidencii KN.



Obr. 2: a) Výsledok objektovo orientovanej klasifikácie lesných porastov pri mierke segmentácie 100
 b) Výsledok objektovo orientovanej klasifikácie lesných porastov pri mierke segmentácie 20 a zohľadnení tieňov
 c) Prekrytie klasifikácie s lesnými pozemkami
 Fig. 2: a) The result of object-oriented classification of forest vegetation in scale segmentation 100
 b) The result of object-oriented classification of forest vegetation in scale segmentation 20 and taking into account the shadows
 c) Overlay the classification with forest land

3.2 Zameranie hraníc v teréne

Lomové body hraníc vybraných pokusných plôch sa v teréne zamerali pomocou GNSS. Pre použitie pri porastovom okraji sa použila časovo nenáročná kinematická metóda RTK s využitím služby SKPOS. Body sa volili na okraji porastov, aby vhodne kopirovali hranicu stromovej vegetácie. V rámci merania sa čakalo na fixné riešenie pre dosiahnutie presnosti v centimetroch. V niekoľkých prípadoch z dôvodu horšieho signálu z družíc spôsobeného zatienením prijímača porastom bolo nutné využiť aj riešenie float, pri ktorom sa dosahovala presnosť v desiatkach cm. Pri meraniach v teréne sa sledovalo aj drevinové zloženie a zakmenenie na jednotlivých pokusných plochách.

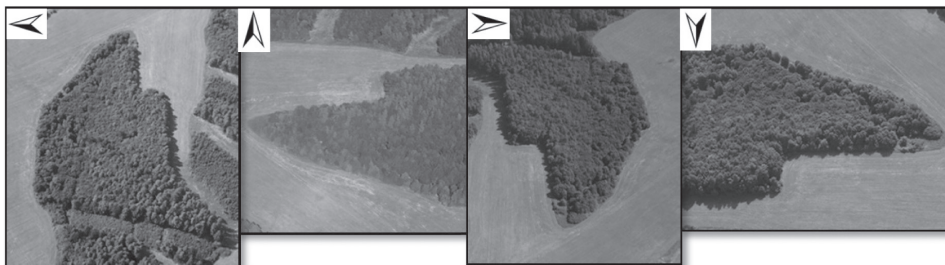
3.3 Zameranie hraníc na stereoskopickom modeli

Pre interpretáciu lomových bodov hraníc pomocou stereomodelu bol potrebný vytvorený fotogrametrický projekt v softvéri INPHO. Na zobrazenie stereomodelu sa použil program Summit Evolution. Meranie lomových bodov sa vykonalo na stereo snímkach s rozlíšením 10 cm a 20 cm. Body sa volili na hraniciach plôch zarastených drevinami a trávnatých plôch. Pre každú pokusnú plochu sa vykonali 3 série meraní v rozlíšení 10 cm aj 20 cm. Pri rozlíšení 10 cm predstavovala mierka 1 : 1 hodnotu približne 1 : 300 a pri 20 cm rozlíšení mierku 1 : 600. V každej sérii sa subjektívne merali body pozdĺž okrajov porastov tak, aby výsledná hranica viedla približne stredmi korún okrajových stromov. Jednotlivé série na seba nijako nenadväzovali a nasledovali sa rovnaké body.

3.4 Zameranie hraníc na šikmých snímkach

Zameranie lomových bodov hraníc sa vykonalo aj na šikmých snímkach prostredníctvom programu PixaView. Na rozdiel od klasických zvislých snímkov, na ktorých sú objekty zobrazené predovšetkým pôdorysne, poskytujú šikmé snímky informáciu urobenú z bočného pohľadu. Zobrazené detaily na šikmých snímkach tak vhodne dopĺňajú informácie získané z ortofotomáp. Šikmé snímkovanie je plánované tak, aby každý objekt na teréne bol zobrazený minimálne zo 4 smerov (GEODIS, 2012).

Šikmé snímky mali rozlíšenie 20 cm a body sa merali pri variabilnej mierke tak, aby výsledná hranica kopírovala presný okraj porastu. Pre každú pokusnú plochu sa merali lomové body trikrát bez ohľadu na predchádzajúce merania.



Obr. 3: Detail pokusnej plochy č. 4 na šikmých snímkach, šípka znázorňuje smer snímania
Fig. 3: Detail of experimental area no. 4 on the oblique photos, the arrow shows the direction of sensing

3.5 Odvodenie priemernej výšky porastov

Pre odvodenie priemernej výšky porastov na záujmových plochách sa využili údaje z leteckého laserového skenovania. Údaje boli dostupné v las súbore ako digitálny model terénu a digitálny model povrchu a spracovali sa v programe DTMaster pomocou aplikácie DTM/DSM Editor.

Digitálny model terénu (DMT, angl. DTM) predstavuje množinu polohovo priradených údajov charakterizujúcich geometrické vlastnosti reliéfu, zachytáva iba vrchnú časť litosféry. Digitálny model povrchu (DMP, angl. DSM) zachytáva okrem zemského povrchu aj jednotlivé objekty, ktoré sa na ňom nachádzajú.

Pre odčítanie výšok bolo potrebné odfiltrovať vrstvu reliéfu v rámci DMP a vytvoriť vlastné DMT a DMP pre príslušné polygóny. Vytvorenie DMT a DMP prebehlo v programe Application Master cez DTM Toolkit. Týmto spôsobom boli vygenerované pre všetky pokusné plochy samostatné DMT a DMP s výškovou presnosťou 0,1 m a gridom 0,20 m. Výšky porastov sa následne vypočítali na základe rozdielu medzi DMT a DMP. Výpočet rozdielu sa vykonal v programe SCOP++ pre každú plochu osobitne vytvorením rozdielového modelu, ktorý je možné exportovať ako zoznam súradníc.

Pre každú plochu tak bol získaný textový súbor obsahujúci súradnice všetkých bodov tvoriacich model povrchu nachádzajúcich sa v polygóne. Pre výpočet výšok sa použili len body dosahujúcu výšku nad 0,50 m vrátane. Týmto kritériom sa vylúčilo skreslenie výšky porastu vplyvom vysokých tráv alebo krov. Hodnota 0,50 m bola zvolená na základe rastových fáz porastov a porasty sa teda posudzovali od rastovej fázy nárastu. Pre takto vyselektované výšky v porastoch sa vypočítali ich aritmetické priemery, čím sa získali priemerné výšky porastov na jednotlivých plochách.

