

PRYSKYŘIČNÉ KANÁLKY U SMRKU (*PICEA ABIES* /L./ KARST.) S VÝSKYTEM REAKČNÍHO DŘEVA

V. Gryc, P. Horáček

Došlo: 24. srpna 2004

Abstract

GRYC, V., HORÁČEK, P.: *Resin canals in spruce (Picea abies /L./ Karst.) with the occurrence of reaction wood*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 1, pp. 85-92

The paper was aimed at the determination of variability of horizontal resin canal dimension in spruce wood in relation to the position in a spruce stem. Significant changes of dimensions in horizontal resin canal along the stem length and radius were found. On the basis obtained of results 3D models (for CW, OW, SWL and SWP zones) describing changes in resin canal dimensions in spruce in relation to the position in a stem were created. In the models, the resin canal dimension decreases with the height of a stem and on the other hand, with an increasing distance from the stem pith the dimension of resin canal increases. The importance of the paper consists in the enlargement of findings about the structure of spruce with compression wood.

spruce, horizontal resin canal, compression wood

Smrk obecný (*Picea abies* /L./ Karst.) patří k nejvýznamnější hospodářské dřevině nejen v České republice, ale i v ostatních státech střední Evropy. Plošné zastoupení v roce 2002 bylo 53,8 % z celkové plochy českých a moravských lesů (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2002).

Pro vysvětlení vlastností dřeva a pro potřeby technologického zpracování dřeva je nutné se zabývat nejen makroskopickou, ale i mikroskopickou stavbou dřeva (např. délka tracheid v papírenském průmyslu, dřevovláknité desky; četnost pryskyřičných kanálků – vliv na obráběcí nástroje).

Stavbu jehličnatého dřeva tvoří pouze dva typy anatomických elementů: tracheidy a parenchymatické buňky (Wagenführ, 1999). Tracheidy jsou hlavní stavební složkou dřeva a jejich procentický podíl ve dřevě se pohybuje v rozmezí 90–94 % (Wagenführ, 1999; Matovič a Gandelová, 1980; Balabán, 1955; Kollmann, 1951; Trendelenburg, 1939). Zbylý pro-

centický podíl ve dřevě tvoří parenchymatické buňky, které se podílejí na stavbě dřeňových paprsků, axiálního dřevního parenchymu a na stavbě pryskyřičných kanálků.

Pryskyřičné kanálky jsou typickým znakem pro rody: *Larix*, *Picea* a *Pseudotsuga*. Pryskyřiční kanálky se nevyskytují v rodech *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Juniperus*, *Taxus*, *Araucaria*, *Chamaecyparis*, *Thuja* a *Tsuga* (Timell, 1986; Dewitz, 1969). Ve dřevě plní pryskyřičné kanálky přirozenou ochrannou funkci. Procentický podíl pryskyřičných kanálků ve dřevě je velmi malý – 0,4 % (Wagenführ, 1996).

Ve dřevě je možné vylišit horizontální a vertikální pryskyřičné kanálky (Wagenführ, 1996; Schweingruber, 1978; Jacquot, 1955). Vertikální pryskyřiční kanálky jsou orientovány rovnoběžně s osou kmene, zatímco horizontální pryskyřičné kanálky jsou orientovány kolmo na osu kmene. Horizontální a vertikální pryskyřiční kanálky jsou navzájem propojeny a vy-

tvářejí tak souvislou síť pryskyřičných kanálků ve dřevě (Bossard, 1982; Bossard a Hug, 1980). Vertikální pryskyřičné kanálky jsou lokalizovány převážně jednotlivě do oblasti letního dřeva. Horizontální pryskyřičné kanálky jsou uloženy ve středu vícevrstevného dřevového paprsku (Wagenführ, 1989; Jacquot, 1955). Průměr pryskyřičných kanálků se pohybuje v rozmezí 30–150 μm (Wagenführ, 1996; Jacquot, 1955). V případě poranění kambia se vyskytují tzv. traumatické vertikální pryskyřičné kanálky, které vytvářejí vertikální tangenciální řady (Timell, 1986; Schweingruber, 1978).

