

ODVODENIE SUCHEJ OBJEMOVEJ HMOTNOSTI A ZÁSObY UHLÍKA V NADZEMNEJ DENDROMASE Z VÝBEROVEJ INVENTARIZÁCIE V LESNOM HORSKOM EKOSYSTÉME BIOSFÉRICKEJ REZERVÁCIE POĽANA

ŠTEFAN ŠMELKO, VLADIMÍR ŠEBEŇ, TIBOR PRIWITZER

Národné lesnícke centrum-Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, SK – 960 92 Zvolen,
e-mail: Priezvisko@nlcsk.org

ŠMELKO Š., ŠEBEŇ V., PRIWITZER T., 2011: Determination of dry wood density and carbon stock in aboveground dendromass from sampling forest inventory in mountain forest ecosystem of the Biosphere Reserve Poľana. Lesn. Čas. – Forestry Journal, 57(2): 87–95, 2 fig., tab. 3, ref. 14. ISSN 0323 – 1046. Original paper.

The paper presents the results and conclusions from several solutions to the problems of the issue. It is verified the newly designed survey method of the components of aboveground dendromass in the specific conditions of mountain forests. Expansion factors for the conversion of dry biomass (BEF) and carbon (CEF) from own samples of wood are evaluated. The total dry biomass and carbon stock biomass corresponding findings are derived in several ways known in the foreign and domestic literature. The results are together compared and it is derived the framework practically error range of the determination of dry biomass and carbon stocks in the experimental area represented the typical mountain forest ecosystem in the Poľana Biosphere Reserve.

Key words: *mountain forest ecosystem, BR Poľana (Slovakia), above-ground dendromass, dry biomass, carbon stock*

Príspevok prezentuje poznatky z riešenia viacerých problémov danej problematiky. Overuje sa novo navrhnutá metóda výberového zisťovania jednotlivých zložiek nadzemnej dendromasy v konkrétnych podmienkach horského lesa. Hodnotia sa expanzné faktory na prepočet suchej biomasy (BEF) a obsahu uhlíka (CEF) z vlastných odobratých vzoriek dreva. Celková suchá biomasa a zásoba uhlíka zodpovedajúca zistenej dendromase sa odvodzuje viacerými spôsobmi známymi zo zahraničnej a domácej literatúry. Výsledky sa navzájom porovnávajú a odvodzujú sa rámce prakticky dosiahnuteľnej presnosti určenia suchej biomasy a zásoby uhlíka v lesnom ekosystéme.

Kľúčové slová: *lesný ekosystém, nadzemná dendromasa, suchá biomasa, zásoba uhlíka, metodické problémy a konkrétne výsledky*

1. Problematika a cieľ práce

Problematika zameraná na suchú objemovú hmotnosť (biomasu) a množstvo akumulovaného uhlíka v lesných ekosystémoch sa stala veľmi aktuálnou v súvislosti s celosvetovým úsilím znižovať emisie skleníkových plynov. Podľa známeho Kjótskeho protokolu (1997) sa od krajín, ktoré k protokolu pristúpili (vrátane Slovenska) vyžaduje aj v sektore lesníctva bilancovať stav

a zmeny zásob uhlíka v piatich hlavných kategóriách – lesná biomasa nadzemná a podzemná, mŕtve drevo, opad a pôdny organický uhlík. Na podporu tohto úsilia a zjednocovanie metodických a technických postupov vznikol medzinárodný program IPCC (2003), ale aj samotné krajiny individuálne hľadajú optimálne riešenia. Čiastočne k nim prispeli aj slovenskí autori. Napriek tomu mnohé problémy zostávajú naďalej otvorené, vý-

sledky nie sú kompletne a značne kolíšu. Kardinálnymi otázkami, ktoré treba zodpovedať sú vhodné spôsoby pre získanie objektívnych údajov o jednotlivých zložkách dendromasy v lesných ekosystémoch, pre prevod dendromasy na suchú biomasu a zásobu uhlíka a pre stanovenie zodpovedajúcich rámov presnosti získaných výsledkov.

Cieľom predkladaného príspevku je prakticky overiť vlastný novovytvorený výberový systém pre zisťovanie všetkých zložiek nadzemnej dendromasy v konkrétnom pokusnom lesnom objekte, posúdiť a vzájomne porovnať viaceré zahraničné i domáce postupy odvodenia suchej biomasy a obsahu uhlíka v zložkách dendromasy vrátane využitia údajov z vlastných vzoriek dreva zo skúmaného objektu a sformulovať odporúčania pre ďalší postup pri riešení tejto zložitej problematiky.

2. Podkladový materiál a metodické postupy

2.1. Charakteristika pokusného objektu

Ako pokusný objekt sa vybralo územie, reprezentujúce ekosystém horských lesov s dominantným zastúpením karpatskej zmesi (smrek-jedľa-buk) a bohatým výskytom ďalších cenných listnáčov (javor horský, jaseň, brest), ale aj ostatných drevín (smrekovec, čerešňa, jarabina, vrbá). Sledované územie má výmeru asi 330 ha a zaberá polohy od 800 po 1 100 m n. m. Nachádza sa v centrálnej časti Chránenej krajinskej oblasti (CHKO) a zároveň Biosférickej rezervácie (BR) Poľana. Podložie je tvorené andezitmi a andezitovými tufmi, v okrajovej spodnej časti granodioritmi. Najzastúpenejšie pôdy sú andozemné kambizeme a andozeme. Stanovištia zastupujú živné spoločenstvá jedľových bučín (*Abieto-Fagetum*).

Porasty sa vyznačujú veľkou drevinovou, vekovou a štruktúrnou rozrôznenosťou. Vo veku nad 80 rokov sú väčšinou už v štádiu obnovy, výrazný podiel z výmery dosahujú aj porasty staršie ako 120 rokov. Porasty mladšie ako 20 rokov zaberajú asi 1/10 výmery. Viac ako polovica porastov je tvorená viacerými etážami.

Predmetom zisťovania bola kvôli limitovaným finančným prostriedkom len časť tohto pôvodne vybratého objektu o výmere približne 160 ha, na ktorej sa uplatnil optimálny výberový dizajn opísaný v štádiu 2.2. Charakteristika dotknutých porastov korešponduje s rôznorodým vekom a drevinovým zložením v celom pokusnom objekte.