3 VÝSLEDKY

3.1 Zhodnotenie klasifikácie a identifikácie lesných porastov

Cieľom objektovo orientovanej klasifikácie bolo vyklasifikovať lesné pozemky nachádzajúce sa na záujmovom území. Výsledok klasifikácie ovplyvňovala hlavne samotná segmentácia obrazu, ktorá sa odvíjala od zvolených príslušných parametrov, ale aj vstupnej ortofotomozaiky. Presnosť klasifikácie sa posudzovala z vizuálneho hľadiska, aby čo najlepšie vystihovala hranice lesných porastov na rozhraniach s poľnohospodárskou pôdou.

Ako výrazný negatívny faktor pri klasifikácii sa ukázal tieň, ktorý vrhali jednotlivé lesné dreviny. Veľkosť tieňov bola ovplyvnená použitou ortofotosnímkou, keďže vstupné snímky boli vyhotovené v jesennom období. Tento fakt spôsobil predĺženie vrhajúcich tieňov a preto je vhodné uskutočňovať snímkové lety v jarom období. Prvotné segmentácie sa vykonali bez zohľadnenia tieňa a s väčšími mierkovými parametrami, pričom za najvhodnejšie bolo zvýraznenie parametra farby a hladkosti. Vo výsledných segmentoch však boli na mnohých miestach spojené tieňe s lesnými porastmi, čo sa odrazilo aj v konečnej klasifikácii a dochádzalo tak k nadhodnoteniu rozlohy lesných pozemkov. Z tohto dôvodu bolo prístupné ku klasifikácii zohľadňujúcej existujúce tieňe. Vzhľadom na malé rozmery tieňov a čo najpresnejšie zachytenie tvaru bola teda zvolená malá veľkosť segmentov s mierkovým parametrom 20. Táto klasifikácia priniesla oveľa reálnejšie vyhodnotenie.

Významnými faktormi ovplyvnenia klasifikácie sa ukázali aj spektrálne vlastnosti vstupných snímok, obzvlášť pri vytriedení nežiaducich tieňov. Klasifikácie sa vykonali použitím multispektrálnej aj infračervenej ortofotomozaiky. V prípade vylišenia lesných pozemkov a ostaných plôch nebol rozdiel vo výsledkoch klasifikácie veľmi evidentný, v prípade zohľadnenia tieňa porastov sa však ukázalo viditeľné zlepšenie výsledku s použitím infračervenej ortofotomozaiky.

Samotná identifikácia lesných porastov vychádzala z pomerne dobrej objektovo orientovanej klasifikácie. Na celom záujmovom území bolo identifikovaných 129,1 ha lesa, pričom sa do plochy nezapočítavali medzery vyklasifikované ako tieňe, čím sa podhodnotila výmera súvislých lesných pozemkov. Z tejto celkovej výmery sa 91,1 ha nachádza mimo lesných pozemkov na poľnohospodárskej pôde.

Pre vylepšenie klasifikácie Supek, Š. (2011) uvádza importovanie digitálneho modelu terénu a digitálneho modelu reliéfu do procesu klasifikácie, vďaka čomu by sa dali pomerne jednoducho vylišiť jednotlivé stromy od voľnej plochy a tieňa.

Vylepšenie klasifikácie by sa mohlo dosiahnuť aj použitím dát z laserového skenovania. SULLIVAN, A. *et al.* (2009) uvádzajú využitie dát z laserového skenovania pri objektovo orientovanej klasifikácii vo voľne dostupnom systéme SPRING s veľmi dobrými výsledkami klasifikácie.

3.2 Posúdenie presnosti určenia lomových bodov pokusných plôch

Lomové body sa na jednotlivých plochách merali 4 metódami pomocou GNSS, stereomodelu s 10cm rozlíšením, stereomodelu s 20 cm rozlíšením a na šikmých snímkach. Lomové body sa zameriavali ľubovoľne a nesledovalo sa zameranie rovnakých bodov. Z tohto dôvodu nie je možné presnosť určených lomových bodov vyjadriť cez strednú súradnicovú chybu a štatisticky ju vyhodnotiť.

Presnosť určenia lomových bodov sa vyjadrila cez vypočítané výmery pokusných plôch. Výmera vypočítaná pomocou GNSS metódou RTK sa použila ako porovnávací etalón. Pre každú fotogrametrickú metódu sa z troch sérií meraní vypočítal aritmetický priemer a následne sa percentuálne porovnal s etalónom. Percentuálne porovnanie sa vykonalo aj pre výmery vypočítané z objektovo orientovanej klasifikácie lesných porastov.

Tab. 1: Výpočet a percentuálne vyhodnotenie výmer podľa jednotlivých metód na jednotlivých pokusných plochách

Tab. 1: Calculation and percentual evaluation of the area by individual methods on the individual experimental areas

Metóda	Výmera na jednotlivých plochách v m ²						Priem. rozdiel v %
		1. plocha	2. plocha	3. plocha	4. plocha	5. plocha	
GNSS RTK		2 920,00	4 012,00	8 662,00	22 732,90	11 607,60	
Stereomodel 10 cm	1. pokus	3 104,10	4 390,80	10 672,20	25 802,20	14 567,90	
	2. pokus	2 986,10	4 094,30	9 485,70	24 091,70	13 834,30	
	3. pokus	2 540,60	4 061,70	10 044,20	24 330,70	13 950,30	
	Priemer	2 876,93	4 182,27	10 067,37	24 742,53	14 117,50	
	% rozdiel	-1,48	4,24	16,22	8,84	21,62	9,83
Stereomodel 20 cm	1. pokus	2 229,80	3 465,00	9 267,80	23 281,10	13 447,40	
	2. pokus	2 255,10	3 356,30	9 471,10	23 761,40	13 231,20	
	3. pokus	2 181,10	3 488,60	9 597,40	23 024,80	12 946,50	
	Priemer	2 222,30	3 436,63	9 445,43	23 355,77	13 208,37	
	% rozdiel	-23,89	-14,34	9,04	2,74	13,79	16,02
Šikmé snímky	1. pokus	2 837,60	3 833,40	8 902,90	23 288,40	12 836,70	
	2. pokus	3 073,60	4 342,50	9 819,70	23 820,20	12 425,70	
	3. pokus	2 820,40	4 277,60	9 752,60	23 669,30	12 838,60	
	Priemer	2 910,53	4 151,16	9 491,73	23 592,63	12 700,33	
	% rozdiel	-0,32	3,47	9,58	3,78	9,41	5,18
Klasifikácia		2 777,60	4 786,32	11 457,94	23 016,96	13 491,32	
	% rozdiel	-4,88	19,30	32,28	1,25	16,23	12,9

Z výsledných vypočítaných výmer metódou merania na stereoskopickom modeli s rozlíšením 10 cm vyplýva postupné narastanie výsledných % rozdielov. V prípade prvej a druhej pokusnej plochy boli touto metódou dosiahnuté pomerne dobré výsledky. Výrazné nadhodnotenie pri tretej a piatej pokusnej ploche bolo spôsobené nesprávnou interpretáciou v oblasti zatienených hraníc a úsekov s hustou krovitou vegetáciou.

