

VLIV POLOHY VE KMENI NA ŠÍŘKU LETOKRUHU U SMRKU (*PICEA ABIES* /L./ KARST.) S VÝSKYTEM REAKČNÍHO DŘEVA

V. Gryc, J. Holan

Došlo: 9. února 2004

Abstract

GRYC, V., HOLAN, J.: *Influence of position within the tree stem according to growth-ring width of spruce (*Picea abies* /L./ KARST.) with compression wood*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2004, LII, No. 4, pp. 59-72

The work was focused on problematics of annual-rings width according to position within the tree stem. Annual-ring widths, ratio of late wood and early wood by spruce with compression wood were investigated. Statistically significant differences of individual zones in tree were occurred. Zone of compression wood showed bigger width of annual-rings, common occurrence of late wood and higher percentual ratio of late wood. Obtained results agree with common results in literature. Variability of annual-ring width according to position within the tree stem was confirmed. Width of annual-ring was changed mainly according to radius of stem. In height position within the stem no more significant variability of annual-ring width was observed.

spruce, annual-ring, width of annual-ring, compression wood

Smrk obecný (*Picea abies* /L./ Karst.) je nejznámější a dominující dřevina v našich lesích. 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).

Často je zapomínáno, že stavba dřeva (a to na všech úrovních, tj. makroskopické, mikroskopické, submikroskopické) a chemické složení významně ovlivňují výsledné vlastnosti dřeva. Vysvětlení fyzikálního a mechanického chování dřeva není možné bez dokonalé znalosti dřeva.

Jeden z nejvýznamnějších makroskopických znaků, který lze ve dřevě pozorovat, je letokruh. Letokruhy jsou definovány jako roční kruhovitě přírůstkové vrstvy stromu, které jsou tvořeny kambiem (Wagenführ, 1989; Trenard, 1982). V oblastech mírného pásma je pravidlem vytvoření přírůstkové vrstvy, tzn. letokruhu, během jednoho vegetačního období (Wagenführ, 1999, 1989). V oblastech tropického

pásma jsou vytvářeny tzv. přírůstkové zóny, které odpovídají suchým nebo mokřým periodám. Ve vždy zelených tropických lesích s nepřerušovanou činností dřeva, tedy bez vegetačního klidu, nejsou vytvářeny žádné přírůstkové zóny – dřevo vzniká nepřetržitě (Wagenführ, 1989).

Letokruhy jsou nejlépe zřetelné na příčném řezu. Svým vznikem, šířkou a strukturou jsou vyšetřovány anatomy, dendrochronology, dendroekology, lesníky, ale také technology, neboť šířka letokruhu má podstatný vliv na fyzikální, mechanické a technologické vlastnosti dřeva (Romagnoli et. al., 2003; Wimmer, 1991; Wagenführ, 1989; Panshin a Zeeuw, 1980; Kollman, 1951).

Z pohledu fyziologického a morfologického jsou v rámci letokruhu vytvářeny zřetelně rozdílná strukturní pletiva. Na začátku vegetačního období je tvořeno jarní dřevo, které je z mikroskopického pohledu tvořeno tracheidami s širokým lumenem a tenkými

buněčnými stěnami. Jarní dřevo v živém stromu plní funkci vodivou. Z makroskopického pohledu se jedná o světlejší a řidší část letokruhu. Na konci vegetačního období je kambiem vytvářeno letní dřevo, které je tvořeno tracheidami s úzkými lumeny a silnými buněčnými stěnami. Letní dřevo plní ve stromě funkci mechanickou a makroskopicky se letní dřevo projevuje tmavou barvou, vyšší tvrdostí a hustotou dřeva (Plomion et. al., 2001; Wagenführ, 1999; Wagenführ, 1989; Bosshard, 1974; Balabán, 1955; Trendelenburg, 1939; Kavina, 1932).

Šířka letokruhu a podíl letního dřeva jsou závislé na vnitřních a vnějších faktorech. Vnitřním faktorem je vitalita stromu, resp. činnost kambia. K vnějším vlivům lze přiřadit typ stanoviště, sociální postavení stromu v porostu, lesnická opatření a vlivy počasí. Stanovištěm se rozumí kvalita půdy a klima. Vedle živin je při popisu kvality půdy dalším vlivem vzdušnost půdy, vlhkost a pH. Vliv klimatických faktorů je dán teplotou vzduchu a množstvím vodních srážek (Mäkinen et. al., 2001; Miina, 2000; Fritts, 1976; Bosshard, 1974). Zvýšený vliv imisí se projevuje snížením šířky letokruhů (Wimmer, 1991; Ulrich et. al., 1979; Pollanschütz, 1971; Vinš, 1961). Lesnická opatření mají vliv především na rozvoj koruny, což se pak významně projeví na šířce letokruhů (Mission et. al., 2003).

Většina dosud uveřejněných studií, které se zabývají šířkou letokruhu, ukazují, že šířka letokruhu po poloměru kmene vykazuje klesající tendenci (Wimmer, 1991; Bräker, 1981; Trendelenburg, 1939). U některých stromů může docházet v prvních letech ke zvětšování šířky letokruhu, přičemž maxima je dosahováno mezi 20.–30. rokem věkem stromu. Do 20.–30. roku je dřevo často označováno za juvenilní (Plomion et. al., 2001; Timell, 1986). V následujících letech je pak vykazován trvalý pokles (Bosshard, 1974).

Šířka letního dřeva je v rámci letokruhu se změnou věku konstantní. S přibývajícím věkem ale roste procentický podíl letního dřeva v rámci letokruhu. Se zvyšující se výškou dochází ke zmenšení procentického podílu letního dřeva v rámci letokruhu (Kollman, 1951; Trendelenburg, 1939). Procentický podíl letního dřeva v letokruhu se pohybuje od 10–50 % (Bosshard, 1974; Trendelenburg, 1939). Stavba letokruhu má významný vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti – např. s vyšším podílem letního dřeva roste hustota a pevnost dřeva (Niemz, 1993; Panshin a Zeeuw, 1980; Kollman, 1951).

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; Butterfield a Meylan, 1980). Tlakové dřevo je tvořeno na spodní straně ohýbaných kmenů a větví (Wagenführ, 1999, 1989; Sisko a Přáfli, 1995; Timell, 1986; Erteld, 1963; Kolman, 1951; Trendelenburg, 1939). Dle normy ČSN EN 844-7 je tlakové dřevo definováno jako reakční dřevo tvořené typicky ve spodní části větví a v nakloněných nebo křivých kmenech jehličnatých stromů s odlišnou anatomickou stavbou.

Většina autorů definuje 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 dřevní (Trendelenburg, 1939; Kollman, 1951; Butterfield a Meylan, 1980; Timell, 1986; Schweingruber, 1993; Wagenführ, 1999; Seeling, 1999).

Reakční dřevo je při třídění jehličnaté kulatiny (ČSN P ENV 1927-1) a řeziva (ČSN EN 1611-1) považováno dle norem za vadu. Při vyšším procentickém zastoupení tlakového dřeva musí být tato kulatina, popř. řezivo zařazováno do nižších jakostních tříd (Seeling, 1999).

Práce se zabývá makroskopickým popisem nejdůležitějšího makroskopického znaku – letokruhu, v kmeni s výskytem reakčního dřeva. Cílem práce bylo vytvořit modely, které by popsaly variabilitu šířky letokruhu, šířky letního dřeva a procenta letního dřeva v rámci letokruhu v závislosti na poloze v kmeni. Současně je cílem práce zjistit, zda existuje statisticky významná variabilita letokruhu v jednotlivých zónách kmene, tzn., zda šířka letokruhu, šířka letního dřeva nebo procento letního dřeva v tlakové zóně vykazují významnější odchylku od dřeva z ostatních zón.

MATERIÁL A METODIKA

Na ŠLP 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.



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

Na každém výřezu byla spočítána excentricita dřeně. Výpočet excentricity dřeně byl proveden podle následujících vztahů:

a) Výpočet středního průměru (cm):

$$D_{stř} = \frac{D_1}{D_2},$$

kde D_1 – maximální průměr výřezu (cm), D_2 – průměr kolmý k D_1 (cm).

b) Výpočet excentricity dřeně (cm):

$$E = \frac{D_{stř}}{2} - R_{min},$$

kde $D_{stř}$ – střední průměr (cm), R_{min} – minimální poloměr (cm).

c) Procentuální vyjádření excentricity dřeně (%):

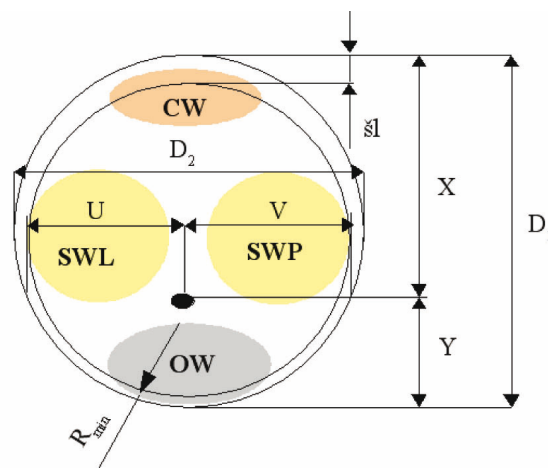
$$E = \frac{2E}{D_{stř}} 100,$$

kde: E – excentricita (cm), R_{min} – minimální poloměr (cm).

Vyjádření plochy reakčního dřeva z celkové plochy výřezu bylo provedeno pomocí obrazové analýzy v Biometrické laboratoři FLD MZLU v Brně. Čelní plochy byly nasnímány a pomocí programu Lucie byly barevně označeny plochy s tlakovým dřevem (Obr. 3). Zjištěná plocha reakčního dřeva (S_{CW}) byla dosazena do vztahu na výpočet plochy reakčního dřeva (%):

$$S_{CW} = \frac{S_{CW}}{S_{celk}} 100,$$

kde S_{CW} – plocha reakčního dřeva (cm²), S_{celk} – celková plocha (cm²).



2: Schematický záznam na výřezu

$D_{1,2}$ – průměry výřezu (cm); X, Y, U, V – směry měření, CW – zóna tlakového dřeva, OW – zóna protilehlá, SWL a SWP – zóny postranního dřeva

Letokruhovú analýza byla provedena pomocí stereolupy Nikon SMZ 660 s měřicím stolem. Byly měřeny šířky letokruhů a šířky letního dřeva ve čtyřech směrech (viz. Obr. 2) a ve všech výškách.

Procento letního dřeva (%) bylo vypočteno podle vztahu:

$$ldř = \frac{šldř}{šl} 100,$$

kde $šldř$ – šířka letního dřeva (mm), $šl$ – šířka letokruhu (mm).

Naměřené šířky letokruhů, šířky letního dřeva a procento letního dřeva byly statisticky zpracovány.

VÝSLEDKY

Naměřené výsledky průměrů kmene v příslušných zónách a vypočtené hodnoty excentricity jsou uvedeny v tabulce I. Excentricita dřeně se pohybovala v rozmezí 1–15 %. Nejvyšší hodnoty excentricity bylo dosaženo ve střední části kmene.

V tabulce II jsou uvedeny zjištěné plochy reakčního dřeva a výpočet procenta plochy reakčního dřeva. Plocha reakčního dřeva se pohybuje v rozmezí 15–26 % z celkové plochy.

I: Hodnoty excentricity (cm, %) v jednotlivých výškách; D_1 – průměr výřezu, D_2 – kolmý průměr výřezu, R_{min} – minimální poloměr, $D_{stř}$ – střední průměr výřezu

výška	D_1	D_2	R_{min}	$D_{stř}$	E	E
(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(%)
6	33.80	29.70	15.00	31.75	0.88	5.51
8	31.50	29.50	14.00	30.50	1.25	8.20
10	29.00	27.50	12.20	28.25	1.93	13.63
12	26.00	25.50	12.10	25.75	0.78	6.02
15	23.70	24.20	10.30	23.95	1.68	13.99
18	19.20	19.80	8.30	19.50	1.45	14.87
20	15.80	16.00	7.10	15.90	0.85	10.69
22	12.90	12.60	6.30	12.75	0.08	1.18



A



B

3: Zastoupení reakčního dřeva na příčných řezech vzorníkového stromu z výšky 8 m, A – čelní plocha výřezu, B – čelní plocha výřezu s barevným vyznačením zóny reakčního dřeva pomocí programu Lucie

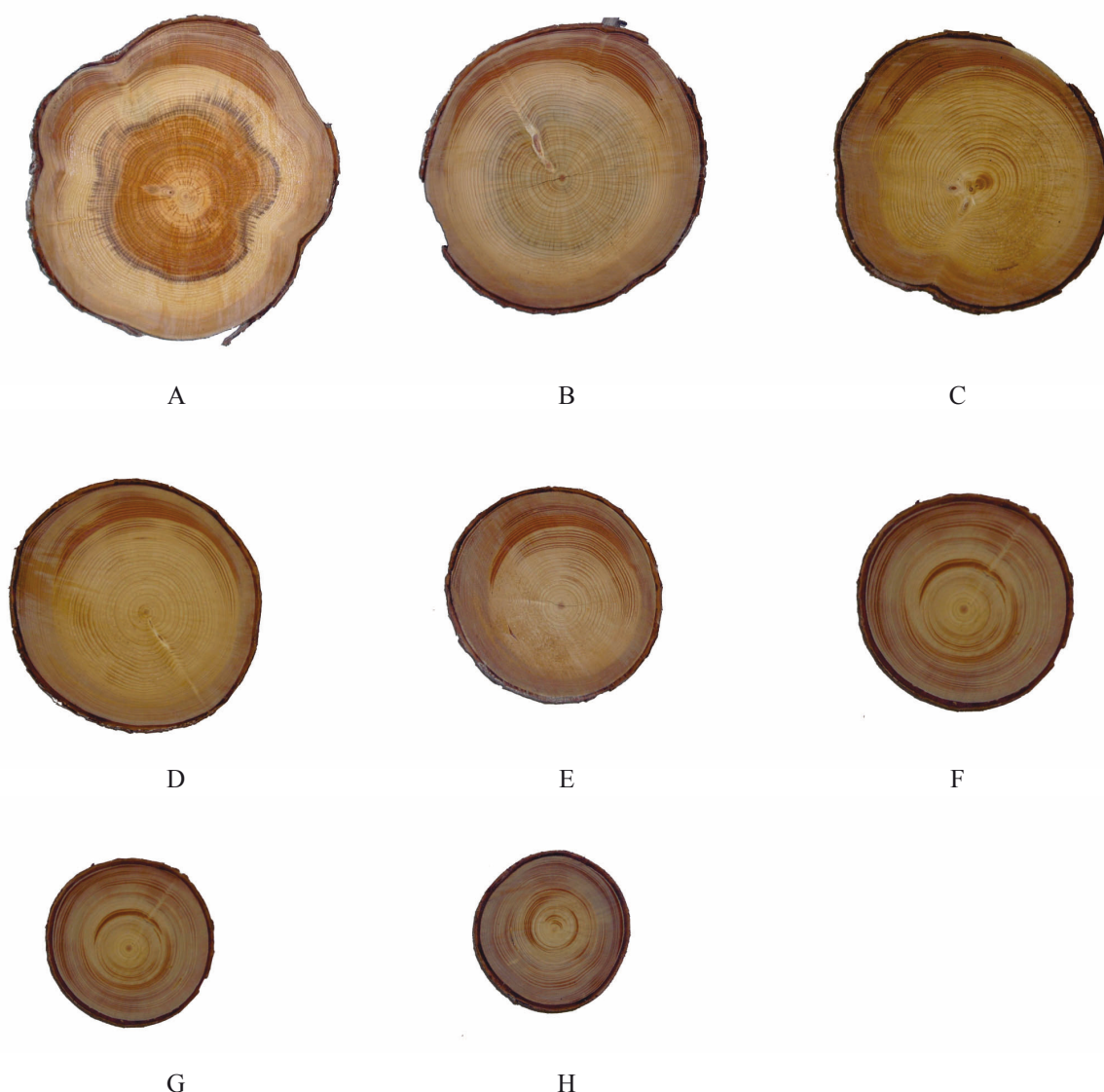
II: Plocha reakčního dřeva (%) z celkové plochy výřezu

výška	S_{celk}	S_{CW}	S_{CW}
(m)	(cm ²)	(cm ²)	(%)
6	791.33	149.46	18.89
8	730.25	139.47	19.10
10	626.48	121.45	19.39
12	520.50	103.10	19.81
15	450.28	107.84	23.95
18	298.50	63.54	21.29
20	198.46	42.36	21.34
22	127.61	19.46	15.25

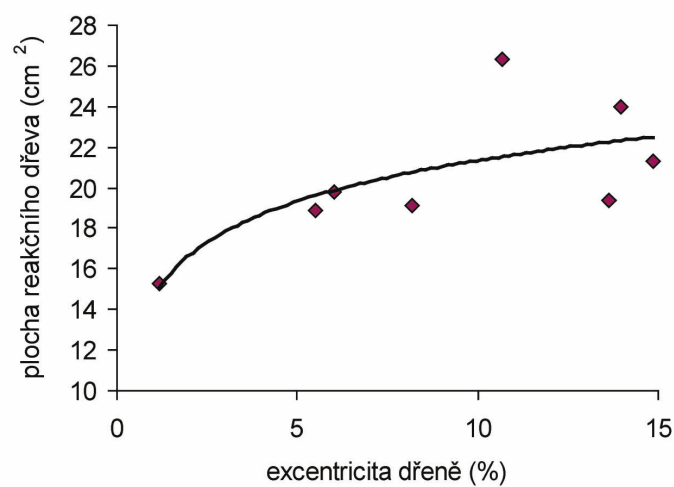
Na obrázku 4 jsou zobrazeny čelní plochy z jednotlivých výšek. Tmavě zbarvené „půlměsíce“ představují plochu reakčního dřeva. Plocha reakčního dřeva se vyskytovala v oblasti, kde bylo dřevo namáháno na tlak (výška 6–15 m). Zóna reakčního dřeva v některých případech zasahuje i do bočních oblastí. Ve výšce 20 a 22 m je vymezení zóny reakčního podstatně obtížnější. V těchto výškách nedošlo k vytvoření souvislého prstence s reakčním dřevem, ale tvořené letokruhy se místně rozšiřují a vykazují vysoký podíl letního dřeva. Toto zjištění lze vysvětlit tím, že v horní části již strom nemusí přenášet celou zátěž koruny a kmene, jako je tomu ve spodních částech kmene, ale je zde pouze vliv koruny. Plocha a rozložení koruny se mění s věkem. Tyto faktory jsou

z hlediska času krátkodobé a střednědobé. Činnost kambia, a tedy tvorba reakčního dřeva, je ovlivněna těmito faktory.

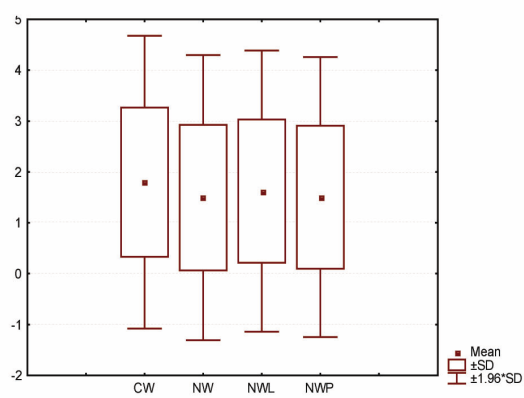
Plocha reakčního dřeva (%) se pohybovala v rozmezí 15–24 %. Nejnižší hodnota byla zjištěna ve výšce 22 m, což i odpovídá nejmenší excentricitě kmene (1,18 %). Závislost plochy reakčního dřeva na excentricitě dřeně je znázorněna na Obr. 5. Křivka, která prokládá naměřené hodnoty, má stoupající tendenci, tzn., že s rostoucí excentricitou dřeně se zvyšuje plocha tlakového dřeva. Středně vysoký koeficient determinace výběrového souboru potvrzuje statisticky významnou závislost plochy reakčního dřeva na excentricitě dřeně.



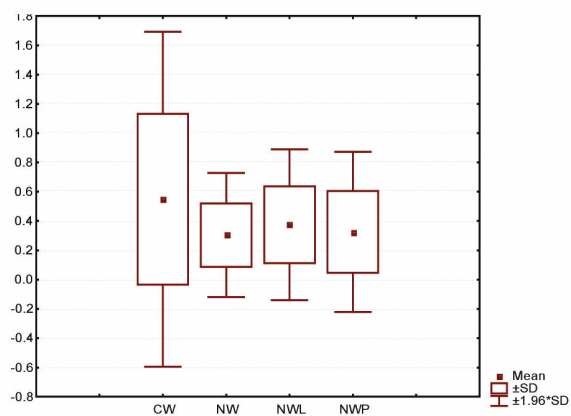
4: Příčné řezy z jednotlivých výšek, tmavě zbarvené půlměsíce jsou výskyty reakčního dřeva; A – 6 m, B – 8 m, C – 10 m, D – 12 m, E – 15 m, F – 18 m, G – 20 m, H – 22 m



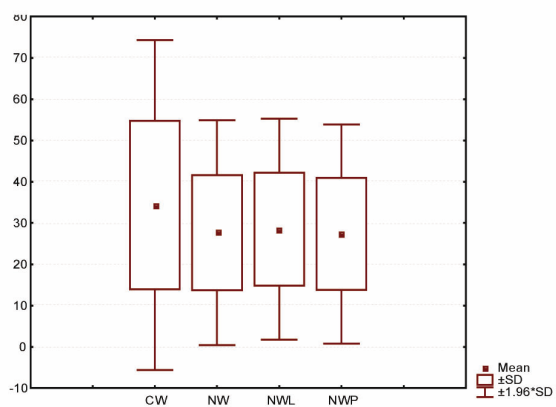
5: Závislost plochy reakčního dřeva na excentricitě kmene, funkce: $y = a + bx^3 + c \ln x$, koeficienty: $a = 0,00312$, $b = -0,0003877$, $c = 3,0906$; koef. determinace výběrového souboru 0,514



A



B



C

6: Krabicový graf, průměr a směrodatná odchylka pro jednotlivé zóny (byla použita všechna data)
A – šířka letokruhu, B – šířka letního dřeva, C – procento letního dřeva

III: Popisná statistika šířky letokruhu, šířky letního dřeva, procenta letního dřeva pro jednotlivé zóny a výšky

Výška (m)	Statistická veličina	CW			OW			SWL			SWP		
		Šířka letok.	Letní dřevo	Letní dřevo	Šířka letok.	Letní dřevo	Letní dřevo	Šířka letok.	Letní dřevo	Letní dřevo	Šířka letok.	Letní dřevo	Letní dřevo
		(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(%)
6	Stř. hodnota	2.09	0.61	35.8	1.65	0.24	23.2	1.83	0.43	31.7	1.43	0.32	29.0
	Chyba stř. hodnoty	0.18	0.07	2.9	0.19	0.02	1.2	0.19	0.03	1.9	0.15	0.02	1.2
	Směr. odchylka	1.67	0.67	27.5	1.76	0.16	11.8	1.79	0.33	18.4	1.43	0.20	11.4
	Rozptyl výběru	2.80	0.45	755.9	3.11	0.03	138.9	3.21	0.11	339.6	2.03	0.04	130.6
8	Stř. hodnota	1.92	0.54	37.1	1.63	0.33	28.9	1.67	0.33	27.6	1.64	0.31	27.1
	Chyba stř. hodnoty	0.17	0.05	2.5	0.17	0.02	1.4	0.18	0.03	1.4	0.16	0.02	1.7
	Směr. odchylka	1.56	0.47	23.2	1.55	0.21	13.2	1.63	0.23	12.8	1.46	0.20	15.7
	Rozptyl výběru	2.43	0.22	539.2	2.40	0.05	174.7	2.65	0.05	163.3	2.13	0.04	245.9
10	Stř. hodnota	1.96	0.49	31.6	1.58	0.25	24.6	1.65	0.31	25.5	1.66	0.30	25.4
	Chyba stř. hodnoty	0.20	0.06	2.1	0.18	0.02	1.4	0.17	0.02	1.4	0.21	0.05	1.4
	Směr. odchylka	1.77	0.55	18.5	1.58	0.17	12.6	1.53	0.18	12.4	1.89	0.42	12.4
	Rozptyl výběru	3.12	0.30	341.5	2.50	0.03	158.2	2.34	0.03	154.5	3.58	0.17	152.8
12	Stř. hodnota	1.81	0.56	33.1	1.59	0.25	24.5	1.74	0.41	28.4	1.49	0.28	22.6
	Chyba stř. hodnoty	0.17	0.06	2.1	0.20	0.02	1.3	0.18	0.03	1.3	0.18	0.04	1.4
	Směr. odchylka	1.49	0.52	18.2	1.71	0.20	11.5	1.56	0.27	11.4	1.53	0.31	12.3
	Rozptyl výběru	2.21	0.27	332.4	2.91	0.04	131.9	2.42	0.07	130.4	2.35	0.10	150.8
15	Stř. hodnota	1.87	0.70	36.5	1.51	0.22	20.8	1.84	0.36	22.8	1.54	0.24	23.9
	Chyba stř. hodnoty	0.19	0.09	2.1	0.17	0.02	1.2	0.16	0.03	1.3	0.19	0.02	1.3
	Směr. odchylka	1.58	0.72	16.9	1.42	0.13	9.7	1.32	0.26	10.6	1.57	0.13	10.7
	Rozptyl výběru	2.48	0.52	287.1	2.01	0.02	93.8	1.74	0.07	111.7	2.48	0.02	114.0
18	Stř. hodnota	1.61	0.39	23.8	1.25	0.33	29.4	1.52	0.40	29.0	1.48	0.31	23.1
	Chyba stř. hodnoty	0.14	0.07	1.9	0.13	0.03	1.3	0.13	0.03	1.4	0.13	0.03	1.4
	Směr. odchylka	1.16	0.58	15.3	1.05	0.20	10.4	1.01	0.24	11.5	1.01	0.20	11.2
	Rozptyl výběru	1.34	0.34	234.7	1.11	0.04	107.4	1.02	0.06	132.9	1.01	0.04	125.7
20	Stř. hodnota	1.44	0.57	37.5	1.22	0.52	46.7	1.25	0.40	34.3	1.38	0.49	36.9
	Chyba stř. hodnoty	0.13	0.09	2.2	0.09	0.03	2.1	0.09	0.03	1.7	0.11	0.04	1.8
	Směr. odchylka	0.96	0.67	16.6	0.64	0.23	16.1	0.70	0.24	13.0	0.81	0.30	13.5
	Rozptyl výběru	0.92	0.44	276.0	0.41	0.05	258.7	0.49	0.06	170.3	0.65	0.09	183.4
22	Stř. hodnota	1.34	0.52	40.4	1.33	0.39	28.2	1.20	0.37	30.1	1.31	0.44	34.4
	Chyba stř. hodnoty	0.10	0.05	2.2	0.10	0.04	1.6	0.09	0.05	1.9	0.10	0.04	2.2
	Směr. odchylka	0.69	0.32	15.1	0.72	0.30	10.9	0.63	0.31	13.4	0.72	0.31	15.2
	Rozptyl výběru	0.47	0.10	227.7	0.52	0.09	118.8	0.40	0.10	179.4	0.52	0.09	231.2

Průměrné hodnoty šířky letokruhů, šířky letního dřeva a procenta letního dřeva v rámci letokruhu při různých výškách pro jednotlivé zóny jsou uvedeny v tabulce III.

Dvoufaktorovou anovou bylo zjištěno, že existuje statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami šířky letokruhu mezi zónami. Tyto významné rozdíly byly: CW - OW a CW – SWP (viz tab. IV). Mezi ostatními zónami nebyly statisticky významné rozdíly potvrzeny. Zóna tlakového dřeva vykazuje

širší letokruhy než zóny ostatní. I když dvoufaktorovou anovou byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi některými zónami, z krabicového grafu (byla použita všechna naměřená data pro jednotlivé zóny) je patrné, že rozdíly v šířce letokruhu se pohybují jen v desetinách mm (Obr. 6). U vlivu výšky na šířku letokruhu byly statisticky významné rozdíly zjištěny pouze v některých výškách, a to 20 a 22, kde nebyla zjištěna souvislá zóna reakčního dřeva (Tab. V). Mezi ostatními výškami nebyly rozdíly zjištěny.

Statisticky významný rozdíl u šířky letního dřeva byl zjištěn mezi zónami: CW – OW, CW – SWL, CW – SWP a SWL a OW. Mezi ostatními zónami rozdíly nebyly prokázány (Tab. VI). U poloměru s výskytem tlakového dřeva byla prokázána větší šířka letního

dřeva. Větší průměrná hodnota šířky letního dřeva v CW je dána přítomností reakční zóny (Obr. 6). Šířka letního dřeva po výšce nevykazovala (až na výšku 20 m) statisticky významné rozdíly (Tab. VII).

IV: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání šířky letokruhu mezi jednotlivými zónami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

zóna	CW	OW	SWL	SWP
CW		0.001665	0.147623	0.002543
NW	0.001665		0.433217	0.999464
NWL	0.147623	0.433217		0.504015
NWP	0.002543	0.999464	0.504015	

V: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání šířky letokruhu mezi jednotlivými výškami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

výška	6	8	10	12	15	18	20	22
6		0.999987	0.999985	0.992563	0.999589	0.233466	0.009446	0.008531
8	0.999987		1	0.999635	0.999999	0.408768	0.026557	0.022916
10	0.999985	1		0.999707	0.999999	0.432658	0.030911	0.02642
12	0.992563	0.999635	0.999707		0.999996	0.764922	0.125093	0.103335
15	0.999589	0.999999	0.999999	0.999996		0.625266	0.07698	0.063723
18	0.233466	0.408768	0.432658	0.764922	0.625266		0.951741	0.908511
20	0.009446	0.026557	0.030911	0.125093	0.07698	0.951741		0.999999
22	0.008531	0.022916	0.02642	0.103335	0.063723	0.908511	0.999999	

VI: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání šířky letního dřeva mezi jednotlivými zónami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

zóna	CW	OW	SWL	SWP
CW		0.000008	0.000008	0.000008
NW	0.000008		0.005569	0.745514
NWL	0.000008	0.005569		0.102263
NWP	0.000008	0.745514	0.102263	

VII: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání šířky letního dřeva mezi jednotlivými výškami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

výška	6	8	10	12	15	18	20	22
6		0.990653	0.310703	0.982812	0.997955	0.834414	0.046352	0.990301
8	0.990653		0.846325	1	1	0.99784	0.004019	0.78237
10	0.310703	0.846325		0.914202	0.82425	0.997911	0.000046	0.11084
12	0.982812	1	0.914202		0.999998	0.999482	0.003984	0.74479
15	0.997955	1	0.82425	0.999998		0.995349	0.012153	0.872832
18	0.834414	0.99784	0.997911	0.999482	0.995349		0.000916	0.458716
20	0.046352	0.004019	0.000046	0.003984	0.012153	0.000916		0.573183
22	0.990301	0.78237	0.11084	0.74479	0.872832	0.458716	0.573183	

U souborů dat, které popisují procento letního dřeva, byly rovněž zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými zónami. Mezi zónami CW – OW, CW – SWL, CW – SWP byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami, mezi ostatními zónami nebyly zjištěny statisticky

významné rozdíly (Tab. VIII). Významné rozdíly po výšce byly zjištěny pouze u výšek 20 a 22 m v relaci s ostatními výškami (Tab. IX). Zóna tlakového dřeva vykazuje statisticky vyšší procento letního dřeva než ostatní zóny, což dokumentuje i Obr. 6.

VIII: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání procenta letního dřeva mezi jednotlivými zónami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

zóna	CW	OW	SWL	SWP
CW		0.000008	0.000008	0.000008
NW	0.000008		0.789314	0.984569
NWL	0.000008	0.789314		0.572641
NWP	0.000008	0.984569	0.572641	

IX: Výsledky Tukeyho metody vícenásobného porovnání procenta letního dřeva mezi jednotlivými výškami ($P < 0,05$ statisticky významný rozdíl, $P > 0,05$ statisticky nevýznamný rozdíl)

výška	6	8	10	12	15	18	20	22
6		0.999998	0.114575	0.270495	0.032922	0.072924	0.000032	0.210497
8	0.999998		0.067208	0.177089	0.0179	0.042368	0.000032	0.323353
10	0.114575	0.067208		0.999983	0.999315	0.999977	0.000032	0.000094
12	0.270495	0.177089	0.999983		0.989858	0.998436	0.000032	0.000359
15	0.032922	0.0179	0.999315	0.989858		0.999999	0.000032	0.000043
18	0.072924	0.042368	0.999977	0.998436	0.999999		0.000032	0.000074
20	0.000032	0.000032	0.000032	0.000032	0.000032	0.000032		0.004325
22	0.210497	0.323353	0.000094	0.000359	0.000043	0.000074	0.004325	

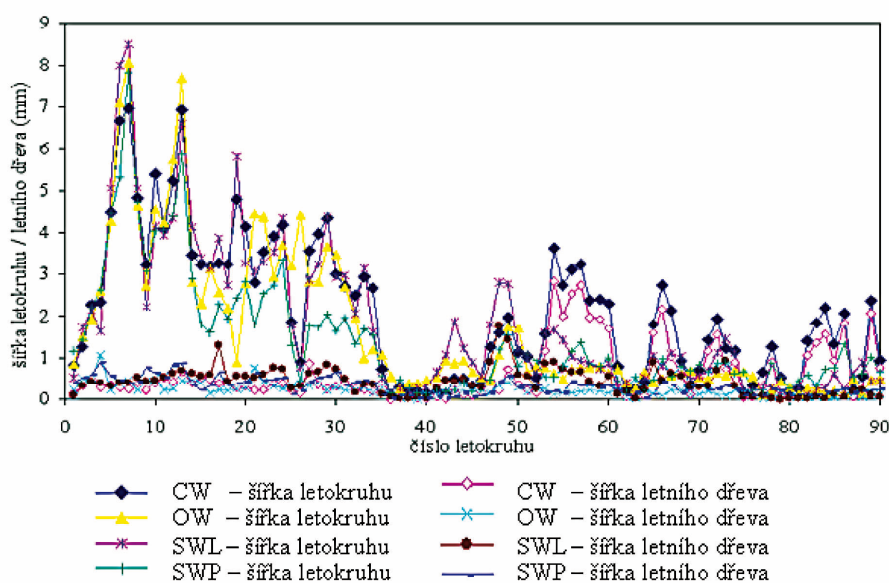
Proměnlivost šířky letokruhu v závislosti na věku (poloměru kmene) je znázorněn na Obr. 7. Z 2D grafu (pro výšku 6 m) je patrné, že v oblasti juvenilního dřeva jsou roční přírůstky dřeva vysoké (hodnoty kolem 5 mm). V následujících letech je zaznamenán setrvalý pokles šířky letokruhu. Tento trend je možné pozorovat ve všech směrech měření: CW, OW, SWL a SWP. Mezi 35. a 45. rokem vykazoval strom velmi malé přírůstky dřeva, což mohlo být způsobeno např. nepříznivými klimatickými faktory. Významné rozdíly v šířce letokruhu mezi zónou CW a ostatními zónami lze sledovat mezi 55. a 85. letokruhem. V těchto letech došlo k vytvoření zóny reakčního dřeva, což se významně projevuje zvětšením šířky letokruhu. Zóna protilehlá (OW) v těchto letech vykazuje velmi malé šířky letokruhů. Boční zóny SWL a SWP jsou zónami přechodovými (mezi zónou CW a OW) a tedy vykazují vyšší šířky letokruhů než zóna NW. Obdobné trendy v šířce letokruhů jsou pozorovány i v ostatních výškách. Rozdíl je ve výškách 20 a 22 m. Zde již nejsou vytvářeny typické zóny reakčního dřeva, takže dochází ke zvětšení šířky letokruhu pouze u některých letokruhů. Trend změny šířky po poloměru není možné pozorovat, jelikož není dostatečný věkový rozsah.

Šířka letního dřeva vykazuje po poloměru kmene konstantní hodnoty, a to ve všech výškách (viz Obr. 7). Změna šířky letního dřeva se významně mění pouze v oblasti s výskytem tlakového dřeva. To je pozorovatelné mezi 55. a 85. letokruhem v zóně CW (Obr. 7). Zde šířka letního dřeva dosahuje hodnot šířky letokruhu.

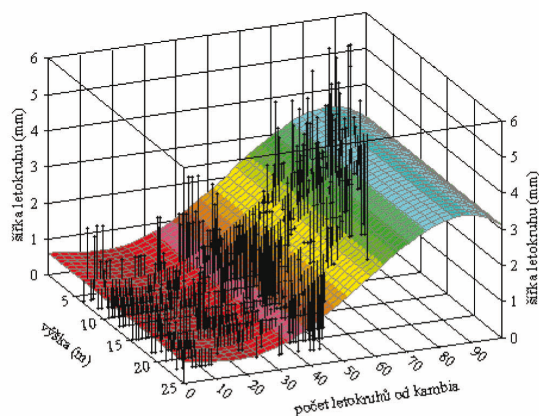
Pro sledování šířky letokruhu v závislosti na výšce

kmene a počtu letokruhů od kambia byly vytvořeny 3D modely. Do modelů byla vložena veškerá data, která byla získána v jednotlivých sekcích. Z modelu pro CW (Obr. 8) je možné vypočítat zvětšení šířky letokruhů v prvních 10–15 letech. Šířka letokruhu se v modelu pro CW po výšce nemění (v rovnici pro 3D model vypadá faktor výšky). Obdobné modely vycházely i pro ostatní zóny (Obr. 9 – OW). Hodnoty koeficientů determinace výběrových, resp. základních souborů se pohybují v rozmezí 0,4 až 0,5. Tyto středně vysoké hodnoty potvrzují významnou závislost šířky letokruhu v závislosti na poloze v kmeni.

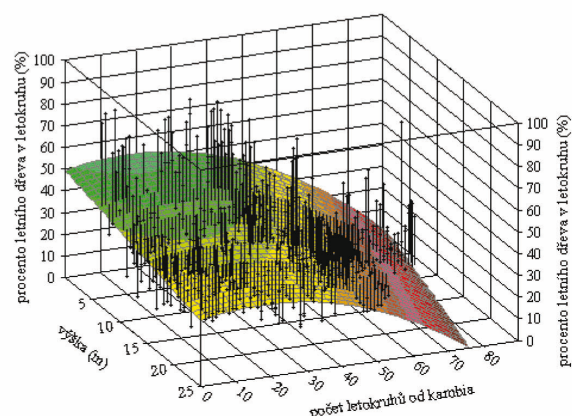
Dále byly vytvořeny modely, které popisují variabilitu procenta letního dřeva v závislosti na výšce kmene a počtu letokruhů od kambia pro jednotlivé zóny. U všech modelů, které popisují jednotlivé zóny, je vykazován přírůstek procenta letního dřeva se zvyšující se vzdáleností od dřene kmene (obr. 8 – zóna CW), což souvisí se změnou šířky letokruhů. Dochází-li ke snížení šířky letokruhů a podíl letního dřeva v letokruhu je konstantní, potom dochází ke zvyšování procenta letního dřeva. Maximálních hodnot je dosaženo přibližně kolem 70. roku věku. V následujících letech je již hodnota procenta letního dřeva konstantní (zóna OW – Obr. 8) nebo je vykazován i pokles (zóny CW a SWL). U modelů, který popisují zónu OW a SWP, je procento letního dřeva s výškou konstantní. V zóně CW a SWL procento letního dřeva s výškou klesá. I když modely popisující vztah mezi procentem letního dřeva a výškou stromu jsou statisticky významné, koeficienty determinace výběrových, resp. základních souborů se pohybují kolem hodnoty 0,2–0,25.



7: Závislost šířky letokruhu / letního dřeva v závislosti na poloměru kmene (výška 6 m); (0 – dřev, 90 – kambium)



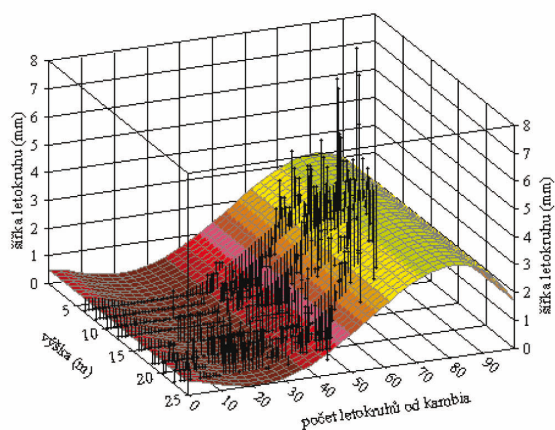
A



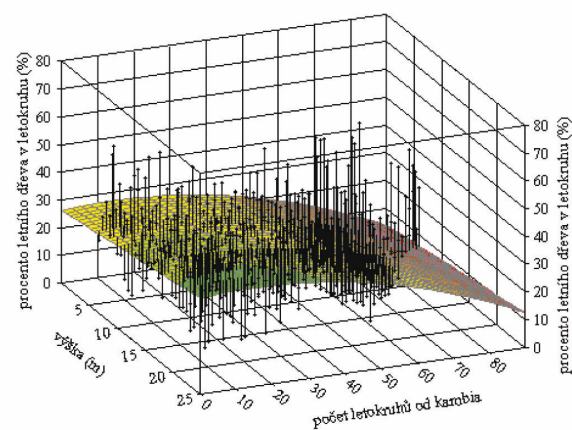
B

8: A - Závislost šířky letokruhu na výšce kmene a počtu letokruhů od kambia – zóna CW
 funkce: $z = a + by^2 + cy^{2.5} + dy^3$, koeficienty: $a = 0,596$, $b = -0,0036$, $c = 0,0010$, $d = -0,006$,
 koeficient determinace výběrového, resp. základního jsou: 0,417 a 0,413

B - Závislost procenta letního dřeva v letokruhu na výšce kmene a počtu letokruhů od kambia (CW)
 funkce: $z = a + bx + cy + dy^2$, koeficienty: $a = 49,282$, $b = -0,7571$, $c = 0,345$, $d = -0,009$
 koeficient determinace výběrového, resp. základního jsou: 0,263 a 0,257



A



B

9.: A - Závislost šířky letokruhu na výšce kmene a počtu letokruhů od kambia – zóna OW
 funkce: $z = a + by^2 + cy^{2.5} + dy^3$, koeficienty: $a = 0,489$, $b = -0,0077$, $c = 0,0019$, $d = -0,001$,
 koeficient determinace výběrového, resp. základního jsou: 0,525 a 0,521

B - Závislost procenta letního dřeva v letokruhu na výšce kmene a počtu letokruhů od kambia (OW)
 funkce: $z = a + bx + cy + dy^2$, koeficienty: $a = 26,101$, $b = 0,3472$, $c = 0,1151$, $d = -0,004$
 koeficient determinace výběrového, resp. základního jsou: 0,189 a 0,183

DISKUSE

Cílem práce bylo zjistit variabilitu šířky letokruhů, šířky letního dřeva a podílu letního dřeva v letokruhu v závislosti na poloze v kmeni. Jelikož šířka letokruhu patří mezi významné faktory, které mají vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, je nutné se touto oblastí zabývat (Niemz, 1993; Kollman, 1951).

U vybraného vzorníkového stromu byla ve spodní části ohýbaného kmene vytvořena zóna tlakového dřeva. Makroskopicky se zóna tlakového dřeva projevila tmavě hnědou barvou, širšími letokruhy a vysokým podílem letního dřeva. Znaky tlakového dřeva se plně shodují s literárními údaji (Wagenführ, 1999, 1989; Sisko a Pfäfl, 1995; Timell, 1986; Erteld, 1963; Kolman, 1951; Trendelenburg, 1939).

Velmi zajímavé výsledky poskytuje Obr. 5, ve kterém je popisována závislost plochy reakčního dřeva v závislosti na excentricitě dřeně. Z grafu vychází, že s rostoucí excentricitou dřeně se zvyšuje plocha reakčního dřeva. Zjištěné výsledky potvrzují skutečnost, že s rostoucím úhlem odklonu kmene od svislé osy je zapotřebí vyšší tvorba mechanických elementů dřeva, které by přenesly posunuté těžiště kmene.

Byla zjištěna významná variabilita šířky letokruhu především po poloměru kmene. Šířka letokruhu vykazovala do 20. roku věku maximální hodnoty, což je odrazem stavby juvenilního dřeva (Kučera, 1970; Timell, 1985). V následujících letech vykazuje šířka letokruhu sestupný trend. Tento trend lze vysvětlit především změnou činnosti kambia. Na začátku života je činnost kambia podstatně vyšší a je tvořeno podstatně více dřevní hmoty než na konci života stromu. Klesající trendy šířky letokruhu po poloměru kmene byly zjištěny pro všechny zóny dřeva – CW, OW, SWL a SWP. Tento výsledek je v souladu s literárními údaji (Simon, 1997; Panshin a Zeeuw, 1980; Bosshard, 1974; Kollman, 1951; Trendelenburg, 1939). Průměrná šířka letokruhu po výšce kmene vykazovala konstantní hodnotu (3D model, minimální rozdíly potvrzeny i dvoufaktorovou anovou). Zóna tlakového dřeva (CW) vykazovala statisticky širší letokruhy oproti ostatním zónám. Tento statisticky významný vliv, který byl potvrzen dvoufaktorovou anovou, je způsoben výskytem reakčního dřeva. Z krabicového

grafu, který porovnává střední hodnotu šířky letokruhu pro jednotlivé zóny, již rozdíl není tak patrný. To lze vysvětlit tím, že byla použita všechna naměřená data z každé zóny (ovlivněno zónou juvenilního dřeva).

Autoři Panshin a Zeeuw (1980), Bosshard (1974), Kollman (1951), Trendelenburg (1939) udávají, že šířka letního dřeva je v rámci letokruhu po poloměru kmene konstantní. To potvrdil i 2D graf, ve kterém se hodnoty letního dřeva v rámci letokruhu po poloměru kmene nemění. Obdobně vycházel i 3D model, který byl statisticky nevýznamný a i koeficienty determinace vykazovaly nulové hodnoty, tzn. že neexistuje statisticky významná závislost mezi šířkou letního dřeva a umístěním v poloze v kmeni. Dvoufaktorovou anovou bylo zjištěno, že existuje statisticky významný rozdíl mezi zónou CW a ostatními zónami. Uvedený výsledek je důsledkem výskytu tlakové zóny, ve které významně stoupá šířka letního dřeva. Krabicový graf potvrzuje, že zóna tlakového dřeva vykazuje větší šířku letního dřeva.

Na rozdíl od šířky letního dřeva se významně mění procento letního dřeva v rámci letokruhu. To je způsobeno především klesající šířkou letokruhu po poloměru kmene a konstantní šířkou letního dřeva. Trendelenburg (1939) uvádí, že po poloměru kmene hodnota stoupá do 70 let věku, zde dosahuje maxima a následně klesá. To bylo potvrzeno v 3D modelech pro zónu CW, OW a SWL. V zóně SWP hodnota měla stále stoupající tendenci. Procento letního dřeva v zóně CW vykazovalo statisticky významný rozdíl v porovnání s ostatními zónami. Zjištěný výsledek jen potvrzuje, že v této zóně je vysoký podíl letního dřeva.

Porovnáme-li strukturu letokruhu v tlakové a normální zóně, nevykazuje šířka letokruhu ani letního dřeva v oblasti juvenilního dřeva významnější rozdíly. Na poloměru, kde se vyskytuje tlakové dřevo, respektive zóna tlakového dřeva, ovšem dochází ke zvětšení šířky letokruhu, letního dřeva a tedy i procenta letního dřeva v porovnání se dřevem normálním. Tyto významné změny pak mohou mít významný vliv na chování dřeva.

SOUHRN

V práci je sledována šířka letokruhu, šířka letního dřeva a procento letního dřeva v závislosti na poloze v kmeni u smrku s výskytem reakčního dřeva. Reakční dřevo bylo tvořeno ve spodní části ohýbaného stromu. Bylo zjištěno, že tlaková zóna zasahovala z tlačené oblasti i do postranních zón. Plocha reakčního dřeva se zvyšovala s excentricitou kmene (funkce: $y = a + bx^3 + \ln x$, koeficienty: $a = 0,00312$; $b = -0,0003877$, $c = 3,09$). Tlakové dřevo vykazovalo v porovnání s okolním dřevem tmavě červenou barvu, širší letokruhy, větší šířku letního dřeva a vysoké procento letního dřeva. Šířka letokruhu vykazovala variabilitu především po poloměru kmene, změna po výšce kmene nebyla

výrazná. Tento výsledek byl potvrzen pro všechny zóny kmene. Průměrná šířka letokruhu v tlakové zóně dosahovala hodnoty 1,8 mm v protilehlé zóně hodnoty 1,49 mm. Šířka letního dřeva nevykazovala významnější variabilitu ani po poloměru ani po výšce kmene. V tlakové zóně byla šířka letního dřeva 0,58 mm v protilehlé zóně 0,29 mm. U procenta letního dřeva bylo z 3D modelů zjištěno, že procentický podíl letního dřeva se mění především po poloměru kmene. Stoupající trendy procenta letního dřeva byly zjištěny pro všechny zóny. Nejvyšší hodnota procentického podílu dřeva byla zjištěna v tlakové zóně (33 %). V ostatních zónách se hodnota pohybovala kolem 28 %.

Význam práce lze spatřovat v rozšíření poznatků o variabilitě šířky letokruhů u smrku s výskytem reakčního dřeva.

smrk, letokruh, šířka letokruhu, tlakové dřevo

Práce byla realizována za podpory Grantové agentury České republiky – Současný stav a trendy vývoje lesů v kulturní krajině (526/03/H036).

LITERATURA

- BALABÁN, K.: Nauka o dřevě. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1955. 216 s.
- BOSSHARD, H. H.: Holzkunde, Basel: Birkhäuser Verlag, 1974. 300 s.
- BUTTERFIELD, B. G. a MEYLAN, B. A.: Tree – Dimensional Structure of Wood, London – New York, 1980. 103 s.
- DOUDA, V.: Studie o významu reakčního dřeva, Sborník ČZA, Praha, 1948
- ERTELD, W., METTE, E., ACHTERBERG, W.: Holzfehler in Wort und Bild, Leipzig, 1963. 76 s.
- FRITTS, H. C.: Tree Rings and Climate, London: Academic Press, 1976.
- HOULLIER, F., LEBAN, J., COLIN, F.: Linking growth modelling to timber quality assessment for Norway spruce, Forest Ecology and Management, 1995, 74, 91-102
- KAVINA, K.: Anatomie dřeva, Praha, 1932. 296 s.
- KOLLMAN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin: Springer Verlag, 1951. 1048 s.
- MÄKINEN, H., NÖJD, P., MIELIKÄINEN, K.: Climatic signal in annual growth in damaged and healthy stands of Norway spruce in southern Finland, Trees, 2001, 15: 177-185
- MIINA, J.: Dependence of tree-ring, earlywood and latewood indices of Scots pine and Norway spruce on climatic factors in eastern Finland, Ecological Modelling, 2000, 132: 259-273
- MISSION, L., VINCKE, C., DEVILLEZ F.: Frequency responses of radial growth series after different thinning intensities in Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) stands, Forest Ecology and Management, 2003, 177: 51-63
- NIEMZ, P.: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, Leipzig: DRW – Verlag, 1993. 243 s.
- ISBN 3-87181-324-9
- PANSHIN, A. J., ZEEUW, C.: Textbook of wood technology, New York: McGraw-Hill, 1980. 722 s.
- PLOMION, CH., LEPROVOST, G., STOKES, A.: Wood Formation in Trees, Plant Physiology, 2001, 127: 1513-1523
- POLLANSCHÜTZ, J.: Die ertragskundlichen Methoden zur Erkennung und Beurteilung von forstlichen Rauschäden, Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst., Wien, 1971, 92, s. 155-206
- ROMAGNOLI, M., BERNABEI, M., CODIPIETRO, G.: Density variations in spruce wood with indented rings (*Picea abies* /L./ KARST.), Holz als Roh- und Werkstoff, 2003, 61, 311-312
- SEELING, U.: Einfluß von Richtgewebe auf Festigkeit und Elastizität des Fichtenholzes, Holz als Roh und Werkstoff, 1999, 57: 81 – 91.
- SCHWEINGRUBER, F. H.: Jahrringe und Umwelt - Dendroökologie, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. 1993. 474 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H.: Trees and Wood in Dendrochronology, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1993
- SIMON, J. a kol.: Simulační model vývoje a analýza zadaného vzorníku autochonního smrku z oblasti Krkonoš, Závěrečná výzkumná zpráva MŽP, VaV/ 620/3/97. 1997.
- SISKO, M., PFÄFLI, I.: Fiber Atlas: identifikation of papermaking fibers. Berlin: Springer Verlag, 1995
- TIMELL, T. E.: Compression Wood in Gymnosperms, Berlin: Springer – Verlag, 1986. 706 s.
- TRENARD, Y.: Making Wood Speak: an introduction to dendrochronology, Forestry Abstracts, 1982 (43/12)
- TRENDELENBURG, R.: Das Holz als Rohstoff. München-Berlin: Lehmanns Verlag, 1939. 435 s.
- ULRICH, B., MEYER, R., KHANNA, P. K.: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswir-

- kungen in Waldökosystemen Solling, Forstliche Fakultät Universität Göttingen, 1979
- VINŠ, B.: Použití letokruhové analýzy k průkazu kouřových škod, *Lesnictví*, 1961, 7, 4: 753-768
- WAGENFÜHR, R.: Anatomie des Holzes unter besondere Berücksichtigung der Holztechnik. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1989. 334 s.
- WAGENFÜHR, R.: Anatomie des Holzes, Strukturanalytik – Identifizierung – Nomenklatur – Mikrotechnologie. Leipzig: DRW – Verlag, 1999. 188 s.
- WIMMER, R.: Beziehungen zwischen Holzstruktur und Holzeigenschaften bei Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im Nahbereich eines Fluoremittenten, Wien: WWG, Dissertationen der Univ. für Bodenkultur, 1991. 227 s. ISSN 0256-4246
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, Ministerstvo zemědělství ČR, 2002, ČSN EN 1611-1. Řezivo – vizuální třídění jehličnatého dřeva – Část 1: Evropské smrky, jedle, borovice a douglasky
- ČSN p ENV 1927 – 1. Jehličnatá kulatina. Třídění podle jakosti – Část 1. Smrky a jedle
- ČSN EN 844-7. Kulatina a řezivo. Terminologie – Část 7. Termíny pro anatomickou stavbu dřeva

Adresa

Ing. Vladimír Gryc, Ing. Jiří Holan, Ústav nauky o dřevě, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika