POKALAMITNÝ VÝVOJ LESNÝCH PORASTOV NA ÚZEMÍ VYSOKÝCH TATIER

Bohdan Konôpka • Vladimír Šebeň

Úvod k problematike a ciele práce

Jednou z najrozsiahlejších deštrukcií novodobej histórie v lesoch Slovenska bola vetrová kalamita z 19. novembra 2004 (tzv. Alžbeta). Táto postihla okrem iných regiónov územie pohoria Vysokých Tatier a Podtatranskej kotliny. Na území Tatranského národného parku (TANAP) sa po tejto vetrovej kalamite najmä kvôli obmedzeniam zo strany orgánov ochrany prírody a rozhodnutiu ponechať významnú časť nespracovanej drevnej hmoty v porastoch rapídne premnožil podkôrny hmyz. Ten značne poškodil aj okolité pôvodne zdravé smrečiny (napr. Nikolov et al. 2014). Výskyt ďalších veľkých kalamít sa však neskončil a v máji 2014 prišla ďalšia (tzv. Žofia). Aktuálny stav je, že na podstatnej časti územia TANAP-u zanikli staré lesné porasty s prevahou smreka. V súčasnosti sa tu nachádzajú prevažne menej či viac kompaktné mladé lesné porasty.

V prípade prvej uvedenej vetrovej kalamity (Alžbeta) došlo k zničeniu lesných porastov prevažne v nadmorskej výške 700 m až 1 400 m. Pritom podstatná časť kalamitného územia predstavoval pás v smere západ-východ, široký okolo 5 km a dlhý takmer 35 km (Šebeň 2010). Predošlé práce zaoberajúce sa stavom obnovy po kalamite na tomto území (napr. Kaštier, Bučko 2010; Šebeň 2010) naznačili, že v následných porastoch boli okrem smreka obyčajného (*Picea abies*) významne zastúpené prípravné dreviny, hlavne jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*), rakyta (*Salix caprea*), resp. brezy (prevažne *Betula pendula*). Miestami sa vyskytovali aj ďalšie cieľové dreviny ako smrekovec opadavý (*Larix decidua*) a borovica sosna (*Pinus sylvestris*). Išlo však o jednorazové zisťovania stavu týchto porastov, preto chýbajú informácie o ich vývoji, resp. o zmenách v závislosti od doby uplynutej po vetrovej kalamite.

V odbornej verejnosti je dobre známy fakt, že v dôsledku deštrukčného zániku lesných porastov dochádza okrem iných negatívnych javov (napr. erózia pôdy, zhoršenie regionálnej klímy a hydrologických pomerov) aj k strate časti uhlíkových zásob v drevnej biomase (Lindroth et al. 2009). Ďalej ku zvýšenej emisii CO_2 z lesnej pôdy, a to hlavne v prípade vyvrátenia stromov a rozrušenia pôdneho prostredia. Návrat k východiskovému stavu (pred vznikom kalamity) trvá niekoľko desaťročí. Dĺžka tohto reverzného procesu súvisí od doby obnovy následných lesných porastov a od rýchlosti „regenerácie“ pôdneho prostredia, pritom oba procesy ovplyvňuje postdisturbančný manažment lesa (Fischer et al. 2002).

Pre zistenie aktuálnej uhlíkovej bilancie v krajine, resp. pre presnú kvantifikáciu štádia reverzného procesu po rozsiahlych disturbanciách lesných ekosystémov je nevyhnuté zhodnotiť zásobu a produkciu lesnej biomasy v mladých lesných porastoch na postihnutých územiach. Kvantifikácia zásob, resp. produkcie biomasy v následných porastoch by sa mala týkať všetkých stromových častí nadzemnej a podzemnej biomasy, teda kmeňa, konárov, asimilačných orgánov a koreňového systému. Výpočet biomasy a následne množstva uhlíka v nej viazanej sa spravidla vykonáva pomocou matematických modelov, tzv. alometrických vzťahov. Tieto spravidla vyjadrujú množstvo biomasy stromu (prípadne jeho komponentov) v závislosti od ľahko merateľných charakteristík, najčastejšie hrúbky kmeňa a/alebo výšky stromu. Keďže sme sa počas ostatných približne desiatich rokov zaoberali problematikou konštrukcie alometrických vzťahov pre mladé jedince lesných drevín (Pajtík et al. 2017) dokážeme vypočítať množstvo biomasy, resp. kvantitu uhlíka v nej viazanej pokalamitnými lesnými porastmi.

Cieľom práce bolo prezentovať údaje o stave a vývoji mladých lesných porastov na pokalamitnom území TANAP-u vzniknutých po vetrovej disturbancii Alžbeta. Jednak zistiť počty stromov, drevinové zloženie ako aj množstvo uhlíka viazaného v ich biomase. Ďalej tieto údaje analyzovať a interpretovať jednak z hľadiska časového (roky 2007, 2010 a 2016) ale i priestorového.

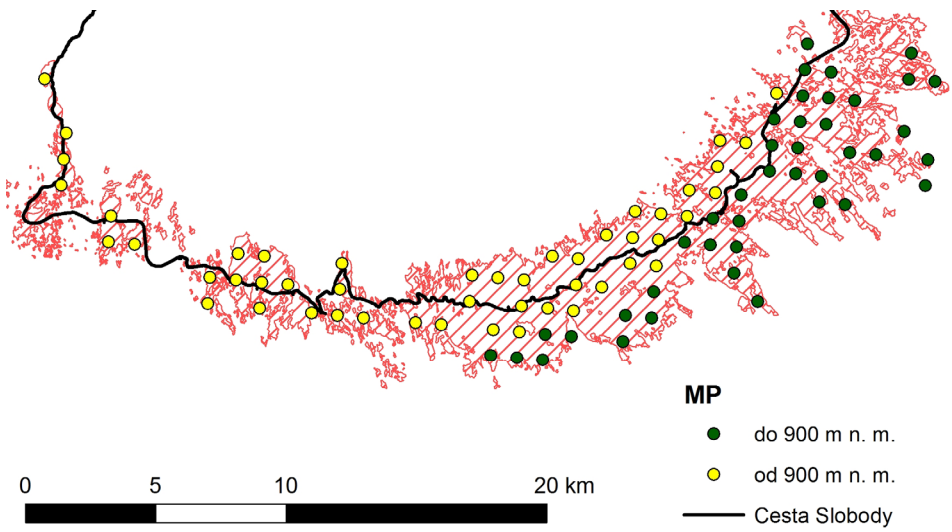
Zber údajov na monitorovacích plochách a ich spracovanie

Dva roky po vetrovej kalamite Alžbeta, t. j. začiatkom vegetačného obdobia roku 2007 sa na kalamitnom území TANAP-u založilo 90 monitorovacích plôch (MP) v sieti 1 × 1 km, ako súčasť rozsiahleho systému monitoringu pokalamitného vývoja v sieti 500 × 500 m (Šebeň et al. 2010). Stredy MP sa zabezpečili pomocou neviditeľne fixovanej kovovej rúrky, ktorá sa vertikálne vpravila do pôdy. Z tohto pevného bodu sa zamerali štyri smery na hlavné svetové strany. V každom smere sa založil stred jednej kruhovej plôšky zameranej na evidenciu obnovy (jedince od výšky 0,1 m po hrúbku $d_{1,3}$ 7 cm) nachádzajúci sa 8 m od stredu MP. Zo stredov sa vytýčili kruhové plôšky s variabilným polomerom tak, aby sa na každej zahrnulo aspoň 15 stromov, maximálne však do 3 m. Na každej kruhovej plôške, spolu ich bolo 360, sa zisťoval presný počet jedincov, druhové zloženie a merala sa výška každého stromu s presnosťou na 10 cm. Merania sa vykonali počas vegetačného obdobia v rokoch 2007, 2010 a 2016. Pri opakovaných zisťovaniach sa použila navigácia pomocou GPS a následne vyhľadanie kolíka pomocou detektora kovov. Pri opakovanom vyhľadávaní pevných bodov a vytyčovaní kruhových plôšok na tých istých miestach sa vzhľadom na zmeny vývoja vegetácie osvedčili aj situačné fotografie (uložené v digitálnej podobe v terénnom počítači).