Na stereomodeli s 20 cm rozlíšením sa dosiahli presne opačné výsledky. Zhoršenie rozlíšenia spôsobilo ťažšiu interpretáciu a výmery na pokusných plochách sa výrazne podhodnocovali, pričom sa vyskytovali rovnaké chyby pri interpretácii ako pri stereomodeli s lepším rozlíšením. Z uvedených hodnôt v tab. 1 je jasné systematické podhodnotenie výmer na stereomodeli s 20 cm rozlíšením oproti stereomodelu s lepším rozlíšením. Z hľadiska vyhodnocovania na stereoskopickom modeli je vzhľadom na dosiahnuté výsledky vhodné voliť snímkové dvojice s lepším geometrickým rozlíšením.

Zameranie lomových bodov na šikmých snímkach prinieslo z celkového hľadiska najlepšie výsledky. Na šikmých snímkach sú oveľa zreteľnejšie porastové okraje, čím sa zjednodušuje sledovanie hranice porastovej plochy. Výhoda šikmých snímkov sa preukázala aj pri zameriavaní zatienených hraníc, kde bolo možné zvoliť alternatívnu snímku z iného smeru snímmania a výrazne tak eliminovať vplyv tieňa.

Z hľadiska výsledných výmer boli vyhodnotené aj výmery vypočítané z klasifikácie lesných porastov. V prevažnej časti boli výmery zistené týmto spôsobom výrazne nadhodnotené, pretože do klasifikácie boli zahrnuté aj blízko stojace solitéry a kríky a výsledné plochy presne nekopírovali hranice porastu. Pri štvrtej pokusnej ploche sa však dosiahol veľmi dobrý výsledok. Pri zlepšení vstupných údajov pre klasifikáciu a zlepšení výsledkov samotnej objektovo orientovanej klasifikácie sa dajú očakávať veľmi dobre výsledky.

Z hľadiska použitých metód pri meraní lomových bodov okrajov porastov sa ukázalo ako najvýhodnejšie meranie na šikmých snímkach a zameranie lomových bodov na stereoskopickom modeli s rozlíšením 10 cm. Z hľadiska vypočítaných výmer však obidve metódy preukazujú pomerne veľké percentuálne rozdiely, ktoré boli pravdepodobne spôsobené neskúsenosťou vyhodnocovateľa pri interpretácii.

3.3 Vyhodnotenie bielych plôch

Pre klasifikáciu pozemku ako bielej plochy je potrebné dodržať jej definíciu a teda by pozemok mal byť porastený lesnými drevinami, zakmenenie dosahuje minimálne šesť desiatín plného alebo prirodzeného zakmenenia, pričom od lesa oddelené biele plochy musia mať šírku väčšiu ako 20 m s minimálnou výmerou 0,30 ha. Pre biele plochy je teda príznačný charakter lesných porastov. Charakter lesných porastov sa hodnotil podľa FAO definície, kde sa uvádza les ako plocha porastená lesnými drevinami s potenciálnou výškou viac ako 5 m, má minimálnu výmeru 0,3 ha, minimálnu šírku 20 m, zápoj stromov na ploche je viac ako 20%. V záujmovom území sa klasifikácia bielych plôch vykonala na 5 pokusných plochách. Klasifikácia sledovala splnenie podmienok definície bielych plôch a splnenie podmienky minimálnej výšky drevín z definície lesa.

Ako prvé kritérium sa sledovalo drevinové zloženie nachádzajúce sa na plochách. Drevinové zloženie sa zisťovalo pri meraní v teréne. Okrajové časti plôch tvorili pomiestne kroviny, jadro plôch však tvorili lesné dreviny ako buk, dub, smrek, borovica a hrab. Drevinové zloženie bolo možné vďaka vysokému rozlíšeniu interpretovať aj z použitých ortofotosnímkov a šikmých snímkov. Fotointerpretácia však vyžaduje určité skúsenosti vyhodnocovateľa a vhodný interpretačný kľúč.

Ako ďalšie kritérium pre klasifikáciu bolo v teréne zistené aj priemerné zakmenenie na jednotlivých plochách. Zakmenenie sa v rámci plôch posudzovalo na viacerých skusných plochách, z ktorých bolo vypočítané priemerné zakmenenie a na všetkých plochách prekročilo hranicu 0,6.

Ďalším kritériom klasifikácie bielych plôch bola minimálna výmera od lesa oddelených samostatných potenciálnych bielych plôch. V prípade určených pokusných plôch je samostatne stojaca iba piata pokusná plocha. Výmery však boli vypočítané pre všetky pokusné plochy. Pre výsledné určenie hranice a výmery sa použili výsledky získané pomocou GNSS metódou RTK, ktorých presnosť by mala byť najlepšia.

Posledným kritériom pre posúdenie bielych plôch bolo vyjadrenie priemernej výšky porastov na jednotlivých plochách. Priemerná výška porastov bola vypočítaná z údajov leteckého laserového skenovania.

Tab. 2: Klasifikácia bielych plôch podľa príslušných kritérií

Tab. 2: Clasification of white areas according to the criteria

Plocha	Drev. zloženie	Zakmenenie	Výmera [ha]	Priemerná výška [m]
1	sm, db, bo	0,6	0,29	5,37
2	sm, bo	0,6	0,40	11,32
3	bo, sm, bk, hb	0,7	0,87	13,04
4	bo, sm, hb, db	0,7	2,27	8,73
5	bo, sm, db, hb, bk	0,8	1,16	9,55

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že všetky plochy spĺňajú kritérium zarastenia plochy lesnými drevinami aj kritérium minimálneho zakmenenia. Kritérium minimálnej výmery platilo len pre samostatne stojacu piatu pokusnú plochu, ktorá túto podmienku splnila. Lesné porasty na pokusných plochách presahujú aj strednú výšku 5 m. Všetkých 5 pokusných plôch môže byť teda klasifikovaných ako biele plochy.

Z hľadiska hospodárskej úpravy lesa je biela plocha pozemkom, ktorý v katastri nehnuteľností nie je vedený ako lesný pozemok, ale má charakter lesného porastu a je porastený lesnými drevinami. Skutočný druh pozemku nesúhlasí s druhom evidovaným v katastri nehnuteľností a ide v podstate o nepovolenú zmenu druhu pozemku. Z tohto hľadiska je potrebné po identifikácii bielej plochy navrhnuť riešenie na odstránenie tohto nesúladu. Možným riešením je rekultivácia pozemku, teda odstránenie prítomných lesných drevín a znovu zúrodnenie poľnohospodárskej pôdy, alebo prevod poľnohospodárskej pôdy na lesný pozemok.

