

**PRIESTOROVÁ DISTRIBÚCIA JEMNÝCH KOREŇOV V PÔDE V SMREKOVÝCH  
PORASTOCH S RÔZNOU HUSTOTOU**

*SPATIAL DISTRIBUTION OF FINE ROOTS IN THE SOIL IN NORWAY SPRUCE STANDS  
WITH DIFFERENT DENSITY*

STANISLAV KUCBEL, PETER JALOVIAR, JOZEF ŠPIŠÁK

*ABSTRACT*

*The horizontal distribution of fine roots in two Norway spruce stands with different stand density was compared. We used the polynomial single-tree model, with initial fine root density dependent on the DBH. According to this model we calculated the fine root biomass on 1 standard tree with the DBH of 60 cm. In the sample plot with the density 1,133 ha<sup>-1</sup> a standard tree has 5,152 g of fine roots and in the sample plot with the density 500 ha<sup>-1</sup> the fine root biomass amounts to 6,658 g per standard tree. This is the reason for lower initial fine root density in the plot with higher density and a different shape of the functions, which are describing the model distribution of roots. In the plot with higher density we found a higher overlapping of fine root systems that causes a lower variability of fine root biomass on the stand area. The trees with the DBH under 20 cm, that constitute more than 40% of the tree number in the higher density plot, account for only 22% of total fine root biomass of the whole stand. The 10% of the thicker trees above 30 cm amount to 38%. Regarding the interaction between the stand and soil, and the possibility of the modification of physical features by the fine roots, the cultivation of the stands with lower stand density and higher mean DBH seems to be more appropriate.*

*Keywords: Norway spruce, fine roots, horizontal distribution*

*Kľúčové slová: smrek obyčajný, jemné korene, horizontálna distribúcia*

## Úvod

Rozmiestnenie jemných koreňov v pôde je v podmienkach väčšiny lesných porastov výrazne heterogénne. Variabilita hustoty jemných koreňov, vyjadrenej napríklad hmotnosťou jemných koreňov na jednotku plochy porastu alebo na jednotku objemu pôdy má dva základné zdroje. Prvým je heterogenita pôdneho prostredia s jeho výraznou stratifikáciou a rôzne veľkým podielom skeletu. Druhou je heterogenita porastu, nerovnomerné rozmiestnenie stromov po ploche a ich často veľmi rozdielne rozmery (KÖSTLER et al. 1968). Vzhľadom na to, že koreňový systém nie je v jeho prirodzenom uložení pozorovateľný vizuálne, je určenie rozmiestnenia koreňov problematické. Distribúcia jemných koreňov je ešte viac komplikovaná tým, že jemné korene nie sú rozmiestnené v rámci konkrétneho koreňového systému rovnomerne, ale aj z hľadiska rozmiestnenia vo vertikálnom aj v horizontálnom smere sa riadia inými zákonitostami, ako hrubé – kostrové korene.

V odbornej literatúre nie je veľa informácií o horizontálnej distribúcii jemných koreňov (BÖHM 1979, NIELSEN, MACKETHUN 1990, AMMER, WAGNER 2002). Dôvodom sú spomenuté metodické problémy identifikácie príslušnosti jednotlivých jemných koreňov ku konkrétnemu stromu. Na druhej strane je poznanie obrazu distribúcie jemných koreňov dospelých stromov v poraste dôležité pre plánovanie resp. posudzovanie odrastania prirodzenej obnovy stromov, zakladania predsa-

dieb a podsadieb, prípadne pre ovplyvňovanie rozmiestnenia stromov v rôznych vrstvách výškovo a vekovo diferencovaných porastov. Východiskom riešenia problému priestorovej distribúcie jemných koreňov môžu byť modely horizontálnej distribúcie. Všetky existujúce relevantné modely pre smrek, resp. dreviny s plochým koreňovým systémom vychádzajú z niekoľkých spoločných predpokladov (AMMER, WAGNER 2002):

- biomasa jemných koreňov sa znižuje s rastúcou vzdialenosťou od päty kmeňa,
- maximálny bočný dosah jemných koreňov presahuje horizontálny priemet koruny stromu,
- biomasa jemných koreňov rastie so zväčšujúcou sa hrúbkou stromu.

Okrem týchto predpokladov platí, že pokles koncentrácie jemných koreňov väčšinou nie je monotónny a najvyššia koncentrácia jemných koreňov sa nevyskytuje bezprostredne pri päte kmeňa, ale v určitej vzdialenosti od nej (KÖSTLER et al. 1968).

Vertikálna distribúcia jemných koreňov je charakteristická úbytkom koncentrácie jemných koreňov smerom do hĺbky v pôde bez ohľadu na polohu bodu hodnotenia (miesta odberu koreňovej sondy) voči okolitým stromom a rozdielna je len rýchlosť úbytku. Na vyjadrenie poklesu koncentrácie v smere do hĺbky sa používajú monotónne klesajúce funkcie. Príkladom je závislosť kumulatívneho podielu jemných koreňov od hĺbky v pôde, vyjadrená funkciou [1]

$$y = 1 - \beta^d \dots\dots\dots [1]$$

kde  $y$  je kumulatívny podiel jemných koreňov,  $\beta$  je parameter funkcie charakterizujúci rýchlosť poklesu v smere do hĺbky a v konečnom dôsledku dosiahnutú hĺbku a  $d$  je hĺbka v pôde (GALE, GRIGAL 1987).

Modely horizontálnej distribúcie sú pomerne zložitejšie a zahŕňajú riešenie dvoch základných problémov. Prvým je prisúdenie podielu resp. priamo kvantity jemných koreňov v určitom bode v poraste konkrétnym okolostojacim stromom podľa ich veľkosti a rozmiestnenia. Druhým problémom je popis parametrov (jemného) koreňového systému, predovšetkým jeho maximálneho bočného dosahu, kvantity jemných koreňov v závislosti od vzdialenosti od päty kmeňa. V podstate sa jedná o popis tvaru, ktorý vytvára frakcia jemných koreňov (BÖHM 1979) v pôdnom priestore. Pri porovnávaní modelov rôznych autorov je treba zohľadniť, akú veličinu daný model vlastne predikuje. Väčšinou sa jedná buď o rozdelenie samotnej biomasy jemných koreňov, alebo o rozdelenie biomasy jemných koreňov v prepočte na jednotku plochy, uvádzanú najčastejšie v  $\text{g.m}^{-2}$ .

RIBBENS et al. (1994) predpokladajú pri svojom modeli monotónny pokles koncentrácie jemných koreňov pre jednotlivý strom, ktorý je možné opísať funkciou:

$$y = e^{-Dx^\theta} \dots\dots\dots [2]$$

Ribbensov model vychádza z dvoch predpokladov, ktoré sa môžu považovať za sporné. Predpokladá, že v rovnovke poraste je maximálna vzdialenosť, tj. do-

sah jemných koreňov daného stromu od päty jeho kmeňa rovnaká pri všetkých stromoch. Ďalším diskutabilným predpokladom je práve monotónny pokles biomasy jemných koreňov v smere od päty kmeňa k okraju koreňového systému. Ribbensov model uvažuje s tým, že koncentrácia jemných koreňov je závislá od hrúbok jednotlivých stromov, tj. že biomasa jemných koreňov stromov stúpa so stúpajúcou hrúbkou stromov.

AMMER, WAGNER (2002) považujú polynomicke funkciu za vhodnú pre opis tvaru závislosti koncentrácie jemných koreňov od vzdialenosti od päty kmeňa. Model počíta s klesajúcim rozdelením koncentrácií jemných koreňov, pričom zohľadňuje jednak to, že maximálny dosah jemných koreňov je pri stromoch s väčšou hrúbkou väčší a tiež, že východisková koncentrácia pri päte kmeňa je pri hrubších stromoch vyššia ako pri tenkých. Relatívna koncentrácia jemných koreňov ( $rFRB_0$ ) pri päte kmeňa pre strom s hrúbkou 60 cm má hodnotu 1,0. Hodnota ( $rFRB_0$ ) pre strom s ľubovoľným priemerom je:

$$rFRB_0 = \left( \frac{d_{1,3}}{60} \right) \dots\dots\dots [3],$$

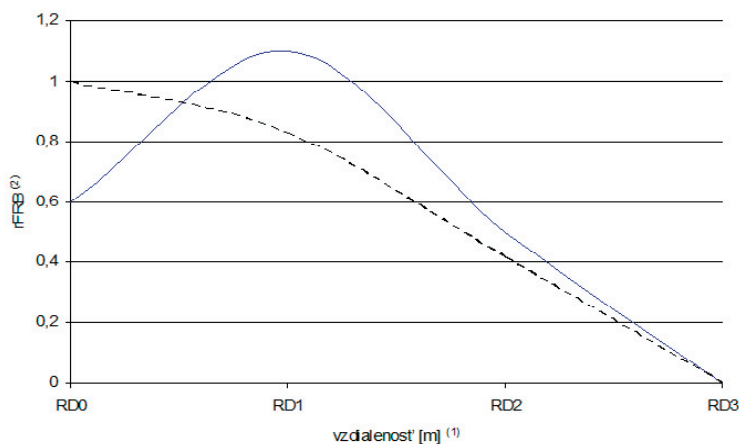
Hrúbka stromu ovplyvňuje okrem východiskovej hodnoty  $rFRB_0$  aj maximálnu vzdialenosť koreňov od päty kmeňa, ktorá sa vypočíta podľa vzťahu:

$$y = \frac{d_{1,3}}{6} \dots\dots\dots [4]$$

kde  $y$  je maximálna vzdialenosť koreňov od päty stromu a  $d_{1,3}$  je hrúbka stromu v cm. Tieto dve hodnoty ovplyvňujú celkový tvar rozdelenie koncentrácií jemných koreňov v pôde v závislosti od rozmiestnenia stromov v poraste a ich hrúbok po ploche. Model predpokladá taký pokles  $rFRB$ , kedy sa vo vzdialenosti rovnej 1/3 maximálneho dosahu koreňov [4] od päty kmeňa nachádza  $0,83 \times rFRB_0$  a vo vzdialenosti 2/3 od päty kmeňa sa nachádza  $0,5 \times 0,83 \times rFRB_0$ . AMMER, WAGNER (2005) tiež použili upravený model ktorý nepočíta s monotónnym poklesom, ale predpokladá, že vo vzdialenosti 1/3 z maximálneho dosahu koreňov sa nachádza koncentrácia rovná  $5/3 \times rFRB_0$  a vo vzdialenosti 2/3 od päty je to  $5/6 \times rFRB_0$  (obr. 1). Hodnota  $rFRB_0$  sa vypočíta podľa vzťahu [5]

$$rFRB_0 = \left( \frac{d_{1,3}}{100} \right) \dots\dots\dots [5]$$

Zároveň je model modifikovaný o zohľadnenie konkurencie v koreňovom priestore. Vychádza sa zo skúsenosti, že rast jemných koreňov stromov je stimulovaný odstránením konkurujúcich stromov. Z tohto dôvodu je možné predpokladať, že biomasa jemných koreňov jedného stromu je negatívne ovplyvnená prítomnosťou iných stromov v jeho okolí.



Obr. 1: Modely dvoch rozdielnych priebehov relatívnych koncentrácií jemných koreňov pre strom s hrúbkou 60 cm. Obidve krivky vychádzajú z polynomickej funkcie tretieho stupňa. Prerušovaná čiara znázorňuje priebeh funkcie v prípade, že  $rFRB_1 = 0,83 \cdot rFRB_0$ , kde  $rFRB$  je vypočítaná podľa vzťahu [6] plná čiara je priebeh v prípade že  $rFRB_1 = 5/3 \cdot rFRB_0$  a  $rFRB$  je vypočítaná podľa vzťahu [8]. RD3 je maximálny dosah jemných koreňov, RD0 je päta kmeňa, RD1 a RD2 sú vzdialenosti rovné  $1/3$  a  $2/3 \cdot RD3$  (AMMER, WAGNER 2002)

*Models of two different relative fine root biomasses for a tree with the DBH of 60 cm. Both curves are based on 3rd degree polynomial. Dashed line refers to the function in the case  $rFRB_1 = 0,83 \cdot rFRB_0$ , where  $rFRB$  is calculated according to the formula [6], solid line is the course in the case  $rFRB_1 = 5/3 \cdot rFRB_0$  and  $rFRB$  is calculated according to the formula [8]*

*(1) BHD depended relative rooting distance, (2) relative fine root biomass, RD0 is the tree trunk, RD3 is the maximum root distance, DR1 a DR2 are distances at  $1/3$  and  $2/3$  of RD3 (Ammer, Wagner 2002)*

Hustota nadzemnej časti lesného porastu, vyjadrená počtom stromov na jednotku plochy, ich kruhovou základňou prípadne objemom nachádza odraz v kvantitatívnych a morfológických parametroch koreňových systémov jednotlivých stromov aj celého porastu. Cieľom našej práce bolo zistenie vplyvu hustoty porastu na horizontálnu distribúciu jemných koreňov smreka. Naším zámerom bolo porovnanie intenzity prekorenenia pôdneho priestoru v prípade modelového smreka ( $d_{1,3} = 60$  cm), ďalej išlo o porovnanie dosahu jemných koreňov na plochách s rôznou hustotou a stanovenie priemernej biomasy jemných koreňov, ktorá pripadá na jeden štandardný strom.

## MATERIÁL A METODIKA

### Miesto výskumu

Sledované porasty sa nachádzajú na území lesného závodu Rimavská Sobota, lesného hospodárskeho celku Klenovec a lesnej správy Klenovec. Jedná sa o účelové lesy s vodohospodárskou funkciou v prvom pásme hygienickej ochrany vodáren-

skej nádrže Klenovec. Povodie vodárenskej nádrže a jej prítokov leží v orografickej sústave Slovenského Rudohoria, geomorfologickom celku Veporské vrchy, podcelok Balocké vrchy, podcelok Klenovské vrchy. Vodná nádrž Klenovec a jej prítoky sa nachádzajú v povodí Hrona, v čiastkovom povodí Slaná, v základnom povodí Rimava, samotná vodná nádrž je vybudovaná na Klenovskej Rimave. Najvyšším bodom v skúmanej oblasti je Klenovský Vepor (1356 m n. m.). Vodárenská nádrž Klenovec bola vybudovaná v rokoch 1968 až 1974, jej prevádzka začala v roku ukončenia výstavby. Účelom stavby bolo vytvoriť vodárenskú nádrž s prioritným vodárenským využitím pre potreby Rimavskosobotského skupinového vodovodu.

Odbery vzoriek sa robili na trvalých výskumných plochách č. 3 (riedka plocha) a č. 5 (hustá plocha), ktoré sa nachádzajú na pravobrežnej strane vodárenskej nádrže, v poraste č. 29. Porast má 35 rokov, zakmenenie 0,80, expozícia východná, sklon 25 %, drevinové zloženie: smrek 95 %, duglaska 5 %. Porast má nerovnomerné zakmenenie, rôznoveký, miestami je redší, po kalamite. Na TVP č. 3 sa nachádza starší zmiešaný porast smreka s nepatrnou prímiesou duglasky, značne prerieđený, priemerná hrúbka 26,5 cm, priemerná výška je 25 m. TVP č. 5 je tvorený mladším hustejším rovnomerným smrekovým porastom s priemernou hrúbkou 21,5 cm a priemernou výškou 23,2 m. Základná biometrická charakteristika smrekového porastu na obidvoch plochách je uvedená v tab. 1.

Tab. 1: Hlavné dendrometrické charakteristiky na skúmaných plochách v smrekových porastoch v ochrannom pásme vodohospodárskej nádrže Klenovec  
*Basic stand characteristics of the surveyed plots in the Norway spruce stands in the protection zone of water reservoir Klenovec*

Plocha <sup>1</sup>	Počet stromov <sup>2</sup> [ks.ha <sup>-1</sup> ]	Kruhová základňa <sup>3</sup> [m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ]	Priemerná hrúbka <sup>4</sup> [cm]	Priemerná výška <sup>5</sup> [m]	Suma koronových projekcií <sup>6</sup> [m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ]
Hustá <sup>7</sup>	1 133	44,9	21,4	25,0	6 990
Riedka <sup>8</sup>	500	27,8	26,5	23,3	5 995

<sup>1</sup> Plot, <sup>2</sup> Stem number, <sup>3</sup> Basal area, <sup>4</sup> Mean DBH, <sup>5</sup> Mean height, <sup>6</sup>Crown projection area, <sup>7</sup> High density plot, <sup>8</sup> Low density plot

### Odber koreňov a spracovanie vzoriek

Biomasa a nekromasa jemných koreňov sa stanovovala zo vzoriek odoberateľných z obidvoch porastov v októbri 2010. V každom z porastov bola vytýčená jedna línia a v rámci nej bolo v rozstupe 4 metrov označených 5 miest pre odber jemných koreňov pomocou dutého vrtáka s vnútorným priemerom 8 cm. Pozícia miesta odberu voči okolito stojacim stromom bola zameraná. Vzorka nadložného humusu a zeminy v tvare valca s rozmermi 8 × 40 cm, vybratá z pôdy v prirodzenom uložení bola rozdelená do vrstiev podľa hĺbky nasledovne: nadložný humus, 0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm and 30–40 cm. Hĺbka sa merala od rozhrania medzi vrstvou nadložného humusu a A-horizontu minerálnej pôdy. Vzorky sa po rozdelení uložili do plastových vreciek a skladovali pri teplote do 4 °C do času ana-

lýzy, maximálne však tri týždne. Pri spracovaní sa vzorka najprv rozplaví a následne premyje vodou na site s veľkosťou oka 1 mm. Počas premývania sa jemné korene vyberú pinzetou zo zvyškov zeminy. Delenie na kategóriu živých a odumretých koreňov sa vykonalo podľa bežne používaných kritérií na identifikáciu živých a odumretých koreňov a ich častí. (GÖBL, 1995). Do ďalšieho hodnotenia pomocou modelov zistených hodnôt je zahrnutá len biomasa, tj. len živé jemné korene smreka. Nekromasa predstavuje hmotnosť odumretých jemných koreňov a ich fragmentov, ktoré boli dlhšie ako 10 mm. Tým, že pri spracovaní vzoriek nie je možné spoľahlivo zachytiť fragmenty kratšie ako 10 mm dochádza k podhodnoteniu nekromasy (BAUHUS, BARTSCH 1996), na druhej strane ale v odbornej literatúre neexistuje konsenzus o tom, či sa má táto frakcia považovať na jemné korene alebo už za súčasť humusu.

Vymyté a roztriedené korene sa sušili tri dni pri teplote 70 °C, čím sa dostiahla ich konštantná hmotnosť. Po vysušení bola biomasa aj nekromasa odvážená s presnosťou na 0,1 mg.

### Popis použitého modelu

Pre zistenie biomasy jemných koreňov pripadajúcich na jednotlivé stromy, resp. „štandardný“ strom s hrúbkou 60 cm sa použil polynomický model, ktorý popisujú AMMER, WAGNER (2002). Model je založený na monotónne klesajúcej polynomickej funkcii tretieho stupňa v tvare:

$$y = b_0 + b_1(x - x_0) + b_2(x - x_0)(x - x_1) + b_3(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) \dots \dots \dots [9]$$

kde:  $y$  je biomasa jemných koreňov vyjadrená v  $\text{g.m}^{-2}$  vo vzdialenosti  $x$  od päty kmeňa, koeficienty  $b$  sú relatívne (bezrozmerné) biomasy jemných koreňov vzťahované k biomase stromu s hrúbkou 60 cm. Model je detailne opísaný v práci AMMER, WAGNER (2002)

Maximálny dosah jemných koreňov stromu sa vypočíta podľa vzťahu [7]. Povrch rotujúcej funkcie [9] predstavuje biomasu jemných koreňov jedného stromu.

Pre každý jeden strom stojaci na ploche bola vypočítaná biomasa jeho živých jemných koreňov a rovnako bola vypočítaná biomasa pre jeden modelový strom na danej ploche. V poslednom kroku boli vypočítané priebehy kriviek koncentrácií jemných koreňov modelových stromov pre obidve plochy.

### VÝSLEDKY

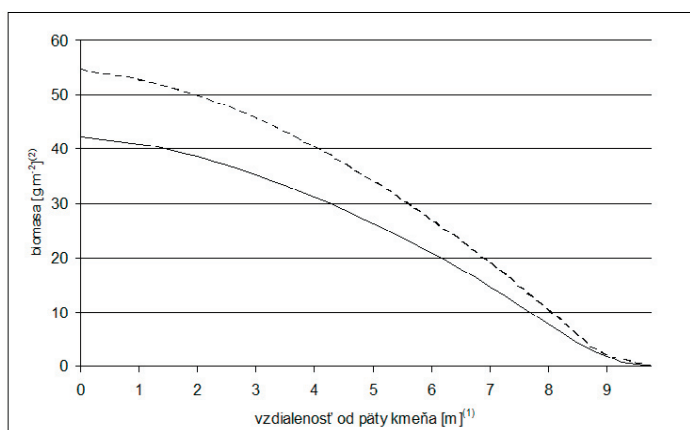
Priemerná hmotnosť nekromasy a biomasy jemných koreňov na riedkej ploche predstavuje spolu  $1\,785 \text{ kg.ha}^{-1}$ , biomasa tvorí viac ako 90% ( $1\,613 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) z celkovej hmotností. Na hustej ploche predstavovala celková hmotnosť  $2\,631 \text{ kg.ha}^{-1}$ , z toho biomasa tvorí  $2\,205 \text{ kg.ha}^{-1}$  (84 %). Viac ako polovica živých jemných koreňov je sústredených vo vrstve do 20 cm (tab. 2). V nadložnom humuse na riedkej ploche neboli zistené žiadne jemné korene smreka. Rozdiely v biomase, nekromase a celkovej hmotnosti koreňov na 1 ha nie sú na základe výsledkov t-testu štatisticky významné.

Tab. 2: Biomasa v kg na 1 ha porastu a koncentrácie jemných koreňov v mg jemných koreňov na 100 cm<sup>3</sup> zeminy na výskumných plochách v jednotlivých skúmaných pôdnych vrstvách. Údaj o koncentrácii za celý profil predstavuje vážený aritmetický priemer koncentrácií po vrstvách, kde váhou bola hrúbka vrstvy,  $s_x$  je smerodajná odchýlka

*Biomass in kg per 1 ha of the stand area and the fine root concentrations in mg of fine roots per 100 cm<sup>3</sup> of the soil in the research plots in particular soil layers. The concentration of the entire profile is calculated as the weighted arithmetic mean of the concentrations according to the layers, where the weight was the layer thickness*

	Biomasa jemných koreňov <sup>1</sup> [kg.ha <sup>-1</sup> ]				Koncentrácia <sup>2</sup> [mg. koreňov na 100 cm <sup>3</sup> zeminy]			
	Riedka plocha <sup>4</sup>		Hustá plocha <sup>5</sup>		Riedka plocha		Hustá plocha	
	Priemer <sup>6</sup>	$s_x$ <sup>7</sup>	Priemer	$s_x$	Priemer	$s_x$	Priemer	$s_x$
OF + OH	0	0	138,6	158,6	0	0	81,5	50,3
0 - 5 cm	478,9	332,0	949,3	560,0	95,7	66,4	189,8	112,0
5 - 10 cm	370,4	356,3	446,2	487,6	74,0	71,2	89,2	97,5
10 - 20 cm	321,6	302,7	457,9	152,5	32,1	30,2	45,7	15,2
20 - 30 cm	387,5	619,1	176,8	228,9	38,7	61,9	17,6	22,8
30 - 40 cm	54,5	61,8	36	30,2	5,4	6,1	3,6	3,0
Celý profil <sup>3</sup>	1 612,9	967,2	2 204,9	964,7	39,3		52,3	

<sup>1</sup>fine root biomass, <sup>2</sup> fine root concentration, <sup>3</sup> entire profile, <sup>4</sup> low density plot, <sup>5</sup> high density plot, <sup>6</sup> mean, <sup>7</sup> standard deviation



Obr. 2: Biomasa jemných koreňov na 1 m<sup>2</sup> v závislosti od vzdialenosti od päty kmeňa pre modelový strom s hrúbkou 60 cm. Prerušovaná čiara predstavuje riedku plochu, súvislá čiara je hustá plocha

*Distance dependent fine root biomass per 1m<sup>2</sup> calculated per standard tree with DBH of 60 cm. Dashed line refers to the low density plot, solid line refers to the high density plot.*

<sup>1)</sup>distance from tree trunk, <sup>2)</sup>fine root biomass

Biomasa jemných koreňov pripadajúca na jeden strom s hrúbkou 60 cm je na riedkej ploche 6,658 g a na hustej ploche 5,152 g. Predpokladaný rovnaký bočný dosah jemných koreňov modelových stromov je 10 metrov pre obidve plochy. Z toho vyplývajú rozdielne koncentrácie jemných koreňov pre modelový strom na oboch plochách (obr. 2). Východisková koncentrácia jemných koreňov je na hustej ploche nižšia a predstavuje cca 77% z hodnoty na riedkej ploche.

Pôdny profil je na obidvoch plochách dokonale obsadený jemnými koreňmi. Ak sa platí, že bočný dosah je závislý od hrúbky stromov podľa vzťahu [7], potom predstavuje vypočítaná suma plôch koreňových systémov na hustej ploche 50 017 m<sup>2</sup> a na riedkej ploche 30 848 m<sup>2</sup> na 1 ha porastovej plochy. Napriek takémuto intenzívnemu prekrytiu koreňových systémov nie je prekorenenie pôdneho priestoru homogénne, čo dokumentujú tiež vysoké hodnoty smerodajných odchýlok biomasy a koncentrácií jemných koreňov.

Na hustej ploche predstavujú stromy s hrúbkou do 20 cm 42% z počtu ale tvoria iba necelých 22% biomasy jemných koreňov. Na druhej strane tvoria stromy s hrúbkou väčšou ako 30 cm menej ako 10% z počtu, ale viac ako 38% biomasy jemných koreňov.

## DISKUSIA

Biomasy jemných koreňov zistené na obidvoch plochách korešpondujú s údajmi o kvantite biomasy jemných koreňov, ktoré pre smrekové porasty v podobných stanovištných podmienkach uvádzajú MURACH 1991, AMMER, WAGNER 2002, JACKSON et al. 1996, GADOW, MURACH 2002 v rozpätí od 1 500 do viac ako 5 000 kg.ha<sup>-1</sup>. Rovnako aj vysoká variabilita biomás prípadne koncentrácií koreňov je prirodzeným a výskumne zdokumentovaným javom. Dôležitým zdrojom vysokej variability je nerovnomerné rozmiestnenie stromov po ploche a ich často výrazne diferencované dimenzie. NIELSEN, MACKENTHUN (1991) zistili, že podľa okolností je podiel variability biomasy jemných koreňov vysvetliteľnej rozstupmi a hrúbkami stromov je 26–84%. Takýto vysoký podiel a teda v podstate rušivý vplyv obidvoch spomenutých faktorov spôsobuje, že je veľmi ťažké zistiť súvislosť medzi chemickými alebo fyzikálnymi vlastnosťami pôdy a parametrami jemných koreňov. Vytvorenie modelov horizontálnej distribúcie jemných koreňov je motivované možnosťou ich využitia na izolovanie vplyvov heterogenity nadzemnej časti porastu na koreňové systémy.

Biomasa jemných koreňov pripadajúca na jeden modelový strom na hustej a riedkej ploche zodpovedá hodnotám ktoré prezentujú AMMER, WAGNER (2002) ako aj NIELSEN, MACKENTHUN (1990). AMMER, WAGNER(2002) uvádzajú pre plochu s biomasou 2 404 kg.ha<sup>-1</sup> (240,4 g.m<sup>-2</sup>) a 545 stromov na 1 ha modelovú hmotnosť 1 831 g jemných koreňov pre strom s hrúbkou 30 cm (Ribbensov model). V našom prípade bola pri použití polynomickeho modelu vypočítaná biomasa 1 166 g jemných koreňov pre strom s hrúbkou 30 cm.

Rozdielna hustota porastu na skúmaných plochách sa prejavila jednak v rozdielnej empiricky zistenej biomase koreňov, ako aj v rozdieloch v poklese biomasy v smere od kmeňa modelových stromov s hrúbkou 60 cm. Rozdiely v koreňových



systémoch sú však menšie v porovnaní s rozdielmi v nadzemných častiach a to jednak v biomase jemných koreňov pripadajúcej na jeden modelový strom, ako aj v modelových závislostiach biomasy od vzdialenosti od päty kmeňa. Viac ako dvojnásobný počet stromov v prepočte na 1 ha na hustej ploche v porovnaní s riedkou sa odráža vo vyššom prekrytí ich jemných koreňových systémov. Výsledkom prekrytia koreňových systémov spolu s nižšou biomasou jemných koreňov na 1 modelový strom je nižšia skutočná variabilita biomasy jemných koreňov, tj. homogénnejšie prekorenenie pôdy na hustej ploche. Na druhej strane sa pri menej ako polovičnej hustote riedkej plochy dosahuje úplné využitie pôdneho priestoru, hlavne vďaka prítomnosti vyššieho počtu hrubších stromov. Tenké stromy s hrúbkami do 20 cm síce výrazne zvyšujú hustotu nadzemnej časti, ale málo ovplyvňujú celkovú biomasu jemných koreňov.

#### ZÁVER

Rozdielna hustota smrekového porastu v rastovej fáze tenkej kmeňoviny je výsledok výchovných zásahov, ktorých cieľom je ovplyvnenie objemovej produkcie, stability, kvality a funkčnej účinnosti porastov. Okrem toho, že sa rozdiely v hustote odrazia v tvare kmeňa a koruny, zmenia sa aj kvantitatívne a morfológické vlastnosti koreňových systémov, vrátane jemných koreňov. Prekrytie a vzájomné ovplyvňovanie koreňových systémov je vzhľadom na limitovaný pôdny priestor väčšie ako ovplyvňovanie v korunovom priestore porastu. Zároveň platí, že stromy s rovnakými hrúbkami sa pri predpokladanom rovnako veľkom obsadenom pôdnom priestore líšia v kvantite jemných koreňov a teda aj v intenzite prekorenenia.

Homogénne prekorenenie pôdneho priestoru, fixáciu pôdy a udržiavanie vhodných fyzikálnych vlastností (pórovitosti) pôdy pre zabezpečenie transformácie povrchového odtoku vody na podpovrchový je možné dosiahnuť aj pri takom pestovnom režime v poraste, ktorého výsledkom je nižší počet stromov s väčšou hrúbkou.

#### POĎAKOVANIE

Práca vznikla vďaka podpore projektu VEGA, číslo 1/0809/09.

#### LITERATÚRA

- AMMER CH., WAGNER S. 2002. Problems and options in modeling fine root biomass of single mature Norway spruce trees at given points from stand data. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: s. 581-590.
- AMMER CH., WAGNER S. 2005. An approach for modeling the mean fine-root biomass of Norway spruce stands. *Trees*, 19: s. 145-153.
- BAUHUS J., BARTSCH N. 1996. Fine root growth in beech (*Fagus sylvatica*) forest gaps. *Canadian Journal of Forest Research*, 26: s. 2153-2159.
- BÖHM W. 1979. *Methods of studying root systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York: s. 1-50.
- GALE M. R., GRIGAL D. F. 1987. Vertical root distributions of northern tree species in relation to successional status. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: s. 829-834.

- GADOW K. V., MURACH D. 2002. Strukturodynamik in Abhängigkeit von Standortseigenschaften, Baumarten und Mischungsanteilen. Arbeitsbericht des Teilvorhabens FO-2.1: s. 1-13.
- GÖBL F. 1995. Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen in einem Wald- und Weidegebiet. FBVA Berichte, 87: s. 201-213.
- JACKSON R. B., CANADELL J., EHLERINGER J. R., MOONEY H. A., SALA O. E., SCHULZE E. D. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108: s.389-411.
- JAKUBIS M., TRNAVSKÝ P. 2000. Výskum prítokov vodárenskej nádrže Klenovec z hľadiska stupňa ustálenosti korýt. *Acta facultatis forestalis*, 42: s. 355-366.
- KÖSTLER J. N., BRÜCKNER E., BIBELRIETHER H. 1968. Die Wurzel der Waldbäume. Paul-Parey-Verlag. Berlin, Hamburg: 282 s.
- MURACH D. 1991. Feinwurzelumsätze auf bodensauereren Fichtenstandorten. *Forstarchiv* 62(1): s. 12-17.
- NIELSEN C. CH. N., MACKENTHUN G. 1990. Die horizontale Feinwurzelintensität in Waldböden in Abhängigkeit von der Bestockungsdichte. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 162 (5-6): s. 112-119.
- RIBBENS E., SILANDER J. A., PACALA S. W. 1994. Seedling recruitment in forests: calibrating models to predict patterns of tree seedling dispersion. *Ecology* 75: s. 1794-1806.

**Adresa autorov:**

*Ing. Stanislav Kucbel, Ph.D.,*

*Ing. Peter Jaloviar, Ph.D.,*

*Ing. Jozef Špišák,*

*Katedra pestovania lesa, lesnícka fakulta, Technická Univerzita,*

*Masarykova 24, 960 53 Zvolen*