

## MNOŽSTVÍ A DISTRIBUCE NADZEMNÍ BIOMASY BOROVICE LESNÍ V OBLASTI PŘIROZENÝCH BORŮ

### THE AMOUNT AND DISTRIBUTION OF ABOVE-GROUND BIOMASS OF SCOTS PINE ON NATURAL PINE SITES

LUKÁŠ BÍLEK<sup>1)</sup> - JIŘÍ REMEŠ<sup>1)</sup> ✉ - MARTIN FULÍN<sup>2)</sup> - TINA CHALUPOVÁ<sup>1)</sup> - JIŘÍ PROCHÁZKA<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic

<sup>2)</sup>Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Czech Republic

✉ e-mail: remes@fd.czu.cz

#### ABSTRACT

This paper shows the distribution of above-ground biomass of Scots pine. The data were collected in the Municipal forests of Doksy Ltd. (Czech Republic) in a natural pine stands on acidic (OK) and nutrient-poor (OM) forest sites. Eight selected sample trees were felled and divided into particular compartments. Samples were analysed for nutrient content in the laboratory of Forestry and Game Management Research Institute in Strnady. Total dry weight of individual trees on the acidic site ranged from 578 kg to 1,246 kg, and on the poor site it ranged from 445 kg to 572 kg. In the first stand the timber biomass ( $d \geq 7$  cm) ranged from 77% to 83%, while in the second stand the proportion of timber biomass for individual trees varied from 76% to 86%. Bark and needles were high in nutrients (Ca, Mg and K, P, N, S respectively). Based on our results, 54 t and 28 t of dry matter of wood residues were potentially available per 1 ha of forest stand. Nevertheless, extraction of this amount of harvest residues would correspond to the removal of approx. more than 30% of Ca, Mg, K, more than 40% of S, and more than 50% of P from the total above-stem forest biomass.

**Klíčová slova:** borovice lesní, přirozené bory, těžební zbytky, biomasa, živiny

**Key words:** Scots pine, natural pine stands, logging residues, biomass, nutrients

#### ÚVOD

Dřevo je velmi důležitou obnovitelnou surovinou, kterou poskytují lesní ekosystémy. Je však třeba zajistit, aby bylo hospodaření v lesích trvale udržitelné. Z pohledu koloběhu látek jde zejména o to, aby byl výstup živin z ekosystému, představovaný těžbou a využíváním dřeva, nahrazen postupným zvětváváním minerálních částic půdy a atmosférickou depozicí. Tato rovnováha je umožněna jednak dlouhodobostí lesnického hospodaření s obvyklým produkčním intervalem 80–150 let, jednak tím, že výsledným produktem je dřevo, které je tvořeno především uhlíkem, kyslíkem, a vodíkem, tedy prvky, jež rostliny získávají přímo z ovzduší a z vody (ŠRÁMEK et al. 2009). Proto je tradiční forma lesnického hospodaření, kdy se využívá dřevní hmota hrubých kmenů, považována za relativně málo rizikovou.

Jiná situace ovšem nastává, když se hospodářsky využívá celá nadzemní biomasa. V současné době se v České republice (ČR) přitom do popředí lesnického zájmu dostává právě využití i těžebních zbytků (tedy hmoty nehroubí). V severovýchodních státech Evropy je tento trend zřejmý již delší dobu (JACOBSON et al. 2000). Hlavní motivací

je především jejich energetické využití, což lze spatřovat mimo jiné i jako důsledek mezinárodních závazků ČR vyplývajících ze směrnice 2009/28/ES, která určuje závazný cíl podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Protože je zřejmé, že biomasa (a tím i těžební zbytky) tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás využívají pro výrobu energie (tepla i elektřiny), je význam této suroviny značný. Dalším faktorem, jenž tento zájem vyvolává, je potenciální ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný (REMEŠ et al. 2015). Komplexní využití nadzemní biomasy dřevin však může představovat vedle ekonomických přínosů i významnou ztrátu živin, protože právě těžební zbytky (kůra, dřevo větví a asimilační orgány) obsahují nejvyšší podíl základních živin, jako je např. N, P, K (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; SAARSALMI et al. 2010). Odstraňování těžebních zbytků tak může mít například vliv na dostupnost fosforu nebo draslíku a rozvoj i funkce mykorhizy, což může v důsledku ovlivňovat absorpci živin a růst stromů (MAHMOOD et al. 1999; EGNELL, VALINGER 2003). Množství odčerpaných živin přitom závisí na druhu dřeviny,

druhu a intenzitě těžby (PALVIAINEN, FINÉR 2012). Tato rizika vystupují do popředí také v souvislosti s degradací půd, která se projevuje nedostatkem některých (především bazických) prvků v půdě a ve výživě dřevín (HÜTTL 1986). To se může projevovat např. žloutnutím asimilačního aparátu i celkovým chřadnutím dřevín (MATERNA 2002; VACEK et al. 2009). Jedná se přitom o důsledky dlouhodobé acidifikace půd způsobené vysokou kyselou depozicí (ŠRÁMEK et al. 2009).

Pro odpovědné rozhodování vlastníků lesů i pro objektivní regulaci využití těžebních zbytků ze strany státní správy je proto nezbytné co nej přesněji objem, resp. hmotnost nadzemní biomasy nehroubí a také množství v ní poutaných živin kvantifikovat, a to především v oblastech, kde lze důvodně předpokládat zvýšená rizika. Z těchto důvodů byl na majetku Městských lesů Doksy na stanovištích přirozených borů zahájen v roce 2012 výzkum problematiky vlivu využití těžebních zbytků na stav půd a trvalost lesní produkce. Předložený příspěvek přináší výsledky kvantifikace množství biomasy nehroubí (těžebních zbytků) a v nich poutaných hlavních biogenních prvků ve dvou vybraných porostech.

## MATERIÁL A METODIKA

Městské lesy Doksy, s. r. o., spravují lesní majetek v nejbližším okolí Máchova jezera o velikosti 984 ha. Lesní porosty se nacházejí na stanovištích, jejichž podloží tvoří zvětraliny kvádrových pískovců v oblasti Doks a Břehyně, pískovcové rokle a náhorní plošiny u Starých Splavů a na jižní části majetku a vulkanické vyvěřeliny v okolí Bezdězu. Území je řazeno do přírodní lesní oblasti 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Průměrné srážky dosahují 550 mm ročně, průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7–8 °C. Nejvýznamnější dřevinou je borovice lesní (cca 63 %), následuje smrk ztepilý (21,4 %), bříza (5 %), dub (4 %) a buk (2 %).

Výzkum kvantifikace nadzemní biomasy byl realizován v porostech 26A9 (LT 0M2 – chudý bor brusinkový, věk 100 let) a 26A12 (LT 0K3 – kyselý bor borůvkový, věk 128 let), které se nacházejí nedaleko obce Obora v nadmořské výšce cca 270 m n. m. Nejprve byly zjištěny základní dendrometrické a taxační parametry zkoumaných porostů. Na zkusných plochách (20 m × 20 m) byla u všech stromů změřena výčetní tloušťka a výška. Na základě zjištěných údajů byl vypočten objem každého stromu pomocí objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) a následně byla stanovena zásoba porostu. Dále byly v každém porostu vybrány čtyři vzorníky, které byly následně skáceny a byly z nich separovány jednotlivé části biomasy. Tyto vzorníky byly vybírány tak, aby odpovídaly svými rozměry výčetní tloušťky intervalu +8 cm od střední tloušťky a +3 m od hodnot střední výšky.

### Metodika analýzy vzorníků

Kmeny byly po pokácení odvětveny a byl odříznut vrchol kmene (nehroubí < 7 cm v kůře). Byla změřena výška pařezu ( $H_p$ ) a výška nasazení živé koruny ( $H_k$ ). Dále byla změřena výčetní tloušťka ve dvou na sebe kolmých směrech s přesností na 1 mm. Z odvětvěného kmene byly poté odebrány kotouče. První kotouč  $K_{/00}$  byl odebrán z čela kmene, výška kotouče byla 10 cm. Dále byl vždy odříznut čtyřmetrový výřez ( $V_1, \dots, V_6$ ) + nadměrek (10 cm) a za ním byl odříznut další kotouč ( $K_{/04}, K_{/08}, \dots, K_{/20}$ ). Odebrané kotouče byly přímo na místě zváženy na závěsných vahách značky KERN (váživost do 200 kg, přesnost vážení 0,05 kg). Dále byla změřena délka vršku ( $L_v$ ) od čepu posledního čtyřmetrového výřezu až po špičku stromu. Následně byla vypočtena výška (délka) stromu jako součet délek čtyřmetrových výřezů, výšek odebraných kotoučů, výšky pařezu a délky vršku. Schéma měřených sekcí a míst odběrů kotoučů je uvedeno na obr. 1.

Větve byly rozděleny do tří kategorií podle tloušťky na silné (3–7 cm), střední (1,5–3 cm) a slabé včetně jehličí (0–1,5 cm). Všechny větve

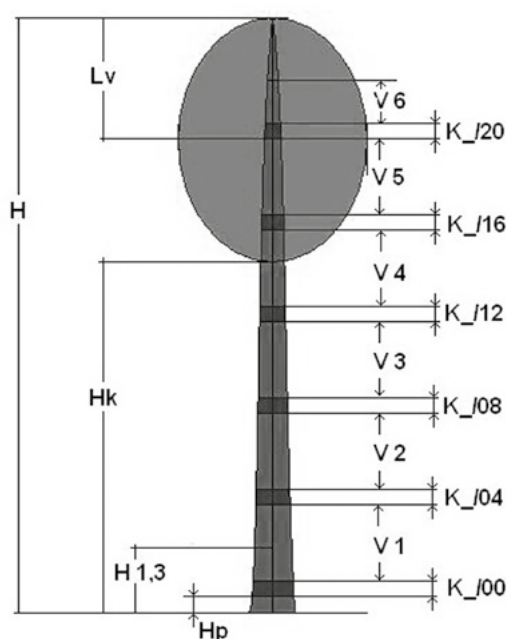
dané kategorie byly v terénu zváženy na závěsných vahách. Následně byly z každé skupiny větví odebrány vzorky podle schématu: 4–5 suchých větví různých tloušťek, 5 ks tenkých větví (0–1,5 cm) odebraných z horní i spodní části koruny, 3 ks středně tlustých větví (1,5–3 cm), 1 ks tlusté větve (3–7 cm). Pro účely hodnocení distribuce biomasy v tomto příspěvku bylo nehroubí rozděleno do dvou kategorií v intervalech do 1,5 cm a 1,5–7 cm tloušťky.

Veškerý vzorkovaný materiál byl z terénu přepraven do laboratoře, kde byl znovu zvážen a přeměřen. Odseparována byla kůra, která byla analyzována zvlášť. Odebrané vzorky (kůry kotoučů a větví, dřeva větví a kotoučů a asimilačního aparátu) byly sušeny při teplotě 80 °C ( $\pm 2$  °C) do konstantní hmotnosti, aby bylo možné kvantifikovat hmotnost sušiny jednotlivých částí nadzemní biomasy. Koncentrace hlavních biogenních prvků v jednotlivých částech biomasy byla provedena v akreditované laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Strnadlech.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Zásoba sledovaných porostů se od sebe výrazně odlišovala. V mladším porostu byla ve věku 100 let zjištěna zásoba pouze 255,1 m<sup>3</sup>/ha, což je primárně způsobeno vlivem velmi chudého stanoviště (LT 0M2). Naproti tomu ve starším porostu byla ve věku 128 let zjištěna zásoba na úrovni 466,3 m<sup>3</sup>/ha, rozdíl lze přisoudit jak vyššímu věku, tak zejména i vyšší trofnosti stanoviště (LT 0K3). Rozdíly mezi porosty byly patrné i v průměrných hodnotách základních dendrometrických veličin (tab. 1).

Rozložení sušiny biomasy v jednotlivých částech stromů (vzorníků) je uvedeno v tab. 2 a 3. Celková hmotnost sušiny jednotlivých vzorníků na kyselém stanovišti (tab. 2) kolísala od 578 kg po 1 246 kg, přičemž hmotnost hroubí s kůrou oscilovala mezi 445 kg a 985 kg. Hmotnost sušiny kůry odpovídala intervalu 45–85 kg, přičemž hlavní část tvořila



Obr. 1. Schéma měřených sekcí a míst odběrů kotoučů (J. Procházka)

Fig. 1. Diagram of measured sections (V) with sampled discs (K) (J. Procházka)

kůra hroubí (31–70 kg). Přepočtená hmotnost celkové nadzemní biomasy na ploše 1 hektaru pak činila 271 tun, z toho hmotnost hroubí byla 217 tun a hmotnost nehroubí 54 tun.

Celková hmotnost sušiny jednotlivých vzorníků na chudém stanovišti (tab. 3) kolísala od 445 kg po 572 kg, z toho hmotnost hroubí s kůrou tvořila 347–491 kg. Hmotnost sušiny kůry odpovídala intervalu 27–40 kg, přičemž hlavní část opět tvořila kůra hroubí (24–36 kg). Přepočtená hmotnost celkové nadzemní biomasy na ploše 1 hektaru pak činila 154 tun, z toho byla hmotnost hroubí cca 126 tun a hmotnost nehroubí pak přibližně 28 tun.

**Tab. 1.**  
Produkční a růstové charakteristiky zkoumaných porostů  
Production and growth characteristics of evaluated stands

Porost/Stand	26A12	26A9
Počet stromů (ks/ha)/ Number of trees (ind./ha)	400	425
Střední tloušťka/Average diameter (cm)	35,5	28,8
Střední výška/Average height (m)	27,4	20,8
Střední výška nasazení koruny/ Average height of crown base (m)	17	13,8
Objem hroubí s kůrou středního kmene/ Average tree volume (m <sup>3</sup> )	1,2	0,6
Zásoba/Volume stock (m <sup>3</sup> /ha)	466,3	255,1

**Tab. 2.**  
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy vzorníků (porost 26A12)  
Dry weight of aboveground biomass of sampled trees (stand 26A12)

	Hmotnost sušiny/Dry weight (kg)											
	Dřevo/Wood				Kůra/Bark				Dřevo s kůrou/Wood with bark			
Vzorníky/Tree	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hroubí/Timber biomass	661	587	414	914	61	38	31	70	722	625	445	985
Nehroubí/ Logging residues 1,5–7 cm	77	90	89	150	6	7	5	14	82	97	93	164
Nehroubí/ Logging residues < 1,5 cm	66	42	39	97	-	-	-	-	66	42	39	97
Celkem/Total weight	804	719	542	1161	66	45	36	85	870	763	578	1246

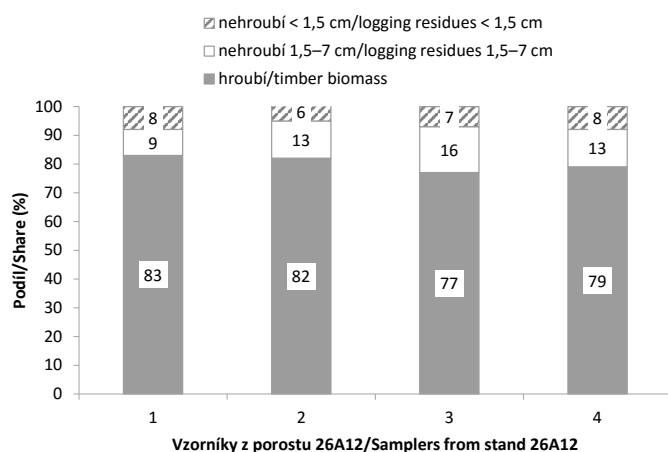
**Tab. 3.**  
Hmotnost sušiny nadzemní biomasy vzorníků (porost 26A9)  
Dry weight of aboveground biomass of sampled trees (stand 26A9)

	Hmotnost sušiny/Dry weight (kg)											
	Dřevo/Wood				Kůra/Bark				Dřevo s kůrou/Wood with bark			
Vzorníky/Samples	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Hroubí/Timber biomass	383	316	368	455	27	30	24	36	410	347	392	491
Nehroubí/ Logging residues 1,5–7 cm	72	72	38	61	6	4	3	4	77	75	40	65
Nehroubí/ Logging residues < 1,5 cm	53	23	24	16	-	-	-	-	53	23	24	16
Celkem/Total weight	508	411	430	532	32	34	27	40	541	445	457	572

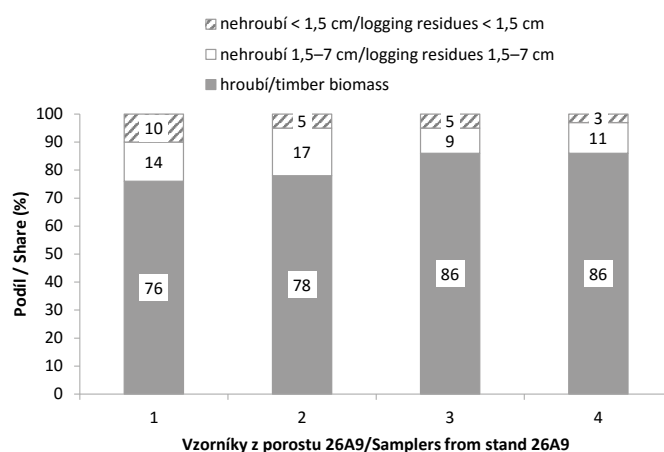
Hmotnostní podíly jednotlivých hodnocených částí nadzemní biomasy jsou uvedeny na obr. 2 a 3. Z nich je zřejmé, že hmotnostní podíl hroubí je u vzorníků z obou zkoumaných porostů velmi podobný. U vzorníků z porostu na kyselém stanovišti se hmotnostní podíl hroubí pohybuje v rozmezí od 77 % do 83 %, u vzorníků z porostu na chudém stanovišti v rozmezí od 76 % do 86 %. Tomu analogicky odpovídá i velmi podobný podíl nehroubí, který se pohybuje v rozmezí od 14 % do 24 %. Při standardním způsobu lesní těžby tedy na těchto stanovištích není ekonomicky využita až jedna čtvrtina hmotnosti sušiny biomasy. Tyto výsledky jsou porovnatelné s údaji, jež ve své práci uvádějí EGNELL a VALINGER (2003), kteří zjistili podíl těžebních zbytků na úrovni 21 %, což znamenalo 42 tun biomasy z jednoho hektaru lesa. To je ve shodě i s konstatováním SIMANOV (2004), který odhaduje, že podíl dřevní suroviny, jež je komerčně využívána, tvoří přibližně 60 % biomasy stromu. Zbýlých 40 % tvoří stromové vršky a větve s podílem 15–25 %, asimilační orgány (2–3 %) a dále kořeny a pařezy. Studie BUREŠ et al. (2009) uvádí podíl obvykle využívané dřevní hmoty v rozmezí 60 % až 77 % a podíl těžebních zbytků z nadzemní části biomasy v rozmezí 12–18 %.

Kvantifikaci nadzemní biomasy borovice lesní v různých oblastech České republiky se zabýval i CIENCIALA et al. (2006), který zjistil, že průměrný podíl kmene na celkové nadzemní biomase dosahuje 89 %, přičemž podíl kmene na celkové biomase stoupá s věkem porostu (stromu), takže ve věku 25 let dosahuje pouze 57 %.

Zjištěné průměrné koncentrace živin v jednotlivých částech biomasy zkoumaných vzorníků jsou uvedeny v tab. 4 a 5. Vysoké koncentrace hodnocených prvků jsou především v kůře (Ca, Mg) a v asimilačním aparátu (K, P, N, S), což odpovídá i publikovaným údajům



**Obr. 2.**  
Podíl jednotlivých složek sušiny nadzemní biomasy v porostu 26A12  
**Fig. 2.**  
Share of individual components of dry aboveground biomass in the stand 26A12



**Obr. 3.**  
Podíl jednotlivých složek sušiny nadzemní biomasy v porostu 26A9  
**Fig. 2.**  
Share of individual components of aboveground dry biomass in the stand 26A9

**Tab. 4.**  
Koncentrace vápníku, draslíku a hořčíku v jednotlivých částech nadzemní biomasy borovice ve zkoumaných porostech (tučnou kurzívou nejnížší hodnoty, tučně nejvyšší hodnoty pro prvek a porost)  
The concentration of calcium, potassium and magnesium in different parts of the aboveground dry biomass in the evaluated pine stands (bold italics – the lowest value; bold – the highest value)

Koncentrace živin/ Nutrient concentration	Ca mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ in dry biomass		K mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ in dry biomass		Mg mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ in dry biomass	
	26A9	26A12	26A9	26A12	26A9	26A12
Dřevo oddenková část kmene <sup>1</sup>	773	<b>691</b>	373	363	<b>105</b>	<b>135</b>
Dřevo střední část kmene <sup>2</sup>	928	741	432	395	155	171
Dřevo horní část kmene <sup>3</sup>	1283	658	641	481	161	182
Kůra oddenková část kmene <sup>4</sup>	3562	5470	647	603	106	120
Kůra střední část kmene <sup>5</sup>	<b>9180</b>	7830	2762	1740	713	509
Kůra horní část kmene <sup>6</sup>	8035	7310	2856	2880	<b>763</b>	<b>1010</b>
Dřevo větví 3–7 cm <sup>7</sup>	1060	911	521	635	189	219
Kůra větví 3–7 cm <sup>8</sup>	8681	<b>9490</b>	2751	2530	701	761
Dřevo větví 1,5–3 cm <sup>9</sup>	1325	849	776	673	239	228
Kůra větví 1,5–3 cm <sup>10</sup>	6614	6240	2730	2680	673	827
Větve 0–1,5 bez jehličí <sup>11</sup>	2894	3700	2804	2430	461	574
Jehličí <sup>12</sup>	3689	3500	<b>4368</b>	<b>5520</b>	518	755
Větve 0–1,5 cm s jehličím <sup>13</sup>	2862	2740	3717	4280	512	663
Suché větve <sup>14</sup>	<b>524</b>	726	<b>133</b>	<b>156</b>	39,2	62,1

<sup>1</sup>wood (basal part of stem); <sup>2</sup>wood (middle part of stem); <sup>3</sup>wood (upper part of stem); <sup>4</sup>bark (basal part of stem); <sup>5</sup>bark (middle part of stem); <sup>6</sup>bark (upper part of stem); <sup>7</sup>wood (branches 3–7 cm); <sup>8</sup>bark (branches 3–7 cm); <sup>9</sup>wood (branches 1.5–3 cm); <sup>10</sup>bark (branches 1.5–3 cm); <sup>11</sup>branches without needles (0–1.5 cm); <sup>12</sup>needles; <sup>13</sup>branches with needles (0–1.5 cm); <sup>14</sup>dead branches

(MATERNA 1963; LYR et al. 1974). Naopak nejnižší koncentrace byly podle očekávání zjištěny ve dřevě, v některých případech i v suchých větvích. To odpovídá skutečnosti, že dřevo je tvořeno především uhlíkem, vodíkem a kyslíkem, přičemž tyto prvky stromy získávají přímo z atmosféry a z vody (ŠRÁMEK et al. 2009).

Z porovnání průměrných obsahů živin v nadzemní biomase zkoumaných vzorníků s přepočtem na plochu 1 ha lesního porostu vyplývá podíl vápníku v nehroubí v rozmezí 24,5 % až 31,2 % z celkové nadzemní biomasy, podíl draslíku 37,6 % až 45,1 %, podíl hořčíku 31,7 % až 33,3 %, podíl fosforu 55,8 % až 57,8 %, podíl celkového dusíku 54,1 % až 55,6 % a celkový podíl síry 42,9 % až 45,8 %. Uvedené hodnoty dokládají, že je podstatná část živin koncentrována právě ve hmotě nehroubí, které je při konvenční těžbě ponecháváno v lesním ekosystému pro postupné zetlení. Nicméně je nutné podotknout, že se tyto hodnoty vztahují k porostům mýtního věku, přičemž v porostech mladších jsou koncentrace živin zpravidla vyšší (AUGUSTO et al. 2000). Například již po prvních prořezávkách při využití těžby stromovou metodou byl v boreálních podmínkách potvrzen dočasný negativní efekt na růst hlavního porostu borovice (EGNELL, ULVCRONA 2015). V případě opakovaných výchovných zásahů stromovou metodou navíc v kombinaci s kompletním energetickým využitím nehroubí při mýtní těžbě pak lze očekávat zejména na chudých stanovištích

výraznější a trvalejší růstové deprese hlavního, případně následného porostu (STERBA 1988; EGNELL 2011).

Vzhledem ke skutečnosti, že v našem případě nebyla primárním cílem výzkumu otázka stavu výživy borových porostů, byly jednotlivé ročníky jehličí (v naprosté většině šlo o první a druhý ročník jehlic) analyzovány společně. Přesto údaje o koncentraci živin v asimilačním aparátu lze použít i pro orientační posouzení stavu výživy zkoumaných stromů. Z tohoto hlediska lze konstatovat, že obsah zkoumaných biogenních prvků je z pohledu výživy dřevin dostatečný, protože se pohybuje v rozmezí vymezeném programem ICP Forests mezi nedostatkem a nadbytkem těchto prvků v jehličí. Výjimkou je hořčík, jehož zjištěná koncentrace se pohybuje na hranici nedostatku (v případě mladšího porostu 26A9 pod hranici nedostatku). Podobné výsledky vyplynou i při porovnání s limitními hodnotami výživy stanovenými Hüttlem (HÜTTLE 1986), přičemž vynikne vysoká koncentrace vápníku, kterou lze hodnotit jako nadbytečnou. Z pohledu vyváženosti výživy (hodnocené vzájemným poměrem biogenních prvků), což je pro výživu rostlin důležitý ukazatel (ŠRÁMEK et al. 2009), se do jisté míry negativně projevuje poměrně vysoká koncentrace dusíku a vápníku a naopak téměř deficitní koncentrace hořčíku. Vzájemné poměry dusíku a hořčíku, vápníku a hořčíku a draslíku a hořčíku vykazují znaky počínající nevyváženosti výživy zkoumaných porostů (zejména z pohledu příjmu hořčíku).

Tab. 5.

Koncentrace fosforu, dusíku a síry v jednotlivých částech nadzemní biomasy borovice ve zkoumaných porostech (tučnou kurzívou nejnižší hodnoty, tučně nejvyšší hodnoty pro prvek a porost)

The concentration of phosphorus, nitrogen and sulfur in different parts of the aboveground dry biomass in the evaluated pine stands (bold italics – the lowest value; bold – the highest value)

Koncentrace živin/ Nutrient concentration	P		N <sub>tot</sub>		S <sub>tot</sub>	
	mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ dry biomass		mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ dry biomass		mg.kg <sup>-1</sup> sušiny/ dry biomass	
Porost/Stand	26A9	26A12	26A9	26A12	26A9	26A12
Dřevo oddenková část kmene <sup>1</sup>	<b>45,8</b>	<b>45,7</b>	<b>648</b>	842	230	310
Dřevo střední část kmene <sup>2</sup>	48,0	46,8	715	<b>821</b>	<b>160</b>	260
Dřevo horní část kmene <sup>3</sup>	93,6	59,3	1054	838	200	<b>230</b>
Kůra oddenková část kmene <sup>4</sup>	169	142	2442	2504	440	500
Kůra střední část kmene <sup>5</sup>	616	387	4400	3505	590	490
Kůra horní část kmene <sup>6</sup>	624	648	5207	5449	650	710
Dřevo větví 3–7 cm <sup>7</sup>	49,4	63,8	905	887	280	290
Kůra větví 3–7 cm <sup>8</sup>	507	506	5329	5186	570	570
Dřevo větví 1,5–3 cm <sup>9</sup>	116	81,1	1465	1116	290	300
Kůra větví 1,5–3 cm <sup>10</sup>	617	582	6529	6181	630	660
Větve 0–1,5 bez jehličí <sup>11</sup>	602	552	6811	6032	840	680
Jehličí <sup>12</sup>	<b>1270</b>	<b>1400</b>	<b>15007</b>	<b>16302</b>	<b>1430</b>	<b>1570</b>
Větve 0–1,5 cm s jehličím <sup>13</sup>	923	1080	9461	12733	1010	1350
Suché větve <sup>14</sup>	48,4	48,7	2035	1700	640	570

<sup>1</sup>wood (basal part of stem); <sup>2</sup>wood (middle part of stem); <sup>3</sup>wood (upper part of stem); <sup>4</sup>bark (basal part of stem); <sup>5</sup>bark (middle part of stem); <sup>6</sup>bark (upper part of stem); <sup>7</sup>wood (branches 3–7 cm); <sup>8</sup>bark (branches 3–7 cm); <sup>9</sup>wood (branches 1.5–3 cm); <sup>10</sup>bark (branches 1.5–3 cm); <sup>11</sup>branches without needles (0–1.5 cm); <sup>12</sup>needles; <sup>13</sup>branches with needles (0–1.5 cm); <sup>14</sup>dead branches

## ZÁVĚR

Na modelovém území Městských lesů Doksy byla ve dvou porostech zjištěna hmotnost nehroubí na úrovni 28 a 54 tun sušiny na jeden hektar plochy porostu, a to v závislosti na zásobě porostů, která byla ovlivněna jejich věkem a stanovištními podmínkami. Podíl nehroubí na celkové nadzemní biomase je však u všech osmi analyzovaných vzorníků poměrně vyrovnaný a kolísá v rozmezí od 14 % do 24 %. Tento relativně malý podíl nehroubí však představuje mnohem vyšší podíl v nadzemní biomase poutaných živin, především fosforu (56–58 %), draslíku (38–45 %) a dusíku (54–56 %). Vzhledem k tomu, že v případě mladších porostů tvoří objem nehroubí ještě větší podíl z celkové nadzemní biomasy a obsahuje i větší koncentraci živin, je zejména na těchto chudých stanovištích nutné odmítnout dlouhodobé (opakované) komplexní využívání nadzemní biomasy dřevin během výchovných zásahů. To by spolu s využitím nehroubí při mýtní těžbě velmi pravděpodobně významně negativně ovlivnilo stanoviště i růst následných porostů. Jednorázové odnětí živin poutaných v biomase nehroubí za periodu 100 až 140 let (při mýtní těžbě) však nemusí nutně představovat zásadní ochuzení lesního stanoviště, pro jednoznačné závěry je nutné dosavadní výsledky doplnit o šetření pedochemických charakteristik lesních půd a o růstové a produkční charakteristiky následných lesních porostů rostoucích na stanovištích ovlivněných komplexním využitím nadzemní biomasy. V úvahu je také třeba vzít i možnost kompenzačního hnojení.

### Poděkování:

Príspevek bol spracovaný v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum QJ1220099 „Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce“.

## LITERATURA

- AUGUSTO L., RANGER J., PONETTE Q., RAPP M. 2000. Relationship between forest tree species stand production and stand nutrient amount. *Annals of Forest Science*, 57: 313–324.
- BUREŠ M., DOLEŽAL R., HÁNA J., KADERÁBEK V., MACKŮ J., NIKL M., PAVLOŇOVÁ G., ZEMAN M. 2009. Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost. Brno, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: 50 s.
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., TATARINOV F., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z. 2006. Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees*, 20: 483–495.
- EGNELL G., VALINGER E. 2003. Survival, growth, and growth allocation of planted Scots pine trees after different levels of biomass removal in clear-felling. *Forest Ecology and Management*, 177: 65–74.
- EGNELL G. 2011. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? *Forest Ecology and Management*, 261: 148–153.
- EGNELL G., ULVCRONA K.A. 2015. Stand productivity following whole-tree harvesting in early thinning of Scots pine stands in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 340: 40–45.
- HÜTTL R. F. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen in Südwestdeutschland am Beispiel Oberschwaben. *Kali-Briefe*, 17: 1–7.
- JACOBSON S., KUKKOLA M., MÄLKÖNEN E., TVEITE B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management*, 129: 41–51.
- LYR H., POSTER H., FIEDLER J. 1974. *Gehölzphysiologie*. Moskva, Lesnaja Promyšlenost: 421 s.
- MAHMOOD S., FINLAY R.D., ERLAND S. 1999. Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytologist*, 142: 577–585.
- MATERNA J. 1963. *Výživa a hnojení lesních porostů*. Praha, SZN: 227 s.
- MATERNA J. 2002. Souhrnné výsledky průzkumu stavu povrchových vrstev lesních půd v období 1993–1999. Brno, ÚKZÚZ: 98 s.
- PALVIAINEN M., FINÉR L. 2012. Estimation of nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting of Scots pine, Norway spruce, and birch stands with generalized nutrient equations. *European Journal of Forestry Research*, 131: 945–964. DOI: 10.1007/s10342-011-0567-4
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49–56.
- REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 138–146.
- SAARSALMI A., TAMMINEN P., KUKKOLA M., HAUTAJÄRVI R. 2010. Whole tree harvesting at clear-felling: Impact on soil chemistry, needle nutrient concentrations, and growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 148–156.
- SIMANOV V. 2004. *Těžba a doprava dříví*. Písek, Matice lesnická: 411 s.
- STERBA H. 1988. Increment losses by full-tree harvesting in Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 24: 283–292.
- ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., NOVOTNÝ R. 2009. Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 307–315.
- VACEK S., HEJCMAN M., SEMELOVÁ V., REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V. 2009. Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *European Journal of Forestry Research*, 128: 367–375.

## THE AMOUNT AND DISTRIBUTION OF ABOVE-GROUND BIOMASS OF SCOTS PINE ON NATURAL PINE SITES

### SUMMARY

Complete use of wood residuals for energy purposes can decrease availability of nutrients in forest soils. Thus, nutrient depletion associated with wood biomass harvesting mainly on the poorest soils can lead to future losses of wood production and overall forest ecosystem impoverishment (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; SAARSALMI et al 2010).

For responsible wood residuals management, better knowledge of biomass and nutrient distribution in trees and forest stands is needed. This is important particularly on the most susceptible sites with generally lower nutrient and/or water content.

This paper shows the nutrient content and distribution of above-ground biomass of Scots pine (wood and bark of stem, wood and bark of thick and medium branches, biomass of thin branches and needles) on natural pine sites in Northern Bohemia. The data were collected in Municipal forests of Doksy Ltd. (acidic and nutrient-poor forest sites). Selected sample trees were felled and divided into particular compartments. In this contribution we present results based on the analysis of 8 sample trees from 2 forest stands. Diagram of measured sections with sampled discs per each tree is shown in Fig. 1. Samples were analysed for nutrient content in the laboratory of Forestry and Game Management Research Institute in Strnady.

Standing volume of older forest stand 26A12 on richer site (age 128 years, acidic site) was 466.3 m<sup>3</sup>/ha, standing volume in forest stand 26A9 (age 100 years, nutrient-poor site) only amounted to 255.1 m<sup>3</sup>/ha. Distinct difference in average stand summary characteristics are shown in Tab. 1.

Total dry weight of individual trees on the acidic site ranged from 578 kg to 1,246 kg, on the poor site then from 445 kg to 572 kg. Partitioning of dry matter in individual sample trees is shown in Tab. 2 and 3. In the first stand timber biomass ( $d \geq 7$  cm) ranged from 77% to 83%, while in the second stand the proportion of timber biomass for individual trees varied from 76% to 86% (Fig. 2 and 3).

Average concentrations of selected biogenic elements (Ca, K, Mg, P, N and S) are shown in Tab. 4 and 5. Particularly bark (Ca, Mg) and needles (K, P, N, S) were high in nutrients, which also corresponds with other research results (MATERNA 1963; LYR et al. 1974).

Silvicultural approaches can strongly influence the nutrient status of forest soils. Based on our results, 54 t and 28 t of dry matter of wood residues were potentially available per 1 ha of forest stand (corresponding to 14–24% of total above-stump biomass). Nevertheless, extraction of this amount of harvest residues would correspond to the removal of approx. more than 30% of Ca, Mg, K, more than 40% of S, and more than 50% of P from the total above-stump forest biomass. Thus, complete use of wood residuals for energy purposes during final harvest may be risky for the site fertility mainly in combination with preceding whole-tree harvesting in young thinning stands.

*Zasláno/Received: 13. 11. 2015*

*Přijato do tisku/Accepted: 05. 01. 2016*