Z hľadiska finančnej a časovej náročnosti je rekultivácia vhodná na mierne zarastených plochách, kde väčšina stromov dosahuje rastovú fázu náletu, pričom pri takto zrekultivovaných pôdach je nevyhnutná následná starostlivosť.

GALVÁNEK (2008) uviedol možné riešenia bielych plôch pri riešení problematiky v Pieninách.

- Prevod bielych plôch na lesné pozemky. Výhodou tohto riešenia je možnosť usmerňovania vývoja porastov cieľenými zásahmi, nevýhodou sú možné nevhodné zásahy spôsobené strnulou snahou dosiahnuť žiadaný stav.
- Odstránenie porastu drevín a krov. Pri tomto riešení je limitujúci nezáujem o využívanie niektorých trávnych porastov.

- Ponechanie v súčasnom stave s možnosťou prípravy palivového dreva alebo štiepkovania. Pri tejto možnosti je potrebné zachovať minimálnu pokryvnosť cca 40 %.

V prípade riešenia identifikovaných bielych plôch v záujmovom území sa javí ako najefektívnejšie preradenie bielych plôch na lesné pozemky. Ideálnym riešením by bolo zlúčenie plošne malých plôch (pokusné plochy 1, 2 a 3) k susedným dielcom a z väčších plôch vytvoriť samostatné dielce (pokusná plocha 4 a 5). V prípade malých bielych plôch s výmerou do pol hektára je aj možnosť ponechania ich v súčasnom stave na prípravy palivového dreva alebo štiepkovania.

5 ZÁVER

Súčasný technologický pokrok zabezpečuje široké využitie digitálnej fotogrametrie a diaľkového prieskumu Zeme v oblastiach lesníckeho mapovania. Digitálna fotogrametria sa v súčasnosti využíva v plnej miere a poskytuje ľahko dostupné vstupné podklady v podobe kvalitných leteckých meračských snímok.

V práci je poukázané na možnosti riešenia problematiky bielych plôch a mapovania okrajových lesných pozemkov s využitím najmodernejších metód. Pre identifikáciu tzv. bielych plôch sa preukázalo využitie objektovo orientovanej klasifikácie, ktorá nesúladné pozemky priestorovo klasifikuje a priamo poskytuje aj ich plošné vyjadrenie. Využitím údajov z leteckého laserového skenovania sú ľahko dostupné informácie aj o výškach drevín nachádzajúcich sa na bielych plochách. Táto metodika by mohla zrationalizovať komplikované mapovanie bielych plôch a podľa výšok porastu uľahčiť rozhodovanie o ich budúcnosti. Všetkých päť pokusných plôch v záujmovom území bolo podľa tejto metodiky klasifikovaných ako biele plochy a na základe zistených výmer a stredných výšok bolo navrhnuté preradenie všetkých 5 záujmových plôch v katastri nehnuteľností z poľnohospodárskej pôdy na lesné pozemky.

Z hľadiska mapovania lesných okrajov bolo poukázané na možné využitie dosiaľ menej známych šikmých leteckých snímok, ktoré prinášajú svojimi možnosťami sledovania objektov zo všetkých štyroch strán neobyčajné výhody. V budúcnosti sa však je potrebné zamerať na posúdenie ich polohovej presnosti. V danej práci bola presnosť tejto metódy vyjadrená len cez vypočítané výmery pokusných plôch a dosiahla priemernú odchýlku 5,18 %.

6 Literatúra

- BAVLŠÍK, J. a kol. 2008. Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov. [online]. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2008. 147 s. [cit. 2012-07-04]. Dostupné na internete: <<http://www.nlcsk.sk/files/858.pdf>> ISBN 978-80-8093-079-0.
- GALVÁNEK, D. Manažmentové odporúčania pre nelesné biotopy a biele plochy. [PDF dokument] Získané z: http://biodiv.de/fileadmin/docs/Pieniny/09_Dobromil_Galvanek.pdf
- GALVÁNEK, D. – ŽLNKOVANOVÁ, K. 2008. Ako ďalej s bielymi plochami. In Chránené územia Slovenska. [online]. 2008, č. 84, s. 13–15. [cit. 2012-07-04] Dostupné na internete: <http://www.sopsr.sk/publikacie/chus/www_chus74.pdf>
- NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM, 2009. Usmernenie NLC-ÚHÚL č. 1/2009 k vyhotovovaniu LHP s platnosťou LHP od 01.01.2010. [online]. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2009. [cit. 2012-07-04]. Dostupné na internete: <<http://www.nlcsk.sk/files/876.pdf>>
- Program rozvoja vidieka SR 2007–2012. 2007. [online]. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, 2007. [cit. 2012-07-04] Dostupné na internete: <http://maslev.sk/txt/vyzvy/V%C3%BDzva%20%C4%8D.4/4.2/10.%20program_rozvoja_vidieka_2007-2012_-_vlastny_dokument.pdf>

- Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike – Zelená správa. 2009. [online] Bratislava: Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2009. 147 s. [cit. 2012-07-04] Dostupné na internete:< <http://www.nlcsk.sk/files/1443.pdf>> ISBN 978-80-8093-093-6.
- Správa o riešení systému integrovaných environmentálnych a ekonomických účtov pre lesy v roku 2011. [online]. Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, Národné lesnícke centrum, 2012. [cit. 2012-07-04] Dostupné na internete:< <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=1&navID2=1&sID=37&id=5416>>
- SULLIVAN, A. – McGAUGHEY, R. – ANDERSEN, H. – SCHIESS, P. 2009. Object-oriented classification of forest structure from light detection and ranging data for stand mapping. In Western Journal of Applied Forestry. [online]. 2009 vol. 24 no.4: s. 198-204. [cit. 2012-07-04] Dostupné na internete:< <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/38293>>
- SUPEK, Š. 2011. Automatická klasifikácia drevinového zloženia na digitálnych leteckých snímkach s vysokým rozlíšením : diplomová práca, Zvolen : TU, 2011. 85 s.
- Šikmé snímkovanie – PixaView: Geodis Brno. [online] Brno: Geodis Brno. [cit. 2012-24-03] Dostupné na internete:< <http://www.geodis.cz/sluzby/sikme-snimkovani-pixoview>>
-

Adresa autora:

Ing. Miriama Kurčíková
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: kurcikova.miriama@gmail.com