Vlivem nepříznivých růstových faktorů během růstu stromu dochází ke vzniku reakčního dřeva. Mezi základní vlivy, které přispívají ke tvorbě reakčního dřeva, jsou vítr, zatížení sněhem, nesouměrná stavba koruny nebo růst na nestabilních šikmých svazích (Schweingruber, 1993; Timell, 1986; Douda, 1948). U některých nahosemenných rostlin dochází ke vzniku reakčního dřeva, které je nazýváno dřevem tlakovým (Timell, 1986). Tlakové dřevo je tvořeno na spodní straně ohýbaných kmenů a větví (Wagenführ, 1999; Timell, 1986; Kolman, 1951; Trendelenburg, 1939).

Autoři definují tlakové dřevo jako místo, které vykazuje tmavě načervenalou barvu v porovnání s okolním dřevem a letokruhy jsou podstatně širší než v normálním dřevě. Reakční dřevo je často doprovázeno excentricky uloženou dření (Trendelenburg, 1939; Kolman, 1951; Butterfield a Meylan, 1980; Timell, 1986; Schweingruber, 1993; Wagenführ, 1999).

V oblasti mikroskopické stavby dřeva dochází k modifikaci především tracheid (Seth et. al. 1977; Timell, 1986), parenchymatické buňky nejsou změněny (Timell, 1986). Vztah mezi počtem pryskyřičných kanálků a tlakovým dřevem je nejistý. Onaka (1949) pozoroval u *Larix gmelinii* v tlakovém dřevě zvýšený počet horizontálních pryskyřičných kanálků. Stejný autor ovšem v tlakovém dřevě *Pinus parviflora* zjistil menší počet horizontálních pryskyřičných kanálků. U *Pinus densiflora* našel Onaka (1949) stejný počet horizontálních pryskyřičných kanálků na ploše cm^2 .

Cílem práce je popsat variabilitu (průměr) horizontálních pryskyřičných kanálků ve kmeni smrku s vý-

skytem reakčního dřeva. Dalším cílem je zjistit, zda existuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými zónami v kmeni.

MATERIÁL A METODIKA

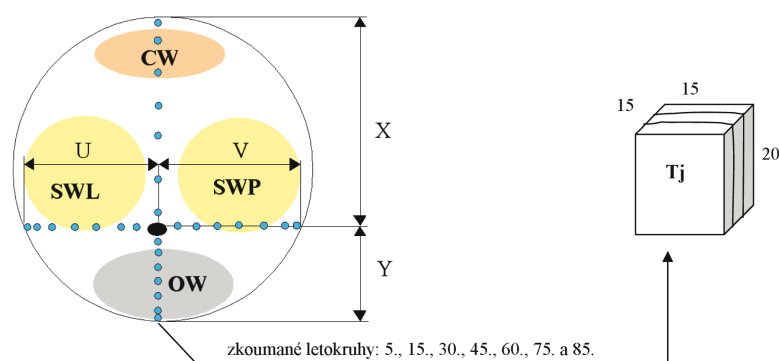
Na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny – MZLU v Brně, polesí Habrůvka, byl vybrán jeden vzorníkový smrk (*Picea abies*) s předpokladem výskytu reakčního dřeva. Byl vybrán strom, jehož osa kmene je odchýlena od směru zemské tíže. Vybraný strom měl věk kolem 110 let. Celková výška stromu byla 33 m (Obr. 1).

Ze stromu bylo odebráno osm výřezových kotoučů o tloušťce 100 mm, od báze kmene z výšky: 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20 a 22 m. Na každém kotouči byl vyznačen směr měření: zóna reakčního dřeva (X), protilehlá zóna (Y) a dvě zóny postranní (U a V), Obr. 2.