2.2. Koncept výberovej inventarizácie dendromasy a jej realizácia

V pokusnom objekte sa aplikoval nový variant výberovej inventarizácie vyvinutý špeciálne pre objektívne a hospodárne určenie všetkých zložiek nadzemnej dendromasy, ktoré sú potrebné pre stanovenie suchej biomasy a zásoby uhlíka v konkrétnom lesnom ekosystéme. Obsahuje viaceré netradičné metodické postupy. Vstupné veličiny sa zisťovali na štyroch typoch výberových jednotiek, ktorými boli:

- A – Relaskopický kruh pre zisťovanie veličín na stromoch s hrúbkou $d_{1,3} > 7$ cm
- B – Relaskopický kruh pre inventarizáciu pňov
- C – Veľký konštantný kruh o polomere $r = 10$ m na inventarizáciu hrubej ležaniny a tenčiny
- D – Malý variabilný kruh pre inventarizáciu náletu, nárastov, kultúr a mladín s výškou od 0,1 m a hrúbkou $d_{1,3} < 7,0$ cm

Veľkosť výberových jednotiek (zámerná úsečka relaskopu a výmera kruhu D) sa stanovila na každom stanovisku osobitne tak, aby optimálne podchytila konkrétny stav porastu v jeho najbližšom okolí. Hustota výberových jednotiek bola 150×150 m, na zvolenom inventarizovanom území sa ich založilo spolu $n = 64$, každá z nich reprezentovala výmeru 2,25 ha lesa. Samotné zisťovanie veličín bolo tiež netradičné. Na všetkých relaskopicky zaujatých stromoch sa odmerala ich hrúbka $d_{1,3}$ a výška h sa zisťovali kombinovaným dvojfázovým postupom (všetky odhadom a 1/3 aj meraním). Na relaskopicky zaujatých pňoch sa odmerala výška h_p a hrúbka d_p na hornej reznej ploche pňa. Na kusoch ležiacej hrubiny vyskytujúcich sa vnútri kruhu C sa zistili ich rozmery (stredová hrúbka $d_{1/2}$ a dĺžka l). Pre ležiacu tenčinu s hrúbkou 1 až 7 cm na hrubšom konci sa odhadli vstupné veličiny pre určenie jej objemu (v m³) podľa špeciálneho dendrometrického modelu, a to jej pokryvnosť v percentách a v m², prevažujúci podiel druhu dreva (ihličnaté, listnaté) a priemerná hrúbka v polovici dĺžky (s presnosťou na 1 cm). Pri všetkom mŕtvom dreve (suchároch, pňoch, hrubej a tenkej ležanine) sa posúdil a zaznamenal aj stupeň rozkladu (0, 1, 2, 3 = drevo čerstvé, tvrdé, mäkké, rozpadavé). Pre následné laboratórne stanovenie suchej biomasy a obsahu uhlíka sa zo stromov, pňov a ležaniny odobrali aj vzorky dreva a kôry v celkovom počte 214. Na malom obnovnom kruhu D (s polomerom 1,0 – 1,41 – 2,0 m) sa jedince roztriedili podľa výšky do troch kategórií (od 0,1 do 0,5 m, od 0,5 do 1,3 m, nad 1,3 m) a spočítal sa ich počet. Hrúbka a výška jedincov vyšších ako 1,3 m sa odhadla ako priemerná hodnota (d_s na 1 cm, h_s na 0,1 m). Spracovanie získaných údajov sa vykonalo podľa osobitných algoritmov pre každú výberovú jednotku zvlášť. Keďže relaskopovaním sa robil vlastne „jednostromový výber“, pri ktorom každý strom, resp. peň s hrúbkou $d_{1,3}$, resp. d_p väčšou ako použitá zámerná úsečka ZU (1, 2, 4) reprezentuje priamo kruhovú základňu $G \cdot ha^{-1} = 1, 2$ alebo 4 m², ďalšie dôležité dendrometrické veličiny $Y \cdot ha^{-1}$ sa získali podľa vzťahu

$$Y \cdot ha^{-1} = ZU \frac{y_i}{g_i} \quad [1]$$

pričom pre počet stromov $N \cdot ha^{-1}$ sa za y_i dosadila 1, pre objem dendromasy $V \cdot ha^{-1}$ objem stromu v_i , g_i – kruhová základňa dotyčného stromu ($= 0,785 d_i^2$). Objemy stojacich stromov sa vyjadrili v štyroch objemových jednotkách (HBK – hrubina bez kôry, KBK – kmeň bez

kôry, KSK – kmeň s kôrou, SSK – strom s kôrou) použitím objemových rovníc publikovaných v práci (PETRÁŠ, PAJTIK 1991), čo umožnilo odvodiť aj objemy jednotlivých častí nadzemnej dendromasy – kmeňa, hrubých a tenkých konárov, kôry a celého stromu. Objem pňov sa stanovil ako funkcia odmeranej výšky l a hrúbky d_p na hornej reznej ploche pňa podľa nového denrometrického modelu (ŠMELKO 2009)

$$v_p = 0,580569 \cdot d_p^{2,054338} \cdot h_p^{1,043639} \quad [2]$$

Objem hrubej ležaniny sa vypočítal z jej dĺžky l a stredovej hrúbky $d_{1/2}$ podľa známeho Huberovho vzorca. Objem tenkej ležaniny sa odhadol podľa nového biometrického modelu (ŠMELKO 2009)

$$v_{TL}(m^3/m^2) = 0,0033 \cdot d_{sTL}^{1,5151} \quad R^2 = 0,772 \quad [3]$$

ktorý udáva objem husto vedľa seba poukladanej tenčiny pripadajúci na plochu 1 m² pri priemernej hrúbke jednotlivých kusov tenčiny $d_{sTL}(cm)$ a pre konkrétnu výberovú jednotku ho treba prenásobiť jej výmerou a odhadnutou relatívnou pokryvnosťou tenčiny a zastúpením príslušnej dreveny. Z hektárových údajov na výberových jednotkách sa stanovila ich variabilita po celom inventarizovanom území a určili sa biometrické parametre celého výberu – priemerné hodnoty \bar{Y} a ich výberové chyby $S_{\bar{v}}$. K všetkým výsledkom sa pripojil rámec dosiahnutej presnosti, ktorý je v tabuľkách udaný vo forme 68 % intervalu spoľahlivosti a v stĺpcových grafoch chybovými úsečkami (pre 95 % spoľahlivosť je interval približne dvakrát väčší). Nová metóda sa osvedčila, terénne merania zvládli bez problémov dvojčlenné pracovné skupiny, výpočty sa realizovali na počítači automatizovane. Celá metodológia je teoreticky zdôvodnená a podrobne opísaná v príspevku ŠMELKO (2011).

2.3. Varianty stanovenia suchej objemovej hmotnosti a zásoby uhlíka v zložkách dendromasy

Na stanovenie suchej objemovej hmotnosti (biomasy) B a obsahu uhlíka C v zistenom objeme nadzemnej dendromasy V existujú viaceré metodické postupy. Biomasa $B(kg)$ sa v princípe určuje dvojako – buď priamo pre každého jedinca z tzv. „biomasovej“ regresnej rovnice ako funkcia odmeranej rozmerovej veličiny stromu X (hrúbky, výšky, objemu), čiže podľa vzťahu

$$B(kg) = f(X) \quad [4]$$

alebo pomocou expanzného faktora $BEF(kg \cdot m^{-3})$ vyjadrujúceho suchú objemovú hmotnosť (sušinu) pripadajúcu na 1 m³ dendromasy $V(m^3)$, čiže podľa vzťahu

$$B(kg) = V(m^3) \cdot BEF(kg \cdot m^{-3}) \quad [5]$$

Pritom BEF je obyčajne priemerná hodnota odvodená pre jednotlivé druhy drevín bez ohľadu na rozmery

dendromasy. Model [4] sa dá aplikovať iba na stojace stromy, model [5] je použiteľný pre všetky zložky dendromasy – pre stromy, pne i pre hrubú a tenkú ležaninu. Zohľadňuje sa aj stupeň rozkladu dendromasy a to tak, že stanovená biomasa sa redukuje koeficientom, ktorý sa pre čerstvé až úplne rozložené drevo pohybuje v rozpätí 1,0 až 0,5.

Zásoba uhlíka $C(kg)$ akumulovaná v zistenej biomase sa odvodzuje v podstate jednoduchšie pomocou priemerneho expanzného faktora CEF vyjadrujúceho relatívny obsah uhlíka v biomase (obyčajne pre jednotlivé dreveny alebo ich skupiny), čiže podľa vzťahu

$$C(kg) = B(kg) \cdot CEF \quad [6]$$

Podľa toho, pre ktoré kategórie dendromasy sa B a C odvodzuje, prevod sa urobí buď po jednotlivých častiach, alebo globálne. Ak by bola známa variabilita a presnosť určenia jednotlivých vstupných veličín, bolo by možné pre celkový výsledok určenia suchej biomasy (B) a zásoby uhlíka (C) odvodiť aj príslušný rámec relatívnej chyby (presnosti pri 68 % spoľahlivosti) podľa týchto vzťahov

$$s_B \% = \sqrt{s_V \%^2 + s_{BEF} \%^2} \quad [7]$$

$$s_C \% = \sqrt{s_V \%^2 + s_{BEF} \%^2 + s_{CEF} \%^2} \quad [8]$$

Problémom je, že „biomasové“ regresné funkcie ani hodnoty expanzných faktorov BEF a CEF nie sú zatiaľ ani na medzinárodnej, ani na národnej úrovni dostatočne vyriešené a je všeobecne známe, že musia zákonite závisieť od veľkého množstva činiteľov (druh dreveny, kategória dreva – kmeň, kôra, peň, ležanina, jeho stupeň rozkladu, rastové podmienky a i.). Existuje síce už veľké množstvo výskumov a publikácií, ale chýba komplexnejšie biometrické zhodnotenie údajov a veľkým nedostatkom je, že k odporúčaným rovniciam alebo hodnotám BEF a CEF nie sú – až na malé výnimky – pripojené informácie o ich variabilite a presnosti. Pozitívnymi príkladmi v tomto smere sú napr. publikácie ZIANIS *et al.* (2005) a KONŇPKA *et al.* (2010). Rozhodli sme sa preto z existujúcej ponuky pre náš pokusný objekt použiť viaceré varianty:

1) BEF a CEF sa odvodila z vlastných odobratých vzoriek dendromasy.

2) Suchá biomasa B stojacich stromov sa stanovila trojako:

2a) B určená pomocou vybraných „biomasových“ regresných rovníc na základe odmeraných rozmerov stromov. Pre stromy s hrúbkou $d_{1,3} 7$ a viac cm vstupnou veličinou bola hrúbka $d_{1,3}$ a výška h a použili sa tieto rovnice (ex GARCIA *et al.* 2004): SM, JD, SC $B(kg) = 0,0533 \cdot (d_{1,3}^2 \cdot h)^{0,8955}$ (HAMBURG *et al.* 1997)

$$\text{BK} \quad B(\text{kg}) = 0,0798 \cdot d_{1,3}^{2,601}$$

(BARTELINK 1997)

$$\text{Ost. list} \quad B(\text{kg}) = 0,4135 \cdot d_{1,3}^{2,14}$$

(HOCHBICHLER 2002)

[10]

Pre tenšie stromy (nárasty, kultúry) sa použili rovnice (KONÔPKU, PAJTÍKA, MORAVČÍKA, LUKACA 2010) a vstupnou veličinou bola iba výška h SM, JD, SC

$$B(\text{kg}) = e^{(5,072+2,307 \ln h)} \cdot 1,160 / 1\ 000$$

BK, OL

$$B(\text{kg}) = e^{(3,669+2,161 \ln h)} \cdot 1,216 / 1\ 000 \quad [11]$$

Výpočet sa urobil pre odhadnutú výšku stredného kmeňa a prenášobil sa počtom jedincov danej kategórie (dreviny, skupiny drevín), $e = 2,71828$. Určená $B(\text{kg})$ platí pre celú nadzemnú biomasu stromu a pre čerstvé drevo (nultý stupeň rozkladu). Pri stupni rozkladu 1, 2, 3 sa zredukovala koeficientom 0,84, 0,67, 0,50. Koeficienty sme odvodili z poznatku (HESS-CLERKX 1999), na ktorý sa odvoláva IPCC, že B dreva počas úplného rozkladu klesne na 50 %. $B(\text{kg})$ pre jednotlivé dreviny a pre celý súbor sa získal postupným súčítaním hodnôt B jednotlivých stromov.

2b) B určená pomocou „biomasových“ regresných rovníc na základe zisteného objemu stromov. Využili sa rovnice, ktoré v počte 15 osobitne pre 5 hlavných drevín odvodil z celosvetových podkladov FABRIKA (2008) a vstupnou veličinou pre $B(\text{kg})$ všetkých stromových častí je hrubina stromu s kôrou $V_{\text{HSK}}(\text{m}^3)$. Výpočet sa urobil osobitne pre štyri časti stromu (a – drevo celého kmeňa, b – kôra celého kmeňa, c – drevo a kôra všetkých vetiev, d – ihličie a lístie) a z nich sa odvodila biomasa dreva celého stromu s kôrou ($a+b+c = e$) i celá nadzemná biomasa ($d+e$), a to podľa týchto rovníc

BK, ost. list:

$$B(a) = 210,6876 \cdot V^{0,77224} + 230,24005 \cdot V^{1,11706}$$

$$B(b) = 10,37506 \cdot V^{0,64022} + 13,37889 \cdot V^{0,94875}$$

[12]

$$B(c) = 141,47996 \cdot V^{0,98063} + 21,0959 \cdot V^{1,00518}$$

$$B(d) = 7,54715 \cdot V^{0,91214}$$

SM, JD, SC:

$$B(a) = 359,9829 \cdot V^{1,0109}$$

$$B(b) = 23,42283 \cdot V^{0,83914}$$

[13]

$$B(c) = 70,50953 \cdot V^{0,59141}$$

$$B(d) = 29,09803 \cdot V^{0,82284}$$

Objem hrubiny stromov s kôrou (V) sa prevzal z vypočítaných údajov na relaskopických plochách. Biomasa dreva a kôry sa zredukovala pre suchár jednoročný indexom 0,8, pre dvoj a trojročný 0,6 a pre štvor a viacročný 0,4 a biomasa asimilačných orgánov indexom 0,4–0,0–0,0. Výpočet sa urobil podľa drevín a pre celý súbor stromov postupným zosúčítaním čiastkových údajov.

2c) B určená globálne pomocou priemerných BEF zo sumárnej dendromasy všetkých stromov. Použil sa jednoduchý postup odporúčaný v IPCC pre prípad, keď krajiny nemajú vlastné hodnoty BEF. Vstupnými veličinami boli sumárne hodnoty dendromasy ($V \text{ m}^3$) získané na výberových jednotkách A a D pre zdravé stromy, sucháre, jedince obnovy, rozčlenené podľa drevín a vcelku. Na biomasu sa prepočítali podľa vzťahu [3], pričom BEF bol pre SM 440, JD a ost. ihl. 450, SC 500, BK 700, JS 680, VR a ost. list. 600 kg/m³. Pri stupňoch rozkladu dreva 0–1–2–3 sa redukovali indexom 1,00–0,84–0,67–0,50.

3c) Suchá biomasa pňov a hrubej i tenkej ležaniny sa určila iba podľa modelu [5]. Postup bol rovnaký ako v bode 2c), vstupné údaje pre tieto zložky dendromasy sa prevzali zo zisťovania na výberových jednotkách B a C.

4c) Zásoba uhlíka C sa odvodila podľa priemerných hodnôt CEF odporúčaných medzinárodným programom IPCC. Vychádzalo sa z modelu [4], ale pre CEF sa použil všeobecný priemer CEF = 0,496, ktorý sme odvodili z existujúcich údajov (MATTHEWS 1993) pre 13 drevín. Keďže priemerná diferenciacia medzi ihličianmi a listnácami bola $(0,499 - 0,494) = 0,005$, smerodajná odchýlka rozpätia medzi údajmi rôznych autorov dosahovala až $\pm 0,019$ a Studentov test diferencie bol iba $t = 0,81$, nepovažovali sme rozdiely medzi CEF jednotlivých drevín za štatisticky významné.

Uplatnenie viacerých variantov určenia biomasy a zásoby uhlíka umožnilo posúdiť aké diferencie vo výsledkoch spôsobujú rôzne metodické postupy a urobiť si predstavu o reálnej vypovedacej hodnote informácií publikovaných doteraz v domácej i zahraničnej literatúre.

3. Výsledky a ich rozbor

3.1. Nadzemná dendromasa a jej zložky

Stanovila sa zisťovaním na 64 výberových jednotkách postupmi opísanými v štáti 2.2. Výsledné hodnoty pre objem V jednotlivých zložiek nadzemnej dendromasy – stojace stromy, pne a ležaninu prepočítané na 1 ha sú v tabuľke 1. Pri všetkých týchto veličinách sú okrem 68 % intervalu spoľahlivosti $V \pm S_V$ pripojené aj údaje o relatívnej variabilite (variačnom koeficiente $s_V\%$) hektárových hodnôt V_i medzi výberovými jednotkami po monitorovanom území a tiež relatívne stredné chyby výberových priemerov $S_V\%$. O podiele jednotlivých zložiek dreva na celkovej nadzemnej dendromase (ktorej súčet je okolo 615 m³.ha⁻¹) informuje index $V\%$ v poslednom stĺpci tabuľky 1.

Zistené priemerné hektárové hodnoty svedčia o nadmerne vysokej zásobe celkovej nadzemnej dendromasy v horských porastoch CHKO Poľana. Najväčší podiel z nej pripadá na stojace živé stromy (88 %), z čoho zaberajú stromy s hrúbkou nad 7 cm 85 %. Prekvapu-

Tabuľka 1. Charakteristiky priemerných hektárových hodnôt objemu nadzemnej dendromasy ($V m^3$) a jej zložiek v pokusnom objekte (zistené na $n = 64$ výberových jednotkách)

Table 1. Characteristics of the average per hectare values of aboveground dendromass volume ($V m^3$) and its components in the experimental area ($n = 64$ sample units)

Zložky dendromasy ¹⁾	$V \pm S_{\bar{v}}$ ²⁾	$s_v\%$ ³⁾	$S_{\bar{v}}\%$ ⁴⁾	Index ($V\%$) ⁵⁾
Stromy ($d_{1,3} \geq 7$ cm) s kôrou ⁶⁾	522,3 ± 41,0	63,0	± 7,8	85,2
– kmeň bez kôry ⁷⁾	425,8 ± 34,6	64,8	± 8,1	69,4
– kôra kmeňa ⁸⁾	42,2 ± 4,0	72,5	± 9,5	6,8
– hrubé konáre s kôrou ⁹⁾	54,4 ± 5,0	73,3	± 11,2	8,8
– tenké konáre s kôrou ¹⁰⁾	42,6 ± 3,0	55,3	± 9,2	6,9
Stromy ($d_{1,3} < 7$ cm) s kôrou ¹¹⁾	17,8 ± 8,4	452,9	± 53,6	2,4
Stojace stromy spolu ¹²⁾	540,1 ± 4,0			87,6
Stojace sucháre ($d_{1,3} \geq 7$ cm) s kôrou ¹³⁾	9,7 ± 5,0	389 %	± 48,5	1,6
Pne ¹⁴⁾	13,6 ± 2,0	91,0	± 11,4	2,2
Hrubá ležanina ¹⁵⁾	39,6 ± 6,0	128,5	± 47,3	6,5
Tenká ležanina ¹⁶⁾	12,6 ± 2,3	42,0	± 19,8	2,0
Mŕtve drevo spolu ¹⁷⁾	75,5 ± 4,4			12,4
Nadzemná dendromasa spolu ¹⁸⁾	615,6 ± 42,0			100,0

¹⁾Components of dendromass, ²⁾Volume and standard error, ³⁾Variation coefficient, ⁴⁾Relative standard error, ⁵⁾Ratio to total aboveground dendromass, ⁶⁾Trees outside bark ($d_{1,3} \geq 7$ cm), ⁷⁾Stem inside bark, ⁸⁾Stem bark, ⁹⁾Thick branches outside bark, ¹⁰⁾Thin branches outside bark, ¹¹⁾Trees outside bark ($d_{1,3} < 7$ cm), ¹²⁾Standing trees total, ¹³⁾Standing dead trees outside bark ($d_{1,3} \geq 7$ cm), ¹⁴⁾Stumps, ¹⁵⁾Lying coarse deadwood, ¹⁶⁾Lying small deadwood, ¹⁷⁾Total deadwood, ¹⁸⁾Total aboveground dendromass

júco nízky (iba 2 %) je podiel objemu tenkých stromov s hrúbkou pod 7 cm a to aj napriek tomu, že hektárový počet jedincov v kategórii nálet, nárast a mladina je pomerne vysoký (13,6 – 3,7 – 2,4 tisíc ks.ha⁻¹). Neživá dendromasa tvorí 12 % a dominuje v nej hrubá ležanina (6,5 %). Variabilita hektárového objemu je pomerne vysoká (nad 60 %) s výrazne vyššími hodnotami v prípade odumretého dreva (až okolo 100 %). Extrémne hodnoty variability sa zistili pri objeme tenkých stromov a suchárov, čo znamená že sa v danom území vyskytujú veľmi nerovnomerne a zriedkavo. Naopak, z odumretého dreva dosahuje nižšiu variabilitu ležiaca tenčina, ktorá sa vyskytuje často a medzi výberovými plochami jej množstvo kolíše menej. Tomu celkom logicky zodpovedá aj dosiahnutá relatívna presnosť získaných výsledkov. Pokiaľ ide o podiely drevín na nadzemnej dendromase, situácia je nasledovná: asi polovicu tvoril buk, štvrtinu smrek, viac zastúpené boli ešte smrekovec, javor, jaseň a jedľa. Celkovo sa na pokusnom objekte zistilo 13 druhov drevín.

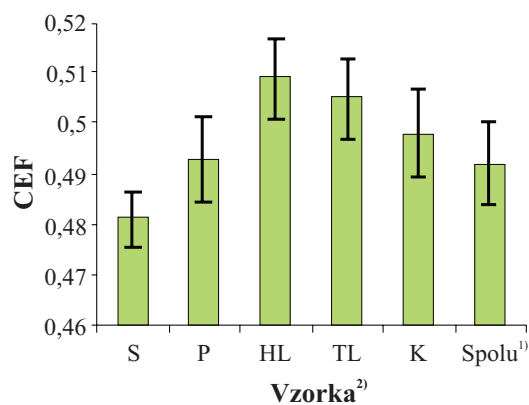
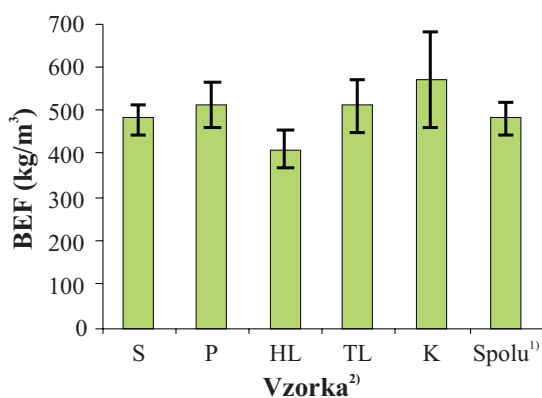
Zaujímavé je porovnanie uvedených množstiev nadzemnej dendromasy na Poľane s inými údajmi na Slovensku zistenými podobnou metodikou. Celoslovenské priemerné hodnoty z Národnej inventarizácie a monitoringu lesov (NIML SR 2005–2006, ŠMELKO *et al.* 2008) sú všeobecne 1,5- až 3-krát nižšie, hoci štruktúra jednotlivých zložiek dendromasy je v podstate podobná. Celkový objem nadzemnej dendromasy bol 369 m³.ha⁻¹, z čoho pripadlo na živú dendromasu (strom s kôrou) 331 ± 6 m³.ha⁻¹ (89 %), na dendromasu živých kmeňov 253 ± 5 m³.ha⁻¹ (68 %), na odumretú dendromasu 37,7

± 2 m³.ha⁻¹ (10 %) a z nej tvorila najväčší podiel ležiaca hrubina (4,8 %). Odlišné výsledky boli zistené pri monitoringu procesu revitalizácie tatranského kalamitiska (ŠEBEŇ *et al.* 2009). V časti poškodenej kalamitou bol celkový objem dendromasy 137 ± 4 m³ na ha, na ktorom výrazne väčší podiel (až 81 %) tvorilo odumreté drevo, a to v poradí ležiaca hrubina (37 %), ležiaca tenčina (24 %), pne (17 %) a sucháre (3 %). Naopak, na nepoškodenej časti sa pri tom istom monitoringu zistila celková dendromasa 348 ± 10 m³ na ha, podiel jej živej zložky bol až 77 % a podiel ležiacej hrubiny 11 %.

3.2. Suchá objemová hmotnosť a obsah uhlíka v odobratých vzorkách dendromasy

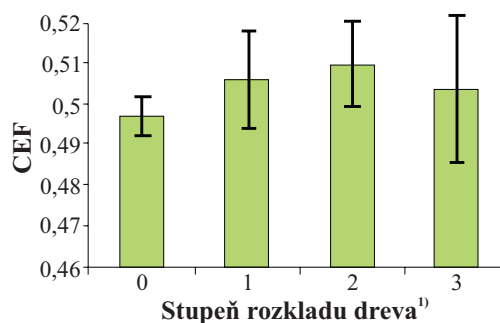
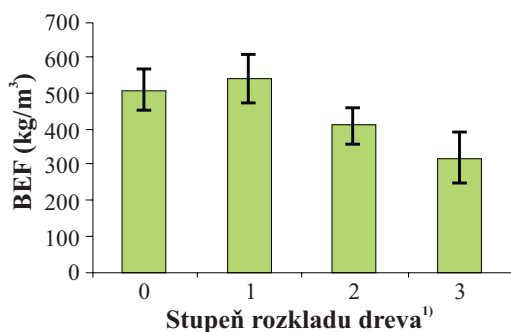
Rozbor vzoriek dreva a kôry odobraté v pokusnom objekte z jednotlivých zložiek dendromasy vykonalo laboratórium NLC štandardnými postupmi. Získalo sa celkovo 270 údajov o suchej objemovej hmotnosti (*BEF kg.m³*) a o obsahu uhlíka (*CEF*), osobitne 131 pre stromy (S), 66 pre pne (P), 39 pre hrubú ležaninu (HL), 34 pre tenkú ležaninu (TL) a 80 pre kôru (K). Ich matematicko-štatistické zhodnotenie poskytlo výsledky, ktoré sú kvôli prehľadnosti prezentované graficky vo forme stĺpcových diagramov v obrázkoch 1 a 2. K priemerným hodnotám sú pripojené chybové úsečky pre 95 % spoľahlivosť, čo umožňuje ich jednoduché porovnávanie na princípe štatistického testu tak, že za signifikantne odlišné sa považujú iba tie priemery, ktoré vybočujú z chybovej úsečky porovnávaného variantu.

Z podkladov získaných v pokusnom objekte vyplývajú nasledovné poznatky:



Obr. 1. Priemerné hodnoty BEF a CEF a ich 95 % intervaly spoľahlivosti pre vzorky dreva stromov (S), pňov (P), hrubej ležaniny (HL), tenkej ležaniny (TL), kôry (K) a spolu

Fig. 1. Average value of BEF and CEF and their 95% confidence intervals for the sample of wood (S), stumps (P), lying coarse deadwood (HL), lying small deadwood (TL), bark (K) and total



Obr. 2. Priemerné hodnoty BEF a CEF a ich 95 % intervaly spoľahlivosti vzoriek dreva a kôry pri rôznych stupňoch rozkladu (0, 1, 2, 3)

Fig. 2. Average value of BEF and CEF and their 95% confidence intervals for the sample of wood and bark in various degree of decomposition (0, 1, 2, 3)

- Priemerné hodnoty BEF pre jednotlivé zložky dendromasy kolíšu v dosť širokom rozpätí od 470 do 570 kg.m⁻³, priemer je 484 kg.m⁻³, ale rozdiely medzi nimi – s výnimkou hrubej ležaniny – majú iba náhodný charakter. Spôsobené je to pomerne veľkou variabilitou BEF v odobratých vzorkách, keď variačný koeficient v rámci tej istej kategórie dendromasy dosahuje okolo 33 %, najväčší je pri kôre – až 47 %. V závislosti od stupňa rozkladu dreva (SRD) sa vytvárajú dve homogénne skupiny, vyššie hodnoty sú pri stupni 0 a 1, nižšie pri stupni 2 a 3, pričom celková tendencia sa dá vyjadriť touto regresnou rovnicou

$$BEF = 0,550 - 0,07 \cdot SRD \quad R^2 = 0,804 \quad [14]$$

- Priemerné hodnoty CEF vykazujú zdanlivo ešte väčšie rozdiely, ale v skutočnosti kolíšu iba v rozpätí 0,481 až 0,509 a od celkového priemeru 0,492 sa líšia všetky štatisticky nevýznamné. Rovnako štatisticky nevýznamné sú aj diferencie CEF medzi rôznymi stupňami rozkladu dreva. Prekvapujúca je nízka variabilita jednotlivých hodnôt CEF, keď v rámci

rovnakej kategórie vzoriek je variačný koeficient iba 4,5 až 8,0 %, v priemere 6,6 %.

- Keď tieto naše údaje porovnáme s expanznými faktormi odporúčanými IPCC, ktoré sme uviedli v stati 2.2. v bode 2c) a 4), môžeme konštatovať pomerne dobrú zhodu. Priemerná medzinárodne odporúčaná hodnota BEF, ktorá by zodpovedala konkrétnemu zastúpeniu drevín v pokusnom objekte Poľana by bola 543 kg.m⁻³ a odporúčaná hodnota CEF bez ohľadu na dreviny je 0,496. Rozdiel je skutočne malý: pri BEF 484 – 543 = -59 (t. j. 10 %) a pri CEF 0,492 – 0,496 = -0,04 (t. j. 8 %).

3.3. Suchá objemová hmotnosť a zásoba uhlíka v dendromase určená rôznymi spôsobmi

Obidve veličiny boli odvodené podľa metodických postupov opísaných v stati 2, v bodoch 2) až 4). Suchá objemová hmotnosť – biomasa $B(kg)$ sa stanovila kvôli porovnaniu tromi nezávislými spôsobmi, ktoré označíme symbolmi 2a, 2b a 3. Zásoba uhlíka $C(kg)$ sa určila iba jedným spôsobom [4]. Výsledky uvádzame v prepočte

Tabuľka 2. Porovnanie priemerných hektárových hodnôt biomasy (*B*), expanzných faktorov *BEF* a zásoby uhlíka (*C*) v nadzemnej dendromase živých hrubých stromov podľa rôznych spôsobov

Table 2. Comparison of average values of biomass per hectare (*B*), expansion factors *BEF* and carbon stock (*C*) in above-ground dendromass of living thick trees by different approaches

Dreviny ¹⁾	Počet ²⁾	B (2a)	BEF (2a)	B (2b)	BEF (2b)	B (3)	BEF (3)	C		
								(2a)	(2b)	(3)
	n	t.ha ⁻¹	kg.m ⁻³	t.ha ⁻¹	kg.m ⁻³	t.ha ⁻¹	kg.m ⁻³	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹
SM	57	132,70	481	121,37	440	121,16	440	65,82	60,20	60,10
BK	52	87,56	590	83,45	562	103,71	700	43,43	41,39	51,44
SC	23	19,08	543	20,53	585	17,43	600	9,29	8,41	8,98
JH	16	18,73	620	16,96	562	18,11	680	6,29	5,57	6,42
JS	10	12,69	666	11,24	590	12,95	450	2,37	2,16	1,63
JD	9	4,78	412	4,36	376	5,02	600	2,81	1,19	2,49
VR	9	5,66	1028	2,39	434	3,29	500	9,46	10,18	8,65
BH	2	1,99	427	2,71	583	1,87	600	0,30	0,26	0,27
JM	2	0,61	659	0,51	561	0,55	600	0,99	1,34	0,93
BR	1	0,12	631	0,12	596	0,12	600	0,07	0,03	0,03
CS	1	0,13	909	0,08	531	0,09	600	0,07	0,02	0,03
JB	1	0,14	1188	0,06	500	0,07	600	0,07	0,04	0,04
HB	1	0,13	1420	0,04	462	0,06	600	0,06	0,06	0,06
Spolu³⁾		284,3	534	263,8	496	284,4	537	141,0	130,8	141,1
Index k IPCC		99,96 %		92,75 %		100 %		99,96 %	92,75 %	100 %

¹⁾Tree species, ²⁾Number of inventory plots, ³⁾Species together

Tabuľka 3. Priemerné hektárové hodnoty biomasy (*B*) a zásoby uhlíka (*C*) v nadzemnej dendromase živých tenkých stromov a v mŕtvom dreve

Table 3. Average values of biomass per hectare (*B*) and carbon stock (*C*) in aboveground dendromass of living thin trees and deadwood

Zložky dendromasy ¹⁾	B(t).ha ⁻¹	B%	C(t).ha ⁻¹	C%
Živé tenké stromy ²⁾	8,4	100,0	4,2	100,0
– Nálet ³⁾	0,1	1,1	0,5	1,5
– Nárast ⁴⁾	0,2	2,4	0,1	2,5
– Mladina ⁵⁾	8,1	96,5	4,0	95,3
Mŕtve drevo ⁶⁾	25,2	100,0	12,5	100,0
– Sucháre ⁷⁾	3,5	13,9	1,7	13,6
– Pne ⁸⁾	4,2	16,7	2,1	16,8
– Hrubá ležanina ⁹⁾	12,3	48,8	6,1	48,8
– Tenká ležanina ¹⁰⁾	5,2	20,6	2,6	20,8

¹⁾Components of dendromass, ²⁾Living thin trees, ³⁾Seeding, ⁴⁾Advance regeneration, ⁵⁾Young stand, ⁶⁾Deadwood, ⁷⁾Standing dead trees ($d_{1,3} > 7$ cm), ⁸⁾Stumps, ⁹⁾Lying coarse deadwood, ¹⁰⁾Lying small deadwood

na 1 ha, čo uľahčí ich vzájomnú konfrontáciu medzi skúšanými alternatívami i údajmi iných autorov. Zhrnuté sú v spoločnej tabuľke 2, ktorá prezentuje priemerné hektárové hodnoty *B(kg)* určené tromi rôznymi variantmi aj *C(kg)*, osobitne podľa drevín aj vcelku. K všetkým údajom o *B(kg)* sú pripojené aj im zodpovedajúce odvodené resp. použité hodnoty *BEF*. Pri drevinách je dôležitá aj informácia o počte výberových jednotiek (*n*), na ktorých sa daná drevina v pokusnom objekte vyskytla (z celkového počtu $n = 64$). V poslednom riadku sú celkové hodnoty biomasy *B(t)* vyjadrené aj relatívnym indexom v % z hodnoty medzinárodne odporúčaného variantu 3

i jeho ekvivalenty zásoby uhlíka *C(t)*. V ďalšej tabuľke 3 sú výsledné údaje o biomase, *BEF* a zásobe uhlíka aj pre živé tenké stromy a pre neživé zložky nadzemnej dendromasy (mŕtve drevo). Nadväzujú na zistené objemy $V(m^3.ha^{-1})$ týchto zložiek, pričom biomasa *B* je odvodená pri tenkých stromoch spôsobom 2a) pomocou regresných biomasových rovníc a zásoba uhlíka *C* pomocou priemerného *CEF*.

Z údajov tabuliek 2 a 3 vyplývajú viaceré zaujímavé skutočnosti:

- V pokusnom objekte sa zistila priemerná živá biomasa pri hrubých stromoch 284 a pri tenkých stromoch

- 11 t.ha⁻¹, spolu 295 t.ha⁻¹, ich vzájomný pomer je 97 a 3 %. Biomasa všetkých štyroch zložiek mŕtveho dreva je na úrovni 25 t.ha⁻¹ a na 49 % v nej dominuje hrubá ležanina. Nadzemnej biomasy živej aj mŕtvej spolu je 320 t.ha⁻¹. Sú to skutočne vysoké hodnoty a súvisia s celkovým charakterom skúmaného horského lesa, ktorý má mimoriadne bohatú aj celkovú nadzemnú dendromasu (až 616 ± 42 m³.ha⁻¹).
- Diferencie medzi skúšanými 3 spôsobmi odvodenia biomasy nie sú vysoké, spôsob 2a (výpočet z regresných rovníc podľa zistenej hrúbky a výšky) je takmer úplne totožný s metodikou IPCC, ale spôsob 2b (výpočet z regresných rovníc podľa zisteného objemu stromov) podhodnocuje výsledok o asi 7 %. Pri jednotlivých drevinách sú podobné relácie v hodnotách *BEF* iba pri smreku, smrekovci, javoroch a breze. Pri ostatných sa ukázali výraznejšie odchýlky. Napr. dostatočne zastúpený buk, alebo menej zastúpená jedľa vykazujú podľa spôsobov 2a a 2b zreteľne nižšie hodnoty *BEF* a to až na úrovni 20 – 30 % voči štandardu IPCC. Naopak, pri jaseňi sa zistili vyššie hodnoty *BEF*, ako aj pri nereprezentatívnych vzorkách čerešne, jarabiny a hrabu. V niektorých prípadoch (vŕba rakyta, hrab) sú výsledky jednotlivých spôsobov výrazne rozkolísané a pre tieto dreviny by bolo pre ďalšie zovšeobecnenie potrebné uvedené spôsoby preveriť na väčšej vzorke.
 - Zásoba uhlíka akumulovaná v nadzemnej dendromase dosahuje celkovú hodnotu 158 t.ha⁻¹, z čoho na živé hrubé a tenké stromy pripadá 145 t.ha⁻¹ (92 %) a na všetky zložky mŕtveho dreva 13 t.ha⁻¹ (8 %). Z toho najväčší podiel tvorí smrek s hodnotou okolo 60 t.ha⁻¹ (asi 42 %) a buk s hodnotou 40 t.ha⁻¹ (asi 30 %). V porovnaní so zastúpením určeným podľa objemu dreva podiel uhlíka u smreka klesol z nadpolovičnej hodnoty a u buka naopak mierne stúpol. Podobné údaje o zásobe uhlíka vhodné na porovnanie z iných lokalít na Slovensku i v zahraničí nie sú zatiaľ k dispozícii. U nás existujú iba dve publikované informácie, jedna z prírodnej rezervácie Babia hora (MERGANIČOVÁ, MERGANIČ 2010) a druhá zo 6 dielcov v LHC Čadca (PAJTIK *et al.* 2009). Týkajú sa však iných a inak definovaných zložiek dendromasy, preto ich odvodené hodnoty zásoby uhlíka dosahujú zhruba o 1/3 nižšie hodnoty ako naše.
 - Celkovo sa v danom ekosystéme horských lesov na Poľane zistila priemerná hodnota sušiny živej i odumretej nadzemnej dendromasy vo výške asi 320 t.ha⁻¹, z čoho vyše 284 t sa nachádza v hrubých stromoch, asi 8 t v tenkých stromoch, okolo 12 t v ležiacej hrubine, iba 8 t v tenkých stromoch, 5 t v pňoch a asi 3 t v ležiacej tenčine.
 - Nový variant výberovej integrovanej inventarizácie lesných ekosystémov je pre tento účel vhodný a prakticky dobre upotrebitelný. V budúcnosti by mohol nahradiť doteraz požívaný postup pri bilancovaní zásob uhlíka v sektore lesníctva na Slovensku, ktorý využíva podkladové údaje hlavne z databázy praktickej hospodárskej úpravy lesov, ktoré sú často neúplné a nedostatočne presné.
 - Skúmaná lokalita horského lesa v BR Poľana má nadpriemerne priaznivé ukazovatele prirodzenosti, ako aj drevinovej, vekovej a štruktúrálnej diverzity.
 - Overenie troch spôsobov odvodenia biomasy živých stromov potvrdilo, že biomasové regresné rovnice založené na hrúbke a výške stromov a priemerné expanzné faktory *BEF* odporúčané manuálom IPCC poskytujú pre celok v podstate rovnocenné výsledky. Väčšie rozdiely sú pri jednotlivých menej zastúpených drevinách. Aj expanzné faktory uhlíka *CEF* určené z vlastných odobratých vzoriek dreva boli veľmi blízke priemernej hodnote *CEF* = 0,496, ktorú sme odvodili z viacerých doteraz publikovaných prác v Európe.
 - Množstvo živého i mŕtveho dreva a uhlíka sekvestrovaného vo všetkých jeho zložkách je v skúmanom objekte veľmi vysoké, pričom zhruba 1,5- až 2-krát prevyšuje doteraz známe celoslovenské i lokálne údaje. Priemerne sa na 1 hektári lesa nachádza 616 ± 42 m³ celkového objemu nadzemnej dendromasy, zásoba uhlíka v nej má hodnotu 158 ton, z čoho pripadá na hrubé stromy 89 %, na tenké stromy 3 %, na sucháre 1 %, na pne 1 %, na hrubú ležaninu 4 % a na tenkú ležaninu 2 %.
 - Problémom je obmedzená možnosť porovnávania získaných poznatkov s údajmi v iných podobných lokalitách u nás i v zahraničí. Autori používajú rôzne metodické postupy, vo väčšine prípadov sa nezisťujú všetky zložky živého a mŕtveho dreva a spravidla chýba aj informácia o rámcoch presnosti publikovaného výsledku. Situáciu môže zlepšiť pripravovaná harmonizácia metodických postupov pre tieto účely v rámci EU. Do tej doby možno odporučiť vzájomnú dohodu o definícii zložiek dendromasy a ich zisťovaní na domácej úrovni. Podkladom by mohla byť metodika, ktorá sa uplatnila v Národnej inventarizácii a monitoringu lesa SR 2005–2006, pretože nadviazala na celosvetový vývoj a použila sa doteraz u nás v najväčšom rozsahu.

Podakovanie

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia výskumnej úlohy EPOL – 5.3 „Výskum integrovaných metód inventarizácie lesa“ v rámci kontraktu NLC Zvolen a MP SR. Terénne zisťovanie, ktoré podľa metodiky (ŠMELKO 2006) a odborných pokynov prvých dvoch autorov vykonali pracovníci NLC-ÚLZI Zvolen bolo financované z projektu APVT-27-037702 „Výskum bilancie a zásob uhlíka v horskej krajine“ a jeho zodpovední riešitelia J. Mindáš a T. Priwitzer dali podnet na založenie pokusného objektu v CHKO Poľana.

4. Závery a odporúčania

Vykonaný pokus a jeho výsledky priniesli množstvo nových poznatkov a potvrdili, že:

Literatúra

- FABRIKA M., 2008: Alometrický model na výpočet biomasy. Zvolen : TU Zvolen, 5 s. Dostupné na internete: <http://tools.tuzvo.sk/si-byla/slovensky/biomasa.htm>.
- GARCIA *et al.* 2004 C., VAYREDA, J., SABATÉ, S., IBÁÑES, J., 2004: Main components of the abovegrounds biomass expansion factors. Presentation at COST – Action E-21 WG1 Meeting on BEFs. Hämeenlinna, Finland.
- IPCC, 2003: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa: www.ipcc.ch
- KONÓPKA B., PAJTÍK J., MORAVČÍK M., LUKAC M., 2010: Biomass partitioning and growth efficiency in four naturally regenerated forest tree species. *Basic and Applied Ecology*, 11: 234-243.
- MATTHEWS, 1993: The carbon content of trees. Forestry Commission Technical Paper, No 4, Edinburgh, U.K.
- MERGANIČOVÁ K., MERGANIČ J., 2010: Coarse woody debris carbon stocks in natural spruce forests of Babia hora. *Journal of Forest Science*, 56(11): 397-405.
- PAJTÍK J., PRIWITZER T., CIBULA R., 2009: Kvantifikácia uhlíkových zásob a ich bilančných zmien na regionálnej úrovni. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 55(4): 353-365.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J., 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 37(1): 49-56.
- ŠEBEŇ V., KULLA L., JANKOVIČ J., 2009: Analýza výskytu, množstva a štruktúry odumretého dreva na tatranskom kalamitisku. In: TUŽINSKÝ L., GREGOR J. (eds): *Vplyv vetrovej kalamity na vývoj lesných porastov vo Vysokých Tatrách*. Zborník recenzovaných vedeckých prác, Zvolen : TU Zvolen, s. 75-84.
- ŠMELKO Š., 2006: Pracovné postupy a algoritmy výberovej inventarizácie nadzemnej dendromasy a obsahu uhlíka v pokusnom objekte Poľana. NLC Zvolen, 15 s.
- ŠMELKO Š., 2010: Nové metodické postupy na kvantifikáciu mŕtveho dreva a jeho zložiek v lesných ekosystémoch. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 56(2): 155-175.
- ŠMELKO Š., 2011: Výberová metóda na zisťovanie nadzemnej dendromasy a zásoby uhlíka v lesnom ekosystéme. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, LIII (v tlači).
- ŠMELKO Š., ŠEBEŇ V., BOŠELA M., MERGANIČ J., JANKOVIČ J., 2008: Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005–2006. Základná koncepcia a výber zo súhrnných informácií, NLC Zvolen, 2008, 16 s.
- ZIANIS D., MUUKKONEN P., MAKIPAA R., MENCUCINI M., 2005: Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica*, Monographs 4, 63 pp.

Summary

Results of performed experiments yielded many new findings and confirmed that:

- The proposed new variant for the representative and integrated inventory of forest ecosystems is suitable for this purpose well and practically usable. In the future could substitute a nowadays used procedure for carbon stocks balancing in the forest sector in Slovakia, which uses data from the practice forest management database, which are incomplete and less accurate.
- Examined mountain forest ecosystem in the BR Poľana shows very favourable indicators of naturalness, tree species, age and structural diversity.
- Verification of three methods of deriving biomass of live trees confirmed that the biomass regression equations based on the thickness and height of trees and average BEF expansion factors recommended by the IPCC GPG (2003), provide for a whole essentially equivalent results. Greater differences are less well represented in the individual trees. The carbon expansion factors (CEF), determinate from wood samples were very close to the average CEF = 0.496, which were deriving from several previously published papers in Europe.
- The amount of live and dead wood and the accumulated carbon in all its components were in the examinee ecosystem very high, 1.5 to 2 times higher than previously known nationwide and local data. On average 1 hectare of forest covers $616 \pm 42 \text{ m}^3$ total aboveground dendromass. Carbon stock represents a value of 158 tons, which accounted 89% of thick trees, 3% of thin trees, 1% of standing dead trees, 1% of stumps, 4% of lying coarse deadwood and 2% of lying small deadwood.
- The problem is limited opportunity to compare our results with those gained from other similar locations at home and abroad. Other authors use different methodologies and in most cases is not measured all components of live and deadwood. Generally the information within the precision of published results is missing too. Situation could be improved forthcoming harmonization methodology for these purposes within the EU. Until then we may recommend mutual agreement on the definition of biomass components and their surveys at the domestic level. The basis could be the methodology to be applied in the National forest inventory and monitoring SR 2005–2006, because it followed the worldwide development and it was used in the fullest extent until now.

Translated by: autors