Identifikácia hraníc a klasifikácia lesných pozemkov s využitím DPZ

Abstrakt

Výmera lesných pozemkov sa v posledných desaťročiach nepretržite zvyšuje a podieľa sa na tom najmä zalesňovanie poľnohospodárskych nevyužitých pôd, prevod poľnohospodárskych pozemkov pokrytých lesnými drevinami (tzv. biele plochy), ako aj postupné zladňovanie evidencie lesných pozemkov s katastrom nehnuteľností pri obnovách programov starostlivosti o lesy. Práca sa zaoberá možnosťami využitia moderných prístupov DPZ pri riešení problematiky identifikácie a klasifikácie bielych plôch a riešení nesúlady medzi katastrom nehnuteľností a skutočným stavom v teréne na rozhraní katastrálnych území Sielnica a Sliač – Hájniky. Zámerom práce bola identifikácia nesúladných pozemkov z aktuálnych ortofotosnímkov daného územia a stavu v katastri nehnuteľností, vykonanie automatickej objektovo orientovanej klasifikácie lesných porastov pomocou softvéru Definiens. V rámci nesúladných pozemkov bolo vybraných 5 záujmových plôch, na ktorých sa uskutočnilo zameranie hraníc fotogrametricky na stereomodeli s rôznym geometrickým rozlíšením, zameranie hraníc na šikmých snímkach a v teréne pomocou GNSS s využitím metódy RTK. Následne boli posúdené spôsoby určenia hraníc, ich presnosť a následný vplyv na počítané výmery. Z tohto hľadiska bola dokázaná dobrá využiteľnosť interpretácie hraníc pozemkov na rozhraniach lesných porastov a poľnohospodárskej pôdy práve zo šikmých snímok. Z údajov z leteckého laserového skenovania boli ďalej pomocou DMT a DMP vypočítané priemerné výšky porastov nachádzajúcich sa na záujmových plochách. Na základe zistených výmer a priemerných výšok bolo navrhnuté preradenie všetkých 5 záujmových plôch v katastri nehnuteľností z poľnohospodárskej pôdy na lesné pozemky.

Kľúčové slová: lesné pozemky, biele plochy, klasifikácia, identifikácia hraníc, DPZ

Krátke oznámenia
Short communication

INTELIGENTÝ DIAGNOSTICKÝ SYSTÉM MECHATRONICKÝCH MODULOV

Elizaveta NURIEVA – Yury NIKITIN

Nurieva, E., Nikitin, Y.: Intelligent diagnostic system of mechatronic modules. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 173–176.

The paper describes some results of the use of intelligent solutions in mechatronic modules such as fuzzy sets allows to analyze the technical state of mechatronic modules elements of different physical nature - mechanical, electromechanical, electrical, electronic, taking into account changes in operating regimes and degrees of degradation. By means of intelligent approaches we get new functional and quality capabilities of the mechatronic modules.

Key words: mechatronic modules, intelligent diagnostic system, fuzzy logic

INTRODUCTION

Modern mechatronic systems require high reliability. Examples of mechatronic systems are CNC machines and robots that are modular of mechatronic modules, such as modules of linear motion actuators as coordinates, motor spindles, high precision low speed movement modules as turntables. One of the ways to ensure their reliability is the use of diagnostics.

Since mechatronic systems are modular, the actual problem is the diagnosis of mechatronic modules consisting of mechanical, electrical, electromechanical and electronic functional elements. There are works in the field of intelligent mechatronic modules, intelligent diagnostic systems [1–4].

METHODS

Intelligent diagnostic system uses artificial intelligence techniques – fuzzy logic. The choice of fuzzy logic due to the fact that information is used, different in nature, mechatronic modules operate in different modes and have different rate of degradation in the functional elements of different physical nature. Due to these events, and huge amount of data using statistical methods difficulties. The presence in the mechatronic modules simultaneously different types of uncertainty makes it necessary to use for decision-making fuzzy logic, which can adequately take into account the available kinds of uncertainties and to identify trend changes in the technical condition of mechatronic modules (MM).

To develop diagnostic system MM defects are found and analyzed patterns of the defects, operation and diagnostic parameters. Based on data patterns based rule base of fuzzy logic to determine the technical condition of MM.

At the entrance of the intellectual system diagnostics are diagnostic parameters (vibration, temperature, electric current) and operation of mechatronic modules (nominal mode, idle mode, with an overload).

In operation, the MM change the diagnostic parameters that are implemented in the form of time series (TS). To solve the problems of diagnostics analysis algorithm developed by TS and TS change trend. Rule base values of diagnostic parameters MM at time t are represented as linguistic variables with specified membership functions.

Fuzzy TS diagnostic parameters expressed in functional

$$y(t) = \text{Fuzzy}[x_{\text{mean}}(t), \mu_x] \quad (1)$$

where $y(t)$ – the value of the MM diagnostic parameter defined linguistic variables

"very little value", "little value", «average", "important", "very important";

x_{mean} – mean TS (diagnostic parameter) for the time t ;

μ_x – membership function for the linguistic variable and diagnostic parameters.

In the process of degradation of the MM changes the values of diagnostic parameters in the form of a trend, which plays an important role in the diagnosis of MM. Finding a trend diagnostic parameters MM in accordance with the functional

$$z(t) = \text{Trend}[y(t), y(t-1), y(t-2), y(t-3), y(t-4)] \quad (2)$$

where $z(t)$ – the trend value of diagnostic parameters MM, linguistic variables defined as "stable", "growing", "falling", "oscillation";

t – the measurement of the diagnostic parameters of MM.

The rule base for the determination of linguistic variables trend MM diagnostic parameters:

IF ($y(t) = y(t-1) = y(t-2) = y(t-3) = y(t-4)$) THEN ($z(t)$ – stable)

IF ($y(t) = y(t-1) = y(t-2)$) THEN ($z(t)$ – growing)

IF ($y(t) = y(t-1) = y(t-2)$) THEN ($z(t)$ – falling)

IF ($y(t) = y(t-1) = y(t-2)$ OR ($y(t) = y(t-1) = y(t-2)$) THEN ($z(t)$ – oscillation)

Technical condition of MM in accordance with the functional

$$s(t) = \text{State}[y_i(t), z_i(t), m(t)] \quad (3)$$

where $s(t)$ – the value of the technical condition of MM defined linguistic variables

"workable", "inoperable";

i – number of the diagnostic parameter;

$z_i(t)$ – the trend value of diagnostic parameters i ;

$m(t)$ – operation MM defined linguistic variables "nominal mode", "idle", "overload mode".

If the state of MM inoperable, then a determination of defects in accordance with the functional

$$f(t) = \text{Fault}[y_i(t), z_i(t), m(t)] \quad (4)$$

where $f(t)$ – defects MM, depending on the particular MM.

RESULT

Developed a model of diagnosing MM based on the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. Developed a framework of rules for fuzzy inference system on the technical condition of MM. Input data (temperature, vibration, electrical current, speed) has been selected accessories - Gauss curve. Number of terms - 3. For the output variable (technical condition – the degree of defects) is chosen triangular function to reduce the computational complexity in finding the integral numerically.

The simulation results with an average speed of movement shown in Figure 1.

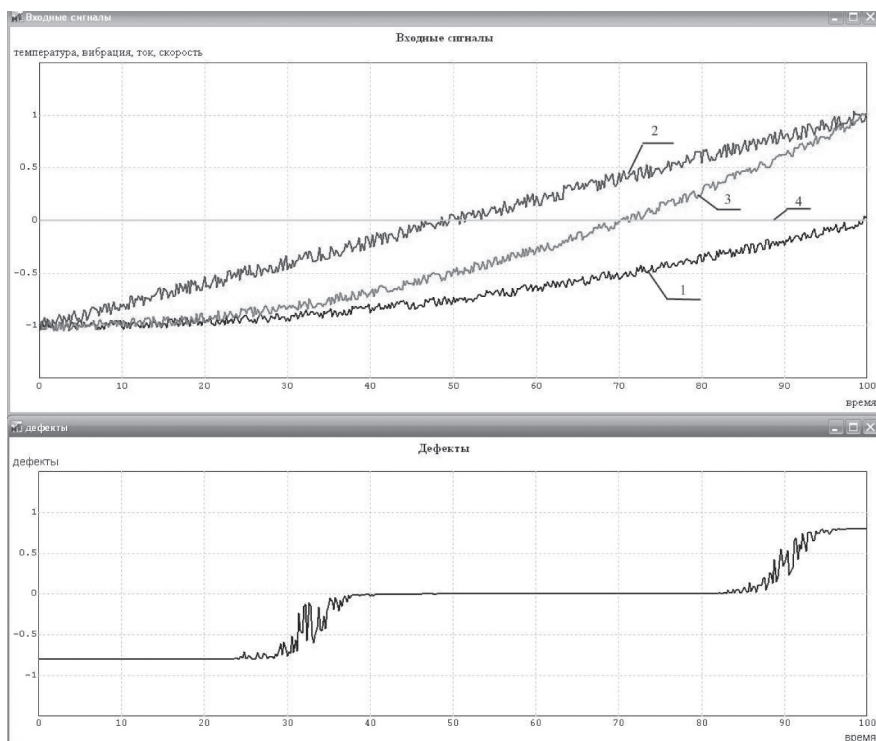


Fig. 1. The results of the simulation, with an average speed (1 – the curve of temperature, 2 – curve of the change of vibration, 3 – the curve of change of current, 4 – line corresponding to the average velocity)

According to the results of modeling can be concluded that in the interval from 0 to 30 seconds, you can describe the state of MM as workable, the development of degradation processes in MM occurs in the interval from 30 to 90 seconds, the alarm condition occurs with MM from 90 seconds.

CONCLUSION

Thus, analyzing the diagnostic parameters (temperature, vibration, electrical current), we can see the emergence of an emergency, to minimize the risk of premature failure, promptly set a time for maintenance and repair. To determine the specificity of a particular defect accounted MM and diagnostic parameters. For example, if the current value is zero, it can be caused by a defect – a cliff driving elements or failure of the power transistor. If the current – the maximum, it can be caused by a defect – a short-circuit current-carrying elements or excessive load on the output of mechatronic module.

Acknowledgments

This research has been supported by research project “Development and research of mechatronic objects control systems” of state task of the Education and Science Ministry of Russia.

References

- ŠTOLLMANN, V. 2009: Inteligentné pristupy k vyvažovaniu montážnych liniek. Dizertačná práca, Žilinská univerzita, Strojnícka fakulta, Žilina.
- NIKITIN, Y. 2010: Diagnostics of mechatronic systems on the basis of neural networks. – State-of-the-Art in Mechatronics, Vol. 2. Alphen aan den Rijn: Simulation Research Press. P. 167–188.
- NIKITIN, Y. 2009: Development of intellectual mechanotronic modules with diagnostic functions. – Proceedings 12-th International Conference on Mechatronics. – 3–5 June, 2009. – Trencinske Teplice, Slovakia. P. 133–137.
- Nikitin, Y., Abramov, I. 2011: Mechatronic modules diagnosis by use of fuzzy sets. – Proceedings of 14-th International Conference on Mechatronics. – 1–3 June, 2011. – Trencinske Teplice, Slovakia. – P. 109–111.
-

Contact the authors:

Graduate student Elizaveta Nurieva, bachelor
Department of Mechatronic Systems
Izhevsk State Technical University named M.T. Kalashnikov
Studencheskaya 7
426069 Izhevsk
Russian Federation
e-mail: nurieva.e@mail.ru

Doc. Ing. Yury Nikitin, CSc.
Department of Mechatronic Systems
Izhevsk State Technical University named M.T. Kalashnikov
Studencheskaya 7
426069 Izhevsk
Russian Federation
e-mail: nikitin@istu.ru

ERGATICÉ SYSTÉMY RIADENIA MECHATRONICKÝCH VOZIDIEL

Svetlana LOZHKINA – Vladimir GLAZYRIN – Yury NIKITIN

Lozhkina, S., Glazyrin, V., Nikitin, Y.: Ergatic systems of mechatronic vehicles control. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1, 2012, 177–182.

The essence of the approach consists in the automatic maximum speed limit of the mechatronic vehicles to the value corresponding speed limits. The algorithm of ergatic system of mechatronic vehicles control is proposed. It takes into account with account taken special situations which appear when overtaking or the threat of the collision with the oncoming vehicle.

Key words: ergatic system, mechatronic vehicles control, speed limit

INTRODUCTION

The problem of road safety is a key in many countries of the world. Accident waste is vast. In Russia and abroad, the cause and the problem of road accidents in the most aggregate way are considered to be defined with elements of the system "a driver – a vehicle – a road – an environment" [1]. The driver and the computer control of a modern car are ergatic system.

The main problems influencing on the safety are the swift motorization of the country, and therefore more heavy traffic, and increase in the number of young driver, mass traffic laws violation and limited physiological abilities of a person as a driver driving vehicles.

The approval and practical realization of the federal program for improving of road safety contributed to the decrease of the number of accidents to 1,5 and the number of road deaths by 23 percent in Russia. But despite the positive statistics, the situation remains tense by both the number of accidents and especially their severity.

The analysis shows that speeding, drunken driving, overtaking rules violation remain the most common reasons of accidents leading to more serious consequences.

Driver errors are quite consecutive. Such factors as the competition or the piecework wages of drivers carrying freights, the increasing work intensity of drivers or the travel time increase of vehicle owners - cause fatigue, psychological load. As a result, the attention degree decreases, the reaction time increases, and these factors lead to the number increase of traffic accidents.

Most accidents are directly or indirectly related to the wrong choice of speed limits. It should be noted most drivers are too confident of their ability to rightly assess the movement speed. The driver perception of the vehicle speed is based on his intuition, personal experience and depends on other factors such as changing field of vision, the motor noise, acceleration, vibration.

However, researches show the cause of many accidents is not the speed, and its inconsistency with the traffic situation and the difference in the traffic stream speed.

METHODS

In the 80s of last century Russian automatic system of traffic control (ASTC) conformed to the world standard on the technical characteristics since then the urban traffic situation had cardinally changed, the level of auto motorization had dramatically increased. The outdated technology of control already can not cope with increased traffic stream by several times.

The developed countries faced automobilization increase before Russia and found the answer – ASTC, based on principles of network adaptive control, is the solution of problem.

Network adaptive control involves automatic monitoring of the characteristics of traffic stream with the help of the detectors and automatic calculation of controlling parameters of traffic light signal. Numerous research conducted in the EU, corroborated the higher efficiency of systems, based on the principles of adaptive controlling in comparison with systems based on the strict regulation.

Originally built functional limitations, the highly specialized directivity of communication lines and the natural equipment wear of traditional domestic systems that exist in many Russian cities impede the introduction of new control technologies on these systems basis [3, 4]. The maintenance of operable systems with highly specialized mode of data transmission limits the possibility of flexible application of modern standard communication technologies. The maintenance becomes unreasonably expensive and limits the possibility of the increasing of the functionality of the system.

At the same time, despite the high degree of elaboration of the technical decisions of foreign systems, factors restraining their use in Russia are the high cost of equipment and software, the orientation to the complete replacement of the existing national park of peripheral controllers, the impossibility of foreign systems for their further development and support by domestic systems.

Therefore, to solve the problem of road safety is needed to optimize ASTC and introduce the ergatic systems of the control of vehicles.

The system of Adaptive Cruise Control (ACC), intended for automatic control of speed of traffic, has been developed [2]. The modern ACC supports a speed condition from 0 to 200 km/h, and also the condition of deceleration and start in the conditions of high-density traffic.

The ACC provides car movement in the conditions of constant speed, acceleration and deceleration. When other cars are absent on the road, the system are supporting the speed set by the driver. When the acceleration or the lane change of front car the back car accelerate till the speed set by the driver. The ACC is a technical basis for developed systems of automatic control of the car.

There is the system of the help of movement, helping the driver to adhere to the chosen lane and by that, to prevent accidents. The system is effective for movement on the highways and the equipped federal roads i.e. where there is a qualitative road marking. Two types of the systems are used: passive and active. The passive system warns the driver about a deviation from the chosen lane. The active system warns and corrects the work of steering control. The system is switched on and off by the driver.

Manufacturers actively introduce the systems of help when changing lanes. The system (it is also called other names – the system of monitoring of "blind" zones, the system of informing about "dead" zone, the system of safe changing lanes) warns the driver about the danger of collision when changing lanes.

The principle of work of Side Assist system is based on the control of zones of movement near a car and behind it by means of a radar and turning on warning signal when the driver intent to change lane and there are hindrances on other line.

The system of recognition of road signs warns drivers about need of observance of a high-speed rate. This system detects road signs of speed limit by their thoroughfare and reminds a driver of the current maximum resolved speed if the driver moves quicker.

The Opel Eye System is noted among the best development in the field of automobile safety of 2010. The system is capable to recognize the limit of speed, holding for a certain kind of transport, signs of cancellation of speed limit, and also the signs prohibiting overtaking.

On the whole at present systems of active car safety quickly develops that should decrease the number of road accident. But the statistics of road accident shows, it is not enough because of influence of the driver on the work of these systems.

Development of technologies of control of transport streams with restriction of driver possibilities to have access to the control rate, which breaks the order of movement which is established by acts, is perspective. So, the established maximum speed limit violation is common. Developed measures identifying violators of speed rate (the introduction of the speed cameras), the application of appropriate public services for identification of violator have local nature and don't always give the due effect.

On the country roads three levels of a speed rate is established by legislators of the Russian Federation, not including local limit of the speed, entered with traffic signs:

1. Movement of vehicles in the settlements;
2. Movement of vehicles outside of settlements;
3. Movement of vehicles on the highways.

Each level is characterized with the speed limits of movement: 60, 90, 110 km/h.

A new approach to the control of transport streams is that maximum speed limit without the possibility it's corrected by the driver on all three levels.

Ergatic control systems of vehicles can be applied to the vehicles equipped with electronic blocks of control of injection of fuel in the engine. Now practically all vehicles are equipped with such devices.

It is possible to detect position of vehicle (within settlement, on the highway), speed of car and to compare it to admissible values of three levels of a speed rate with the help GPS navigator which is built into the on-board computer of the vehicle.

For the second way with the help emitter of signal fastened on the pillars of traffic signs the systems of reading of information about fed speed restrictions should be established for universal introduction of this system on the street road network. It is expedient to combine these systems with the road signs limiting speed. For this purpose emitters of signal are fastened on the pillars of traffic signs.

Electronic control units (ECU) of cars should be improved with additional installation of the receiver of signals, the amplifier of signals and the communication center with the central processor. The protocol of informative exchange with the processor is developed. The system should be adjusted at the manufacturer, and during service the system should be controlled when passage of the technical vehicles inspection.

The system works as follows. By entry or exit from one area of movement to another, the signal from the transmitter installed in the receiver on stationary support, established, on the car is sent.

The transmitter is the emitter working continuously in the fixed frequency range, and radiating energy by distance to 50 meters. In any case the emitter continuously sends a signal in the form of coded information perpendicularly to the carriageway.

The emitter receives energy from external sources of electric energy and in case of its shutdown or lack of such sources the emitter supplies from the independent source consisting of solar panels and the energy accumulator. As it is offered with traffic rules by approach to a certain area of movement, for example, to the settlement, a driver sees a road sign "settlement" and should lower speed according to the requirement of a road sign.

The receiver of a vehicle crossing the zone of work of emitter receives a signal in the form of coded information and feed restriction of frequency of rotation of the engine from calculation which calculates threshold value of speed in the respective zone. When speeding by the driver ECU automatically reduces speed to threshold value.

The vehicle control system algorithm is shown on fig. 1.

The driver has possibility to change speed from 0 to threshold value depending on the transport situation. Restrictions operate before entry to the zone with other value of speed mode.

When crossing other zone the emitter sends the respective signal of passage to speed of other level. Thereby the movement of vehicles with rates of the illegal speeds of movement is excluded, the speed of a transport stream lines up and preconditions of emergence of road accident decrease.

A certain problem is overtaking in the designated zones. Quite often the situation emerges so that by certain conditions safe completion of overtaking is possibly only at excess of the established restrictions. For this purpose the system can turn off the established speed rate.

Turning on the left turn and quickly pressing on the accelerator with foot of driver can serve as a signal switching on the restriction mode.

Algorithm of overtaking:

- 1) Inclusion of a vehicle left turn signal.
- 2) Pressing a gas pedal.
- 3) Overtaking process.
- 4) Inclusion of a vehicle right turn signal.

If not enabled the vehicle turn signal right, then after 2... 4 minutes the restriction of a speed rate automatically switches on.

The sensor determining distance to a front car can execute analogous function. It is installed in front of car. If this distance is quickly reduced (about $\geq 20 \dots 30$ km/h), the sensor turn off the system of restrictions. Turning on or off system can be duplicated with a sound and light signal. The mode of automatic control can be used for maintenance of set interval and speed.

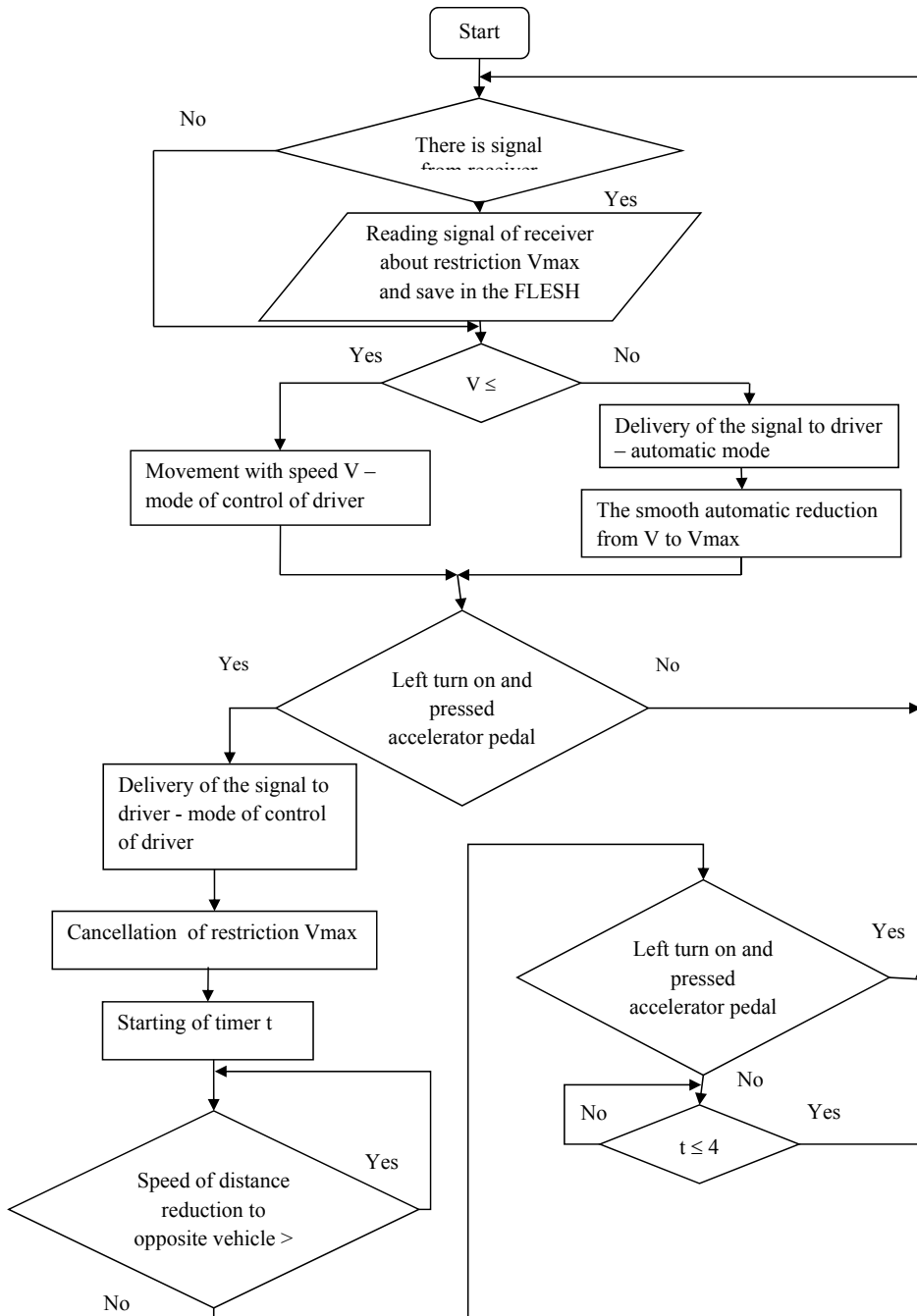


Fig 1. The algorithm of vehicle control system

RESULT

Propounds a series of techniques and the algorithm of vehicle control systems. The simulation and experimental results will be discussed in the next paper.

CONCLUSION

Thus, using automated traffic control systems and the offered ergatic mechatronic vehicle control systems will allow increasing essentially traffic safety, to reduce quantity and seriousness of road accidents.

References

- KLINKOVSHTEYN G.I., AFANASYEV M.B. 2001: Traffic management: A textbook for high schools. – 5th edition, Moscow: Transport. 247 p.
<http://systemsauto.ru/active/active.html>
- KREMENETS J.A., PECHERSKY M.P., AFANASYEV M.B. 2005: Technical facilities of traffic: A textbook for high schools, Moscow: Publishing house “Akademkniga”. 279 p.
- PECHERSKY M.P., HOROVICH B.G. 1979: Automated control systems for traffic in the cities, Moscow: Transport. 176 p.

Contact the authors:

Ing. Svetlana Lozhkina
Department of Quality Management
Izhevsk State Technical University named M.T. Kalashnikov
Studencheskaya 7
426069 Izhevsk
Russian Federation
e-mail: lozhkinasvetlanaviktorovna@mail.ru

Doc. Ing. Vladimir Glazyrin, CSc.
Department of Quality Management
Izhevsk State Technical University named M.T. Kalashnikov
Studencheskaya 7
426069 Izhevsk
Russian Federation
e-mail: uk@istu.ru

Doc. Ing. Yury Nikitin, CSc.
Department of Mechatronic Systems
Izhevsk State Technical University named M.T. Kalashnikov
Studencheskaya 7
426069 Izhevsk
Russian Federation
e-mail: nikitin@istu.ru

Sponzori Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 54, Suppl. 1.