Okrem jedincov obnovy sa od roku 2016 evidovali všetky stromy s hrúbkou od 7 cm v $d_{1,3,}$ ktoré vznikli po kalamite (dorast hrubiny). Takýchto stromov tu bolo ešte pomerne málo, avšak mohli mať významný podiel na zásobe biomasy. Z uvedeného dôvodu sa v roku 2016 identifikovali všetky takéto jedince nachádzajúce sa v polomere 8 m od pevného bodu. Dorast sa evidoval na kruhu s polomerom 8 m okolo stredového kolíka, pričom sa zameriavala aj poloha jednotlivých stromov technológiou Field-Map a evidovali sa základné biometrické charakteristiky (výška, hrúbka $d_{1,3}$, druh dreviny a i.). Miesto merania hrúbky $d_{1.3}$ sa naznačilo črtákom na kmeni. Následne sa pre výpočet priemerných porastových charakteristík pre rok 2016 využili obidva súbory stromov, t. j. nachádzajúcich sa na štyroch malých kruhových plôškach a na veľkej kruhovej ploche.

Biomasa jednotlivých stromov podľa modelov pre príslušné dreviny sa vypočítala pomocou alometrických vzťahov (Pajtík et al. 2017) s využitím výšky stromu ako nezávislej premennej (podrobnejší postup pozri napr. v práci Konôpka et al. 2016). Dreviny pre ktoré dosiaľ nejestvujú modely sa priradili podľa podobnosti k existujúcim (napr. osika podľa rakyty, jelša podľa jarabiny atď.). Množstvo uhlíka viazaného v biomase sa vypočítal cez štandardný koeficient rovnajúci sa hodnote 0,5.

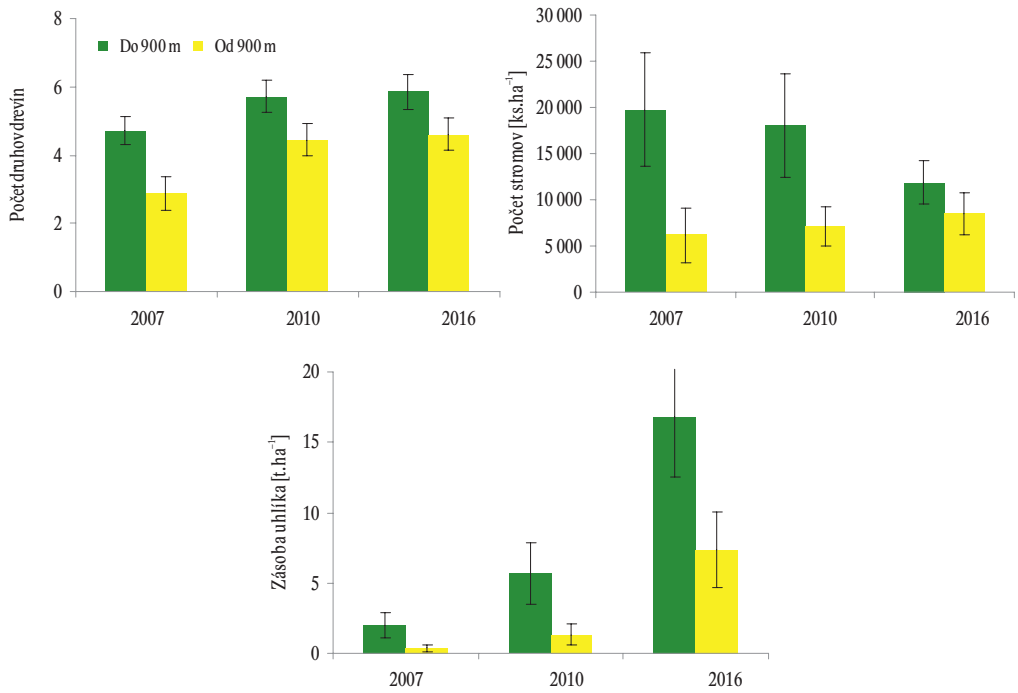
Pri následnej analýze a priestorovom porovnávaní kruhových plôšok sme zistili určité zmeny vlastností porastov pri nadmorskej výške okolo 900 m n. m. Keďže zároveň počet bodov siete bol približne rovnaký pre polohy do 900 m (konkrétne 41 MP) a od 900 m n. m. (49 MP), tento limit sa využil pre zhodnotenie priestorovej variability (Obrázok 1). V ďalšom texte budeme používať aj pojmy „horné“ MP (t. j. v nadmorskej výške od 900 m) a „dolné“ MP (do 900 m n. m.).



Obrázok 1. Kalamitná plocha (červený šráf) spôsobená víchricou Alžbeta z novembra 2004 na území TANAP-u a umiestnenie monitorovacích plôch rozdelených podľa nadmorskej výšky (do 900 m a od 900 m)

Najdôležitejšie výsledky získané z monitorovacích plôch

Počet druhov drevín bol v priemere významne väčší na MP nachádzajúcich sa v nižších polohách (do 900 m) ako vo vyšších nadmorských výškach (od 900 m; pozri Obrázok 2 a). Počet druhov drevín narastal v období rokov 2007 až 2010, po roku 2010 sa viac-menej stabilizoval. Konkrétne, kým v roku 2007 bol priemerný počet druhov na nižšie položených stanovištiach 4,7 a na vyšších 2,9, v roku 2016 boli tieto hodnoty 5,9 a 4,6. Tu treba vysvetliť, že ide o priemerné počty druhov lesných drevín na mikrostanovišti s výmerou do 0,02 ha, teda nie za celé sledované územie.

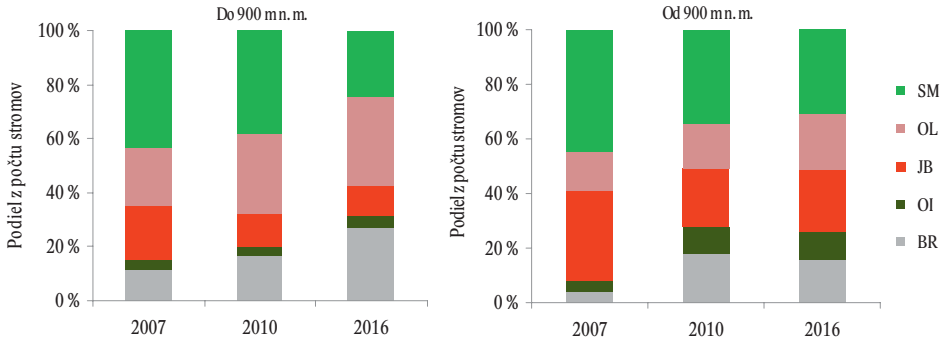


Obrázok 2. Počet druhov drevín na mikrostanovišti (a), počet stromov na ha (b), zásoby uhlíka na ha (c), resp. na MP do 900 m a od 900 m n. m. v rokoch 2007, 2010 a 2016. Zvislé úsečky označujú stredné chyby

Ešte väčšie priestorové rozdiely sa zistili medzi počtom jedincov (v prepočte na ha). Kým v roku 2007 bolo priemerne na ha takmer 20 tis. jedincov v nižších polohách, vo vyšších to bolo iba tesne nad 6 tis. jedincov. S plynutím rokov od kalamity sa tieto rozdiely zmenšovali. Zaujímavé je, že kým na MP v nižších polohách vplyvom odrastania a kompetičného vývoja počet jedincov výrazne klesal, vo vyšších polohách sa od 2007 do 2016 zistil mierny nárast počtu jedincov. Preto v roku 2016 bol rozdiel v priemernom počte jedincov na ha medzi hornými a dolnými MP menej výrazný, konkrétne 8,5 tisíc a 11,9 tisíc jedincov na ha.

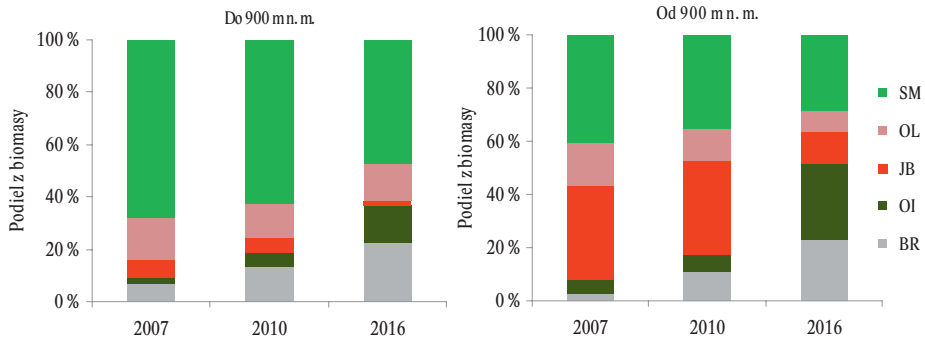
Najvýraznejšie rozdiely v priestorovom ponímaní sa zistili v množstve biomasy, resp. kvantite uhlíka v nej viazaného (Obrázok 2 c). Pre rok 2007 sa kvantifikovalo priemerne 1,9 t uhlíka na ha na MP do 900 m n. m. a iba 0,4 t uhlíka na ha na MP od 900 m n.m. V období od 2007 do 2016 zásoby uhlíka v biomase drevín narástli deväťnásobne (dolné MP), resp. až osemnásťnásobne (horné MP). Takže v roku 2016 bola priemerná zásoba uhlíka na MP do 900 m n. m. 16,8 t na ha a na MP od 900 m n. m. 7,3 t na ha.

Ďalej sme sa zamerali na zistenie podielu jednotlivých druhov drevín, resp. skupín drevín na počte jedincov a zásobe biomasy. Konkrétne sa sledovali druhy: smrek obyčajný, jarabina vtáčia, breza, ďalej ostatné ihličnaté (najmä smrekovec opadavý, menej borovica sosna a výnimočne jedľa biela) a ostatné listnaté (vŕba rakyta, osika, miestami jelša, výnimočne javor horský) dreviny. V prípade podielu jednotlivých drevín na počte jedincov sa zistili výrazné rozdiely jednak v priestore (do 900 m a od 900 m n. m.) ako aj medzi jednotlivými rokmi sledovania (Obrázok 3 a, b). Zistil sa väčší podiel smreka, jarabiny vtáčej a ostatných ihličnatých drevín (smrekovca aj borovice) v polohách od 900 m n. m. než do 900 m n. m. Opačná situácia bola v prípade ostatných listnatých drevín a brezy. V časovom porovnaní (roky 2007, 2010 a 2016) sa zistil pri obidvoch skupinách MP postupný pokles podielu smreka a jarabiny, naopak, nárast podielu ostatných listnáčov, ostatných ihličnatých drevín a najmä brezy.

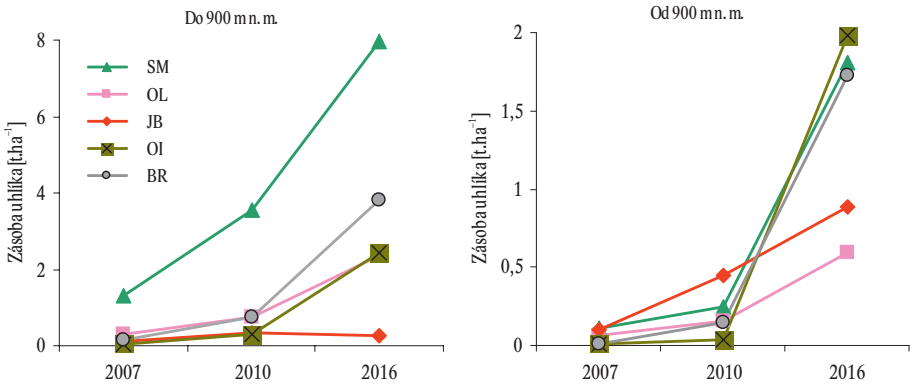


Obrázok 3. Podiel jednotlivých drevín (SM – smrek obyčajný, OL – ostatné listnaté, JB – jarabina vtáčia, OI – ostatné ihličnaté, BR – breza) na počte stromov v rámci MP do 900 m (a) a od 900 m n. m. (b) v rokoch 2007, 2010 a 2016

Pri porovnaní podielu drevín z počtu stromov s podielom drevín na zásobe biomasy, resp. uhlíka (pozri Obrázok 3 a, b verzus Obrázok 4 a, b) sa zisťujú určité disproporcie. Napríklad na MP do 900 m n. m. bol podiel smreka na podiele počtu jedincov na ha dvakrát menší ako bol jeho podiel na zásobe biomasy (resp. uhlíka). To naznačuje, že v nižších polohách predstavovali smreky v priemere na jedného jedinca výrazne viac biomasy ako tomu bolo pri iných drevinách. V prípade podielu drevín na zásobe biomasy (uhlíka) na MP do 900 m n. m. dominoval smrek. Iná situácia bola na MP v nadmorských výškach od 900 m n. m., kde v rokoch 2007 a 2010 prevažovala biomasa jarabiny. Jej podiel sa však do roku 2016 výrazne znížil. Pri obidvoch skupinách MP sa zaznamenal postupný nárast ostatných ihličnatých drevín a brezy.



Obrázok 4. Podiel jednotlivých drevín (SM – smrek obyčajný, OL – ostatné listnaté, JB – jarabina vtáčia, OI – ostatné ihličnaté, BR – breza) na zásobe stromovej biomasy v rámci MP do 900 m (a) a od 900 m n. m. (b) v rokoch 2007, 2010 a 2016



Obrázok 5. Zásoba uhlíka v biomase jednotlivých drevín (SM – smrek obyčajný, OL – ostatné listnaté, JB – jarabina vtáčia, OI – ostatné ihličnaté, BR – breza) v rámci MP do 900 m (a) a od 900 m n. m. (b) v rokoch 2007, 2010 a 2016

Nakoniec uvedieme ešte vývoj zásob uhlíka v biomase v delení podľa drevín, resp. skupín drevín. Zásoba uhlíka medzi jednotlivým meraniami narastala takmer pri všetkých drevinách (Obrázok 5 a, b). Výnimkou bola iba jarabina vtáčia, pri ktorej sa na MP v nadmorských výškach do 900 m zistila stagnácia. V roku 2016 bolo na MP nachádzajú-

cich sa do 900 m n. m. poradie v zásobe uhlíka podľa drevín (od najväčšej po najmenšiu) takéto: smrek, breza, ostatné listnáče, ostatné ihličnaté, jarabina. Na MP od 900 m n. m. bolo poradie nasledovné: ostatné ihličnaté, smrek, breza, jarabina a ostatné listnaté dreviny.

Zovšeobecnenie poznatkov a záver

Výsledky naznačili dynamický vývoj počtu stromov, zásoby biomasy (uhlíka) ako aj výrazné časové zmeny (od 2007 do 2016) v podiele jednotlivých drevín na počte stromov a na zásobe. Zistilo sa pomerne bohaté druhové zloženie na úrovni MP (t. j. na mikrostanovišti). Pestrejšie drevinové zloženie v nižších polohách možno pripísať jednak priaznivejšími rastovým podmienkam. Ďalej aj vyššiemu podielu kombinovanej obnovy, pri ktorej sa vysádzali druhy drevín, ktoré by sa tu inak pravdepodobne nevyskytli. Za veľmi pozitívny vývoj považujeme relatívne vysoký podiel ostatných ihličnatých drevín (hlavne smrekovca), a to najmä v nadmorskej výške od 900 m. Tu tvorili ostatné ihličnany zo zásoby biomasy viac ako štvrtinu. Smrekovec v budúcnosti zohrá významnú úlohu pri stabilite porastov, ako aj pri výškovej diferenciácii a vo všeobecnosti celkovej heterogenite lesných komplexov. Na mnohých miestach možno vidieť dobre sa vyvíjajúce spevňovacie pásy tvorené touto drevinou. Aj keď v roku 2014 víchrica (Žofia) vyvrátila hlavne mladé borovice a smrekovce, nepredpokladáme, že by v staršom veku tieto dreviny mohli tvoriť labilnú zložku lesných komplexov, ale práve naopak.

Zaujímavý bol vývoj počtu jedincov, a to najmä pri porovnaní horných a dolných MP. Kým pri MP vo vyšších polohách bol počet jedincov na ha 3 roky po kalamite relatívne nízky, na MP v nižších polohách sa už v roku 2007 zistili vysoké počty stromov. Následne počet jedincov na MP do 900 m n. m. klesal a po 9 rokoch od prvého zisťovania sa znížil na približne polovicu. Naopak, na MP od 900 m n. m. počet jedincov mierne narastal, konkrétne sa v období medzi 2007 a 2016 zvýšil o tretinu. Tieto rôzne počty a tendencie vývoja naznačujú, že v nižších polohách boli priaznivejšie podmienky na obnovu (či už prirodzenú alebo kombinovanú) lesa. Výrazný pokles počtu stromov sa zaznamenal na týchto MP medzi rokmi 2010 a 2016 (t. j. už po 6 – 12 rokoch od vzniku kalamity). Čiastočne to spôsobili konkurenčné tlaky medzi drevinami, a to najmä v prípade hustých skupín stromov. Ďalšou príčinou mohla byť intervencia hospodára, t. j. plecie ruby a prerezávky. A nakoniec aj vplyv jelenej zveri (ohryz), o čom by mohol svedčiť pokles podielu jarabiny vtáčej na počte stromov a na zásobe biomasy na týchto MP. Nárast počtu stromov na horných MP ešte aj v období medzi 2010 a 2016 s veľkou pravdepodobnosťou odzrkadľuje postupné obsadzovanie prázdnych priestorov. Pravdepodobne ide o časovo oneskorený vývoj obnovy na horných MP v porovnaní s dolnými MP.

Ako sme v úvode tohto príspevku uviedli, jedným z najzávažnejších negatívnych následkov veľkoplošných kalamít v lesoch je dramatický pokles zásob uhlíka v biomase drevín. Odhady ukázali, že priemerná zásoba uhlíka v biomase lesných drevín bola v roku 2016 na lokalitách v nadmorských výškach od 900 m 7,3 t na ha a v nadmorských výškach do 900 m až 16,8 t na ha. Naše predošlé analýzy z údajov LHP (rok 1997) naznačili, že priemerná hektárová zásoba uhlíka v lesných porastoch na území TANAP-u sedem rokov pred kalamitou Alžbeta bola okolo 98 t (pozri aj Konôpka et al. 2016). Teda súčasný stav je na úrovni 17 % (lokality do 900 m n. m.) eventuálne 7 % (od 900 m n. m). Aktuálny stav sa v porovnaní s predkalamitným obdobím zdá nepriaznivý. Na druhej strane treba zohľadniť fakt, že mladé lesné porasty sú veľmi dynamické (vysoký relatívny prírastok biomasy), takže v súčasnosti absorbujú veľké množstvo uhlíka z atmosféry. Zaujímavá by bola analýza využitia smrekového dreva z kalamitnej ťažby po roku 2004. Nevieme, aká časť dreva sa použila na energetické účely alebo papier, t. j. na výrobky s krátkym uhlíkovým cyklom a aký podiel dreva sa zhodnotil do produktov s dlhodobým viazaním uhlíka. Predpokladáme, že kalamitná hmota nebola z takéhoto hľadiska využitá celkom optimálne, a to hlavne z dôvodu jej zhoršených technických vlastností.

Na záver môžeme konštatovať relatívne dobrý vývoj komplexu mladých lesných porastov na pokalamitnom území TANAP-u. Nebudeme ďaleko od pravdy keď povieme, že krátko po vzniknutej kalamite boli naše očakávania a predstavy pesimistickejšie ako je dnešná realita. Veľkú zásluhu na tom má sama príroda (prirodzená obnova), ale aj lesníci (umelá či kombinovaná obnova). Práve umelá obnova napomohla zvýšiť druhovú diverzitu, čo sa odzrkadlilo najmä v nižších polohách. Intervenciou lesníkov sa podarilo zvýšiť podiel smrekovca a borovice, ktoré pravdepodobne zvýšia stabilitu lesných porastov v budúcnosti. Pozitívne výsledky výsadby spevňovacích pásov tvorených hlavne smrekovcom možno pozorovať prevažne nad Cestou Slobody najlepšie počas jesenného obdobia (farebná odlišnosť od okolitých porastov).

Relatívne vysoký podiel listnatých drevín (najmä jarabiny, rakyty a osiky) v mladých porastoch, a to hlavne v nižších polohách môže zmierniť poškodenie cieľových drevín jeleňou zverou. Na niektorých lokalitách sú už mladé les-

né porasty prehustené, preto v nich lesníci vykonávajú zásahy. Je prirodzené, že prípravné dreviny (hlavne breza, jarabina, rakyta a osika) kompetične zhoršujú rastové podmienky pre cieľové dreviny. Napriek tomu by bolo vhodné zasahovať radšej pomiestne a nie celoplošne. Na vybratých mikrostanovištiach ponechávať skupiny listnáčov. Tým sa môžu tlmiť škody spôsobené zverou na cieľových drevinách. Zároveň sa zvýši heterogenita vertikálnej štruktúry budúcich lesných porastov (dominujúce listnáče spomalia rast skupín smreka, ktoré sa neskôr výškovo odlíšia od susedných lesných komplexov).

Poďakovanie

Práca vznikla aj vďaka finančnej podpore z Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci plnenia cieľov projektu APVV-14-0086 „Produkčno-ekologické štúdie stromovej a prízemnej vegetácie po veľkoplošných disturbanciách“, resp. APVV-0584-12 „Matematické modely alokácie biomasy v mladých porastoch vybraných druhov listnatých drevín“. Ďalej vďaka projektu „Výskumu a vývoja pre inovácie a podporu konkurencieschopnosti sektora“ (VIPLES) financovaného Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR.

Literatúra

Fischer, A., Lindner, M., Abs, C., Lasch, P., 2002: Vegetation dynamics in central European forest ecosystems (near-nature as well as managed) after storm events. Folia Geobotanica, 37: 14–32.

Kaštier, P., Bučko, J., 2010: Analýza intenzity a dislokácie škôd spôsobených raticovou zverou na iniciálnych štádiách lesa po kalamite roku 2004 vo Vysokých Tatrách. In: Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi. Vedecký recenzovaný zborník. Zvolen, NLC, s. 198–205.

Konôpka, B., Pajtík, J., Šebeň, V., 2016: Zmena zásob uhlíka v biomase lesných porastov vo Vysokých Tatrách v dôsledku veľkoplošnej disturbancie. Zprávy lesnického výzkumu, 61: 239–246.

Lindroth, A., Lagergren, F., Grelle, A., Klemedtsson L., Langvall, O., Weslien, P., Tuulik, J., 2009: Storms can cause Europe-wide reduction of forest carbon sink. Global Change Biology, 15: 346–355.

Nikolov, Ch., Konôpka, B., Kajba, M., Galko, J., Kunca, A., Janský, L., 2014: Postdisaster forest management and bark beetle outbreak in Tatra National Park. Mountain Research and Development, 34: 326–335.

Pajtík, J., Konôpka, V. Šebeň, 2017: Matematické modely pre biomasu mladých jedincov lesných drevín na území Západných Karpát. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 89 s.

Šebeň, V., 2010: Prirodzená obnova po kalamite z novembra 2004 vo Vysokých Tatrách. In: Výskum smrečín destabilizovaných škodlivými činiteľmi. Zvolen, NLC, s. 297–308.

Šebeň, V., Bošeľa, M., Kulla, L., 2011: Terestrická sieť na sledovanie procesu revitalizácie tatranského kalamitiska a jeho okolia. In: Štúdie o Tatranskom národnom parku, 10 (43). Monografická štúdia o dôsledkoch veternej kalamity z roku 2004 na prírodné prostredie Vysokých Tatier. Tatranská Lomnica, s. 13–24.

Doc. Dr. Ing. Bohdan Konôpka, Ing. Vladimír Šebeň, PhD.
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 2175/22, 960 92 Zvolen
e-mail: bkonopka@nlcsk.org, seben@nlcsk.org