Pro popis variability horizontálních pryskyřičných kanálků v závislosti na umístění v kmeni byly odebrány vzorky dřeva v příslušných zónách (CW, OW, SWL a SWP), letokruzích 5., 15., 30., 45., 60., 75. a 85. počítáno od kambia a výškách (6, 8, 10, 12, 15, 18, 20 a 22 m). Odebrané vzorky dřeva měly příčné rozměry 15 x 15 mm a délku 20 mm, Obr. 3.



1: Postavení vybraného stromu v porostu (vybraný strom je označen šipkou)



2: Odběrová místa na výřezu, rozměry odebraného vzorku (mm)

X, Y, U, V – směry měření, CW – zóna tlakového dřeva, OW – zóna protilehlá, SWL a SWP – zóny postranního dřeva, ● – zkoumané letokruhy, Tj – tangenciální plocha jarního dřeva

Pro výrobu trvalých mikroskopických preparátů bylo nutné vzorky vložit do směsi vody a glycerolu a pod zpětným chladičem vařit (měkčení vzorků). Po změkčení byly vzorky upnuty do mikrotomu (typ: Leica SM2000R) a byl zhotoven tangenciální řez. Tangenciální řez byl veden v oblasti jarního dřeva. Tangenciální řezy měl tloušťku 18–20 μm . Získané řezy byly obarveny (safraninem), odvodněny (alkoholová řada; Wagenführ, 1999) a zamontovány pomocí kanadského balzámu mezi podložní a krycí sklo.

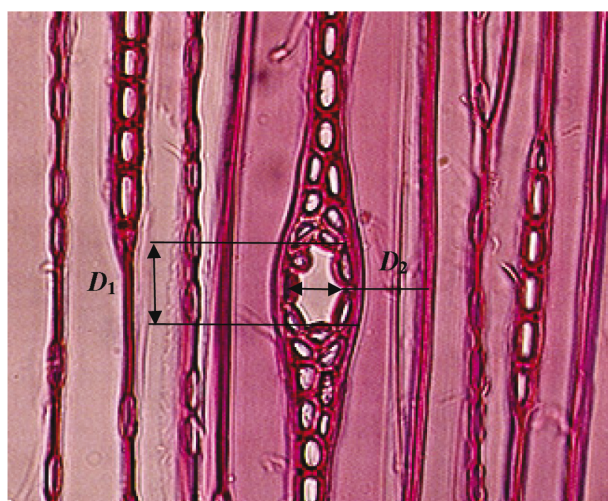
Po vytvrnutí trvalého preparátu byly tangenciální řezy v Biometrické laboratoři pomocí digitální kamery nasnímány. Snímky byly vyhodnocovány pomocí programu Lucie. Na každém tangenciálním řezu byly

změřeny všechny pryskyřičné kanálky. Na každém pryskyřičném kanálku byl změřen horizontální a vertikální průměr (Obr. 3). Průměrný rozměr pryskyřičného kanálku (μm) byl vypočten podle vztahu:

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2},$$

kde: D_1 a D_2 – měřené průměry pryskyřičného kanálku.

Získané hodnoty byly statisticky zpracovány pomocí programu Statistica 6.0 (popisná statistika, Anova) a Table Curve 3D 4.0 (variabilita tracheidy v závislosti na poloze v kmeni).



3: Detail tangenciálního řezu s horizontálním pryskyřičným kanálkem, D_1 a D_2 – měřené průměry pryskyřičného kanálku

VÝSLEDKY

Popisná statistika průměru horizontálního pryskyřičného kanálku pro jednotlivé zóny je uvedena v tabulce I. Průměr horizontálního pryskyřičného kanálku pro jednotlivé zóny (byla použita všechna naměřená data v příslušné zóně) je znázorněn pomocí krabicového grafu (Obr. 4). Z grafu je patrné, že průměr horizontálního pryskyřičného kanálku v tlakové zóně (CW) je nejmenší, zóna protilehlá (OW) vykazuje minimální rozměr. Postranní zóny SWP a SWL mají přibližně stejné rozměry a jejich průměr je větší v porovnání se zónami CW a OW. Průměrná hodnota pryskyřičného kanálku se pohybuje v rozmezí 37,05 μm (zóna CW) až 42,47 μm (zóna SWL).

Výsledky krabicového grafu potvrzuje anova. Anovou bylo zjištěno, že existuje statisticky významný rozdíl ve střední hodnotě mezi CW – OW, CW – SWL, CW – SWP a OW – SWL (viz. Tabulka II). Zóna tlakového dřeva tedy nejvíce vykazuje statisticky významnou odchylku v rozměru horizontálního pryskyřičného kanálku v porovnání s ostatními zónami. Mezi ostatními zónami nebyly statistické rozdíly potvrzeny.

Dále bylo zjištěno, že existuje statisticky významný vliv výšky a umístění po poloměru kmene na rozměr pryskyřičného kanálku. Statisticky významné rozdíly v rozměru pryskyřičného kanálku v zóně CW byly zjištěny u výšek 22 a 6 m v relaci s ostatními výškami. Po poloměru kmene nebyly u zóny CW zjištěny statisticky významné rozdíly mezi letokruhy: 45–65, 45–85, 60–85 a 75–85. Mezi ostatními letokruhy byly statistické významné rozdíly potvrzeny.

V zóně protilehlé (OW) vykazovala výška 10 m statisticky významné rozdíly ve vztahu k ostatním výškám. Mezi ostatními výškami u zóny OW nebyly statisticky významné rozdíly potvrzeny. Po polomě-

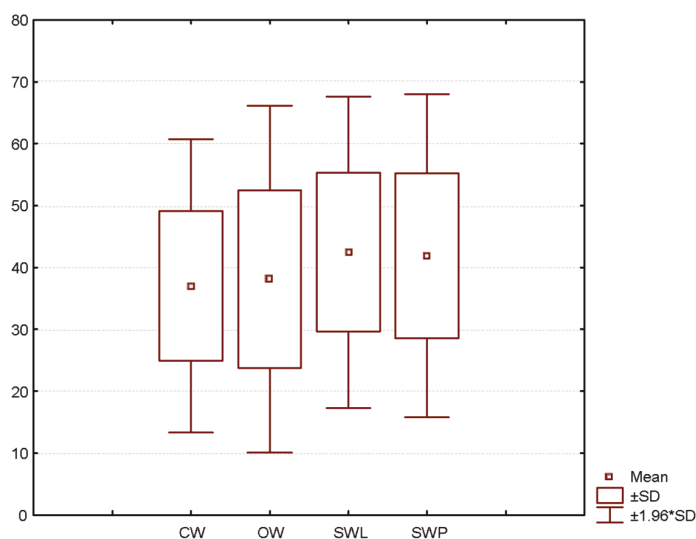
ru kmene existují u této zóny statisticky významné rozdíly mezi všemi letokruhy s výjimkou letokruhů 75 a 85.

V zóně SWL po výšce kmene vykazuje hlavní statistickou odchylku výška 22 a 10 m. I v ostatních výškách byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými výškami. Po poloměru kmene vykazuje všechny letokruhy statisticky významné rozdíly. Výjimku tvoří letokruhy: 30–45, 45–60, 60–75 a 75–85.

V zóně SWP není možné v porovnání s ostatními zónami přesně odlišit, která výška vykazuje statisticky významnou odchylku. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny mezi různými výškami. Po poloměru kmene je u zóny SWP obdobná situace jako u zóny SWL. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny mezi letokruhy: 5–15, 30–45, 60–75, 60–85 a 75–85.

Z naměřených dat byly vytvořeny 3D modely (pro jednotlivé zóny: CW, OW, SWL a SWP), které popisují průměr horizontálního pryskyřičného kanálku v závislosti na umístění po poloměru a výšce kmene.

Z modelů je patrné, že dochází ke zvětšení průměru horizontálního pryskyřičného kanálku se zvětšující se vzdáleností od dřeně kmene. Přírůstek je téměř konstantní po celém poloměru kmene. Po výšce kmene je mezi 0. až 18. m průměr pryskyřičného kanálku téměř konstantní. Mezi výškou 18. až 25. je možné pozorovat pokles průměru pryskyřičného kanálku. Rozdíly v rozměru pryskyřičného kanálku mezi jednotlivými zónami není možné pozorovat, jelikož modely jsou velmi podobné. Zjištěné koeficienty základního souboru se pohybují v rozmezí 0,488 až 0,702. Koeficienty determinace tedy poukazují na středně silnou až silnou závislost horizontálního pryskyřičného kanálku v závislosti na poloze v kmeni. Zjištěné funkce a koeficienty výběrového a základního souboru jsou uvedeny v tabulce III.



4: Krabicový graf – průměr horizontálního pryskyřičného kanálku pro jednotlivé zóny (byla použita všechna data)

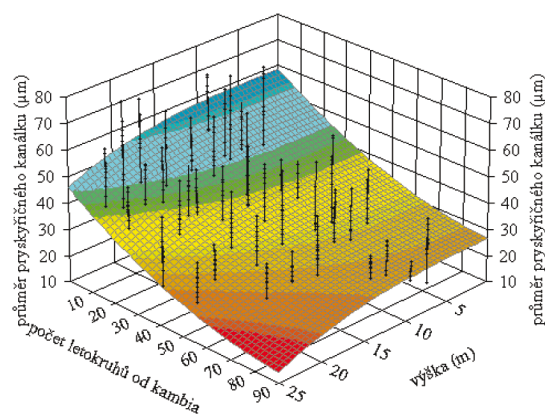
I: Popisná statistika průměru horizontálního pryskyřičného kanálku pro jednotlivé zóny a výšky

Zóna	Výška (m)	N	Průměr (μm)	Median (μm)	Minimum (μm)	Maximum (μm)	Rozptyl (μm ²)	Směr. odch. (μm)	Variační koeficient (%)
CW	22	56	33,33	29,36	16,52	58,53	111,66	10,57	31,71
CW	20	52	38,77	35,79	22,02	73,39	162,43	12,74	32,87
CW	18	47	40,39	40,37	18,35	71,78	149,71	12,24	30,29
CW	15	45	34,32	33,03	20,19	63,30	133,26	11,54	33,64
CW	12	59	37,66	36,70	18,35	60,81	118,55	10,89	28,91
CW	10	62	38,62	35,05	20,19	73,57	200,78	14,17	36,69
CW	8	56	33,14	29,36	18,35	62,50	109,21	10,45	31,54
CW	6	55	40,14	38,54	16,52	72,23	135,48	11,64	29,00
OW	22	62	38,20	35,55	26,40	62,58	61,34	7,83	20,50
OW	20	40	42,08	42,27	20,19	66,16	145,99	12,08	28,72
OW	18	47	39,14	37,38	16,52	64,14	166,64	12,91	32,98
OW	15	53	40,71	39,53	20,19	68,71	189,42	13,76	33,80
OW	12	46	40,18	41,81	11,01	69,97	288,78	16,99	42,30
OW	10	77	32,57	33,03	11,01	74,52	193,81	13,92	42,75
OW	8	54	39,05	36,76	14,68	71,56	282,72	16,81	43,06
OW	6	66	37,06	38,54	9,18	88,07	270,07	16,43	44,35
SWL	22	50	36,77	35,10	16,52	58,83	115,36	10,74	29,21
SWL	20	64	39,19	36,70	20,19	67,89	137,88	11,74	29,96
SWL	18	40	41,08	38,54	23,99	80,77	170,90	13,07	31,83
SWL	15	52	42,69	42,28	23,86	73,39	146,11	12,09	28,31
SWL	12	51	45,88	44,04	29,36	79,61	142,24	11,93	25,99
SWL	10	60	48,53	48,66	31,41	78,90	105,46	10,27	21,16
SWL	8	64	44,85	42,31	20,34	91,74	230,86	15,19	33,88
SWL	6	49	39,42	38,54	20,19	73,45	174,98	13,23	33,56
SWP	22	34	36,31	35,84	23,86	60,62	82,40	9,08	25,00
SWP	20	43	41,80	38,54	22,17	80,77	212,52	14,58	34,88
SWP	18	43	44,38	42,21	23,86	79,09	221,68	14,89	33,55
SWP	15	51	40,02	36,70	16,52	78,94	252,71	15,90	39,72
SWP	12	54	47,15	45,88	27,53	75,27	124,13	11,14	23,63
SWP	10	56	45,58	45,92	22,02	77,22	195,16	13,97	30,65
SWP	8	61	40,34	38,54	18,35	75,23	162,34	12,74	31,59
SWP	6	65	38,66	38,54	20,19	63,15	107,14	10,35	26,78

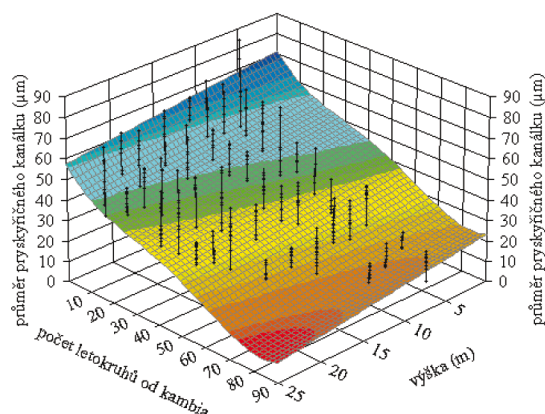
II: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání horizontálního pryskyřičného kanálku mezi jednotlivými zónami

zóna	CW	OW	SWL	SWP
CW		0,000008	0,000008	0,000008
OW	0,000008		0,039590	0,104067
SWL	0,000008	0,039590		0,986361
SWP	0,000008	0,104067	0,986361	

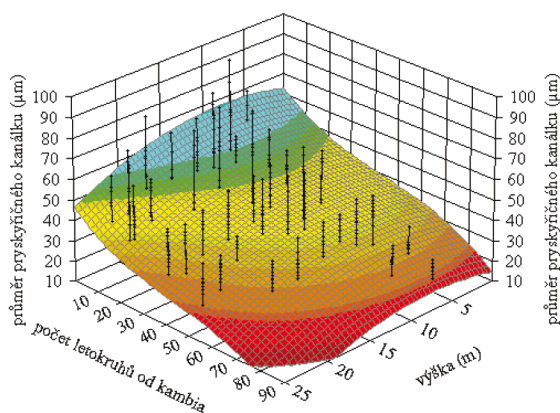
(P < 0,05 statisticky významný rozdíl, P > 0,05 statisticky nevýznamný rozdíl)



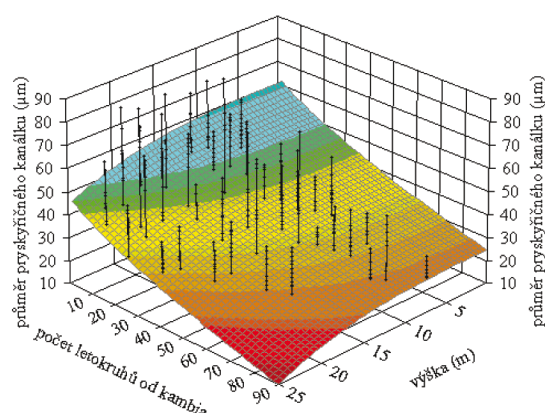
A



B



C



D

5: Příčný rozměr horizontálního pryskyřičného kanálku v závislosti na poloze v kmeni

A – pryskyřičný kanálek v zóně CW, B – pryskyřičný kanálek v zóně OW, C – pryskyřičný kanálek v zóně SWL, D – pryskyřičný kanálek v zóně SWP

III: Tabulka výsledných funkcí a koeficientů determinace výběrového a základního souboru pro příčný rozměr horizontálního pryskyřičného kanálku v jednotlivých zónách kmene

zóna	funkce	koeficient deter. – souboru		koeficienty					
		výběrového	základního	a	b	c	d	e	f
CW	$z=a+bx^3+cy+dy^2$	0,553	0,549	58,498	-0,001	-0,636	0,003		
OW	$z=a+bx+cy+dy^2+ey^3+fy^4$	0,706	0,702	71,189	-0,545	-1,570	0,049	-0,001	0,000005
SWL	$z=a+bx+cx^2+dy+ey^2+fy^3$	0,564	0,558	62,725	1,095	-0,070	-1,057	0,018	-0,000130
SWP	$z=a+bx^3+cy^{0.5}\ln y$	0,492	0,488	62,230	-0,001	-0,878			

DISKUSE

Cílem práce bylo zjistit variabilitu horizontálního pryskyřičného kanálku u smrku s výskytem reakčního dřeva. Průměrná hodnota horizontálního pryskyřičného kanálku se pohybuje kolem 40 μm . Wagenführ (1996) a Jacquot (1955) udávají průměrné hodnoty pryskyřičných kanálků v rozmezí 30–150 μm . Námi

zjištěné hodnoty se tedy pohybují ve spodní hranici. Nejnižší hodnoty se pohybovaly kolem 10–15 μm v oblasti juvenilního dřeva (v blízkosti dřeně kmene), zatímco ve vyzrálém dřevě byly hodnoty vyšší a pohybovaly se v rozmezí 60–80 μm (dobře zřetelné i na 3D modelech). Výrazné rozdíly v rozměru pryskyřičného kanálku po poloměru kmene je možné vysvětlit

na základě celkově odlišné stavby mezi juvenilním a zralým dřevem.

Z naměřených dat byly vytvořeny 3D modely, ze kterých je patrný především vliv poloměru na rozměr pryskyřičného kanálku. Se zvyšující se vzdáleností od dřene se rozměr pryskyřičného kanálku zvyšuje. V případě vlivu výšky vychází u vytvořených modelů pro horizontální pryskyřičný kanálek pokles délky tracheidy v oblasti pod korunou stromu (výška 18–25 m). Je možné vyvodit závěr, že horizontální pryskyřičný kanálek vykazuje obdobný trend, jako délka tracheidy (Gryc a Horáček, 2003).

Při porovnání jednotlivých zón se ukazuje, že průměr horizontálního pryskyřičného kanálku v zóně tla-

kového dřeva (CW) v porovnání s ostatními zónami (OW, SWL a SWP) vykazuje nižší hodnoty. Tento výsledek je zřejmě zapříčiněn celkovou modifikací tlakového dřeva, která se projevuje i v oblasti pryskyřičných kanálků.

Celkem bylo v zóně tlakového dřeva (CW) změřeno 432, v protilehlé (OW) zóně 445, postranní zóně SWL 430 a SWP 407 horizontálních pryskyřičných kanálků. V jednotlivých zónách kmene je tedy počet horizontálních pryskyřičných kanálků přibližně stejný. Tento výsledek tedy odpovídá i výsledkům Onaky (1949), který u některých druhů zjistil stejný, zvýšený, popř. snížený počet horizontálních pryskyřičných kanálků v tlakovém dřevě.

SOUHRN

Práce byla zaměřena na zjištění variability rozměrů horizontálních pryskyřičných kanálků dřeva smrku v závislosti na poloze v kmeni. Byly zjištěny významné změny rozměrů pryskyřičných kanálků po výšce i po poloměru kmene. Mezi jednotlivými letokruhy byly statisticky významné rozdíly (variabilita po poloměru kmene). Vliv výšky se v jednotlivých zónách projevoval odlišně.

Na základě naměřených výsledků byly vytvořeny 3D modely (pro zóny CW, OW, SWL, a SWP), které popisují variabilitu horizontálních pryskyřičných kanálků v závislosti na poloze v kmeni.

Význam práce lze spatřovat v rozšíření poznatků o struktuře dřeva smrku s výskytem reakčního – tlakového dřeva.

smrk, horizontální pryskyřičný kanálek, tlakové dřevo

Práce byla realizována za podpory Grantové agentury České republiky – Současný stav a trendy vývoje lesů v kulturní krajině (526/03/H036) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR – Les a dřevo – podpora funkčně integrovaného lesního hospodaření a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny (MSM 02).

LITERATURA

- BOSSHARD, H.: *Holzkunde – Mikroskopie und Makroskopie des Holzes*, Birkhäuser Verlag, 1982, 224 s.
- BUTTERFIELD, B. G. a MEYLAN, B. A.: *Tree – Dimensional Structure of Wood*, London – New York, 1980, 103 s.
- CASPERSON, G.: Über die Bildung der Zellwand beim Reaktionsholz, *Holztechnologie*, 1962, s. 217 – 223
- DEWITZ, G.: Die Variation der Strukturelemente im Nadelholz, *Holztechnologie*, 1969, s. 185 – 189
- DOUDA, V.: Studie o významu reakčního dřeva, *Sborník ČZA*, Praha, 1948
- GROSSER, D.: *Die Hölzer Mitteleuropas*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1977, 208 s.
- JACQUIOT, C.: *Atlas d'anatomie des Bois des Conifères*, Paris, 1955, 133 s.
- KOLLMAN, F.: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Berlin: Springer Verlag, 1951. 1048 s.
- MATOVIČ, A., GANDELOVÁ, L.: Charakteristika dřeva smrku, *Sborník mezinárodní vědecké konference, VŠZ v Brně Lesnická fakulta*, Brno, 1980, s. 85–90.
- ONAKA, F.: *Studies on compression and tension wood*, Trans For Prod Lab Canada, 1956, 99 s.
- SETH, M. K., JAIN, K. K.: Relationship between Percentage of Compression Wood and Tracheid Length in Blue Pine, *Holzforschung*, 1977, s. 81 – 83
- SCHWEINGRUBER, F. H.: *Jahrringe und Umwelt – Dendroökologie*, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 1993. 474 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H.: *Mikroskopische Holz-anatomie*, Zürcher AG Verlag, 1978, 226 s.
- TIMELL, T. E.: *Compression Wood in Gymnosperms*, Berlin: Springer Verlag, 1986. 706 s.

- TRENDELENBURG, R.: *Das Holz als Rohstoff*. München-Berlin: Lehmanns Verlag, 1939. 435 s.
- WAGENFÜHR, R.: *Anatomie des Holzes unter besondere Berücksichtigung der Holztechnik*. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1989. 334 s.
- WAGENFÜHR, R.: *Holzatlas*, Leipzig, 1996, 688 s.
- WAGENFÜHR, R.: *Anatomie des Holzes, Strukturanalytik – Identifizierung – Nomenklatur – Mikrotechnologie*. Leipzig: DRW – Verlag, 1999. 188 s.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, Ministerstvo zemědělství ČR, 2002

Adresa

Ing. Vladimír Gryc, Dr. Ing. Petr Horáček, Ústav nauky o dřevě, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika